

Trabajo Fin de Grado
Ingeniería en Tecnologías Industriales

Optimización de Carteras para Inversión Bursátil
Mediante AT, Multicriterio y Multiobjetivo

Autor: Miguel Ángel Mayordomo Gragera
Tutor: José Miguel León Blanco

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Trabajo Fin de Grado
Ingeniería en Tecnologías Industriales

Optimización de Carteras para Inversión Bursátil Mediante AT, Multicriterio y Multiobjetivo

Autor:
Miguel Ángel Mayordomo Gragera

Tutor:
José Miguel León Blanco
Profesor Contratado Doctor

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2021

Trabajo Fin de Grado: Optimización de Carteras para Inversión Bursátil Mediante AT,
Multicriterio y Multiobjetivo

Autor: Miguel Ángel Mayordomo
Gragera

Tutor: José Miguel León Blanco

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2021

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

Me gustaría agradecer, en primer lugar, a mis padres Miguel Ángel y Fernanda, por la confianza y los ánimos recibidos durante toda esta etapa académica, así como todo el cariño incondicional recibido a lo largo de mi vida.

Agradecerles también la educación y los valores que me han dado, resaltando sobre todo la cultura del trabajo y el esfuerzo. Al final, todo esfuerzo tiene su recompensa.

También quiero expresar toda mi gratitud a mi tutor José Miguel por toda la atención recibida, por haberme guiado y aconsejado durante la realización de este trabajo.

*Miguel Ángel Mayordomo Gragera
Sevilla, 2021*

Resumen

Desde la creación de la primera bolsa de valores en 1460 en Amberes, la optimización de carteras de inversión ha sido un tema de interés cada vez mayor y, el presente trabajo, pretende avanzar un paso más en la consecución de un sistema de creación de las mismas lo más eficiente posible. La idea fundamental es la creación de un sistema de filtros en el que de un conjunto inicial de más de 500 empresas repartidas por varios mercados en el mundo se obtengan no más de 30 compañías, junto con sus pesos para invertir una determinada cantidad de dinero. Para ello se han diseñado tres filtros, en primer lugar, se usará el análisis técnico para hacer una discriminación inicial. En segundo lugar, se utilizará la técnica AHP (proceso o método analítico jerárquico) dentro de la metodología de multicriterio para la toma de decisiones. Por último, se hará uso de las teorías de la cartera eficiente de Markowitz (1952) y su mejora de Konno y Yamakazi (1991) para hacer una exploración del frente de Pareto en la búsqueda de la combinación de empresas que tienen mayor beneficio y menor riesgo, todo esto del filtro basado en las técnicas multiobjetivo.

Palabras clave: optimización de carteras, empresas, mercados, análisis técnico, AHP, multicriterio, Markowitz, Konno y Yamakazi, frente de Pareto, beneficio, riesgo, multiobjetivo.

Abstract

Since the creation of the first stock exchange in 1460 in Antwerp, the optimization of investment portfolios has been a subject of growing interest and the present work aims to go a step further in achieving a system for creating them as efficient as possible. The basic idea is the creation of a filter system in which, from an initial set of more than 500 companies spread over several markets in the world, no more than 30 companies are obtained, together with their weights to invest a certain amount of money. Three filters have been designed for this purpose. First, technical analysis will be used to make an initial discrimination. Secondly, the AHP (analytic hierarchy process) technique will be used within the multi-criteria methodology for decision making. Finally, use will be made of the efficient portfolio theories of Markowitz (1952) and its improvement by Konno and Yamakazi (1991) to make an exploration of the Pareto front in the search for the combination of companies that have higher profit and lower risk, all this from the filter based on the multi-objective techniques.

Keywords: portfolio optimization, companies, markets, technical analysis, AHP, multi-criteria, Markowitz, Konno and Yamakazi, Pareto front, profit, risk, multi-objective.

Índice Abreviado

Agradecimientos	vi
Resumen	viii
Abstract	ix
Índice Abreviado	xi
Índice de Tablas	xiii
Índice de códigos y figuras	xv
Notación	xvii
1 Introducción y objetivos	11
1.1 <i>Objetivos y alcance</i>	12
2 Primer filtro. El análisis técnico	13
2.1 <i>Indicador MACD</i>	13
2.2 <i>Indicador RSI</i>	14
2.3 <i>Indicador estocástico</i>	15
2.4 <i>Indicador de la banda de Bollinger</i>	15
2.5 <i>Diagramas de flujo de los códigos del filtro primero</i>	16
2.6 <i>Condiciones para pasar a la siguiente fase</i>	18
3 Segundo filtro. La optimización multicriterio	19
3.1 <i>Recopilación de datos</i>	20
3.1.1 <i>Cálculo de la rentabilidad media diaria.</i>	20
3.1.2 <i>Cálculo del inverso de la desviación típica.</i>	21
3.1.3 <i>Cálculo de la beta.</i>	22
3.1.4 <i>Unión de los datos en una matriz</i>	24
3.2 <i>Formateado de los datos para su procesamiento.</i>	24
3.3 <i>Procesado de los datos y obtención de resultados.</i>	25
3.4 <i>Diagramas de flujo de los códigos del filtro segundo.</i>	27
4 Tercer filtro. La optimización multiobjetivo	29
4.1 <i>Modelo a optimizar</i>	29
4.2 <i>Implementación del modelo</i>	30
4.3 <i>Implementación del modelo en Rstudio</i>	30
4.4 <i>Diagramas de flujo de los códigos del filtro tercero.</i>	31
5 Simulación	32
5.1 <i>Código de la simulación.</i>	32
5.2 <i>Comentarios sobre los parámetros utilizados.</i>	33
5.3 <i>Cálculos de los resultados.</i>	34
5.4 <i>Tiempos de ejecución.</i>	36
5.5 <i>Otras consideraciones sobre el código de simulación.</i>	36
6 Resultados y conclusiones	37
6.1 <i>Resultados.</i>	37
6.2 <i>Conclusiones.</i>	37
7 Líneas futuras de investigación y ampliación	41
Referencias	42

Anexo I Código utilizado	45
Anexo II Comentarios sobre el código en rstudio	67
<i>Comentarios sobre el funcionamiento</i>	71
Anexo III Tabla resultado de las simulaciones	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Escala de Saaty.	20
Tabla 3.2 Matriz de comparaciones.	24
Tabla 3.3 Tabla de ratios de consistencia máximos para distintos tamaños de matrices.	25
Tabla 6.1 Mercados más seleccionados para invertir.	39
Tabla 6.2 Empresas más seleccionadas para invertir.	39
Tabla 10.1 Resultados de la simulación.	72
Tabla 10.2 Resultados de la simulación.	74
Tabla 10.3 Estadísticas mercados.	75
Tabla 10.4 Estadísticas empresas.	75

ÍNDICE DE CÓDIGOS Y FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama de flujo del primer filtro.	16
Figura 2.2 Diagrama de flujo de un indicador genérico.	17
Figura 3.1 Diagrama jerárquico de criterios y alternativas.	19
Figura 3.2 Diagrama de flujo del cálculo de la rentabilidad.	21
Figura 3.3 Diagrama de flujo del cálculo del inverso de la desviación típica.	21
Figura 3.4 Diagrama de flujo del cálculo del inverso de la beta.	23
Figura 3.5 Diagrama de flujo general del filtro segundo.	27
Figura 3.6 Diagrama del proceso seguido en la librería “ahpsurvey”.	28
Figura 4.1 Diagrama de flujo general del filtro tercero.	31
Figura 5.1 Diagrama de flujo general del código de simulación.	33
Figura 6.1 Captura de pantalla de los mejores fondos españoles renta variable 2020.	38
Código 2.1 Programación en Rstudio del indicador MACD.	45
Código 2.2 Programación en Rstudio del indicador RSI.	47
Código 2.3 Programación en Rstudio del indicador estocástico.	49
Código 2.4 Programación en Rstudio del indicador de la Banda de Bollinger.	51
Código 3.1 Bloques del segundo filtro.	52
Código 3.2 Programación del cálculo de la rentabilidad media diaria de cada empresa.	52
Código 3.3 Programación del cálculo del inverso de la desviación típica de cada empresa.	53
Código 3.4 Programación del cálculo de la beta de cada empresa.	53
Código 3.5 Unión de los datos calculados en una matriz.	54
Código 3.6 Cálculo de la matriz de comparaciones y formateado.	55
Código 3.7 Procesado de datos y exposición de resultados.	57
Código 4.1 Cálculo de la rentabilidad media y del riesgo.	59
Código 4.2 Optimización de los pesos de las empresas.	60
Código 4.3 Impresión por pantalla de los resultados.	61
Código 5.1 Bloque de parámetros del código para la simulación.	62
Código 5.2 Resto de bloques de código de la simulación.	62
Código 5.3 Obtención de los datos reales de la semana.	63
Código 5.4 Continuación del código 5.3.	64
Código 5.5 Continuación del código 5.4.	65
Código 5.6 Continuación del código 5.5.	65
Código 5.7 Continuación del código 5.6.	66
Código 9.1 Librerías necesarias para el funcionamiento del algoritmo.	67
Código 9.2 Empresas y mercados analizados.	68
Código 9.3 Parámetros usados para el análisis y el cálculo de resultados.	71
Código 9.4 Código para la descarga de datos de internet.	71

MACD	Moving Average Convergence Divergence
EMA	Exponential Moving Average
RSI	Relative Strength Index
AT	Análisis Técnico
MMS	Media Móvil Simple
MAD	Desviación Absoluta Promedio

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

“Usted ni tiene razón ni se equivoca porque la muchedumbre discrepe con usted. Usted tiene razón porque sus datos y razonamientos son correctos”

“Cualquier idiota con un plan puede vencer a cualquier genio sin un plan”

- Warren Buffet -

La Bolsa de Valores, tal y como la conocemos hoy, ha evolucionado mucho desde que se crease la primera bolsa de materias primas en Amberes en 1460 aunque no sería hasta 1602 cuando se creó el primer sistema de inversión más parecido al actual. En este año se creó la bolsa de Ámsterdam, la más antigua conocida.

Actualmente entendemos el sistema de La Bolsa de Valores como una organización pública o privada que permite a cualquier persona que lo desee, bien ellos mismos o mediante un corredor de bolsa, introducir órdenes y realizar negociaciones de compra y venta de valores, siendo estos, los derechos que tienen los propietarios de los mismos.

Hoy en día la negociación de estos valores se hace tomando los precios conocidos en tiempo real de los mismos de forma segura y legal en todo el mundo gracias a internet.

Hay varios tipos de mercados conocidos de entre los que destacan el mercado de valores, el que se manejará para el presente trabajo, y los mercados de opciones, futuros y derivados.

Dentro del mercado de valores se distinguen dos tipos:

- Renta fija: cuando se sabe de antemano cuánto interés vamos a percibir. Por ejemplo, la deuda pública.
- Renta variable: cuando desconocemos cuánto interés se va a conseguir con una inversión. Es posible tanto ganar como perder, hay un cierto riesgo. Por ejemplo, la compra-venta de las acciones de una empresa.

El objetivo de cualquier persona que decide actuar en el mercado es conseguir la máxima rentabilidad a su inversión con el menor riesgo y al menor coste posibles.

Por ello, desde los inicios de este tipo de mercado se ha buscado un sistema para conseguir este objetivo. Con el paso de los años las metodologías han ido evolucionando y con la llegada de la tecnología e internet el avance en este campo fue exponencial, la capacidad de cálculo de los ordenadores y la transmisión de información en tiempo real a través de internet hacen posible la creación de programas que ayuden a los inversores a tomar las mejores decisiones posibles.

1.1 Objetivos y alcance

Con el fin de aportar un nuevo enfoque a este camino, el presente trabajo estudia el ámbito del mercado renta variable y concretamente la compra-venta de acciones de empresas reales, debido a que para estudiar el resto de tipos de mercados hay que tener en cuenta una serie de consideraciones y variables que harían este estudio demasiado extenso.

La finalidad, por tanto, es el diseño de un algoritmo que permita la creación de una cartera de inversión bursátil de manera fiable y rentable en el medio y largo plazo.

La herramienta que se va a utilizar para ello es la programación del mencionado algoritmo en lenguaje R con la interfaz de Rstudio.

El procedimiento del algoritmo consistirá en tres pasos. Tras la obtención de datos de Yahoo Finance se procederá a aplicarles un primer filtrado utilizando el análisis técnico. En segundo lugar, a las empresas que pasen el primer filtro se les aplicará otro basado en técnicas multicriterio y por último a las que sigan en el conjunto de las mejores se les aplicará el último filtro basado en multiobjetivo.

Se desarrollarán más los pasos intermedios en las metodologías de cada filtro. De esta forma se seleccionará la mejor cartera para el inversor.

El objetivo de este algoritmo y su evaluación se realizará con datos del medio plazo, concretamente de forma semanal y, por tanto, los parámetros se fijarán con ese fin.

El estudio de los cortos plazos de inversión intradía y los de largo plazo anuales se dejarán para futuras extensiones del estudio ya que se deberían cambiar los parámetros y posiblemente añadir algunas condiciones.

Otra observación es que por el mismo motivo solo se analizará cuándo es recomendable comprar. La opción de la venta tiene otras consideraciones que no se han tenido en cuenta en el presente trabajo por lo que los indicadores de análisis técnico serán solamente tenidos en cuenta para la compra.

La venta se realizará teniendo en cuenta dos posibilidades, la primera es que llegue el viernes, que es el último día que las bolsas están abiertas. Se considerará el viernes de cada huso horario al que pertenezca el mercado en cuestión.

La otra posibilidad sería que se produjese una bajada considerable del precio de la acción que se haya comprado. Se considerará que una bajada del precio es significativa para la venta si sucede algún evento grave, como ha sucedido con la COVID-19 o si cruzan una línea de pérdida a considerar para cada inversor, en el caso presente se considerará un máximo de una pérdida del 30% de la inversión en el activo correspondiente.

Los siguientes capítulos se estructuran de la siguiente forma: en primer lugar, una breve explicación de la base matemática de los indicadores utilizados en el primer filtro y las condiciones que debe cumplir un activo para pasar a la segunda fase.

En segundo lugar, se explicará el fundamento del segundo filtro, el algoritmo AHP utilizado en la toma de decisiones cuando tenemos varios criterios y un objetivo.

En tercer lugar, está el último filtro, fundamentado en la exploración multiobjetivo del frente de Pareto, modelado usando las conclusiones de Konno y Yamakazi (1991).

Por último, se encuentran los apartados de simulación del algoritmo y obtención y análisis de los resultados obtenidos.

2 PRIMER FILTRO. EL ANÁLISIS TÉCNICO

En esta primera parte, tras descargar los datos de las cotizaciones de cada empresa seleccionada en estudio, se procede a analizarlos mediante los indicadores MACD, RSI, estocástico y las bandas de Bollinger.

El fundamento de estos indicadores puede ser confuso ya que es meramente empírico y la experiencia de numerosos trabajos científicos anteriores avalan el uso de los mismos y la positividad de los resultados tras su uso. Usualmente combinados con otras técnicas como las de multiobjetivo.

Entre estos trabajos y artículos se encuentran los siguientes:

Fu, T. C., Chung, C. P., & Chung, F. L. (2013) estudian dos formas distintas de aplicar el algoritmo genético a la optimización de carteras de inversión mezclado con el uso de indicadores de análisis técnico.

Macedo, L. L., Godinho, P., & Alves, M. J. (2017), de forma semejante al anterior, este trabajo estudia la influencia del uso de algoritmos aleatorios junto al análisis técnico en el manejo de carteras de inversión, incluyendo en esta ocasión una versión del algoritmo de Pareto.

Taylor, M. P., & Allen, H. (1992) muestran en su trabajo los resultados de una investigación acerca de la importancia que el análisis técnico tiene sobre la toma de decisiones de inversión bursátil, revelando que el 90 por ciento de los encuestados en el mismo da cierta importancia a esta metodología, complementaria al análisis económico.

A continuación, se describen brevemente los indicadores de análisis técnico que se van a usar en la primera parte del algoritmo objeto del trabajo presente.

2.1 Indicador MACD

Este indicador es un oscilador, por tanto, se mueve alrededor de la línea 0. Su fiabilidad se centra en analizar la tendencia.

Este indicador está formado por tres partes, dos líneas y un histograma.

Se utilizará en el lenguaje matemático la EMA (Exponential Moving Average). La media móvil exponencial es un tipo de media móvil utilizado en estadística para obtener la tendencia de una serie de puntos que, en este caso, serán los precios del activo que se esté analizando.

La primera línea se calcula haciendo la diferencia de una EMA a los datos de cierre de las cotizaciones diarias con respecto a otra EMA a los mismos datos, pero con otro período.

Los períodos que se suelen utilizar son 12 y 26 períodos, llamándose la primera EMA “rápida” y la segunda “lenta”.

Quedaría así:

$$MACD = EMA(CIERRE \ i)_{12} - EMA(CIERRE \ i)_{26} \quad (2.1)$$

Siendo esta la primera línea del indicador.

La segunda línea se llama “señal” y se construye realizando otra EMA a la MACD (Moving Average Convergence Divergence) calculada anteriormente, habitualmente de 9 períodos.

$$\text{Señal} = \text{EMA}(\text{MACD})_9 \quad (2.2)$$

El histograma se hace con la diferencia de la MACD menos la señal.

El indicador que se usará para decidir si comprar será el histograma ya que cuando la diferencia es mayor que cero, es decir las barras del histograma son positivas se considera que las cotizaciones están siguiendo una tendencia alcista, por lo que será recomendable comprar.

El código en lenguaje R se muestra como captura en el anexo I. Es el código 2.1. El diagrama de flujo genérico se puede ver en el apartado 2.5, en la figura 2.2.

2.2 Indicador RSI

Este indicador se utiliza para mostrar cambios de tendencia en las cotizaciones.

RSI (Relative Strength Index) mide la fuerza con la que actúa oferta y demanda. Para ello compara cuantas veces se ha puesto al alza un valor con cuantas veces ha bajado dicho instrumento en los últimos días. Se calcula dividiendo la media de subidas y bajadas producidas.

El cálculo se realiza según los siguientes pasos:

1. Indicadores de subida y bajada, U_t y D_t , para cotizaciones en el instante t P_t :

$$U_t = \begin{cases} 1, & P_t > P_{t-1} \\ 0, & P_t \leq P_{t-1} \end{cases} \quad (2.3)$$

$$D_t = \begin{cases} 0, & P_t \geq P_{t-1} \\ 1, & P_t < P_{t-1} \end{cases} \quad (2.4)$$

2. Medias simples del número de subidas y bajadas, up_t y $down_t$, para los precios de cierre de los pasados n días:

$$up_t(n) = \frac{U_t + U_{t-1} + \dots + U_{t-n+1}}{n} \quad (2.5)$$

$$down_t(n) = \frac{D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-n+1}}{n} \quad (2.6)$$

3. Finalmente:

$$RSI_t(n) = 100 \frac{up_t(n)}{up_t(n) + down_t(n)} \quad (2.7)$$

Las señales de compra y venta habituales se posicionan en valores del RSI de 30 y 70, es decir, si el indicador está por encima de 70 existe sobrecompra, por lo que será recomendable vender y, si está por debajo de 30, existe sobreventa por lo que será recomendable comprar.

Como ya se mencionó anteriormente se utilizará solamente la señal de compra, ya que la situación de venta se producirá en los casos explicados al final del apartado primero.

El código en lenguaje R se muestra como captura en el anexo I. Es el código 2.2. El diagrama de flujo genérico se puede ver en el apartado 2.5, en la figura 2.2.

2.3 Indicador estocástico

El indicador estocástico es complementario al RSI, también se utiliza para detectar situaciones de sobrecompra o sobreventa. Puede detectar o confirmar tendencias y divergencias.

El funcionamiento consiste en comparar el precio actual con máximos y mínimos del pasado, por defecto se utilizan 14 períodos anteriores.

Se utilizan dos variantes, rápido (Fast) y lento (Slow), cada una de estas dos partes tiene a su vez otros dos componentes K y D, siendo D la media móvil simple (MMS) de los últimos 3 períodos.

Las expresiones matemáticas son las que siguen:

$$Fast \% K_i = \frac{cierre_i - \min_{[i, i-14]}}{\max_{[i, i-14]} - \min_{[i, i-14]}} \quad (2.8)$$

$$Fast \% D_i = MMS_3 (Fast K_i) \quad (2.9)$$

$$Slow \% K_i = Fast \% D_i \quad (2.10)$$

$$Slow \% D_i = MMS_3 (Slow K_i) \quad (2.11)$$

Para el caso de este estudio se utilizará la línea de Slow K, que indicará una señal de sobreventa cuando se encuentre por debajo de 20 durante un cierto período, lo que señalará una posible subida inminente, significando un buen momento para comprar.

El código en lenguaje R se muestra como captura en el anexo I. Es el código 2.3. El diagrama de flujo genérico se puede ver en el apartado 2.5, en la figura 2.2.

2.4 Indicador de la banda de Bollinger

El indicador de la banda de Bollinger está formado por tres líneas basadas en medias móviles que indicarán la volatilidad del activo.

Cuanto más cercanas estén estas bandas, más baja será la volatilidad y al contrario cuando más lejos se encuentren unas de otras.

La banda media es una media móvil simple de 20 períodos, la superior es igual a la media, pero sumándole un múltiplo de la desviación típica de esa media móvil. La inferior es análoga a la superior, pero restando.

Se podrá observar una tendencia alcista cuando el precio esté cerca o superior a la banda superior y las bandas se separen entre sí mientras que será bajista cuando el precio de cierre se encuentre por debajo de la inferior.

Los parámetros usados por defecto para la formulación son k (número que multiplica a la desviación típica) igual a 2 y 20 períodos para el cálculo de la MMS.

$$M_t(n) = MMS(P_t, n) \quad (2.12)$$

$$B_t(n) = k \times \sigma(P_t, n) \quad (2.13)$$

$$up_t(n) = P_t + B_t(n) \quad (2.14)$$

$$down_t(n) = P_t - B_t(n) \quad (2.15)$$

Para ver más clara la señal calculamos el indicador de posición del precio respecto a la banda de modo que si %B es superior a 1 será una señal de compra.

$$\%B = \frac{P_t - down_t}{up_t - down_t} \quad (2.16)$$

El código en lenguaje R se muestra como captura en el anexo I. Es el código 2.4. El diagrama de flujo genérico se puede ver en el apartado 2.5, en la figura 2.2.

2.5 Diagramas de flujo de los códigos del filtro primero

A continuación, se muestran dos figuras, la primera es el diagrama de flujo del primer filtro completo, y la segunda es el diagrama de flujo que siguen cada uno de los indicadores.

Figura 2.1. Diagrama de flujo del primer filtro.

