

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA

**DESARROLLO DE UN SISTEMA
AUTOMÁTICO DE INVERSIÓN BASADO
EN RECONOCIMIENTO DE PATRONES**

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO FIN DE GRADO

Autor: Víctor Sacristán Robles

Director: Javier González-Quijano Álvarez

Junio, 2014

*A mis padres, por el apoyo continuo e incondicional
y a mi novia, por escucharme.*

RESUMEN

El Análisis Técnico de mercados financieros permite obtener de forma mucho más ortodoxa señales de compra/venta en los distintos instrumentos financieros, por tanto, resultando mucho más apropiado que el Análisis Fundamental para implementar estrategias automatizadas de inversión. Mientras que la mayor parte de los análisis de tipo técnico que se realizan están basados en el uso de indicadores técnicos, los análisis basados en la identificación de patrones gráficos en el precio ofrecen aparentemente ciertas ventajas. No obstante, la utilización de los mismos en técnicas automatizadas de trading es infrecuente. En primer lugar, existe mucha controversia sobre la verdadera eficacia de su utilización. Los estudios existentes arrojan resultados muy dispares, no ayudando el hecho de que la mayor parte de los mismos carecen de una metodología adecuada y de análisis cuantitativos completos con base estadística. En segundo lugar, los patrones de precio son poco frecuentes y difíciles de detectar. Esto provoca que se generen muy pocas señales de inversión, aspecto que no ayuda ni a la rentabilidad ni a poder realizar análisis concluyentes sobre los mismos.

El objetivo principal de este trabajo trata fundamentalmente de arrojar luz sobre la controversia existente, y anteriormente citada, sobre la verdadera eficacia del uso de patrones de precio para estrategias automatizadas de inversión. Para ello, se ha desarrollado en primer lugar, un sistema de reconocimiento de patrones de precio automático. El sistema, que se ha implementado utilizando el software Matlab, permite detectar de manera automática patrones de tipo Cabeza-Hombros, Triángulos, Rectángulos, Banderas y Líneas de Tendencia. En segundo lugar, y a diferencia de la mayoría de los trabajos presentes en el estado del arte, se ha realizado un estudio de la capacidad predictiva de los patrones de precio detectados utilizando una metodología desacoplada de las estrategias de inversión que pudieran emplearse con los mismos. Habiéndose observado evidencia estadística de que los patrones tienen capacidad de predicción sobre la dirección que tomarán los precios posterior a la formación del patrón, se ha dado paso, en tercer y último lugar, al diseño de estrategias de inversión sencillas para permitirnos analizar no solo su capacidad de predicción en mayor profundidad si no también el potencial, en términos de rentabilidad, que pueden ofrecer los mismos. Es necesario destacar, que la metodología empleada incluye la optimización de las estrategias por medio de Algoritmos Genéticos. Uno de los puntos fuertes de la metodología es que no solo se analiza el beneficio si no que se tiene en consideración el riesgo, el coste de transacción y la problemática de data snooping descuidados en otros estudios. Otro punto fuerte a destacar es que se han realizado pruebas con datos totalmente nuevos a los usados en el proceso de desarrollo del detector de patrones y en el proceso de optimización.

El análisis realizado en este trabajo arroja resultados muy favorables para la mayor parte de los patrones utilizados. No obstante, no se ha podido demostrar con evidencia estadística la capacidad de predicción de los patrones Cabeza-Hombros. Por otro lado, las estrategias de inversión desarrolladas, y probadas después en el periodo del 2013 y sobre el conjunto de acciones que forman el índice S&P500, el cual subió un 25% ese año, arrojan beneficios de entre el 50% y el 70% con niveles de riesgo bajos.

ABSTRACT

The Technical Analysis used in financial markets is able to generate buy/sell signals in an orthodox way, thus, resulting much more appropriate than Fundamental Analysis to implement automatic investment strategies. Apparently, analysis based on Chart Patterns recognition offer some advantages compared to other technical indicators used in most technical analysis. However, the use of Chart Patterns in automated trading strategies is not very frequent. In first place, there is a lot of controversy in their real effectiveness. The existent studies offer very different results, furthermore, most of them lack of an appropriate methodology and complete quantitative analysis with statistical evidence. In second place, Chart Patterns are not frequent and are hard to detect. This, impede the generation of lot of investment signals, aspects that does not help neither the profitability of any strategy nor to perform conclusive analysis about patterns.

The present study, tries to shed light on top of the existent controversy, pointed out previously, and to test the real effectiveness of Chart Patterns in automated investment strategies. For that, we first develop an automatic recognition system for Chart Patterns. The system implemented in Matlab software, is able to detect Head and Shoulder patterns, Triangles, Rectangles, Flags and Tendency Lines. In second place, and unlike most of the studies present in the state of the art, we carry out an analysis of the predictive power of the Chart Patterns detected. Having observed statistical evidence that patterns have predictive capacity about the direction that prices will follow posterior to the pattern formation, in third and last place, we start the design of simple investment strategies. This helps us analyze not only the predictive power of patterns deeply, but also their potential, in terms of profitability. We must highlight that the methodology followed in the optimization of the strategies, include the use of Genetic Algorithms. One of the strong points in the methodology is that apart from the balance, we take into account, risk, transaction costs and the problematic of data snooping neglected in other studies. The other strong point is that the strategy is tested with new data neither used in the development process of the pattern detector nor in the optimization process.

Analysis performed in this project point out very positive results for most patterns used. However, we have been not able to prove with statistical evidence the predictive power of Head and Shoulders pattern. On the other hand, the investment strategies developed, and tested later in the period of 2013 with the groups of stocks forming the S&P500 index, that went up a 25% that year, brought profits around 50% and 70% with low risk levels.

Agradecimientos

Me gustaría comenzar dando las gracias a aquellos que han hecho posible la realización de este proyecto. En primer lugar, y de manera más importante, quiero agradecer a Javier González-Quijano, director de este proyecto, quien ha marcado la dirección de esta investigación y cuyas aportaciones y sugerencias han facilitado el desarrollo del proyecto. También quiero agradecerle el haberme dado la oportunidad de trabajar en este tema, que me ha permitido fusionar mis capacidades técnicas con mi interés por el mundo financiero. En segundo lugar, agradecer también al Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la universidad Carlos III de Madrid por poner a mi disposición todos los recursos necesarios. Por último, agradecer a la Universidad Carlos III de Madrid que me dio la oportunidad de participar en el programa de movilidad no europea en la Universidad de California, Berkeley, donde tuve ocasión de cursar los programas de Inteligencia Artificial y Finanzas y donde empezó a florecer mi interés por el tema.

No quiero olvidarme de todos mis compañeros, en especial, de aquellos que hoy puedo llamar amigos, que han hecho de mi experiencia universitaria una parte agradable de mi vida, y que durante estos últimos años me han apoyado, escuchado, ayudado y hecho reír.

De forma más personal, quiero terminar agradeciendo a las personas más importante de mi vida, a mi familia, en especial a mis padres, que siempre me han apoyado de manera incondicional, que me han dado todas las oportunidad posibles, que han confiado en mí y que han aconsejado y respetado todas mis decisiones. Por último, agradecer a mi novia, Iti, por escucharme una y otra vez hablar sobre este proyecto, y por todas las demás cosas que no quiero especificar, y que son siempre al final, las más importantes.

A todos ellos, Gracias.



INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
Agradecimientos	5
INDICE DE CONTENIDOS.....	6
INDICE DE FIGURAS	8
INDICE DE GRÁFICAS	9
INDICE DE TABLAS	10
1. Introducción	11
1.1. Análisis Técnico vs Análisis Fundamental	11
1.2. Conceptos importantes del Análisis Técnico	12
1.2.1. Gráficos de precios	12
1.2.2. Tendencia	14
1.2.3. Volumen	14
1.3. Patrones Gráficos	15
1.3.1. Patrones de Cambio de Tendencia	15
I. Cabeza - Hombros	16
1.3.2. Patrones de Continuidad de Tendencia.....	17
I. Líneas de Tendencia	17
II. Triángulos	18
III. Banderas y Banderines	20
IV. Cuña	21
V. Rectángulo	22
1.4. Trading Automático	23
1.5. Optimización de estrategias de inversión.....	25
1.5.1. Algoritmos Genéticos	25
2. Objetivos del Proyecto	27
2.1. Motivación	27
2.2. Objetivos propuestos	27
3. Estado del Arte	29
4. Detección Automática de Patrones Gráficos	31
4.1. Obtención de datos históricos de precios	31



4.2. Estructura general del software	33
4.3. Identificación de máximos y mínimos significativos del mercado	37
4.4. Detección de los patrones	44
4.4.1. Clase Cabeza-Hombros	44
4.4.2. Clase Línea de Tendencia.....	48
4.4.3. Clase Triángulo	52
4.4.4. Clase Bandera	57
4.5. Capacidad predictiva de los patrones.....	61
4.5.1. Resultados	62
4.5.2. Conclusión	64
5. Clasificación Manual de los Patrones Detectados	65
5.1. Proceso de clasificación.....	65
5.2. Capacidad predictiva de los patrones.....	66
5.2.1. Resultados	66
5.2.2. Conclusión	68
6. Optimización de la estrategia de inversión	71
6.1. Definición del Problema	72
6.2. Configuración del Algoritmo Genético	74
6.3. Medidas contra el <i>overfitting</i>	76
6.4. Resultados.....	78
6.4.1. Intervalo de influencia de los Patrones de Precio.....	78
6.4.2. Entrenamiento	79
6.4.3. Testeo.....	83
7. Conclusiones	88
7.1. Conclusiones generales	88
7.2. Líneas futuras de investigación	89
Marco Socioeconómico y Regulatorio	90
Planificación	93
ANEXO: Listado de Acciones utilizadas.....	94
Bibliografía	102

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Gráfico de barras de 30 minutos del par EUR/CAD Junio 2014.....	12
Figura 1.2 Gráfico de línea de 30 minutos del par EUR/CAD Junio 2014.	13
Figura 1.3 Gráfico de velas de 30 minutos del par EUR/CAD Junio 2014.....	13
Figura 1.4 Zigzag característico de una tendencia alcista.	14
Figura 1.5 Patrón de Cabeza-Hombros en el gráfico de 30 minutos del par EUR/USD Agosto 2007.	16
Figura 1.6 Objetivo de precio del patrón Cabeza-Hombros.....	16
Figura 1.7 Línea de tendencia alcista en el gráfico diario del USD/CHF 2010.	17
Figura 1.8 Representación de línea de tendencia alcista con cuatro puntos de contacto	18
Figura 1.9 Representación de las características de un triángulo simétrico	18
Figura 1.10 Triángulo simétrico formado en el gráfico diario de la empresa DELL 97/98. [1] ..	19
Figura 1.11 Triángulo ascendente alcista formado en el gráfico diario del índice DOW 97/98. [1].....	19
Figura 1.12 Representación del movimiento del precio y volumen en un patrón bandera. [1] 20	
Figura 1.13 Dos banderines ó "pennants" formados en el gráfico diario de la empresa Caterpillar 97. [1]	21
Figura 1.14 Cuña ascendente bajista formada en el gráfico diario del CRB 97/98. [1]	21
Figura 1.15 Rectángulo alcista formado en el gráfico diario de la empresa Compaq 96/97. [1]22	
Figura 1.16 Modelo del bróker "adrenalizado".	24
Figura 1.17 Esquema del Algoritmo Genético.	26
Figura 4.1 Puntos significativos del ZigZag de un mercado.	34
Figura 4.2 Esquema de la actualización de los índices.....	35
Figura 4.3 ZigZag Paso 1.	37
Figura 4.4 ZigZag Paso 2 (Opción A).	38
Figura 4.5 ZigZag Paso 2 (Opción B).....	38
Figura 4.6 ZigZag Paso 3.	38
Figura 4.7 Numeración de picos del patrón Cabeza-Hombros.	45
Figura 4.8 Corte de la línea del cuello. Patrón Cabeza-Hombros.....	45
Figura 4.9 Patrón Cabeza-Hombros sin filtro de similitud de hombros.	46
Figura 4.10 Numeración de picos de una Línea de Tendencia.....	48
Figura 4.11 Tipos de tendencias según duración.....	50
Figura 4.12 Numeración de picos de un triángulo simétrico alcista.	53
Figura 4.13 Numeración de picos de una bandera Alcista	58
Figura 4.14 Clasificación del éxito de los patrones	61
Figura 6.1 <i>Overfitting</i>	76
Figura 6.2 Representación de los set aleatorios de datos de entrenamiento	77

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 4.1 Ejemplo función ZigZag en Microsoft 2010/2011.....	35
Gráfica 4.2 Estudio del porcentaje de Picos Modificados por el ZigZag vs Picos Totales Detectados.	40
Gráfica 4.3 Frecuencia de la cantidad de picos autocorregidos.	40
Gráfica 4.4 Patrón Cabeza-Hombros no simétrico.	41
Gráfica 4.5 ZigZag con parámetro de cambio porcentual 1%.	42
Gráfica 4.6 ZigZag con parámetro de cambio porcentual 3%.	43
Gráfica 4.7 ZigZag con parámetro de cambio porcentual 5%.	43
Gráfica 4.8 Patrón Cabeza-Hombros en Telefónica.....	46
Gráfica 4.9 Patrón Cabeza-Hombros con Volumen en Yahoo.	47
Gráfica 4.10 Patrón Cabeza-Hombros con Volumen en General Electric.	48
Gráfica 4.11 Línea de Tendencia Alcista de 3 puntos en ArcelorMittal, S.A.....	51
Gráfica 4.12 Línea de Tendencia Alcista de 4 puntos en Micron Technology, Inc.	51
Gráfica 4.13 Línea de Tendencia Bajista de 3 puntos en Telefónica.	52
Gráfica 4.14 Línea de Tendencia Bajista de 4 puntos en Banco Santander.	52
Gráfica 4.15 Triángulo Simétrico Alcista de 4 puntos en Exelon Corporation.	54
Gráfica 4.16 Triángulo Ascendente de 4 puntos en Broadcom Corporation.	55
Gráfica 4.17 Rectángulo Alcista de 4 puntos en Valero Energy Corporation.	55
Gráfica 4.18 Triángulo Ascendente de 6 puntos con comprobación de volumen en Amazon...56	
Gráfica 4.19 Triángulo Ascendente con confirmación de Volumen en General Electric.	57
Gráfica 4.20 Bandera Alcista en Arena Pharmaceuticals, Inc.	59
Gráfica 4.21 Banderín Alcista en Cisco Systems.	59
Gráfica 4.22 Bandera Alcista con confirmación de Volumen en Dollar Tree, Inc.	60
Gráfica 4.23 Análisis de la capacidad predictiva de los Triángulos, Rectángulos y Banderas detectadas automáticamente.	62
Gráfica 4.24 Análisis de la capacidad predictiva de las Líneas de Tendencia detectadas automáticamente.....	63
Gráfica 4.25 Análisis de la capacidad predictiva de los patrones Cabeza-Hombros detectados automáticamente.....	63
Gráfica 5.1 Clasificación de un patrón Bandera.....	65
Gráfica 5.2 Clasificación de un patrón Triángulo Simétrico	66
Gráfica 5.3 Análisis de la capacidad predictiva de los Triángulos, Rectángulos y Banderas con estrategia semiautomática.....	67
Gráfica 5.4 Análisis de las Líneas de Tendencia con estrategia semiautomática.	67
Gráfica 5.5 Análisis de patrones Cabeza-Hombros con estrategia semiautomática.	68
Gráfica 6.1 Análisis del Objetivo de Precio mínimo de Murphy.	72
Gráfica 6.2 Análisis del intervalo de influencia de los patrones.	78
Gráfica 6.3 Resultado del Algoritmo Genético para patrones Triángulo.	79
Gráfica 6.4 Beneficio vs SI, Tp en gráfica 3D	80
Gráfica 6.5 Beneficio vs SI, Tp para patrones Triángulo, Rectángulo y Bandera.	80
Gráfica 6.6 DrawDown vs Tp, SI para patrones Triángulo, Rectángulo y Bandera.	81

Gráfica 6.7 Beneficio vs SI, Tp para Líneas de Tendencia.	82
Gráfica 6.8 DrawDown vs SI, Tp para Líneas de Tendencia.	83
Gráfica 6.9 Resultado de nuestra estrategia de inversión para Triángulos, Rectángulos y Banderas.	84
Gráfica 6.10 Evolución del S&P 500 2013/2014. [18]	85
Gráfica 6.11 Resultado de nuestra estrategia de inversión para Líneas de Tendencia.....	86
Gráfica 6.12 Resultado de una estrategia agresiva para Líneas de Tendencia.	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Datos históricos de Microsoft	32
---	----

1. Introducción

1.1. Análisis Técnico vs Análisis Fundamental

Para poder entender el Análisis Técnico es necesario entender primero en que se basa el Análisis Fundamental.

El Análisis Fundamental estudia las fuerzas económicas de la oferta y la demanda; examina los factores que afectan al precio de un mercado y que originan su movimiento. Estos factores pueden ser de todo tipo: sociales, políticos o incluso la introducción al mercado de un nuevo producto por una compañía. De este modo, el analista fundamental trata de hallar el precio real de mercado, el que indican los fundamentos. Si este precio real está por encima del precio actual de mercado, podemos decir que el mercado está infravalorado y por tanto debe comprarse, si el precio real o intrínseco está por debajo, el mercado está sobrevalorado y venderemos.

El Análisis Técnico no estudia las causas que mueven el mercado, se centra en el propio movimiento del mercado, mediante el análisis de graficas. Mientras el técnico estudia el efecto del movimiento del mercado, el fundamentalista se centra en la causa y el por qué. Las dos fuentes principales de información para el técnico son el precio y el volumen.

El Análisis Técnico se basa en tres premisas:

- Los movimientos del mercado lo descuentan todo.
- Los precios se mueven por tendencias.
- La historia se repite.

Los movimientos de mercado lo descuentan todo: Cualquier cosa que haga que el precio se vea afectado(ya sean razones fundamentales, psicológicas o políticas), se refleja realmente en el precio de ese mercado. Se puede concluir entonces, que basta con estudiar los movimientos de los precios sin necesidad de acudir al Análisis Fundamental para realizar un pronóstico de comportamiento de los mercados.

Los precios se mueven por tendencias: El concepto de tendencia es el concepto más importante del enfoque técnico, pues éste se basa en la identificación de tendencias que están en las primeras etapas de su desarrollo, con la finalidad de operar en dirección de las mismas. La premisa de que los precios se mueven por tendencias, no es más que una interpretación física de la primera Ley del movimiento de Newton. Una tendencia en movimiento seguirá en la misma dirección hasta que haya algo que le empuje en la otra dirección o frene su movimiento, por tanto, es más probable que una tendencia continúe a que retroceda.

La historia se repite: El Análisis Técnico está totalmente ligado al estudio de la psicología humana. Los patrones gráficos que se han identificado a lo largo del tiempo revelan el comportamiento psicológico alcista o bajista del mercado. Si estos patrones han funcionado bien en el pasado, ¿por qué iban a funcionar de manera distinta en el futuro?

Si se aceptan las premisas del Análisis Técnico, se puede concluir que éste es superior al Análisis Fundamental, pues el enfoque técnico incluye el análisis fundamental. Si los fundamentos se reflejan en el precio de los mercados, el estudio de los fundamentos es innecesario. El estudio de los gráficos se convierte en una forma simplificada del análisis fundamental, mientras que lo opuesto no es verdad. Algunos de los cambios más dramáticos de los mercados alcistas o bajistas comenzaron con pequeños cambios, apenas percibidos en los fundamentos. Cuando se conocieron los cambios, la plena tendencia ya estaba en marcha. El analista técnico desarrolla una mayor confianza en su capacidad de identificar estos cambios en los gráficos, que son contrarios al conocimiento convencional y comienza a disfrutar del hecho de pertenecer a la minoría. Sabe que eventualmente se conocerán las razones de los movimientos del mercado pero no está dispuesto a esperar esa confirmación añadida. [1]

1.2. Conceptos importantes del Análisis Técnico

1.2.1. Gráficos de precios

El arma de los analistas técnicos. El Análisis Técnico se basa en el estudio de los movimientos de los precios. Para poder estudiarlos, existen diversos gráficos de precios y se pueden graficar con distinto límite temporal.

El gráfico de precios más común es el gráfico de barras diario. En este gráfico, una barra representa el precio de un día. Sin embargo, los gráficos semanales o mensuales también son utilizados para inversiones de larga duración, y para estrategias rápidas de alta frecuencia, podemos llegar a utilizar gráficos de un minuto.

Gráfico de barras

Cada barra vertical representa los movimientos de un día. Podemos distinguir cuatro precios importantes. El punto más alto de la barra es el precio máximo del día y el punto más bajo es el precio mínimo del día. En la barra, distinguimos dos pequeños tic a ambos lados, el tic de la izquierda representa el precio de apertura, este es el precio con el que abre el mercado al comienzo del día. El tic de la derecha representa el precio de cierre, el precio con el que cierra el mercado ese día. El precio de cierre es el precio más crítico y relevante del periodo de transacciones.



Figura 1.1 Gráfico de barras de 30 minutos del par EUR/CAD Junio 2014.

Gráfico de línea

Este gráfico solo representa el precio de cierre en una línea continua. Es una medida más válida de la actividad de los precios. En nuestro proyecto utilizaremos este tipo de gráfico.

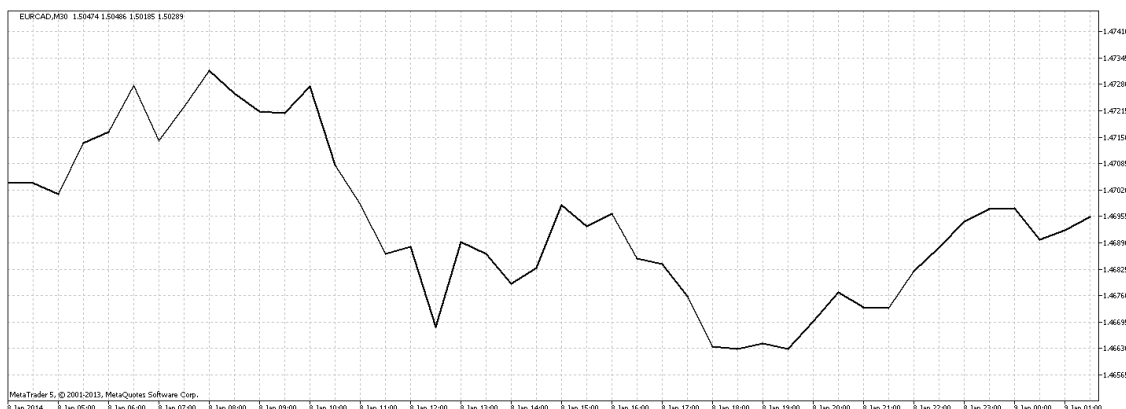


Figura 1.2 Gráfico de línea de 30 minutos del par EUR/CAD Junio 2014.

Gráfico de velas

Los gráficos de velas, *Candlestick Chart*, han sido utilizados por los japoneses desde hace siglos, se data que fueron utilizados en el siglo XII para predecir el precio del arroz en Japón. Sin embargo, estos gráficos se han hecho conocidos en el mundo occidental en años recientes. Muestran la misma información que el gráfico de barras, la apertura, el cierre, el precio máximo y mínimo de cualquier período dado, pero representado de manera distinta.

