

# Trabajo Fin de Grado

Sistema de trading algorítmico en un Exchange  
Traded Fund: basado en una estrategia  
tendencial

Autor/es

Manuel Royo Villagrasa

Director/es

Laura Andreu Sánchez

Facultad de Economía y Empresa  
2020/2021



**Autor:** Manuel Royo Villagrasa.

**Director:** Laura Andreu Sánchez.

**Título:** Sistema de trading algorítmico en un Exchange Traded Fund: basado en una estrategia tendencial.

**Titulación:** Grado en Finanzas y Contabilidad (FICO)

**Resumen:** El objetivo principal del trabajo es la programación, optimización y validación de un sistema de trading algorítmico fundamentado en el análisis técnico e implementado en un fondo cotizado para un horizonte temporal de 14 años con velas japonesas cada 10 minutos. En primer lugar, se efectúa un prólogo a los fondos de inversión dentro de las instituciones de inversión colectiva y se hace hincapié en los fondos cotizados estudiando su historia, características, tipología, riesgos, principales ventajas e inconvenientes y situación actual en el mercado español. A continuación, se realiza un estudio teórico del trading algorítmico para luego llevar a cabo la programación de una estrategia en una plataforma de trading empezando por la escritura del código y la optimización de variables. Finalmente, y mediante diversos análisis se realiza una validación del sistema para implementarlo en un mercado con datos a tiempo real.

**Palabras clave:** Fondos de inversión. Fondos cotizados. Sistema de trading algorítmico. Estrategia tendencial. Análisis técnico. Optimización de variables.

**Abstract:** The main objective of the study is the programming, optimisation and validation of an algorithmic trading system based on technical analysis and implemented in an exchange-traded fund for a time horizon of 14 years with Japanese candlesticks every 10 minutes. First, a prologue to the investment funds within the collective investment institutions is made and emphasis is placed on the listed funds, studying their history, characteristics, typology, risks, main advantages and disadvantages and current situation in the Spanish market. Next, a theoretical study of algorithmic trading is carried out, followed by the programming of a strategy in a trading platform, starting with the writing of the code and the optimisation of the variables. Finally, and through various analyses, a validation of the system is carried out to implement it in a market with real-time data.

**Keywords:** Investment funds. Exchange-traded funds. Algorithmic trading system. Trend strategy. Technical analysis. Optimisation of variables.

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN A LOS FONDOS DE INVERSIÓN.....</b>   | <b>9</b>  |
| 1.1 Historia y concepto de los fondos de inversión.....   | 9         |
| 1.2 Tipos de fondos de inversión.....   | 10        |
| <b>2. EXCHANGE TRADED FUNDS (ETFs) O FONDOS COTIZADOS.....</b>                                  | <b>12</b> |
| 2.1 Introducción, concepto e historia de los ETFs. ....   | 12        |
| 2.2 Tipos de ETFs.....  | 14        |
| 2.3 Perfil del inversor en ETFs. ....   | 17        |
| 2.4 Riesgos asociados a la inversión en ETFs. ....  | 17        |
| 2.5 Ventajas e Inconvenientes de los ETFs. ....   | 18        |
| <b>3. EL TRADING ALGORÍTMICO. ....</b>  | <b>20</b> |
| 3.1 ¿Qué es el trading? ....  | 20        |
| 3.2 Cambio en el entorno.....   | 20        |
| 3.3 Concepto de trading algorítmico. ....   | 21        |
| 3.4 Ventajas y desventajas del trading algorítmico. ....  | 21        |
| <b>4. CONCEPTOS GENERALES PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA<br/>DE TRADING ALGORÍTMICO. ....</b> | <b>21</b> |
| 4.1 Objetivos.....  | 21        |
| 4.2 Mercados y activos interesantes. ....   | 22        |
| 4.3 Tipos de estrategias.....   | 22        |
| 4.4 Marco temporal y time frame.....  | 23        |
| 4.5 Elementos necesarios para desarrollar un sistema de trading algorítmico.<br>24              |           |
| 4.6 Entrar en el mercado.....   | 25        |
| 4.7 Salir del mercado. ....   | 26        |
| <b>5. DESARROLLO PRÁCTICO DEL SISTEMA. ....</b>   | <b>26</b> |

|   |                                |    |
|---|--------------------------------|----|
| <b>5.1</b>  | <b>Diseño del sistema.</b>     | 27 |
| 5.1.1   | Infraestructura.               | 27 |
| 5.1.2   | Razonamiento inicial.          | 27 |
| 5.1.3   | Programación de la estrategia. | 29 |
| <b>5.2</b>  | <b>Evaluación del sistema.</b> | 35 |
| 5.2.1   | Backtest                       | 35 |
| 5.2.2   | Curva de capital.              | 37 |
| 5.2.3   | Optimización del sistema.      | 38 |
| 5.2.4   | Filtros de mejora.             | 41 |
| <b>5.3</b>  | <b>Validación del sistema.</b> | 43 |
| 5.3.1   | Método Walk Forward.           | 43 |
| 5.3.2   | Simulación en tiempo real.     | 45 |
| <b>6.</b>   | <b>CONCLUSIONES.</b>           | 46 |
| <b>7.</b>   | <b>BIBLIOGRAFÍA.</b>           | 48 |
| <b>Anexo I. Clasificación de los fondos de inversión según su vocación inversora.</b> |                                | 51 |
| <b>Anexo II. Ventajas y desventajas de los fondos de inversión.</b>                   |                                | 52 |
| <b>Anexo III. Ventajas y desventajas del trading algorítmico.</b>                     |                                | 53 |
| <b>Anexo IV. Principales características del ETF utilizado para el sistema.</b>       |                                | 55 |
| <b>Anexo V. Algoritmo inicial del sistema de trading.</b>                             |                                | 56 |
| <b>Anexo VI. Tabla de traducción de comandos.</b>                                     |                                | 58 |
| <b>Anexo VII. Explicación de los ratios más importantes del Backtest.</b>             |                                | 59 |
| <b>Anexo VIII. Gráficos complementarios al Backtest.</b>                              |                                | 60 |
| <b>Anexo IX. Estadísticas y gráficos complementarios del sistema optimizado.</b>      |                                | 61 |
| <b>Anexo X. Estadísticas y gráficos complementarios del sistema validado.</b>         |                                | 64 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 1. Definición de indicadores en el código de programación. ....                              | 29 |
| Ilustración 2. Código de programación de una estrategia tendencial basados en medias móviles y ATR. .... | 31 |
| Ilustración 3. Código de programación de Bandas de Bollinger y RSI.....                                  | 32 |
| Ilustración 4. Visualización de los indicadores utilizados en la plataforma.....                         | 34 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS.

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1. Capital negociado por ETFs en el mundo desde 2003. ....                             | 12 |
| Gráfico 2. Evolución del efectivo negociado y del nº de operaciones en España desde 2006. .... | 13 |
| Gráfico 3. Tipos de ETFs respecto a la cantidad de activos negociados.....                     | 16 |
| Gráfico 4. Efectivo negociado en España por categoría de ETF en 2021. ....                     | 16 |
| Gráfico 5. Representación de una estrategia de volatilidad.....                                | 23 |
| Gráfico 6. Curva de capital referente al Backtest del sistema. ....                            | 38 |
| Gráfico 7. Mapa de calor de las variables optimizadas. ....                                    | 40 |
| Gráfico 8. Número de operaciones cerradas respecto a las horas de actividad del mercado. ....  | 41 |

## ÍNDICE DE TABLAS.

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Tipos impositivos aplicables a ETFs. ....   | 19 |
| Tabla 2. Pasos a seguir en el desarrollo del sistema. ....                                     | 26 |
| Tabla 3. Resumen de razonamiento inicial.....  | 29 |
| Tabla 4. Estadísticas de posiciones cerradas correspondiente al Backtest del sistema. .        | 36 |
| Tabla 5. Resumen de estadísticas más importantes tras la optimización. ....                    | 40 |
| Tabla 6. Resumen de estadísticas más importantes tras el sistema optimizado con Stop Loss..... | 42 |
| Tabla 7. Esquema del método Walk Forward. ....   | 44 |
| Tabla 8. Estadísticas del método Walk Forward en el sistema. ....                              | 45 |

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS DE LOS ANEXOS.**

|   |    |
|---|----|
| Gráfico Anexo 1. Composición del IBEX 35.....                           | 55 |
| Gráfico Anexo 2. Evolución y rentabilidades del índice y del ETF.....   | 55 |
| Gráfico Anexo 3. Gráfico Runup vs Drawdown del sistema. ....            | 60 |
| Gráfico Anexo 4. Curva de capital del sistema optimizado. ....          | 62 |
| Gráfico Anexo 5. Gráfico Runup vs Drawdown del sistema optimizado. .... | 62 |
| Gráfico Anexo 6. Curva de capital del sistema validado. ....            | 65 |
| Gráfico Anexo 7. Runup vs Drawdown del sistema validado.....            | 65 |

## **ÍNDICE DE TABLAS DE LOS ANEXOS.**

|  |    |
|--|----|
| Tabla Anexo 1. Clasificación de los fondos de inversión según su vocación inversora. | 51 |
| Tabla Anexo 2. Tabla de traducción de comandos.....                                  | 58 |
| Tabla Anexo 3. Tabla de explicación de los ratios más importantes del Backtest.....  | 59 |
| Tabla Anexo 4. Calendario de rendimiento del sistema. ....                           | 60 |
| Tabla Anexo 5. Backtest del sistema optimizado.....                                  | 61 |
| Tabla Anexo 6. Calendario de rendimiento del sistema optimizado.....                 | 63 |
| Tabla Anexo 7. Backtest del sistema validado. ....                                   | 64 |
| Tabla Anexo 8. Calendario de rendimiento del sistema validado. ....                  | 66 |

## **MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS.**

Las principales motivaciones a la hora de escoger este tema para la realización del trabajo han sido muy diversas. Se puede empezar hablando del interés de los ETFs como instrumento financiero por su enorme crecimiento en los últimos años, también por su parecido a las acciones aportando liquidez instantánea, posibilidad de valoración en cualquier momento y rentabilidad equivalente al índice al que replican aprovechando también todas las características de los fondos de inversión.

También hay que destacar el auge del trading algorítmico y las diversas plataformas que lo permiten en todo el mundo para inversores institucionales y particulares. En este caso, la motivación reflejada en el trabajo será aprender y entender el código de programación, como aplicarlo en la plataforma, el uso de diferentes herramientas para optimizar y probar distintas estrategias de trading y entender la estructura del comercio financiero actual con todos sus participantes como pueden ser la plataforma de trading, el bróker, la Comisión Nacional del mercado (CNMV), etc.

Otro punto de interés y motivación es la rentabilidad que ofrece la renta variable frente a la mínima retribución ofrecida por la renta fija. Se puede observar que la inversión en todo tipo de fondos y en concreto en ETFs está aumentando respecto a la negociación de instrumentos de renta fija. Además, este trabajo me permite aplicar diversos conocimientos aprendidos a lo largo del grado, desde conocimientos teóricos de historia económica pasando por cómo gestionar activos o carteras hasta una profunda aplicación de conocimientos sobre renta variable y mercados financieros.

Los objetivos del trabajo son los enumerados a continuación teniendo en cuenta el éxito de los nuevos sistemas de trading, la creciente información sobre plataformas de trading y brokers para todos los niveles de inversores y el ya formalizado éxito de los fondos cotizados:

- Informar y aprender sobre las características, tipos, ventajas y desventajas de los ETFs.
- Aprender a desarrollar estrategias de trading sencillas desde el uso de la plataforma, pasando por todos los tipos de indicadores hasta la correcta escritura y codificación del código que se ejecutará automáticamente.
- Evaluar y optimizar sistemas de trading a partir de distintos métodos.
- Validar y desarrollar el sistema con datos reales del mercado.



## **1. INTRODUCCIÓN A LOS FONDOS DE INVERSIÓN.**

### **1.1 Historia y concepto de los fondos de inversión.**

El nacimiento de las Instituciones de Inversión Colectiva tiene su origen en Países Bajos en 1774 cuando un adinerado comerciante pensó que la idea de la diversificación aumentaría el atractivo de la inversión para pequeños comerciantes ya que solo tendrían que aportar un pequeño capital, cada suscriptor recibía una lista con los productos que componían el fondo, la mayoría eran materias primas codiciadas en la época. Esta pequeña institución de inversión colectiva estaba financiada por el gobierno de Países Bajos y la Compañía Holandesa de las Indias Orientales. La idea principal era agrupar el capital para disminuir riesgos, a los inversores se les ofrecía un dividendo del 4% más bonos dependiendo de la evolución positiva o negativa con un horizonte temporal de 25 años donde se liquidaría el fondo (Santamaría & Calvo, 2015).

Para definir teóricamente los fondos de inversión antes se deben definir las instituciones de inversión colectiva tal y como lo hace la Ley 35/2003, de 4 de noviembre, Instituciones de Inversión Colectiva. Son Instituciones de Inversión Colectiva aquellas que tienen por objeto la captación de fondos, bienes o derechos del público para gestionarlos e invertirlos en bienes, derechos, valores u otros instrumentos financieros o no. Siempre que el rendimiento del inversor se establezca en función de los resultados colectivos.

Los fondos de inversión son patrimonios colectivos amplios sin personalidad jurídica, que emiten participaciones distribuidas entre muchos inversores, llamados partícipes. Este patrimonio es gestionado por una sociedad gestora, de acuerdo con unos principios y políticas de inversión establecidas en el reglamento del fondo y se materializa, mayoritariamente, en activos financieros que se encuentran custodiados en las llamadas entidades depositarias. En definitiva, el fondo persigue obtener la máxima rentabilidad de acuerdo con su vocación inversora para el partícipe, compensando los riesgos mediante una adecuada composición de la cartera (García-Vaquero, 1992).

Por tanto, en los fondos de inversión hay dos entidades que desempeñan un gran papel en su funcionamiento. La primera es la sociedad gestora, con denominación “Sociedad Gestora de Instituciones de Inversión Colectiva” (SGIIC). Sus principales funciones son:

- La gestión de los recursos, la entidad puede cobrar comisiones de gestión por este servicio.
- Establecer el reglamento del fondo, indicando el tipo de instrumentos en los que se va a invertir el patrimonio como, por ejemplo, renta fija, variable o una combinación de ambos.
- Determinar el valor liquidativo diario de las participaciones y el reembolso de estas al partícipe. La sociedad gestora puede cobrar comisiones de suscripción y reembolso.

El valor liquidativo de un fondo de inversión es el precio unitario de cada participación en el fondo en un momento determinado. Dicho valor es el resultado de dividir el patrimonio del fondo entre el número de participaciones en circulación. Se trata de un concepto dinámico, puesto que la sociedad gestora debe calcularlo diariamente en función de los precios de mercado de los activos que componen la cartera del fondo (BBVA, 2021).

La segunda entidad es la depositaria, su función es la custodia de los valores que constituyen la cartera del fondo y realiza los cobros y pagos del fondo. Por tanto, la tesorería del fondo está vinculada a esta entidad. Por este servicio la entidad puede cobrar una comisión de depósito que se devenga diariamente como un gasto y se calcula con el valor nominal del patrimonio custodiado.

## **1.2 Tipos de fondos de inversión.**

En la actualidad, existen diversos tipos de Fondos de Inversión por lo tanto existen diferentes maneras de clasificar a los mismos. En este caso se van a presentar dos formas de clasificarlos:

- De acuerdo con la naturaleza de los activos: se encuentran los fondos de inversión mobiliaria que invierten en activos financieros y los fondos de inversión inmobiliaria cuya finalidad es invertir en inmuebles y explotarlos de la manera que consideren según el *Real Decreto 1082/2012, de 13 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 35/2003, de 4 de noviembre, de instituciones de inversión colectiva* (2003).
- Según su vocación de inversión: es el que resulta más interesante para los inversores particulares. Se define en el folleto de cada fondo, ya que conocer la política de inversión permite que el inversor elija el fondo que mejor se adapte a

sus posibilidades, situación económica y perfil de riesgo. En el Anexo I se muestran las diferentes vocaciones inversoras de los distintos fondos de inversión en España de acuerdo a la *Circular 1/2009, de 4 de febrero, de la Comisión Nacional del Mercado de Valores, sobre las categorías de instituciones de inversión colectiva en función de su vocación inversora*.

Además de los fondos que se describen en el Anexo I, existen más tipos de fondos no catalogados por la CNMV dependiendo de la vocación inversora. Son productos financieros más innovadores que los descritos anteriormente y por este motivo no están reflejados en el anexo. Se describen a continuación los más importantes:

- Fondos cotizados o Exchange Traded Funds: son un tipo de fondo de inversión cuya gestión es pasiva. Su forma de invertir consiste en reproducir la composición de un índice de renta fija, materias primas, renta variable o divisas. La característica de estos fondos de inversión frente al resto es el hecho de que sus participaciones se negocian en el mercado de valores igual que las acciones. En realidad, son una mezcla entre los fondos de inversión y las acciones ya que contiene características de ambos productos financieros (Agudo et al., 2007).
- Fondos de inversión libre o Hedge Fund: Son fondos de inversión alternativa o de alto riesgo que no tienen restricción en cuanto a los activos a escoger. El gestor tiene total libertad y lo que se hace en estos fondos es desligarse del índice mediante técnicas de apalancamiento e inversión en el mercado de derivados. En estos fondos la influencia del gestor es máxima, de su capacidad de selección y sincronización dependerá la obtención de rentabilidades positivas (Prado & Illera, 2004).
- Fondos de Fondos: es un fondo de inversión que no invierte directamente en activos financieros, sino que compra participaciones en otros fondos de inversión. Además, para que sea considerado como un fondo de fondos dicha inversión en otros fondos debe superar el 50% del capital del que dispone. También se exige por ley que debe invertir como mínimo en dos fondos, y nunca exceder el 45% del capital en ninguno de ellos (elEconomista.es, 2017).

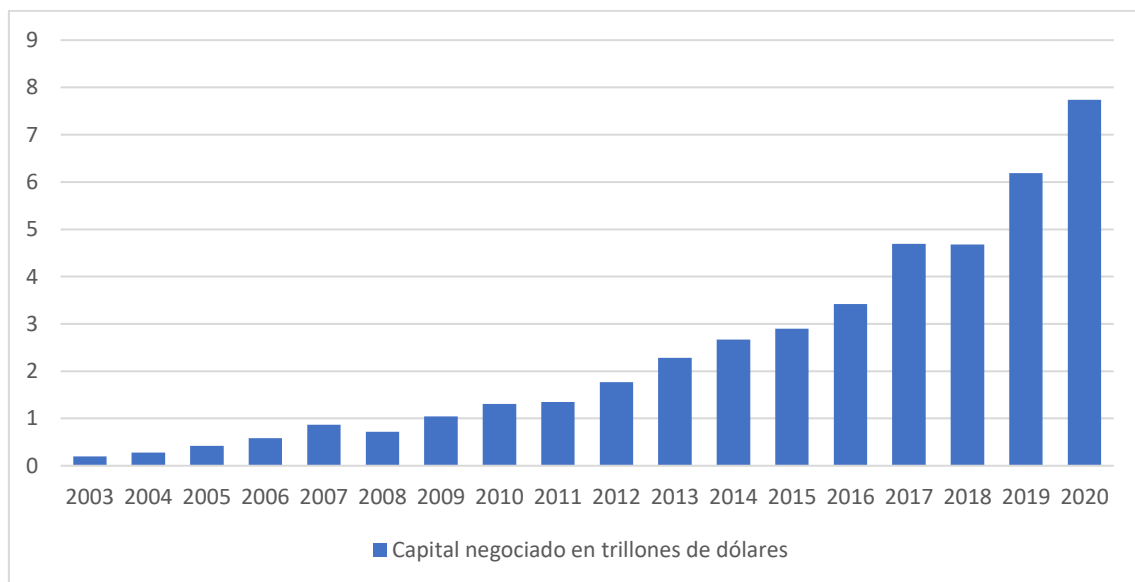
Para ampliar este capítulo sobre los fondos de inversión, en el Anexo II se incide sobre sus ventajas sobre otros instrumentos financieros.