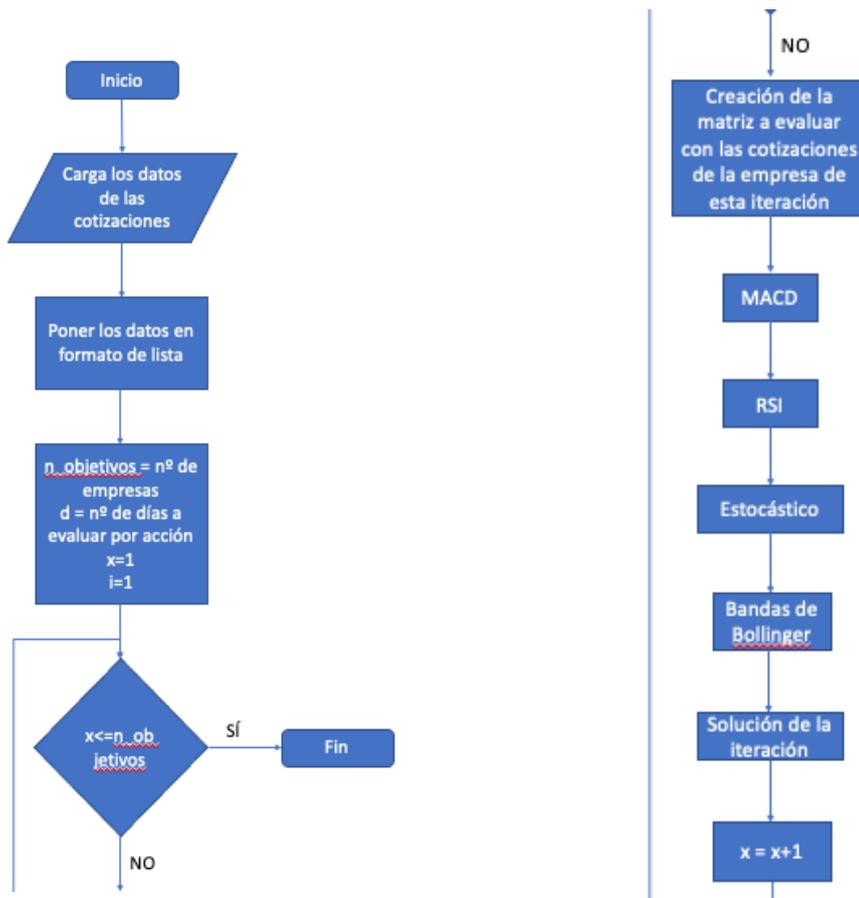
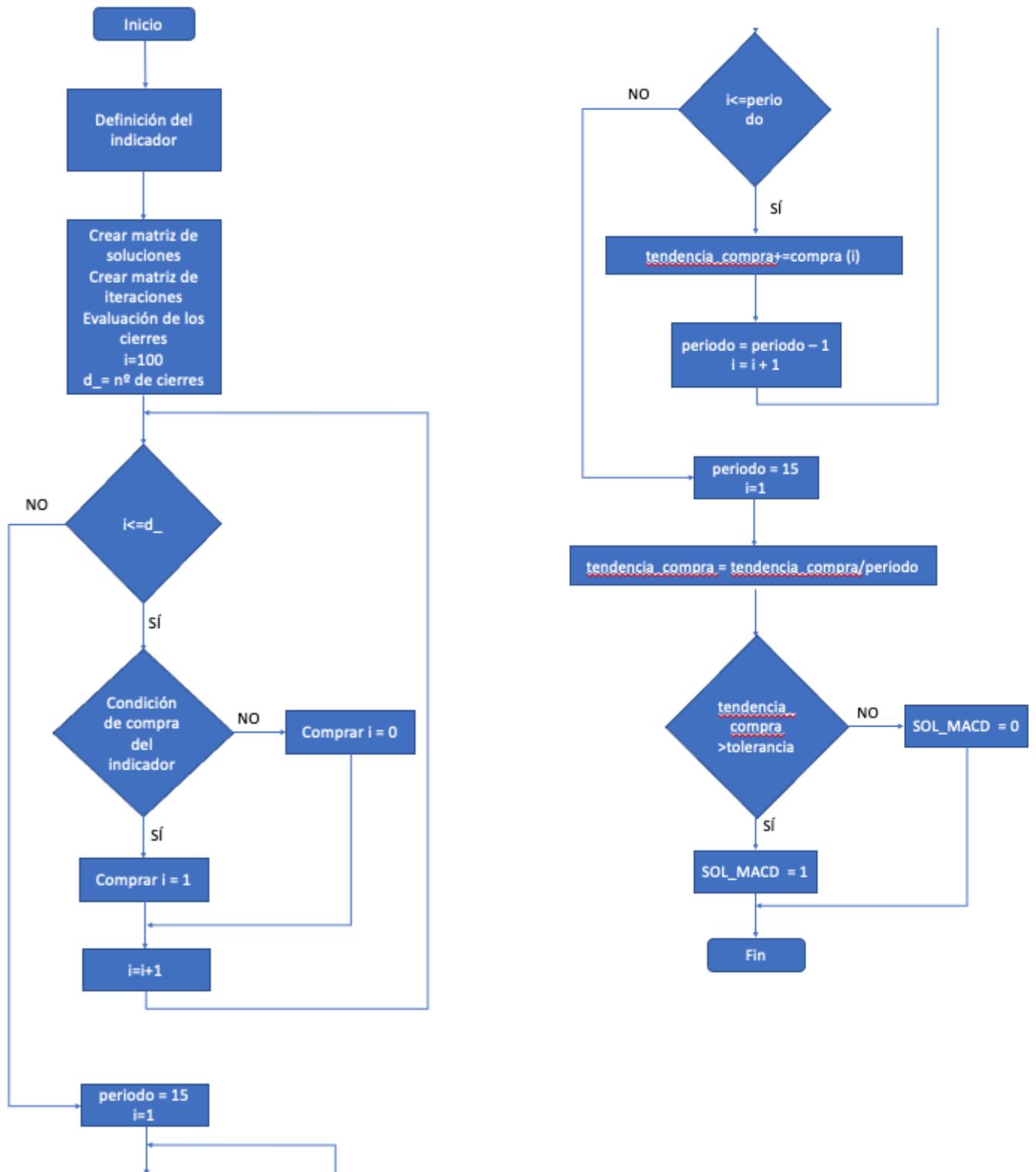


Figura 2.2 Diagrama de flujo de un indicador genérico.



2.6 Condiciones para pasar a la siguiente fase

Los activos analizados deberán tener un valor igual a 1 en el valor SOL_INDICADOR programado en cada uno de los indicadores.

$$SOL_INDICADOR = \begin{cases} 1, & \text{tendencia_compra_indicador} > \text{tolerancia} \\ 0, & \text{c. c.} \end{cases} \quad (2.17)$$

Siendo c.c. caso contrario de ahora en adelante.

La tendencia de compra de cada indicador es la media simple del número de veces que se ha activado la señal de compra.

La tolerancia dependerá del indicador según la facilidad para ser alcanzada. En el caso del MACD se exige una tolerancia del 70% mientras que en los otros indicadores con un 30% es suficiente para ser un activo a considerar.

3 SEGUNDO FILTRO. LA OPTIMIZACIÓN MULTICRITERIO

La técnica de decisión mediante la herramienta del multicriterio se utiliza cuando hay que decidir cuál es la solución óptima, o la aceptable, teniendo en cuenta que tenemos que elegir entre una serie de alternativas finitas numerables evaluadas con distintos criterios.

En el caso que se presenta, tenemos que encontrar las mejores empresas para invertir de entre aquellas que han pasado el primer filtro explicado en el punto anterior.

Los criterios que se van a utilizar son los siguientes:

- Desviación típica de las cotizaciones de las empresas de los últimos n días. En realidad, se usará el inverso de la desviación, ya que el proceso exige que todos los criterios tengan una correlación positiva con el objetivo.
- Beta de las acciones. La beta es la correlación de las cotizaciones con el mercado al que pertenezcan. Por ejemplo, si la empresa es española se tomará como referencia los valores del IBEX 35.
- Rentabilidad media diaria en los últimos n días.

Una vez se tienen claro los criterios, hay que elegir el tipo de metodología multicriterio a aplicar. Según Danesh, D., Ryan, M. J., & Abbasi, A. (2017), el método que mejores resultados da en el análisis bursátil es la técnica AHP (Analytic Hierarchy Process).

Esta técnica se basa en la representación del problema mediante una jerarquía en la que se incluyen los criterios y las alternativas.

Figura 3.1 Diagrama jerárquico de criterios y alternativas.



En este proceso cada grafo tendrá un peso que representa la importancia relativa que le da el decisor a cada criterio y a cada alternativa. Para el caso presente se dará a aquellas empresas que tengan una cierta rentabilidad media diaria más importancia que a las demás.

El objetivo final de este método es conseguir las importancias relativas de las alternativas respecto de cada criterio a partir de matrices de comparación por parejas.

En las matrices de comparación se cotejarán las columnas respecto de las filas una por una. La numeración utilizada es la escala de Saaty, que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.1 Escala de Saaty.

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	Análogos
5	Importancia grande	
7	Importancia muy grande	
9	Importancia extrema	
2, 4, 6 y 8	Valores intermedios	

En el código, el elemento A será la fila y el B la columna.

El valor será positivo cuando A sea más importante o igual que B y negativo cuando se de la situación contraria.

En este caso lo que se tendrá de dato es una matriz con las comparaciones de las empresas por pares en cada uno de los criterios en una matriz.

Esta matriz se introducirá en la librería AHPsurvey, obteniendo así los resultados finales. Los comentarios sobre la librería y su funcionamiento se harán en los subapartados 3.2. y 3.3.

En cuanto al algoritmo a seguir, los pasos serán los siguientes:

1. Recopilación de datos.
2. Formateado de los datos para su procesamiento en la librería ahpsurvey.
3. Procesado de los datos y obtención de los resultados.

3.1 Recopilación de datos

Una vez se ha terminado de ejecutar el código del primer filtro se creará una matriz con los nombres de las empresas que se analizarán a continuación.

El código estará dividido en varios bloques, como se muestra en la captura del código en el anexo I, en el código 3.1.

3.1.1 Cálculo de la rentabilidad media diaria.

En la primera parte se calcula la rentabilidad media diaria de los últimos n días (siendo n un parámetro con nombre días_rent en el apartado de parámetros al principio).

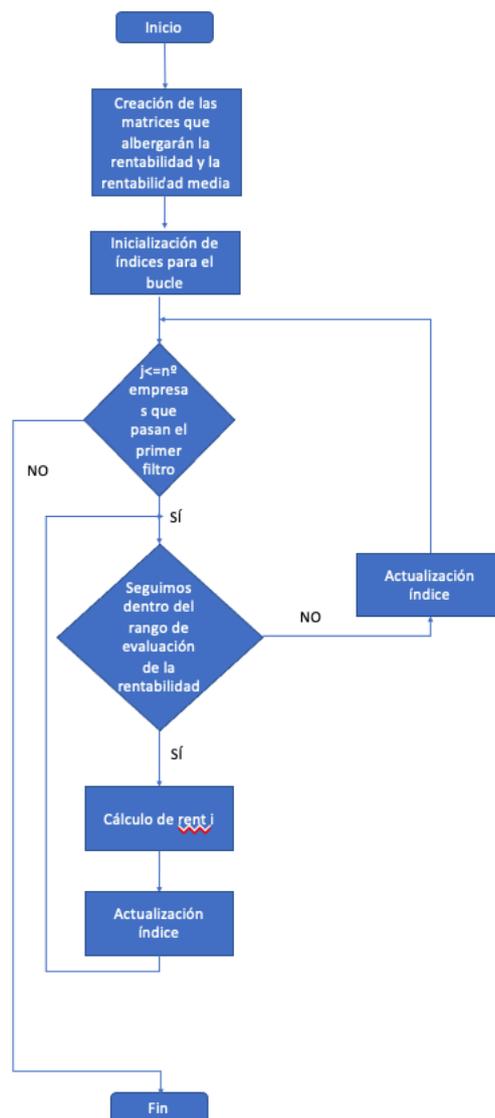
La expresión utilizada para calcular la rentabilidad es:

$$Rentabilidad = \frac{Valor\ final - Valor\ inicial}{Valor\ inicial} \cdot 100 \quad (3.1)$$

$$Rentabilidad\ media\ diaria = \frac{\sum Rentabilidad_i}{n\ días} \quad (3.2)$$

El código de este bloque se muestra en el anexo I. En el apartado del código 3.2. A continuación se muestra el diagrama de flujo correspondiente.

Figura 3.2 Diagrama de flujo del cálculo de la rentabilidad.



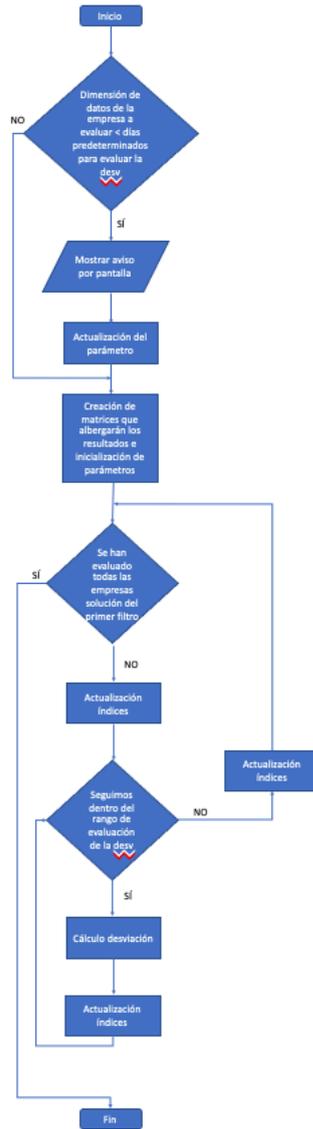
3.1.2 Cálculo del inverso de la desviación típica.

En el segundo bloque se calcula el inverso de la desviación típica. Como se ha explicado anteriormente se usará el inverso ya que un criterio se evaluará de forma que cuanto mayor sea mejor será para el objetivo.

Como lo que se pretende es que la desviación sea la mínima posible, lo que indicará que el activo no tiene grandes variaciones que nos puedan inducir a sorpresas y errores, calcularemos su inverso, de forma que cuanto menor sea la desviación mayor será el inverso y, por tanto, mejor será la empresa en cuestión.

El código de este bloque se muestra en el anexo I. En el apartado del código 3.3. Se muestra a continuación el diagrama de flujo del cálculo.

Figura 3.3 Diagrama de flujo del cálculo del inverso de la desviación típica.



3.1.3 Cálculo de la beta.

Según el libro de “Principio de finanzas corporativas” de Myers, Bryley y Allen la beta es una medida del riesgo de ese activo en un mercado concreto. En el presente trabajo se analizará respecto al mercado en el que cotiza la empresa en cuestión.

Se calcula como la covarianza de las cotizaciones de la empresa y el mercado dividida entre la desviación típica del mercado.

$$\beta_i = \frac{cov_{i,m}}{\sigma_m} \tag{3.3}$$

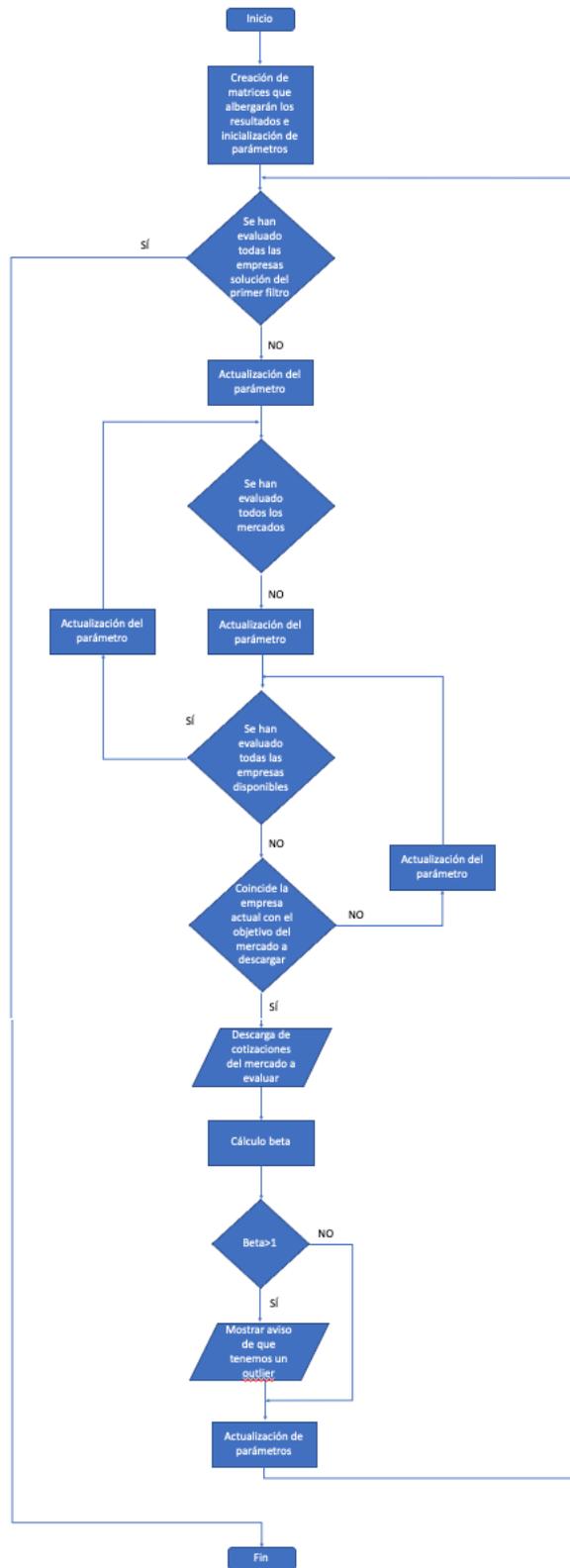
Si la beta toma un valor mayor que 1 tendrá una volatilidad mayor que la del mercado, si es menor que 1 tendrá una volatilidad menor.

Si el valor es igual a 1 tendrá la misma volatilidad que el mismo y si es negativo significará que se mueve al contrario.

El objetivo presente es buscar un valor menor que 1 pero lo más cercano a la unidad posible ya que se va buscando una volatilidad controlada y previsible.

El código de este bloque se muestra en el anexo I. En el apartado del código 3.4.

Figura 3.4 Diagrama de flujo del cálculo del inverso de la beta.



3.1.4 Unión de los datos en una matriz

En este bloque simplemente se unen los datos calculados anteriormente y se presentan en una matriz que posteriormente se formateará.

El código de este bloque se muestra en el anexo I. En el apartado del código 3.5.

3.2 Formateado de los datos para su procesamiento.

El paquete de código que se usará para la realización del filtrado mediante multicriterio es la librería “ahpsurvey” ya mencionada anteriormente.

La idea para la que se creó este paquete de datos es la recepción de una estructura matricial cuya primera columna es un listado de una serie de personas a las que se les ha realizado una encuesta y la primera fila es una lista de las comparaciones por pares de cada uno de los criterios sobre los que se supone que las personas hacen las comparaciones de Saaty sobre el tema en cuestión. Esto se adaptará al caso presente, los datos que procesará tienen una estructura igual que la de la tabla 3.2, cuyo formato es admisible por esta librería igualmente.

Aplicado al caso de las empresas, las comparaciones se hacen por pares entre las distintas acciones y los que dan el número de Saaty son los criterios.

De esta forma se crearía la matriz de comparaciones:

Tabla 3.2 Matriz de comparaciones.

	E ₁ -E ₂	E ₁ -E ₃	E ₁ -E ₄	...	E _{n-1} - E _n
Rentabilidad media					
Desv. Típica					
Beta					
Precio					

Siendo E1 la empresa número 1, E2 la empresa 2, etc.

E1-E2 representa la comparación respecto al criterio concreto de E1 y E2.

El número de comparaciones por pares sigue la expresión de las posibles combinaciones por grupos de n elementos sin repetir en un conjunto de N elementos.

$$C_{N,m} = \binom{N}{n} = \frac{N!}{n! \cdot (N-n)!} \quad (3.4)$$

Esta tabla se realizará calculando la diferencia de cada uno de los criterios en cada una de las empresas respecto a la que se quiere comparar.

Una vez esté esa matriz completa se procederá a transformar cada uno de estos números a la escala de Saaty (1 a 9) positivo o negativo según corresponda.

El signo lo dará el cálculo de la resta, ya que será la primera menos la segunda, siendo positivo cuando la primera sea mayor.

La escala se calculará mediante una interpolación lineal.

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \cdot (x - x_0) \quad (3.5)$$

$$y_0 = -9 \quad (3.6)$$

$$y_1 = 9 \quad (3.7)$$

Siendo “y” el número que queremos calcular y “x” el número que sale en la tabla de comparaciones inicial. Al estar “x” variando en un intervalo de infinitos valores se tomarán sus extremos como números muy grandes en comparación con las diferencias habituales entre los distintos criterios, que se determinarán en función de los números que salgan en la experiencia.

Es decir, si tomamos por ejemplo los valores extremos de “x” entre -5 y 5 y sale algún número que se sale fuera del rango el programa nos avisará de que tenemos un “Outlier” y ampliaremos el rango de la “x”. Este número extremo del rango se llamará `n_grande` y estará en el apartado de “Parámetros”.

Los valores que salgan como resultado de la interpolación se redondearán al entero más próximo. Si sale un 0 se tomará como un 1, ya que es el valor que representa la igualdad, y si sale un 1 o -1 se tomará como un 2 o -2 ya que la unidad está reservada para el valor mencionado.

El código de este bloque se muestra en el anexo I. En el apartado del código 3.6.

3.3 Procesado de los datos y obtención de resultados.

Una vez hemos calculado con éxito la matriz de Saaty llamamos a la librería “ahpsurvey” usando los comandos que se presentarán más adelante.

Los pasos que realizará este paquete de código serán:

1. Estimación de las importancias relativas.
2. Evaluación de las consistencias de las matrices de comparación mediante el índice de consistencia y la ratio de consistencia.
3. Si la matriz no es consistente se realizarán modificaciones en la misma hasta que lo sea.
Para que una matriz sea consistente debe tener una ratio de consistencia que cumpla la tabla de las ratios de consistencia en función del tamaño de la matriz.

Tabla 3.3 Tabla de ratios de consistencia máximos para distintos tamaños de matrices.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

En este caso, la tabla tendrá tantas filas y columnas como combinaciones por pares del número de empresas haya.

Siendo N el número de filas y columnas (que será el mismo por ser cuadrada) y RI la ratio de inconsistencia.

4. Agregación de las importancias relativas.

Se pueden realizar de dos maneras, el modo distribuido y el ideal.

El modo distribuido se realiza cuando se quieren tener en cuenta todas las posibilidades y el ideal cuando se busca la mejor.

Para el caso que ocupa el presente trabajo se usará el distribuido ya que se quiere tener en cuenta el mayor número de empresas posibles para su evaluación.

5. Obtención de los porcentajes agregados de validez de cada empresa respecto a los criterios seleccionados.

Una vez se tienen los porcentajes mencionados se seleccionarán las mejores “n_empresas_sol_filtro_segundo” empresas para evaluarlas en el siguiente filtro, donde se formará la cartera de inversión definitiva. El número de empresas se puede cambiar en el apartado de parámetros.

En cuanto a los pesos otorgados a cada una de las empresas se les ha dado mayor valor en función de su rentabilidad, para evitar que pudieran pasar excesivas empresas con rentabilidad negativa al tercer filtro, a no ser que sus otros criterios estuviesen disparados.

Concretamente a aquellas con rentabilidad media positiva se les ha dado peso 5, y a aquellas con rentabilidad mayor que 0,5 se les ha dado peso 9.

Tras esto se mostrarán por pantalla las empresas que pasan este filtro. El código de este último bloque se expone a continuación.

El código de este bloque se muestra en el anexo I. En el apartado del código 3.7.

El código interno de la librería “ahpsurvey” se encuentra en el enlace de la bibliografía, en el punto 6.

3.4 Diagramas de flujo de los códigos del filtro segundo.

Figura 3.5 Diagrama de flujo general del filtro segundo.