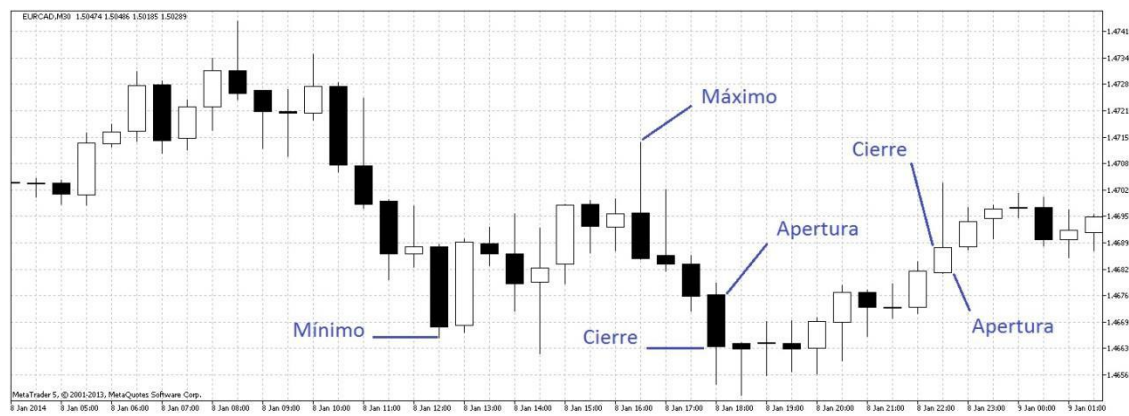


Figura 1.3 Gráfico de velas de 30 minutos del par EUR/CAD Junio 2014.

Las velas tienen mechas en ambos extremos. Estas mechas muestran los precios más altos y los más bajos vistos durante un período. El cuerpo de vela refleja los precios de apertura y de cierre. Además, el color de la vela muestra si los precios subieron durante el periodo o bajaron. Las velas verdes o blancas representan un cierre más alto que la apertura, mientras que las velas rojas o negras representan una declinación en el precio al cierre.

1.2.2. Tendencia

Como hemos mencionado previamente, el concepto de tendencia es muy importante en el Análisis Técnico. Todas las herramientas que el analista técnico maneja: niveles de apoyo y resistencia, medias móviles, patrones de precio, son utilizados con el único propósito de identificar la dirección de la tendencia del mercado.

Debemos saber que el mercado no se mueve en línea recta, los precios se mueven formando una serie de zigzags, que dejan a la vista una sucesión de picos y valles bastante obvios y significativos.

Una tendencia ascendente se define como una sucesión de picos y valles sucesivamente más altos. Del mismo modo, una tendencia descendente está formada por una sucesión de picos y valles sucesivamente más bajos. Cuando el mercado no toma una dirección definida, diremos que el mercado tiene una tendencia lateral o que no tiene tendencia. El analista técnico intentará alejarse de este tipo de mercado.

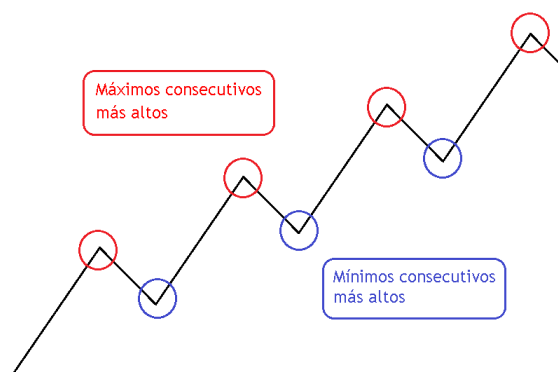


Figura 1.4 Zigzag característico de una tendencia alcista.

1.2.3. Volumen

Pese a que el precio es de lejos el indicador más importante del Análisis Técnico, el volumen tiene su importancia y es usado como indicador de confirmación.

El volumen es el número de acciones o contratos intercambiados en un mercado durante un periodo de tiempo. Es simplemente, la cantidad de acciones que pasan de compradores a vendedores como medida de actividad. [2]

El indicador de volumen mide la intensidad o la fuerza que hay detrás de un movimiento de precios. Un volumen mayor, indica una creciente presión de los operadores y da importancia al movimiento. Para entender el volumen, usaremos un sencillo ejemplo:

Sabemos que para que el precio suba, debe haber más compradores que vendedores, ley de oferta y demanda. Distinguimos dos situaciones: en la primera situación tenemos 2 vendedores y 10 compradores, y en la segunda situación tenemos 200 vendedores y 1000 compradores. Ambas situaciones ocasionaran, que los precios suban hasta que la presión entre vendedores y compradores se iguale. El movimiento de los precios será idéntico pues el

porcentaje entre compradores y vendedores es el mismo. Sin embargo, la segunda situación ocasionará un movimiento mucho más importante y de mayor intensidad, es más probable que el movimiento siga su dirección en la segunda situación que en la primera. Basándonos en la psicología de masas, es mucho más fácil que 12 operadores cambien de opinión a que lo hagan 1200 operadores. Por ello, el volumen es un indicador de fuerza y se usa para confirmar lo que los precios pronostican.

El volumen suele representarse debajo de las gráficas de precios.

1.3. Patrones Gráficos

Los patrones gráficos son figuras que aparecen en los gráficos de precios con poca frecuencia pero que han demostrado durante el paso del tiempo que tienen una alta capacidad de predicción de la dirección que tomará el mercado. Estas figuras, representan el comportamiento psicológico de los inversores en los mercados alcistas y bajistas y se repiten con el paso del tiempo.

Es un error asumir que los cambios de tendencia se dan de manera abrupta, pues la mayoría de estos tienen lugar de manera gradual. El analista debe aprender a identificar aquellos movimientos laterales que suponen una pausa del avance de los precios para volver a retomar la tendencia, de aquellos movimientos que suponen un cambio de tendencia real. Los patrones de precio nos ayudan a identificar ambas situaciones.

Todos los patrones tienen cuatro componentes importantes:

- **Tendencia anterior:** un requisito previo para cualquier figura de precios es la existencia de una tendencia anterior.
- **Precio:** cada patrón representa el movimiento típico que realiza precio, previo al cambio o continuación de la tendencia.
- **Volumen:** muchos analistas tienden a olvidar esta variable cuando operan con patrones de precios, y sin embargo, es crucial. Como ya hemos explicado previamente el volumen representa el pensamiento de las masas de los inversores, un aspecto que debemos tener muy en cuenta, pues los patrones representan el comportamiento de los inversores en el pasado.
- **Duración y límite temporal:** cada patrón se suele dar en un límite temporal determinado. Distinguimos patrones de corta duración entre una y tres semanas y patrones de más larga duración entre una y tres meses (gráficos diarios).

1.3.1. Patrones de Cambio de Tendencia

Los patrones de cambio son figuras que se han formado repetidamente en el pasado, en los momentos previos a cambios de tendencia. Nos podemos aprovechar de esta característica para operar en dirección de la nueva tendencia en los primeros momentos de su formación.

1. Cabeza - Hombros

Esta figura se produce al final de una tendencia alcista, y pronostica un cambio a una nueva tendencia bajista. Comienza su formación con un pico, seguido de un segundo pico más alto y termina con un tercer pico más bajo que el segundo, pero aproximadamente, a igual altura que el primero. Es decir, los precios forman tres máximos en los que el máximo central (cabeza) es más alto que los otros dos (hombros derecho e izquierdo).



Figura 1.5 Patrón de Cabeza-Hombros en el gráfico de 30 minutos del par EUR/USD Agosto 2007.

Tras la formación de patrón se produce el cambio de tendencia alcista a tendencia bajista.

Durante el primer hombro, los precios aumentan, acompañados de un volumen creciente y superior a la media hasta alcanzar el primer pico. En la formación de la cabeza, el volumen tiende a disminuir, indicando una debilidad en la tendencia, aunque esta característica no es siempre apreciable. Los precios del tercer máximo (hombro derecho), no consiguen superar la cabeza, es una señal clara de debilidad de la tendencia alcista. El volumen en este pico debe disminuir notablemente frente a los otros dos picos, confirmando la debilidad de la tendencia actual.

La figura queda completa cuando los precios cruzan la línea del cuello. Esta línea se traza uniendo los dos mínimos de la cabeza. (véase Figura 1.6)

El objetivo de precio de esta figura es la altura de la cabeza proyectada desde el punto de ruptura de la línea del cuello. Es decir, se espera que una vez completada la figura, los precios descendan una distancia mínima igual a la altura de la cabeza.



Figura 1.6 Objetivo de precio del patrón Cabeza-Hombros.

1.3.2. Patrones de Continuidad de Tendencia

Los patrones de continuidad representan pausas en una tendencia en movimiento. Estas figuras, son un movimiento de consolidación de la actual tendencia y tras su formación, la tendencia suele reanudar el camino que traía.

1. Líneas de Tendencia

Una vez entendido el concepto de tendencia, podemos hacer uso de la herramienta más potente y sencilla del analista técnico, la línea de tendencia. Para poder dibujar una línea de tendencia, debemos previamente haber identificado una tendencia alcista o bajista. Una línea de tendencia ascendente, se forma por tres valles alineados y sucesivamente más altos. Del mismo modo, una línea de tendencia descendente se forma por tres picos alineados y sucesivamente más bajos. La línea de tendencia tiene dos usos para el operador, primero nos permitirá aprovecharnos de la dirección de la tendencia, los precios rebotarán en la línea de tendencia siguiendo su dirección e inclinación. Podremos entrar al mercado comprando cuando los precios entren en contacto con la línea de tendencia y saldremos del mercado cerrando nuestra posición cuando los precios se vuelvan a separar de ella. La siguiente función importante de la línea de tendencia será identificar un cambio de la tendencia vigente, si el precio cruza la línea de tendencia en vez de rebotar sobre ella, estaremos frente a una clara señal de cambio de tendencia.

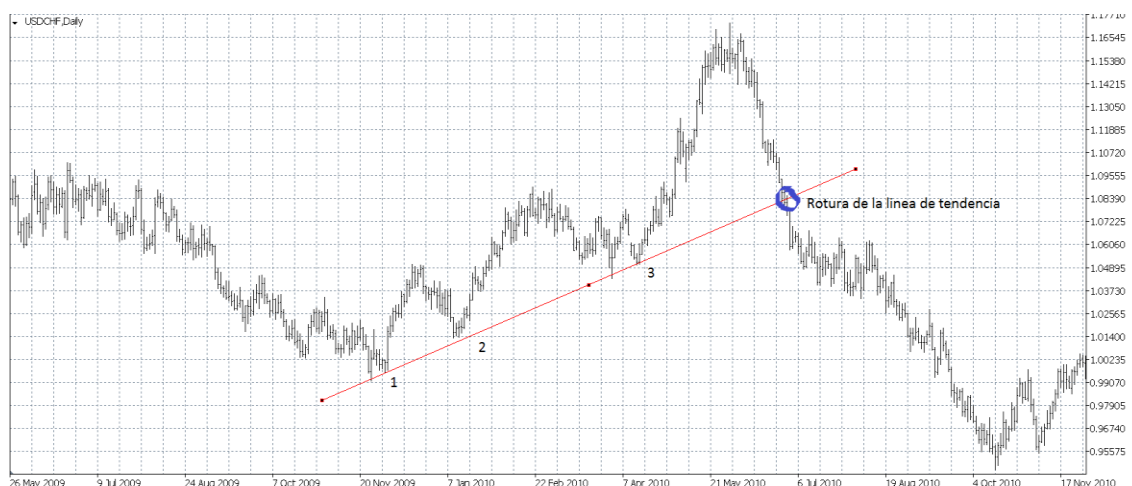


Figura 1.7 Línea de tendencia alcista en el gráfico diario del USD/CHF 2010.

El punto 3 confirma la línea de tendencia, en este punto se puede ejecutar una opción de compra y esperar que los precios sigan subiendo como ocurre en este ejemplo. En el momento en que se rompe la línea de tendencia se puede esperar un cambio de tendencia como se observa en la figura.

Una importante característica de la línea de tendencia, es el número de veces que los precios han rebotado en ella. Una línea de tendencia, que ha sido puesta a prueba cinco veces, es decir, que los precios han rebotado cinco veces, será más importante y confiable que una línea de tendencia que solo ha sido puesta a prueba en tres ocasiones.

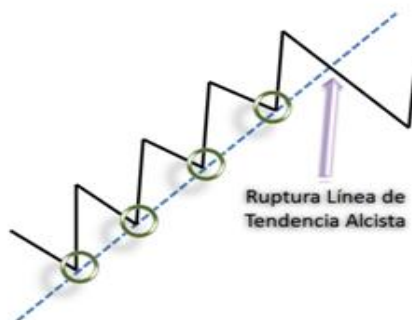


Figura 1.8 Representación de línea de tendencia alcista con cuatro puntos de contacto

Pese a que John J. Murphy, no considera la línea de tendencia como un patrón de precios, en este proyecto la línea de tendencia será identificada y estudiada como un patrón de continuación de tendencia y estudiaremos su rentabilidad y veracidad del mismo modo que el resto de patrones analizados.

II. Triángulos

Podemos distinguir tres clases de triángulos, cuyas formaciones son ligeramente distintas y tienen implicaciones de pronóstico diferentes. Estos son: *Simétricos*, *Ascendentes* y *Descendentes*.

EL triángulo simétrico se forma por dos líneas de tendencia convergentes, donde los precios rebotan varias veces. La línea superior es descendente y la línea inferior es ascendente. El patrón se completa cuando los precios salen del triángulo rompiendo cualquiera de las líneas de tendencia. Habitualmente, puesto que es una figura de continuidad, los precios romperán el triángulo en la dirección que traía la tendencia.

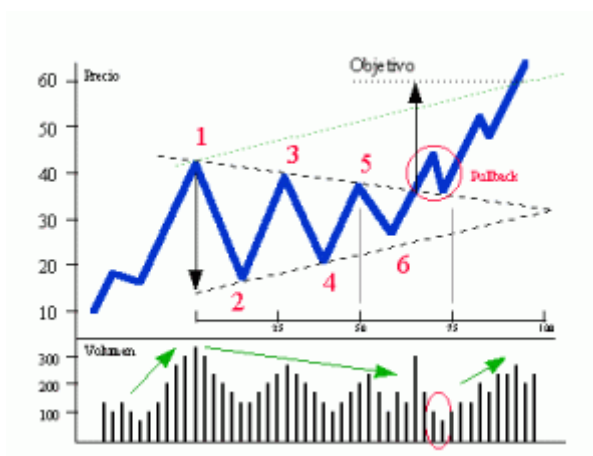


Figura 1.9 Representación de las características de un triángulo simétrico

De manera genérica, en cualquier figura de continuación de la tendencia, el volumen debería disminuir durante la formación de la figura. Lo que es un claro indicador de que la figura representa un movimiento de consolidación de la actual tendencia y no representa un cambio de la misma.

El objetivo de precio de los triángulos coincide con la altura del triángulo. Esta es la distancia desde el primer toque con la línea de tendencia hasta la línea inferior del triángulo. Esta distancia se proyecta desde la rotura de la línea de tendencia.



Figura 1.10 Triángulo simétrico formado en el gráfico diario de la empresa DELL 97/98. [1]

El triángulo ascendente, solo tiene implicaciones alcistas. Aparece en tendencias alcistas y como ya hemos explicado previamente, representa una pausa de la tendencia. Se forma por dos líneas de tendencia convergentes, la única diferencia frente al triángulo simétrico es que la línea superior del triángulo es prácticamente horizontal.

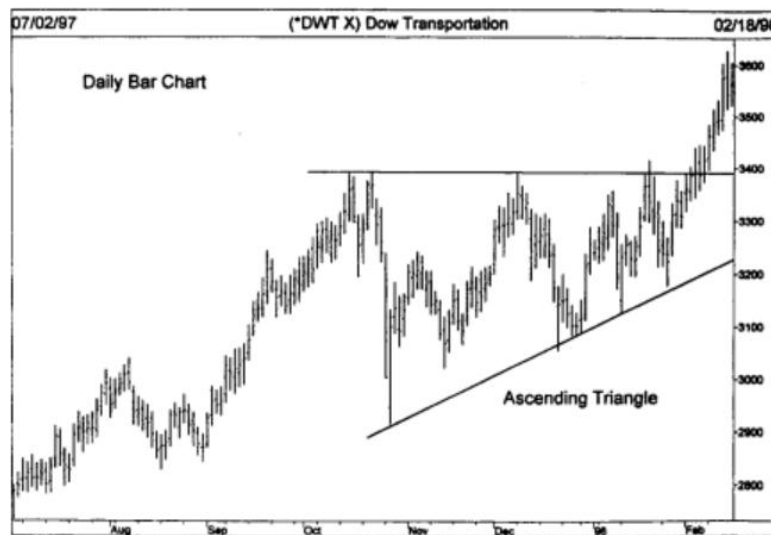


Figura 1.11 Triángulo ascendente alcista formado en el gráfico diario del índice DOW 97/98. [1]

El triángulo descendente, es una figura bajista. Aparece en una tendencia bajista. De manera inversa al triángulo ascendente, es la línea inferior la que tiene pendiente horizontal.

Los triángulos son figuras de media duración, suelen formarse entre uno y tres meses, medido en gráficos diarios. Además los triángulos tienen un límite temporal que se debe tener en consideración. Los precios deben salir del triángulo, aproximadamente entre los 2/3 y los 3/4 de la duración del triángulo. Si se sobrepasa el límite temporal, el triángulo pierde fuerza y suele dar paso a una tendencia lateral.

III. Banderas y Banderines

Las banderas y banderines las trataremos juntas, pues son muy parecidos y tienen las mismas implicaciones de pronóstico.

Las banderas y banderines aparecen a la mitad de un movimiento brusco de los precios casi en línea recta y con fuerte volumen. Representan una situación en las que un acentuado avance o retroceso se ha sobrepasado a sí mismo, y en las que el mercado hace una breve pausa para recuperar el aliento antes de seguir corriendo en la misma dirección.

La bandera es un rectángulo marcado por dos líneas de tendencia paralelas que tienden a inclinarse en contra de la tendencia que prevalece. El patrón se completa cuando los precios rompen la línea de tendencia y salen de la bandera. La rotura de la línea de tendencia, se produce con una explosión de operaciones.

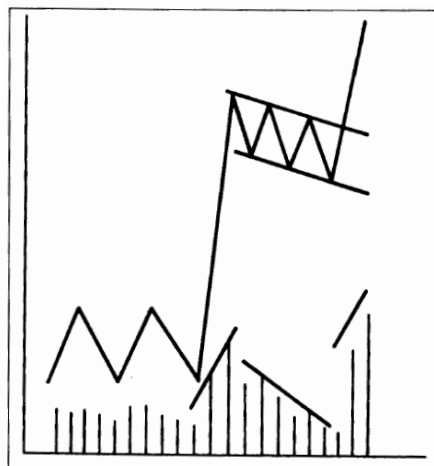


Figura 1.12 Representación del movimiento del precio y volumen en un patrón bandera. [1]

El banderín es parecido a un triángulo simétrico, pero de menor tamaño.

Ambas figuras son de corta duración, suelen durar entre una y tres semanas. También tienen las mismas implicaciones de medida. Estos patrones suelen aparecer a mitad del movimiento, por tanto, el objetivo de precio de estas figuras, es la distancia de la primera mitad del movimiento proyectada a partir de la rotura de la línea de tendencia.

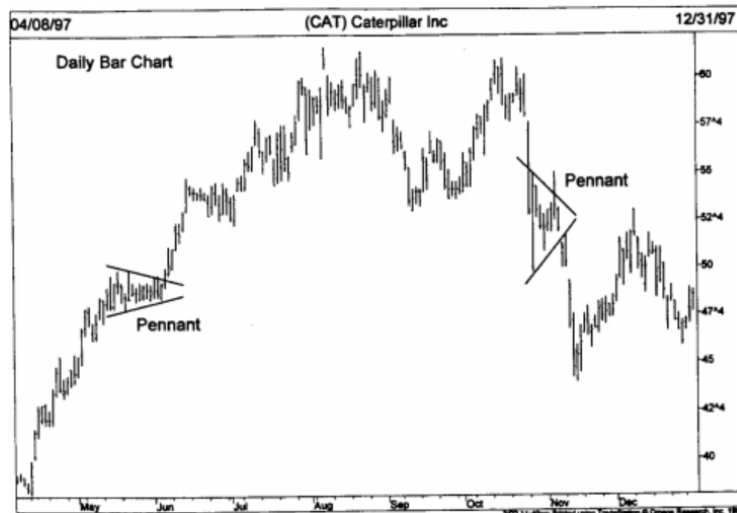


Figura 1.13 Dos banderines ó "pennants" formados en el gráfico diario de la empresa Caterpillar 97. [1]

IV. Cuña

La formación en cuña se parece al triángulo simétrico, por su forma y por el tiempo que necesita para formarse. Lo que distingue a la cuña del triángulo simétrico es su notoria inclinación en la dirección contraria a la tendencia prevaleciente.

Al igual, que el patrón bandera y banderín, la cuña suele formarse a mitad de un movimiento notorio y también representa una pausa de la tendencia aunque en esta ocasión la pausa es de mayor duración. Por ello, el objetivo de precio será la misma distancia que la primera mitad del movimiento abrupto medido a partir de la rotura de la línea de tendencia



Figura 1.14 Cuña ascendente bajista formada en el gráfico diario del CRB 97/98. [1]

V. Rectángulo

La formación rectangular, también conocida como zona de operaciones o área de congestión, representa una pausa en la tendencia en la que los precios se mueven entre dos líneas horizontales y paralelas.

Un cierre, fuera del límite superior o del inferior completa el patrón e indica la dirección que tomará la tendencia. En esta figura, el operador debe estar alerta para detectar indicios de que la figura pueda convertirse en un patrón de cambio. El volumen toma importancia, puesto que las fluctuaciones de precio son amplias, el analista deberá vigilar el volumen en las subidas y bajadas. Si las subidas tienen lugar con fuerte volumen, mayor que el de las bajadas, la figura tomará probablemente la dirección de la tendencia ascendente. Si por el contrario, el volumen fuerte se da en las bajadas, la dirección más probable que tome el mercado será la bajista.

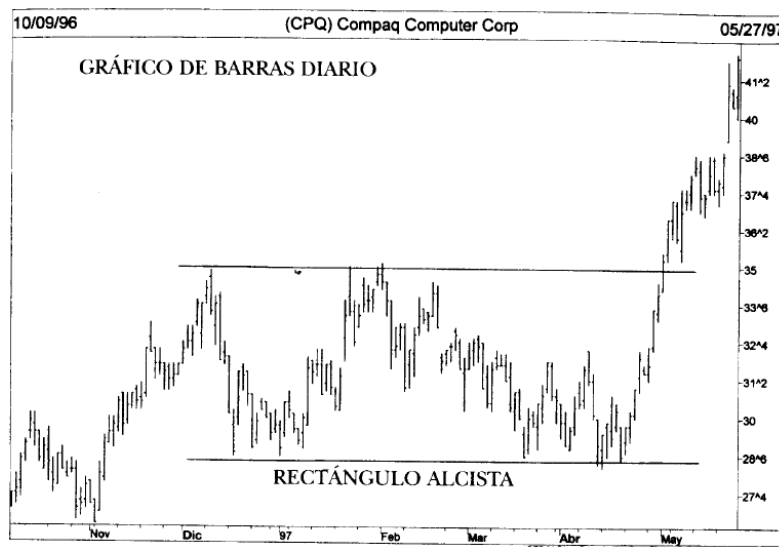


Figura 1.15 Rectángulo alcista formado en el gráfico diario de la empresa Compaq 96/97. [1]

1.4. Trading Automático

Al principio, los inversores únicamente se basaban en el instinto, en su experiencia en los mercados o poseían información privilegiada para dirigir sus inversiones. Con el tiempo aparecieron inversores, que empezaron a ayudarse de indicadores matemáticos basados en conceptos físicos, la velocidad, la aceleración o la inercia de un mercado. También identificaron patrones de precio que se repetían una y otra vez en los mercados. Al conjunto de estas herramientas se le dio el nombre de Análisis Técnico.

Seguidamente, una nueva estirpe de genios de las matemáticas, empezaron a invadir Wall Street. Estos genios, desarrollaron modelos matemáticos y estadísticos mucho más complejos que les permitieron operar en los mercados, reduciendo el riesgo y aumentando sus probabilidades ganadoras, un método parecido al que los contadores de cartas usan en el famoso juego de casino, Blackjack. A estos talentos de las matemáticas se les conoce hoy en día como: "Quants".