## 2. EXCHANGE TRADED FUNDS (ETFs) O FONDOS COTIZADOS.

### 2.1 Introducción, concepto e historia de los ETFs.

Para poder entender de mejor forma el sistema que se va a utilizar y su preciso funcionamiento primero se debe conocer el mercado de los ETFs. Este tipo de producto financiero es muy utilizado en Estados Unidos desde hace décadas. En cambio, su popularidad en Europa es reciente pero sí que se ha duplicado su contratación en los últimos años. Esto se debe en parte a la creciente inversión individual gracias a las nuevas tecnologías. Concretamente, el Gráfico 1 muestra el incremento de dinero invertido en fondos cotizados desde 2003, se puede observar un aumento exponencial en los últimos años debido al acercamiento de este producto al inversor individual.

*Gráfico 1. Capital negociado por ETFs en el mundo desde 2003.*



Fuente: Elaboración propia según datos de Morgan Stanley.

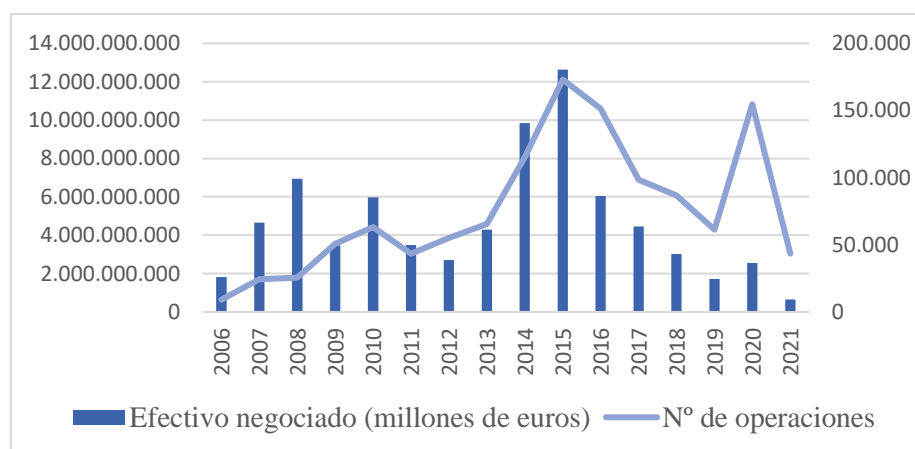
Los ETFs o fondos cotizados son productos financieros híbridos entre los fondos y las acciones de tal forma que son instrumentos diversificados como un fondo de inversión corriente y con la flexibilidad de poder hacer operaciones de trading como en una acción normal. Por tanto, los fondos cotizados se negocian y liquidan de la misma forma que las acciones a diferencia de los fondos tradicionales que se reembolsan a su valor liquidativo ya descrito anteriormente. Entre sus principales características se destaca que son fondos indexados por tanto su política de inversión consiste en replicar el comportamiento de un índice de referencia, representa al índice con fiabilidad ya que están diversificados implícitamente por todos los valores del índice, se contratan en un

mercado organizado y tienen una cotización igual que las acciones, no como los fondos tradicionales que únicamente tienen un valor liquidativo diario.

El primer fondo cotizado irrumpía en el parqué de Nueva York en enero de 1993 y estaba gestionado por State Street Global Advisors. Este hecho fue una significativa innovación en los mercados financieros marcando un antes y un después. En 1996, Barclays entró en el negocio y en 2002 existían más de cien emisores de fondos cotizados en Estados Unidos. Según Brull (2007) hoy en día los ETFs representan más del 17% de la capitalización de todo el mercado bursátil en Estados Unidos, esta intrusión de los ETFs en el mercado es una forma clara de ver que los inversores están prefiriendo una inversión pasiva. En Europa los fondos gestionados pasivamente superaron a los fondos activos en 2020, los fondos pasivos crecieron un 8,5% frente a un crecimiento del 3,31% para los fondos de gestión activa. Sin embargo, en enero de 2021 las entradas netas para fondos gestionados activamente fueron por valor de 69.850 millones de euros frente a 19.600 millones de euros para la gestión pasiva (Masarwah, 2020).

En España, BBVA fue el primero que empezó a ofrecer este producto a partir de 2006 con el ETF llamado “ACCIÓN ETF IBEX 35” que concretamente será objeto de este estudio. En el siguiente gráfico se puede ver la evolución del efectivo negociado y el número de operaciones en ETFs en España desde 2006. A partir del 2011, tras pasar la crisis financiera se produce un incremento casi exponencial de compra de este producto, aunque a partir del 2015 se origina una severa disminución, según Bolsas y Mercados Españoles (BME) se achaca a la fiscalidad que se les aplica.

*Gráfico 2. Evolución del efectivo negociado y del nº de operaciones en España desde 2006.*



Fuente: Elaboración propia según datos de Bolsas y Mercados Españoles (BME).

En 2018 entró en vigor la normativa MIFID II que conforma el nuevo marco de aplicación referente a los mercados de instrumentos financieros en la Unión Europea. MIFID II tiene como objetivo asemejar la actual regulación europea sobre mercados financieros mejorando la transparencia y supervisión de mercados, acciones e instrumentos complejos. También se busca reforzar la protección del inversor y adaptarse al desarrollo tecnológico (*Real Decreto-ley 14/2018, de 28 de septiembre, por el que se modifica el texto refundido de la Ley del Mercado de Valores, aprobado por el Real Decreto Legislativo 4/2015, de 23 de octubre.*, 2018)

Por tanto, a partir del 1 de enero de 2018 se comunicó a las gestoras, bancos y brokers que no podían vender ETF sin la terminología UCITS y tampoco ningún ETF americano. Las siglas UCITS (Collective Investment in Transferable Securities) corresponden a una directiva europea que quiere que todos los productos que lleguen a un inversor particular cumplan los mismos requisitos. Por tanto y según MIFID II, no cumplir estos requisitos implica no poder comercializar este producto a minoristas. Respecto a los ETF americanos, el problema es que no poseen un KID (Key Information Document) en el idioma del cliente, entonces para que un fondo cotizado pueda comercializarse en cualquier país europeo, la gestora debe crear el KID en el idioma de cada país para informar de los datos del producto al pequeño inversor.

Esta normativa no es realmente preocupante para los inversores españoles que quieren invertir en fondos cotizados ya que en España existen algunos con grandes capitalizaciones como los gestionados por BBVA indexados al IBEX35 con y sin apalancamiento o replicando al índice europeo EUROSTOXX 50. También se puede hablar de otros existentes como los ofertados por la gestora Lyxor que replican a los índices Standar & Poor's (S&P), IBEX 35 o EUROSTOXX 50. Según los datos de BME, en 2021 Lyxor está teniendo una contratación de aproximadamente 600 millones de euros mientras que BBVA solo llega a los 50 millones de euros.

## **2.2 Tipos de ETFs.**

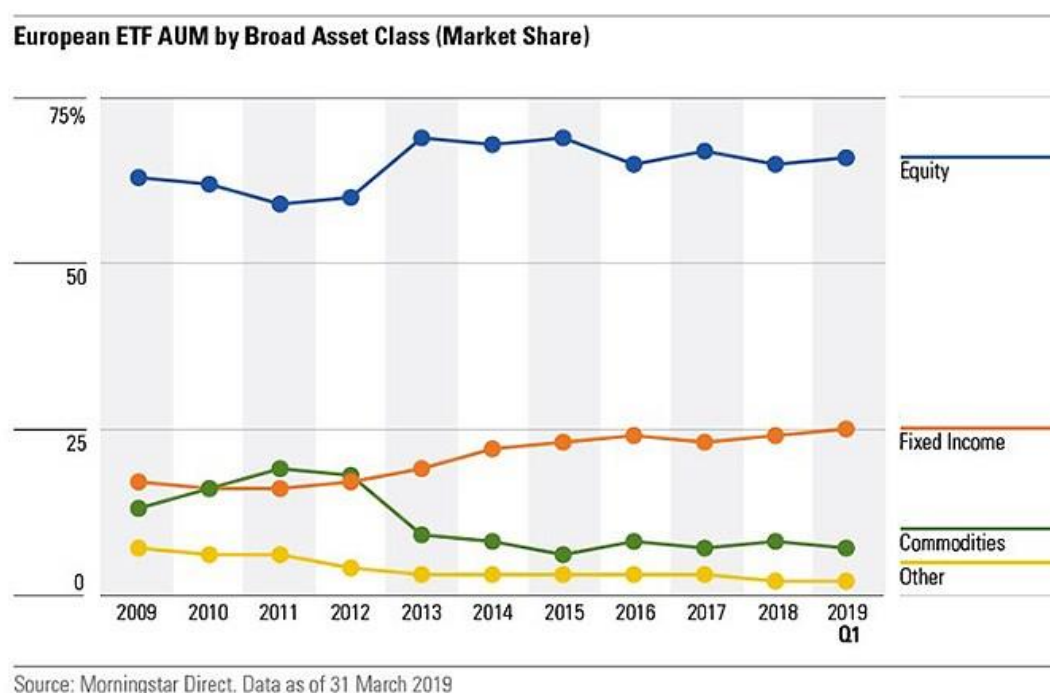
En la actualidad existen numerosos tipos de ETFs, normalmente se diferencian por el tipo de índice al que replican. Se enumeran los más importantes y comunes según la guía de Inversis:

- ETFs sobre índices de renta fija: replican índices de instrumentos financieros de deuda como obligaciones o bonos, pueden ser de naturaleza privada o pública.

- ETFs sobre índices de renta variable: replican índices de cestas de acciones de las principales bolsas como el IBEX-35, S&P 500, FTSE 100, Dow Jones Industrial Average, CAC 40, etc. Diferentes sociedades gestoras pueden vincular su ETF al mismo índice, esto ocurre en el caso del IBEX-35 ya que tanto Lyxor como BBVA poseen fondos cotizados de este índice.
- ETFs sobre índices regionales: son índices de renta fija o variable que representan regiones dentro de los continentes como puede ser el EUROSTOXX 50.
- ETFs sobre índices mundiales: se refiere a fondos cotizados de renta fija o variable que contienen valores de diferentes países del mundo como por ejemplo el S&P GLOBAL 100.
- ETFs sobre índices según su capitalización: este tipo de índices hace referencia a los mercados bursátiles separando por el nivel de capitalización empresarial. Por ejemplo, en España el IBEX se puede diferenciar en IBEX Small Cap, IBEX Medium Cap e IBEX 35
- ETFs sectoriales: se indexan a índices de diferentes sectores empresariales como pueden ser índices del sector farmacéutico, bancario, de alimentación o construcción.
- ETFs inversos: cotizan en sentido contrario al índice que replican, si el inversor posee una operativa a largo en este tipo de fondo y el índice tiene una tendencia bajista, el inversor tendrá una rentabilidad positiva pero también puede ocurrir lo contrario.
- ETFs apalancados: se indexan al índice con apalancamiento, esto quiere decir que las pérdidas o ganancias se incrementan según el grado de apalancamiento que tenga el fondo cotizado. Por ejemplo, el ETF Lyxor IBEX 35 Doble Apalancado Diario UCITS (IBEXA) como su propio nombre indica tiene un doble apalancamiento diario. Por tanto, la rentabilidad positiva o negativa del índice será duplicada en el ETF.
- ETFs apalancados inversos: estos fondos combinan los dos descritos anteriormente por tanto se trata de ETFs con un elevado nivel de riesgo.

El Gráfico 3 muestra la cantidad de patrimonio gestionado en los diferentes tipos de ETFs en el mercado europeo durante el periodo 2009-2019. Como se puede observar, los fondos cotizados de renta variable representaron dos tercios del total al final del trimestre de 2019. También se puede observar que los ETFs de renta fija han experimentado un crecimiento desde 2012. Sin embargo, las materias primas han experimentado un descenso de casi un 25%.

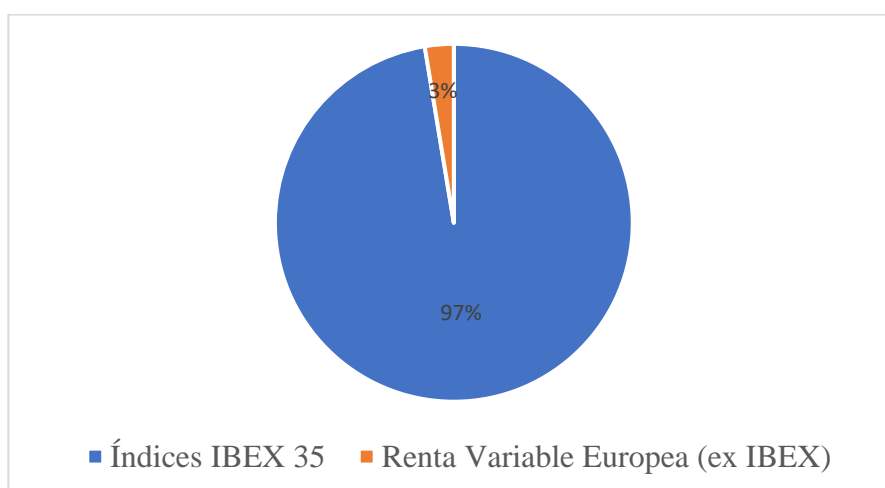
Gráfico 3. Tipos de ETFs respecto a la cantidad de activos negociados.



Fuente: Morningstar.

El efectivo negociado en España se puede observar en el gráfico 4. En el año 2021 se puede ver que únicamente se han negociado las categorías de renta variable europea y el índice del IBEX 35 ya que actualmente los ETFs disponibles por las gestoras en España son muy limitados.

Gráfico 4. Efectivo negociado en España por categoría de ETF en 2021.



Fuente: Elaboración propia según datos de Bolsas y Mercados Españoles (BME).



### **2.3 Perfil del inversor en ETFs.**

En primera instancia, la inversión en ETFs está enfocada a inversores con un perfil poco averso al riesgo, con buenos conocimientos financieros y capaces de asumir riesgos por los cambios de las cotizaciones en los mercados financieros. Mirándolo de otro modo se puede decir que al ser fondos indexados a índices el riesgo es inferior a la compra de acciones individuales porque los índices representan una cartera de valores más diversificada. Además, estos instrumentos financieros van dirigidos a inversores que han decidido escoger una gestión pasiva, como se ha dicho antes son productos que replican al índice, por tanto, las variaciones en la cartera del fondo dependerán de las variaciones de todos los valores que compongan el índice, de tal forma que el fondo de inversión cotizado proporcionará la misma rentabilidad del mercado objeto de referencia.

Desde otro punto de vista y más enfocado al objetivo de este trabajo, los ETFs permiten también una gestión activa. Se trata de posicionarse activamente en los diferentes fondos cotizados sin el objetivo de replicar índices bursátiles. Fijándose en las expectativas de los mercados financieros con el objetivo de maximizar la rentabilidad. Las técnicas utilizadas en la gestión activa son el análisis técnico y fundamental. Respecto al análisis técnico utilizado en el trading algorítmico se puede adoptar una gestión activa con un ETF comprando y vendiendo intradiariamente, semanalmente, etc.

Se puede concluir que, aunque una de las principales características de los fondos cotizados sea replicar el índice como gestión pasiva también se permite realizar una gestión activa con el objetivo de intentar maximizar la rentabilidad como si fuera una acción, pero con la relativa tranquilidad de que se está realizando una gestión activa en un producto más diversificado. Por todo esto, se puede afirmar que el perfil del inversor en fondos cotizados es un perfil poco averso al riesgo que quiere mejorar las rentabilidades proporcionadas por los índices y está de acuerdo en exponerse a todos los riesgos correspondientes a los activos cotizados.

### **2.4 Riesgos asociados a la inversión en ETFs.**

Como se ha descrito anteriormente en el apartado del perfil de riesgo del inversor, este tipo de producto va dirigido a inversores con poca aversión al riesgo. Los peligros de la inversión en ETFs son idénticos a los que surgen de la inversión en mercados de acciones, divisas, materias primas, etc. A continuación, se describen los riesgos más importantes que pueden estar asociados a este producto financiero.

- Riesgo específico del título: depende de la gestión que haga la empresa emisora y de las características del título, como puede ser su volatilidad, solvencia o endeudamiento.
- Riesgo de mercado: depende de los diversos factores que influyen en las cotizaciones de los precios, como pueden ser los resultados económicos a todos niveles, los sucesos geopolíticos o incluso una pandemia.
- El riesgo del tipo de cambio: hace referencia a las fluctuaciones de las divisas en la cartera.
- El riesgo de liquidez: se entiende como la probabilidad que tiene el fondo de incumplir los plazos pactados con sus inversores a corto plazo. También puede referirse a la posibilidad de presentar pérdidas por la liquidación de los activos a un importe inferior. Por ejemplo, si sus accionistas piden retirar sus fondos puntualmente.
- Riesgo operacional: este riesgo implica las pérdidas por errores humanos, tecnológicos o en sistemas de información.
- Riesgo de variación de los tipos de interés: este riesgo corresponde a los fondos cotizados de renta fija, se trata de una variación en los tipos de interés que conllevara que las nuevas emisiones de activos de renta fija varíen y con ello también la renta fija cotizada en mercados secundarios. La variación de los activos cotizados puede ser positiva o negativa, siempre inversa a la variación de los tipos de interés.
- Riesgo del emisor: también corresponde a los activos de renta fija, se refiere al riesgo que existe de que el emisor de la deuda no haga frente a sus pagos. También se puede definir en el ámbito del riesgo de insolvencia ya que si el emisor es un país, no ofrece la misma solvencia un país desarrollado como puede ser Estados Unidos que un país emergente como puede ser Brasil.

## **2.5 Ventajas e Inconvenientes de los ETFs.**

La apuesta por los fondos cotizados tiene muchas ventajas frente a los fondos de inversión tradicionales. A continuación, se enumeran las más importantes:

- Rentabilidad superior a instrumentos de gestión activa: permite tener rentabilidades iguales a las de las acciones con una gestión pasiva.
- Mínimo riesgo: al estar indexado a un índice se produce una diversificación que minimiza el riesgo frente a operar con títulos por separado.

- **Liquidez:** Se pueden vender o comprar en cualquier momento de la jornada mientras que esto no es posible en los fondos no cotizados.
- **Valoración instantánea:** Este tipo de productos tienen una valoración en tiempo real gracias a estar cotizando en el mercado continuo y no como los fondos tradicionales que se negocian por su valor liquidativo.
- **Costes reducidos:** Aunque son fondos de inversión no tienen comisión de suscripción ni de reembolso, solo hacen frente a los corretajes y cánones de la bolsa.
- **Diversificación:** la inversión en ETFs proporciona directamente la adquisición de una cartera de valores diversificada automáticamente.
- **Gestión pasiva y activa:** es una de las grandes ventajas de este producto ya que permite a los inversores realizar una gestión pasiva y obtener la rentabilidad del mercado o también la opción de realizar una gestión activa con operaciones de trading a cualquier plazo como si fuera una acción.