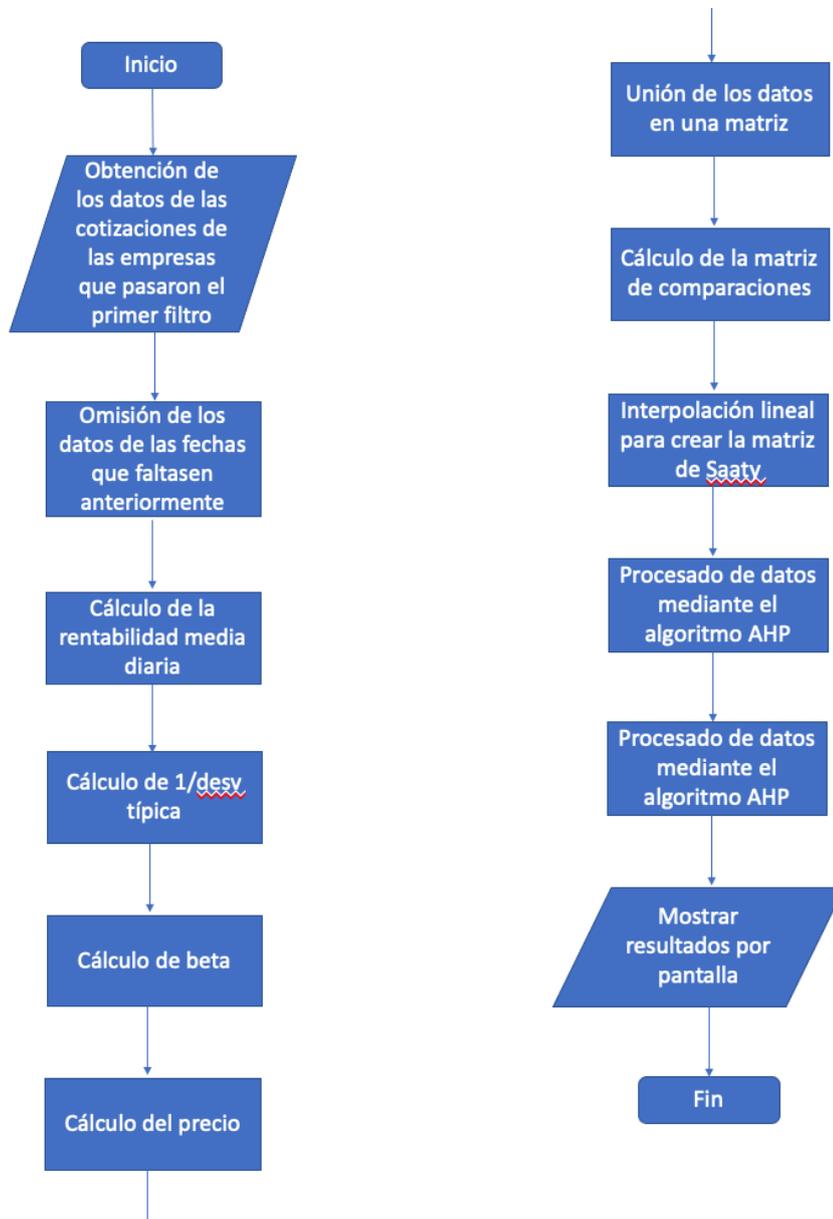
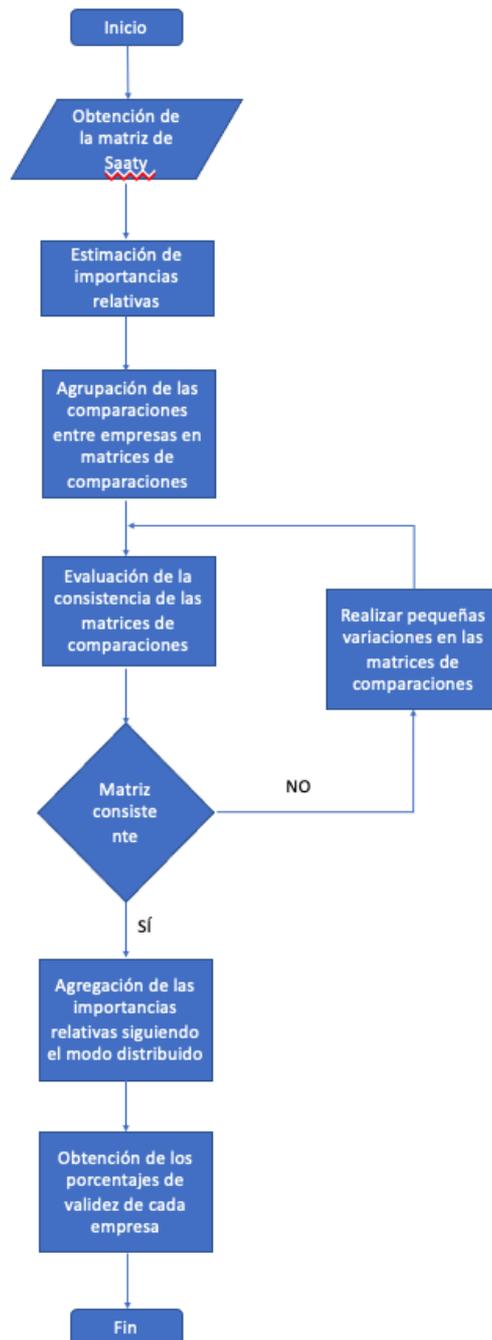


Figura 3.6 Diagrama del proceso seguido en la librería “ahpsurvey”.

4 TERCER FILTRO. LA OPTIMIZACIÓN MULTI OBJETIVO

Una vez se han pasado los dos primeros filtros se procederá ahora a analizar las empresas restantes aplicando técnicas multiobjetivo.

Son varios los modelos que se han seguido en esta tarea en los últimos años, basados la mayoría de ellos en el de Markowitz (1952) y el modelo de Sharpe (1961) en busca de las carteras óptimas maximizando el beneficio y minimizando el riesgo.

Avanzando al respecto, en el presente trabajo se utilizará una aproximación al modelo de Konno y Yamakazi (1991) en el que representa el riesgo utilizando la MAD, “Mean Absolute Deviation from the mean” (desviación absoluta promedio).

Se perseguirán por tanto dos objetivos, minimizar el riesgo y maximizar el beneficio.

Como ya se ha mencionado el riesgo se modelará mediante la MAD. El beneficio se calculará mediante la rentabilidad media diaria, de la misma forma que se ha utilizado en el apartado segundo, formando parte de los criterios.

4.1 Modelo a optimizar

El modelo que se va a optimizar es el siguiente.

$$\begin{aligned} & \text{Max} \sum_{i=1}^n x_i \cdot m_i \cdot (b_i - r_i) \\ & \text{s. a.} \\ & (1) \sum_{i=1}^n x_i = 1 \\ & (2) \sum_{i=1}^n m_i = n^{\text{º}} \text{ mín de activos} \end{aligned}$$

Siendo x_i los pesos porcentuales que se le darán a cada uno de los activos en los que se va a invertir. Ese es nuestro objetivo, calcular esos pesos para decidir qué cantidad de dinero se va a destinar a cada empresa.

En cuanto al beneficio está representado en la variable b_i y el riesgo como r_i .

Las variables m_i son variables binarias que obligan a la existencia de una serie de activos mínimos dentro de la cartera, ya que uno de los posibles problemas de Konno y Yamakazi es que puede tender a dejar un solo activo en la cartera, lo que es inadmisibles en base a la teoría de la cartera eficiente de Markowitz, que establece que hay que diversificar los activos para asumir menos riesgos.

En cuanto al número óptimo de empresas para alcanzar la diversificación óptima estudios relativamente recientes como el de «*Risk Reduction and Portfolio Size: An Analytic Solution*» mostraron que, tras analizar una muestra de 3290 acciones, a partir de 30 se puede considerar casi máxima y que, a partir de 200, se puede considerar total.

4.2 Implementación del modelo

El beneficio se calcula como la renta media, que ya ha sido utilizada en el segundo apartado como uno de los criterios para extraer las mejores empresas en el segundo filtro, pero por facilidad se volverán a descargar los datos de las cotizaciones, ya que el proceso seguido a requerido de un ordenamiento de las empresas en una lista diferente a la usada anteriormente para el cálculo de la misma.

Recordando la expresión utilizada para su cálculo:

$$Rentabilidad = \frac{Valor\ final - Valor\ inicial}{Valor\ inicial} \cdot 100 \quad (4.1)$$

$$Rentabilidad\ media\ diaria = \frac{\sum Rentabilidad_i}{n\ días} \quad (4.2)$$

Siendo i una de las empresas.

En cuanto al riesgo de cada empresa, la MAD tiene la siguiente expresión:

$$r_i = \frac{\sum_{j=1}^n días |b_j - b\ media|}{n\ días} \quad (4.3)$$

Siendo en este caso i cada una de las empresas y j cada uno de los días en los que se evalúa la rentabilidad media.

4.3 Implementación del modelo en Rstudio

A la hora de optimizar el modelo anterior en R se presenta la duda de si utilizar un paquete para optimización, pero la realidad es que es suficiente con calcular la diferencia entre las rentabilidades promedio y los riesgos calculados anteriormente, coger los mejores e interpolar estas diferencias entre 0 y 1, normalizándolas finalmente para que sumen 100 porcentualmente.

Recordando la fórmula empleada para la interpolación:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \cdot (x - x_0) \quad (4.4)$$

$$y_0 = 0 \quad (4.5)$$

$$y_1 = 1 \quad (4.6)$$

Siendo en este caso el intervalo de x los valores de las diferencias, con x_0 como el valor de la menor diferencia del intervalo y x_1 la mayor.

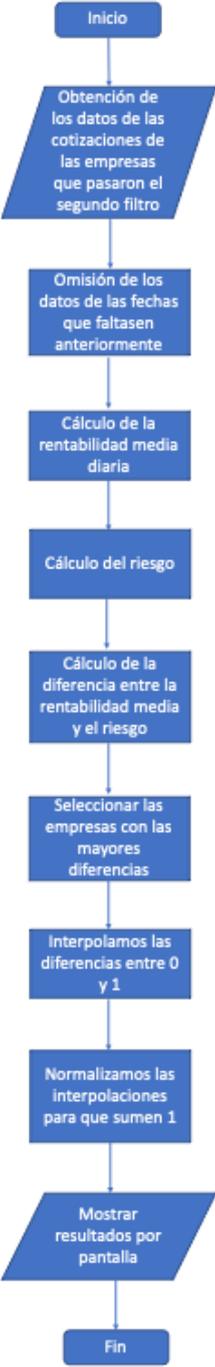
En cuanto a la normalización, la fórmula es la siguiente:

$$w_i = \frac{Valor\ de\ la\ interpolación\ i}{Suma\ de\ los\ valores\ de\ las\ interpolaciones} \quad (4.7)$$

El código referente a cada uno de estos pasos comentados se encuentra en el anexo I, en los apartados de los códigos 4.1, 4.2 y 4.3.

4.4 Diagramas de flujo de los códigos del filtro tercero.

Figura 4.1 Diagrama de flujo general del filtro tercero.



5 SIMULACIÓN

La idea fundamental para simular el algoritmo y obtener resultados para comprobar su efectividad es poner como fecha actual la de una semana anterior y ver qué habría sucedido con esa inversión la semana siguiente empleando los datos disponibles.

Para ello la primera opción fue crear un bucle general que englobase el código completo y que fuese cambiando la fecha de inicio y de final en cada iteración y mostrando los resultados. El problema es que el tiempo que requería esto era de muchas horas seguidas debido a que la descarga de los datos lleva entre unos 10 y 15 minutos, y procesarlos otros 5 o 10 por lo que era demasiado tiempo.

La segunda opción era descargar los datos una sola vez e ir reutilizándolos para ahorrar el tiempo de descarga y reducir considerablemente la duración completa de la experiencia. El problema que surgió en este caso era que el formateo de los datos para su reutilización hacía que se perdiesen parte de los mismos en cada experiencia lo que provocaba que el bucle se estancase y diera fallos debido a ausencia de datos que no debería haber habido.

Además, en cada variación de fecha había empresas que por las distintas circunstancias de cada mercado podían no tener los datos requeridos en la semana de comprobación o incluso podían no cotizar en el mercado aún en esa semana. Estas empresas no eran siempre las mismas, por ejemplo, el 16 de Julio las empresas de Chile no cotizaron o, al menos no aparecen sus cotizaciones en la web de Yahoo. Son casos aislados en cada iteración que no tienen que volver a repetirse.

Tampoco había siempre el mismo número de empresas que pasaran los filtros por lo que los distintos parámetros tenían que ser revisados en cada una de las iteraciones, lo que llevó a la última opción para simular.

La solución elegida para realizar el experimento fue finalmente realizar las iteraciones manualmente una a una para poder ir revisando los parámetros en cada una y también eliminando los problemas del formateado de datos ya que se descargaban completos cada vez.

Esto ha requerido una gran cantidad de tiempo, alrededor de tres días para obtener los datos de un año, pero ha asegurado que los datos son correctos.

5.1 Código de la simulación.

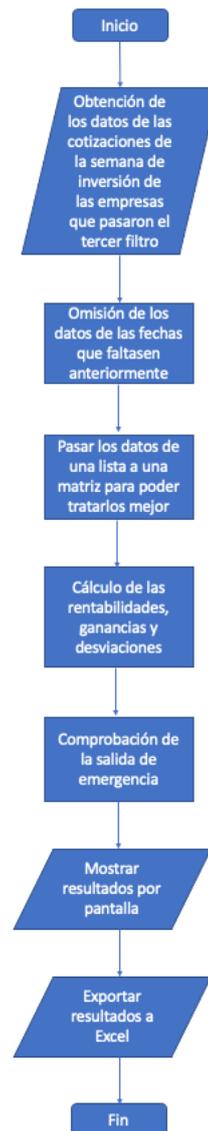
El código utilizado para la experiencia es prácticamente el mismo que el mostrado en los apartados anteriores, las únicas diferencias son:

- Implementación de fecha de inicio y final de la iteración.
- Bloque de análisis de los datos obtenidos y obtención de los resultados de la inversión de la semana.
- Exportación de estos datos a un Excel.

Se muestran en el anexo I los bloques del código. Concretamente en los apartados de código 5.1 a 5.7.

El diagrama de flujo de este apartado se muestra a continuación.

Figura 5.1 Diagrama de flujo general del código de simulación.



5.2 Comentarios sobre los parámetros utilizados.

Como se ha comentado anteriormente, los parámetros que se han usado han variado dentro de un intervalo para poder obtener los resultados en función del número de empresas que pasaban los filtros, ya que nunca se ha aceptado menos de 15 empresas finales.

Los parámetros usados para la simulación son los siguientes:

- “date_inicio”. Es la fecha en la que se activa el programa para determinar las empresas y sus pesos en los que se va a invertir la semana siguiente.
- “date_fin”. Es la fecha del sábado de la semana siguiente a la de la fecha de inicio. Se usa para descargar los datos de esa semana y evaluar si la rentabilidad de la inversión ha sido positiva o negativa.
- “periodo”. Es el número de días laborables en los que se analiza la tendencia de los indicadores. Para la simulación este dato ha variado entre 30 y 40.

- “tol_macd”. Es el porcentaje de veces que el indicador MACD ha sido favorable para comprar. Debido a que era el que mayor número de variación de empresas provocaba ha sido el que más se ha modificado. Ha variado entre 0,7 y 0,9.
- “tol_rsi”. Análogo al parámetro anterior, pero con menos variación. Su intervalo ha sido entre 0,8 y 0,9.
- “tol_bollinger”. Igual que el parámetro anterior.
- “tol_estocastico”. Igual que el parámetro anterior.
- “días_desv”. Es el número de días en los que se ha evaluado la desviación típica de cada una de las empresas para el criterio utilizado en el segundo filtro. Ha sido de 260. A veces las empresas evaluadas tenían menos de 260 datos disponibles, en ese caso se ha usado el máximo disponible.
- “días_rent”. Es el número de días en los que se ha evaluado la rentabilidad media diaria. Ha sido siempre 40. Debe ser un número semejante al utilizado en “periodo” para que los resultados sean coherentes.
- “n_grande”. Número usado para la interpolación calculada en el segundo apartado. Ya explicada su utilidad en ese apartado.
- “n_empresas_sol_filtro_segundo”. Es el número de empresas que van a pasar el filtro segundo. Este número ha variado entre 30 o excepcionalmente ha llegado a 15 ya que no había más empresas que pasaran el filtro primero sin rebajar demasiado las tolerancias.
- “n_empresas_sol_filtro_tercero”. Es el número de empresas en las que se va a invertir finalmente. Se ha decidido que sean 15, ya que con 30 se alcanza una diversificación óptima y a veces no hay suficientes empresas que pasen los dos filtros anteriores sin ser demasiado poco exigentes.
- “cash”. Cantidad de dinero supuesta a invertir en la semana. Se ha usado para calcular la cantidad de dinero que se ganaría o perdería si se realizase la inversión recomendada.
- “estima”. Número de años que se aplicaría este método junto con el interés compuesto. Se usa para hacer una estimación de las ganancias futuras.
- “tol_salir”. Es el porcentaje de pérdida que se va a tolerar antes de sacar la inversión para no perderla si algo fuese mal.

5.3 Cálculos de los resultados.

Tras la obtención de los datos de las cotizaciones se hicieron varios cálculos para obtener los siguientes elementos:

- Rentabilidad media diaria.
Es la media de las rentabilidades de cada día en el conjunto de datos de las cotizaciones de cada empresa.
Coincide con las rentabilidades finales estimadas de cada empresa, ya que suponemos que la rentabilidad se mantendrá con poca variación respecto de la media debido a que hemos seleccionado empresas con poca variación y poco riesgo.
- Rentabilidad media diaria final.
Es la rentabilidad estimada final de la inversión que se pretende realizar. Se calcula como la suma de las rentabilidades estimadas de cada una de las empresas multiplicadas por sus pesos.

- Rentabilidad estimada porcentual ponderada.
Son las rentabilidades estimadas de cada una de las empresas multiplicadas por sus pesos.
- Rentabilidad media semanal estimada.
Es la rentabilidad estimada que se supone que tendrá la inversión la próxima semana.

Se ha calculado aplicando la fórmula del interés compuesto a la rentabilidad media final. Se expresa a continuación la fórmula del interés compuesto.

$$C_f = C_0 \cdot (1 + i)^n \quad (5.1)$$

Siendo C_f la cantidad de dinero final tras la inversión, C_0 la cantidad invertida, i la tasa de rentabilidad y n el número de períodos que pasan con la cantidad invertida a esa rentabilidad.

Por tanto, para calcular la i semanal a partir de la i diaria se usa la siguiente expresión.

$$i \text{ semanal} = (1 + i)^n - 1 \quad (5.2)$$

Siendo n en este caso el número de días laborables en la semana, que es el número de períodos que pasa la inversión invertida. Para el caso presente n es 5.

- Rentabilidad anual estimada.
Se calcula utilizando la expresión del interés compuesto análogamente a la rentabilidad semanal, pero ahora teniendo en cuenta que un año tiene 52 semanas.
- Ganancia total estimada.
Se calcula como la cantidad invertida “cash” multiplicada por cada una de las rentabilidades estimadas ponderadas por sus pesos y se suma.
- Dinero a invertir.
Se calcula como la cantidad invertida por cada uno de los pesos.
- Ganancia futura.
Es la estimación del dinero que se ganaría unos años reinvertiendo totalmente las ganancias.

Hasta aquí ha sido todo cálculos con los datos de las semanas pasadas, ahora se mencionan los cálculos con los datos de la semana de la inversión.

- Rentabilidad media diaria real.
Es la rentabilidad media diaria de cada una de las empresas multiplicadas por sus pesos.
- Desviación de la renta media diaria real.
Es la diferencia entre la renta media diaria estimada y la real.
- Dinero final real.
Es el dinero ganado gracias a cada una de las empresas.
- Ganancia total real.
Es la suma de las ganancias de cada empresa.
- Desviación en la ganancia total.
Es la diferencia entre la ganancia total estimada y la real.
- Rentabilidades reales de la semana ponderadas.
Es la rentabilidad porcentual de cada una de las empresas en la semana. Se calcula como las rentabilidades reales semanales de cada empresa multiplicadas por sus pesos.

- Rentabilidad acumulada porcentual de la semana.
Rentabilidad total de la inversión en la semana. Es la suma de las rentabilidades reales ponderadas.
- Rentabilidad acumulada en caso de salida de emergencia.
Rentabilidad conseguida en caso de que se saque el dinero debido a que la rentabilidad a caído por debajo de la mínima permitida.

5.4 Tiempos de ejecución.

La ejecución del programa de la simulación completo tarda alrededor de 20 minutos divididos en varias partes:

1. Descarga de datos iniciales de internet. Alrededor de 10 minutos.
2. Ejecución del primer filtro. Alrededor de 6 minutos.
3. Segundo y tercer filtro. Alrededor de 2 minutos.
4. Cálculo de las rentabilidades reales. Alrededor de 2 minutos.

5.5 Otras consideraciones sobre el código de simulación.

- En las iteraciones el número de empresas que se han analizado ha variado entre 475 y 518 debido a que en las distintas fechas había algunas empresas a las que le faltaban datos que hacían imposible su análisis en cadena.
- En la rentabilidad media de los resultados no se tiene en cuenta que si el precio baja de la tolerancia que se ha impuesto la inversión se saca automáticamente sin esperar al cierre del día ya que esto lo hace la plataforma de inversión automáticamente con las cotizaciones a cada instante, pero los datos disponibles solo son los diarios.

Esto podría provocar que algunas de las inversiones que han terminado bien al final de la semana hubiesen saltado durante la misma, aunque se considera que es poco probable ya que las empresas que se escogen destacan por su poca variabilidad y su tendencia ascendente.

- Algunas veces, las cotizaciones reales de la semana de algunas empresas no estaban completas, es decir, en vez de 5 datos había 4 o, excepcionalmente 3.

En ese caso lo que se ha hecho es dejar el último dato disponible como la cotización de los días siguientes ya que lo que interesa es la rentabilidad y si no cotiza es lo mismo que tener rentabilidad 0.

6 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

6.1 Resultados.

Tras la simulación realizada para 87 semanas, que es desde el día de finalización de este trabajo hasta la primera semana de 2020, hemos obtenido una serie de resultados expresados en forma de tabla. Esta tabla se encuentra en el anexo III.

6.2 Conclusiones.

Analizando los resultados obtenidos se pueden obtener una serie de conclusiones que pueden centrarse en dos frentes, el primero es ver las rentabilidades obtenidas en general y en segundo lugar la fiabilidad de las predicciones realizadas. Por último se analizarán resultados como los promedios de los parámetros o la fiabilidad de la salida de emergencia, incluyendo en último lugar y resaltando su importancia, la desviación típica de la rentabilidad obtenida en las simulaciones y su comparación con las de los mercados mundiales usados.

En cuanto a la primera parte, las rentabilidades obtenidas como se verá a continuación resultan prometedoras. En relación a la segunda, las predicciones de las tendencias rara vez se ajustan y parece que, de media se producen unas desviaciones grandes en comparación a las estimadas. Es importante tener en cuenta que el objeto final del trabajo era obtener la cartera lo más eficiente posible, no realizar unas predicciones sobre tendencias lo más ajustadas posibles, ya que para ello se deberían haber usado técnicas de predicción como las de predicción de demanda, y no solo la componente del MACD en el filtro de análisis técnico y la media de la rentabilidad histórica pero ese no era el objetivo final.

Aun así, es interesante ver la desviación y los errores que se han producido en las estimaciones respecto de la realidad.

Se explicará más adelante los posibles motivos y sus posibles ajustes para otro futuro intento, en el que se puede hacer un mayor hincapié en los ajustes en las predicciones de las cotizaciones.