El origen de los Quants viene de la mano de Edward Thorp, considerado por la comunidad como el primer Quant. Graduado en Física y Doctorado en Matemáticas por la universidad de UCLA, Ed Thorp comenzó su carrera en el ámbito académico, impartiendo clases de matemáticas en la universidad de Nuevo Méjico, Estados Unidos. Siempre tuvo especial devoción por los juegos de azar. Tras su intento fallido por vencer a la ruleta, Thorp desarrolló una estrategia basada en la probabilidad estadística, con la que consiguió vencer al Blackjack. Entregó su estrategia en una de sus primeras publicaciones, *Beat the Dealer: A Winning Strategy for the Game of Twenty-One*. No pasó mucho tiempo antes de que Thorp se diese cuenta que la base de su estrategia en el Blackjack podía ser aplicable a los mercados financieros. Aceptando la teoría del paso aleatorio, *Random Walk*, que estipula que los mercados se mueven de manera totalmente aleatoria, Thorp fue capaz de medir la volatilidad de un activo, es decir, la probabilidad de que la acción cayese o subiese 2, 5 ó 10 por ciento. Con la capacidad de medir la volatilidad de una acción, Thorp era capaz de tasar mejor que nadie el valor de los warrant¹ identificando aquellos sobrevalorados o infravalorados. Fundó su propia gestora de fondos, *Convertible Hedge Associates*, con el que ganó millones y publicó sus descubrimientos en el libro, *Beat the Market: A scientific Stock Market System*. [3] [4] [5]

A día de hoy, la presencia de matemáticos e ingenieros en la labor de predicción a equiparado en número a los analistas de mercados, ellos han incorporado el desarrollo de sistemas informatizados soportados por algoritmos matemáticos en el día a día de las transacciones bursátiles. En base a los valores proporcionados por estas fórmulas se pueden establecer criterios de inversión en el mercado. Estas criterios se pueden informatizar, diseñando programas que tomen decisiones de inversión en base a los valores proporcionados por los modelos matemáticos. Delegando a estos programas la ejecución de las órdenes de compra y venta surgieron los primeros sistemas de inversión automática o robots de trading². Hoy en día gran parte de la contratación esta informatizada y soportada por algoritmos matemáticos. El

¹ Warrant: valor que otorga el derecho (y no la obligación) mediante el pago de un precio a comprar (warrant tipo *call*) o vender (warrant tipo *put*) una cantidad específica de un activo (activo subyacente) a un precio previamente acordado, a lo largo de toda la vida del mismo o en su vencimiento. [23]

² Trading: Compra/venta de acciones o derivados financieros.

modelo de bróker “adrenalizado” sobre el parquet que mostraba la película Wall Street en 1987 responde claramente a imágenes del pasado.



Figura 1.16 Modelo del bróker "adrenalizado".

Como se puso de manifiesto en el reciente encuentro organizado por la Universidad Carlos III de Madrid, sobre HFT³, los académicos están básicamente de acuerdo en que el principal cambio que se ha producido en los mercados en la última década – más allá del evidente incremento de la competencia- es su derivación hacia mercados electrónicos, lo que sin duda beneficia al inversor que trabaja sobre algoritmos.

En la actualidad una mayoría de las operaciones que se realizan en el mercado están ejecutadas de forma automática. Alrededor del 60% de las operaciones de capital en Estados Unidos y el 40% en Europa es realizado mediante HFT, y está más que probado que mediante éstas técnicas se pueden obtener beneficios. Estos tipos de operaciones son ampliamente utilizados por importantes salas de mercado, normalmente fondos de inversión o bancos de inversión con carteras de gran volumen y muy diversificadas. Sin embargo, estos realizan operaciones muy rápidas, a velocidades de milésimas de segundo a las que la mayoría de los inversores no tienen acceso al mercado. La propia lógica que sustenta los sistemas HFT, márgenes minúsculos dentro de un inmenso volumen de operaciones y todo en milésimas de segundo, impide su uso al inversor medio. [6]

Este proyecto, es un estudio más en la búsqueda de sistemas de trading automático accesibles y viables para el pequeño inversor. Sistemas que puedan ser manejados y operados desde un portátil de uso personal.

³ HFT: High Frequency Trading. Trading de alta frecuencia.

1.5. Optimización de estrategias de inversión

Todas las estrategias de inversión automáticas están formadas por multitud de parámetros, el periodo de una media móvil, el objetivo de precio de un patrón, el *TakeProfit*⁴ o el *StopLoss*⁵ entre otros. La optimización de estos parámetros es crucial para desarrollar estrategias rentables.

Existen numerosos tipos de optimización, la más simple y precisa consiste en realizar un barrido sobre todas las soluciones posibles y escoger la más optima. Sin embargo, este método es demasiado caro en tiempo y podría durar días. Para acelerar este proceso, se puede utilizar otro método mucho más rápido y sin perder mucha precisión, el método se denomina Algoritmo Genético. El poder de los Algoritmos Genéticos proviene del hecho de que se trata de una técnica robusta y pueden tratar con éxito una gran variedad de problemas.

1.5.1. Algoritmos Genéticos

Los Algoritmos Genéticos son métodos utilizados para resolver problemas de búsqueda y optimización. Están basados en el proceso genético de los organismos vivos, la selección natural y la teoría de la evolución postulados por Darwin (1859). Esta teoría se basa en la supervivencia de los más fuertes, del mismo modo, imitando este proceso los Algoritmos Genéticos son capaces de encontrar soluciones para problemas reales, mediante la evolución de dichas soluciones hacia los valores óptimos.

En la naturaleza los individuos de una especie compiten entre sí por los recursos existentes y por la búsqueda de un compañero. Los individuos más capacitados para esta tarea tienen mayor probabilidad de sobrevivir y de generar mayor numero de descendientes. En ocasiones, la combinación de buenas características proveniente de los progenitores dan paso a individuos cuya adaptación es mucho mayor que la de sus ancestros, dando lugar a la evolución de la especie.

Los Algoritmos Genéticos son una analogía directa de este comportamiento natural. Trabajan con una población de individuos que representan las soluciones factibles del problema. A cada individuo se le asigna una puntuación, conocida como *función de fitness*, que equivale a la calidad de ese individuo, lo que en la naturaleza sería la capacidad por competir por unos recursos determinados. Cuanto mayor sea la adaptación del individuo al problema, mayor será la probabilidad de ser elegido para reproducirse. Se repite el mismo proceso con los descendientes de manera continuada, dando lugar a una nueva población de soluciones que reemplaza a la anterior y tiene una mayor proporción de buenas características. De este modo, según avanza la evolución, el Algoritmo Genético convergerá hacia una solución optima del problema. [7][8]

⁴ *TakeProfit*: Orden utilizada por los operadores (*traders*), en la que se indica el precio al que una operación debe cerrarse para recoger ganancias.

⁵ *StopLoss*: Orden en la que se indica el precio limite al que una operación debe cerrarse para parar las pérdidas.

Funcionamiento del Algoritmo:

- **Inicialización:** se genera la población de manera aleatoria. La población representa un conjunto de soluciones.
- **Evaluación:** A cada individuo o solución se le aplica la función de fitness o de aptitud para conocer la calidad de la solución.
- **Condición de finalización:** El algoritmo se detiene cuando se alcanza la solución optima. Sin embargo, la solución optima suele ser desconocido por lo que la finalización del algoritmo tiene lugar tras un número máximo de iteraciones o si las nuevas soluciones no difieren de las anteriores.

Mientras no se cumpla la condición de finalización se prosigue del siguiente modo:

- **Selección:** Se eligen las soluciones de mayor calidad para ser cruzadas entre sí.
- **Cruzamiento:** Se generan nuevos descendientes, nuevas soluciones.
- **Mutación:** Parte de las nuevas soluciones se modifican de manera aleatoria, con la finalidad de alcanzar nuevas zonas del espacio de búsqueda que no estaban cubiertas por la población inicial.
- **Reemplazo:** Se vuelven a seleccionar las mejoras soluciones tras el cruzamiento y mutación y se repite el proceso hasta que se cumpla la condición de finalización. [9]

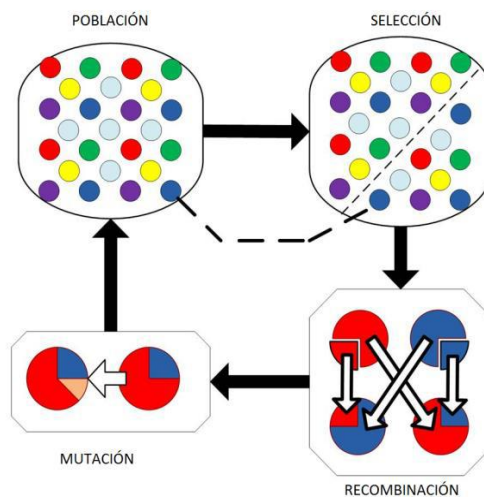


Figura 1.17 Esquema del Algoritmo Genético.

2. Objetivos del Proyecto

2.1. Motivación

Se estudian las herramientas más importantes utilizadas por los analistas técnicos y se considera el estado del arte actual de los sistemas automáticos de trading basados en estas herramientas. Se detectan una serie de problemas en la utilización de los patrones de precio técnicos como estrategia de inversión.

Los patrones de precio, como ya hemos comentado antes, son figuras gráficas muy estudiadas por la comunidad bursátil y que han demostrado tener capacidad predictiva sobre los movimientos del mercado. Sin embargo, los siguientes problemas hacen que su uso como estrategia de trading sea muy difícil y poco rentable.

Problema 1: La detección de patrones de precios manualmente (utilizando las estrategias de Análisis Técnico existentes) es muy costoso. El inversor pierde mucho tiempo y recursos en analizar el precio en ventanas de tiempo en las que no se producen patrones.

Problema 2: Los patrones más fiables y rentables son muy infrecuentes. Esto supone que si se utiliza una estrategia basada en ellos, el inversor está fuera del mercado durante mucho tiempo a la espera de que aparezcan.

Problema 3: La mayor parte de los sistemas de alertas de trading no proveen estadísticas sobre las predicciones realizadas. Esto impide configurar las operaciones de inversión de forma óptima.

La motivación del proyecto es la solución de estos problemas con el fin de utilizar los patrones de precio como estrategia de inversión rentable. Además, se tiene una especial devoción por construir un sistema accesible a inversores medios y pequeños.

2.2. Objetivos propuestos

El objetivo principal del proyecto es la creación de un sistema de señales de trading automático que resuelva los tres problemas listados previamente.

- El sistema debe detectar los patrones de precio de manera totalmente automática, de este modo el inversor se ahorrará el análisis de ventanas de tiempo en las que no se producen patrones (la mayoría del tiempo) y podrá centrar sus recursos y tiempo en el análisis de los patrones sugeridos por nuestro sistema.
- El sistema debe ser capaz de analizar cientos de productos financieros distintos para poder generar suficientes señales de trading y evitar que el inversor este fuera del mercado durante un tiempo prolongado.
- A diferencia de la mayoría de los sistemas de señales, realizaremos un estudio estadístico de las predicciones realizadas y de la capacidad predictiva de los patrones de precio, que va a permitir configurar de manera óptima la estrategia de trading.

Tras la creación del detector automático de patrones, se pretende crear un estrategia de trading rentable en base a la capacidad predictiva de los patrones estudiada previamente. Utilizaremos un Algoritmo Genético para optimizar los parámetros presentes en la estrategia, maximizando las posibles ganancias a la vez que controlamos el riesgo.

Se pretende crear un sistema que funcione en tiempo real, por tanto, toda detección de patrones, pese a la utilización de datos históricos para el estudio, debe realizarse simulando tiempo real. Esto quiere decir que la detección de un patrón en 2008, se realizará únicamente con datos previos al momento de la detección del patrón y nunca se podrá utilizar datos futuros.

3. Estado del Arte

La investigación académica sobre Análisis Técnico, generalmente está limitada a técnicas que pueden ser expresada en forma matemática, sin embargo, algunos estudios recientes intentan poner a prueba los Patrones de Precio Gráficos usando algoritmos de detección de patrones.

La controversia sobre la rentabilidad de las técnicas de Análisis Técnico han dado lugar a una voluminosa literatura en la materia. Park y Irwin (2007) realizan una recopilación de todos estos estudios para su clasificación, y llegan a la siguiente conclusión:

"De un total de 95 estudios modernos, 56 estudios encuentran resultados positivos acerca de las estrategias de trading basadas en Análisis Técnico, 20 estudios encuentran resultados negativos y 19 estudios encuentran resultados mezclados. A pesar de la evidencia de la rentabilidad de las técnicas de Análisis Técnico, la mayoría de estos estudios empíricos están sujetos a problemas en sus procedimientos de prueba. Entre estos problemas, se encuentra el problema de data snooping⁶ y dificultades de estimación del riesgo y los costes de transacción. Investigaciones futuras deben corregir estas deficiencias con la finalidad de proporcionar evidencia real de la rentabilidad de las estrategias técnicas de trading."[10]

Centrándonos únicamente en los estudios sobre los Patrones Gráficos, podemos destacar los siguiente estudios:

Chang y Osler (1999) proporcionaron un estudio riguroso sobre los patrones gráficos. Formularon un algoritmo para la identificación del patrón Cabeza-Hombros y evaluaron su comportamiento usando datos diarios en el mercado de divisas. Descubrieron que este patrón generaba beneficios positivos estadísticamente significativos, sin embargo, no superaban la rentabilidad de otras técnicas del Análisis Técnico más sencillas. [11]

Lo et al. (2000) evaluaron la capacidad de predicción sobre los precios de las acciones de 10 patrones gráficos, entre los que se encontraban el Cabeza-Hombros, Triángulos y Rectángulos. Concluyeron que aunque era posible que no se pudieran utilizar para generar grandes beneficios de trading, si podían añadir valor al proceso de inversión. [12]

Dawson y Steely (2003) aplicaron el procedimiento de Lo et al. al mercado de acciones británico. Llegaron a la conclusión de que los patrones de precio no eran rentables, a pesar de que las distribuciones condicionales de las señales de patrones de precio eran significativamente diferentes de las distribuciones incondicionales, lo que demostraba la influencia de los patrones gráficos en el movimiento del precio posterior.

⁶ *Data Snooping*: Ocurre cuando un conjunto de datos es usado más de una vez con el propósito de inferencia o selección del modelo. Cuando es reutilización de datos tiene lugar, siempre existe la posibilidad que cualquier resultado satisfactorio pudiera haber sido obtenido por casualidad, en vez de, por merito del método que consigue esos resultados. [25]

Sin embargo, Curcio et al. (1997), Guillaume (2000) and Lucke (2003) todos muestran limitada evidencia de la rentabilidad de los patrones de precio, con los beneficios de los patrones cayendo con el tiempo.

No obstante, todos estos estudios, no han incluido ningún tipo de optimización de los parámetros de la estrategia de inversión, test fuera de los datos de muestreo y no han tenido en cuenta el problema de data snooping.

Estudios más recientes de los recogidos en la recopilación de Park y Irwin (2007), muestran técnicas más avanzadas de reconocimiento de los patrones basadas principalmente en redes de neuronas artificiales, sin embargo, estos estudios están únicamente centrados en la parte computacional y dejan de lado el estudio de la capacidad de predicción de los patrones, ninguno de los estudios encontrados muestran estadísticas sobre la rentabilidad de los patrones detectados.

El estudio que se lleva a cabo en este proyecto, pretende resolver las ineficiencias tanto de los estudios más antiguos como de los más modernos. En comparación con los estudios más modernos, este trabajo no solo desarrolla una herramienta de identificación de patrones si no que demuestra la capacidad de predicción de los patrones detectados mediante un estudio estadístico y proporciona una estrategia de trading rentable. Además pretende resolver los problemas de los estudios previos al 2007 mediante la inclusión de un proceso de optimización de la estrategia de inversión utilizando un Algoritmo Genético, realizando un test fuera de los datos de entrenamiento y mediante la utilización de varias técnicas de overfitting que permitan eliminar el problema de data snooping. Mediante la resolución de estos problemas se pretende inclinar la balanza de la controversia sobre la rentabilidad del Análisis Técnico, en especial la de los patrones de precio, en dirección positiva.

4. Detección Automática de Patrones Gráficos

Se valoran dos plataformas distintas para la implementación del sistema. MetaTrader 5 es una plataforma de inversión que permite crear robots automáticos de trading con conexión a los distintos mercados financieros, por lo que podríamos operar y ejecutar acciones de compra y venta de manera directa. Sin embargo, en este proyecto estamos estudiando la viabilidad de utilizar los patrones de precios como método de inversión automático y no es interés principal la posibilidad de operar de manera real y directa en los mercados. Se elige MATLAB para la implementación del sistema por ser un entorno con amplio soporte matemático, alta precisión, amplio soporte de funciones ya desarrollados y la amplia ayuda que ofrece frente a MetaTrader 5.

4.1. Obtención de datos históricos de precios

Para la correcta detección de los patrones debemos obtener datos históricos del movimiento del precio fiables y precisos. Podemos obtener estos datos de dos fuentes distintas.

Utilizaremos la plataforma MetaTrader para obtener datos que no sean diarios. MetaTrader dispone de un histórico de datos muy preciso que nos permite obtener datos del precio que ha tenido una acción o un mercado en un intervalo de hasta un minuto, pudiendo consultar más de 20 años atrás.

Para la obtención de datos diarios utilizaremos Google Finance por su simplicidad. Google Finance solo nos permite acceder a datos diarios, por ello, para obtener datos en otros intervalos de tiempo acudimos a MetaTrader. Los datos de Google también son precisos y ya tienen en cuenta los posibles *splits*⁷ de la acción. Esto es importante, pues un bajada de precio de la acción debido a un *split* no debe tenerse en cuenta a la hora de identificar patrones de precio.

La función de descarga de los datos de Google Finance precisa de tres parámetros : la fecha inicial, la fecha final y una lista con los *tickers*⁸ de los valores que deseamos consultar y el mercado en el que operan.

Véase un ejemplo:

```
initialDate = '01-01-2000';  
finalDate = '01-06-2014';  
stockList = {'NASDAQ:MSFT', 'NASDAQ:GOOG'};
```

⁷*Split*: Acción corporativa en el cual una compañía divide sus acciones existentes en múltiples acciones. El valor de la acción baja, sin embargo el valor real se mantiene pues el valor total del conjunto de acciones nuevas es el mismo que el de la acción antigua. Si se poseen 100 acciones de 50\$ y se hace un Split 2 a 1, el inversor pasa a poseer 200 acciones de 25\$ manteniéndose idéntico el valor total.

⁸ *Ticker*: Símbolo con el que la acción se identifica en el mercado. Ej: GOOG para Google.

De este modo descargaremos los datos diarios desde el 1/1/2000 hasta el 1/6/2014 de las acciones de Microsoft y de Google, que operan en el NASDAQ. Para poder realizar la descarga debemos tener acceso a la red.

Los datos son descargados en una tabla compuesta por la fecha del día en formato numérico, el precio de apertura, el máximo, el mínimo y el precio de cierre. Antes de guardar la tabla le añadimos dos columnas más. En una nueva columna pasamos la fecha de formato numérico a formato fecha.

En nueva columna calculamos el precio de cierre ajustado. El precio ajustado tiene en cuenta los dividendos, esto es fundamental a la hora de ver el verdadero movimiento de precio de las acciones. Debemos tener presente el valor temporal del dinero, un euro hoy vale más que un euro mañana, pues el euro de hoy lo podríamos meter en un depósito y tener mañana un euro más los intereses generados. De este modo, el precio de la acción se ve afectado por el pago de dividendos. Si Apple va a efectuar mañana el pago de dividendos, el valor de su acción hoy será mayor que su valor mañana cuando se hayan pagado los dividendos. Sin embargo, esta bajada de precio es solo causa del pago de dividendos y no refleja la situación del mercado ni el pensamiento de los inversores, es por ello que estas variaciones de precio deben ser descartadas y correctamente ajustadas.

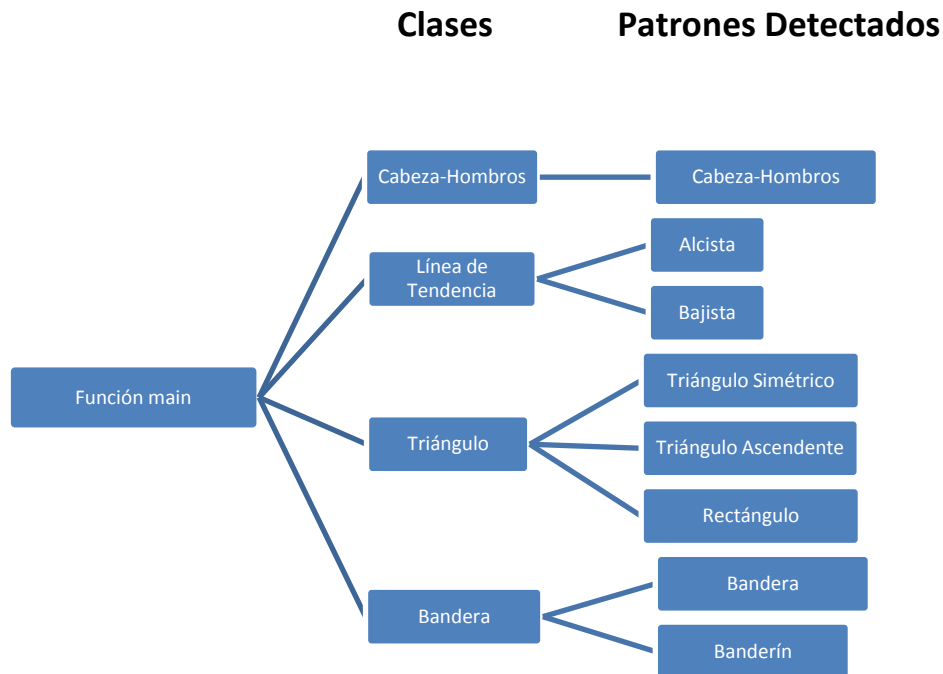
Tras el cálculo de las dos columnas extras, ya tenemos la información que necesitamos para detectar los posibles patrones. Siguiendo con nuestro ejemplo se muestran los datos de los 16 primeros días de la acción de Microsoft.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Date	Open	High	Low	Close	Volume	AdjClose	DateFormat
1	730488	58.6900	59.3100	56	58.3400	51680600	42.3300	03-01-2000
2	730489	56.7800	58.5600	55.9400	56.3100	52866600	40.8600	04-01-2000
3	730490	55.5600	58.1900	54.6900	56.9100	62712600	41.3000	05-01-2000
4	730491	56.0900	56.9400	53.7500	55	51808000	39.9100	06-01-2000
5	730492	54.3100	59.1900	53.6600	55.7200	60441600	40.4300	07-01-2000
6	730495	56.7200	56.8400	55.6900	56.1200	42923600	40.7200	10-01-2000
7	730496	55.7500	57.1200	54.3400	54.6900	45667000	39.6900	11-01-2000
8	730497	54.2500	54.4400	52.2200	52.9100	65640400	38.3900	12-01-2000
9	730498	52.1900	54.6600	50.7500	53.9100	79754200	39.1200	13-01-2000
10	730499	53.5900	56.9700	52.8800	56.1200	71781600	40.7200	14-01-2000
11	730503	55.9100	58.5300	55.8800	57.6600	75856800	41.8400	18-01-2000
12	730504	55.2500	55.7500	53	53.5000	95812400	38.8200	19-01-2000
13	730505	53.5300	54.8400	52.8600	53	54968200	38.4600	20-01-2000
14	730506	53.5000	53.6200	51.6200	51.8800	65824200	37.6500	21-01-2000
15	730509	51.9000	52.8400	50.4100	50.6200	61533400	36.7300	24-01-2000
16	730510	50.5000	51.9400	49.7800	51.4100	58584400	37.3100	25-01-2000

Tabla 4.1 Datos históricos de Microsoft

4.2. Estructura general del software

Se ha diseñado una estructura orientada a objetos, programando una clase para cada tipo de patrón gráfico que queremos detectar, con excepción de aquellos patrones de carácter similar que han sido unificados en una sola clase. La estructura es de este modo:



Función main

Como ya hemos mencionado anteriormente, el identificador debe funcionar y actuar en tiempo real. En la función main tiene lugar el loop temporal sobre los datos históricos de precios. En cada iteración recibimos un nuevo dato correspondiente a un nuevo día y le enviamos la información a la clase del patrón que queremos identificar. En caso de detectarse un patrón, este es devuelto al main y guardado en una base de datos para posterior análisis.