Como todo producto financiero también tienen inconvenientes, descritos a continuación:

- **Tributación:** Las ganancias vinculadas con ETFs en el mercado español se integran en la renta del ahorro, en la tabla se esquematiza los tipos tributarios. La gran diferencia con los fondos tradicionales es que las ganancias patrimoniales de los fondos cotizados en España no están sujetas a retención y el traspaso si tributa. Sin embargo, el impuesto sometido a ETFs europeos no cotizados en la bolsa española será como en los fondos tradicionales.

*Tabla 1. Tipos impositivos aplicables a ETFs.*

| Tipos impositivos aplicables |                |
|------------------------------|----------------|
| Cuantía                      | Tipo aplicable |
| De 0 a 6.000€                | 19%            |
| de 6.000€ hasta 50.000€      | 21%            |
| Desde 50.000€                | 23%            |

Fuente: Elaboración propia según datos de Bolsas y Mercados Españoles (BME).

- **Comisiones:** Para realizar la compra y venta de este producto es necesario pagar comisiones al bróker como en las acciones cotidianas, mientras que esto no ocurre en los fondos tradicionales.

### **3. EL TRADING ALGORÍTMICO.**

#### **3.1 ¿Qué es el trading?**

Es un tipo de operativa bursátil que consiste en la compra-venta de activos cotizados normalmente muy líquidos como acciones, futuros, divisas o materias primas con el objetivo de generar un beneficio económico con la operación. Estas operaciones se basan en comprar un activo para después venderlo a un precio superior o vender un activo para después comprarlo a un precio más bajo. Existen diferentes estilos de trading definidos por el tiempo que se mantiene una operación abierta, se pueden destacar:

- Day Trading: Las operaciones se abren y cierran el mismo día.
- Scalping: Es un tipo de Day Trading que opera en periodos de tiempo muy cortos con operaciones que pueden durar segundos, se buscan ganancias reducidas.
- Swing Trading: Este tipo de trading se utiliza en horizontes de medio o largo plazo, las posiciones están abiertas más de un día hasta semanas.
- Trading tendencial: consiste en abrir una posición a favor de la tendencia y mantenerla abierta sin límite temporal hasta que cambie la tendencia.

#### **3.2 Cambio en el entorno.**

Los mercados financieros de todo el mundo han experimentado grandes cambios en la estructura de compra-venta de cualquier producto a lo largo de su vida. Desde la contratación de viva voz que fue el sistema tradicional de la bolsa que consistía en un intercambio de ofertas y demandas de valores ofrecidas en corro por los corredores de bolsa, el cambio de cotización se realizaba mediante tablillas cuando se generaba un acuerdo o respecto a la oferta y demanda en ese momento. La implantación de los sistemas de contratación informáticos en 1989 en las bolsas españolas hizo que en gran medida se dejaran de realizar los corros y la contratación se realizara por medio de una red de ordenadores donde se introducen las órdenes de compra-venta y por confrontación informática surgen las cotizaciones. En conclusión a este apartado, se puede afirmar que la creación de los sistemas informáticos como el mercado continuo y el Sistema de Interconexión Bursátil Español (SIBE) fueron el primer preludio a los sistemas de trading automático y algorítmico descritos a continuación.

### **3.3 Concepto de trading algorítmico.**

El trading algorítmico que empezó a principios del S. XXI, representa la ejecución automatizada de todo tipo de instrumentos financieros a través de algoritmos matemáticos pensados y programados para entrar y salir del mercado cuando el usuario desee. Esto ofrece a los inversores ejecuciones más eficientes y menores costes de transacción por lo que también mejorará el rendimiento de las carteras. En 2005 este tipo de trading ya representaba el 25% del volumen total, en 2012 el 85% de las transacciones totales y a día de hoy representa más del 85% de las operaciones bursátiles en Estados Unidos y el 40% en Europa y Japón (Kissell, 2013). En parte, esto se debe a la capacidad de los ordenadores para procesar grandes volúmenes de información, la comodidad de operaciones que pueden realizar los usuarios desde su casa o la capacidad de cambiar parámetros algorítmicos por el siempre entorno cambiante del mercado.

### **3.4 Ventajas y desventajas del trading algorítmico.**

Existe un continuo debate entre los traders tradicionales que toman decisiones basándose en sus conocimientos financieros pero también en sus emociones y los usuarios que usan sistemas automáticos como es el trading algorítmico únicamente basado en sus habilidades financieras. Lo que es cierto es que los sistemas digitales van un paso por delante de los tradicionales. En el Anexo III se relatan las ventajas y desventajas del trading algorítmico.

## **4. CONCEPTOS GENERALES PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TRADING ALGORÍTMICO.**

### **4.1 Objetivos.**

Una vez que se ha definido el significado de trading algorítmico se va a desarrollar la estrategia de compra y venta de activos de manera disciplinada pero primero hay una serie de aspectos que hay que tener en cuenta. Hay que establecer unos objetivos reales con un horizonte temporal definido. También hay que estudiar el tipo de sistema a escoger, el activo o cuándo y cómo entrar y salir del mercado.

A continuación, se procede a explicar y desarrollar cada paso teóricamente para aplicarlo al sistema. Es importante establecer unos objetivos realistas, alcanzables y específicos. No se puede pensar en obtener un sistema con un rendimiento anual del 200% o en el que nunca se tengan pérdidas, es un punto importante en la estimación de los

objetivos porque ayudará al inversor a no desesperarse si no consigue las metas. La especificidad del objetivo se define por el fin que quiere conseguir el inversor, debe tener claro que no puede tener objetivos irreales como ganar diariamente o no tener ninguna pérdida ya que esto le conducirá a malos sistemas. También es muy importante determinar el perfil de aversión al riesgo ya que éste y los beneficios están muy relacionados. “Se define la aversión al riesgo como la actitud de un inversor ante la probabilidad de tener pérdidas en sus instrumentos financieros” Gómez Martínez, (2013). Dependiendo del grado de aversión al riesgo del inversor se podría cuantificar el porcentaje de inversión en cada operación de la siguiente forma:

- Perfil muy averso al riesgo operará con un 1% del total de la cartera en cada operación
- Perfil averso al riesgo invertirá en torno a un 3% del total de la cartera en cada operación
- Perfil neutro al riesgo invertirá en torno a un 6% del total de la cartera en cada operación
- Perfil propenso al riesgo operará con un 10% del total de la cartera en cada operación

#### **4.2 Mercados y activos interesantes.**

El mercado de fondos de inversión es muy extenso, existiendo diversos tipos de fondos. Como se ha visto anteriormente se va a optar por ETFs ya que son fondos que cotizan como acciones y teóricamente son más atractivos para realizar operaciones de trading por su continua valoración bursátil. También existen multitud de fondos cotizados sobre renta variable, índices, materias primas, renta fija, sectoriales, etc.

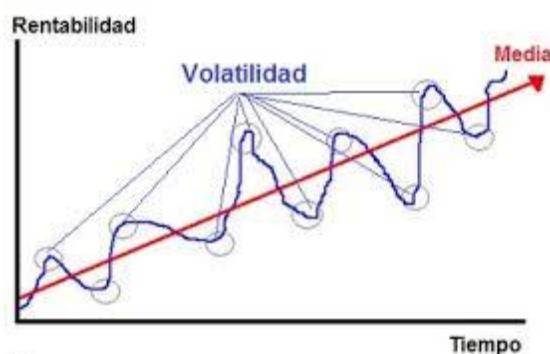
#### **4.3 Tipos de estrategias.**

Es importante entender cada estrategia para poder escoger uno y establecer sus características. Generalmente se habla de tres tipos de estrategias según Chen (2014):

- Trend Strategy (Estrategias de tendencia): Se basan en la proposición de que los precios siguen una tendencia alcista o bajista durante un largo periodo de tiempo, de forma que el inversor tiene que reconocer la tendencia y aplicar un sistema con la apertura de posiciones a favor de la tendencia. Los ejemplos más claros de esta estrategia son los sistemas de medias móviles o los de ruptura de canal.

- Mean Reversion Strategy (Estrategia de reversión a la media): Se basan en la premisa de que los precios tienden a moverse al alza o a la baja dentro de un nivel de equilibrio de forma que cuando los precios varían demasiado con respecto al nivel de equilibrio se toman posiciones que benefician en el momento que el precio vuelva a niveles de equilibrio con lo cual habrá reversión a la media.
- Volatility Break Out (Estrategia de volatilidad): Se caracterizan por operar frente a altas volatilidades en las cotizaciones para beneficiarse de los cambios violentos del mercado sin importar la dirección de éste. En el Gráfico 5 se puede ver que en un título así se utilizaría una estrategia de volatilidad ya que las cotizaciones están muy dispersas de la media.

*Gráfico 5. Representación de una estrategia de volatilidad.*



Fuente: tecnicasdetrading.com.

#### **4.4 Marco temporal y time frame.**

El marco temporal y el time frame son conceptos asociados. Los activos y sus oscilaciones en precios se pueden medir en distintos gráficos anuales, mensuales, diarios o incluso al minuto. Por tanto, el periodo de tiempo total elegido para el análisis será el marco temporal. Es de vital importancia elegir de manera correcta el marco temporal porque una estrategia similar en diferentes marcos puede llegar a distintos desenlaces.

Respecto al time frame, hace reseña a la creación de cada una de las velas. Por ejemplo, si el time frame es de un minuto se formará una vela cada minuto en el gráfico. De forma general los time frame más bajos corresponden al trading de alta frecuencia o a las operaciones intradía, mientras que velas con más margen de tiempo se usan para sistemas más largos con posiciones abiertas durante semanas o meses.

#### **4.5 Elementos necesarios para desarrollar un sistema de trading algorítmico.**

Se deberá disponer de unos elementos y una infraestructura necesaria para que el sistema funcione, se destacan los siguientes elementos:

- **Hardware:** Es de vital necesidad disponer de un ordenador con conexión a internet de alta velocidad para estar siempre actualizados en el mercado.
- **Software:** Se refiere a todos los programas necesarios y la red interna de comunicación entre ellos para desarrollar el sistema. Para la estrategia se necesitará una plataforma de trading, un bróker y datos históricos.
- **Plataforma de trading:** Es un software que permite realizar operaciones en tiempo real. Este tipo de plataformas son importantes en el día a día del inversor porque proporcionan datos reales del mercado, permiten abrir y cerrar posiciones, ver noticias de última hora o realizar análisis técnico en base a múltiples indicadores o herramientas gráficas. Para la estrategia servirán ProRealTime, Visualchart, TraderWorkStation, NinjaTrader... En este caso se va a utilizar la plataforma de ProRealTime por poder realizar análisis técnico, usar todos los datos históricos del título y crear el algoritmo gratuitamente. Además, su uso es muy intuitivo, también posee una cuenta demo para lanzar el sistema al mercado con cotizaciones reales y conecta automáticamente con el bróker.
- **Bróker:** Se trata de una entidad financiera o una empresa que realiza operaciones de compra y venta para sus clientes. Por tanto, actúa como intermediario ejecutando órdenes y por contrapartida recibe comisiones. Escoger el bróker será importante ya que se cobran distintos tipos de comisiones por operación, apertura, cierre y mantenimiento. Todavía más importante es elegir un trader que este regulado en Estados Unidos o en Europa y no en un paraíso fiscal ya que puede ser una estafa, para esta elección hay que fijarse en el número de registro, tipo de dominio web y sobre todo en las notas de riesgo ya que todos los intermediarios regulados mantienen visibles las notas en las que indica el riesgo de distintos productos financieros en base a las normativas. Los brokers más importantes nivel mundial son Visualchart, InteractiveBrokers o Tradestation. Como se puede ver algunos brokers también poseen plataformas de trading para una mejor experiencia de los usuarios. En este caso la plataforma de trading elegida para realizar la estrategia conecta automáticamente con el bróker que va a ser



SaxoBank porque comparándolo con otros brokers disponibles es el que menos comisiones va a cobrar.

- Datos históricos: Son sucesiones de precios de las cotizaciones de un activo en el pasado, “disponer de una base de datos de grandes dimensiones es muy importante para mejorar el rendimiento y rentabilidad del sistema” (Davey, 2014).
- Lenguaje de programación: Es una sucesión de instrucciones, órdenes y datos que se dan de un programador a un software con la función de crear algoritmos con comportamiento para ser ejecutado en un equipo informático. Se pueden destacar distintos lenguajes que están al alcance de usuarios principiantes como puede ser Matlab, R o Python. En la plataforma de ProRealTime se va a realizar el lenguaje de programación con R ya que es un lenguaje sencillo e intuitivo para principiantes.

#### **4.6 Entrar en el mercado.**

Es muy importante saber cuándo entrar al mercado habiendo estudiado e intentando predecir lo que puede ocurrir dependiendo de cuando se entre. En el trading algorítmico hay que crear una orden en idioma de programación para entrar al mercado, es importante que la orden sea sencilla y no tenga muchos condicionantes para que el programa la entienda y se ajuste de mejor forma al mercado. Hay muchos tipos de órdenes para entrar al mercado, a continuación, paso a explicar las más usadas por el público en general.

- Orden de mercado: “Se utiliza para comprar o vender a la mayor velocidad posible, se ejecutará la orden al primer precio disponible siempre que haya liquidez en el mercado” (Tharp, 2006).
- Orden limitada: Trata de fijar un precio concreto para ejecutar la operación, entonces solo se realizará la operación por un precio igual o menor al fijado en el caso de una compra y en el caso de una venta será un precio igual o mayor. Son un tipo de órdenes utilizadas en casos muy estudiados de lo que puede pasar en el mercado según acontecimientos importantes.
- Orden por lo mejor: Se introduce en el mercado sin especificar el precio de compra o venta, pero en este caso sólo con el objetivo de comprar al mejor precio.

#### 4.7 Salir del mercado.

Este proceso es de vital importancia, todavía más que la entrada ya que tiene gran impacto en la rentabilidad y los beneficios finales. Se va a profundizar en las más relevantes y utilizadas según Davey (2014):

- Salidas técnicas: como soportes, resistencias o medias móviles.
- Stop Loss: Es una orden para detener pérdidas al precio que se desee ya que la orden se venderá de forma automática evitando pérdidas mayores, permitirá arriesgar más.
- Trailing Stop: Se trata de una variante de Stop Loss, consiste en restaurar el punto de salida del sistema conforme la cotización se mueve a favor del inversor para asegurar beneficios.
- Detenerse y revertir: La señal de salida también puede ser la de entrada de una orden posterior cambiando o dándole la vuelta al sistema.

#### 5. DESARROLLO PRÁCTICO DEL SISTEMA.

A continuación, se va a desarrollar un sistema de trading algorítmico en un ETF, este desarrollo tiene que ser un proceso ordenado que obedezca a unas reglas de actuación y con una metodología clara. La clave va a ser explicar los pasos a seguir para formar el sistema atendiendo a todo lo dicho anteriormente en el marco teórico sobre los fondos cotizados y el trading algorítmico. En la siguiente tabla se pueden observar los pasos que se van a describir a continuación en distintos apartados.

*Tabla 2. Pasos a seguir en el desarrollo del sistema.*

|                               |
|-------------------------------|
| <b>DISEÑO DEL SISTEMA</b>     |
| Infraestructura necesaria     |
| Razonamiento inicial          |
| Programación                  |
| <b>EVALUACIÓN DEL SISTEMA</b> |
| Backtest inicial              |
| Curva de capital              |
| Optimización                  |
| Filtros de mejora             |
| <b>VALIDACIÓN DEL SISTEMA</b> |
| Método Walk Forward           |
| Simulación a tiempo real      |

Fuente: Elaboración propia.

## **5.1 Diseño del sistema.**

### **5.1.1 Infraestructura.**

La infraestructura del sistema se refiere a todos los elementos físicos y no físicos necesarios para la ejecución del sistema de trading. Como se ha dicho anteriormente, es necesario poseer un ordenador con una excelente conexión a internet para poder visualizar los datos provenientes de los mercados en tiempo real. Además, también será necesario un software que corresponde a la plataforma de trading y al bróker.

En este caso se va a realizar la programación de la estrategia en una plataforma de trading llamada ProRealTime. Se trata de un programa muy claro e intuitivo en el que se explica el uso de indicadores y el lenguaje de programación para desarrollar la estrategia, la plataforma está conectada automáticamente con el bróker, SaxoBank en este caso, para ejecutar las órdenes en el mercado real. Esta función tiene la gran ventaja de que no es necesario un extenso registro con el bróker ya que puedes realizar todas las gestiones a través de la plataforma, también se ha escogido este bróker porque de los disponibles es el que menos comisiones cobra en los activos a operar como se verá posteriormente, además es más fiable ya que se encuentra regulado por la CNMV y otras comisiones reguladoras.

### **5.1.2 Razonamiento inicial.**

Este apartado está referido a la idea principal que engloba todos los elementos necesarios para poder construir el sistema como pueden ser las preferencias del trader referidas al estilo de trading, al riesgo y al capital inicial. También influye el horizonte temporal de la inversión o los activos a operar. En el marco teórico descrito anteriormente se ha hablado de todos los elementos necesarios para este paso, a continuación, se van a describir haciendo hincapié en los utilizados en la estrategia.

Comenzando por las preferencias de inversión la idea es construir una estrategia con un estilo “Swing Trading” a medio-largo plazo ya que las operaciones pueden estar abiertas en periodos de más de un día hasta semanas manteniéndose abiertas en el cierre diario del mercado.

El capital inicial para realizar la estrategia va a ser de 10.000 euros, hay que tener en cuenta que si el capital inicial es muy pequeño esto puede afectar al tipo de producto a operar o la entrada en diversas operaciones. Por ejemplo, para una estrategia con barras de un minuto y con un porcentaje elevado de compras por acción habrá que asumir variaciones positivas o negativas muy grandes en el capital. Por tanto, se ha elegido un

capital de 10.000 euros porque se cree que es suficiente para asumir todas las entradas y salidas.

Una elección muy importante es el activo con el que operar, en este caso va a ser el ETF llamado ACCIÓN IBEX 35 ETF, FI COTIZ, ARM. Se trata de un fondo español que replica al índice IBEX 35 y se nombra como cotizado y armonizado porque “cumple la normativa europea sobre fondos que regula los organismos de inversión colectiva en valores mobiliarios” (Millán *Fernández*, 2015). Se ha escogido este fondo porque replica a un índice basado en diversas compañías de diferentes sectores por lo que se puede afirmar que el ETF está diversificado, también porque está regulado frente a la CNMV, posee buena rentabilidad acumulada, su evolución es pareja al índice y comparándolo con otros ETFs del mercado tiene menos riesgo ya que estos están apalancados. En Anexo IV se pueden ver sus principales características.

Dentro de las preferencias del inversor también hay que destacar la aversión del trader que se refiere al riesgo máximo que está dispuesto a asumir, en este caso al tratarse de un producto financiero arriesgado con un riesgo de 6 sobre 7 según *Bolsa de Madrid* (2021). Se puede concluir con que el inversor tendrá un perfil muy poco averso al riesgo e invertirá el 10% del capital en cada operación según los datos indicados anteriormente en el apartado teórico.