Por último, se verán otros indicadores de interés como el análisis de las veces que se ha usado la salida de emergencia y su efectividad o los mercados y empresas más seleccionados.

Comentando en primer lugar como se ha mencionado las rentabilidades conseguidas, se puede ver que la rentabilidad media de las semanas es 0,59%.

Si usamos esta rentabilidad media para calcular la rentabilidad utilizando la fórmula del interés compuesto, es decir, si reinvirtiésemos las ganancias constantemente, obtendríamos un 35,57% de resultado.

La rentabilidad acumulada, la suma de las rentabilidades de cada semana, para el total de semanas simuladas sería del 51,57%.

Teniendo en cuenta las posibilidades de mejora del algoritmo que se expresarán en el apartado de futuras líneas de investigación, son unos resultados prometedores para ser la primera versión de este código.

Para poder entender la situación, por ejemplo, el inversor más famoso del mundo, Warren Buffet, ha conseguido a lo largo de estos años una rentabilidad media anual del 20,8%.

Comparando con casos más cercanos, a nivel nacional, los gestores de fondos con mayor rentabilidad este año pasado 2020 han sido enumerados por Rankia en su web, se muestra a continuación.

Figura 6.1 Captura de pantalla de los mejores fondos españoles renta variable 2020.

10 Mejores Gestores Españoles Renta Variable 2020

Fondo	Gestor	Rentabilidad 2020	Patrimonio (M)
True Value Small Caps (ES0179555018)	Alejandro Estebaranz Jose Luis Benito	60%	17
Caja Ingenieros Emergentes A FI (ES010922103)	Didac Pérez Alonso	29,22%	26
Bankinter Tecnología R FI (ES0114797030)	Julio Rada Pelegrí	28,58	23
Gestión Boutique II Danel Tech FI (ES0168797043)	Tirso de Linos Diego Villanueva	27,56%	1,29
BBVA Bolsa Tecnología y Telecomunicaciones FI (ES0147711032)	Rodrigo Utrera Carlos López	27,54%	806
Esfera I Kau Tecnología (ES0110407030)	*	25,77	1,51
Rural Tecnológico Renta Variable Estándar FI (ES0175738030)	Carlos Camacho Beatriz Gutiérrez	22,54	121
Imantia Futuro (ES0106949037)	Sergio Ríos Francisco Saez	21,74	17
Andbank Megatrends (ES0184949008)	AFI**	21,48	60
Bankinter Eficiencia Energética Y Medioambiente R FI (ES0114806039)	Javier Barrado Herrado	20,45%	18

*El compartimento ha estado asesorado por Diego Porto
**El equipo asesor de AFI está liderado por David Cano

En el caso presente, para 2020 se ha obtenido una rentabilidad acumulada (suma de las rentabilidades de cada semana) del 34,22%. Esto situaría al algoritmo descrito en el segundo lugar en España.

También hay que tener en cuenta que este porcentaje de beneficio es bruto, no se han tenido en cuenta comisiones de las plataformas de inversión ni impuestos y la web citada tampoco aclara si los han tenido en cuenta o no.

Por tanto, como resumen de esta primera parte de las conclusiones hay que decir que, como se ha mencionado antes, son unos resultados prometedores, aunque hay mucho en lo que se puede mejorar.

En cuanto al número de veces que la inversión semanal saldría rentable se pueden contar un total de 51 veces, que teniendo en cuenta que se han hecho 87 intentos, nos daría una efectividad del 58,62%.

Pasando ahora a comentar el segundo punto sobre las desviaciones en las predicciones es importante recordar que, como se mencionó antes, el fin del trabajo era la obtención de una cartera lo más eficiente y rentable posible no la mejor predicción de las cotizaciones posibles.

Las estimaciones se hacen calculando la rentabilidad media de las mejores empresas hasta el día evaluado, es improbable que esta tendencia se mantenga exactamente igual la próxima semana, pero la idea es que al menos se mantenga cercana en la mayoría de las acciones.

Obtenemos una desviación media del -1,14%. Este resultado no es representativo ya que las variaciones dependen de la estimación en concreta por lo que para valorar la situación se hará uso del error relativo, que se calcula dividiendo la desviación entre la estimación.

Se pueden apreciar los valores de este error en la última columna de la tabla 9.1 en el anexo III.

Se obtiene por tanto un error relativo medio del -90,68%. Es un error grande en cuanto a la calidad de previsión de rentabilidad se refiere ya que casi llega al 100% de error.

Por tanto, se puede decir que las desviaciones producidas son demasiado grandes como para utilizar este algoritmo para calcular estimaciones de las cotizaciones futuras, habría que reconsiderar la estructura de

los filtros y añadir otros componentes de estimación como los que se nombran en el apartado de futuras líneas de investigación.

Pasando al último punto a comentar de análisis de resultados se puede resaltar también que se obtiene una media de las veces que se ha producido una ganancia del 1,76% de rentabilidad media mientras que haciendo la media de las veces que se ha perdido dinero se obtiene un -0,77% de rentabilidad media, por lo que se puede obtener una diferencia absoluta en las medias de ganancia y pérdida del 2,53%.

Analizando los parámetros utilizados obtenemos las siguientes medias de utilización en cada uno:

- Periodo: 37,46 días.
- Tolerancia del MACD: 0,73%.
- Tolerancia del RSI: 0,87%.
- Tolerancia de las bandas de Bollinger: 0,87%.
- Tolerancia del estocástico: 0,87%.

La salida de emergencia se ha utilizado un total de 10 veces, recordando que ha sido del -1,2% esta tolerancia. De esas 17 veces la media de rentabilidad obtenida en ese caso ha sido del -0,37% debido a que la precisión era diaria, si hubiera sido al minuto no habría esperado tanto a saltar.

De esas 17 veces, 10 habrían terminado en un resultado peor al de la salida, por lo que se puede decir que ha tenido un 58,82% de eficacia, lo que es un buen resultado.

En cuanto a los mercados, los 5 más seleccionados han sido los siguientes:

Tabla 6.1 Mercados más seleccionados para invertir.

MERCADOS	VECES SELECCIONADO	%
N100 (Índice europeo)	162	11,16%
OMXSPI (Suecia)	144	9,92%
KLSE (Malasia)	140	9,64%
FTSEMIB.MI (Milán)	125	8,61%
SSMI (Suiza)	104	7,16%

Se puede observar por tanto que los mercados en los que más se ha invertido han sido europeos, a excepción del de malasia en tercer lugar.

En la misma línea, las 5 empresas que más veces han sido seleccionadas para invertir han sido las siguientes:

Tabla 6.2 Empresas más seleccionadas para invertir.

EMPRESA	VECES SELECCIONADA	%
COFB.BR (Cofinimmo SA, Bruselas)	21	1,49%
BN.PA (Danone, París)	19	1,34%
ASM.AS (ASM International NV, Amsterdam)	16	1,13%
GETI-B.ST (Getinge AB, Estocolmo)	16	1,13%
KER.PA (Kering SA, París)	15	1,06%

A veces, alguna empresa se ha podido seleccionar más de una vez debido a que algunas cotizan en más de un mercado a la vez, aunque puede ser que sus cotizaciones sean distintas, por ejemplo, una que cotice en

DowJones y en Nasdaq a la vez. Aunque puedan tener distinta cotización lo más habitual es que sean parecidas, lo que implica que se pueda invertir en la misma empresa, pero en dos mercados distintos, produciendo una ganancia parecida.

Como se comentó al inicio del apartado, queda por comentar las comparaciones de las desviaciones típicas de los mercados con la obtenida en las simulaciones.

Para esto se han descargado los datos de las cotizaciones de los mercados que se han analizado, entre el 1 de septiembre de 2021 y el 1 de enero de 2020, y se ha calculado la desviación típica de cada uno. Las tablas con los datos de las cotizaciones ocupan demasiado y hace demasiado extenso el documento, por lo que simplemente se hace referencia a los datos disponibles en yahoo finance, que es de donde se han obtenido.

Una vez calculadas las desviaciones típicas se ha calculado su promedio, obteniendo una desviación típica promedio del 0,01619.

Tras esto se ha calculado la desviación típica de las rentabilidades obtenidas en las simulaciones y se ha obtenido un 0,01945.

Ambas desviaciones se han calculado como desviaciones poblacionales. Son ambas bastante parecidas, concretamente hay una diferencia de 0,0033 unidades entre ambas.

El obtener una desviación poblacional tan parecida a la desviación promedio del mercado es un resultado muy bueno, ya que significa que la dispersión de los resultados que obtiene el algoritmo son semejantes a los de los mercados, lo que da una gran seguridad a la hora de utilizarlo como referencia para invertir, ya que son muchos los fondos de inversión oficiales que toman los mercados como referencia.

Como resumen final de las conclusiones se puede decir que las rentabilidades obtenidas, las desviaciones de las mismas y la eficacia de las salidas de emergencia tienen resultados prometedores, debiendo ajustar algunos de los parámetros del algoritmo para poder llevarlo a la práctica con más garantías de éxito en la inversión.

Por último, mencionar que todas las tablas completas de estas conclusiones se encuentran en el anexo III.

7 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN Y AMPLIACIÓN

La realización de este trabajo ha planteado una serie de cuestiones respecto a la metodología seguida para el análisis de los datos y la simulación que sería interesante continuar en un futuro para mejorar los presentes resultados y el código del algoritmo utilizado.

Se enumeran a continuación estas cuestiones.

1. La idea inicial de este trabajo era optimizar unas inversiones de carácter semanal, pero viendo que es posible que el análisis de la situación actual se realice en menos de 20 minutos sería posible hacer una adaptación de los parámetros para hacer inversiones intradía, es decir, en vez de entrar el lunes y salir el viernes, entrar y salir durante la semana o, incluso, durante el mismo día.

Para ello sería necesario tener acceso a datos en tiempo real. El poder hacer un análisis de este tipo podría disparar la rentabilidad, viendo los resultados actuales con las condiciones con las que se han contado.

2. La realización de un análisis paramétrico en un software de simulación específico tipo VENSIM podría ser útil para comprobar cómo varían los resultados en función de cada uno de los parámetros, para así poder decidir cuáles son los valores óptimos de los mismos.
3. Los datos disponibles actualmente han sido los de Yahoo Finance. Esto ha provocado que haya muchas empresas y mercados a los que no se ha tenido acceso porque no estaban disponibles en la web. Lo ideal sería poder disponer de más datos para ampliar el rango de análisis y poder optar a mejores opciones.
4. Una de las condiciones que se comentaron al principio fue que el trabajo presente se dedicaría únicamente a analizar situaciones favorables para compra y de acciones de empresas solamente. Sería interesante ampliar el análisis a situaciones de venta y a otros activos como futuros, opciones, divisas, criptodivisas, etc.
5. Al igual que se propone analizar los parámetros para inversiones intradía, también sería interesante hacer un análisis de una mayor cantidad de datos para poder ver la efectividad de este algoritmo a nivel anual, ya que la idea actual es un análisis semanal.
6. Los indicadores de análisis técnico utilizados en el primer filtro son los más intuitivos y fáciles de programar, para poder avanzar sería recomendable incluir más indicadores para mejorar la calidad de la previsión de tendencia.
7. Plantear la posibilidad de intercambiar el orden de los filtros segundo y tercero y poner como pesos finales los que salen del orden del multicriterio.
8. Incluir en el filtro de multicriterio algún criterio relativo a predicción de cotizaciones usando técnicas de predicción de demanda.
9. Incluir en el algoritmo una parte de búsqueda de empresas que tengan mayor valor real que el que aparece en su cotización para una inversión a largo plazo.

REFERENCIAS

1. Serrano, F. (2016). *Escuela de Bolsa. Manual de trading (Economía)* (18.^a ed.). Editorial Almuzara.
2. Chiu Yu, K. (2020a, enero 1). *5.9 MACD | Technical Analysis with R (second edition)*. *Technical Analysis with R (second edition)*. <https://bookdown.org/kochiuyu/technical-analysis-with-r-second-edition/macd.html>
3. Chiu Yu, K. (2020, 1 enero). *5.10 Relative Strength Index (RSI) | Technical Analysis with R (second edition)*. *Technical Analysis with R (second edition)*. <https://bookdown.org/kochiuyu/technical-analysis-with-r-second-edition/relative-strength-index-rsi.html>
4. Canessa C., R. (2019, 29 mayo). *El Oscilador Estocástico – Cálculo y Uso Para Principiantes*. *Técnicas de Trading*. <https://www.tecnicasdetrading.com/2010/06/el-oscilador-estocastico.html>
5. Chiu Yu, K. (2020a, enero 1). *5.4 Bollinger band | Technical Analysis with R (second edition)*. *Technical Analysis with R (second edition)*. <https://bookdown.org/kochiuyu/technical-analysis-with-r-second-edition/bollinger-band.html>
6. Cho, F. (2019, 24 noviembre). *Analytic Hierarchy Process for Survey Data in R*. *cran.r-project.org*. <https://cran.r-project.org/web/packages/ahpsurvey/vignettes/my-vignette.html>
7. Danesh, D., Ryan, M. J., & Abbasi, A. (2017b). A Systematic Comparison of Multi-criteria Decision Making Methods for the Improvement of Project Portfolio Management in Complex Organisations. *International Journal of Management and Decision Making*, *16*(1), 1. <https://doi.org/10.1504/ijmdm.2017.10005690>

8. Romero, C. (2007). *Teoria de la decision multicriterio/ Theory of the Multi critic Decision*. Alianza Editorial Sa.
9. Myers, B. (2021). *Principles of Corporate Finance - 7th Edition - Book & CD & PowerWEB by Brealey myers (2003–05-03)*. McGraw Hill.
10. *BETA NEGATIVA*. (s. f.). CaixaBank_AULA_784. Recuperado 10 de agosto de 2021, de https://www.caixabank.com/deployedfiles/caixabank/Estaticos/PDFs/AprendaConCaixaBank/aula_784.pdf
11. Díaz Cid, M. (2016, 1 julio). *MODELOS DE GESTIÓN DE CARTERAS: COMPARACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA*. ICADE BUSINESS SCHOOL. <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/40321/retrieve>
12. Gonzalez Guillén, L. (2019, 1 enero). *Optimización del riesgo en carteras de inversión*. Archivo digital UPM. <http://oa.upm.es/54151/>
13. Elton, E. J., & Gruber, M. J. (1977). Risk Reduction and Portfolio Size: An Analytical Solution. *The Journal of Business*, 50(4), 415. <https://doi.org/10.1086/295964>
14. Segura, J. (2020, 1 septiembre). *Diversificación óptima de una cartera de inversión*. Estratega Financiero. <https://estrategafinanciero.com/diversificacion-optima-cartera-inversion/>
15. Macedo, L. L., Godinho, P., & Alves, M. J. (2017b). Mean-semivariance portfolio optimization with multiobjective evolutionary algorithms and technical analysis rules. *Expert Systems with Applications*, 79, 33–43. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.02.033>
16. *CRAN Rstudio*. (s. f.). Repositorio CRAN Rstudio. Recuperado 25 de agosto de 2021, de <https://cran.r-project.org/>
17. F. (2017, 8 noviembre). *Rentabilidad histórica de Warren Buffett*. Fondium. <https://fondium.com/rentabilidad-historica-de-warren-buffett>

18. Hernandez, L. A. (2021, 4 enero). *Mejores gestores de fondos españoles en 2020*. Rankia. <https://www.rankia.com/blog/fondos-inversion/2897106-mejores-gestores-fondos-espanoles-2020>
19. *Yahoo Finance*. (s. f.). Yahoo Finance. Recuperado 6 de septiembre de 2021, de <https://es.finance.yahoo.com/>

ANEXO I CÓDIGO UTILIZADO

Se muestran a continuación las capturas del código a las que se han ido haciendo referencia durante el texto.

Código 2.1 Programación en Rstudio del indicador MACD.

```
300 # ----- ANALISIS MACD
301 {
302 myMACD <- function (price,S,L,K) #FUNCIÓN PARA EL CÁLCULO DEL MACD
303 {
304   MACD <- EMA(price,S) - EMA(price,L)
305   signal <- EMA(MACD,K)
306   diferencia<-MACD -signal
307
308   output <- cbind(price,MACD,signal,diferencia)
309   colnames(output) <- c("Close_Price","MACD","Signal","Histograma")
310   return(output)
311 }
312 macd <- myMACD(cierres_a_evaluar, 12, 26,9)
313 # ----- GRÁFICO
314 # chartSeries(precio.cierre,
315 #             subset='last 5 weeks',
316 #             theme=chartTheme('black')
317 #             )
318 # addMACD(fast=12,slow=26,signal=9,type="EMA")
319 #print(macd)
320 funcion_bucle_macd<-function(macd) #FUNCIÓN PARA SABER CUÁNDO COMPRAR.
321 #hago el bucle a parte porque dentro de la función
322 #anterior no me reconocía la columna diferencia
323 #dentro del if
324 {
325   comprar<-matrix(1:dim(macd)[1])
326   iteracion<-matrix(1:dim(macd)[1])
327   i=100 #COMIENZO EL BUCLE EN LA FILA 100 PORQUE LOS VALORES DE 2007 ME DAN IGUAL
328   d=dim(comprar)
329   d_=d[1]
330   while(i<=d_)
331   {
332     if (macd[i,4]>0) #fila i y columna 4, que es la columna de la diferencia
333       #antes de añadir el resto de columnas al dataframe en la
334       #línea 44
335     {
336       comprar[i,1]<-1
337     } else
338     {
339       comprar[i,1]<-0
340     }
341     iteracion[i]=i
342     i=i+1
343   }
344
345   output<-data.frame(cierres_a_evaluar,macd,comprar,iteracion)
346 }
```

```
347 MACD_ <- funcion_bucle_macd(macd)
348 options(max.print=1000000)
349 tail(MACD,n=200)
350
351 funcion_tendencia_compra_macd<-function(MACD_f)
352 {
353
354     d=dim(MACD_f)
355     d_=d[1]
356     i=1
357     tendencia_compra=0
358     while(i<=periodo)
359     {
360         tendencia_compra=tendencia_compra+MACD_f[d_,6]
361         #print(MACD_f[d_,5])
362         #print(MACD_f[d_,6])
363         d_=d_-1
364         i=i+1
365     }
366     #print("TENENCIA")
367     #print(tendencia_compra)
368     tendencia_compra=tendencia_compra/periodo
369     #print(tendencia_compra)
370     output<-tendencia_compra
371 }
372 tendencia_compra_MACD<-funcion_tendencia_compra_macd(MACD_)
373 tendencia_compra_MACD
374
375 if (tendencia_compra_MACD>tol_macd)
376 {
377     #print("MACD: COMPRAR")
378     SOL_MACD<-1
379 }else
380 {
381     #print ("MACD: NO COMPRAR")
382     SOL_MACD<-0
383 }
384 }
```

Código 2.2 Programación en Rstudio del indicador RSI.

```
385 #-----ANÁLISIS RSI-----
386 {
387 myRSI <- function (price,n){
388   N <- length(price)
389   U <- rep(0,N)
390   D <- rep(0,N)
391   rsi <- rep(NA,N)
392   Lprice <- Lag(price,1)
393   for (i in 2:N){
394     if (price[i]>=Lprice[i]){
395       U[i] <- 1
396     } else {
397       D[i] <- 1
398     }
399     if (i>n){
400       AvgUp <- mean(U[(i-n+1):i])
401       AvgDn <- mean(D[(i-n+1):i])
402       rsi[i] <- AvgUp/(AvgUp+AvgDn)*100
403     }
404   }
405   RSI <- reclass(rsi, price)
406   # return(rsi)
407   output<-data.frame(cierres_a_evaluar,RSI)
408 }
409 #-----GRÁFICO-----
410 #addRSI(n=14,maType="EMA")
411
412 RSI_ <- myRSI(cierres_a_evaluar, n=14)
413 tail(RSI_,n=200)
414
415 funcion_bucle_rsi<-function(RSI_) #FUNCIÓN PARA SABER CUÁNDO COMPRAR SEGÚN RSI
416 #hago el bucle a parte porque dentro de la función
417 #anterior no me reconocía la columna diferencia
418 #dentro del if
419 {
420   comprar_rsi<-matrix(1:dim(RSI_)[1])
421   iteracion<-matrix(1:dim(RSI_)[1])
422   i=100
423   d=dim(RSI_)
424   d_=d[1]
425   while(i<=d_)
426   {
427     if (RSI_[i,2]<=30) #fila i y columna 4, que es la columna de la diferencia
428       #antes de añadir el resto de columnas al dataframe en la
429       #línea 44
430
431   }
```

```
432     comprar_rsi[i,1]<-1
433 ^   } else
434 v   {
435     comprar_rsi[i,1]<-0
436 ^   }
437     iteracion[i]=i
438     i=i+1
439 ^   }
440     output<-data.frame(RSI_,comprar_rsi)
441 ^ }
442 RSI <- funcion_bucle_rsi(RSI_)
443 tail(RSI,n=100)
444
445 funcion_tendencia_compra_rsi<-function(RSI)
446 v {
447     d=dim(RSI)
448     d_=d[1]
449     i=1
450     tendencia_compra_rsi=0
451     while(i<=periodo)
452 v   {
453     tendencia_compra_rsi=tendencia_compra_rsi+RSI[d_,3]
454     d_=d_-1
455     i=i+1
456 ^   }
457     tendencia_compra_rsi=tendencia_compra_rsi/periodo
458     output<-tendencia_compra_rsi
459 ^ }
460 tendencia_compra_RSI<-funcion_tendencia_compra_rsi(RSI)
461 tendencia_compra_RSI
462
463 if (tendencia_compra_RSI>tol_rsi)
464 v {
465     #print("RSI: COMPRAR")
466     SOL_RSI<-1
467 ^ }else
468 v {
469     #print ("RSI: NO COMPRAR")
470     SOL_RSI<-0
471 ^ }
472 ^ }
```