Tanto el estudio, como todas las gráficas que se muestran a continuación se han realizado sobre datos diarios.

Clases patrón

Todas las clases patrón tienen una estructura y métodos generales idénticos indiferente del tipo de figura gráfica que detecte.

Desde el main se llama a la función check de la clase patrón, la cual recibe el histórico de precios y el histórico de volúmenes para el instante actual.

```
function [pattern] = check(h, price, volume)
```

En la función check se realizan tres tareas:

I. Obtención de máximos absolutos

El mercado se caracteriza por un movimiento constante en forma de zigzags con máximos y mínimos constantes, sin embargo, no todos estos máximos son significativos. Cuando este zigzagueo toma una dirección ascendente durante cierto tiempo y luego la toma en dirección descendente habrá dado lugar a un máximo en la gráfica mucho más significativo que los picos y valles formados por el constante zigzagueo y que solo representan ruido.

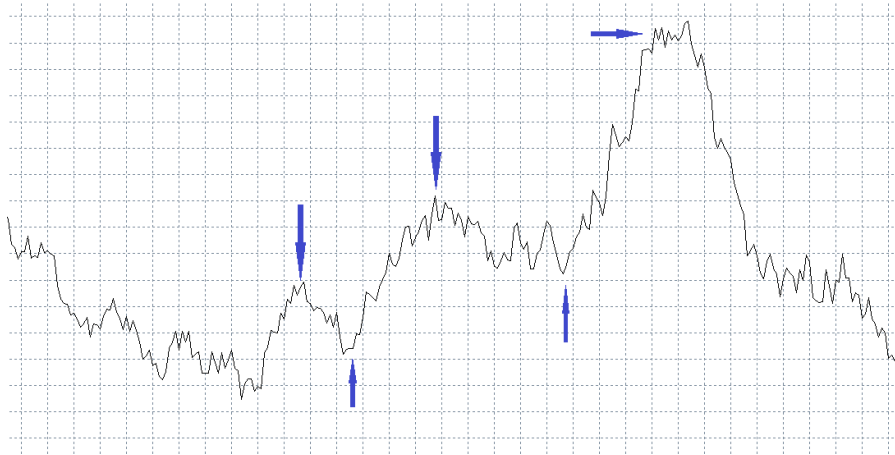


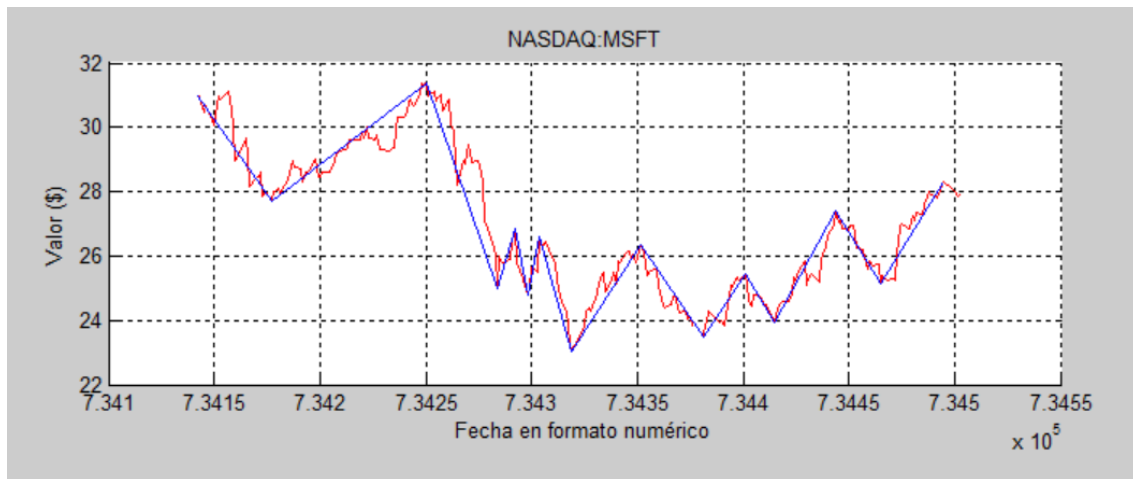
Figura 4.1 Puntos significativos del ZigZag de un mercado.

Cada día el mercado forma nuevos máximos y mínimos que trataremos como ruido. Señalizados con flechas azules podemos ver los picos y valles más significativos, estos son importantes niveles de resistencia (máximos) y soporte(mínimos) del mercado.

El analista técnico únicamente está interesado en los máximos y mínimos significativos y centrará su análisis en estos. La identificación de los máximos significativos es una tarea muy sencilla para el ojo humano. El lector probablemente haya identificado los máximos y mínimos significativos, que se muestran en la anterior gráfica, de un solo vistazo. Sin embargo, para un ordenador la tarea no es tan sencilla. Hoy en día, multitud de estudios se están centrando en la tarea de identificar los máximos significativos de una función mediante computación.

En este proyecto utilizaremos el método ZigZag. Esta función calcula el cambio porcentual de los precios y los compara con un parámetro prefijado. Más adelante trataremos el funcionamiento de la función en detalle, pues es una parte crucial del software de detección de patrones.

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo del funcionamiento del ZigZag en nuestro sistema:



Gráfica 4.1 Ejemplo función ZigZag en Microsoft 2010/2011

En color rojo, podemos observar los precios de cierre diarios que tomo Microsoft desde el 1/1/2010 al 1/1/2011. En color azul, vemos la detección de los picos y valles significativos también conocidos como niveles de resistencia y soporte, unidos mediante una línea continua.

II. Limpieza y Actualización de índices

Como ya hemos mencionado antes, en la función main tiene lugar un loop temporal, dentro de este loop, en cada iteración se le envía al detector de patrones un intervalo de tiempo cuyo último valor es el instante actual.

El detector recibe los datos de precios con los índices y fechas relacionados al histórico de precios. Para facilitar el cálculo y el proceso de identificación de patrones, se corrigen los índices, dando el número 1 al primer valor del intervalo de tiempos a analizar y actualizando el resto en consecuencia.

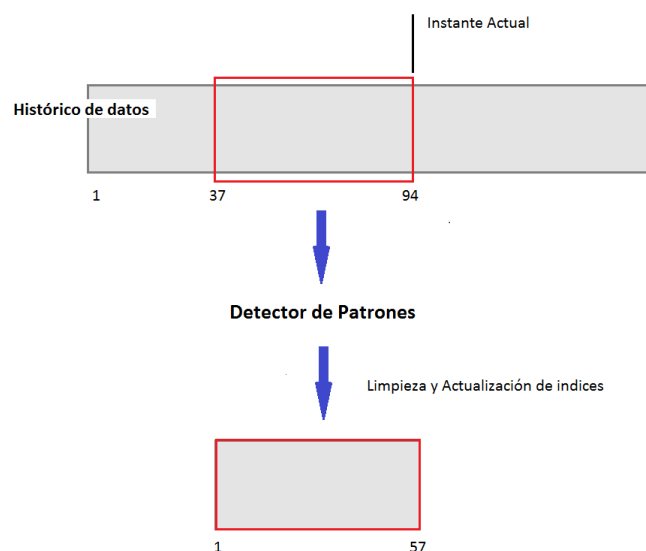


Figura 4.2 Esquema de la actualización de los índices.

III. Detección de Patrones

Todas las clase independientemente del patrón que detecten, están estructuradas de manera idéntica. Una vez que se ha detectado los máximos y mínimos significativos y que hemos actualizado los índices para facilitar el manejo de los datos, se procede a la identificación del patrón.

Primero, se selecciona el número de puntos del ZigZag (puntos significativos) que se requieren para la formación del patrón. Esta información está guardada como una propiedad de la clase de cada patrón.

```
PatternRequiredPoints = 6; % Ejemplo patrón Cabeza-Hombros
```

A estos puntos, se le añaden los puntos necesarios para comprobar la tendencia previa a la formación del patrón y se separan en variables distintas.

```
h.TrendPriceZigzag          % Variable de puntos de Tendencia
h.PatternPriceZigzag        % Variable de puntos del Patrón
```

Una vez haber obtenido los puntos necesarios, para que este conjunto de puntos significativos sea considerado patrón debe pasar con éxito cuatro comprobaciones:

- `checkTrend()` :
Murphy estipula que todo patrón debe venir precedido de una tendencia previa. En esta función se comprueba la existencia de esa tendencia en la dirección y fuerza correcta que caracteriza al patrón que se quiera detectar.
- `checkPrice()` :
En esta función se comprueba que los precios se mueven de la manera característica que requiere el patrón. Por ejemplo, formando dos hombros y una cabeza en el caso de la figura Cabeza-Hombro.
- `checkVolume()` :
Como ya se ha comentado antes, el volumen es un indicador clave en la identificación de las figuras de precios. En esta función se comprueba que el volumen se ha movido del modo esperado.
- `checkSize()` :
Se comprueba que la figura detectada concuerda con el límite temporal característico del patrón. En la literatura se describen patrones de duración media (entre uno y tres meses) y patrones de duración corta (entre una y tres semanas).

Si el conjunto de puntos aprueba con éxito las cuatro comprobaciones, será considerado un patrón y se procede a calcular y guardar las características significativas del patrón para su

posterior análisis. Entre otras características más específicas de cada patrón, se calcula y se guarda de manera genérica para todos los patrones las siguientes:

- Tipo de patrón
- Tamaño del patrón
- Objetivo de precio del patrón
- Punto en el que se ejecuta la operación de compra/venta
- Tipo de orden : compra ó venta
- Máximos y mínimos significativos (puntos ZigZag)
- Movimiento de precios durante el patrón
- Movimiento posterior del precio tras la detección del patrón (únicamente se guarda para análisis, en situación real no tendríamos de esta información)

Finalmente, el patrón es enviado de nuevo a la función main donde es guardado en la base de datos. En el caso, de que no se detectará patrón, se devuelve un conjunto vacío y no se guarda en la base de datos.

4.3. Identificación de máximos y mínimos significativos del mercado

En este apartado, explicaremos en detalle el funcionamiento de la función ZigZag introducida en el punto anterior, comentaremos el proceso de calibración de los parámetros que actúan en ella y realizaremos un estudio de su gran debilidad y de cómo corregirla.

El mercado se caracteriza por un movimiento constante en forma de zigzags con máximos y mínimos constantes, sin embargo no todos estos máximos son significativos y merecen de análisis. Usamos la función ZigZag para identificar los verdaderos picos y valles significativos del mercado.

Funcionamiento

El primer punto de observación (primer precio) se toma como punto de inicio. Se busca el siguiente precio que supere, en dirección ascendente o descendente, al primer punto de observación por un valor porcentual que ha sido prefijado con anterioridad. Supongamos que el valor del parámetro del cambio porcentual es de 5%, entonces se buscará el siguiente precio que sea superior o inferior al precio inicial en un 5%.

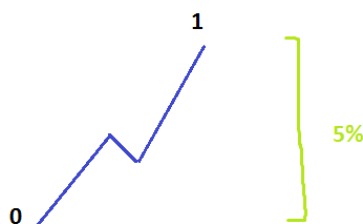


Figura 4.3 ZigZag Paso 1.

Supongamos que el precio encontrado supera al precio actual, entonces ese precio queda marcado como máximo significativo. A partir de este punto, se busca un precio que sea simplemente mayor al máximo encontrado previamente (Opción A) o que sea inferior en un 5% (Opción B). Si se da la primera opción, entonces el primer máximo significativo es descartado y el nuevo máximo toma su lugar. En caso de que se dé la opción B, ese valor inferior será tratado como mínimo significativo.



Figura 4.4 ZigZag Paso 2 (Opción A).

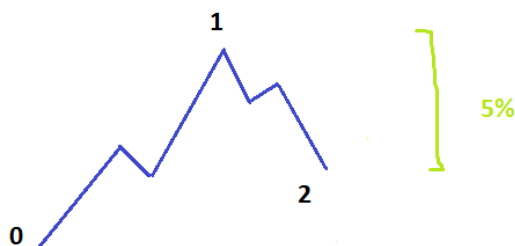


Figura 4.5 ZigZag Paso 2 (Opción B).

La potencia del ZigZag viene dado en el paso 3. Supongamos que ha sucedido la opción B y se ha establecido un nuevo mínimo dando lugar a dos puntos significativos, un máximo (punto 1) y un mínimo (punto 2). En este punto, si el ZigZag encuentra un nuevo máximo significativo, lo establecerá como punto 3, sin embargo, si este máximo es mucho más significativo comparativamente que el mínimo (punto 2), la función descartará tanto el punto 1 como el punto 2 en favor de un nuevo máximo mucho más significativo que pasará a ser el punto 1. [13]



Figura 4.6 ZigZag Paso 3.

Análisis del ZigZag - Estudio de su debilidad

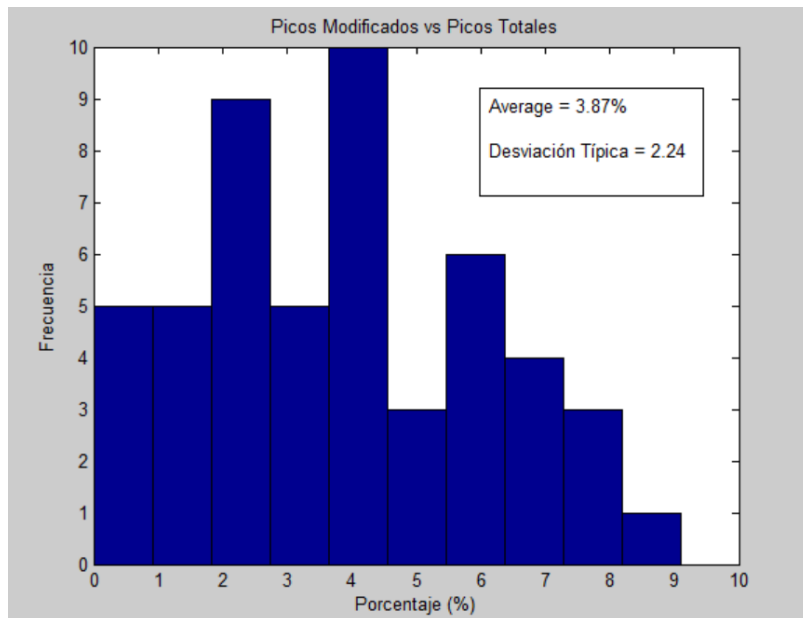
La característica de autocorrección de máximos y mínimos pasados dota a la función ZigZag de una precisión competitiva con la del ojo humano para datos lejanos al tiempo presente. Si nos encontramos a día 100, sabemos que los máximos y mínimos significativos que la función ZigZag revela, para días anteriores al día 80, son muy precisos, pues la función ha tenido suficientes datos posteriores para autocorregirse. Sin embargo, cuanto más nos acerquemos al instante actual, los mínimos y máximos detectados serán menos confiables pues aunque estos pueden ser correctos, también es posible que sean modificados en un futuro.

Se realiza un análisis de la frecuencia con la que la función ZigZag modifica máximos y mínimos anteriores. Para este estudio se debe entender que el ultimo máximo o mínimo detectado por la función es un pico momentáneo, le llamaremos pico variable. El pico variable será modificado constantemente por la función ZigZag, en caso de ser un máximo el simple hecho de que el siguiente precio esté por encima, cambiará el pico. Por tanto, entenderemos que un máximo o mínimo es fijo cuando la función ya ha identificado otro mínimo o máximo. Se estudiara por tanto la frecuencia con que un máximo fijo es corregido y cambiado.

El cambio del pico variable no afecta de ningún modo a la identificación de patrones, pues este pico es el último y corresponde con el precio que rompe la línea de tendencia de los patrones, por tanto, no se tiene necesidad de que este pico represente un pico significativo del mercado. Sin embargo, los picos fijos corresponden a puntos del patrón que deben representar los máximos y mínimos significativos del mercado. La modificación de estos puntos afecta a nuestro patrón y por ello estudiamos la frecuencia con la que ocurre.

Se realiza un test para comprobar el porcentaje de máximos y mínimos fijos que son modificados frente al número de máximos y mínimos detectados en una acción. Para ello, utilizamos una base de datos de 50 acciones aleatorias entre la bolsa de valores de Madrid, el Nasdaq y la bolsa de valores de Nueva York. Se recogen los datos de cada acción para el periodo comprendido entre el 1/1/2000 y el 1/1/2013.

Resultado:

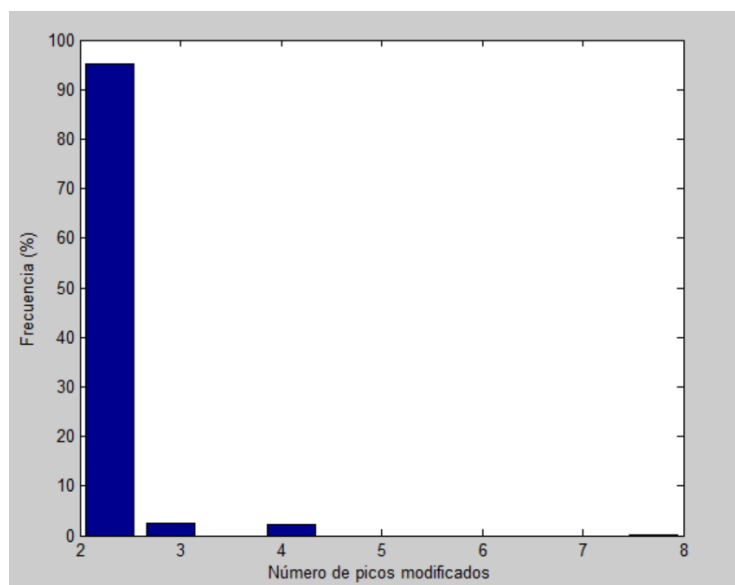


Gráfica 4.2 Estudio del porcentaje de Picos Modificados por el ZigZag vs Picos Totales Detectados.

Como se observa en la gráfica, aproximadamente el 4% de los picos que el ZigZag detecta ha llevado a la autocorrección de picos detectados con anterioridad.

Por último, realizamos un estudio de la cantidad de picos que se corrigen cada vez que ocurre una modificación, no tiene el mismo impacto que se modifique un único máximo a que se modifiquen cinco. Se analizan todos los cambios del grupo de acciones usadas para el test anterior.

Resultado:



Gráfica 4.3 Frecuencia de la cantidad de picos autocorregidos.

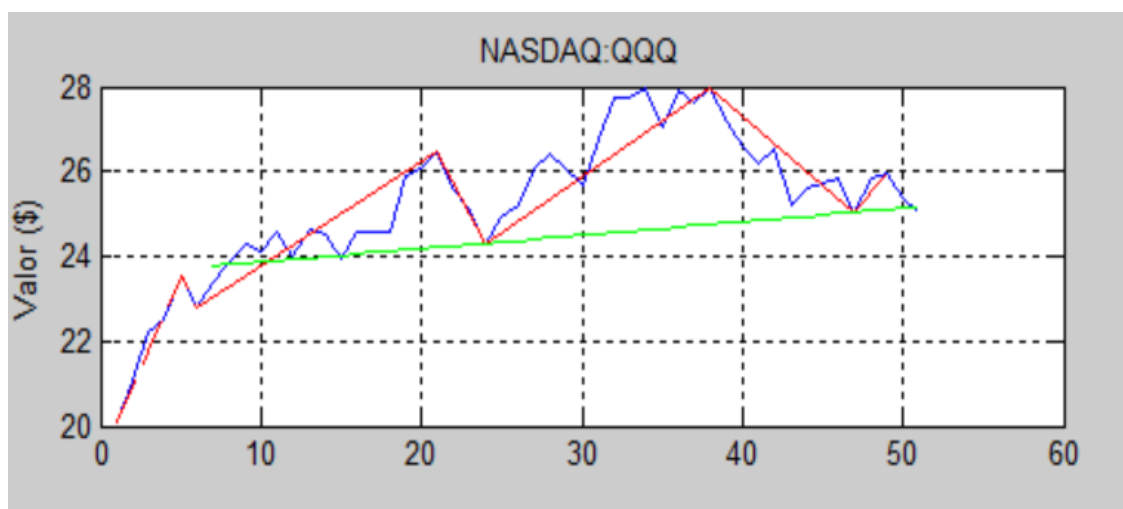
El 95% de las autocorrecciones que la función ZigZag realiza, comprenden la modificación de dos picos significativos.

Conclusión del análisis:

Podemos asumir que prácticamente siempre que la función ZigZag corrija máximos y mínimos pasados, supondrá una modificación de solo dos picos. La frecuencia con la que se producen correcciones de picos pasados es de un 4% de media. Pese a que no ocurre con una frecuencia preocupante es algo a tener muy en cuenta. El análisis nos lleva a la conclusión de que los últimos picos de nuestros patrones podrían no ser verdaderos picos significativos y por tanto la capacidad de predicción del patrón podría verse afectada. Esto tiene afectación, por ejemplo, en el hombro derecho en un patrón Cabeza-Hombros, en la última montaña de una línea de tendencia, etc.

Como solución se propone aplicar filtros de simetría en la detección de los patrones. En el caso del patrón Cabeza-Hombros se exige la simetría de altura y anchura entre los dos hombros, en el caso de la línea de tendencia se exige simetría de altura y anchura entre todas las montañas. Se considera que de este modo se reduce de manera notable la posibilidad de que un patrón detectado incluya un pico que luego sea modificado. Esto se deduce del hecho de que la modificación de más de dos picos es probabilísticamente muy baja, cercana a cero, por tanto, si asumimos que los primeros picos del patrón no van a ser modificados podemos asumir también que los dos últimos picos del patrón tampoco lo van a ser, pues tras haber garantizado la simetría, deberían ser igual de significativos.

A continuación se muestra un ejemplo de un patrón Cabeza-Hombros que no ha pasado el filtro de simetría.



Gráfica 4.4 Patrón Cabeza-Hombros no simétrico.

Se puede ver como el hombro derecho, es muy pequeño comparado con el izquierdo. Ese hombro no representa un pico significativo. La exigencia de la similitud de hombros evita la detección de este tipo de figuras erróneas.

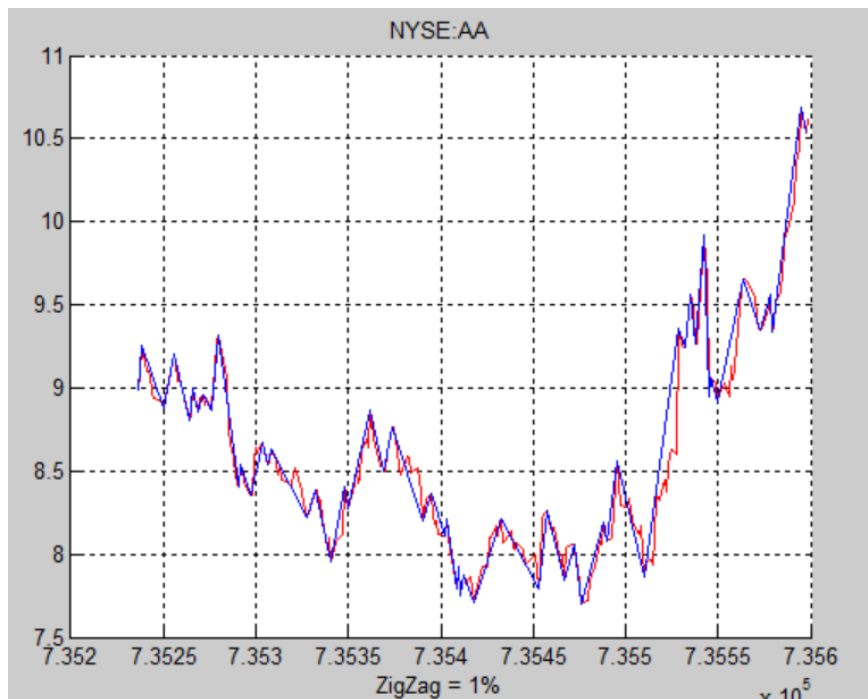
Calibración

La función ZigZag es usada para intentar identificar los máximos y mínimos significativos de un mercado del mismo modo que lo haría el ojo humano. Por ello, con el fin de calibrarla para su mejor funcionamiento se ha considerado, que lo más lógico es calibrarla de manera visual. El único parámetro que la función maneja es el parámetro de cambio porcentual, es decir, el cambio porcentual que necesita sufrir un precio frente a otro para ser considerado un máximo o mínimo significativo.