El horizonte temporal del sistema y el time frame también serán importantes a la hora de operar, en este caso se va a optar por un time frame con velas japonesas cada 10 minutos para intentar aumentar la probabilidad de entrada. Respecto al horizonte temporal, al probar el sistema con datos pasados se ha usado un marco temporal de 14 años desde el 2007 hasta el 2021 ya que esto ayuda a estudiar todo lo que puede suceder en el mercado en un amplio rango de tiempo. Según el folleto del fondo que recomienda que el horizonte temporal de inversión sea mayor a 3 años se puede afirmar que el sistema debería tener un horizonte temporal también mayor a 3 años.

Finalmente, la decisión sobre el tipo de sistema está influenciada por todas las preferencias del inversor, de los tipos de estrategias descritas en el marco teórico para este sistema se van a utilizar dos estrategias tendenciales que se combinarán y trabajarán en el mismo algoritmo. Se trata de dos estrategias tendenciales, una basada en medias móviles y otra basada en la ruptura de canales con las bandas de Bollinger, ambas también se asociarán con indicadores técnicos que miden la volatilidad para evitar una gran cantidad de señales falsas. Ambas estrategias de manera conjunta van a formar el sistema.

Tabla 3. Resumen de razonamiento inicial.

|                           |                                      |
|---------------------------|--------------------------------------|
| <b>Estilo de trading</b>  | Swing trading                        |
| <b>Estrategia</b>         | Tendencial                           |
| <b>Activo</b>             | ACCIÓN IBEX 35 ETF, FI<br>COTIZ, ARM |
| <b>Capital inicial</b>    | 10.000€                              |
| <b>Horizonte temporal</b> | 14 años en el pasado                 |
| <b>Time frame</b>         | Velas japonesas de 10 minutos        |
| <b>Aversión al riesgo</b> | Muy limitada                         |

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.3 Programación de la estrategia.

La programación de la estrategia se puede basar en un algoritmo ya existente para otro tipo de activos y hacerle pequeñas modificaciones o crearla desde cero que es lo que se ha hecho en este caso.

El algoritmo del sistema está formado por un conjunto de variables y condiciones que se ejecutan automáticamente y lanza indicaciones de compra y venta también teniendo en cuenta las preferencias del inversor. En el Anexo V se puede ver el algoritmo completo del sistema.

Se va a dividir el código de programación en varias ilustraciones para su mejor comprensión visual y técnica. En la ilustración 1 se pueden ver los indicadores que se van a utilizar en el sistema, como se ha dicho antes en el apartado de lógica inicial, este sistema trata de dos estrategias tendenciales acompañadas de indicadores de volatilidad.

Ilustración 1. Definición de indicadores en el código de programación.

```

1 //DEFINICION DE INDICADORES
2 SMA50=Average[50] (CLOSE)
3 SMA200=Average[200] (CLOSE)
4 ATR=AverageTrueRange[14] (close)
5 MiRSI = RSI[14] (close)
6 MiBollingerDown = BollingerDown[100] (Close)
7 MiBollingerUp = BollingerUp[100] (Close)

```

Fuente: Elaboración propia en la plataforma de trading ProRealTime.

A continuación, se procede a explicar todos los indicadores:

- Media Móvil Simple (MMS) 50 y 200 periodos: “es una línea superpuesta al gráfico que nos muestra el valor medio del precio de un activo en un número de sesiones determinado” (Cruz, 2013). El valor dependerá del número de sesiones con las que se calcule la media móvil y el horizonte temporal de la inversión, se define como móvil porque se mueve olvidando el dato más antiguo y añadiendo el más nuevo. En este caso se ha optado por las MMS porque indica de manera clara las señales en las que el sistema debe entrar, se ha elegido una MMS de 50 periodos porque es más sensible al cambio de cotizaciones y sigue a los precios de manera más cercana, además si se añade una MMS de 200 periodos la cual sigue a la tendencia a largo plazo con ambas se evitan multitud de señales falsas.
- Average True Range (ATR): “es un indicador que revela información de lo volátil que es un activo en un momento del tiempo” (Wilder Welles, 1978). Se puede interpretar por la fuerza de la tendencia ya que valores altos de ATR señalan altos niveles de actividad en el mercado y por tanto mayor posibilidad de fuertes subidas o bajadas de precios. En este caso se ha optado por un cálculo basado en 14 periodos ya que es su medida estándar de cálculo, además si se opta por incrementar el número de periodos se detectan menos señales por lo tanto de esta forma se conjuga perfectamente con las medias móviles para únicamente entrar en tendencias claras.
- Relative Strength Index (RSI) o Índice de Fuerza Relativa: “es un indicador que visualiza la fuerza relativa entre la tendencia bajista y alcista porque mide la relación entre las cotizaciones” (Wilder Welles, 1978). Se mueve en un intervalo de 0 a 100 y la superación de los niveles 30 y 70 hacia los extremos supondrá señales alcistas y bajistas respectivamente. Se ha optado por un cálculo basado en 14 periodos ya que es su medida estándar de cálculo.
- Bandas de Bollinger: “consiste en tres medias móviles que se superponen al precio de los activos y forman un canal. También identifica el rango común dentro del cual opera un precio y si las velas se salen del canal es la señal de una tendencia alcista o bajista” (Bollinger, 2006). De la misma forma que en las medias móviles hay que adaptar el número de periodos, en el indicador también se realiza para toda la serie de datos históricos para evitar numerosas señales falsas por lo que después de varias pruebas de rendimiento se opta por dejarlo en 100 periodos.

Se puede destacar de los indicadores que todos los cálculos se realizan a precio de cierre de la última sesión (Close) ya que es lo más común a la hora de hacer cálculos en análisis técnico, también es posible realizarlos con el precio medio, el precio de apertura, etc.

En la ilustración 2 se representa la primera parte del sistema de trading en el lenguaje de la plataforma, como se puede ver se trata de una estrategia tendencial basada en las medias móviles 50 y 200 acompañadas de un indicador de volatilidad como es el ATR, cabe destacar que todas las órdenes se realizan a precio de mercado.

*Ilustración 2. Código de programación de una estrategia tendencial basados en medias móviles y ATR.*

```
9 //SISTEMA TENDENCIAL BASADO EN 2 MMS Y ATR
10 ///Orden de compra a largo
11 IF SMA50 CROSSES OVER SMA200 AND ATR>0.045 THEN
12   BUY 1000 shares AT MARKET
13 ENDIF
14 /// Orden de venta a largo
15 IF SMA50 CROSSES UNDER SMA200 AND ATR>0.045 THEN
16   SELL AT MARKET
17 ENDIF
18 /// Orden de compra a corto
19 IF SMA50 CROSSES UNDER SMA200 AND ATR>0.045 THEN
20   SELLSHORT 1000 shares AT MARKET
21 ENDIF
22 /// Orden de venta a corto
23 IF SMA50 CROSSES OVER SMA200 AND ATR>0.045 THEN
24   EXITSHORT AT MARKET
25 ENDIF
```

Fuente: Elaboración propia en la plataforma de trading ProRealTime.

Se procede a explicar cada orden al detalle:

- Las compras a largo: se realizan si la MMS (50) cruza al alza a la MMS (200) y a su vez el ATR es mayor a 0.045. En otras palabras, significa que el movimiento de precios a corto plazo indicado por la MMS (50) supera a la tendencia de fondo seguida por la MMS (200), esto significa una tendencia alcista, pero si se prueba esta estrategia con los datos históricos se puede ver que hay infinidad de señales falsas. Por lo tanto, la solución ha sido añadir un indicador de volatilidad como es el ATR para solo entrar cuando la señal es clara, aparte de que la media móvil 50 cruce al alza la media móvil 200 el ATR también debe ser mayor a 0.045 ya que si no se cumplen ambas la estrategia no se ejecuta. Se escoge un ATR mayor a 0.045 para eliminar más cantidad de señales falsas.

- Las compras a corto: cumplen las mismas condiciones que las posiciones largas, la única diferencia es que se realizan cuando la media móvil 50 cruza a la baja la media móvil 200 ya que al contrario que antes, significa una señal bajista.
- Ventas de posiciones largas: es la misma orden que las compras de posiciones cortas ya que también señala una tendencia bajista y lógicamente se cierran las posiciones largas. Una ventaja de la estrategia es que automáticamente cierra las posiciones largas y a su vez abre las posiciones cortas.
- Ventas de posiciones cortas: es la misma orden que la compra de posiciones largas porque se prevé un cambio de tendencia a alcista entonces se deben cerrar las posiciones cortas, las órdenes de venta de posiciones cortas y compras a largo también se realizan automáticamente al mismo tiempo.

Como se puede ver en la ilustración 3 se programa la segunda parte del sistema en la plataforma, esta parte trata de otra estrategia tendencial basada en las Bandas de Bollinger y acompañadas por un indicador de precios como el RSI.

*Ilustración 3. Código de programación de Bandas de Bollinger y RSI.*

```

27 //SISTEMA TENDENCIAL BASADO EN BANDAS DE BOLLINGER Y RSI
28 ////Orden de compra a largo
29 IF MiRSI < 30 AND CLOSE < MiBollingerDown THEN
30     BUY 1000 CASH AT MARKET
31 ENDIF
32 //// Orden de venta a largo
33 IF MiRSI > 70 AND CLOSE > MiBollingerUp THEN
34     SELL AT MARKET
35 ENDIF
36 //// Orden de compra a corto
37 IF MiRSI > 70 AND CLOSE > MibollingerUp THEN
38     SELLSHORT 1000 CASH AT MARKET
39 ENDIF
40 //// Orden de venta a corto
41 IF MiRSI < 30 and CLOSE < MiBollingerDown THEN
42     EXITSHORT AT MARKET
43 ENDIF

```

Fuente: Elaboración propia en la plataforma de trading ProRealTime.

Aquí también todas las órdenes se realizan a precio de mercado y se explican al detalle:

- Compras a largo: se ejecutan si la última vela está por debajo de la banda inferior de Bollinger ya que esto significa que el activo esta sobrevendido y el mercado procederá a volver a sus valores normales con una tendencia alcista. Al igual que con la otra estrategia, se producen numerosas señales falsas así que para solucionarlo se combina con el indicador RSI que actúa a la vez que las bandas



cuando su cálculo en ese instante es menor que 30, esto también significa que el activo está sobrevendido. Por tanto, las bandas y el indicador actúan al mismo tiempo y previenen multitud de señales falsas.

- Compras a corto: Se realizan al contrario que la toma de posiciones largas, cuando el precio está por encima de la banda superior de Bollinger y el RSI es mayor que 70 ya que ambos indican que el activo está sobrecomprado y puede haber una reversión a la media y un cambio de tendencia a bajista.
- Venta de posiciones largas: Exactamente igual que las compras a corto ya que siguen el mismo patrón de tendencia, en este caso se cerrarán posiciones largas para evitar pérdidas si la cotización del activo baja.
- Venta de posiciones cortas: es el mismo proceso que cuando se abren posiciones largas ya que se comparte la tendencia, en este caso se cerrarán las posiciones cortas para evitar tener pérdidas si el precio sube.

La diferencia entre ambas estrategias, aparte de tener diferentes indicadores es que el primero basado en medias móviles está programado para que se ejecute a más largo plazo y únicamente con operaciones muy claras por tanto el número de operaciones que se realiza es muy limitado entonces se ordena la compra de 1.000 acciones en cada operación para intentar incrementar masivamente la rentabilidad, aunque el número de operaciones sea pequeño. Por el contrario, la estrategia basada en las Bandas de Bollinger ejecuta un número elevado de operaciones y no siempre con tendencias claras ya que mayoritariamente indica zonas de sobrecompra o sobreventa, por tanto, se limitan los órdenes de compra a “1.000 cash” que hace referencia al 10% del capital total. En cada operación únicamente se pueden gastar 1.000 euros. De esta forma se limitan las pérdidas, en el caso de que las haya. Para entender mejor la diferencia a la hora de comprar entre ambas estrategias se va a poner un ejemplo.

Si una acción que se quiere comprar cuesta 100 euros:

- En la estrategia de medias móviles se ordena comprar 1.000 acciones por lo que el capital invertido en acciones era de 100.000 euros
- En la estrategia basada en las Bandas de Bollinger se ordena comprar 1000 euros como máximo por tanto se comprarán como máximo 10 acciones, una décima parte comparado con la estrategia de medias móviles.

En conclusión para el ejemplo se puede ver que para una estrategia más a largo plazo con un número muy limitado de operaciones de las cuales el porcentaje de acierto es muy alto se puede tomar más riesgo que a la hora de comprar en la otra estrategia ya que realiza un número elevado de operaciones no siempre con tendencias tan claras.

Como se puede observar en las ilustraciones correspondientes a la programación, todos los comandos y condiciones están en inglés. En el Anexo VI se representa una tabla con la traducción de comandos para facilitar el entendimiento del programa.

Se puede ver que es necesaria una organización extrema a la hora de planificar todos los pasos para llevar a cabo una óptima estrategia. Comenzando por escoger la estructura adecuada para poder trabajar con análisis técnico, desarrollando un razonamiento inicial estricto con unas condiciones claras y un código de programación limpio, ordenado y legible para la plataforma.

A continuación, en la ilustración 4 se representan todos los elementos de la programación visualmente en la plataforma. Se puede observar en azul la media móvil de 50 periodos, en amarillo la media móvil de 200 periodos, el canal morado son las Bandas de Bollinger y los indicadores de abajo son el RSI y ATR. También se pueden ver unas pequeñas flechas azules que indican el momento exacto en el que se ejecutan las órdenes de compra.

*Ilustración 4. Visualización de los indicadores utilizados en la plataforma.*



Fuente: Elaboración propia en la plataforma de trading ProRealTime.

## 5.2 Evaluación del sistema.

Cuando se ha finalizado el diseño de la estrategia con todas sus variables definidas correctamente, el próximo paso es realizar un estudio de los resultados que se obtienen con la configuración escogida de datos históricos y time frame. Dados unos resultados iniciales, se intentará mejorar el sistema y determinar si es firme y viable. Es preciso aclarar que para la ejecución, evaluación y validación del sistema se ejecutan las dos estrategias conjuntas al mismo tiempo.

### 5.2.1 Backtest

El Backtest es una herramienta muy útil que sirve para saber cómo se hubiera comportado el sistema de trading algorítmico si hubiera estado operando en el pasado. Es un instrumento muy fácil e intuitivo ya que únicamente se debe escribir el algoritmo en un cuadro de órdenes, definir el capital inicial y las fechas de ejecución del test. A partir de aquí la plataforma devuelve distintas gráficas y ratios de interés.





El primer paso será definir el capital inicial que en este caso será un importe holgado para poder operar sin problemas, serán 10.000 euros. También hay que definir el periodo de tiempo histórico para el cual se va a ejecutar la estrategia, es importante que sea un periodo extenso que incluya todo tipo de tendencias, volatilidades y condiciones extremas del mercado como pueden ser la crisis financiera o la pandemia por coronavirus. Por todo esto se implementa un marco temporal histórico muy extenso desde el 2 de mayo del 2007 a las 9:00 horas hasta el 3 de mayo del 2021 a las 17:35 horas.

Además de estos datos también es interesante conocer las comisiones cobradas por la plataforma y el bróker para determinar los rendimientos netos del sistema, en este caso como ya se ha hablado anteriormente el bróker elegido es SaxoBank, pero las órdenes se ejecutan a través de la plataforma ya que también cobra las comisiones. En este caso la comisión mínima por orden es de 1,95 euros, la cual se aplica al backtest para hacer más realista el sistema. Por otro lado, no se aplican los gastos de gestión y los dividendos que se pueden cobrar de este fondo ya que la plataforma no tiene la opción de cálculo y al realizar operaciones de trading intradiario es muy difícil hacer el cálculo del dividendo que pertenece.

La siguiente tabla muestra las estadísticas de las posiciones cerradas respecto de ganancias y pérdidas, operaciones, riesgos y tiempo en el mercado que devuelve el backtest de la plataforma. Se puede observar que la tabla está dividida en 4 columnas, en

la de la izquierda se encuentran los diferentes ratios medidos en el sistema, en la segunda los resultados totales de todas las posiciones, en la tercera y cuarta las estadísticas de posiciones largas y cortas respectivamente. En el Anexo VII se muestra una tabla con la explicación de sus ratios más destacados y el Anexo VIII ilustra gráficamente los aspectos más relevantes del Backtest.

*Tabla 4. Estadísticas de posiciones cerradas correspondiente al Backtest del sistema.*

|  <b>Ganancias y pérdidas</b> | Todas posiciones           | Compras                    | Ventas a corto             |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Ganancia  | 19.256,02 €                | 9.220,19 €                 | 10.035,83 €                |
| % Ganancia  | 192,56%                    | 92,2%                      | 100,36%                    |
| Solo ganancias  | 63.783,44 €                | 34.464,76 €                | 29.318,69 €                |
| Solo pérdidas   | -44.527,42 €               | -25.244,57 €               | -19.282,86 €               |
| Ratio gan/pérd  | 1,43                       | 1,37                       | 1,52                       |
| Ganancia media  | 56,30 €                    | 53,92 €                    | 58,69 €                    |
| Gan media posic ganadoras   | 256,16 €                   | 273,53 €                   | 238,36 €                   |
| Pérdida media posic perdedoras  | -478,79 €                  | -560,99 €                  | -401,73 €                  |
| Ganan máx por posic   | 2.099,56 €                 | 2.099,56 €                 | 1.667,71 €                 |
| Pérd máx por posic  | -5.372,95 €                | -5.372,95 €                | -3.433,95 €                |
| Max Runup   | 26.350,36 €                | 17.320,15 €                | 12.135,68 €                |
| % Máx Runup   | 787,37%                    | 658,42%                    | 145,13%                    |
| Nº máx ganancias consecutivas   | 16                         | 13                         | 8                          |
| Máx Drawdown  | -11.814,02 €               | -11.900,92 €               | -9.439,87 €                |
| % Máx Drawdown  | -39,78%                    | -59,65%                    | -46,05%                    |
| Nº máx pérdidas consecutivas  | 3                          | 3                          | 3                          |
| Desv típica pérdidas y ganancias  | 596,25 €                   | 660,68 €                   | 523,96 €                   |
| Ratio de Sharpe   | 0,57                       | 0,6                        | 0,55                       |
| Rendimiento anual   | 7,42%                      | 4,45%                      | 4,74%                      |
| AHPR  | 0,36%                      | 0,29%                      | 0,43%                      |
| GHPR  | 0,31%                      | 0,23%                      | 0,39%                      |
| Coef Riesgo/beneficio   | 0,54                       | 0,49                       | 0,59                       |
| Z-Score   | 0,01                       | 0,04                       | 1,42                       |
| Comisión total  | 8.392,80 €                 | 4.354,35 €                 | 4.038,45 €                 |
|  <b>Operaciones</b>        | Todas posiciones           | Compras                    | Ventas a corto             |
| Total posiciones  | 342                        | 171                        | 171                        |
| % posic. ganadoras  | 72,81%                     | 73,68%                     | 71,93%                     |
| Operaciones con ganancias   | 249                        | 126                        | 123                        |
| Operaciones neutras   | 0                          | 0                          | 0                          |
| Operaciones con pérdidas  | 93                         | 45                         | 48                         |
|  <b>Riesgos</b>            | Todas posiciones           | Compras                    | Ventas a corto             |
| % Máx de exposición al riesgo   | 684,79%                    | 684,79%                    | 528,05%                    |
| % Medio exposición al riesgo  | 122,28%                    | 127,73%                    | 116,37%                    |
| Exposición máx.   | 265,99%                    | 265,49%                    | 197,81%                    |
| Exposición media  | 89,36%                     | 95,41%                     | 82,72%                     |
|  <b>Tiempo</b>             | Todas posiciones           | Compras                    | Ventas a corto             |
| Duración  | 5115D 8h 20m               | 5115D 8h 20m               | 5115D 8h 20m               |
| Tiempo en mercado   | 3D 17h 34m 37s             | 3D 18h 40m 33s             | 3D 16h 28m 42s             |
| % Tiempo en el mercado  | 99,97%                     | 50,6%                      | 49,37%                     |
| Tiempo medio en mercado:  | 10D 3h 44m 17s (187 velas) | 10D 4h 50m 13s (196 velas) | 10D 2h 38m 22s (178 velas) |
| Tiempo medio entre posic  | 1m 49s (0 velas)           | 10D 2h 42m 1s (179 velas)  | 10D 4h 53m 52s (196 velas) |
| Duración media opes ganadoras   | 8D 5h 39m 37s (147 velas)  | 9D 2h 16m 45s (157 velas)  | 8D 0h 19m 50s (137 velas)  |
| Duración media posic perdedoras   | 15D 1h 38m 17s (293 velas) | 14D 1h 41m 53s (303 velas) | 16D 1h 2m 42s (284 velas)  |
| Duración media opes neutras   | n/d                        | n/d                        | n/d                        |
| Fecha máx DrawDown  | 16-mar-2020 14:40:00       | 16-mar-2020 14:40:00       | 08-jun-2020 14:20:00       |
| Fecha máx RunUp   | 19-feb-2020 12:50:00       | 19-feb-2020 12:50:00       | 03-ago-2012 9:10:00        |
| Máx estancamiento   | 1514D 23h 50m              | 1658D 23h 50m              | 3217D 7h                   |
| % estancamiento máx   | 27,94%                     | 30,59%                     | 59,32%                     |
| Media órd ejecut/día  | 1,21                       | 1,21                       | 1,21                       |
| Media órd ejecut/mes  | 25,32                      | 25,32                      | 25,32                      |

Fuente: Elaboración propia en la plataforma de trading ProRealTime.