Código 2.3 Programación en Rstudio del indicador estocástico.

```
473 # ----- ANALISIS ESTOCASTICO -----
474 {
475 mystochastic<-function(price,per){
476   d=dim(price)
477   d_<-d[1]
478
479   fast_k<-matrix(1:d_)
480   dato<-matrix(1:d_)
481   iter<-matrix(1:d_)
482   maximo_del_periodo<-matrix(1:d_)
483   minimo_del_periodo<-matrix(1:d_)
484   precio_cierre<-matrix(1:d_)
485
486   k<-d_
487   i<-1
488   r<-0
489   iter[i]<-i
490   m<-d_-r
491
492   while(i<=d_-100)#QUITO LOS PRIMEROS 100 DATOS PORQUE
493     #SOLAMENTE QUIERO LOS DE LOS ÚLTIMOS AÑOS
494   {
495     j<-1
496     maximo_del_periodo[k]<-rep(price[k][1])
497     minimo_del_periodo[k]<-rep(price[k][1])
498     precio_cierre[k]<-rep(price[k][1])
499     iter[i]<-i
500
501     while(j<=per)
502     {
503       precio_a_comparar<-rep(price[m][1])
504
505       if(precio_a_comparar<minimo_del_periodo[k])
506       {
507         minimo_del_periodo[k]<-precio_a_comparar
508         # print("NUEVO MINIMO")
509       }
510       if(precio_a_comparar>maximo_del_periodo[k])
511       {
512         maximo_del_periodo[k]<-precio_a_comparar
513         # print("NUEVO MAXIMO")
514       }
515       m<-m-1
516       j<-j+1
517     }
518     m<-d_-r
519
520     fast_k[k]<-((precio_cierre[k]-minimo_del_periodo[k])/
```

```

521         (maximo_del_periodo[k]-minimo_del_periodo[k]))*100
522     r<-r+1
523     k<-k-1
524     i<-i+1
525
526     fast_d<-SMA(fast_k,3) #PARA EL FAST_D SE HACE LA SMA DEL FAST_K CON 3 PERÍODOS
527     slow_k<-SMA(fast_k,3) #EL SLOW_K ES IGUAL QUE EL FAST_D
528     slow_d<-SMA(slow_k,3) #EL SLOW_D ES UNA SMA DE 3 PERÍODOS DEL SLOW_K
529 }
530 output<-data.frame(cierres_a_evaluar,iter,maximo_del_periodo,minimo_del_periodo,
531 precio_cierre,fast_k,fast_d,slow_k,slow_d)
532 # print(output)
533 }
534 estocastico<-mystochastic(cierres_a_evaluar,14)
535
536 tail(estocastico,n=50)
537
538 funcion_bucle_estocastico<-function(estocastico_) #FUNCIÓN PARA SABER
539 #CUÁNDO COMPRAR SEGÚN ESTOCASTICO
540 #hago el bucle a parte porque dentro de la función
541 #anterior no me reconocía la columna diferencia
542 #dentro del if
543 {
544     comprar_estocastico<-matrix(1:dim(estocastico_)[1])
545     iteracion<-matrix(1:dim(estocastico_)[1])
546     i=100
547     d=dim(estocastico_)
548     d_=d[1]
549     while(i<=d_)
550     {
551         if (estocastico_[i,8]<=20) #si el slow_k (columna 8) está por debajo de 20 indica
552             #sobreventa y puede ser recomendable comprar
553         {
554             comprar_estocastico[i,1]<-1
555         } else
556         {
557             comprar_estocastico[i,1]<-0
558         }
559         iteracion[i]=i
560         i=i+1
561     }
562     output<-data.frame(estocastico_,comprar_estocastico)
563 }
564 ESTOCASTICO <- funcion_bucle_estocastico(estocastico)
565 tail(ESTOCASTICO,n=100)
566
567 funcion_tendencia_compra_estocastico<-function(ESTOCASTICO)
568 {
569     d=dim(ESTOCASTICO)
570     d_=d[1]
571     i=1
572     tendencia_compra_estocastico=0
573     while(i<=periodo)
574     {
575         tendencia_compra_estocastico=tendencia_compra_estocastico+ESTOCASTICO[d_,10]
576         d_=d-1
577         i=i+1
578     }
579     tendencia_compra_estocastico=tendencia_compra_estocastico/periodo
580     output<-tendencia_compra_estocastico
581 }
582 tendencia_compra_ESTOCASTICO<-funcion_tendencia_compra_estocastico(ESTOCASTICO)
583 #print(tendencia_compra_ESTOCASTICO)
584
585 if (tendencia_compra_ESTOCASTICO>tol_estocastico)
586 {
587     #print("ESTOCASTICO: COMPRAR")
588     SOL_ESTOCASTICO<-1
589 }else
590 {
591     #print ("ESTOCASTICO: NO COMPRAR")
592     SOL_ESTOCASTICO<-0
593 }
594 }

```

Código 2.4 Programación en Rstudio del indicador de la Banda de Bollinger.

```
595 #-----ANÁLISIS BANDAS DE BOLLINGER-----
596 {
597 myBBands <- function (price,n,sd){
598   mavg <- SMA(price,n)
599   sdev <- rep(0,n)
600   N <- nrow(price)
601   for (i in (n+1):N){
602     sdev[i]<- sd(price[(i-n+1):i])
603   }
604   sdev <- sqrt((n-1)/n)*sdev
605   up <- mavg + sd*sdev
606   dn <- mavg - sd*sdev
607   pctB <- (price - dn)/(up - dn)
608   output <- cbind(dn, mavg, up, pctB)
609
610   #return(output)
611   output<-data.frame(cierres_a_evaluar,up,mavg,dn,pctB)
612   #colnames(output) <- c("TARGET","UP", "MAVG", "DOWN","PCTB")
613 }
614 bb <-myBBands(cierres_a_evaluar,n=20,sd=2)
615 tail(bb,n=100)
616 #-----GRÁFICO-----
617 #addBBands(n=20,sd=2)
618
619 funcion_bucle_bollinger<-function(bb) #FUNCIÓN PARA SABER CUÁNDO COMPRAR SEGÚN BOLLINGER
620 #hago el bucle a parte porque dentro de la función
621 #anterior no me reconocía la columna diferencia
622 #dentro del if
623 {
624   comprar_bb<-matrix(1:dim(RSI_)[1])
625   iteracion<-matrix(1:dim(bb)[1])
626   i=100 #COMIENZO EL BUCLE EN LA FILA 100 PORQUE LOS VALORES DE 2007 ME DAN IGUAL
627   d=dim(bb)
628   d_=d[1]
629   while(i<=d_)
630   {
631     if (bb[i,5]>1) #fila i y columna 5, que es la columna del porcentaje B
632     {
633       comprar_bb[i,1]<-1
634     } else
635     {
636       comprar_bb[i,1]<-0
637     }
638     iteracion[i]=i
639     i=i+1
640   }
641   output<-data.frame(bb,comprar_bb)
642 }
643 BOLLINGER <- funcion_bucle_bollinger(bb)
644 tail(BOLLINGER,n=100)
645
646 funcion_tendencia_compra_bb<-function(BOLLINGER)
647 {
648   d=dim(BOLLINGER)
649   d_=d[1]
650   i=1
651   tendencia_compra_bb=0
652   while(i<=periodo)
653   {
654     tendencia_compra_bb=tendencia_compra_bb+BOLLINGER[d_,6]
655     d_=d_-1
656     i=i+1
657   }
658   tendencia_compra_bb=tendencia_compra_bb/periodo
659   output<-tendencia_compra_bb
660 }
661 tendencia_compra_bb<-funcion_tendencia_compra_bb(BOLLINGER)
662 tendencia_compra_bb
663
664 if (tendencia_compra_bb>tol_bollinger)
665 {
666   #print("BOLLINGER: COMPRAR")
667   SOL_BOLLINGER<-1
668 }else
669 {
670   #print ("BOLLINGER: NO COMPRAR")
671   SOL_BOLLINGER<-0
672 }
673 }
```

Código 3.1 Bloques del segundo filtro.

```

753 # -----SEGUNDO FILTRO
754 {
755 print("-----SEGUNDO FILTRO")
756 #partimos de la matriz matriz_sol_filtro_primerio que contiene los precios de
757 #cierres de las empresas que han pasado el primer filtro
758 matriz_sol_filtro_primerio<-na.omit(matriz_sol_filtro_primerio)
759 d<-dim(matriz_sol_filtro_primerio)[1]
760
761
762 # -----CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD MEDIA DIARIA DE LOS ÚLTIMOS DÍAS
763 { }
764
765 # -----CÁLCULO DE 1/DESVIACIÓN TÍPICA
766 { }
767
768 # -----CÁLCULO DE BETA
769 { }
770
771 # -----CREAR MATRIZ DE DATOS Y MOSTRAR POR PANTALLA
772 { }
773
774 # -----CÁLCULO DE LA MATRIZ DE COMPARACIONES Y CON LA ESCALA DE SAATY
775 { }
776
777 # -----USO DE LA LIBRERÍA AHP SURVEY
778 { }
779
780 # -----RESULTADO DEL FILTRO 2
781 { }

```

Código 3.2 Programación del cálculo de la rentabilidad media diaria de cada empresa.

```

762 # -----CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD MEDIA DIARIA DE LOS ÚLTIMOS DÍAS
763 {
764
765 rent<-matrix(1:dias_rent) #Matriz de las rentabilidades de cada empresa
766 rent_media<-matrix(1:length(objetivos_sol_filtro_primerio))
767
768 j<-1 #columna de la matriz de cierres, es la empresa j
769 k<-dias_rent #índice del día en el que se empieza a evaluar la rentabilidad para el bucle
770 sum_rent<-0 #suma de las rentabilidades de cada día que se dividirá entre el número de días
771
772 while(j<=length(objetivos_sol_filtro_primerio))
773 {
774 k<-dias_rent-1 #índice del día en el que se empieza a evaluar la rentabilidad para el bucle
775 i<-1
776 sum_rent<-0
777 while (k>=0)
778 {
779 rent[i]<-(matriz_sol_filtro_primerio[d-k,j]-matriz_sol_filtro_primerio[d-k-1,j])*100/matriz_sol_filtro_primerio[d-k-1,j]
780 sum_rent<-sum_rent+rent[i]
781 k<-k-1
782 i<-i+1
783 }
784 rent_media[j]<-sum_rent/dias_rent
785 j<-j+1
786 }
787
788 }

```

Código 3.3 Programación del cálculo del inverso de la desviación típica de cada empresa.

```
789 # ----- CALCULO DE 1/DESVIACION TIPICA
790 {
791   k<-dias_desv
792   if (d<=k)
793   {
794     print("AVISO: Hay menos datos diarios que días se quieren evaluar para la desviación típica, se tomará el máximo valor de días disponibles:")
795     print(d-1)
796     k<-d-1
797   }
798   dias<-matrix(1:k) #Matriz de las rentabilidades de cada empresa
799   desv_inv<-matrix(1:length(objetivos_sol_filtro_primerero))
800
801   j<-1
802
803   while(j<=length(objetivos_sol_filtro_primerero))
804   {
805     k<-dias_desv
806     if (d<=k)
807     {
808       k<-d-1
809     }
810     i<-1
811     while(k>=0)
812     {
813       dias[i]<-matriz_sol_filtro_primerero[d-k,j]
814       k<-k-1
815       i<-i+1
816     }
817     desv_inv[j]<-1/sd(dias)
818     j<-j+1
819   }
820 }
```

Código 3.4 Programación del cálculo de la beta de cada empresa.

```
821 # ----- CALCULO DE BETA
822 {
823   beta<-matrix(1:length(objetivos_sol_filtro_primerero))
824   i<-1
825   while(i<=length(objetivos_sol_filtro_primerero))
826   {
827     salir<-0
828     l<-1
829     while(l<=length(MERCADOS))
830     {
831       j<-1
832       while (j<=length(OBJETIVOS_beta[[l]]))
833       {
834
835         if(objetivos_sol_filtro_primerero[i]==OBJETIVOS_beta[[l]][j])
836         {
837           OBJETIVO<-MERCADOS[l]
838           getSymbols(
839             OBJETIVO,
840             # src = "yahoo",
841             from = "2016-04-01",
842             to = date_today,
843             periodicity = "daily"
844           )
845           lista<- lapply(OBJETIVO, function(x)
846             Cl(get(x)))# ----- Meto los precios de cierre del mercado en una lista
847           precio.cierre<-na.omit(lista)# ----- Corrijo los posibles datos que falten
848           #omitiendo esos huecos
849           d__<-length(precio.cierre[[1]][1])
850           d<-dim(matriz_sol_filtro_primerero)[1]
851           cierres_a_evaluar<-matrix(1:d) #creo la matriz en la que voy a meter
852           #los cierres a evaluar del mercado en cada pasada
853           matriz_sol_filtro_primerero_beta<-matrix(1:d__) #en ambas matrices voy a coger solo los últimos 1000 días
854           precio.cierre[[1]]<-na.omit(precio.cierre[[1]])
855           #repite para las omisiones
856           d__<-length(precio.cierre[[1]][1])
857           if(d>1000)
858           {
859             d<-1000
860           }
861           cierres_a_evaluar<-matrix(1:d)
862           matriz_sol_filtro_primerero_beta<-matrix(1:d)
863           k<-d__
864
865           while(d>0) #inicio el bucle para rellenar la matriz de cierres con
866             #los últimos 1000 cierres
867             #hago lo mismo con la matriz de cotizaciones
868
```

```

869 ▾      {
870          cierres_a_evaluar[d,1]<-precio.cierre[[1]][k]
871          matriz_sol_filtro_primer_beta[d,1]<-matriz_sol_filtro_primer_beta[d,i]
872          k<-k-1
873          d<-d-1
874          if(k==0)
875 ▾          {
876              d<-0
877 ▸          }
878 ▸      }
879      #ahora ya tengo en una matriz los precios de cierre del mercado en cuestión
880      j<-length(OBJETIVOS_beta[[1]])+1
881      #print(length(OBJETIVOS_beta[[1]])+1)
882      #print(1)
883
884      beta[i]=cov(cierres_a_evaluar[,1],matriz_sol_filtro_primer_beta[,1])/var(cierres_a_evaluar[,1])
885      if(beta[i]>=1)
886 ▾      {
887          print("AVISO: Tenemos un outlier con beta mayor que 1:")
888          print(objetivos_sol_filtro_primer_beta[i])
889 ▸      }
890      salir<-1
891 ▸  }
892  }
893 ▸  }
894  if(salir==1)
895 ▾  {
896      l<-length(MERCADOS)+1
897 ▸  }
898  l<-l+1
899 ▸  }
900  i<-i+1
901 ▸  }
902
903 ▸  }

```

Código 3.5 Unión de los datos calculados en una matriz.

```

904 #-----CREAR MATRIZ DE DATOS Y MOSTRAR POR PANTALLA
905 ▾ {
906 datos_ahp<-matrix(c(rent_media,
907                   desv_inv,
908                   beta
909                   # ,matriz_precios
910                   ),
911                   nrow=length(objetivos_sol_filtro_primer_beta),
912                   ncol=3) #4 con el precio
913 colnames(datos_ahp)<-c("Rentabilidad media",
914                      "1/desviación típica",
915                      "Beta"
916                      #, "Precio actual"
917                      )
918 rownames(datos_ahp)<-objetivos_sol_filtro_primer_beta
919 # print("LOS DATOS PARA EL ALGORITMO DE MULTICRITERIO AHP ANTES DE LOS PESOS SON")
920 # print(datos_ahp)
921 ▸ }

```

Código 3.6 Cálculo de la matriz de comparaciones y formateado.

```
922 #-----CÁLCULO DE LA MATRIZ DE COMPARACIONES Y CON LA ESCALA DE SAATY
923 {
924 n<-dim(datos_ahp)[1] #filas de la matriz de datos
925 m<-dim(datos_ahp)[2] #columnas de la matriz de datos
926 a<-length(objetivos_sol_filtro_primeros)
927 n_comp<-(factorial(a))/(factorial(2)*factorial(a-2))
928 #número de comparaciones por pares, combinatoria con subconjunto de 2 y sin repetir
929 #libro estadística ETSI GITI pag 7
930 matriz_comparaciones<-matrix(0,m,n_comp)
931 nombre_columnas<-matrix(0,1,n_comp)
932 j<-1
933 while(j<=m)
934 {
935     i<-1
936     k<-1
937     l<-i+1
938     while(k<=n_comp)
939     {
940         while(l<=n)
941         {
942             matriz_comparaciones[j,k]<-datos_ahp[i,j]-datos_ahp[l,j]
943             nombre_columnas[k]<-data.frame(objetivos_sol_filtro_primeros[i])
944             k=k+1
945             l=l+1
946         }
947         i=i+1
948         l=i+1
949     }
950     j=j+1
951 }
952 colnames(matriz_comparaciones)<-nombre_columnas
953 rownames(matriz_comparaciones)<-c("Rentabilidad media",
954     "1/desviación típica",
955     "Beta"
956     )
957
958 #Ahora hay que hacer una interpolación lineal a esta matriz para sacar
959 #la escala de Saaty: 1 a 9.
960 max<-0
961 min<-0
962 aviso<-0
963 i_max<-0
964 i_min<-0
965 j_max<-0
966 j_min<-0
967 matriz_saaty<-matrix(0,m,n_comp)
968 i<-1
969 while(i<=m)
```

```

969 while(i<=m)
970 {
971     j<-1
972     while(j<=n_comp)
973     {
974         matriz_saaty[i,j]<-round(-9+((9+9)/(n_grande+n_grande))*(matriz_comparaciones[i,j]+n_grande))
975         if(matriz_saaty[i,j]>-1)#Si la diferencia es 0 significa que son iguales,
976             #que en la escala de Saaty se representa con un 1
977         {
978             if(matriz_saaty[i,j]<1)
979             {
980                 matriz_saaty[i,j]<-1
981             }
982         }
983         if(matriz_saaty[i,j]==-1) #Si la diferencia sale 1 o -1 se tomará como un
984             #2 o -2 ya que el 1 está reservado para la igualdad
985         {
986             matriz_saaty[i,j]<--2
987         }
988         if(matriz_saaty[i,j]==1)
989         {
990             matriz_saaty[i,j]<-2
991         }
992         if(matriz_comparaciones[i,j]>n_grande)
993         {
994             aviso<-1
995             print("OUTLIER")
996             if(matriz_comparaciones[i,j]>=(max))
997             {
998                 min<-matriz_comparaciones[i,j]
999                 i_max<-i
1000                 j_max<-j
1001             }
1002             if(matriz_comparaciones[i,j]<=(-n_grande))
1003             {
1004                 aviso<-1
1005                 print("OUTLIER")
1006                 if(matriz_comparaciones[i,j]<=(min))
1007                 {
1008                     min<-matriz_comparaciones[i,j]
1009                     i_min<-i
1010                     j_min<-j
1011                 }
1012             }
1013         }
1014     }
1015     j=j+1
1016 }
1017 i=i+1
1018 if(aviso==1)
1019 {
1020     print("TENEMOS UN OUTLIER:")
1021     print(max)
1022     print(min)
1023     print("Fila max:")
1024     print(i_max)
1025     print("Columna max:")
1026     print(j_max)
1027     print("Fila min:")
1028     print(i_min)
1029     print("Columna min:")
1030     print(j_min)
1031     print("HAY QUE CAMBIAR EL NÚMERO GRANDE DE LA INTERPOLACIÓN")
1032 }
1033
1034 }
1035 #print(matriz_saaty)
1036 print("Matriz con escala de Saaty calculada con éxito")
1037 }

```

Código 3.7 Procesado de datos y exposición de resultados.

```
1038 #----- USO DE LA LIBRERÍA AHP SURVEY
1039 {
1040 #Ponemos los datos en los formatos requeridos:
1041
1042 atts<-c(objetivos_sol_filtro_primer)
1043 colnames<-c(nombre_columnas)
1044 pesos<-matrix(NA,1,length(objetivos_sol_filtro_primer))
1045 i<-1
1046 while(i<=length(objetivos_sol_filtro_primer))
1047 {
1048
1049 pesos[i]<-1
1050 if(rent_media[i]>=0)
1051 {
1052 pesos[i]<-5
1053 }
1054 if(rent_media[i]>=0.5)
1055 {
1056 pesos[i]<-9
1057 }
1058
1059 #Le doy mayor valor a aquellas empresas que tengan una rentabilidad
1060 #media superior
1061 i<-i+1
1062 }
1063 datos_ahp<-matrix(c(rent_media,
1064 desv_inv,
1065 beta,
1066 pesos
1067 # ,matriz_precios
1068 ),
1069 nrow=length(objetivos_sol_filtro_primer),
1070 ncol=4) #5 con el precio
1071 colnames(datos_ahp)<-c("Rentabilidad media",
1072 "1/desviación típica",
1073 "Beta",
1074 "Pesos"
1075 #, "Precio actual"
1076 )
1077 rownames(datos_ahp)<-objetivos_sol_filtro_primer
1078 print("LOS DATOS PARA EL ALGORITMO DE MULTICRITERIO AHP SON")
1079 print(datos_ahp)
1080
1081
1082 weight<-pesos
1083 canned <- ahp(df = matriz_saaty,
1084 atts = objetivos_sol_filtro_primer,
1085 neqconvert = TRUE,
```

```

1086     reciprocal = TRUE,
1087     method = 'arithmetic',
1088     aggmethod = "arithmetic",
1089     qt = 0.2,
1090     censorcr = 0.1,
1091     agg = TRUE)
1092
1093     #print("RESULTADOS: porcentaje de validez de cada empresa")
1094     #print(canned$aggpref)
1095 }
1096 # ----- RESULTADO DEL FILTRO 2
1097 {
1098     #Nos quedamos con las mejores n_empresas_sol_filtro_segundo empresas
1099     matriz_sol_filtro_segundo<-canned$aggpref[,1]
1100     matriz_sol_filtro_segundo_orden<-matrix(length(objetivos_sol_filtro_primeros),1)
1101     matriz_sol_filtro_segundo_ordenada<-matrix(length(objetivos_sol_filtro_primeros),1)
1102     empresas_sol_filtro_segundo<-rownames(canned$aggpref)
1103     objetivos_sol_filtro_segundo_ordenados<-matrix(n_empresas_sol_filtro_segundo,1)
1104     #agrupamos también las rentabilidades para el tercer filtro
1105     rentabilidades_ordenadas<-matrix(n_empresas_sol_filtro_segundo,1)
1106     #Ordenamos las empresas de mayor a menor porcentaje para coger las mejores
1107     matriz_sol_filtro_segundo_orden<-order(matriz_sol_filtro_segundo)
1108     i<-1
1109     j<-length(objetivos_sol_filtro_primeros)
1110     while(i<=n_empresas_sol_filtro_segundo)
1111     {
1112         matriz_sol_filtro_segundo_ordenada[i]<-matriz_sol_filtro_segundo[matriz_sol_filtro_segundo_orden[j]]
1113         objetivos_sol_filtro_segundo_ordenados[i]<-empresas_sol_filtro_segundo[matriz_sol_filtro_segundo_orden[j]]
1114         rentabilidades_ordenadas[i]<-rent_media[matriz_sol_filtro_segundo_orden[j]]
1115         i<-i+1
1116         j<-j-1
1117     }
1118
1119     print("EMPRESAS QUE PASAN EL SEGUNDO FILTRO:")
1120     print(objetivos_sol_filtro_segundo_ordenados)
1121
1122 }
1123 }

```

Código 4.1 Cálculo de la rentabilidad media y del riesgo.

```
1124 #----- TERCER FILTRO
1125 {
1126 print("-----TERCER FILTRO")
1127 #----- CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD MEDIA Y DEL RIESGO
1128 {
1129 #Se van a calcular primero las rentabilidades de cada empresa y después los
1130 #riesgos.
1131 #Las rentabilidades ya las tenemos, solo tenemos que quedarnos con las
1132 #n_empresas_sol_filtro_segundo mejores.
1133
1134 #Calculamos ahora los riesgos
1135 getSymbols(
1136   objetivos_sol_filtro_segundo_ordenados,
1137   # src = "yahoo",
1138   from = "2016-04-01",
1139   to = date_today,
1140   periodicity = "daily"
1141 )
1142 lista_filtro_3 <- lapply(objetivos_sol_filtro_segundo_ordenados, function(x)
1143   #Meto los precios de cierre del mercado en una lista
1144   Cl(get(x)))
1145 #Corrijo los posibles datos que falten omitiendo esos huecos
1146 precio.cierre_filtro_3<-na.omit(lista_filtro_3)
1147 rent_filtro_3<-matrix(dias_rent,1)
1148 j<-1
1149 suma_absoluta<-matrix(data=0,n_empresas_sol_filtro_segundo,1)
1150 riesgo<-matrix(0,n_empresas_sol_filtro_segundo,1)
1151 while(j<-n_empresas_sol_filtro_segundo)
1152 {
1153   d_lista_filtro_3<-length(precio.cierre_filtro_3[j][[1]])
1154   cierres_a_evaluar_filtro_3<-matrix(d_lista_filtro_3,1)
1155   cierres_a_evaluar_filtro_3<-precio.cierre_filtro_3[j][[1]]
1156   cierres_a_evaluar_filtro_3<-na.omit(cierres_a_evaluar_filtro_3)
1157   d_lista_filtro_3<-length(cierres_a_evaluar_filtro_3)
1158   i<-1
1159   k<-0
1160   while(i<=dias_rent)
1161   {
1162     rent_filtro_3[i]<-
1163       (cierres_a_evaluar_filtro_3[[d_lista_filtro_3-k,1]][1]-
1164        cierres_a_evaluar_filtro_3[[d_lista_filtro_3-k-1,1]][1])*100/
1165       cierres_a_evaluar_filtro_3[[d_lista_filtro_3-k-1,1]][1]
1166
1167     suma_absoluta[j]<-
1168     suma_absoluta[j]+abs((rent_filtro_3[i])- rentabilidades_ordenadas[j])
1169     i<-i+1
1170     k<-k+1
1171   }
1172   riesgo[j]<-suma_absoluta[j]/dias_rent
1173   j<-j+1
1174 }
1175 sol_filtro_3<-data.frame(objetivos_sol_filtro_segundo_ordenados,
1176   rentabilidades_ordenadas,riesgo)
1177 colnames(sol_filtro_3)<-c("Empresa","Rentabilidad media diaria","Riesgo MAD")
1178 }
```