Después de graficar el resultado de la función ZigZag para múltiples parámetros y para distintas acciones. Mediante observación visual se llega a la conclusión de que el parámetro óptimo de la función es de 3% para todo tipo de patrones con excepción de banderas y banderines.

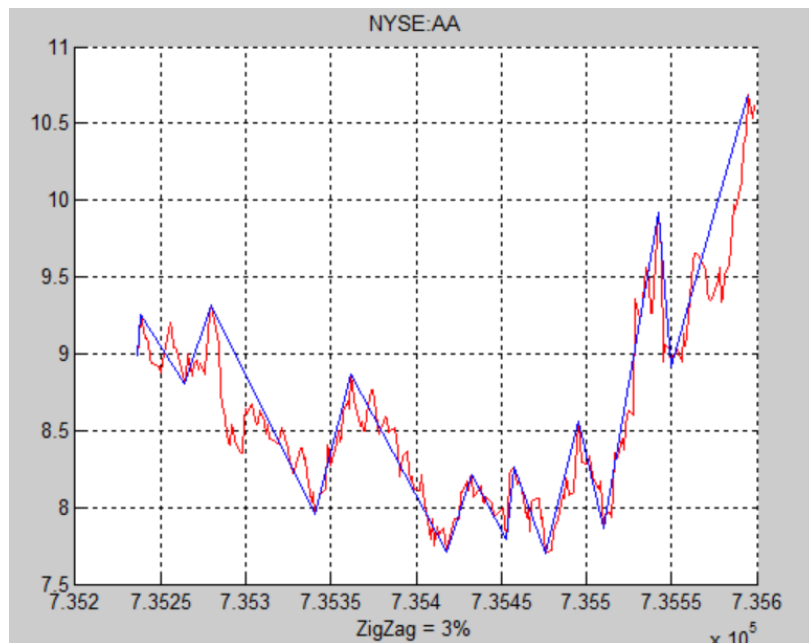
Las banderas y banderines son patrones de muy corta duración, por tanto, se necesita que la función ZigZag identifique picos de manera más rápida que en el resto de patrones, se considera que el parámetro óptimo para este tipo de patrones es de 1%.

Se muestra un ejemplo de inspección visual con distintos parámetros de ZigZag en la compañía Alcoa, Inc durante el periodo de tiempo que comprende entre 1/1/2013 y 1/1/2013.



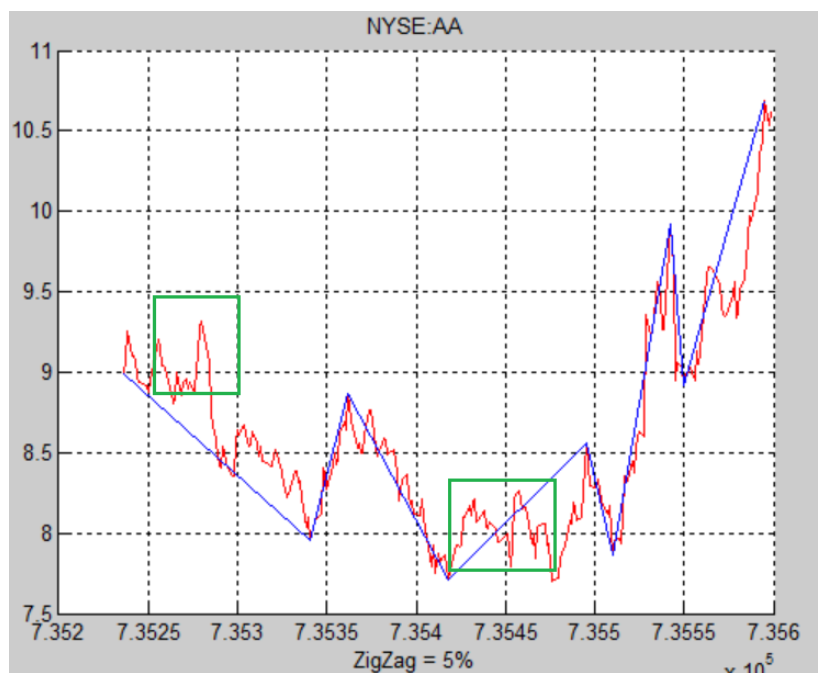
Gráfica 4.5 ZigZag con parámetro de cambio porcentual 1%.

Al ajustar el parámetro del cambio porcentual al 1%, vemos que el ZigZag sigue muy de cerca a los precios y no es capaz de identificar los verdaderos picos significativos.



Gráfica 4.6 ZigZag con parámetro de cambio porcentual 3%.

Al ajustar el parámetro del ZigZag al 3%, vemos la ejecución más óptima de la función que identifica perfectamente los máximos y mínimos significativos.



Gráfica 4.7 ZigZag con parámetro de cambio porcentual 5%.

Al ajustar el parámetro del ZigZag al 5%, vemos que la función pasa por alto, algunos picos importantes, señalados con cuadrados en verde.

4.4. Detección de los patrones

En este apartado, se explicará en detalle el proceso de identificación de patrones, introducido en un punto anterior, de manera específica para cada tipo de patrón. Además se mostrarán gráficas diarias, en las que se demostrará la identificación correcta de los patrones.

Todas las figuras serán identificadas mediante el cumplimiento de las características propias de cada patrón mencionadas por John J. Murphy en su libro "Análisis Técnico de los Mercados Financieros" y que han sido expuestas en este trabajo en el Apartado 1.3: Patrones Gráficos.

4.4.1. Clase Cabeza-Hombros

En la clase Cabeza-Hombros únicamente detectaremos figuras Cabeza-Hombros (véase Figura 1.5 y Figura 1.6).

El patrón Cabeza-Hombros necesita de 6 puntos significativos del ZigZag para formarse.

```
PatternRequiredPoints = 6;
```

I. checkTrend

El Cabeza-Hombros es una figura de cambio de tendencia, se produce al final de una tendencia alcista y pronostica una tendencia bajista. En esta función comprobamos que los máximos y mínimos de la tendencia previa, son sucesivamente más altos (tendencia alcista).

```
% Mínimos
```

```
all(h.TrendPriceZigzag(3:2:end,2) > h.TrendPriceZigzag(1:2:end-2,2))
```

```
% Máximos
```

```
all(h.TrendPriceZigzag(4:2:end,2) > h.TrendPriceZigzag(2:2:end-2,2))
```

II. checkPrice

El movimiento de los precios debe dibujar tres picos, siendo el pico central el más alto y estando los otros dos a una altura parecida. Además la línea del cuello debe ser prácticamente horizontal. Se asemeja a la imagen de la cabeza y los hombros.

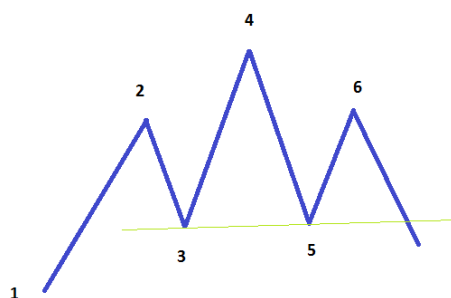


Figura 4.7 Numeración de picos del patrón Cabeza-Hombros.

Para garantizarlo, se comprueba la altura relativa de los picos:

```
(h.PatternPriceZigzag(2,2)>h.PatternPriceZigzag(1,2)) && ...  
(h.PatternPriceZigzag(3,2)>h.PatternPriceZigzag(1,2)) && ...  
(h.PatternPriceZigzag(4,2)>h.PatternPriceZigzag(2,2)) && ...  
(h.PatternPriceZigzag(5,2)<h.PatternPriceZigzag(2,2)) && ...  
(h.PatternPriceZigzag(6,2)<h.PatternPriceZigzag(4,2))
```

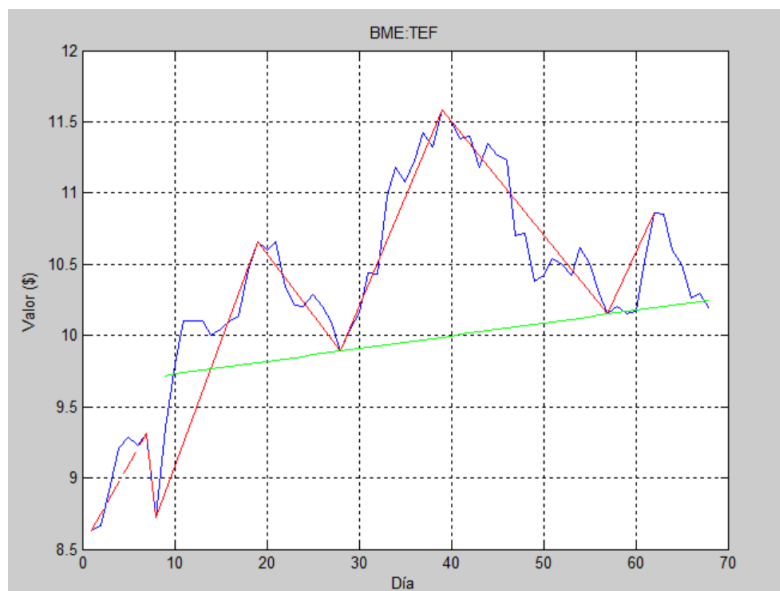
El patrón se completa cuando los precios, que descienden desde el ultimo hombro, cruzan por debajo de la línea del cuello.



Figura 4.8 Corte de la línea del cuello. Patrón Cabeza-Hombros.

Para comprobar si el precio ha cruzado la línea del cuello, momento en el cual se detecta el patrón, primero se calcula la línea del cuello con los mínimos de la cabeza, puntos 3 y 5. Luego, se comprueba que solo el último precio (precio del instante actual) es inferior al valor de la línea del cuello. Se debe exigir que únicamente el ultimo precio sea inferior a la línea del cuello, de lo contrario, debido al loop temporal el mismo patrón se detectaría varias veces.

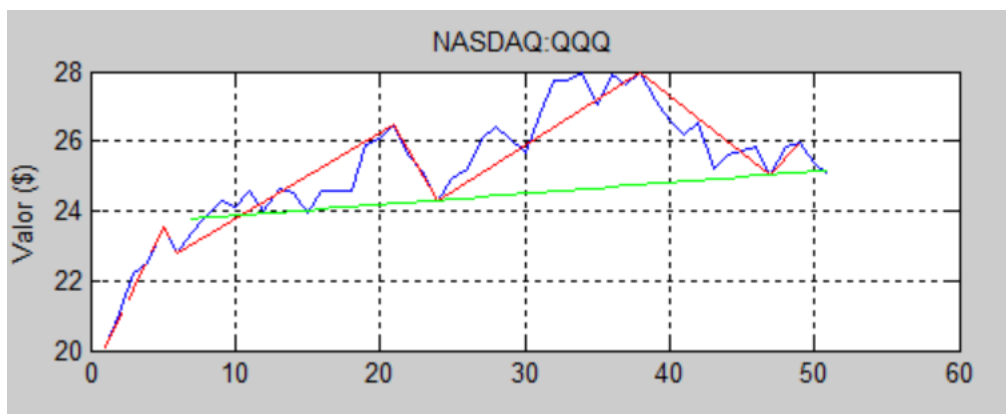
A continuación mostramos un patrón Cabeza-Hombros detectado en la compañía española Telefónica:



Se distingue una tendencia alcista previa a la formación del patrón que va desde el día 0 al día 20 (primer pico del patrón). Luego se forma el patrón con los hombros y la cabeza bien diferenciadas y finalmente el ultimo precio (en azul), cruza la línea del cuello (en verde). Se espera que los precios bajen una distancia igual a la altura de la cabeza del patrón.

Por último, en esta función se le hace pasar un filtro en el que se comprueba la similitud de los hombros (altura y anchura). Esto es interesante en dos aspectos, primero garantizamos que el patrón sea lo más simétrico posible, característica que Murphy resalta como positiva en todos los patrones de precios. Segundo, corregimos la falta de precisión que tiene la función ZigZag al detectar picos significativos cercanos al instante actual, es decir, mejoramos la precisión del hombro derecho.

A continuación se muestra un patrón Cabeza-Hombros detectado sin el filtro de similitud de hombros



Se puede ver como el hombro derecho, es muy pequeño comparado con el izquierdo. Ese hombro no representa un pico significativo. En esta imagen se demuestra la falta de precisión

que comete el ZigZag cuando nos acercamos al instante actual. Exigir la similitud de hombros sirve para evitar que se detecten figuras de este tipo.

III. checkVolume

Tras haber detectado que la figura estudiada tiene el movimiento de precio característico de una formación Cabeza-Hombros se procede a confirmar el patrón observando el volumen.

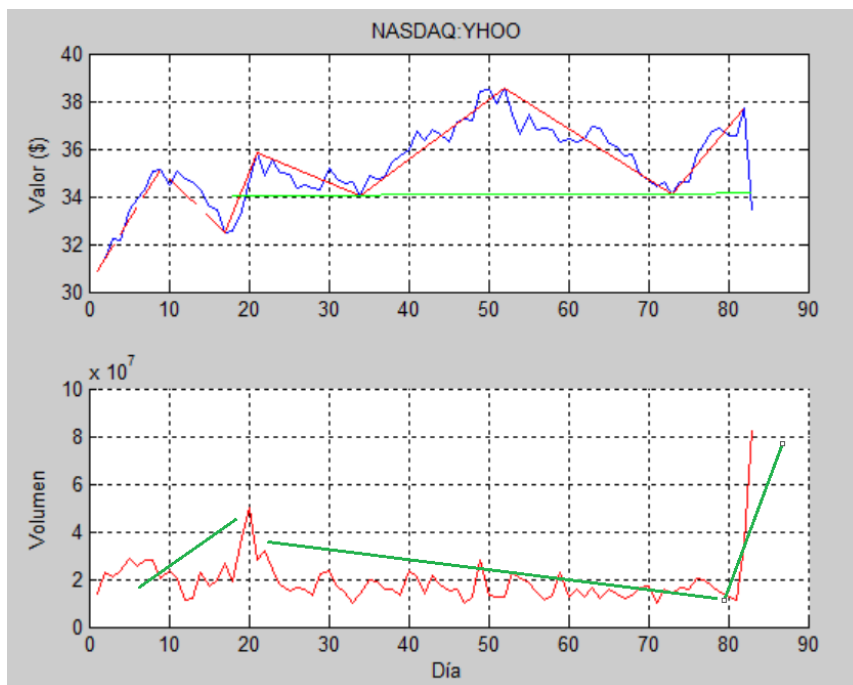
De manera genérica en todos los patrones de precios, el volumen debe disminuir durante la formación de la figura y debería explotar tras la ruptura de una importante línea de tendencia, en este caso, la línea del cuello.

Para comprobar esta característica, se utiliza un filtro de ajuste por mínimos cuadrados. De este modo, filtramos los días ruidosos y podemos comprobar fácilmente la tendencia de la recta obtenida tras el ajuste por mínimos cuadrados, para saber si el volumen está creciendo o disminuyendo.

Se exige:

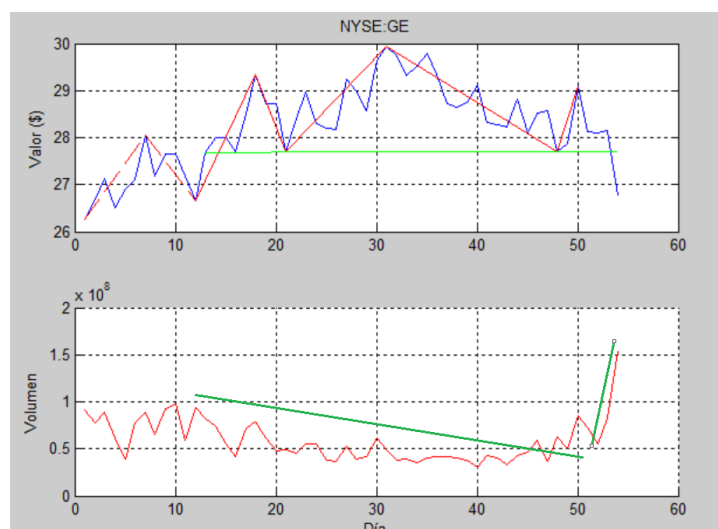
```
slopePattern < 0 %Pendiente durante la formación de patrón descendente  
slopeCross > 0  %Pendiente en el cruce ascendente
```

A continuación se muestran dos patrones detectados en las empresa de Yahoo y General Electric, que han pasado el filtro de volumen.



Gráfica 4.9 Patrón Cabeza-Hombros con Volumen en Yahoo.

Podemos observar que durante la formación del patrón, desde el día 20 hasta el día 80, el volumen (en rojo) es ligero y con una pendiente descendente. En el momento del cruce de la línea del cuello vemos la explosión de operaciones y el aumento del volumen característico en estas figuras.



Gráfica 4.10 Patrón Cabeza-Hombros con Volumen en General Electric.

De nuevo se observa un volumen descendente en la formación del patrón y un aumento considerable del mismo en el momento de la rotura de la línea del cuello.

IV. checkSize

Por último antes de dar por bueno la figura estudiada. Comprobamos que el tiempo que tarda en formarse corresponde con lo indicado por Murphy para este tipo de figuras. El patrón Cabeza-Hombros es una figura de media duración que suele desarrollarse entre 1 y 3 meses pudiendo alargarse un poco más en ocasiones . Se exige por tanto que el patrón tenga una duración de entre 20 y 80 días hábiles.

4.4.2. Clase Línea de Tendencia

En la clase línea de tendencia detectaremos todo tipo de líneas de tendencia (véase Figura 1.7), esto incluye, tendencias alcistas y bajistas, además usaremos un parámetro modificable que nos permitirá identificar líneas de tendencia con los puntos de contacto que deseemos. No obstante, centraremos el estudio en líneas de tendencia de 3 y 4 puntos de contacto.

```
PatternRequiredPoints = 2*contactPoints - 1;
```

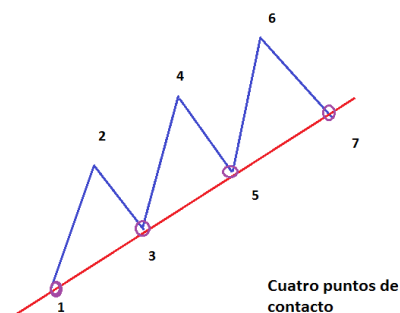


Figura 4.10 Numeración de picos de una Línea de Tendencia

Como ya se ha comentado antes, Murphy no incluye las líneas de tendencia dentro de los patrones de precio si no que la identifica como un arma distinta del analista técnico. Esto es debido a que las líneas de tendencia no requieren de una tendencia previa, pues la propia figura es la tendencia. Además, el indicador volumen no es tan importante como en los patrones de precios. Pese a que es bueno ver que el volumen crece cuando el mercado zigzaguea en dirección de la tendencia y que disminuye en dirección opuesta, esto no es una característica obligatoria. Por tanto, en esta figura bastará con comprobar que el movimiento de los precios es el esperado.

I. checkPrice

En el caso de una tendencia alcista, primero, comprobaremos que los picos y valles son sucesivamente más altos. En el caso de una tendencia bajista lo haremos al contrario.

```
if Direct % En el caso de tendencia alcista

% Mínimos

all(h.PatternPriceZigzag(3:2:end,2) > h.PatternPriceZigzag(1:2:end-2,2))

% Máximos

all(h.PatternPriceZigzag(4:2:end,2) > h.PatternPriceZigzag(2:2:end-2,2))
```

Tras confirmar la existencia de una tendencia alcista o bajista, debemos comprobar la alineación de los puntos que dan lugar a una línea de tendencia. Si la tendencia es alcista, los puntos que deben estar alineados son los mínimos, la línea de tendencia alcista se dibuja por debajo. En el caso de tendencia bajista, observaremos la alineación de los máximos, la línea bajista se dibuja por encima.

Utilizaremos un ajuste lineal por mínimos cuadrados⁹ para encontrar una recta que se ajuste a los puntos de nuestra figura.

```
function [fitresult, Rsquared] = checkAlignment(~,x,y)
```

La función devolverá la recta que más se ajusta a nuestros puntos *fitresult* y un parámetro de calidad del ajuste *Rsquared*.

El coeficiente de calidad o coeficiente de determinación R^2 , determina la calidad del modelo, en este caso una recta, para replicar los resultados y la proporción de variación de los resultados que puede explicarse por el modelo, es decir, R^2 determina si la recta se ajusta lo suficiente a los puntos de nuestra figura, como para ratificar que los puntos están alineados.

Mediante inspecciones visuales del funcionamiento de la función, hemos podido determinar que el valor adecuado de R^2 , que asegura que los puntos están alineados, debe ser mayor a

⁹ Ajuste por mínimos cuadrados: técnica que intenta encontrar una función continua que mejor aproxime los datos proporcionados de acuerdo con el criterio de mínimo error cuadrático. En su forma más simple, intenta minimizar la suma de cuadrados de las diferencias en las ordenadas entre los puntos generados por la función elegida y los correspondientes valores en los datos. [24]

0.98, siendo 1 el valor máximo del parámetro que corresponde a una alineación de los puntos matemáticamente perfecta.

Por último, pasamos un filtro de altura que garantiza que los precios se separen una distancia considerable de la propia línea de tendencia. La intención de este filtro es mejorar o solucionar las imprecisiones que pueda tener la función ZigZag a la hora de identificar los máximos y mínimos relativos.

IV. checkSize

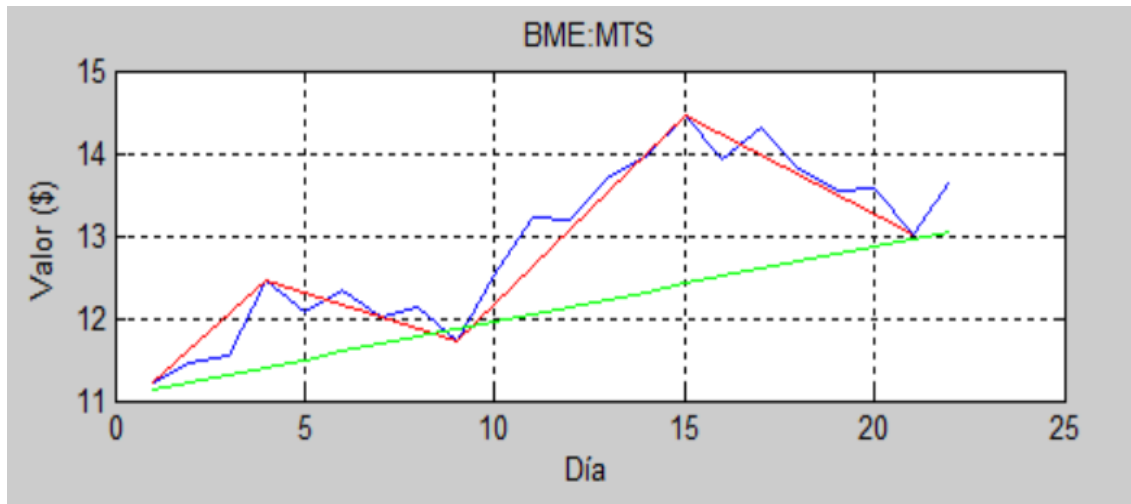
La líneas de tendencia no tienen una duración estimada y pueden durar de días a años. Murphy señala tres grados de tendencia: principal, secundaria y de corta duración. Estas tendencias se superponen, una bajada correctiva de una tendencia principal de larga duración es normalmente una tendencia bajista secundaria o de corta duración.