En conclusión a la ilustración 5, al Anexo VII y VIII se puede observar que el ratio de ganancias frente a pérdidas es de 1,43. Es positivo y significa que las ganancias son superiores a las pérdidas. Los beneficios netos son de 19.256,02€, por tanto, se puede confirmar que el sistema funciona. El rendimiento anual da una comparativa del sistema con el beneficio que se puede sacar de otros productos, en la actualidad no muchos activos devuelven una rentabilidad del 7,42% aunque también habría que comparar en este caso los demás activos respecto del Ratio de Sharpe. Por último, si se hace inciso en el número de posiciones se puede observar que el número de posiciones totales es elevado con 342, de las cuales un 72,81 % de las operaciones son ganadoras. Por tanto, también confirma que el sistema se ejecuta correctamente y que ambas estrategias no limitan demasiado las entradas y salidas. Respecto al “Drawdown” que se refiere a la caída máxima de beneficios desde el punto más alto de ganancias se puede decir que es demasiado elevado con un importe de 11.814,02€ , para ello y para mejorar el sistema en general en los siguientes apartados se van a desarrollar filtros y pruebas de optimización.

### **5.2.2 Curva de capital**

La curva de capital o equity curve es el gráfico que representa el beneficio acumulado del Backtest o en directo si la operativa es a tiempo real, engloba todas las operaciones ejecutadas en el horizonte temporal seleccionado tanto con pérdidas como con ganancias y se suman o restan al capital inicial. Su principal función es facilitar la lectura del sistema viendo cómo evoluciona la operativa a lo largo del tiempo. Además, en operativas con datos reales permite actuar como filtro, por ejemplo, si la curva obtiene beneficios, pero es muy plana habrá que aumentar el capital o si obtiene pérdidas habrá que cerrar posiciones o reducir el capital arriesgado.

En el Gráfico 6 se puede ver la curva de capital del sistema de trading del ETF con ticker (BBVAI), con una visión global del gráfico se observa un crecimiento ligeramente suavizado a lo largo de los 14 años de sistema, esto señala que la estrategia de medias móviles y Bandas de Bollinger es efectiva a largo plazo. También se pueden observar periodos de mayor crecimiento o de tendencias laterales, como se ha dicho en el caso de las tendencia laterales en operativa real una solución sería ajustar el número de periodos para el que actúan los indicadores del sistema.

Por otro lado, hay que prestar atención a los mayores “Drawdown”. Se pueden destacar dos caídas de beneficios severas en la crisis financiera de 2008 y de la pandemia mundial de 2020. Nunca es buena señal para el sistema que se registren caídas tan

grandes, pero mirándolo de otro modo las dos mayores se producen en caídas generalizadas de las bolsas mundiales, las cuales son difíciles de evitar. Un buen modo para minimizar los Drawdown sería agregar filtros de salida de la estrategia como puede ser el Stop Loss.

*Gráfico 6. Curva de capital referente al Backtest del sistema.*



Fuente: Elaboración propia en la plataforma de trading ProRealTime.

En conclusión, viendo que la curva de capital dibuja beneficios de manera creciente y sin demasiados picos por caídas, se aprueba el uso de la estrategia y se procede a su optimización.

### **5.2.3 Optimización del sistema.**

La optimización del sistema de trading se realiza en la propia plataforma y consiste en encontrar valores exactos de unos parámetros que hacen maximizar las ganancias, disminuir las pérdidas, incrementar el número de operaciones ganadoras, reducir el riesgo, etc. Estos valores se encuentran a través de múltiples combinaciones de variables del sistema diseñado para el ETF y con la vista temporal y datos históricos seleccionados al principio.

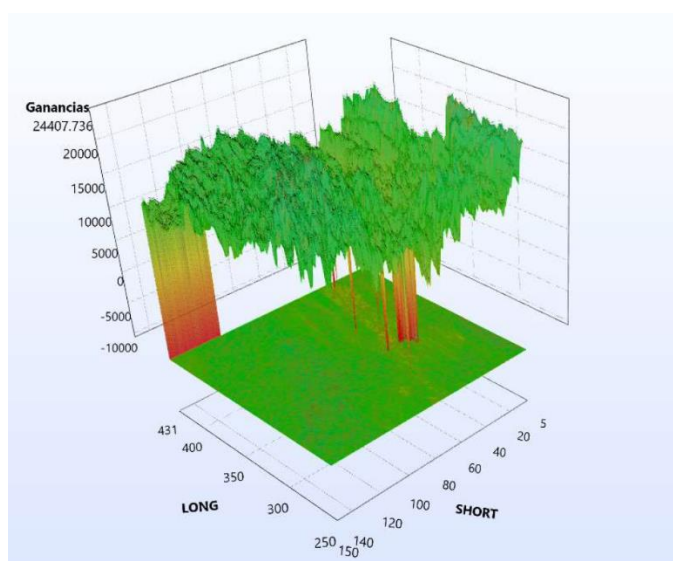
El primer paso es modificar el lenguaje de programación, se trata de cambiar el número de periodos de las medias móviles previamente definido en la programación por “SHORT” para el caso de la MMS a corto plazo y “LONG” para la MMS que sigue la tendencia de fondo. Esto se realiza para que la plataforma pruebe el sistema con un intervalo de periodos buscando los mejores resultados y no con unos periodos concretos. Por la funcionalidad de la plataforma únicamente se puede optimizar el sistema basado en medias móviles, por tanto, se optimiza este apartado, aunque se incluya todo el código en la ventana de optimización. A continuación, se abre una ventana de optimización en la plataforma en la que hay concretar correctamente estos tres rangos de valores:

- Valor mínimo: representa el número de periodos mínimo que pueden tomar las dos medias móviles para la optimización, en el caso de la media móvil seguidora de precios se va a indicar un valor mínimo de 5 periodos porque está más cercano a las cotizaciones y en el caso de la media móvil a largo plazo de 200 periodos para seguir la tendencia de fondo
- Valor máximo: representa el número de periodos máximo que pueden tomar las dos medias móviles para la optimización, en el caso de la media móvil seguidora de precios se va a indicar un valor mínimo de 100 periodos porque tiene que estar cercano a velas y en el caso de la media móvil a largo plazo de 300 para seguir la tendencia de fondo.
- Paso: representa el intervalo de valores que respetara el proceso de optimización durante el análisis, es decir, del 5 al 100 y del 200 al 300 serán todos evaluados en el sistema de trading sin saltarse ninguno y combinándolos.

Hay que destacar que no es beneficioso definir un intervalo muy amplio de valores ya que el número de iteraciones a la hora de optimizar puede ser demasiado grande y el proceso durará excesivas horas. Tampoco es conveniente un sistema con muy pocas variables ya que existe la probabilidad de caer en una sobre-optimización. En el Anexo IX se pueden ver los resultados de la optimización respecto de las ganancias ya que son los mejores resultados aun teniendo en cuenta el Drawdown y el porcentaje de operaciones ganadoras. Igual que en el Backtest, este informe resalta diferentes medidas importantes como las ganancias, el porcentaje de ganancias o de operaciones ganadoras y la ganancia media. Además, también anuncia el número de periodos óptimo de cada media móvil con los resultados que en este caso será de 108 periodos para la media móvil a corto plazo y de 313 periodos para la media móvil a largo plazo.

No siempre es necesario aplicar los parámetros seleccionados por la plataforma y para ello nos podemos guiar por el siguiente gráfico que representa un mapa de calor en 3 dimensiones con las variables para la media móvil a corto, a largo y las ganancias. Se puede ver que las zonas más elevadas y de color verde más oscuro representan los valores óptimos del sistema. En este caso serían unos intervalos de 100 a 120 para la MMS corta y de 300 a 350 para la MMS larga.

Gráfico 7. Mapa de calor de las variables optimizadas.



Fuente: Elaboración propia en la plataforma de trading ProRealTime.

Concluyendo este apartado se puede afirmar que realizar una optimización del sistema ayuda en gran medida a que sea más fiable de cara a la validación, pero también se puede caer en una sobre-optimización por ajustar demasiado los parámetros. En este caso se han escogido los mejores parámetros porque las estadísticas y la curva de capital señalan que todavía se puede mejorar la estrategia a través de algún filtro como se va a hacer en el siguiente apartado. En la siguiente tabla se representan los valores más destacados del sistema optimizado frente al inicial. En color verde se representan los datos más favorables para el sistema de trading, por el contrario los datos en color rojo representan los más desfavorables.

|                              | Sistema inicial | Sistema optimizado |
|------------------------------|-----------------|--------------------|
| <b>Ganancia Neta</b>         | 19.256,02 €     | 24.407,74 €        |
| <b>Ganancia media</b>        | 56,30 €         | 73,52 €            |
| <b>Máximo Drawdown</b>       | -11.814,02 €    | -11.814,02 €       |
| <b>Ratio de Sharpe</b>       | 0,57            | 0,62               |
| <b>Número de operaciones</b> | 342             | 332                |

Tabla 5. Resumen de estadísticas más importantes tras la optimización.

Fuente: Elaboración propia en la plataforma de trading ProRealTime.

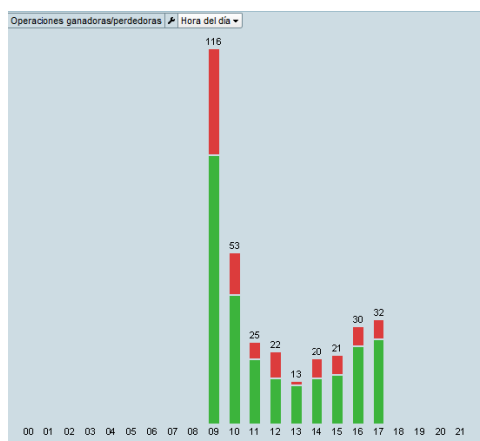


### 5.2.4 Filtros de mejora.

Cuando se tiene el código y la programación acertada junto a una estrategia robusta se pueden añadir distintos filtros para seguir optimizando el sistema o para eliminar ciertas operaciones donde se producen las mayores pérdidas, hay que realizar este apartado con cautela porque se puede caer en el problema de la sobre-optimización. Con el Backtest y la curva de capital posterior a la optimización se pueden comprobar las operaciones que se pretenden mejorar. A continuación, se explican diferentes tipos de filtros que se pueden utilizar y los utilizados en la estrategia.

- Filtros de tendencia: ayudan a observar el inicio, fin o cambio de tendencia en la estrategia, en este caso ya se aplica desde el principio con el indicador RSI que ayuda a las Bandas de Bollinger indicando zonas de sobrecompra o sobreventa. Se decide no añadir ningún filtro adicional para no caer en una sobre-optimización del histórico.
- Filtros de volatilidad: indican las fases en las que el mercado no tiene los suficientes movimientos para ser rentable, también se aplica desde el inicio con el ATR que se complementa con las medias móviles.
- Filtros temporales: sirven para que el sistema exclusivamente se ejecute en determinados periodos de tiempo más propicios para el sistema, el backtest correspondiente a la optimización también devuelve un gráfico que muestra las operaciones ganadas y perdidas respecto a las horas en las que el mercado está abierto, esta información se representa en el siguiente gráfico.

*Gráfico 8. Número de operaciones cerradas respecto a las horas de actividad del mercado.*



Fuente: Elaboración propia en la plataforma de trading ProRealTime.

Se puede ver que la distribución de operaciones en diferentes franjas horarias no afecta en mayor medida a los resultados del sistema ya que no se demuestran resultados desfavorables en momentos concretos, por tanto, se decide no añadir ningún filtro de este tipo.

- Filtros de salida: señala la opción más favorable para salir del sistema o ejecuta directamente una salida automatizada y definida previamente, es la mejor medida para tener un control sobre los riesgos y las pérdidas. Los más utilizados son los Stop Loss, Target profit y Trailing Stop ya definidos anteriormente.

En este caso, el Target Profit no es adecuado porque como se ve en el Anexo VIII que hace referencia al sistema optimizado, las ganancias suelen producirse en muchas operaciones con pequeñas cantidades. Respecto al Trailing Stop, es una buena salida dinámica, pero en este caso como se producen órdenes largas y cortas la plataforma no lo detecta de manera correcta y se decide no usarlo. El Stop Loss monetario es el más adecuado para la estrategia porque se ejecuta de manera directa ante la orden predefinida. En este caso, se va a programar un Stop Loss de 5.000 euros, esto quiere decir que el sistema ejecutara una salida automática cuando cualquier operación tenga una pérdida de este importe. Parece ser un importe muy grande respecto al capital inicial, pero por diversas pruebas anteriores se ajusta mejor que otros más pequeños ya que la mayoría de las operaciones contienen mucho capital y con filtros de salida pequeños se producen salidas erróneas.

A continuación, se representa una tabla con los datos más característicos del backtest optimizado frente al mismo sistema añadiendo un filtro de salida.

*Tabla 6. Resumen de estadísticas más importantes tras el sistema optimizado con Stop Loss.*

|                              | Sistema optimizado | Sistema optimizado con Stop Loss |
|------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| <b>Ganancia Neta</b>         | 24.407,74 €        | 20.575,93 €                      |
| <b>Ganancia media</b>        | 73,52 €            | 61,42 €                          |
| <b>Máximo Drawdown</b>       | -11.814,02 €       | -8.198,08 €                      |
| <b>Ratio de Sharpe</b>       | 0,62               | 0,58                             |
| <b>Número de operaciones</b> | 332                | 335                              |

Fuente: Elaboración propia en la plataforma de trading ProRealTime.

Curiosamente se puede ver que el sistema produce más ganancias sin añadir el filtro de salida, también es mayor la ganancia media y el Ratio de Sharpe que aunque se asuma más riesgo la rentabilidad lo compensa. Por otro lado, se puede ver que si se añade el filtro se reduce considerablemente el Drawdown, que es un punto interesante para el inversor. Es difícil concluir con una idea clara ya que por un lado las ganancias y el Ratio de Sharpe indican mejores resultados sin el filtro y por otro lado con el filtro se reducen drásticamente las pérdidas, se puede finalizar el apartado comentando que este filtro se puede utilizar como herramienta complementaria a la estrategia dependiendo del inversor que la utilice, aunque con datos reales sería recomendable usarla ya que no se sabe con determinación el comportamiento del mercado.

### **5.3 Validación del sistema.**

Cuando se ha completado la fase de diseño y la evaluación se procede a la fase de validación. El objetivo principal de esta fase es conocer y evaluar el comportamiento del sistema para poder autorizarlo y utilizarlo en el mercado real.

#### **5.3.1 Método Walk Forward**

Se trata de una herramienta muy útil para identificar cuáles son los parámetros que mejor funcionan realizando pequeñas optimizaciones en intervalos definidos. Se realizan para todo el horizonte temporal, pero tratándolo por intervalos, algunos como si no fueran datos históricos.

En primer lugar, se optimizan un conjunto de datos en un periodo inicial que se denominan como “datos dentro de la muestra o “in sample” (IS), luego las mejores variables del periodo IS se prueban para otro periodo denominado como “datos fuera de la muestra” o “out of sample” (OS). Este análisis se reitera tantas veces como sea necesario. Antes de ello se deben definir los periodos IS y OS, en este caso se va a definir el IS como el 70% de la muestra para la optimización y el OS como el 30% para el periodo de test. En la Tabla 7 se observa un esquema del método Walk Forward utilizado para el sistema. En este caso se divide el marco temporal en intervalos de 2 años, aunque durante los 4 primeros años se realiza una optimización de parámetros y los resultados obtenidos se aplican en el primer periodo OS para así tener unos resultados más realistas. Este proceso se reitera hasta el final de horizonte temporal. Se pueden observar los periodos de optimización en color azul que preceden a los periodos de test fuera de la muestra en color verde.

Tabla 7. Esquema del método Walk Forward.

| 02/05/2007 a<br>12/10/2011     | 2011 a<br>2013         | 2013 a<br>2015      | 2015 a<br>2017      | 2017 a<br>2019      | 2019 a<br>2021 |
|--------------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|
| Optimización 1 (IS)            | Test 1<br>(OS)         |                     |                     |                     |                |
|                                | Optimización 2 (IS)    | Test 2<br>(OS)      |                     |                     |                |
|                                |                        | Optimización 3 (IS) | Test 3<br>(OS)      |                     |                |
|                                |                        |                     | Optimización 4 (IS) | Test 4<br>(OS)      |                |
|                                |                        |                     |                     | Optimización 5 (IS) | Test 5<br>(OS) |
| <b>Periodo de optimización</b> | <b>Periodo de test</b> |                     |                     |                     |                |

Fuente: Elaboración propia en la plataforma de trading ProRealTime.