Código 4.2 Optimización de los pesos de las empresas.

```

1179 #-----OPTIMIZACIÓN-----
1180 {
1181 #Cogeremos las n_empresas_sol_filtro_tercero con mayor beneficio-riesgo
1182 #e interpolaremos para sacar los pesos
1183 #primero calculamos la diferencia entre rentabilidad y riesgo
1184
1185 diferencia<-matrix(0,n_empresas_sol_filtro_segundo,1)
1186 i<-1
1187 while(i<=n_empresas_sol_filtro_segundo)
1188 {
1189     diferencia[i]<-rentabilidades_ordenadas[i]-riesgo[i]
1190     i<-i+1
1191 }
1192
1193 sol_filtro_3<-data.frame(objetivos_sol_filtro_segundo_ordenados,
1194                         rentabilidades_ordenadas,riesgo,diferencia)
1195 colnames(sol_filtro_3)<-c("Empresa",
1196                          "Rentabilidad media diaria",
1197                          "Riesgo MAD",
1198                          "Diferencia")
1199 #Nos quedamos con las mejores n_empresas_sol_filtro_tercero empresas
1200 matriz_sol_filtro_tercero<-diferencia
1201 matriz_sol_filtro_tercero_orden<-matrix(0,n_empresas_sol_filtro_segundo,1)
1202 matriz_sol_filtro_tercero_ordenada<-matrix(0,n_empresas_sol_filtro_segundo,1)
1203 empresas_sol_filtro_tercero<-objetivos_sol_filtro_segundo_ordenados
1204 objetivos_sol_filtro_tercero_ordenados<-
1205     matrix(0,n_empresas_sol_filtro_tercero+1,1)
1206 rentabilidades_estimadas_ordenadas<-matrix(0,n_empresas_sol_filtro_tercero,1)
1207 #Ordenamos las empresas de mayor a menor diferencia
1208 matriz_sol_filtro_tercero_orden<-order(matriz_sol_filtro_tercero)
1209 i<-1
1210 j<-n_empresas_sol_filtro_segundo
1211 while(i<=n_empresas_sol_filtro_tercero+1)
1212 #cogemos una más para darle a la última el valor 0
1213 #en la interpolación de más adelante
1214 {
1215     matriz_sol_filtro_tercero_ordenada[i]<-
1216     matriz_sol_filtro_tercero[matriz_sol_filtro_tercero_orden[j]]
1217     objetivos_sol_filtro_tercero_ordenados[i]<-
1218     empresas_sol_filtro_tercero[matriz_sol_filtro_tercero_orden[j]]
1219     rentabilidades_estimadas_ordenadas[i]<-rentabilidades_ordenadas[matriz_sol_filtro_tercero_orden[j]]
1220     i<-i+1
1221     j<-j-1
1222 }
1223
1224 #Ahora calculamos los pesos mediante interpolación lineal
1225 pesos<-matrix(0,n_empresas_sol_filtro_tercero,1)
1226 suma_pesos<-0
1227 i<-1
1228 while(i<=n_empresas_sol_filtro_tercero)
1229 {
1230     pesos[i]<-
1231     0+((1-0)/(matriz_sol_filtro_tercero_ordenada[1]-
1232     matriz_sol_filtro_tercero_ordenada[n_empresas_sol_filtro_tercero+1]))*
1233     (matriz_sol_filtro_tercero_ordenada[i]
1234     -matriz_sol_filtro_tercero_ordenada[n_empresas_sol_filtro_tercero+1])
1235
1236     suma_pesos<-suma_pesos+pesos[i]
1237     i<-i+1
1238 }
1239 #ahora tenemos que normalizar para que sumen 1 los pesos
1240 empresas_finales<-matrix(0,n_empresas_sol_filtro_tercero,1)
1241 rentabilidades_finales_estimadas<-matrix(0,n_empresas_sol_filtro_tercero,1)
1242 i<-1
1243 while(i<=n_empresas_sol_filtro_tercero)
1244 {
1245     empresas_finales[i]<-objetivos_sol_filtro_tercero_ordenados[i]
1246     pesos[i]<-pesos[i]/suma_pesos
1247     rentabilidades_finales_estimadas[i]<-rentabilidades_estimadas_ordenadas[i]
1248     i<-i+1
1249 }
1250 }
1251 }

```

Código 4.3 Impresión por pantalla de los resultados.

```
1252 # ----- RESULTADOS Y ESTIMACIONES
1253 {
1254 print("----- RESULTADOS Y ESTIMACIONES")
1255 print(paste("SE HAN EVALUADO ",length(OBJETIVOS)," EMPRESAS:",sep=""))
1256 print(paste("SE HAN EVALUADO ",length(OBJETIVOS_beta)," MERCADOS:",sep=""))
1257 inversiones<-data.frame(empresas_finales,
1258                          pesos*100,
1259                          pesos*cash,
1260                          rentabilidades_finales_estimadas*pesos,
1261                          pesos*cash*rentabilidades_finales_estimadas/100,
1262                          date_today)
1263 colnames(inversiones)<-c("____Empresa____",
1264                          "____Peso porcentual____",
1265                          "____Dinero a invertir____",
1266                          "____Rentabilidad estimada porcentual ponderada____",
1267                          "____Dinero final estimado____",
1268                          "____Fecha____")
1269 print(inversiones)
1270 print("El dinero estimado solo se admite cuando la rentabilidad es positiva")
1271 print("Si la rentabilidad es negativa el activo espera una subida inminente")
1272 i<-1
1273 suma_ganancia<-0
1274 suma_rentabilidad<-0
1275 while(i<=length(empresas_finales))
1276 {
1277 suma_ganancia<-suma_ganancia+(pesos[i]*cash*rentabilidades_finales_estimadas[i]/100)
1278 if(rentabilidades_finales_estimadas[i]>0)
1279 suma_rentabilidad<-suma_rentabilidad+rentabilidades_finales_estimadas[i]*pesos[i]
1280 i<-i+1
1281 }
1282 rent_media_final<-suma_rentabilidad #Esta rentabilidad es diaria. Es la rentabilidad que obtendria de la inversión de la semana
1283 ganancia_futura<-(cash*((1+(rent_media_final/100))^(estima*52*5)))-cash
1284 #El 52 es por las 52 semanas del año y el 5 porque cada semana tiene 5 días de mercados
1285 #abiertos y nuestra rentabilidad es diaria
1286 rent_media_semanal<-(((cash*( (1+(rent_media_final/100)) ^5))/cash)-1)*100
1287 rent_media_anual<-(((cash*( (1+(rent_media_final/100)) ^52))/cash)-1)*100
1288 print(paste("Invirtiendo la siguiente cantidad de dinero: ",cash,sep=""))
1289 print(paste("Se espera ganar: ",round(suma_ganancia,2)," euros esta semana", sep=""))
1290 print(paste("Se estima una rentabilidad media diaria del ",round(rent_media_final,2),"%",sep=""))
1291 print(paste("Que equivale a una rentabilidad media semanal del ",round(rent_media_semanal,2),"%",sep=""))
1292 print(paste("Que equivale a una rentabilidad media anual del ",round(rent_media_anual,2),"%",sep=""))
1293 print("Gracias al interés compuesto y reinvertiendo las ganancias semanalmente")
1294 print(paste("en ",estima," años tendríamos unas ganancias de ",round(ganancia_futura/(10^6),2)," millones de euros",sep=""))
1295 }
1296 # ----- EXPORTAR DATOS A EXCEL
1297 {
1298 # ----- EXPORTACIÓN
1299 write.xlsx(inversiones,"inversion_semanal.xlsx")
1300 }
```

Código 5.1 Bloque de parámetros del código para la simulación.

```

1  #BORRAR SIEMPRE LOS VALORES DE LAS VARIABLES Y TABLAS DE LA ANTERIOR COMPILACIÓN
2  #PORQUE INTERFIEREN EN LA LIBRERÍA DE AHP EN EL SEGUNDO FILTRO
3
4  library("quantmod")
5  library("magrittr")
6  library("dplyr")
7  library("reshape2") #necesaria por si se quiere graficar algún indicador de AT
8  library("ahpsurvey") #necesaria para el segundo filtro
9  library("openxlsx") #para exportar datos a excel
10 library("beepR") #sonido al terminar de compilar
11
12 #----- PARÁMETROS
13 {
14 #MERCADOS
15 {
274
275 #Si se va a añadir un mercado nuevo tiene que añadirse su bucle correspondiente
276 #en el cálculo de la beta del segundo filtro
277
278 date_inicio="2020-05-30" #SI QUIERO LA FECHA DEL VIERNES INCLUIDA, PONER LA DEL SÁBADO
279 # año-mes-día, fecha límite para la descarga de datos de cotizaciones
280 #IMPORTANTE, PONER LA FECHA DEL ÚLTIMO DÍA CERRADO PARA EVITAR ERRORES.
281 #SI HOY AÚN ESTÁ ABIERTO PONER AYER.
282 date_fin="2020-06-06"
283 periodo<-40 #número de días laborables para analizar la tendencia de cada
284 #indicador (35 días son 7 semanas)
285
286 tol_macd<-0.8 #PONGO MÍNIMO UNA CONFIANZA DEL 80% PARA COMPRAR
287 tol_rsi<-0.9 #PONGO MÍNIMO UNA CONFIANZA DEL 90% PARA COMPRAR
288 tol_bollinger<-0.9 #PONGO MÍNIMO UNA CONFIANZA DEL 90% PARA COMPRAR
289 tol_estocastico<-0.9 #PONGO MÍNIMO UNA CONFIANZA DEL 90% PARA COMPRAR
290 dias_desv<-260 #días en los que se va a evaluar la
291 #desviación típica como norma oral
292 dias_rent<-40 #días en los que vamos a evaluar la rentabilidad media diaria.
293 #Debe ser un número de días semejante al periodo de análisis de los indicadores
294 #técnicos para que tenga sentido el resultado
295
296 n_grande=50 #para la interpolación de Saaty
297 n_empresas_sol_filtro_segundo=25 #número de mejores empresas del segundo filtro
298 n_empresas_sol_filtro_tercero=15 #número de mejores empresas del tercer filtro
299 cash<-10000 #cantidad de dinero que se piensa invertir esta semana
300 estima<-10 #años para el interés compuesto
301 tol_salir<--1.2 #Tolerancia porcentual de rentabilidad para sacar la inversión
302 }
303 #----- PRIMER FILTRO
304 {
804 #----- SEGUNDO FILTRO
805 {

```

Código 5.2 Resto de bloques de código de la simulación.

```

1187 #----- TERCER FILTRO
1188 {
1315 #----- RESULTADOS Y ESTIMACIONES
1316 {
1367 #----- EXPORTAR DATOS A EXCEL
1368 {
1566
1567 beep()
1568 system(
1569 "say -v Jorge Ya se han calculado los porcentajes de inversión en cada empresa")
1570 beep()
1571

```

Código 5.3 Obtención de los datos reales de la semana.

```
1369 #-----EXPORTAR DATOS A EXCEL
1370 {
1371 #-----OBTENCIÓN DATOS REALES
1372 {
1373 candidatos<-0
1374 n_objetivos_final<-length(empresas_finales)
1375 getSymbols(
1376   empresas_finales,
1377   # src = "yahoo",
1378   from = date_inicio,
1379   to = date_fin,
1380   periodicity = "daily"
1381 )
1382
1383 lista_final <- lapply(empresas_finales, function(x)
1384   Cl(get(x)))#-----Meto los precios de cierre de cada empresa en una lista
1385 lista_final<-na.omit(lista_final)#-----Corrijo los posibles datos que falten
1386 #omitiendo esos huecos
1387 getSymbols(
1388   empresas_finales,
1389   # src = "yahoo",
1390   from = date_inicio,
1391   to = date_lunes,
1392   periodicity = "daily"
1393 )
1394
1395 lista_lunes <- lapply(empresas_finales, function(x)
1396   Op(get(x)))#-----Meto los precios de apertura del lunes en una lista
1397 lista_lunes<-na.omit(lista_lunes)#-----Corrijo los posibles datos que falten
1398 #omitiendo esos huecos
1399
1400 seleccionados_finales<-matrix(0,6,n_objetivos_final) #matriz auxiliar para rellenar la matriz
1401 #con los cierres de las empresas que pasan el filtro primero
1402
1403 j<-1
1404 while(j<=length(empresas_finales))
1405 {
1406   i<-1
1407   while(i<=length(empresas_finales))
1408   {
1409     seleccionados_finales[1,i]<-lista_lunes[[i]]
1410     i<-i+1
1411   }
1412   if(length(lista_final[[j]])==3)
1413   {
1414     print(paste("ERROR_1, menos cotizaciones de las necesarias en: ",empresas_finales[j],sep=""))
1415     i<-2
1416     k<-1
```

Código 5.4 Continuación del código 5.3.

```
1417     while(i<=6)
1418     {
1419         if(i<=4)
1420         {
1421             seleccionados_finales[i,j]<-lista_final[[j]][k]
1422         }
1423         if(i>4)
1424         {
1425             seleccionados_finales[i,j]<-lista_final[[j]][3]
1426         }
1427         i<-i+1
1428         k<-k+1
1429     }
1430 }
1431 if(length(lista_final[[j]])==4)
1432 {
1433     print(paste("ERROR_2, menos cotizaciones de las necesarias en: ",empresas_finales[j],sep=""))
1434     i<-2
1435     k<-1
1436     while(i<=6)
1437     {
1438         if(i<=5)
1439         {
1440             seleccionados_finales[i,j]<-lista_final[[j]][k]
1441         }
1442         if(i>5)
1443         {
1444             seleccionados_finales[i,j]<-lista_final[[j]][4]
1445         }
1446         i<-i+1
1447         k<-k+1
1448     }
1449 }
1450 if(length(lista_final[[j]])==5)
1451 {
1452     i<-2
1453     k<-1
1454     while(i<=6)
1455     {
1456         seleccionados_finales[i,j]<-lista_final[[j]][k]
1457         i<-i+1
1458         k<-k+1
1459     }
1460 }
1461 j<-j+1
1462 }
1463
```

Código 5.5 Continuación del código 5.4.

```
1464 #excel_cotiz<-data.frame(seleccionados_finales)
1465 #write.xlsx(excel_cotiz,"lista.xlsx")
1466 rent_real_diaria<-matrix(0,5,1) #Matriz de las rentabilidades de cada empresa
1467 rent_media_diaria_real<-matrix(0,length(empresas_finales),1)
1468 rent_acumulada_diaria_real<-matrix(0,5,1)
1469 rent_real_semana<-matrix(0,length(empresas_finales),1)
1470 d<-6
1471 j<-1 #columna de la matriz de cierres, es la empresa j
1472 k<-4 #índice del día en el que se empieza a evaluar la rentabilidad para el bucle
1473 sum_rent<-0 #suma de las rentabilidades de cada día que se dividirá entre el número de días
1474
1475 while(j<=length(empresas_finales))
1476 {
1477   k<-4 #índice del día en el que se empieza a evaluar la rentabilidad para el bucle
1478   i<-1
1479   sum_rent_real<-0
1480   while (k>=0)
1481   {
1482     rent_real_diaria[i]<-((seleccionados_finales[d-k,j]-seleccionados_finales[d-k-1,j])*100/seleccionados_finales[d-k-1,j])
1483     rent_real_semana[j]<-((seleccionados_finales[d,j]-seleccionados_finales[1,j])/seleccionados_finales[1,j])*100*pesos[j]
1484     sum_rent_real<-sum_rent_real+rent_real_diaria[i]
1485     k<-k-1
1486     i<-i+1
1487   }
1488   rent_media_diaria_real[j]<-sum_rent_real/5
1489   j<-j+1
1490 }
1491 desviacion_renta_media_diaria<-rent_media_diaria_real*pesos-rentabilidades_finales_estimadas*pesos
1492 suma_rentabilidad_media_real_diaria<-0
1493 ganancia_real<-0
1494 rentabilidad_inversion_semana<-0
1495 rent_salida<-0
1496 salir<-0
1497 i<-1
1498 k<-2
1499 while(i<=5)
1500 {
1501   j<-1
1502   while(j<=length(empresas_finales))
1503   {
1504     rent_acumulada_diaria_real[i]<-rent_acumulada_diaria_real[i]+((seleccionados_finales[k,j]-seleccionados_finales[1,j])/seleccionados_finales[1,j])*100*pesos[j]
1505     j<-j+1
1506   }
1507   if(rent_acumulada_diaria_real[i]<=tol_salir)
1508   {
1509     if(salir==0)
1510     {
```

Código 5.6 Continuación del código 5.5.

```
1511 {
1512   print(paste("Sacamos la inversión el día ",i," con una rentabilidad porcentual acumulada hasta el momento de ",rent_acumulada_diaria_real[i],sep=""))
1513   rent_salida<-rent_acumulada_diaria_real[i]
1514   salir<-1
1515 }
1516 }
1517 }
1518
1519 i<-i+1
1520 k<-k+1
1521 }
1522
1523 i<-1
1524 while(i<=length(empresas_finales))
1525 {
1526   ganancia_real<-ganancia_real+(cash*rent_real_semana[i]/100)
1527   suma_rentabilidad_media_real_diaria<-suma_rentabilidad_media_real_diaria+pesos[i]*rent_media_diaria_real[i]
1528   rentabilidad_inversion_semana<-rentabilidad_inversion_semana+rent_real_semana[i]
1529   i<-i+1
1530 }
1531 rentabilidad_media_total_real_diaria<-suma_rentabilidad_media_real_diaria/5
1532
1533 inversiones<-data.frame(empresas_finales,
1534   pesos*100,
1535   pesos*cash,
1536   rentabilidades_finales_estimadas*pesos,
1537   pesos*cash*rentabilidades_finales_estimadas/100,
1538   suma_ganancia,
1539   rent_media_semanal,
1540   date_inicio,
1541   date_fin,
1542   rent_media_diaria_real*pesos,
1543   desviacion_renta_media_diaria,
1544   pesos*cash*rentabilidad_media_total_real_diaria/100,
1545   ganancia_real,
1546   ganancia_real-suma_ganancia,
1547   rent_real_semana,
1548   rentabilidad_inversion_semana,
1549   rent_salida
1550 )
1551 }
```

Código 5.7 Continuación del código 5.6.

```

1551 colnames(inversiones)<-c("____Empresa____"
1552 , "____Peso porcentual____"
1553 , "____Dinero a invertir____"
1554 , "____Rentabilidad estimada porcentual ponderada____"
1555 , "____Dinero final estimado____"
1556 , "____Ganancia total estimada____"
1557 , "____Rent semanal estimada____"
1558 , "____Fecha inicio____"
1559 , "____Fecha fin____"
1560 , "____Rentabilidad final porcentual ponderada____"
1561 , "____Desviación rentabilidad media diaria ponderada____"
1562 , "____Dinero final real____"
1563 , "____Ganancia real total____"
1564 , "____Desviación en la ganancia total____"
1565 , "____Rentabilidades reales de la semana ponderadas____"
1566 , "____Rentabilidad acumulada porcentual de la semana____"
1567 , "Rentabilidad acumulada en caso de salida emergencia"
1568 )
1569
1570
1571 print("DATOS REALES TRAS LA SIMULACIÓN")
1572 print(inversiones)
1573
1574 #rent_media_semanal_real<-(((cash*( 1+(rentabilidad_media_total_real_diaria/100)) ^5))/cash)-1)*100
1575 rent_media_anual_real<-(((cash*(1+(rentabilidad_inversion_semana/100))^52))/cash)-1)*100
1576 print(paste("Hemos obtenido una rentabilidad media diaria del ",round(rentabilidad_media_total_real_diaria,2),"%",sep=""))
1577 print(paste("La inversion ha obtenido una rentabilidad semanal de: ",round(rentabilidad_inversion_semana,2),"%",sep=""))
1578 print(paste("Que equivale a una rentabilidad media anual del ",round(rent_media_anual_real,2),"%",sep=""))
1579 print("Gracias al interés compuesto y reinvertiendo las ganancias semanalmente")
1580 if(rentabilidad_inversion_semana<0.9)
1581 {
1582   estima<-15
1583 }
1584
1585 ganancia_futura_real<-(cash*((1+(rentabilidad_inversion_semana/100))^(estima*52)))-cash
1586 print(paste("en ",estima," años tendríamos unas ganancias de ",round(ganancia_futura_real/(10^6),2)," millones de euros",sep=""))
1587 }
1588 # _____EXPORTACIÓN_____
1589 write.xlsx(inversiones,"resultado_inversiones.xlsx")
1590 }
1591

```

ANEXO II COMENTARIOS SOBRE EL CÓDIGO EN RSTUDIO

La primera parte del código incluye las librerías y la obtención de los datos, así como el inicio del bucle del primer filtro para pasar todas las empresas por los indicadores de análisis.

Se muestran a continuación estos fragmentos del código.

Los nombres de las capturas de los códigos empiezan por el número 9 debido a que este anexo se consideraría el apartado 9 y en el formato del texto para TFG de la ETSI se ponen los nombres a las figuras, capturas, etc comenzando por el número del apartado.

Lo mismo sucede con el nombre de las tablas del siguiente anexo.

Código 9.1 Librerías necesarias para el funcionamiento del algoritmo.

```
4 library("quantmod") #necesaria para las operaciones de los indicadores de AT
5 library("magrittr") #necesaria para las operaciones de los indicadores de AT
6 library("dplyr") #necesario para el tratamiento de data frames
7 library("reshape2") #necesaria por si se quiere graficar algún indicador de AT
8 library("ahpsurvey") #necesaria para el segundo filtro
9 library("openxlsx") #para exportar datos a excel
10 library("beepR") #sonido al terminar de compilar
```

Como se puede ver en la imagen, las librerías utilizadas son las siguientes:

- "quantmod"
Necesaria para las operaciones con los indicadores de análisis técnico.
- "magrittr"
Necesaria para las operaciones con los indicadores de análisis técnico.
- "dplyr"
Necesaria para el tratamiento de data frames.
- "reshape2"
Necesaria para poder hacer la gráfica de algún indicador de análisis técnico si se quiere.
- "ahpsurvey"
Necesaria para el apartado de multicriterio.
- "openxlsx"
Necesaria para poder exportar datos a Excel.
- "beepR"
Permite generar un sonido al terminar de compilar.

Todas las librerías han sido descargadas como paquetes de repositorios de CRAN.

En cuanto al apartado de parámetros, se divide en tres partes, las empresas a analizar (representadas por sus tickers), mercados (representados por sus tickers) y tolerancias.