Figura 4.11 Tipos de tendencias según duración.

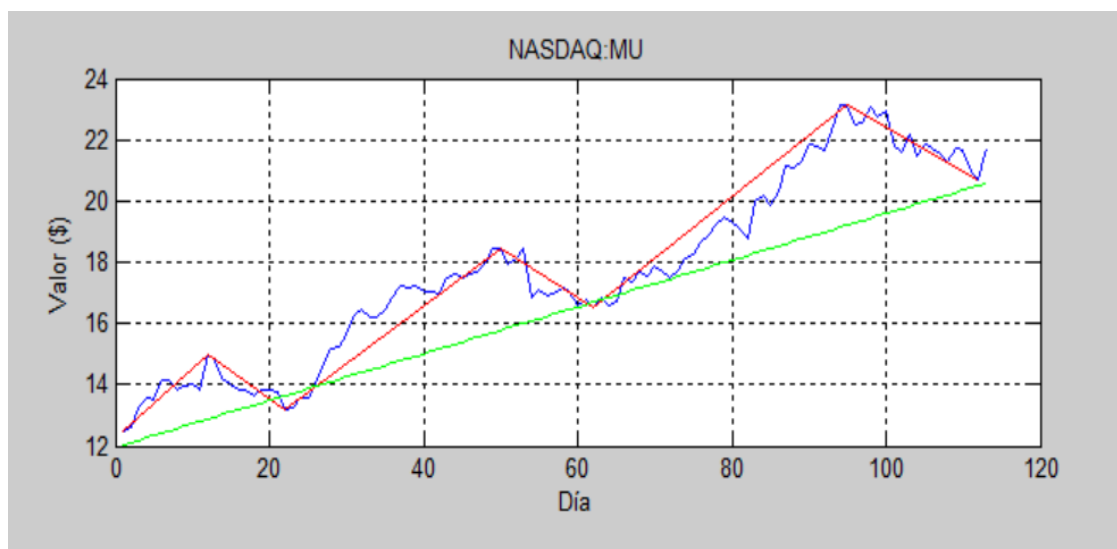
Sin embargo, en nuestro identificador pasaremos un filtro que exige que la línea de tendencia tenga una duración mínima de 20 días. La intención de este filtro una vez más es resolver la imprecisión que la función ZigZag tiene en fechas cercanas a la actual, cuanto mayor sea el patrón mayor será la precisión del ZigZag al identificar picos significativos.

A continuación se muestran cuatro líneas de tendencia con diferentes características que demuestran el funcionamiento del identificador.



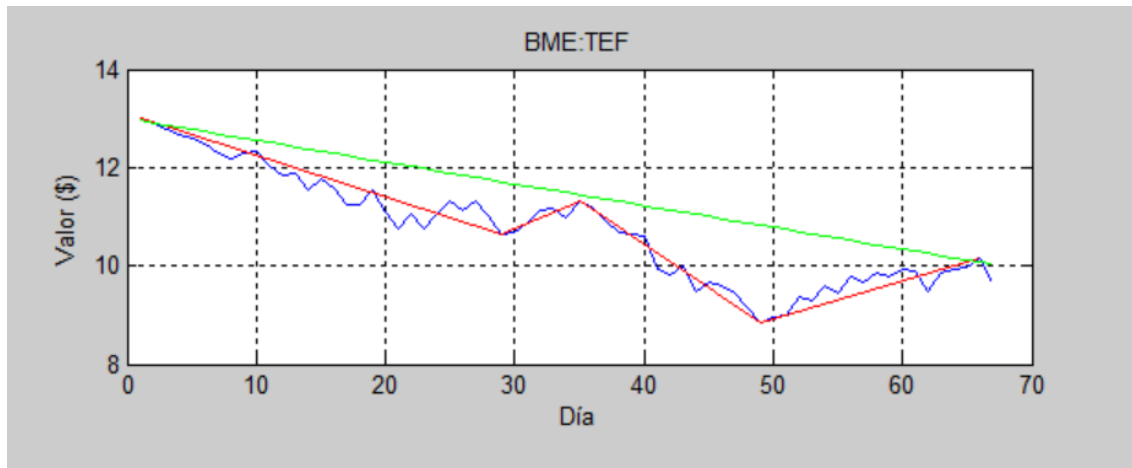
Gráfica 4.11 Línea de Tendencia Alcista de 3 puntos en ArcelorMittal, S.A

Se observa como la línea de tendencia (en verde) es puesta a prueba en tres ocasiones. Los mínimos se apoyan tres veces sobre ella. Un cierre por encima de la misma tras el último punto de contacto, permite identificar el patrón y realizar la operación de compra. Se espera que la tendencia siga su curso.



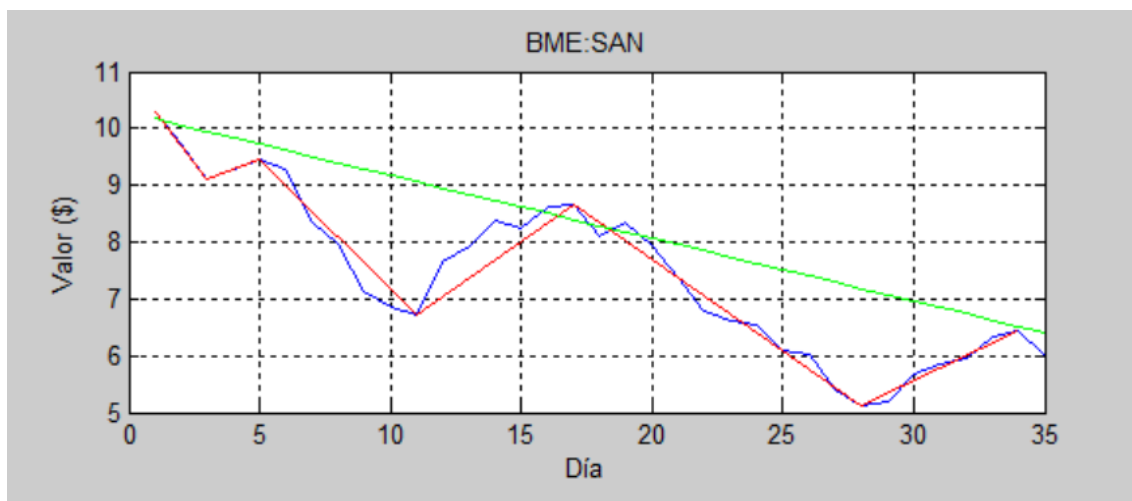
Gráfica 4.12 Línea de Tendencia Alcista de 4 puntos en Micron Technology, Inc.

Vemos una línea de tendencia de larga duración (110 días) que ha sido puesta a prueba en cuatro ocasiones. Se puede afirmar que es una línea de tendencia alcista de mucha confianza.



Gráfica 4.13 Línea de Tendencia Bajista de 3 puntos en Telefónica.

En esta ocasión estamos frente a una línea de tendencia bajista. Los precios chocan sus cabezas en tres ocasiones contra ella. Se espera que los precios sigan bajando.



Gráfica 4.14 Línea de Tendencia Bajista de 4 puntos en Banco Santander.

4.4.3. Clase Triángulo

En esta clase identificaremos triángulos simétricos, triángulos ascendentes y rectángulos en tendencias alcistas. Pese a que los rectángulos, son figuras distintas a los triángulos, su identificación por computación es muy similar. Lo único que cambia frente a los triángulos, es la inclinación de las líneas de tendencia que engloban los precios de ambas figuras.

El identificador permite detectar triángulos y rectángulos con los puntos de contacto que nosotros deseemos, sin embargo, únicamente centraremos el estudio en las figuras de cuatro y seis puntos de contacto.

```
PatternRequiredPoints = 2*contactPoints;
```

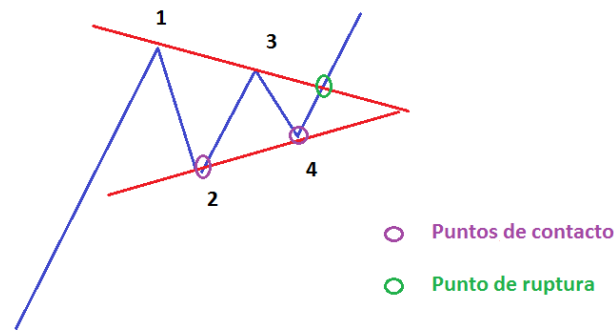


Figura 4.12 Numeración de picos de un triángulo simétrico alcista.

Como las figuras mencionadas previamente, la detección de los triángulos y rectángulos consta de cuatro partes:

I. checkTrend

Los triángulos y rectángulos son figuras de continuación de tendencia, su aparición representa una pausa en la tendencia vigente. En el caso de tendencia alcista, está se detendrá durante la formación de la figura, para finalmente continuar su camino en la mismo dirección que traía.

En esta función comprobamos la existencia de una tendencia alcista previa a la formación del patrón, es decir, que los máximos y mínimos previos, sean sucesivamente más altos.

II. checkPrice

En esta función, se comprueba que los precios se han movido de la manera descrita por la teoría de los patrones de precio. En los patrones explicados anteriormente usábamos condicionales que relacionaban las alturas de unos picos con otros. Esto, no será necesario para este tipo de patrones. En los triángulos y rectángulos comprobaremos que los mínimos y los máximos están alineados, luego, mediante la comprobación de la pendiente de esas rectas podremos identificar si estamos ante un patrón o no. Además nos servirá para identificar el tipo de patrón.

Para comprobar que los puntos están alineados utilizaremos el mismo método descrito en el patrón línea de tendencia: un ajuste lineal por mínimos cuadrados para encontrar una recta que se ajuste a los puntos de nuestra figura. Lo haremos una vez para los mínimos (puntos de soporte) y otra vez para los máximos (puntos de resistencia).

```
function [fitresult, Rsquared] = checkAlignment(~,x,y)
```

La función devolverá la recta que más se ajusta a nuestros puntos *fitresult* y un parámetro de calidad del ajuste *Rsquared*.

Consideraremos que los puntos están alineados si el parámetro de calidad R^2 es mayor a 0.98. Por supuesto, si el patrón es de cuatro puntos, es decir, dos puntos de soporte y dos de resistencia, siempre pasará la condición de alineación, pues dos puntos cualquiera siempre están alineados y la función devolverá $R^2 = 1$.

Una vez verificado que los puntos están alineados, comprobaremos la tendencia de la recta que se ajusta a los puntos. Dependiendo de su inclinación identificaremos el tipo de patrón.

Si la pendiente de la recta de soporte (la que une los mínimos por abajo) es positiva, la pendiente de la recta de resistencia (la que une los máximos por arriba) es negativa y el valor absoluto de ambas pendiente es similar, podremos afirmar que se trata de un triángulo simétrico.

```
h.PatternType = 'Simmetric Triangle';
```

Si la pendiente de la recta de soporte es positiva y la pendiente de la recta de resistencia es similar a cero (horizontal), estaremos frente a un triángulo ascendente.

```
h.PatternType = 'Ascending Triangle';
```

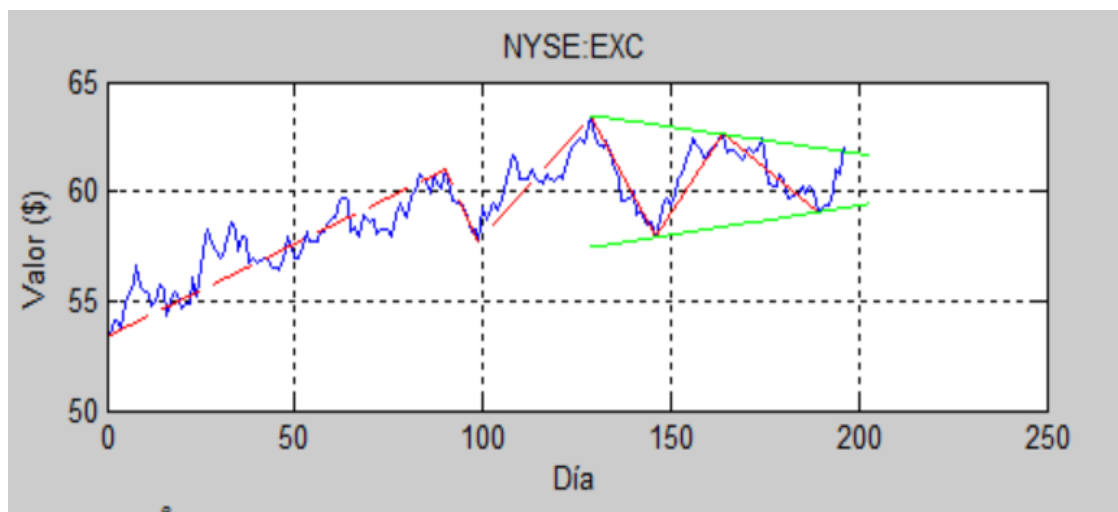
Si ambas pendiente son horizontales, identificaremos la figura como un rectángulo.

```
h.PatternType = 'Rectangle';
```

Si ninguna de las condiciones anteriores se cumple, entonces la figura estudiada no representa ningún patrón y será descartada.

La figura quedará completa y el patrón será identificado, cuando los precios posteriores al último punto del ZigZag crucen por encima de la línea de resistencia del triángulo y salgan del mismo.

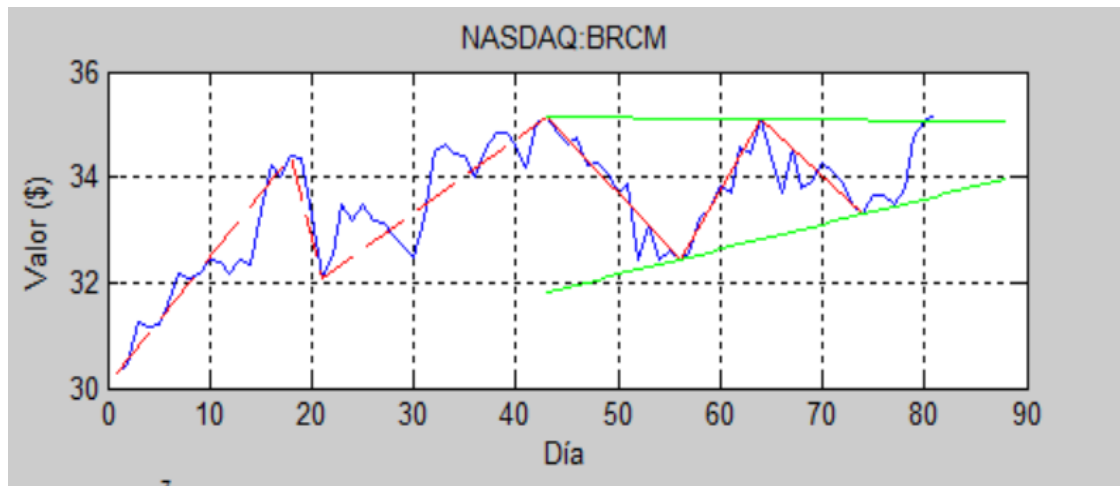
A continuación, se muestran ejemplos de la detección de los patrones.



Gráfica 4.15 Triángulo Simétrico Alcista de 4 puntos en Exelon Corporation.

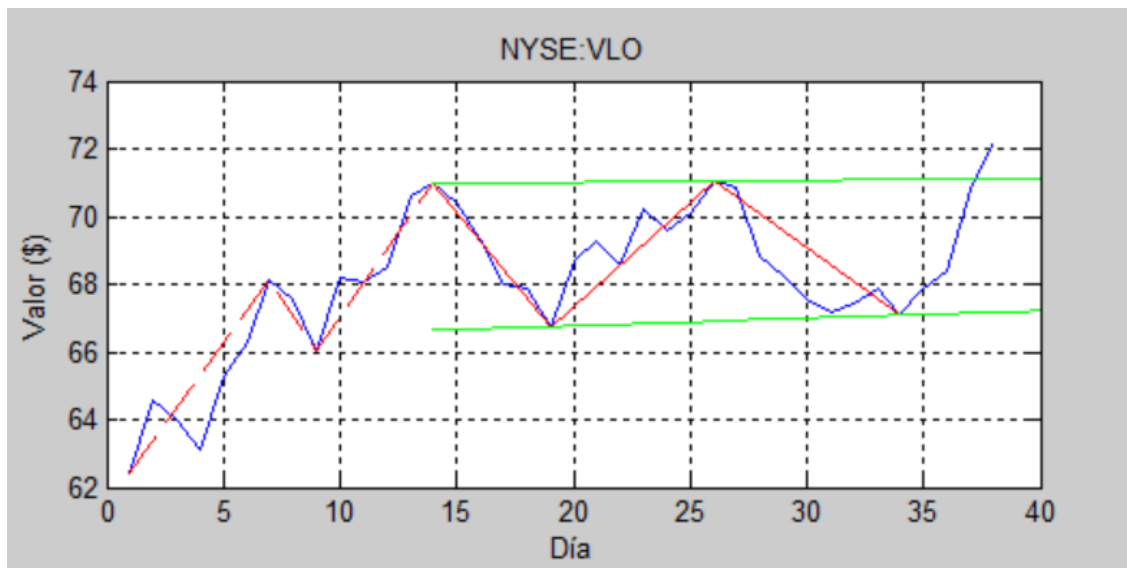
Se observa la tendencia alcista previa a la formación del triángulo (línea roja discontinua). Posteriormente los precios forman el triángulo, la línea de soporte tiene dirección ascendente, la línea de resistencia dirección descendiente y el valor absoluto de sus pendiente es similar dando lugar a un triángulo simétrico. Un poco antes del día 200, los precios rompen el

triángulo y se espera que la tendencia continúe su movimiento hacia arriba al menos una distancia mínima igual a la altura del triángulo medido desde el primer punto.



Gráfica 4.16 Triángulo Ascendente de 4 puntos en Broadcom Corporation.

A diferencia del triángulo anterior, se aprecia que la línea superior (resistencia) es totalmente horizontal, esta formación se conoce como triángulo ascendente.



Gráfica 4.17 Rectángulo Alcista de 4 puntos en Valero Energy Corporation.

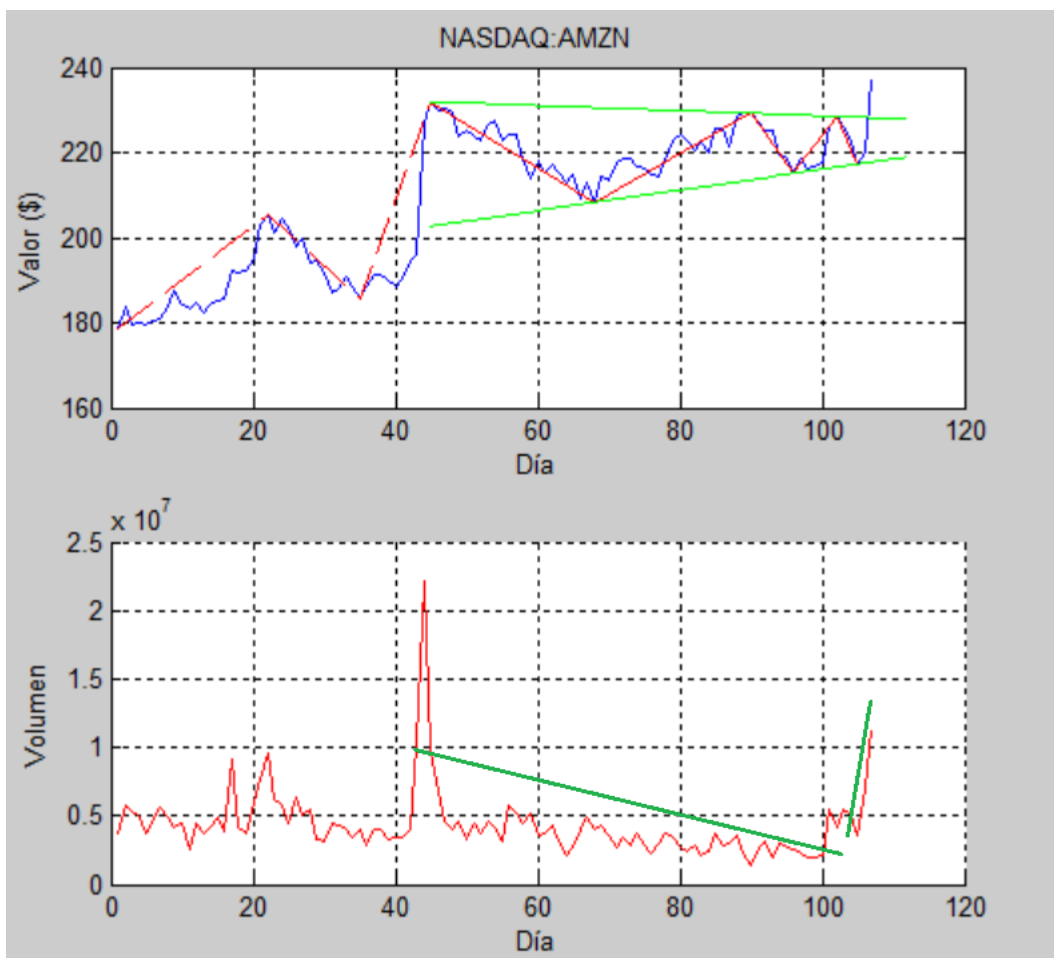
Tras una tendencia alcista previa, los precios rebotan sobre una banda horizontal en cuatro ocasiones formando un rectángulo. Finalmente los precios rompen el rectángulo por arriba confirmando el carácter alcista de la figura. Se espera que los precios suban una distancia mínima igual a la altura del rectángulo.

III. checkVolume

Tras haber detectado que la figura estudiada tiene el movimiento de precio característico de una formación Triángulo o Rectángulo se procede a confirmar el patrón observando el volumen.

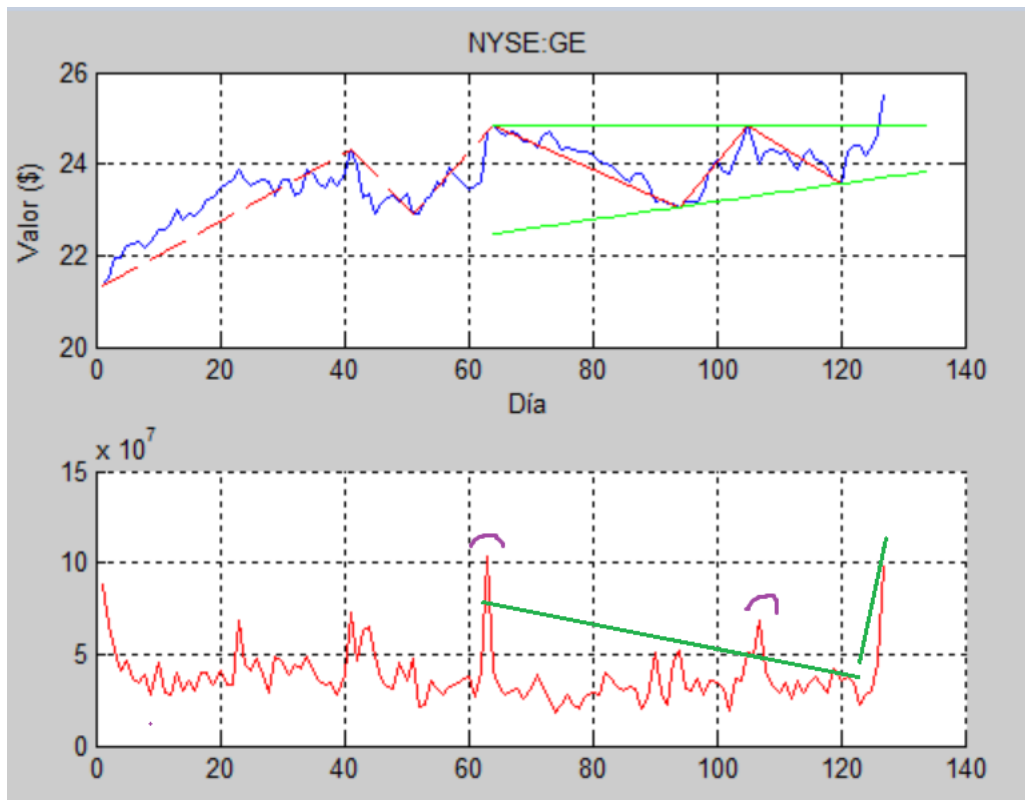
De manera genérica en todos los patrones de precios, el volumen debe disminuir durante la formación de la figura y debería explotar tras la ruptura de una importante línea de tendencia, en este caso, la línea de resistencia del triángulo.