Una vez finalizado el Walk Forward se pueden comprobar diversas estadísticas que devuelve la plataforma. Una de las más importantes es el coeficiente WF que determina la fuerza del sistema, se calcula dividiendo la ganancia anualizada del periodo OS por la ganancia anualizada del periodo IS. Según Pardo (2011) el análisis Walk Forward será óptimo, aceptable y el sistema será fuerte si más del 60% de los periodos optimizados presentan un WF mayor al 50%, en este caso se cumple ya que todos los periodos tienen un WF positivo y además tres de ellos superan el 50% con creces. También se puede destacar que el rendimiento anualizado en el periodo de test es similar o a veces incluso superior al periodo de dentro de la muestra y que el Drawdown de fuera de la muestra es muy inferior. Por tanto, se puede concluir este apartado confirmando la validez del sistema respaldado por el método de validación además de la evaluación de apartados anteriores.

En la siguiente ilustración se muestran las principales estadísticas del análisis Walk Forward. En el Anexo X se muestran otros datos proporcionados por la plataforma en relación con este análisis.

*Tabla 8. Estadísticas del método Walk Forward en el sistema.*

| # | IS / OOS          | Inicio               | Final                | Ganancias   | Rendimiento anualizado | Eficiencia WF | Max draw down | Máx Runup   |
|---|-------------------|----------------------|----------------------|-------------|------------------------|---------------|---------------|-------------|
| 1 | Dentro de muestra | 02-may-2007 9:00:00  | 12-oct-2011 16:10:00 | 15.263,46 € | 3.445,79 €             |               | -7.051,00 €   | 20.699,23 € |
|   | Fuera de muestra  | 12-oct-2011 17:20:00 | 12-sep-2013 9:50:00  | 2.681,87 €  | 1.404,23 €             | +40,75%       | -3.478,13 €   | 5.773,90 €  |
| 2 | Dentro de muestra | 30-mar-2009 14:50:00 | 12-sep-2013 9:50:00  | 17.356,43 € | 3.905,40 €             |               | -4.685,25 €   | 19.230,62 € |
|   | Fuera de muestra  | 12-sep-2013 10:20:00 | 13-ago-2015 11:10:00 | 777,47 €    | 409,48 €               | +10,49%       | -2.946,45 €   | 5.306,89 €  |
| 3 | Dentro de muestra | 22-feb-2011 15:30:00 | 13-ago-2015 11:10:00 | 10.005,55 € | 2.248,58 €             |               | -4.567,10 €   | 11.736,70 € |
|   | Fuera de muestra  | 13-ago-2015 11:30:00 | 06-jul-2017 13:50:00 | 3.727,51 €  | 1.963,19 €             | +87,31%       | -3.977,61 €   | 7.131,06 €  |
| 4 | Dentro de muestra | 24-ene-2013 9:00:00  | 06-jul-2017 13:50:00 | 5,98 €      | 1,35 €                 |               | -8.232,80 €   | 7.131,06 €  |
|   | Fuera de muestra  | 06-jul-2017 14:10:00 | 05-jun-2019 16:40:00 | 228,14 €    | 120,15 €               | +8.901,77%    | -2.537,50 €   | 2.174,82 €  |
| 5 | Dentro de muestra | 19-dic-2014 11:40:00 | 05-jun-2019 16:40:00 | 406,27 €    | 91,70 €                |               | -8.167,50 €   | 7.131,06 €  |
|   | Fuera de muestra  | 05-jun-2019 17:30:00 | 03-may-2021 17:20:00 | 1.741,92 €  | 917,61 €               | +1.000,70%    | -7.356,91 €   | 8.298,82 €  |

Fuente: Elaboración propia en la plataforma de trading ProRealTime.

### 5.3.2 Simulación en tiempo real

Es el último paso antes de lanzar el sistema al mercado real con el capital monetario real. Se trata de operar con la estrategia en datos reales y en directo, pero con dinero ficticio. La principal ventaja es que se puede ver cómo se comporta el sistema en el mercado real sin arriesgar capital y poder detectar errores de lectura del código y errores de compra o de salida si los hubiera. En este caso la plataforma de trading permite ejecutar el sistema en tiempo real con cotizaciones también reales e instantáneas sin ningún tipo de demora, por lo tanto, se pueden ver las limitaciones de la estrategia o si hay algún error en el código de programación.

Se ha probado el sistema en el mercado real durante 14 días, pero lamentablemente no se ha ejecutado ninguna orden por el motivo de que el mercado está en una tendencia lateral y con poco volumen de negociación. No hay que pensar que es un error de programación ya que los backtest realizados funcionan. Si se hace referencia a los resultados del sistema se realizan aproximadamente 350 operaciones en 14 años, que vienen a ser una media de 25 anuales. Esto puede ocurrir en unas horas o en un periodo más amplio por lo tanto no se puede culpar al sistema de esto.

## 6. CONCLUSIONES.

El objetivo principal del trabajo de fin de grado ha sido crear un razonamiento lógico para poder construir un sistema de trading algorítmico basado en una estrategia tendencial y una vez se ha logrado tras su evaluación y validación se pueden extraer diversas conclusiones.

- Se ha logrado instaurar un sistema de trading algorítmico basado en un código de programación que alberga distintos indicadores, órdenes de entrada y de salida para que se pueda ejecutar automáticamente sin ayuda humana.
- Una vez desarrollada la estrategia tendencial de swing trading y aplicada en la plataforma se han logrado unos resultados positivos en todas las fases del estudio. Se pueden destacar estadísticas positivas como la ganancia neta en todas las fases del estudio controlando el riesgo, la disminución del Drawdown mientras se avanza en el estudio sobre todo en el método Walk Forward cuando esta medida fuera de muestra se reduce a la mitad.
- También se puede destacar el largo proceso de optimización de variables que mediante diversas pruebas descritas se ha logrado obtener un rango de variables optimizadas para alejarse de un sistema sobre optimizado.
- Es interesante que realizando una gestión activa del fondo mediante el sistema de trading se bate a la gestión pasiva del fondo únicamente replicando el índice. La gestión activa nos devuelve una rentabilidad anualizada del 8,6% y un Ratio de Sharpe de 0,58 mientras que el fondo mediante gestión pasiva según los datos del Anexo III da una rentabilidad anualizada del 3,44% y un Ratio de Sharpe de 0,17.
- Si se hace referencia a conclusiones negativas cabe destacar que el sistema es mejorable en diversos aspectos, se debería incrementar el número de operaciones ganadoras para rentabilizar más el sistema, también habría que disminuir las órdenes falsas mediante la mejora de filtros de salida o entrada y sobre todo minimizar el Drawdown al máximo.
- Para finalizar se puede afirmar que se trata de un sistema sencillo basado en indicadores muy conocidos que funcionan correctamente en la estrategia devolviendo unos resultados favorables y garantizando un sistema fiable y seguro para el inversor aunque como se ha dicho en el punto de arriba se podrían mejorar aspectos puntuales mediante el estudio de otros indicadores o parámetros.

- En conclusión, he elegido este tema para desarrollar mi trabajo de fin de grado por el auge del trading algorítmico tanto en inversores individuales como institucionales, también por mi interés en el análisis técnico y todo tipo de operaciones de trading. Cabe destacar que asignaturas del grado como Bolsa y Análisis Bursátil y Gestión de Carteras me han proporcionado unos conocimientos básicos para poder abordar el tema. A esto hay que añadirle una necesaria formación extra, ProRealTime me ha facilitado unos manuales para aprender a usar la plataforma, escribir los códigos de programación, usar distintas herramientas y saber interpretar los resultados obtenidos. Aunque el sistema no sea perfecto personalmente mi valoración es positiva para iniciarme en esta industria, además me sirve de motivación para seguir formándome en el futuro a través de más cursos y certificaciones profesionales para que algún día el trading algorítmico sea una herramienta útil en mi futuro.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

### **Normativa.**

*Real Decreto-ley 14/2018, de 28 de septiembre, por el que se modifica el texto refundido de la Ley del Mercado de Valores, aprobado por el Real Decreto Legislativo 4/2015, de 23 de octubre. (2018). BOE.es—BOE-A-2018-13180*

*Real Decreto 1082/2012, de 13 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 35/2003, de 4 de noviembre, de instituciones de inversión colectiva. (2003). BOE.es—BOE-A-2012-9716*

*Circular 1/2009, de 4 de febrero, de la Comisión Nacional del Mercado de Valores, sobre las categorías de instituciones de inversión colectiva en función de su vocación inversora. (2009). BOE.es—BOE-A-2009-2742*

### **Publicaciones de libros y revistas científicas.**

Ferruz, L., Marco, I., & Muñoz, F. (2007). *Los fondos de inversión cotizados en España. Boletín ICE Económico* 1-28.

Bollinger, J. (2006). *Las Bandas de Bollinger*. Barcelona: Valors Editions de España.

Brull, H. R. (2007). *El mercado de capitales globalizado: Al alcance de todos : instituciones y personas físicas que lo conforman, sus leyes reglamentos y un poco de historia*. Buenos Aires: Editorial Dunken.

Chen, T. P. (2014). *Portfolio of Trading Systems: Path of Least Resistance to Consistent Profitability*. Singapore: Partridge Publishing.

Davey, K. J. (2014). *Building Winning Algorithmic Trading Systems: A Trader's Journey From Data Mining to Monte Carlo Simulation to Live Trading*. New Jersey: John Wiley & Sons.

García-Vaquero, V. (1992). *Los fondos de inversión en España*. Madrid: Banco de España, Servicio de Estudios.



Kissell, R. (2013). *The Science of Algorithmic Trading and Portfolio Management*. Oxford: Elsevier Inc.

Millán Fernández, M. <sup>a</sup> T. (2015). *Los Fondos Cotizados (ETF). Guía informativa de la CNMV*. 1-28.

Pardo, R. (2011). *The Evaluation and Optimization of Trading Strategies*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Prado, M. M. L. de, & Illera, C. R. (2004). *Invertir en hedge funds: Análisis de su estructura, estrategias y eficiencia*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Santamaría, M. T. C., & Calvo, J. R. (2015). *La industria de todos: Un viaje por la historia de los fondos de inversión*. Madrid: Primer Decil Consultores y Editores.

Tharp, V. K. (2006). *Tener Éxito en Trading*. Barcelona: Valors Editions de España.

Wilder, J. (1978). *New Concepts in Technical Trading Systems*. Indiana: Trend Research

#### **Páginas web consultadas.**

BBVA. (2021, 14 de enero). *BBVA ESPAÑA*. Extraído el 15 de diciembre del 2020 desde <https://www.bbva.es/finanzas-vistazo/ef/fondos-inversion/valor-liquidativo.html>

*Bolsa de Madrid-Ficha de ACCIÓN IBEX 35 ETF, FI COTIZ, ARM*. (2021, 1 de enero). *Bolsa de Madrid*. Extraído el 24 de mayo del 2021 desde <https://www.bolsamadrid.es/esp/aspx/ETFs/Mercados/FichaValor.aspx?ISIN=ES0105336038>

INVERISIS. (2008, 1 de enero). *Guía de los Fondos cotizados o ETFs*. Extraído el 16 de abril del 2021 desde [https://www.inversis.com/pagEstaticas/Cobranding/componentes/ETF/Guia\\_Fondos\\_Cotizados.pdf](https://www.inversis.com/pagEstaticas/Cobranding/componentes/ETF/Guia_Fondos_Cotizados.pdf)

Cruz, I. D. L. (2013, mayo 9). *Qué medias móviles utilizar y cómo, técnicas de trading*. *Ismael De La Cruz*. Extraído el 20 de mayo de 2021 desde

<https://www.ismaeldelacruz.es/que-medias-moviles-utilizar-y-como-tecnicas-de-trading/>

elEconomista.es. (2017, noviembre 26). *Lo que hay que saber del fondo de fondos.*

Extraído el 18 de mayo del 2021 desde <https://www.eleconomista.es/mercados-cotizaciones/noticias/8769337/11/17/Lo-que-hay-que-saber-del-fondo-de-fondos.html>

elEconomista.es. (2021, enero 1). *Aversión al riesgo: Qué es - Diccionario de Economía.*

Extraído el 20 de mayo del 2021 desde <https://www.eleconomista.es/diccionario-de-economia/aversion-al-riesgo>

Gómez Martínez, R. (2013, diciembre 21). Señales de inversión basadas en un índice de aversión al riesgo. Extraído el 10 de junio de 2021 desde <https://doi.org/10.1016/j.iedee.2012.12.001>

Masarwah, A. (2020, agosto 25). *Flujos Europa: Gestión activa vs gestión pasiva.* Morningstar ES. Extraído el 10 de junio del 2021 desde [https://www.morningstar.es/es/news/205011/flujos-europa-gesti%c3%b3n-activa-vs-gesti%c3%b3n-pasiva-\(julio-2020\).aspx](https://www.morningstar.es/es/news/205011/flujos-europa-gesti%c3%b3n-activa-vs-gesti%c3%b3n-pasiva-(julio-2020).aspx)

Wilder Welles, J. (1978). *New Concepts in Technical Trading Systems.* [https://www.academia.edu/37588524/New\\_Concepts\\_in\\_Technical\\_Trading\\_Systems\\_pdf](https://www.academia.edu/37588524/New_Concepts_in_Technical_Trading_Systems_pdf)

## Anexo I. Clasificación de los fondos de inversión según su vocación inversora.

Tabla Anexo 1. Clasificación de los fondos de inversión según su vocación inversora.

| Vocación  | Definición   |
|---|--|
| FMM a corto plazo de valor liquidativo constante de deuda pública | Las IIC autorizadas como fondos del mercado monetario (FMM) de conformidad con el Reglamento (UE) 2017/1131 sobre fondos del mercado monetario, en función de la categoría a la que en cada caso pertenezcan.  |
| FMM a corto plazo de valor liquidativo de baja volatilidad.       |  |
| FMM a corto plazo de valor liquidativo variable.                  |  |
| FMM estándar de valor liquidativo variable.                       |  |
| Renta fija euro a corto plazo                                     | IIC que no habiendo sido clasificadas como monetarias reúnan los siguientes requisitos:<br>Ausencia de exposición total a renta variable.<br>Duración de la cartera igual o inferior a 1 año.<br>Máximo del 10 % de la exposición total en riesgo divisa   |
| Renta fija euro.  | Ausencia de exposición total a renta variable.<br>Duración de la cartera superior a un año.<br>Máximo del 10 % de la exposición total en riesgo divisa   |
| Renta fija internacional.   | Ausencia de exposición total a renta variable.<br>Posibilidad de tener más del 10 % de la exposición total en riesgo divisa.   |
| Renta fija mixta euro.  | Menos del 30 % de la exposición total en renta variable.<br>La suma de las inversiones en valores de renta variable emitidos por entidades radicadas fuera del área euro, más la exposición al riesgo divisa no superará el 30 %   |
| Renta fija mixta internacional.                                   | Menos del 30 % de la exposición total en renta variable.<br>La suma de las inversiones en valores de renta variable emitidos por entidades radicadas fuera del área euro, más la exposición al riesgo divisa podrá superar el 30 %   |
| Renta variable mixta euro.  | Entre el 30 % y el 75 % de la exposición total en renta variable.<br>La suma de las inversiones en valores de renta variable emitidos por entidades radicadas fuera del área euro, más la exposición al riesgo divisa no superará el 30 %.   |
| Renta variable mixta internacional.                               | Entre el 30 % y el 75 % de la exposición total en renta variable.<br>La suma de las inversiones en valores de renta variable emitidos por entidades radicadas fuera del área euro, más la exposición al riesgo divisa podrá superar el 30 %.   |
| Renta variable euro   | Más del 75 % de la exposición total en renta variable.<br>Al menos el 60 % de la exposición total en renta variable emitida por entidades radicadas en el área euro.<br>Máximo del 30 % de la exposición total en riesgo divisa.   |
| Renta variable internacional.                                     | Más del 75 % de la exposición total en renta variable no habiendo sido clasificado como renta variable euro.   |
| IIC que replica un índice   | IIC que replican o reproducen un índice, incluidas las IIC cotizadas del artículo 79 del RIIC.   |
| IIC con objetivo concreto de rentabilidad no garantizado          | IIC que tengan un objetivo concreto de rentabilidad no garantizado.  |
| Garantizado de rendimiento fijo.                                  | IIC para el que existe garantía de un tercero y que asegura la inversión más un rendimiento fijo.  |
| Garantizado de rendimiento variable.                              | IIC con la garantía de un tercero y que asegura la recuperación de la inversión inicial más una posible cantidad total o parcialmente vinculada a la evolución de instrumentos de renta variable, divisa o cualquier otro activo. Además incluye toda aquella IIC con la garantía de un tercero que asegura la recuperación de la inversión inicial y realiza una gestión activa de una parte del patrimonio   |
| De garantía parcial.  | IIC con objetivo concreto de rentabilidad a vencimiento, ligado a la evolución de instrumentos de renta variable, divisa o cualquier otro activo, para el que existe la garantía de un tercero y que asegura la recuperación de un porcentaje inferior al 100 % de la inversión inicial. Además incluye toda aquella IIC con la garantía de un tercero que asegura la recuperación de un porcentaje inferior al 100% de la inversión inicial y realiza una gestión activa de una parte del patrimonio. |
| Retorno absoluto.   | IIC que se fija como objetivo de gestión, no garantizado, conseguir una determinada rentabilidad/riesgo periódica. Para ello sigue técnicas de valor absoluto, "relative value", dinámicas   |
| Global  | IIC cuya política de inversión no encaje en ninguna de las vocaciones señaladas anteriormente.   |

Fuente: Elaboración propia según datos de la Comisión Nacional del Mercado de Valores (CNMV).

## **Anexo II. Ventajas y desventajas de los fondos de inversión.**

Se pueden destacar como principales ventajas sobre otros instrumentos las siguientes:

- **Gestión profesional:** Los fondos de inversión están dirigidos y gestionados por un grupo de profesionales con conocimientos financieros, lo que supondrá un incremento de la rentabilidad esperada y una seguridad para el inversor.
- **No necesita vigilancia:** Si un inversor individual gestiona su cartera de acciones debe estar continuamente observando los valores. De esta forma la gestión profesional ahorra mucho tiempo a los inversores.
- **No tiene limitaciones de entrada:** No es necesaria una gran inversión inicial ya que normalmente el coste de sus participaciones es limitado. Además, al adquirir participaciones se puede adquirir solo una.
- **Acceso a numerosos mercados:** Los fondos de inversión ofrecen la posibilidad de acceder a diversos mercados fácilmente ya que con poco capital se pueden comprar participaciones de fondos de renta fija o fondos compuestos por valores de mercados internacionales.
- **Fiscalidad ventajosa:** se permite el traspaso entre fondos sin tener que pagar impuestos y solamente se pagan en el momento de la venta.
- **Transparencia:** Los fondos de inversión están sometidos a la vigilancia de los reguladores de cada país. Además están obligados a proporcionar a los partícipes información relevante sobre el fondo y también se puede conocer el valor liquidativo diario.
- **Costes reducidos:** son menores que en otros instrumentos ya que las comisiones de intermediación son reducidas. Suelen cobrarse comisiones de suscripción, de reembolso, de gestión y de depósito.
- **Diversificación:** La mayoría de los fondos tienen un amplio abanico de activos, por lo tanto, cuando se adquieren participaciones de un fondo se están adquiriendo pequeñas partes de diversos activos lo que lleva a una diversificación natural.