Se muestra a continuación un listado de los tickers de las empresas que se han analizado y los mercados que las engloban mediante una captura del código.

Código 9.2 Empresas y mercados analizados.

```

14 #MERCADOS
15 {
16 OBJETIVOS_IBEX<-c( #IBEX35
17 "BKT.MC", "ENG.MC", "ACS.MC", "IAG.MC", "GRF.MC", "CABK.MC",
18 "ELE.MC", "NTGY.MC", "TEF.MC", "ANA.MC", "ITX.MC", "CLNX.MC", "MRL.MC", "COL.MC"
19 "MAP.MC", "FDR.MC", "IBE.MC", "ACX.MC", "VIS.MC"
20 "AENA.MC", "SAN.MC", "FER.MC", "REE.MC", "SGRE.MC"
21 "MEL.MC", "AMS.MC", "BBVA.MC", "MTS.MC", "PHM.MC", "SAB.MC"
22 )
23 OBJETIVOS_EUROSTOXX<-c( #EUROPA
24 "ALV.DE", "AIR.PA", "DBK.DE", "PHIA.AS", "ASML.AS", "DTE.DE"
25 "ORA.PA", "SAN.PA", "ENGI.PA", "G.MI",
26 "CA.PA", "ABI.BR", "DPW.DE", "BNP.PA", "BN.PA", "ENEL.MI"
27 "SU.PA", "AI.PA", "INGA.AS", "BAYN.DE", "MC.PA", "SAF.PA",
28 "BMW.DE"
29 #, "FRE.DE"
30 )
31 OBJETIVOS_DOWJONES<-c( #DOWJONES
32 "CSCO"
33 "AAPL", "UEEC", "GS", "HD", "MCD", "MMM", "MSFT", "UTX.VI",
34 "JNJ", "CAT", "DIS", "TRV", "IBM", "JPM",
35 "AXP", "PG", "CVX", "WMT", "NKE", "MRK", "XOM", "INTC",
36 "VZ", "KO", "WBA", "DOW", "PFE",
37 "AMZN", "TSLA", "FB", "GOOG", "NFLX", "V", "BA"
38 )
39 OBJETIVOS_FTSE<-c( #LONDRES
40 "ABF.L", "SMT.L", "SDR.L", "CCH.L", "PSN.L", "BA.L", "VOD.L", "EXPN.L"
41 "STJ.L", "WTB.L", "RTO.L", "SMIN.L", "AUTO.L", "BATS.L", "RMV.L", "AHT.L",
42 "CPG.L", "SPX.L", "RDSA.L", "TSCO.L", "SVT.L", "ENT.L", "ANTO.L", "RDSB.L"
43 "ABDN.L", "JET.L", "PRU.L", "MNG.L", "RR.L", "SSE.L"
44 )
45 OBJETIVOS_DAX<-c( #BERLÍN
46 "ALV.DE", "DAI.DE", "DWINI.DE", "DB1.DE", "BMW.DE"
47 "SAP.DE", "SIE.DE", "DHER.DE",
48 "BAYN.DE"
49 "VOW3.DE"
50 "MTX.DE", "ICOV.DE", "DPW.DE", "BAS.DE"
51 "EOAN.DE", "IFX.DE"
52 "FME.DE"
53 "VNA.DE",
54 "DBK.DE"
55 #, "MUV2.DE"
56 #, "ENR.DE"
57 "RWE.DE", "CON.DE", "MRK.DE", "HEN3.DE", "ADS.DE"
58 #, "FRE.DE"
59 "DTE.DE"
60
61 #
62 # ERROR____, "LIN.DE", "HEI.DE"
63 )
64 OBJETIVOS_NASDAQ<-c( #NASDAQ
65 "CSCO", "STRT", "NMRK",
66 "FNLC", "ESXB", "BBQ"
67 #, "BSBK"
68 "SLAB",
69 "CVCY", "FNKO", "FEYE", "OPTN", "STRS"
70 "NVCR", "IFRX", "NVEC", "NMRD", "AGLE",
71 "SDC", "CMRX", "BBI", "TWST", "SCOR", "KLXE"
72 #
73 # ERROR____, "SCOB", "SCR", "NVCN", "SCOA", "HLAH", "SDH"
74 )
75 OBJETIVOS_CAC40<-c( #FRANCIA
76 "CAP.PA", "SGO.PA", "GLE.PA"
77 #, "DG.PA"
78 "BNP.PA", "AIR.PA", "SAN.PA", "OR.PA", "SW.PA",
79 "CA.PA", "LR.PA", "MC.PA", "HO.PA", "AC.PA", "KER.PA", "ACA.PA", "AI.PA", "RI.PA",
80 "WLN.PA", "BN.PA", "ML.PA", "VIV.PA", "SU.PA", "ENGI.PA",
81 # "ATO.PA",
82 "VIE.PA"
83 # "EN.PA",
84 # "ORA.PA"
85 )

```

```

86 OBJETIVOS_HSI<-cC#HONG KONG
87 "1997.HK", "0267.HK", "2319.HK", "0883.HK", "0002.HK", "0017.HK",
88 "2628.HK", "0027.HK", "0241.HK", "1398.HK", "2018.HK", "1093.HK",
89 "2020.HK", "1038.HK", "0012.HK", "0101.HK", "1109.HK", "0016.HK", "3690.HK",
90 "0386.HK", "1299.HK", "6098.HK", "2269.HK", "0669.HK", "9988.HK", "0960.HK",
91 "1810.HK", "1928.HK",
92 "1044.HK"
93 #, "0003.HK"
94 #-----
95 # ERROR_____
96 )
97 OBJETIVOS_IBOVESPA<-cC#SAO PAULO
98 "RADL3.SA", "EQLT3.SA", "CCRO3.SA", "MULT3.SA", "BBDC4.SA", "ITSA4.SA", "BRKM5.SA",
99 "BBDC3.SA", "JBSS3.SA", "BBAS3.SA", "ECOR3.SA", "PETR4.SA", "BRML3.SA", "LREN3.SA",
100 "BBSE3.SA", "ENBR3.SA", "USIMS.SA", "UGPA3.SA", "CMIG4.SA", "PETR3.SA",
101 "KLBN11.SA", "SBSP3.SA", "OIBR4.SA", "LAME4.SA"
102 )
103 OBJETIVOS_MEXICO<-cC#MEXICO
104 "GRUMAB.MX", "BIMBOA.MX", "IENOVA.MX", "ASURB.MX", "KIMBERA.MX", "GENTERA.MX",
105 "AC.MX", "CEMEXCPO.MX", "CUERVO.MX", "FEMSAUBD.MX", "BBAJIOO.MX", "ALPEKA.MX",
106 "GMEXICOB.MX", "BOLSAA.MX", "GFNORTEO.MX", "TLEVISACPO.MX", "MEGACPO.MX",
107 "LABB.MX", "GCARSOA1.MX"
108 #, "ALSEA.MX"
109 #, "PINFRA.MX", "OMAB.MX", "AMXL.MX", "GCC.MX",
110 "GAPB.MX"
111 )
112 OBJETIVOS_CHILE<-cC#CHILE
113 "AESGENER.SN"
114 #, "AGUAS-A.SN", "VAPORES.SN", "BSANTANDER.SN", "ILC.SN",
115 "IAM.SN", "FALABELLA.SN", "ENELCHILE.SN", "MALLPLAZA.SN", "ANDINA-B.SN", "CMPC.SN",
116 "COPEC.SN", "PARAUCO.SN", "CENCOSUD.SN", "BCI.SN", "CHILE.SN", "ECL.SN", "LTM.SN",
117 "CONCHATORO.SN", "SONDA.SN", "CAP.SN", "COLBUN.SN", "CCU.SN", "ENTEL.SN",
118 "SECURITY.SN", "ITAUcorp.SN", "SQM-B.SN", "SALFACORP.SN", "RIPLEY.SN",
119 "ENELAM.SN"
120 )
121 OBJETIVOS_PARIS<-cC#PARIS
122 "AGS.BR", "ILD.PA", "CAP.PA", "JMT.LS", "BNP.PA", "AIR.PA", "SAN.PA",
123 "UBI.PA", "PHIA.AS", "OR.PA", "SW.PA", "LR.PA", "MC.PA", "GALP.LS", "AC.PA",
124 "GBLB.BR", "TEP.PA", "ABI.BR", "KER.PA", "ASM.AS", "EDEN.PA", "ASML.AS"
125 #, "BN.PA", "RDSA.AS", "KBC.BR", "INGA.AS", "EDPR.LS", "VIE.PA"
126 #, "RAND.AS"
127 #-----
128 # ERROR_____, "STLA.PA"
129 )

```

```

130 OBJETIVOS_BFX<-cC#BRUSELAS
131 "UCB.BR", "KBC.BR", "COFB.BR", "ONTEX.BR"
132 )
133 OBJETIVOS_ATX<-cC#AUSTRIA
134 "WIE.VI"
135 "POST.VI", "IIA.VI", "EBS.VI", "CAI.VI", "OMV.VI", "SBO.VI", "EVN.VI",
136 "SPI.VI", "VOE.VI", "LNZ.VI", "DOC.VI", "UQA.VI", "BG.VI", "ANDR.VI",
137 "VER.VI", "MMK.VI", "VIG.VI", "ATS.VI",
138 "RBI.VI"
139 )
140 # OBJETIVOS_OMX<-cC#CONPENHAGE
141 # "CHR.CO", "COLO-B.CO", "NZYM-B.CO", "GMAB.CO", "DANSKE.CO", "NOVO-B.CO",
142 # "DSV.CO", "TRYG.CO", "GN.CO", "CARL-B.CO", "MAERSK-A.CO",
143 # "AMBU-B.CO", "PNODORA.CO", "MAERSK-B.CO", "ISS.CO", "ORSTED.CO", "VWS.CO",
144 # "DEMANT.CO", "ROCK-B.CO", "SIM.CO"
145 # )
146 OBJETIVOS_OSEAX<-cC#OSLO
147 "SDRL.OL", "SCHB.OL", "NOFI.OL", "WWIB.OL", "TGS.OL", "ZAL.OL", "AMSC.OL",
148 "KIT.OL", "AQUA.OL", "GOD.OL", "GOGL.OL", "EIOF.OL", "HYARD.OL", "DNO.OL",
149 "HAVI.OL", "DOF.OL", "IDEX.OL", "OLT.OL"
150
151 #
152 # ERROR_____ "OTS.OL", "#, "SKI.OL"
153 )
154 OBJETIVOS_FTSEMIB<-cC#MILÁN
155 "MB.MI", "PIRC.MI"
156 "TIT.MI"
157 "BAMI.MI", "MONC.MI", "STM.MI", "AMP.MI", "TEN.MI",
158 "G.MI", "FBK.MI", "UNI.MI", "ENI.MI", "CNHI.MI", "BZU.MI", "PRY.MI", "PST.MI",
159 "BPE.MI", "DIA.MI", "SPM.MI", "BMED.MI", "IG.MI", "REC.MI", "RACE.MI", "AZM.MI",
160 "SRG.MI", "TRN.MI", "IP.MI", "CPR.MI", "ATL.MI", "LDO.MI"
161 )
162 OBJETIVOS_OMXSPI<-cC#ESTOCOLMO
163 "SCA-B.ST", "INDU-C.ST", "BETCO.ST", "ADAPT.ST",
164 #, "ANOD-B.ST"
165 "DOM.ST", "PRIC-B.ST", "TELIA.ST", "BHG.ST", "NMAN.ST", "SEB-C.ST", "ATVEXA-B.ST",
166 "BOL.ST", "BINV.ST", "BOUL.ST", "CBTT-B.ST", "BONG.ST",
167 # "SEMC.ST",
168 "GETI-B.ST",
169 "ACTI.ST", "NOBINA.ST", "TFBANK.ST", "INFREA.ST", "LUG.ST", "BRG-B.ST",
170 "EVO.ST", "PREV-B.ST", "ARION-SDB.ST"
171 "TRIAN-B.ST"
172 #, "SAVE.ST"
173 )
174 OBJETIVOS_SSMI<-cC#SUIZA
175 "LONN.SW", "UBSG.SW", "SCMN.SW", "NOVN.SW", "CFR.SW", "ABBN.SW", "ROG.SW",
176 "SIKA.SW", "GEBN.SW", "GIVN.SW", "SREN.SW", "SLHN.SW", "SGSN.SW", "CSGN.SW",
177 "NESN.SW", "ADEN.SW", "UHR.SW"
178 "BAER.SW"
179 # "ZURN.SW"
180 )
181 OBJETIVOS_JKSE<-cC#INDONESIA
182 "JSMR.JK", "ASGR.JK", "FPNI.JK", "EXCL.JK", "SPMA.JK", "KDSI.JK", "PNBN.JK"
183 #
184 # ERROR_____ "SQBI.JK", "TRST.JK", "SQMI.JK", "SHID.JK", "LMPI.JK", "PSKT.JK"
185 # ERROR_____ "SULI.JK", "ABDA.JK", "BKDP.JK", "PRAS.JK", "CITA.JK", "VOKS.JK"
186 # ERROR_____ "UNIC.JK", "PUDP.JK", "FMII.JK", "TFCO.JK", "ARGO.JK", "ASDM.JK"
187 # ERROR_____ "AIMS.JK", "AISA.JK", "INDR.JK", "BABP.JK"
188 )
189 OBJETIVOS_KLSE<-cC#MALASIA
190 "3816.KL", "1023.KL", "4197.KL", "5819.KL", "1082.KL", "1066.KL",
191 "4065.KL", "4863.KL", "5183.KL", "7277.KL", "5347.KL", "6012.KL",
192 "1155.KL", "5225.KL", "6888.KL", "5681.KL", "4715.KL", "3182.KL", "6033.KL",
193 "7113.KL", "5168.KL", "5285.KL", "6947.KL", "3034.KL", "2445.KL"
194 "1295.KL"
195 #, "5296.KL"
196 "4707.KL"
197 #
198 # ERROR_____ "8869.KL", "1961.KL"
199 )

```

Siendo un total de más de 520 empresas. Algunas de ellas hubo que ponerlas como comentarios porque daban problemas en la descarga de sus datos. El motivo de no quitarlas de comentarios y dejarlas es porque es posible que pasen a tener datos que no den problemas en un futuro cercano, por lo que podría ser útil revisar semanalmente la disponibilidad de estas.

El código de los parámetros y sus intervalos de uso han sido explicados ya en el apartado de la simulación, concretamente en el 5.3.

Se adjunta el código de estos.

Código 9.3 Parámetros usados para el análisis y el cálculo de resultados.

```
231 date_today="2021-08-7" #SI QUIERO LA FECHA DEL VIERNES INCLUIDA, PONER LA DEL SÁBADO
232 # año-mes-día, fecha límite para la descarga de datos de cotizaciones
233 #IMPORTANTE, PONER LA FECHA DEL ÚLTIMO DÍA CERRADO PARA EVITAR ERRORES.
234 #SI HOY AÚN ESTÁ ABIERTO PONER AYER.
235 periodo<-30 #número de días laborables para analizar la tendencia de cada
236 #indicador (35 días son 7 semanas)
237
238 tol_macd<-0.7 #PONGO MÍNIMO UNA CONFIANZA DEL 80% PARA COMPRAR
239 tol_rsi<-0.9 #PONGO MÍNIMO UNA CONFIANZA DEL 90% PARA COMPRAR
240 tol_bollinger<-0.9 #PONGO MÍNIMO UNA CONFIANZA DEL 90% PARA COMPRAR
241 tol_estocastico<-0.9 #PONGO MÍNIMO UNA CONFIANZA DEL 90% PARA COMPRAR
242 dias_desv<-260 #días en los que se va a evaluar la
243 #desviación típica como norma gral
244 dias_rent<-40 #días en los que vamos a evaluar la rentabilidad media diaria.
245 #Debe ser un número de días semejante al periodo de análisis de los indicadores
246 #técnicos para que tenga sentido el resultado
247
248 n_grande=50 #para la interpolación de Saaty
249 n_empresas_sol_filtro_segundo=30 #número de mejores empresas del segundo filtro
250 n_empresas_sol_filtro_tercero=15 #número de mejores empresas del tercer filtro
251 cash<-10000 #cantidad de dinero que se piensa invertir esta semana
252 estima<-10 #años para el interés compuesto
```

Por último, se adjunta captura del código utilizado para la descarga de los datos de las cotizaciones de internet.

Código 9.4 Código para la descarga de datos de internet.

```
258 # ----- OBTENCIÓN DATOS -----
259 {
260 candidatos<-0
261 n_objetivos<-length(OBJETIVOS)
262 getSymbols(
263   OBJETIVOS,
264   # src = "yahoo",
265   from = "2016-04-01",
266   to = date_today,
267   periodicity = "daily"
268 )
269
270 lista <- lapply(OBJETIVOS, function(x)
271   Cl(get(x)))# ----- Meto los precios de cierre de cada empresa en una lista
272 lista<-na.omit(lista)# ----- Corrijo los posibles datos que falten
273 #omitiendo esos huecos
274 precio.cierre <- do.call(merge, lista) #uno cada lista en una sola lista
275 #para poder evaluar cada una como si fuese una matriz a recorrer
276
277 seleccionados<-matrix(1:n_objetivos) #matriz auxiliar para rellenar la matriz
278 #con los cierres de las empresas que pasan el filtro primero
```

Comentarios sobre el funcionamiento

Para el correcto del funcionamiento del programa hay un par de instrucciones a seguir para evitar problemas:

- Eliminar los datos de la anterior ejecución ya que a veces quedan valores residuales que pueden alterar el funcionamiento del mismo.
- Las fechas de cierre del intervalo a analizar debe ser la del día siguiente al último día que se quiere evaluar ya que se descargará hasta el último día antes de la fecha que se coja como extremo.
Para el análisis habitual deberá ponerse la fecha del sábado anterior a la semana en la que se quiere invertir ya que es importante analizar los cierres del viernes.
- Se recomienda usar una conexión por cable debido a que la conexión wifi puede dar a veces problemas debido a que es menos estable y es una gran cantidad de datos a descargar correctamente.

ANEXO III TABLA RESULTADO DE LAS SIMULACIONES

Tabla 10.1 Resultados de la simulación.

PRUEBA	INICIO	FIN	RENT SEM EST	RENT SEM REAL	DESV	ERROR REL
1	28/8/21	4/9/21	1,27%	1,33%	0,06%	4,59%
2	21/8/21	28/8/21	1,86%	-1,90%	-3,76%	-202,15%
3	14/8/21	21/8/21	1,85%	-1,30%	-3,15%	-170,27%
4	7/8/21	14/8/21	1,83%	0,92%	-0,91%	-49,78%
5	31/7/21	7/8/21	1,81%	1,62%	-0,19%	-10,34%
6	24/7/21	31/7/21	1,47%	1,02%	-0,45%	-30,38%
7	17/7/21	24/7/21	1,19%	2,13%	0,94%	78,63%
8	10/7/21	17/7/21	0,95%	-0,73%	-1,68%	-176,34%
9	3/7/21	10/7/21	1,44%	0,76%	-0,68%	-47,05%
10	26/6/21	3/7/21	1,54%	-0,27%	-1,81%	-117,59%
11	19/6/21	26/6/21	1,91%	1,44%	-0,47%	-24,51%
12	12/6/21	19/6/21	2,25%	-1,30%	-3,56%	-157,94%
13	5/6/21	12/6/21	1,91%	1,53%	-0,38%	-19,96%
14	29/5/21	5/6/21	1,64%	1,45%	-0,20%	-12,04%
15	22/5/21	29/5/21	2,29%	0,93%	-1,35%	-59,20%
16	15/5/21	22/5/21	2,11%	1,56%	-0,55%	-26,14%
17	8/5/21	15/5/21	2,28%	-1,34%	-3,62%	-158,89%
18	1/5/21	8/5/21	2,26%	1,20%	-1,06%	-46,86%
19	24/4/21	1/5/21	1,73%	-0,77%	-2,50%	-144,41%
20	17/4/21	24/4/21	1,78%	0,21%	-1,58%	-88,48%
21	10/4/21	17/4/21	2,79%	1,11%	-1,68%	-60,37%
22	3/4/21	10/4/21	1,79%	-0,77%	-2,56%	-143,31%
23	27/3/21	3/4/21	2,27%	0,50%	-1,77%	-78,12%
24	20/3/21	27/3/21	1,67%	1,51%	-0,16%	-9,75%
25	13/3/21	20/3/21	1,96%	0,42%	-1,54%	-78,77%
26	6/3/21	13/3/21	1,79%	0,98%	-0,81%	-45,11%
27	27/2/21	6/3/21	1,41%	-0,29%	-1,71%	-120,81%
28	20/2/21	27/2/21	1,71%	-1,19%	-2,89%	-169,56%
29	13/2/21	20/2/21	2,60%	-1,67%	-4,27%	-164,29%
30	6/2/21	13/2/21	2,98%	2,10%	-0,87%	-29,35%
31	30/1/21	6/2/21	2,83%	1,16%	-1,66%	-58,84%
32	23/1/21	30/1/21	3,93%	-1,47%	-5,40%	-137,48%
33	16/1/21	23/1/21	3,34%	2,50%	-0,84%	-25,19%
34	9/1/21	16/1/21	3,86%	0,39%	-3,47%	-89,92%
35	2/1/21	9/1/21	4,25%	2,06%	-2,20%	-51,59%
36	26/12/20	2/1/21	2,96%	1,54%	-1,42%	-48,04%
37	19/12/20	26/12/20	4,57%	-0,12%	-4,69%	-102,70%
38	12/12/20	19/12/20	4,33%	1,13%	-3,20%	-73,98%
39	5/12/20	12/12/20	3,46%	-0,24%	-3,71%	-107,06%

40	28/11/20	5/12/20	2,62%	2,84%	0,22%	8,40%
41	21/11/20	28/11/20	4,04%	1,82%	-2,22%	-54,88%
42	14/11/20	21/11/20	1,34%	3,46%	2,13%	158,79%
43	7/11/20	14/11/20	1,61%	1,07%	-0,54%	-33,52%
44	31/10/20	7/11/20	1,28%	4,44%	3,16%	246,28%
45	24/10/20	31/10/20	1,80%	-2,35%	-4,15%	-230,28%
46	17/10/20	24/10/20	2,50%	-1,39%	-3,89%	-155,52%
47	10/10/20	17/10/20	2,44%	-1,79%	-4,23%	-173,29%
48	3/10/20	10/10/20	0,87%	0,67%	-0,20%	-22,95%
49	26/9/20	3/10/20	0,47%	-0,13%	-0,60%	-127,66%
50	19/9/20	26/9/20	0,92%	-2,37%	-3,29%	-357,49%
51	12/9/20	19/9/20	0,54%	-0,29%	-0,83%	-153,42%
52	5/9/20	12/9/20	1,03%	0,12%	-0,91%	-88,41%
53	29/8/20	5/9/20	0,20%	-1,17%	-1,37%	-676,72%
54	22/8/20	29/8/20	2,09%	1,70%	-0,39%	-18,50%
55	15/8/20	22/8/20	1,84%	-0,37%	-2,20%	-119,95%
56	8/8/20	15/8/20	1,55%	-1,24%	-2,79%	-180,02%
57	1/8/20	8/8/20	2,08%	0,00%	-2,08%	-100,15%
58	25/7/20	1/8/20	2,54%	-0,25%	-2,79%	-109,89%
59	18/7/20	25/7/20	2,62%	0,43%	-2,19%	-83,64%
60	11/7/20	18/7/20	2,33%	0,57%	-1,76%	-75,43%
61	4/7/20	11/7/20	2,33%	-0,05%	-2,37%	-101,98%
62	27/6/20	4/7/20	1,80%	3,29%	1,48%	82,19%
63	20/6/20	27/6/20	2,16%	-0,02%	-2,18%	-100,94%
64	13/6/20	20/6/20	2,45%	3,21%	0,76%	31,01%
65	6/6/20	13/6/20	2,92%	-1,88%	-4,80%	-164,21%
66	30/5/20	6/6/20	2,46%	4,56%	2,10%	85,55%
67	23/5/20	30/5/20	2,30%	1,50%	-0,80%	-34,75%
68	16/5/20	23/5/20	1,04%	-0,60%	-1,64%	-157,47%
69	9/5/20	16/5/20	1,23%	1,05%	-0,18%	-14,51%
70	2/5/20	9/5/20	0,83%	1,37%	0,53%	64,08%
71	25/4/20	2/5/20	0,58%	0,93%	0,35%	59,66%
72	18/4/20	25/4/20	0,89%	-2,43%	-3,32%	-372,01%
73	11/4/20	18/4/20	-1,17%	0,45%	1,62%	-138,63%
74	4/4/20	11/4/20	-4,34%	6,18%	10,53%	-242,48%
75	28/3/20	4/4/20	-5,81%	6,10%	11,91%	-205,03%
76	21/3/20	28/3/20	-4,86%	7,23%	12,09%	-248,87%
77	14/3/20	21/3/20	-2,72%	-4,65%	-1,94%	71,30%
78	7/3/20	14/3/20	1,12%	-2,25%	-3,37%	-299,99%
79	29/2/20	7/3/20	7,44%	1,88%	-5,57%	-74,77%
80	22/2/20	29/2/20	2,08%	-1,37%	-3,45%	-165,92%
81	15/2/20	22/2/20	1,85%	-0,23%	-2,08%	-112,29%
82	8/2/20	15/2/20	1,79%	1,53%	-0,26%	-14,53%
83	1/2/20	8/2/20	1,88%	1,63%	-0,25%	-13,24%
84	25/1/20	1/2/20	1,84%	1,30%	-0,53%	-29,04%
85	18/1/20	25/1/20	1,35%	-1,39%	-2,75%	-202,81%
86	11/1/20	18/1/20	1,06%	-0,41%	-1,48%	-138,78%
87	4/1/20	11/1/20	1,42%	0,73%	-0,69%	-48,81%

La primera columna es la semana de evaluación, partiendo desde la semana de realización de este trabajo.