Esto se comprueba del mismo modo descrito en los patrones de Cabeza-Hombros, con un ajuste por mínimos cuadrados de los puntos de volumen que nos permita ver la dirección en la que se está moviendo el volumen. (véase pág. 47).



Gráfica 4.18 Triángulo Ascendente de 6 puntos con comprobación de volumen en Amazon.

Los triángulos de 6 puntos son mucho menos frecuentes que los de 4 puntos, pero se puede decir que son más fiables. Se observa como la actividad de volumen descende durante la formación de los patrones y explota durante la ruptura del triángulo.



Gráfica 4.19 Triángulo Ascendente con confirmación de Volumen en General Electric.

El movimiento del volumen (en rojo abajo) coincide con lo descrito en la literatura. Vemos un descenso de la actividad durante la formación del triángulo y una explosión de volumen en el momento de ruptura del triángulo. También se observa como los volúmenes más altos durante la formación de la figura coinciden con los máximos del triángulo, esto es claramente una señal alcista e indica una fuerte presión de los compradores para mover los precios hacia arriba.

III. checkSize

Tanto los triángulos como los rectángulos son figuras de media duración, suelen tardar en formarse entre uno y tres meses. En esta función exigimos que los triángulos detectados tengan esa duración.

En esta clase, además debemos garantizar el límite temporal de los triángulos. Según Murphy, los precios deben salir del triángulo entre los 2/3 y los 3/4 de la duración del triángulo. Si esto no se cumple, los precios perderán fuerza y suele dar lugar a una tendencia lateral.

4.4.4. Clase Bandera

En esta clase detectaremos tanto patrones Bandera como patrones Banderín debido a su similitud.

Centraremos el estudio en las banderas y banderines de cuatro puntos de carácter alcista.

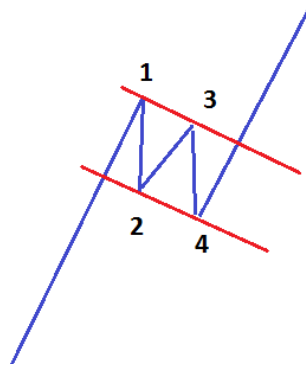


Figura 4.13 Numeración de picos de una bandera Alcista

I. checkTrend

Esta función adquiere mayor importancia en este tipo de patrones. Las bandera y banderines se caracterizan por aparecer a mitad de movimientos muy fuertes del mercado, casi verticales.

En esta función debemos garantizar que el movimiento de los precios previo a la formación de la bandera es un movimiento notorio. Para ello, se considera que el movimiento será fuerte si significa un aumento de más del 10% del precio de la acción.

```
movement > 0.1;
```

II. checkPrice

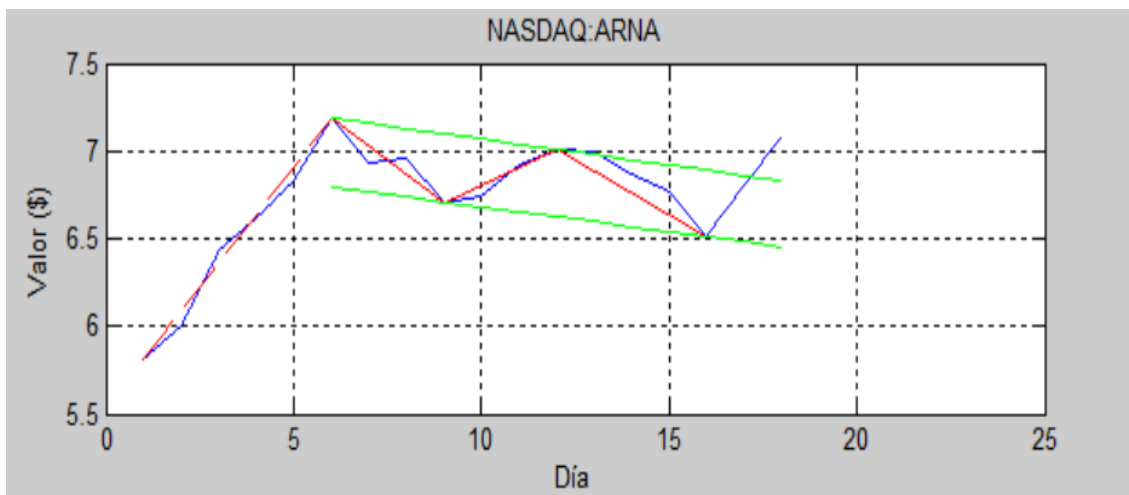
De nuevo utilizaremos la misma técnica utilizada en la detección de triángulos y rectángulos. (Véase pág. 53). Comprobaremos la alineación de los máximos y mínimos del patrón, que como el estudio se ha centrado en las banderas de 4 puntos, significa que los dos máximos y los dos mínimos siempre están alineados.

El movimiento de los precios de las banderas se diferencia de los rectángulos y triángulos, en que presentan una inclinación contraria a la tendencia previa a la formación del patrón. Un banderín es como un pequeño triángulo simétrico.

Esta característica se comprueba con la pendiente de las rectas que unen los máximos y mínimos de la figura:

Si la pendiente de ambas rectas es negativa (va hacia abajo) y además su valor es similar, es decir, son paralelas entonces confirmaremos que corresponde a una Bandera.

```
h.PatternType = 'Flag'; %Bandera
```

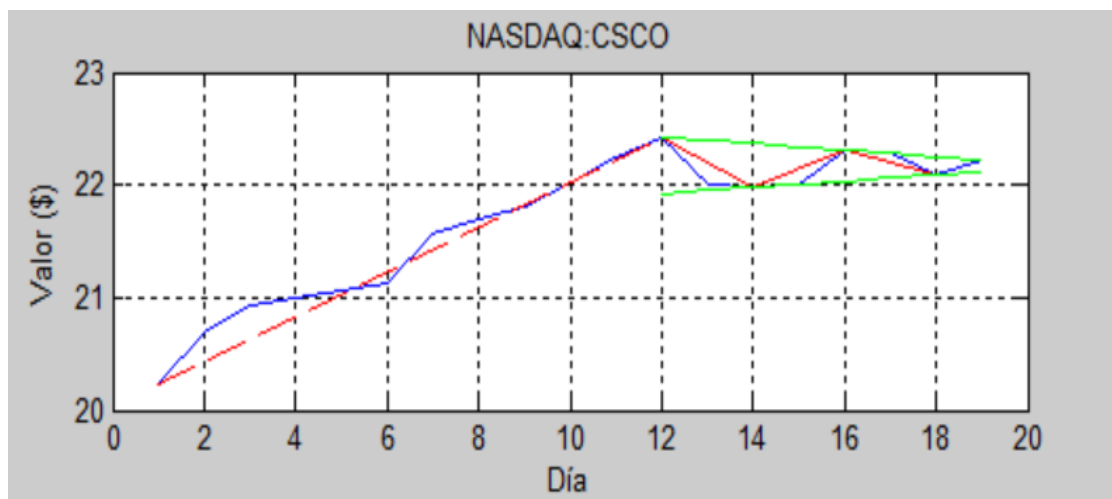


Gráfica 4.20 Bandera Alcista en Arena Pharmaceuticals, Inc.

P previo a la formación de la bandera se produce un movimiento fuerte en dirección vertical (línea discontinua roja) que supone un aumento de más del 20% de la acción. La bandera formada representa una pausa en esa fuerte tendencia, una vez que los precios rompen la bandera hacia arriba, se espera que el fuerte ascenso continúe.

Si la pendiente de la recta de soporte (la que une los mínimos por abajo) es positiva, la pendiente de la recta de resistencia (la que une los máximos por arriba) es negativa y el valor absoluto de ambas pendiente es similar, podremos afirmar que se trata de un triángulo simétrico.

`h.PatternType = 'Pennant';` `%Banderín`

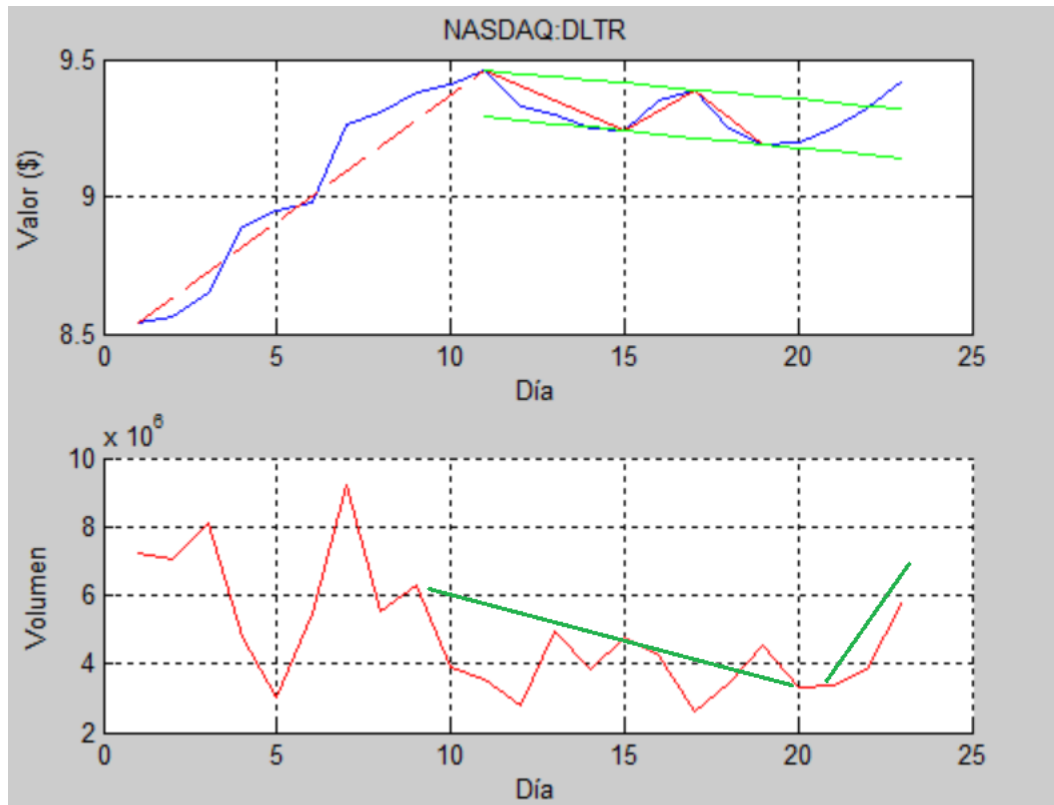


Gráfica 4.21 Banderín Alcista en Cisco Systems.

Tras el fuerte avance de los precios, estos toman un respiro formando un pequeño triángulo simétrico conocido como Banderín. Vemos que su duración es de solo 7 días.

III. checkVolume

De manera idéntica al resto de patrones de precio, comprobamos que durante la formación del patrón el volumen descende y que junto con la ruptura de la figura se produce una explosión de operaciones.



Gráfica 4.22 Bandera Alcista con confirmación de Volumen en Dollar Tree, Inc.

El aumento de volumen con la rotura de la bandera por arriba representa una señal alcista que pronostica la continuación de la tendencia anterior a la formación de la bandera.

IV. checkSize

A diferencia del resto de figuras comentadas hasta el momento, las banderas y banderines son figuras de muy corta duración, suelen tardar en formarse entre una y tres semanas.

Obligamos al detector a exigir que las figuras detectadas tengan una duración entre 5 y 20 días.

```
h.PatternSize > 5 && h.PatternSize < 20;
```

4.5. Capacidad predictiva de los patrones

Tras la creación del identificador de patrones, se comprueba la capacidad predictiva de los patrones. Para ello se realiza la siguiente prueba:

Se analizan los patrones detectados en un conjunto de 99 acciones aleatorias de los mercados NASDAQ¹⁰, NYSE¹¹, BME¹² durante el periodo comprendido entre el 1/1/2000 y el 1/1/2013. Se puede consultar el conjunto de acciones en el ANEXO: Listado de Acciones utilizadas.

Se estudia el movimiento del mercado posterior a la detección de los patrones durante un periodo de dos veces la duración del patrón. A priori se considera este periodo como el periodo de influencia del patrón sobre los precios. Más adelante se realizará un estudio sobre este intervalo de influencia para su correcta optimización.

Para analizar el éxito o fracaso de los patrones, estos se clasifican en cuatro categorías:

- TP: El patrón ha sido exitoso, los precios posteriores a la detección del patrón han alcanzado el *TakeProfit* elegido.
- SL: El patrón ha fracasado, los precios posteriores alcanzan el *StopLoss* elegido.
- NoTP_Win: Los precios no alcanzan ni el *TakeProfit* ni el *StopLoss* pero el último precio analizado produce ganancias.
- NoSL_Loss: Los precios no alcanzan ni el *TakeProfit* ni el *StopLoss* pero el último precio analizado produce pérdidas.

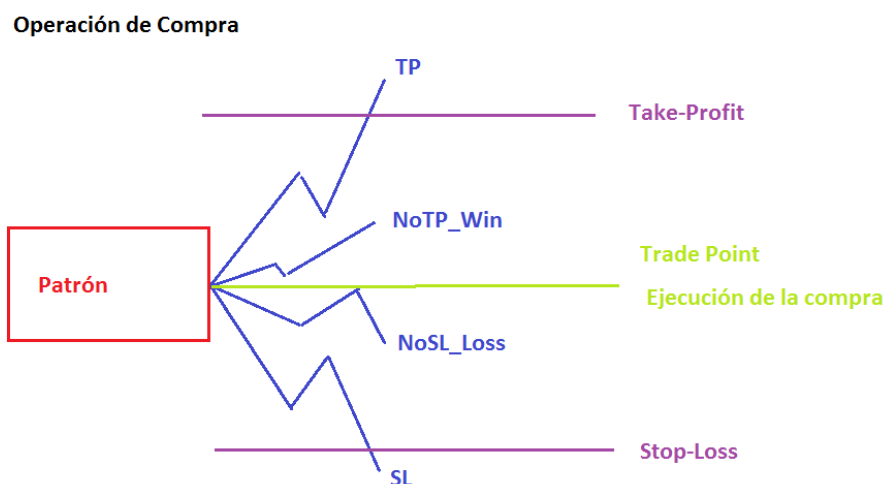


Figura 4.14 Clasificación del éxito de los patrones

¹⁰ NASDAQ: National Association of Securities Dealers Automated Quotation

¹¹ NYSE: New York Stock Exchange.

¹² BME: Bolsas y Mercados Españoles.

Se debe entender que si los patrones no tienen ninguna capacidad predictiva y fijamos la línea del *TakeProfit* y *StopLoss* a una distancia idéntica del punto donde se ejecuta la operación, aproximadamente la mitad de los patrones deberían dirigirse hacia el TP y la otra mitad hacia el SL.

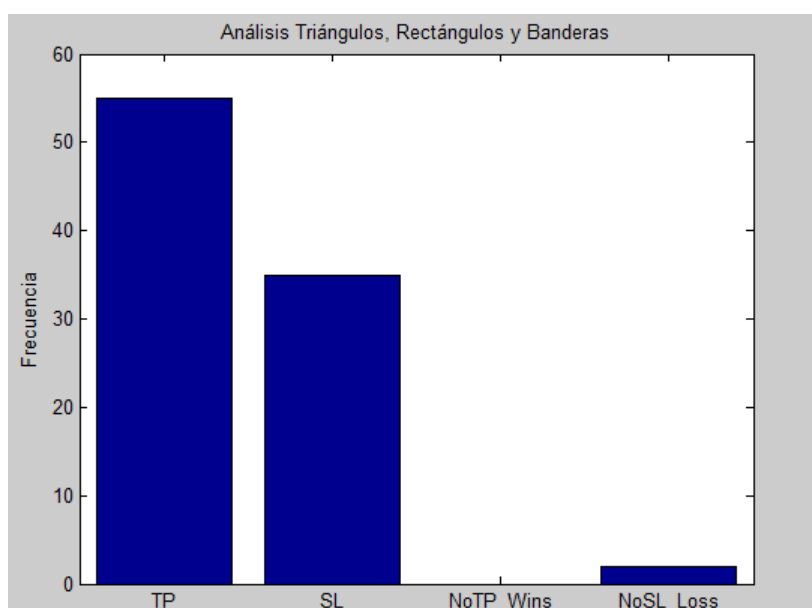
Se toma por tanto un *TakeProfit* igual al precio objetivo indicado en la literatura de Murphy para cada tipo de patrón y un *StopLoss* a la misma distancia en dirección contraria.

4.5.1. Resultados

I. Patrones Triángulo, Rectángulo y Bandera

Estos patrones se analizan conjuntamente pues demuestran un comportamiento similar.

Se detectan 92 patrones en el periodo analizado. Se muestran los resultados:



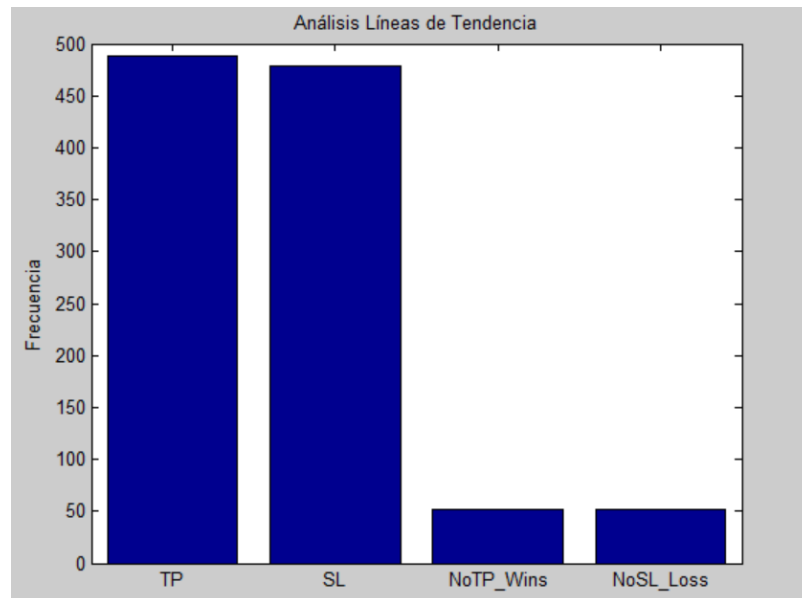
Gráfica 4.23 Análisis de la capacidad predictiva de los Triángulos, Rectángulos y Banderas detectadas automáticamente.

Se comprueba que hay un mayor porcentaje de patrones que se mueven en la dirección pronosticada. Sin embargo, los resultados del resto de patrones analizados que se muestran más adelante quitan importancia a este resultado positivo, no podemos todavía confirmar que estos patrones tengan capacidad predictiva.

II. Líneas de Tendencia

Se analizan conjuntamente todo los tipos de Líneas de Tendencia detectadas. Esto comprende líneas de tres y cuatro puntos de contacto tanto alcistas como bajistas.

Se detectan 1057 líneas de tendencia en el periodo analizado. Se muestran los resultados obtenidos:

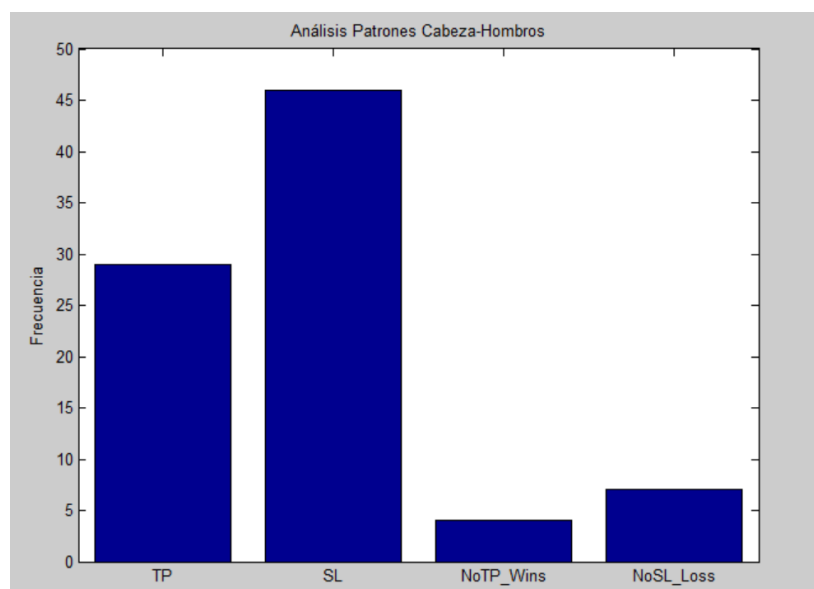


Gráfica 4.24 Análisis de la capacidad predictiva de las Líneas de Tendencia detectadas automáticamente.

Se observa un comportamiento totalmente aleatorio en este tipo de patrones. No se demuestra la capacidad predictiva de las Líneas de Tendencia.

III. Patrón Cabeza-Hombros

Se detectan 86 patrones Cabeza-Hombros en el periodo analizado.



Gráfica 4.25 Análisis de la capacidad predictiva de los patrones Cabeza-Hombros detectados automáticamente.

Los patrones Cabeza-Hombros detectados no demuestran tener ningún tipo de capacidad predictiva. Hay un mayor porcentaje de patrones que se mueven en la dirección contraria a la pronosticada, aunque esta cantidad no es estadísticamente significativa y es considerada totalmente aleatoria.

4.5.2. Conclusión

Como se muestra en los resultados ninguno de los patrones detectados automáticamente demuestra tener ningún tipo de capacidad predictiva en cuanto al movimiento posterior de los precios. Pese a que los patrones Cabeza-Hombros así como el conjunto de patrones Triángulo, Rectángulo y Bandera muestran un mayor porcentaje de movimientos en una dirección que en la otra, esta cantidad no es estadísticamente significativa y es causa de que el número de patrones detectados no es muy grande. Prueba de ello es que en las líneas de tendencia cuyo número de patrones detectados es mucho mayor, se puede apreciar el carácter aleatorio de los resultados dividiéndose al 50% en ambas direcciones.

Estos resultados, no concuerdan con la literatura sobre los patrones de precio, ni con las publicaciones de Murphy, ni con el estudio estadístico de los patrones por parte de Thomas Bulkowski. Ambos consideran que los patrones estudiados en este proyecto sí tienen capacidad predictiva. [14]

Por ello, antes de afirmar que los patrones no tienen capacidad predictiva se sugiere el paso de una estrategia automática a una estrategia semiautomática. Los patrones seguirán siendo detectados de manera totalmente automática, pero en vez de operarse todas las señales que el sistema sugiere, el inversor tendrá la oportunidad de decidir que patrones invertir y cuáles no. De este modo, se pretende eliminar los patrones mal detectados o aquellos que no demuestren mucha seguridad.