### **Anexo III. Ventajas y desventajas del trading algorítmico.**

Se pueden destacar las siguientes ventajas:

- Reducidos costes de transacción: Los sistemas informáticos son más rápidos a la hora de reaccionar frente a los cambios en las condiciones del mercado porque existe una gran conexión coherente entre el deseo de inversión en un activo y las instrucciones u órdenes insertadas en el sistema algorítmico, lo que se traduce en un menor coste de impacto en el mercado, menor riesgo y coste de oportunidad.
- Comisiones más bajas: porque los sistemas algorítmicos solo proporcionan servicios de ejecución.
- Transparencia: Dado que las reglas de ejecución para cada orden se entregan a los inversores por adelantado, se sabrá exactamente como ejecutará el algoritmo las acciones en el mercado.
- Fuga mínima de información: El trader comprador puede especificar sus instrucciones mediante el algoritmo sin tener que proporcionar información adicional al agente, por lo tanto, la fuga de información privada se minimiza.
- Eliminación de las emociones: La inexistencia de las emociones en los ordenadores hace que los traders disminuyan notablemente sus errores humanos por miedo o codicia.
- Rapidez a la hora de ejecutar: También se tiene la gran ventaja de que los ordenadores pueden abrir y cerrar cientos de posiciones de manera muy precisa en muy pocos segundos mientras que el ser humano tiene limitaciones de velocidad físicas en las cuales pierde oportunidades de compra y venta. Además, los ordenadores también son capaces de ejecutar múltiples estrategias en distintos instrumentos al mismo tiempo o estar funcionando durante días sin tener la necesidad de descansar. El ser humano no puede abrir y cerrar posiciones en varios mercados a la vez y necesita descansar cada día.
- Backtesting: En mi opinión es la mayor ventaja de este tipo de sistemas dado que permite examinar cómo funcionan los algoritmos mediante simulaciones en datos históricos para comprobar si el sistema es viable y si no lo es para modificar los parámetros del algoritmo.

Se pueden destacar las siguientes desventajas:

- Evaluación continua: Los inversores necesitan estar evaluando casi a diario sus sistemas para asegurarse que están optimizando sus resultados al 100% o estar supervisando el sistema por el entorno cambiante del mercado.
- Demasiado específicos: Este tipo de sistemas suelen ser muy complejos y específicos, por tanto, funcionan exactamente como se les indica y en el caso de que ocurran eventos inesperados posiblemente el sistema no esté programado para ese mercado y genere un rendimiento menor y mayores costes.
- Dificultad técnica: Los inversores necesitan tener conocimientos matemáticos para diseñar el algoritmo o conocimientos en análisis técnico para entender su funcionamiento. Otro gran problema es que los traders necesitan diferenciar entre cientos de algoritmos con nombres complejos y con una base de datos cambiante que crea confusión a la hora de tener que escoger.
- Comodidad: Los inversores pueden mantener los mismos sistemas durante demasiado tiempo independientemente de las ganancias que tengan o de las condiciones del mercado, únicamente por estar familiarizados solo con un algoritmo y por pereza no querer actualizar su sistema, esto puede crear mayores gastos de gestión o desajustes a largo plazo

#### Anexo IV. Principales características del ETF utilizado para el sistema.

Se resumen las principales características del fondo ACCIÓN ETF IBEX 35 FI, COTIZADO ARMONIZADO

En la siguiente ilustración se puede observar la composición del índice que replica el ETF, en este caso el IBEX 35. También se pueden observar las principales capitalizaciones de las compañías.

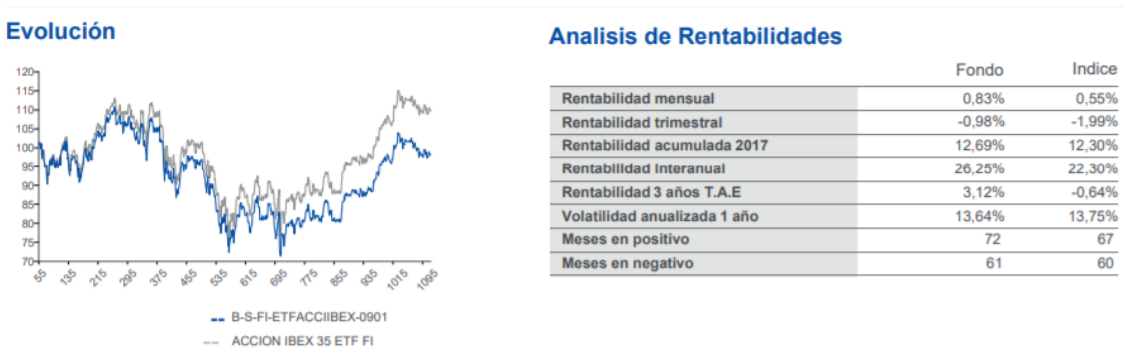
Gráfico Anexo 1. Composición del IBEX 35.



Fuente: Bolsas y Mercados Españoles (BME).

A continuación, en la ilustración se detalla la evolución y la rentabilidad del índice y del fondo. Se puede ver que tienen una evolución y rentabilidad pareja pero el índice la supera ya que en la gestión pasiva es prácticamente imposible batir al índice.

Gráfico Anexo 2. Evolución y rentabilidades del índice y del ETF.



Fuente: Bolsas y Mercados Españoles (BME).

## Anexo V. Algoritmo inicial del sistema de trading.

//DEFINICIÓN DE INDICADORES

SMA50=**Average**[50](close)

SMA200=**Average**[200](close)

ATR=**AverageTrueRange**[14](close)

MiRSI = **RSI**[14](close)

MiBollingerDown = **BollingerDown**[100](Close)

MiBollingerUp = **BollingerUp**[100](Close)

//SISTEMA TENDENCIAL BASADO EN 2 MMS Y ATR

////Orden de compra a largo

**IF SMA50 CROSSES OVER SMA200 AND ATR>0.045 THEN**  
    **BUY 1000 shares AT MARKET ENDIF**

//// Orden de venta a largo

**IF SMA50 CROSSES UNDER SMA200 AND ATR>0.045 THEN**  
    **SELL AT MARKET**  
**ENDIF**

//// Orden de compra a corto

**IF SMA50 CROSSES UNDER SMA200 AND ATR>0.045 THEN**  
    **SELLSHORT 1000 shares AT MARKET**  
**ENDIF**

//// Orden de venta a corto

**IF SMA50 CROSSES OVER SMA200 AND ATR>0.045 THEN**  
    **EXITSHORT AT MARKET**  
**ENDIF**

//SISTEMA TENDENCIAL BASADO EN BANDAS DE BOLLINGER Y RSI

////Orden de compra a largo

**IF MiRSI < 30 AND CLOSE < MiBollingerDown THEN**  
    **BUY 1000 CASH AT MARKET ENDIF**

//// Orden de venta a largo

**IF MiRSI > 70 AND CLOSE > MiBollingerUp THEN**  
    **SELL AT MARKET**  
**ENDIF**

//// Orden de compra a corto

**IF MiRSI > 70 AND CLOSE > MibollingerUp THEN**  
    **SELLSHORT 1000 CASH AT MARKET**



ENDIF

//// Orden de venta a corto

IF MiRSI < 30 and CLOSE < MiBollingerDown THEN

    EXITSHORT AT MARKET

ENDIF

## Anexo VI. Tabla de traducción de comandos.

Tabla Anexo 2. Tabla de traducción de comandos.

| Condicionante | Traducción                   | Función   |
|---------------|------------------------------|---|
| IF            | SI CONDICIONAL               | Permite condicionar un resultado a la verificación de una o varias condiciones  |
| AND           | Y                            | Añade otro comando a la condición   |
| THEN          | ENTONCES                     | Funciona después de la condición (IF) y define la acción que tendrá lugar si se cumple el condicionante   |
| BUY           | COMPRA A LARGO               | Comando para introducir compra a largo en el sistema  |
| SELL          | VENTA A LARGO                | Comando para salir de la posición larga   |
| SELLSHORT     | COMPRA A CORTO               | Comando para introducir una compra a corto  |
| EXITSHORT     | VENTA A CORTO                | Comando para salir de la posición corta   |
| SHARES/CASH   | ACCIONES/CAPITAL EN EFECTIVO | Indica lo que se está comprando, en este caso dependiendo de la orden son acciones o capital en efectivo en efectivo                                    |
| AT MARKET     | PRECIO DE MERCADO            | Indica el precio de compra o venta de las órdenes, en este caso a precio de mercado.  |
| ENDIF         | FIN DE LA CONDICIÓN          | Indica el fin de la condición, hay que escribirlo obligatoriamente al final de cada orden   |
| CROSSES OVER  | CRUZA AL ALZA                | Indica que una curva cruza por encima a otra  |
| CROSSES UNDER | CRUZA A LA BAJA              | Indica que una curva cruza por debajo a otra  |
| CLOSE         | PRECIO DE CIERRE             | Indica que el comando se está valorando a precio de cierre o para que se cumpla una condición, esta tiene que ser mayor o menor que el precio de cierre |

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo VII. Explicación de los ratios más importantes del Backtest.

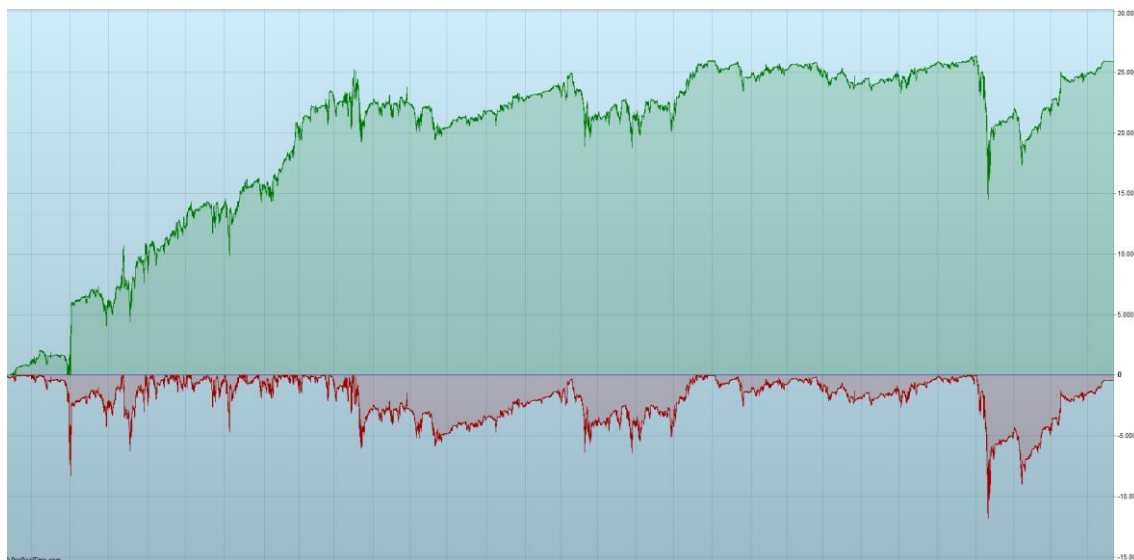
Tabla Anexo 3. Tabla de explicación de los ratios más importantes del Backtest.

| Ratio                                      | Definición   | Observación   |
|--|--|---|
| <b>Ganancia</b>                            | Beneficio total neto de la sistema durante toda la estrategia                              | Debe ser analizado juntamente con los demás ratios importantes, sería un error solo fijarse en los beneficios                                     |
| <b>Ratio Ganancia/Perdida</b>              | Mide el porcentaje de posiciones beneficiosas frente a las perdedoras                      | Si el ratio es superior a 1 el sistema será rentable ya que las posiciones beneficiosas serán mayores   |
| <b>Ganancia media</b>                      | Beneficio medio respecto al total de operaciones realizadas                                | Es conveniente que sea 3 veces mayor al gasto originado por comisiones  |
| <b>Máximo Runup</b>                        | Se refiere a la subida máxima de la curva de beneficios desde el punto mínimo de beneficio | Es recomendable que tipo de operaciones han dado la máxima rentabilidad al sistema para poder aplicarlas si se da la misma situación en el futuro |
| <b>Máximo Drawdown</b>                     | Se refiere a la caída máxima de la curva de beneficios desde el punto máximo de beneficio  | Conocer este ratio en el marco temporal histórico puede prevenir que se repita en el futuro   |
| <b>Ratio de Sharpe</b>                     | Muestra hasta qué punto compensa la rentabilidad respecto al riesgo asumido                | Sería una buena medida si se compara con otro ETF aplicando el mismo sistema, el que tiene mayor ratio proporciona mejor rendimiento              |
| <b>Rendimiento anual</b>                   | Beneficio porcentual de la inversión al año  | Es útil para compararlo con otros productos financieros como bonos, letras del tesoro o acciones  |
| <b>Número total de posiciones</b>          | Indica el número total de posiciones ejecutadas en el periodo                              | Se debe tener en cuenta para saber si el sistema se ejecuta correctamente con la operativa programada o se han dado demasiadas condiciones        |
| <b>Porcentaje de operaciones ganadoras</b> | Indica el porcentaje de operaciones ganadas en el sistema                                  | Mejor definida estará el sistema cuando más alto sea el porcentaje  |

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo VIII. Gráficos complementarios al Backtest.

Gráfico Anexo 3. Gráfico Runup vs Drawdown del sistema.



Fuente: Elaboración propia.





Tabla Anexo 4. Calendario de rendimiento del sistema.

| ▼ año | enero   | febrero | marzo   | abril  | mayo   | junio   | julio   | agosto | septiembre | octubre | noviembre | diciembre | Total   |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|------------|---------|-----------|-----------|---------|
| 2021  | +1,02%  | +0,38%  | +0,64%  | +2,64% | -0,09% |         |         |        |            |         |           |           | +4,65%  |
| 2020  | +0,90%  | +0,44%  | -19,13% | +2,02% | +2,91% | -9,20%  | +4,42%  | +5,72% | +0,83%     | +2,76%  | +8,03%    | -1,02%    | -4,43%  |
| 2019  | -0,35%  | +1,68%  | -0,30%  | +0,58% | +0,39% | +0,63%  | +1,16%  | -0,72% |            | +0,58%  | -0,20%    | +0,37%    | +3,86%  |
| 2018  | -2,25%  | -2,17%  | +2,22%  |        | -4,40% | +0,71%  | +1,41%  | -1,49% | +1,30%     | +0,29%  | -0,07%    | +1,22%    | -3,38%  |
| 2017  | +1,10%  | +0,45%  | -3,77%  | +1,24% | -0,84% | +1,96%  | +0,47%  | +0,54% | -0,85%     | +1,28%  | -0,37%    | +0,88%    | +1,96%  |
| 2016  | -5,30%  | +0,44%  | +5,34%  | -1,67% | -0,18% | +2,83%  | +2,14%  | -0,08% | +7,69%     | +0,43%  | +0,89%    | -2,37%    | +9,96%  |
| 2015  | -0,24%  | +0,70%  | +0,79%  | +0,77% | +1,32% | +2,59%  | -3,62%  |        | -7,58%     | -0,68%  | +3,11%    | +2,03%    | -1,29%  |
| 2014  | -6,82%  | -0,39%  | +2,80%  | +0,87% | +0,14% | -0,44%  | +0,13%  | +2,24% | +0,14%     | -0,10%  | +1,88%    | +2,75%    | +2,89%  |
| 2013  | -0,23%  | -1,14%  | +1,12%  | +0,09% | -0,78% |         | +1,96%  | -1,55% |            |         | -1,45%    | +0,48%    | -1,55%  |
| 2012  | +0,50%  | +0,56%  | +4,29%  | -4,27% | +1,19% | +1,25%  | +5,55%  |        | -12,38%    | +1,71%  | +3,58%    | +1,52%    | +2,26%  |
| 2011  | +3,14%  | +2,12%  | +2,88%  | +2,91% | +2,47% | +1,83%  | +3,28%  | +5,00% | +4,69%     |         | +2,82%    | -0,03%    | +35,77% |
| 2010  | +0,81%  | -0,36%  | -4,67%  | +5,69% | -5,63% | +10,54% | +3,91%  | -1,65% | +0,21%     | +1,73%  | +0,91%    | -3,69%    | +6,90%  |
| 2009  | +6,94%  | +3,47%  | -4,14%  | +6,22% | -1,19% |         | +11,32% | +0,54% | +5,33%     | -0,70%  | +1,16%    | +1,88%    | +34,30% |
| 2008  | -18,44% | +4,14%  | -2,02%  | +9,96% | +0,53% | -3,48%  | -6,07%  |        | +12,58%    | +5,15%  | +11,66%   | +4,78%    | +15,52% |
| 2007  |         |         |         |        | -0,39% | +3,17%  | +1,84%  | +3,83% | +7,13%     | -3,60%  | +0,03%    | +0,60%    | +12,93% |

Fuente: Elaboración propia.

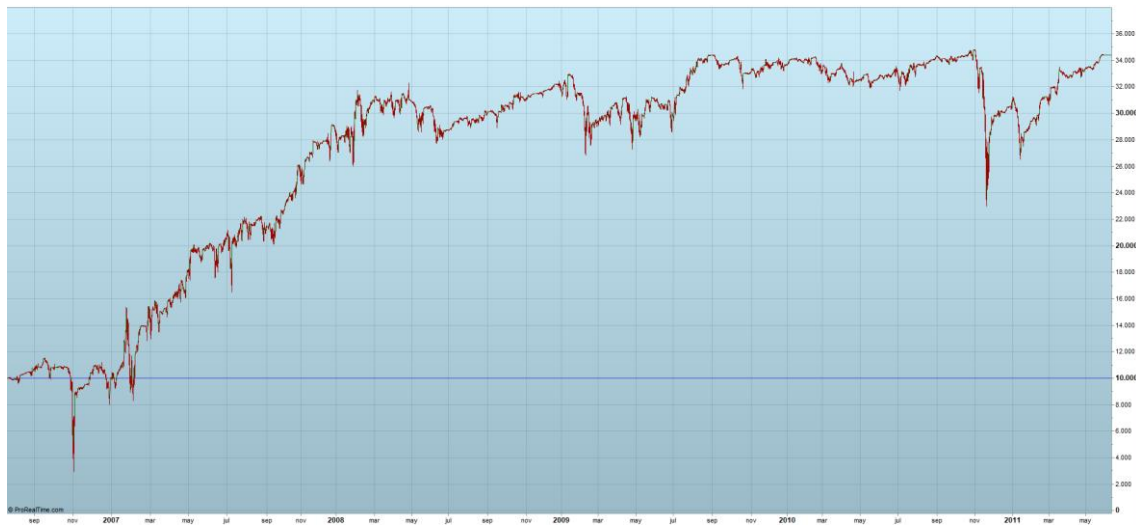
## Anexo IX. Estadísticas y gráficos complementarios del sistema optimizado.