La segunda y la tercera columna son la fecha de inicio y final para la obtención de los datos, son los sábados de cada semana, como se ha explicado en el apartado 5.3.

La siguiente columna son las rentabilidades estimadas para la semana, son unas rentabilidades altas, ya que se han seleccionado las mejores empresas hasta el momento y se ha calculado su rentabilidad media, por tanto, lo más probable es que la semana tenga una rentabilidad menor que la estimación, aunque puede haber casos como se han visto en los que se ha superado la estimación.

La quinta columna es la rentabilidad que habríamos obtenido en caso de haber hecho caso al algoritmo.

La última columna es la desviación de la realidad respecto de la estimación de rentabilidad.

Para cada ejecución del algoritmo se creó una tabla con datos de la ejecución como son las empresas seleccionadas para la semana, los pesos de cada una, el dinero a invertir en cada una tras aplicar los pesos (suponiendo una inversión de 10.000 euros), la rentabilidad porcentual estimada, el dinero final estimado, la ganancia total, la renta semanal estimada, las fechas de inicio y fin, la rentabilidad media real final de cada empresa ponderada por los pesos, la desviación respecto a la estimación, el dinero real ganado con cada empresa, la ganancia total real de la semana, la desviación en la estimación, las rentabilidades totales de cada empresa ponderadas, la rentabilidad acumulada porcentual de la semana (esta es la que queremos), la rentabilidad en caso de que se haya usado la salida de emergencia y los parámetros que hicieron posible que la simulación se ejecutase correctamente.

Tabla 10.2 Resultados de la simulación.

Rent media semana	0,59%
Anualizada	35,98%
Acumulada	51,57%
Rent media estimada	1,73%
Número de intentos	87
Veces rentable	51
Efectividad	58,62%
Error medio	-90,68%
Desviación media	-1,14%
Media de las ganancias	1,76%
Media de las pérdidas	-0,77%
Desviación de las medias	2,53%
Media periodo	37,46
Media tol macd	0,73
Media tol rsi	0,87
Media tol bollinger	0,87
Media tol estocastico	0,87
Nº veces que se ha usado la salida de emergencia	17
Media rent salida emergencia	-36,90%
Nº veces que se ha usado la salida de emergencia y el final fue mejor	7
Efectividad de la salida de emergencia	58,82%

Tabla 10.3 Estadísticas mercados.

MERCADOS	VECES SELECCIONADO	%
%5EN100	162	11,16%
%5EOMXSPI	144	9,92%
%5EKLSE	140	9,64%
%5EFTSEMIB.MI	125	8,61%
%5ESSMI	104	7,16%
%5EATX	99	6,82%
%5EFCHI	98	6,75%
%5EMXX	85	5,85%
%5EIPSA	80	5,51%
%5ESTOXX50E	75	5,17%
%5EBVSP	61	4,20%
%5EGDAXI	46	3,17%
%5EHSI	42	2,89%
%5EOSEAX	42	2,89%
%5EDJI	40	2,75%
%5EIXIC	33	2,27%
%5EBFX	32	2,20%
%5EJKSE	19	1,31%
%5EFTSE	15	1,03%
%5EIBEX	9	0,62%
%5EOMXC20	1	0,07%

Tabla 10.4 Estadísticas empresas.

EMPRESA	VECES SELECCIONADA	%
COFB.BR	21	1,49 %
BN.PA	19	1,34 %
ASM.AS	16	1,13 %
GETI-B.ST	16	1,13 %
KER.PA	15	1,06 %
JMT.LS	15	1,06 %
KER.PA	15	1,06 %
EVN.VI	15	1,06 %
OLT.OL	15	1,06 %
DIA.MI	15	1,06 %
SEB-C.ST	15	1,06 %
LONN.SW	15	1,06 %

5347.KL	15	1,06 %
CPR.MI	14	0,99 %
TRIAN-B.ST	14	0,99 %
GEBN.SW	14	0,99 %
5819.KL	14	0,99 %
LR.PA	13	0,92 %
AC.MX	13	0,92 %
LR.PA	13	0,92 %
POST.VI	12	0,85 %
SCA-B.ST	12	0,85 %
PHIA.AS	11	0,78 %
CMIG4.SA	11	0,78 %
UBI.PA	11	0,78 %

PHIA.AS	11	0,78 %
LNZ.VI	11	0,78 %
TELIA.ST	11	0,78 %
ARION-SDB.ST	11	0,78 %
GIVN.SW	11	0,78 %
TEP.PA	10	0,71 %
SCHB.OL	10	0,71 %
PRY.MI	10	0,71 %
REC.MI	10	0,71 %
1023.KL	10	0,71 %
ABI.BR	9	0,64 %
ABI.BR	9	0,64 %
PST.MI	9	0,64 %
3816.KL	9	0,64 %
4065.KL	9	0,64 %
VIE.PA	8	0,57 %
GRUMAB.MX	8	0,57 %
GCC.MX	8	0,57 %
CAP.SN	8	0,57 %
VIE.PA	8	0,57 %
WIE.VI	8	0,57 %
AMSC.OL	8	0,57 %
SRG.MI	8	0,57 %
ROG.SW	8	0,57 %
AI.PA	7	0,50 %
BMW.DE	7	0,50 %
BMW.DE	7	0,50 %
ESXB	7	0,50 %
AI.PA	7	0,50 %
CUERVO.MX	7	0,50 %
AMXL.MX	7	0,50

		%
ANDINA-B.SN	7	0,50 %
EDPR.LS	7	0,50 %
UCB.BR	7	0,50 %
AMP.MI	7	0,50 %
BHG.ST	7	0,50 %
LUG.ST	7	0,50 %
SCMN.SW	7	0,50 %
NOVN.SW	7	0,50 %
PNBN.JK	7	0,50 %
4863.KL	7	0,50 %
5225.KL	7	0,50 %
4715.KL	7	0,50 %
ENGI.PA	6	0,42 %
DWNI.DE	6	0,42 %
SIE.DE	6	0,42 %
ENGI.PA	6	0,42 %
9988.HK	6	0,42 %
ITSA4.SA	6	0,42 %
BRKM5.SA	6	0,42 %
BBAS3.SA	6	0,42 %
BBAJIOO.MX	6	0,42 %
MALLPLAZA.SN	6	0,42 %
SONDA.SN	6	0,42 %
SECURITY.SN	6	0,42 %
ENELAM.SN	6	0,42 %
IIA.VI	6	0,42 %
ANDR.VI	6	0,42 %
VER.VI	6	0,42 %
STM.MI	6	0,42 %
UNI.MI	6	0,42 %

TRN.MI	6	0,42 %
BONG.ST	6	0,42 %
BRG-B.ST	6	0,42 %
SREN.SW	6	0,42 %
SGSN.SW	6	0,42 %
ASGR.JK	6	0,42 %
6033.KL	6	0,42 %
5168.KL	6	0,42 %
3034.KL	6	0,42 %
VOW3.DE	5	0,35 %
FME.DE	5	0,35 %
STRT	5	0,35 %
OR.PA	5	0,35 %
HO.PA	5	0,35 %
2319.HK	5	0,35 %
EQTL3.SA	5	0,35 %
BBSE3.SA	5	0,35 %
GMEXICOB.MX	5	0,35 %
GFNORTEO.MX	5	0,35 %
CCU.SN	5	0,35 %
ITAUCORP.SN	5	0,35 %
OR.PA	5	0,35 %
UQA.VI	5	0,35 %
ATS.VI	5	0,35 %
DOM.ST	5	0,35 %
BINV.ST	5	0,35 %
ABBN.SW	5	0,35 %
NESN.SW	5	0,35 %
UHR.SW	5	0,35 %
FPNI.JK	5	0,35 %
1066.KL	5	0,35

		%
5183.KL	5	0,35 %
6947.KL	5	0,35 %
MC.PA	4	0,28 %
PG	4	0,28 %
VZ	4	0,28 %
KO	4	0,28 %
SAP.DE	4	0,28 %
CVCY	4	0,28 %
CAP.PA	4	0,28 %
MC.PA	4	0,28 %
ML.PA	4	0,28 %
0101.HK	4	0,28 %
1044.HK	4	0,28 %
PETR3.SA	4	0,28 %
ALPEKA.MX	4	0,28 %
BOLSAA.MX	4	0,28 %
MEGACPO.MX	4	0,28 %
VAPORES.SN	4	0,28 %
ECL.SN	4	0,28 %
ENTEL.SN	4	0,28 %
SQM-B.SN	4	0,28 %
CAP.PA	4	0,28 %
MC.PA	4	0,28 %
VOE.VI	4	0,28 %
MMK.VI	4	0,28 %
VIG.VI	4	0,28 %
MONC.MI	4	0,28 %
BMED.MI	4	0,28 %
RACE.MI	4	0,28 %
BOUL.ST	4	0,28 %

TFBANK.ST	4	0,28 %
CFR.SW	4	0,28 %
1082.KL	4	0,28 %
3182.KL	4	0,28 %
7113.KL	4	0,28 %
4707.KL	4	0,28 %
INGA.AS	3	0,21 %
DIS	3	0,21 %
SMT.L	3	0,21 %
ANTO.L	3	0,21 %
1COV.DE	3	0,21 %
FNKO	3	0,21 %
NVCR	3	0,21 %
0002.HK	3	0,21 %
6098.HK	3	0,21 %
RADL3.SA	3	0,21 %
PETR4.SA	3	0,21 %
KIMBERA.MX	3	0,21 %
GENTERA.MX	3	0,21 %
CENCOSUD.SN	3	0,21 %
RIPLEY.SN	3	0,21 %
INGA.AS	3	0,21 %
EBS.VI	3	0,21 %
OMV.VI	3	0,21 %
RBI.VI	3	0,21 %
SDRL.OL	3	0,21 %
BAMI.MI	3	0,21 %
AZM.MI	3	0,21 %
LDO.MI	3	0,21 %
BETCO.ST	3	0,21 %
ADAPT.ST	3	0,21

		%
NMAN.ST	3	0,21 %
NOBINA.ST	3	0,21 %
ADEN.SW	3	0,21 %
6012.KL	3	0,21 %
1155.KL	3	0,21 %
REE.MC	2	0,14 %
SGRE.MC	2	0,14 %
CA.PA	2	0,14 %
BNP.PA	2	0,14 %
MCD	2	0,14 %
JNJ	2	0,14 %
MRK	2	0,14 %
INTC	2	0,14 %
PFE	2	0,14 %
FB	2	0,14 %
V	2	0,14 %
SVT.L	2	0,14 %
BAS.DE	2	0,14 %
IFX.DE	2	0,14 %
SLAB	2	0,14 %
OPTN	2	0,14 %
NMRD	2	0,14 %
TWST	2	0,14 %
BNP.PA	2	0,14 %
CA.PA	2	0,14 %
0017.HK	2	0,14 %
2020.HK	2	0,14 %
1038.HK	2	0,14 %
1109.HK	2	0,14 %
0016.HK	2	0,14 %

3690.HK	2	0,14 %
0386.HK	2	0,14 %
BBDC3.SA	2	0,14 %
ECOR3.SA	2	0,14 %
USIM5.SA	2	0,14 %
SBSP3.SA	2	0,14 %
IENOVA.MX	2	0,14 %
CEMEXCPO.MX	2	0,14 %
FEMSAUBD.MX	2	0,14 %
GCARSOA1.MX	2	0,14 %
COPEC.SN	2	0,14 %
PARAU.CO.SN	2	0,14 %
BNP.PA	2	0,14 %
GBLB.BR	2	0,14 %
EDEN.PA	2	0,14 %
KBC.BR	2	0,14 %
KBC.BR	2	0,14 %
ONTEX.BR	2	0,14 %
DOC.VI	2	0,14 %
MB.MI	2	0,14 %
PIRC.MI	2	0,14 %
TIT.MI	2	0,14 %
FBK.MI	2	0,14 %
IG.MI	2	0,14 %
INDU-C.ST	2	0,14 %
CBTT-B.ST	2	0,14 %
ACTL.ST	2	0,14 %
PREV-B.ST	2	0,14 %
UBSG.SW	2	0,14 %
SIKA.SW	2	0,14 %
CSGN.SW	2	0,14

		%
4197.KL	2	0,14 %
7277.KL	2	0,14 %
1295.KL	2	0,14 %
TEF.MC	1	0,07 %
MRL.MC	1	0,07 %
IBE.MC	1	0,07 %
ACX.MC	1	0,07 %
AMS.MC	1	0,07 %
ALV.DE	1	0,07 %
AIR.PA	1	0,07 %
ORA.PA	1	0,07 %
G.MI	1	0,07 %
SU.PA	1	0,07 %
CSCO	1	0,07 %
GS	1	0,07 %
HD	1	0,07 %
MMM	1	0,07 %
UTX.VI	1	0,07 %
TRV	1	0,07 %
AXP	1	0,07 %
WMT	1	0,07 %
NKE	1	0,07 %
WBA	1	0,07 %
GOOG	1	0,07 %
SDR.L	1	0,07 %
BA.L	1	0,07 %
EXP.N.L	1	0,07 %
SMIN.L	1	0,07 %
RMV.L	1	0,07 %
SPX.L	1	0,07 %

TSCO.L	1	0,07 %
ALV.DE	1	0,07 %
DBI.DE	1	0,07 %
EOAN.DE	1	0,07 %
VNA.DE	1	0,07 %
CON.DE	1	0,07 %
MRK.DE	1	0,07 %
FEYE	1	0,07 %
NVEC	1	0,07 %
SDC	1	0,07 %
AIR.PA	1	0,07 %
ACA.PA	1	0,07 %
WLN.PA	1	0,07 %
SU.PA	1	0,07 %
0241.HK	1	0,07 %
1398.HK	1	0,07 %
0960.HK	1	0,07 %
BBDC4.SA	1	0,07 %
JBSS3.SA	1	0,07 %
ENBR3.SA	1	0,07 %
KLBN11.SA	1	0,07 %
AESGENER.SN	1	0,07 %
IAM.SN	1	0,07 %
FALABELLA.SN	1	0,07 %
ENELCHILE.SN	1	0,07 %
CMPC.SN	1	0,07 %
AGS.BR	1	0,07 %
ILD.PA	1	0,07 %
AIR.PA	1	0,07 %
RDSA.AS	1	0,07 %
CAI.VI	1	0,07

		%
SPI.VI	1	0,07 %
WWIB.OL	1	0,07 %
ZAL.OL	1	0,07 %
KIT.OL	1	0,07 %
AQUA.OL	1	0,07 %
GOD.OL	1	0,07 %
DNO.OL	1	0,07 %
TEN.MI	1	0,07 %
G.MI	1	0,07 %
IP.MI	1	0,07 %
EVO.ST	1	0,07 %
SLHN.SW	1	0,07 %
BAER.SW	1	0,07 %
KDSI.JK	1	0,07 %
5681.KL	1	0,07 %
NOVO-B.CO	1	0,07 %
ENG.MC	0	0,00 %
ACS.MC	0	0,00 %
IAG.MC	0	0,00 %
GRF.MC	0	0,00 %
CABK.MC	0	0,00 %
ELE.MC	0	0,00 %
NTGY.MC	0	0,00 %
ANA.MC	0	0,00 %
ITX.MC	0	0,00 %
CLNX.MC	0	0,00 %
COL.MC	0	0,00 %
MAP.MC	0	0,00 %
FDR.MC	0	0,00 %
VIS.MC	0	0,00 %

AENA.MC	0	0,00 %
SAN.MC	0	0,00 %
FER.MC	0	0,00 %
MEL.MC	0	0,00 %
BBVA.MC	0	0,00 %
MTS.MC	0	0,00 %
PHM.MC	0	0,00 %
SAB.MC	0	0,00 %
DBK.DE	0	0,00 %
ASML.AS	0	0,00 %
DTE.DE	0	0,00 %
SAN.PA	0	0,00 %
DPW.DE	0	0,00 %
ENEL.MI	0	0,00 %
BAYN.DE	0	0,00 %
SAF.PA	0	0,00 %
AAPL	0	0,00 %
UEEC	0	0,00 %
MSFT	0	0,00 %
CAT	0	0,00 %
IBM	0	0,00 %
JPM	0	0,00 %
CVX	0	0,00 %
XOM	0	0,00 %
DOW	0	0,00 %
AMZN	0	0,00 %
TSLA	0	0,00 %
NFLX	0	0,00 %
BA	0	0,00 %
ABF.L	0	0,00 %
CCH.L	0	0,00

		%
PSN.L	0	0,00 %
VOD.L	0	0,00 %
STJ.L	0	0,00 %
WTB.L	0	0,00 %
RTO.L	0	0,00 %
AUTO.L	0	0,00 %
BATS.L	0	0,00 %
AHT.L	0	0,00 %
CPG.L	0	0,00 %
RDSA.L	0	0,00 %
ENT.L	0	0,00 %
RDSB.L	0	0,00 %
ABDN.L	0	0,00 %
JET.L	0	0,00 %
PRU.L	0	0,00 %
MNG.L	0	0,00 %
RR.L	0	0,00 %
SSE.L	0	0,00 %
DAI.DE	0	0,00 %
DHER.DE	0	0,00 %
BAYN.DE	0	0,00 %
MTX.DE	0	0,00 %
DPW.DE	0	0,00 %
DBK.DE	0	0,00 %
RWE.DE	0	0,00 %
HEN3.DE	0	0,00 %
ADS.DE	0	0,00 %
DTE.DE	0	0,00 %
CVCO	0	0,00 %
NMRK	0	0,00 %

FNLC	0	0,00 %
BBQ	0	0,00 %
STRS	0	0,00 %
IFRX	0	0,00 %
AGLE	0	0,00 %
CMRX	0	0,00 %
BBI	0	0,00 %
SCOR	0	0,00 %
KLXE	0	0,00 %
SGO.PA	0	0,00 %
GLE.PA	0	0,00 %
SAN.PA	0	0,00 %
SW.PA	0	0,00 %
AC.PA	0	0,00 %
RI.PA	0	0,00 %
VIV.PA	0	0,00 %
1997.HK	0	0,00 %
0267.HK	0	0,00 %
0883.HK	0	0,00 %
2628.HK	0	0,00 %
0027.HK	0	0,00 %
2018.HK	0	0,00 %
1093.HK	0	0,00 %
0012.HK	0	0,00 %
1299.HK	0	0,00 %
2269.HK	0	0,00 %
0669.HK	0	0,00 %
1810.HK	0	0,00 %
1928.HK	0	0,00 %
CCRO3.SA	0	0,00 %
MULT3.SA	0	0,00

		%
BRML3.SA	0	0,00 %
LREN3.SA	0	0,00 %
UGPA3.SA	0	0,00 %
OIBR4.SA	0	0,00 %
LAME4.SA	0	0,00 %
BIMBOA.MX	0	0,00 %
ASURB.MX	0	0,00 %
TLEVISACPO.M X	0	0,00 %
LABB.MX	0	0,00 %
PINFRA.MX	0	0,00 %
OMAB.MX	0	0,00 %
GAPB.MX	0	0,00 %
AGUAS-A.SN	0	0,00 %
BSANTANDER.S N	0	0,00 %
ILC.SN	0	0,00 %
BCI.SN	0	0,00 %
CHILE.SN	0	0,00 %
LTM.SN	0	0,00 %
CONCHATORO. SN	0	0,00 %
COLBUN.SN	0	0,00 %
SALFACORP.SN	0	0,00 %
SAN.PA	0	0,00 %
SW.PA	0	0,00 %
GALP.LS	0	0,00 %
AC.PA	0	0,00 %
ASML.AS	0	0,00 %
SBO.VI	0	0,00 %
BG.VI	0	0,00 %
NOFI.OL	0	0,00 %
TGS.OL	0	0,00 %

GOGL.OL	0	0,00 %
EIOF.OL	0	0,00 %
HYARD.OL	0	0,00 %
HAVI.OL	0	0,00 %
DOF.OL	0	0,00 %
IDEX.OL	0	0,00 %
ENI.MI	0	0,00 %
BZU.MI	0	0,00 %
BPE.MI	0	0,00 %
SPM.MI	0	0,00 %
ATL.MI	0	0,00 %
PRIC-B.ST	0	0,00 %
ATVEXA-B.ST	0	0,00 %
BOL.ST	0	0,00 %
INFREA.ST	0	0,00 %
JSMR.JK	0	0,00 %
EXCL.JK	0	0,00 %
SPMA.JK	0	0,00 %
6888.KL	0	0,00 %
5285.KL	0	0,00 %

2445.KL	0	0,00 %
CHR.CO	0	0,00 %
COLO-B.CO	0	0,00 %
NZYM-B.CO	0	0,00 %
GMAB.CO	0	0,00 %
DANSKE.CO	0	0,00 %
DSV.CO	0	0,00 %
TRYG.CO	0	0,00 %
GN.CO	0	0,00 %
CARL-B.CO	0	0,00 %
MAERSK-A.CO	0	0,00 %
AMBU-B.CO	0	0,00 %
PNDORA.CO	0	0,00 %
MAERSK-B.CO	0	0,00 %
ISS.CO	0	0,00 %
ORSTED.CO	0	0,00 %
VWS.CO	0	0,00 %
DEMANT.CO	0	0,00 %
ROCK-B.CO	0	0,00 %
SIM.CO	0	0,00 %