Tabla Anexo 5. Backtest del sistema optimizado.

|  Ganancias y pérdidas | Todas posiciones           | Compras                    | Ventas a corto             |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Ganancia   | 24.407,74 €                | 10.709,74 €                | 13.698,00 €                |
| % Ganancia   | 244,08%                    | 107,1%                     | 136,98%                    |
| Solo ganancias   | 64.821,56 €                | 35.520,25 €                | 29.301,31 €                |
| Solo pérdidas  | -40.413,82 €               | -24.810,51 €               | -15.603,32 €               |
| Ratio gan/pérd   | 1,6                        | 1,43                       | 1,88                       |
| Ganancia media   | 73,52 €                    | 64,52 €                    | 82,52 €                    |
| Gan media posic ganadoras  | 261,38 €                   | 286,45 €                   | 236,30 €                   |
| Pérdida media posic perdedoras   | -481,12 €                  | -590,73 €                  | -371,51 €                  |
| Ganan máx por posic  | 2.249,15 €                 | 2.249,15 €                 | 1.674,15 €                 |
| Pérd máx por posic   | -5.655,00 €                | -5.655,00 €                | -2.789,43 €                |
| Max Runup  | 31.858,36 €                | 19.308,78 €                | 13.830,02 €                |
| % Máx Runup  | 1.086,82%                  | 870,53%                    | 167,24%                    |
| Nº máx ganancias consecutivas  | 13                         | 13                         | 19                         |
| Máx Drawdown   | -11.814,02 €               | -11.900,92 €               | -7.496,03 €                |
| % Máx Drawdown   | -33,96%                    | -55,28%                    | -33,92%                    |
| Nº máx pérdidas consecutivas   | 3                          | 3                          | 3                          |
| Desv típica pérdidas y ganancias   | 591,22 €                   | 690,74 €                   | 470,97 €                   |
| Ratio de Sharpe  | 0,62                       | 0,62                       | 0,63                       |
| Rendimiento anual  | 8,59%                      | 4,97%                      | 5,92%                      |
| AHPR   | 0,41%                      | 0,31%                      | 0,51%                      |
| GHPR   | 0,37%                      | 0,26%                      | 0,48%                      |
| Coef Riesgo/beneficio  | 0,54                       | 0,48                       | 0,64                       |
| Z-Score  | 0,29                       | 0,77                       | 1,19                       |
| Comisión total   | 8.347,95 €                 | 4.338,75 €                 | 4.009,20 €                 |
|  Operaciones        | Todas posiciones           | Compras                    | Ventas a corto             |
| Total posiciones   | 332                        | 166                        | 166                        |
| % posic. ganadoras   | 74,7%                      | 74,7%                      | 74,7%                      |
| Operaciones con ganancias  | 248                        | 124                        | 124                        |
| Operaciones neutras  | 0                          | 0                          | 0                          |
| Operaciones con pérdidas   | 84                         | 42                         | 42                         |
|  Riesgos            | Todas posiciones           | Compras                    | Ventas a corto             |
| % Máx de exposición al riesgo  | 684,79%                    | 684,79%                    | 517,33%                    |
| % Medio exposición al riesgo   | 120,79%                    | 128,34%                    | 112,57%                    |
| Exposición máx.  | 226,16%                    | 225,8%                     | 157,13%                    |
| Exposición media   | 77,76%                     | 86,02%                     | 68,56%                     |
|  Tiempo             | Todas posiciones           | Compras                    | Ventas a corto             |
| Duración   | 5115D 8h 20m               | 5115D 8h 20m               | 5115D 8h 20m               |
| Tiempo en mercado  | 3D 20h 16m 31s             | 3D 21h 20m 37s             | 3D 19h 12m 24s             |
| % Tiempo en el mercado   | 99,97%                     | 50,56%                     | 49,4%                      |
| Tiempo medio en mercado:   | 10D 6h 26m 11s (193 velas) | 10D 7h 30m 17s (203 velas) | 10D 5h 22m 4s (182 velas)  |
| Tiempo medio entre operaciones   | 1m 52s (0 velas)           | 10D 5h 25m 50s (183 velas) | 10D 7h 34m 3s (203 velas)  |
| Duración media opes ganadoras  | 8D 6h 1m 24s (148 velas)   | 9D 3h 13m 55s (160 velas)  | 8D 0h 13m 52s (137 velas)  |
| Duración media posic perdedoras  | 16D 6h 50m 15s (324 velas) | 15D 2h 32m 37s (332 velas) | 18D 2h 32m 52s (316 velas) |
| Duración media opes neutras  | n/d                        | n/d                        | n/d                        |
| Fecha máx DrawDown   | 16-mar-2020 14:40:00       | 16-mar-2020 14:40:00       | 08-jun-2020 14:20:00       |
| Fecha máx RunUp  | 19-feb-2020 12:50:00       | 19-feb-2020 12:50:00       | 13-ago-2012 9:00:00        |
| Máx estancamiento  | 1122D 20h 40m              | 760D                       | 3217D 8h 30m               |
| % estancamiento máx  | 20,67%                     | 13,99%                     | 59,22%                     |
| Media órd ejecut/día   | 1,2                        | 1,2                        | 1,2                        |
| Media órd ejecut/mes   | 25,18                      | 25,18                      | 25,18                      |

Fuente: Elaboración propia

*Gráfico Anexo 4. Curva de capital del sistema optimizado.*



Fuente: Elaboración propia.

*Gráfico Anexo 5. Gráfico Runup vs Drawdown del sistema optimizado.*



Fuente: Elaboración propia.





Tabla Anexo 6. Calendario de rendimiento del sistema optimizado.

| ▼ año | enero   | febrero | marzo   | abril   | mayo   | junio  | julio  | agosto | septiembre | octubre | noviembre | diciembre | Total   |
|-------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|------------|---------|-----------|-----------|---------|
| 2021  | +0,86%  | +0,32%  | +0,54%  | +2,24%  | -0,08% |        |        |        |            |         |           |           | +3,93%  |
| 2020  | +0,76%  | +0,38%  | -14,27% | +1,63%  | +2,35% | -7,48% | +3,52% | +4,60% | +0,67%     | +2,26%  | +4,52%    | -0,86%    | -3,60%  |
| 2019  | -0,30%  | +1,42%  | -0,25%  | +0,49%  | +0,33% | +0,54% | +0,99% | -0,61% |            | +0,49%  | -0,17%    | +0,32%    | +3,27%  |
| 2018  | -1,91%  | -1,85%  | +1,88%  |         | -3,73% | +0,60% | +1,19% | -1,26% | +1,10%     | +0,24%  | -0,06%    | +1,03%    | -2,88%  |
| 2017  | +0,93%  | +0,38%  | -3,21%  | +1,05%  | -0,71% | +1,66% | +0,40% | +0,46% | -0,72%     | +1,08%  | -0,32%    | +0,74%    | +1,66%  |
| 2016  | -4,43%  | +0,37%  | +4,43%  | -1,39%  | -0,15% | +2,36% | +1,80% | -0,07% | +6,46%     | +0,36%  | +0,76%    | -2,02%    | +8,33%  |
| 2015  | -0,20%  | +0,59%  | +0,66%  | +0,65%  | +1,11% | +2,11% | -4,12% |        | -6,47%     | +1,08%  | +2,58%    | +1,70%    | -0,70%  |
| 2014  | -5,71%  | -0,32%  | +2,32%  | +0,73%  | +0,12% | -0,37% | +0,11% | +1,87% | +0,12%     | -0,08%  | +1,57%    | +2,30%    | +2,42%  |
| 2013  | -0,19%  | -0,95%  | +0,93%  | +0,08%  | -0,65% |        | +1,63% | -1,29% |            |         | -1,86%    | +0,40%    | -1,94%  |
| 2012  | +0,46%  | +0,51%  | +3,93%  | -3,93%  | +1,09% | +1,15% | +5,10% | +3,01% | -4,78%     | +1,41%  | +2,96%    | +1,27%    | +12,37% |
| 2011  | +1,52%  | +1,35%  | +2,58%  | +2,61%  | +2,22% | +1,65% | +2,97% | +2,95% | +4,34%     | +1,45%  | +2,69%    | -0,03%    | +29,66% |
| 2010  | +0,71%  | -0,30%  | -0,18%  | +4,76%  | -1,61% | +5,83% | +0,91% | -1,48% | -0,70%     | +1,51%  | +0,80%    | -3,16%    | +6,96%  |
| 2009  | +8,59%  | +4,77%  | -4,79%  | +5,70%  | -1,10% |        | +9,97% | +0,39% | +12,91%    | +0,57%  | -0,68%    | +1,83%    | +43,59% |
| 2008  | -19,13% | +6,10%  | +2,47%  | +13,97% | +0,50% | -3,30% | -5,50% |        | +10,85%    | +5,16%  | +15,04%   | +3,79%    | +28,09% |
| 2007  |         |         |         |         | -0,39% | +3,17% | +1,29% | +4,39% | +5,59%     | -5,82%  | +0,03%    | +0,62%    | +8,78%  |

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo X. Estadísticas y gráficos complementarios del sistema validado.

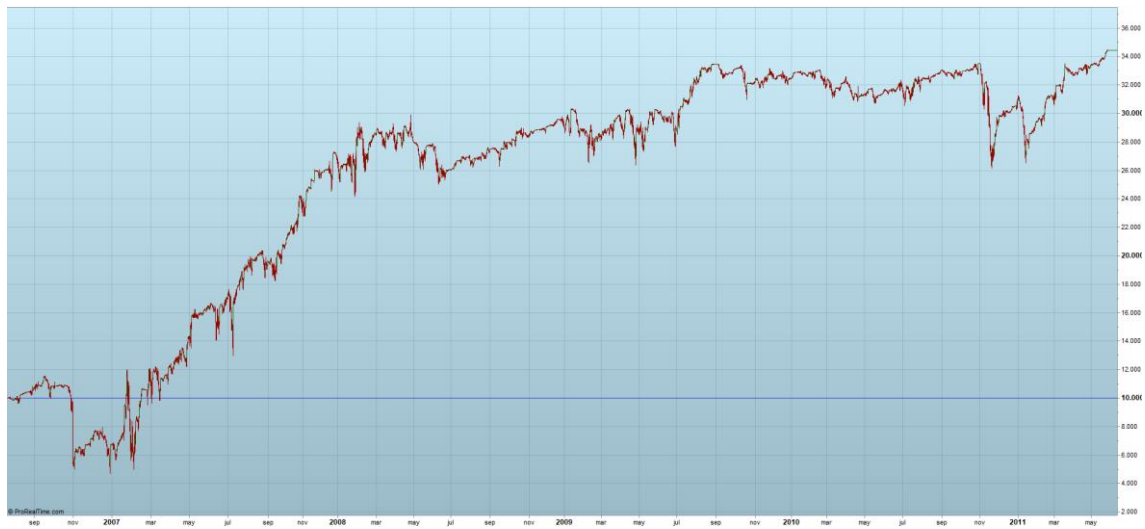
Tabla Anexo 7. Backtest del sistema validado.

|  Ganancias y pérdidas | Todas posiciones           | Compras                    | Ventas a corto             |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Ganancia   | 24.420,36 €                | 10.828,12 €                | 13.592,24 €                |
| % Ganancia   | 244,2%                     | 108,28%                    | 135,92%                    |
| Solo ganancias   | 66.689,25 €                | 37.198,59 €                | 29.490,66 €                |
| Solo pérdidas  | -42.268,88 €               | -26.370,46 €               | -15.898,42 €               |
| Ratio gan/pérd   | 1,58                       | 1,41                       | 1,85                       |
| Ganancia media   | 72,04 €                    | 63,32 €                    | 80,91 €                    |
| Gan media posic ganadoras  | 266,76 €                   | 295,23 €                   | 237,83 €                   |
| Pérdida media posic perdedoras   | -474,93 €                  | -586,01 €                  | -361,33 €                  |
| Ganan máx por posic  | 2.249,15 €                 | 2.249,15 €                 | 1.894,15 €                 |
| Pérd máx por posic   | -5.512,53 €                | -5.512,53 €                | -2.789,43 €                |
| Max Runup  | 29.771,33 €                | 18.236,02 €                | 13.554,91 €                |
| % Máx Runup  | 633,85%                    | 951,57%                    | 153,73%                    |
| Nº máx ganancias consecutivas  | 13                         | 14                         | 9                          |
| Máx Drawdown   | -7.356,91 €                | -8.565,56 €                | -7.524,19 €                |
| % Máx Drawdown   | -21,94%                    | -81,72%                    | -33,63%                    |
| Nº máx pérdidas consecutivas   | 4                          | 4                          | 4                          |
| Desv típica pérdidas y ganancias   | 622,36 €                   | 741,08 €                   | 471,63 €                   |
| Ratio de Sharpe  | 0,58                       | 0,58                       | 0,58                       |
| Rendimiento anual  | 8,59%                      | 5,01%                      | 5,89%                      |
| AHPR   | 0,47%                      | 0,29%                      | 0,65%                      |
| GHPR   | 0,37%                      | 0,12%                      | 0,61%                      |
| Coef Riesgo/beneficio  | 0,56                       | 0,5                        | 0,66                       |
| Z-Score  | 0,03                       | 0,43                       | 1,11                       |
| Comisión total   | 8.361,60 €                 | 4.348,50 €                 | 4.013,10 €                 |
|  Operaciones        | Todas posiciones           | Compras                    | Ventas a corto             |
| Total posiciones   | 339                        | 171                        | 168                        |
| % posic. ganadoras   | 73,75%                     | 73,68%                     | 73,81%                     |
| Operaciones con ganancias  | 250                        | 126                        | 124                        |
| Operaciones neutras  | 0                          | 0                          | 0                          |
| Operaciones con pérdidas   | 89                         | 45                         | 44                         |
|  Riesgos            | Todas posiciones           | Compras                    | Ventas a corto             |
| % Máx de exposición al riesgo  | 545,58%                    | 545,58%                    | 517,33%                    |
| % Medio exposición al riesgo   | 115,12%                    | 118,69%                    | 111,22%                    |
| Exposición máx.  | 175,74%                    | 175,46%                    | 157,08%                    |
| Exposición media   | 81,31%                     | 85,59%                     | 76,61%                     |
|  Tiempo             | Todas posiciones           | Compras                    | Ventas a corto             |
| Duración   | 5115D 8h 20m               | 5115D 8h 20m               | 5115D 8h 20m               |
| Tiempo en mercado  | 3D 17h 59m 10s             | 3D 18h 2m 58s              | 3D 17h 55m 19s             |
| % Tiempo en el mercado   | 99,54%                     | 50,25%                     | 49,3%                      |
| Tiempo medio en mercado:   | 10D 4h 8m 50s (188 velas)  | 10D 4h 12m 38s (196 velas) | 10D 4h 4m 59s (181 velas)  |
| Tiempo medio entre operaciones   | 24m 51s (0 velas)          | 10D 3h 19m 36s (179 velas) | 10D 6h 39m 16s (200 velas) |
| Duración media opes ganadoras  | 8D 5h 46m 34s (149 velas)  | 9D 0h 23m 34s (156 velas)  | 8D 2h 31m 27s (141 velas)  |
| Duración media posic perdedoras  | 15D 4h 52m 36s (300 velas) | 14D 4h 36m 1s (307 velas)  | 16D 5h 21m 16s (293 velas) |
| Duración media opes neutras  | n/d                        | n/d                        | n/d                        |
| Fecha máx DrawDown   | 16-mar-2020 14:40:00       | 27-oct-2008 9:10:00        | 08-jun-2020 14:20:00       |
| Fecha máx RunUp  | 28-abr-2021 9:00:00        | 19-feb-2020 12:50:00       | 13-ago-2012 9:00:00        |
| Máx estancamiento  | 1165D 18h 50m              | 969D 4h 20m                | 3217D 8h 30m               |
| % estancamiento máx  | 21,46%                     | 17,84%                     | 59,22%                     |
| Media órđ ejecut/día   | 1,2                        | 1,2                        | 1,2                        |
| Media órđ ejecut/mes   | 25,22                      | 25,22                      | 25,22                      |

Fuente: Elaboración propia.



*Gráfico Anexo 6. Curva de capital del sistema validado.*



Fuente: Elaboración propia

*Gráfico Anexo 7. Runup vs Drawdown del sistema validado.*



Fuente: Elaboración propia

Tabla Anexo 8. Calendario de rendimiento del sistema validado.

| ▼ año | enero   | febrero | marzo   | abril   | mayo   | junio  | julio   | agosto | septiembre | octubre | noviembre | diciembre | Total   |
|-------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|------------|---------|-----------|-----------|---------|
| 2021  | +0,86%  | +0,32%  | +0,54%  | +2,24%  | -0,08% |        |         |        |            |         |           |           | +3,93%  |
| 2020  | +0,79%  | +0,39%  | -11,00% | +1,63%  | +2,35% | -7,48% | +3,52%  | +4,60% | +0,67%     | +2,26%  | +4,52%    | -0,86%    | +0,12%  |
| 2019  | -0,31%  | +1,47%  | -0,26%  | +0,51%  | +0,35% | +0,38% | +1,03%  | -0,64% |            | +0,51%  | -0,18%    | +0,33%    | +3,22%  |
| 2018  | -1,98%  | -1,91%  | +1,95%  |         | -3,87% | +0,62% | +1,24%  | -1,30% | +1,14%     | +0,25%  | -0,06%    | +1,07%    | -2,99%  |
| 2017  | +0,96%  | +0,39%  | -3,30%  | +1,08%  | -0,73% | +1,70% | -0,50%  | +0,48% | -0,75%     | +1,12%  | -0,33%    | +0,77%    | +0,79%  |
| 2016  | -4,57%  | +0,38%  | +4,57%  | -1,44%  | -0,15% | +2,43% | +1,85%  | -0,07% | +6,65%     | +0,37%  | +0,78%    | -2,07%    | +8,58%  |
| 2015  | -0,22%  | +0,64%  | +0,72%  | +0,70%  | +1,21% | +2,30% | -4,47%  | -0,64% | -0,53%     | +1,15%  | +2,66%    | +1,75%    | +5,20%  |
| 2014  | -6,26%  | -0,36%  | +2,56%  | +0,80%  | +0,13% | -0,41% | +0,41%  | +2,05% | +0,13%     | -0,09%  | +1,72%    | +2,52%    | +2,93%  |
| 2013  | -0,21%  | -1,03%  | +1,01%  | +0,08%  | -0,70% |        | +1,77%  | -1,40% | -2,53%     |         | -0,68%    | +0,44%    | -3,27%  |
| 2012  | +0,49%  | +0,55%  | +4,21%  | -4,19%  | +1,17% | +1,23% | +5,46%  | +1,41% | -5,18%     | +1,53%  | +3,21%    | +1,37%    | +11,30% |
| 2011  | +1,67%  | +1,48%  | +2,82%  | +2,85%  | +2,42% | +1,80% | +3,22%  | +3,19% | +4,68%     | +2,00%  | +2,52%    | -0,03%    | +32,61% |
| 2010  | +0,86%  | -0,36%  | -0,21%  | +5,78%  | +2,57% | +6,72% | +2,55%  | +1,23% | -0,77%     | +1,66%  | +0,88%    | -3,45%    | +18,44% |
| 2009  | +11,30% | +3,51%  | -6,22%  | +7,52%  | -1,43% |        | +11,26% | +0,50% | +16,58%    | +0,71%  | +1,24%    | +2,23%    | +55,58% |
| 2008  | -42,59% | +3,14%  | +3,66%  | +13,97% | +0,72% | -4,70% | -8,28%  |        | +11,85%    | +11,10% | +14,21%   | +11,08%   | -2,91%  |
| 2007  |         |         |         |         | -0,39% | +3,17% | +1,35%  | +4,68% | +5,57%     | -5,80%  | +0,03%    | +0,62%    | +9,14%  |

Fuente: Elaboración propia.