5. Clasificación Manual de los Patrones Detectados

Tras no haber encontrado evidencia de la capacidad predictiva de los patrones con una estrategia automática, se estudia la posibilidad de pasar a una estrategia semiautomática. La detección de los patrones seguirá siendo totalmente automática pero el inversor tendrá la oportunidad de elegir que patrones desea invertir y cuáles no. Con esta opción, la intención es desechar al instante aquellos patrones que hayan sido mal detectados (por error de precisión de la función ZigZag al identificar los máximos y mínimos relativos) y seleccionar los patrones con mejor apariencia, rechazando los que no demuestren mucha seguridad. Analizaremos si con este método, los patrones elegidos demuestran tener poder de predicción.

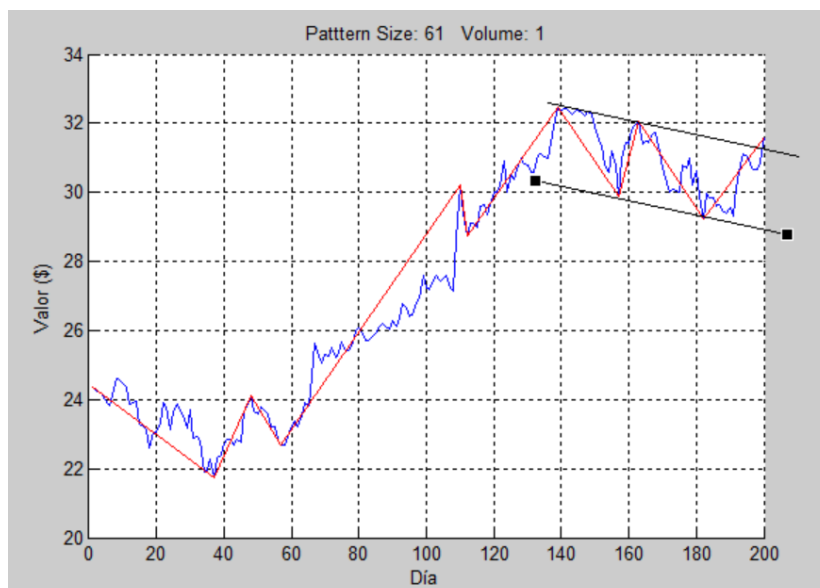
5.1. Proceso de clasificación

El sistema analiza los productos financieros elegidos y envía las señales de inversión al trader. El trader podrá analizar el patrón sugerido con las herramientas de análisis de su elección para decidir si desea operar el patrón o descartarlo.

El análisis de clasificación realizado para este proyecto es muy simple. Se utiliza la misma base de datos que para el análisis del apartado anterior, la cual contiene los patrones detectados automáticamente. Esto nos permitirá comprobar si se produce alguna mejora en el ratio de éxito de los patrones por el mero hecho de clasificarlos.

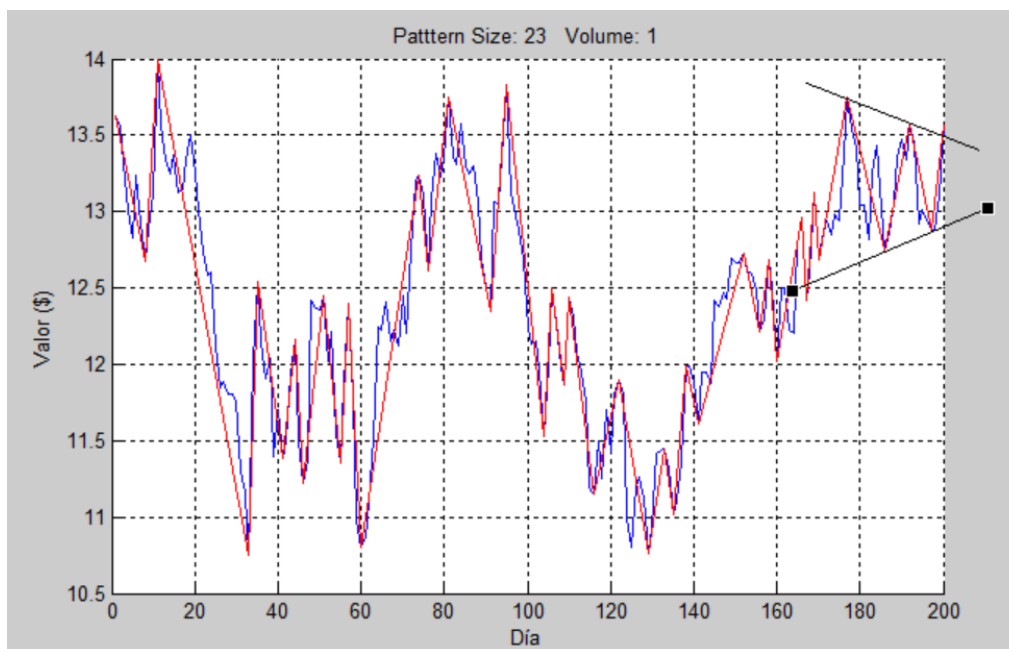
La clasificación manual de los patrones, por supuesto, se realiza sin conocer el resultado ni el movimiento posterior de los precios de cada patrón. Para su clasificación el operador únicamente tiene acceso al patrón detectado y a una visión más alejada del patrón que permite ver el movimiento de los precios previo en una ventana de tiempo mayor.

Se muestran dos ejemplos de toma de decisión:



Gráfica 5.1 Clasificación de un patrón Bandera

La toma de decisión de operar la bandera de la imagen anterior, se toma sin conocer el movimiento posterior que realiza el precio. Podemos ver que esta bandera aparenta ser perfecta, se produce después de una subida fuerte de los precios, tiene ligera inclinación, las líneas de tendencia se alinean perfectamente con los máximos y mínimos y ambas líneas son totalmente paralelas. Además, una visión amplia del movimiento previo de los precios nos permite asegurar que la bandera es significativa dentro de esta ventana de tiempo. SE DECIDE OPERAR EL PATRÓN.



Gráfica 5.2 Clasificación de un patrón Triángulo Simétrico

Se observa que los puntos del ZigZag forman un triángulo simétrico. Sin embargo, dentro del triángulo se produce un movimiento de precio feo que la función ZigZag desestima. Además, se observa que el movimiento de los precios en un pasado cercano es muy volátil, el triángulo no parece ser muy significativo. SE DECIDE DESCARTAR EL PATRÓN.

5.2. Capacidad predictiva de los patrones

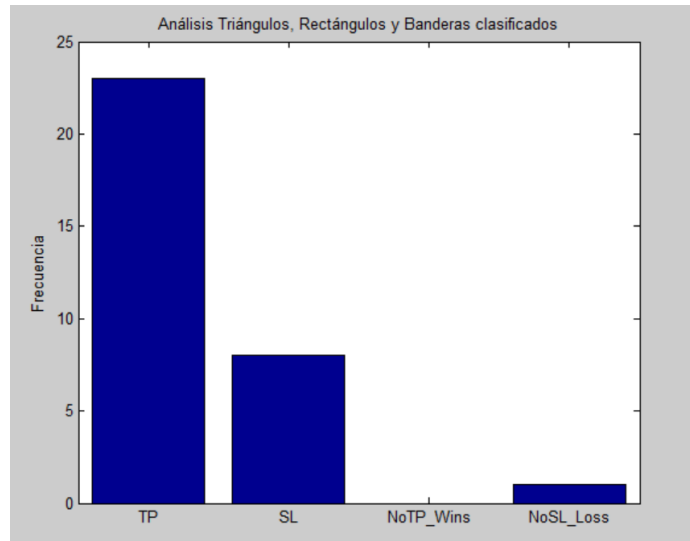
5.2.1. Resultados

Tras clasificar todos los patrones detectados automáticamente, del modo mostrado en el apartado anterior, se procede a realizar con los patrones operados, el mismo análisis descrito en el punto anterior (véase Apartado 4.5).

Se vuelve a recordar que la clasificación de los patrones se ha realizado sin conocer el resultado del patrón ni el movimiento posterior de los precios.

I. Patrones Triángulo, Rectángulo y Bandera

Se detectan 92 patrones automáticamente. Se decide operar un 35% de los patrones detectados, un total de 32 patrones.

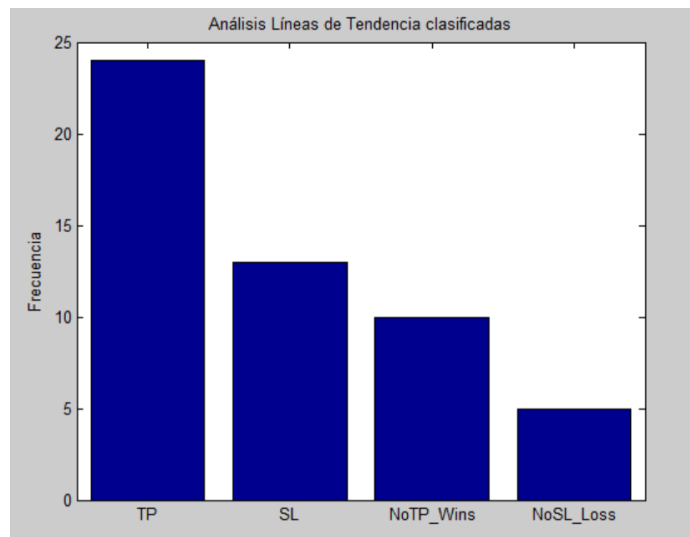


Gráfica 5.3 Análisis de la capacidad predictiva de los Triángulos, Rectángulos y Banderas con estrategia semiautomática.

Se observa que un alto porcentaje de los patrones toman la dirección pronosticada y alcanzan el TakeProfit. Un 72% de los patrones tienen éxito, lo que a primera vista parece tener la suficiente evidencia estadística para considerar que estos patrones tienen capacidad predictiva. Más adelante compararemos los resultados con una distribución binomial aleatoria($p = 0.5$) para poder afirmarlo con seguridad.

II. Líneas de Tendencia

Se detectan 1057 líneas de tendencia. De estas, se decide seleccionar un set de 150 para ser clasificadas. Se decide operar un 35% de los 150 patrones estudiados, un total de 52.

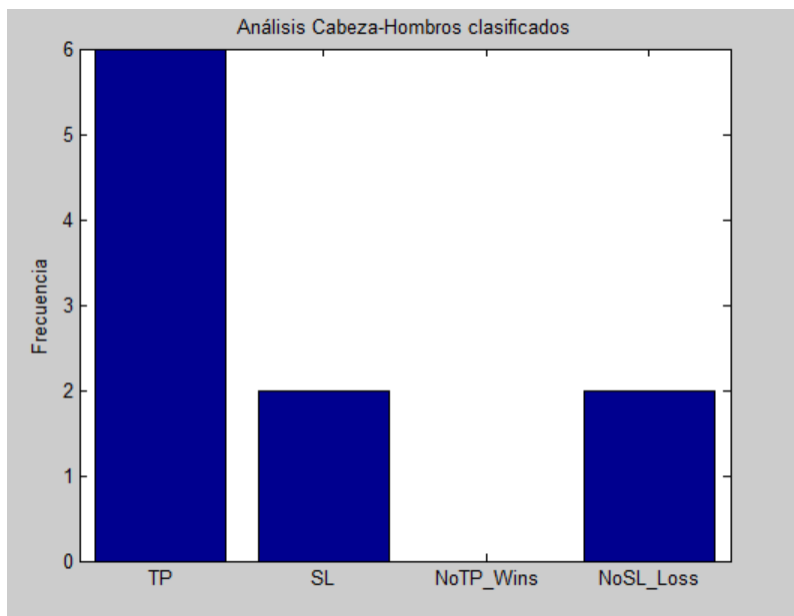


Gráfica 5.4 Análisis de las Líneas de Tendencia con estrategia semiautomática.

De nuevo observamos un mayor porcentaje de patrones ganadores, incluso aquellos que no llegan al TP parecen tender más hacia el TP que al SL. Se observa una clara mejora respecto de la prueba con el conjunto entero de patrones detectados automáticamente.

III. Patrón Cabeza-Hombros

Se detectan 86 patrones Cabeza-Hombros automáticamente. Se decide operar un 12% de los patrones un total de 10 patrones.



Gráfica 5.5 Análisis de patrones Cabeza-Hombros con estrategia semiautomática.

Existe un mayor porcentaje de patrones con éxito, sin embargo, el número de patrones estudiados no es lo suficientemente grande como para considerar evidencia estadística de la capacidad predictiva de los patrones.

5.2.2. Conclusión

Como se muestra en los resultados, no conseguimos que los patrones Cabeza-Hombros muestren evidencia estadística de su capacidad predictiva. Consideramos que el principal problema de estos patrones, reside en su detección. Pese a la sencillez y claridad que parece tener su figura, los patrones reales no suelen ser muy simétricos y a nuestra función ZigZag en ocasiones le cuesta identificar los picos significativos de este patrón. Se decide descartar este patrón de la estrategia, hasta encontrar una mejora en el funcionamiento de la función de detección de máximos y mínimos significativos del mercado que nos permita identificar más patrones Cabeza-Hombros de calidad.

Por otro lado, se consiguen resultados muy positivos en los patrones Triángulo, Rectángulo, Bandera y Líneas de Tendencia que permiten pensar que estos patrones tienen capacidad predictiva del movimiento posterior del mercado. Para estar seguro de esta afirmación, se comparan los resultados con los de una distribución binomial aleatoria.

Si se considera que los patrones no tienen ningún tipo de capacidad de predicción, entonces aceptando la teoría del paso aleatorio, *Random Walk Theory*, los precios deberían moverse hacia arriba o hacia abajo con la misma probabilidad, un 0.5. [15]

Distribución binomial:

$$\mu = n \cdot p$$

Ecuación 5.1

$$\sigma = \sqrt{n \cdot p \cdot (1 - p)}$$

Ecuación 5.2

Siendo:

μ : Media de la distribución ó resultado esperado.

σ : Desviación Típica o Estándar.

n : Número de pruebas.

p : Probabilidad de éxito.

Con la herramienta de ajuste binomial, *binofit*, que proporciona Matlab, calcularemos la probabilidad de éxito (p) de nuestras distribuciones obtenidas con los patrones Triángulo, Rectángulo y Bandera y posteriormente con Líneas de Tendencia, además calcularemos el intervalo de confianza del 97% mediante el método de Clopper-Pearson. Comparando estos resultados con los de una distribución binomial de $p = 0.5$, podremos sacar conclusiones sobre la capacidad de predicción de los patrones.

El método Clopper-Pearson, es un método muy común para calcular intervalos de confianza de distribuciones binomiales. Se dice que este método es "exacto" debido a que está basado en las probabilidades cumulativas de la distribución binomial, exactamente la distribución correcta, en vez de una aproximación. La realidad es que es método no es puramente exacto debido a la naturaleza discontinua de la distribución binomial, pero es suficiente para sacar conclusiones razonables.

El resultado del ajuste binomial para los patrones detectados Triángulo, Rectángulo y Bandera con $n = 32$ y patrones exitosos = 23 es:

$$p = 0.7188$$

$$\text{Intervalo de Confianza (97\%)} = [0.5138, 0.8737]$$

Observamos, que con un intervalo de confianza de 97%, la probabilidad de éxito de estos patrones está por encima de $p = 0.5$. Por tanto, podemos considerar que el movimiento del precio posterior a la formación del patrón no es aleatorio, si no que tiende a moverse en la dirección pronosticada por el patrón, es decir, los patrones tiene capacidad de predicción.

El resultado del ajuste binomial para las Líneas de Tendencia detectadas es:

$$p = 0.6731$$

$$\text{Intervalo de Confianza (97\%)} = [0.5143, 0.8076]$$

Del mismo modo, se confirma el poder de predicción de la Líneas de Tendencia.

Por último se unifican los resultado de ambos patrones con la finalidad aumentar el tamaño muestral y demostrar mayor seguridad en nuestra conclusión sobre la capacidad predictiva de los patrones gráficos de precio. El resultado del ajuste para las distribuciones unidas de todos los patrones detectados con $n = 84$ y patrones exitosos = 58 es para un intervalo de confianza más estricto del 99%:

$$p = 0.6905$$

$$\text{Intervalo de Confianza (99\%)} = [0.5465, 0.8123]$$

Prácticamente con total seguridad, podemos considerar que los patrones gráficos de precio tienen una probabilidad de éxito superior al 50%, por lo que podemos confirmar que el movimiento posterior a la formación de un patrón gráfico de precio no es aleatorio.

Tras los resultados, se aboga por considerar que los patrones Triángulo, Rectángulo, Bandera y Líneas de Tendencia tienen capacidad predictiva, y que por tanto, pueden ser utilizados como estrategia de inversión.

6. Optimización de la estrategia de inversión

Tras la creación del sistema de identificación de patrones automáticos y la demostración de la capacidad predictiva de algunos de los patrones, se pretende probar la rentabilidad de utilizar esta herramienta en una estrategia de inversión sencilla. Utilizaremos un Algoritmo Genético para optimizar los parámetros de la estrategia. Para un mayor entendimiento de los algoritmos genéticos véase (pág. 25).

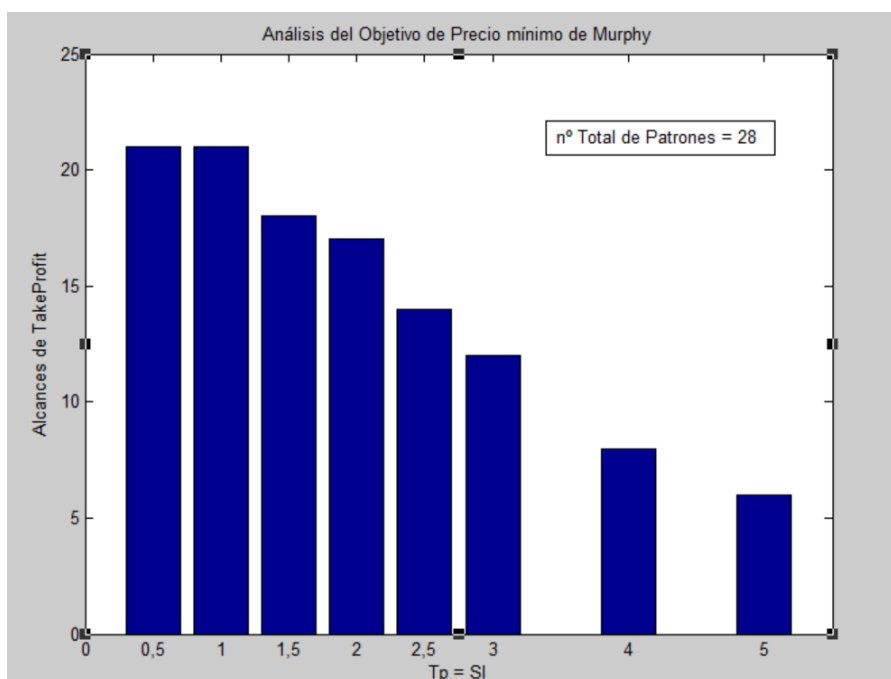
En el caso de las figuras de precio la estrategia es simple, se debe operar a favor de la tendencia en los patrones de continuación de la tendencia, y se deben tomar posiciones en contra de la tendencia para patrones de cambio de tendencia. La dificultad está en dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Cuándo es más rentable cerrar la operación y recoger ganancias? ¿Hasta qué punto debo mantener una posición que se está moviendo en dirección contraria a la que he pronosticado y me está generando pérdidas?

Todo sistema automático de trading debe optimizar la solución de las preguntas formuladas anteriormente. Para marcar los límites de ganancias y pérdidas, los *traders* utilizan el *TakeProfit* y el *StopLoss*. Como su propio nombre indican, estas son ordenes que marcan el precio al que se debe cerrar la operación y recoger ganancias (*TakeProfit*) ó parar las pérdidas (*StopLoss*).

En nuestra estrategia de inversión, estos parámetros van a depender del objetivo de precio del patrón descrito por Murphy en la literatura. Pongamos el triángulo como ejemplo: el objetivo mínimo de precio del triángulo es la altura del triángulo proyectada desde el punto de ruptura de la línea del triángulo, es decir, se espera que los precios suban una distancia igual a la altura del triángulo tras haberse roto este. Estudiaremos si el objetivo de precio indicado por Murphy es el más óptimo, ó por el contrario, es más rentable utilizar un *TakeProfit* distinto.

Antes de comenzar, realizaremos un análisis para comprobar la teoría del objetivo de precio mínimo formulada por Murphy. Para los triángulos, se comprueba el numero de patrones que alcanzan el objetivo de precio para distintos Tp y Sl. Para realizar la prueba se fija siempre Tp = Sl.

Se muestran los resultados:



Gráfica 6.1 Análisis del Objetivo de Precio mínimo de Murphy.

Se puede comprobar que para $T_p = S_l = 1$ = Objetivo de precio mínimo de Murphy, se obtiene el mismo número de patrones positivos que para T_p más pequeños, esto permite afirmar que el precio mínimo que se alcanza tras la formación de un patrón corresponde con el objetivo de precio de Murphy. Sin embargo, como bien especifica Murphy, el objetivo de precio es mínimo, lo que se demuestra en esta gráfica en la que se ve que muchos de los triángulos superan el objetivo mínimo. Para T_p igual a 3 veces el objetivo de Murphy, el ratio de éxito sigue siendo de casi el 50%. Debemos comprobar si resulta rentable reducir el porcentaje de éxito pero aumentando la ganancias cada vez que se acierta.

6.1. Definición del Problema

I. Definición de la estrategia de inversión

El objetivo es demostrar que la herramienta de detección de patrones de precio puede ser acoplada a una estrategia de inversión de manera rentable. Por ello, utilizaremos una estrategia de inversión muy simple que nos permita demostrar este hecho.

Comenzaremos la prueba con un capital inicial de 100 unidades monetarias. Cada vez que se localice un patrón, se invertirá en él una cantidad fija de 100 u.m. Se debe entender que el fallo en un patrón no significa la pérdida del total de la cantidad fija invertida y por tanto de todo el capital inicial. El fallo de un patrón significa que el precio de la acción se ha movido un porcentaje en dirección contraria a la pronosticada, por tanto, perderemos un porcentaje de la cantidad fija invertida y no su totalidad.

Dejaremos para futuras líneas de investigación, una estrategia más complicada y puede que más rentable, que tenga en consideración el riesgo o la calidad del patrón a la hora de invertir más o menos.

II. Definición de los parámetros a optimizar

Como ya hemos adelantado previamente, los parámetros de la estrategia de inversión que se pretenden optimizar son los niveles de *TakeProfit* y *StopLoss*.

- *StopLoss*: Establece el valor relativo al que se ejecuta la orden de corte de pérdidas.
- *TakeProfit*: Establece el valor relativo al que se ejecuta la orden de cierre de posición. Es decir indica la meta u objetivo que queremos que alcance el precio para que esta operación sea exitosa.

En nuestra estrategia, estos parámetros se optimizan en función de la distancia objetivo mínima indicada en la literatura de Murphy para cada tipo de patrón. Es decir, un *TakeProfit* = 2, quiere decir que se alcanza dos veces el objetivo de precio mínimo del patrón.

En un segundo análisis, incluiremos otro parámetro al proceso de optimización. Optimizaremos la ventana de tiempo de análisis posterior a la formación de patrón. La intención es medir el tiempo de influencia que tienen los patrones. Este parámetro al que hemos dado nombre de *InfluenceWindow* se calcula en función del tamaño o duración del patrón. Un *InfluenceWindow* = 2, significa que la ventana de influencia en los precios que tiene el patrón posterior a su formación es de dos veces la duración del patrón.

- *InfluenceWindow*: Establece la ventana de tiempo en la que tiene influencia el patrón, medida en función de la duración del patrón.

III. Definición de la función fitness

Como ya se ha comentado en la introducción de este trabajo, la función fitness representa la calidad de una solución al problema, devuelve el valor que se pretende maximizar o minimizar. Debemos definir por tanto que valor se pretende maximizar en este problema de optimización.

Como base, es obvio que nuestra intención al diseñar una estrategia de trading es obtener un beneficio económico, por ello el balance (dinero del que se dispone al acabar las operaciones) es un factor que consideraremos siempre en nuestras optimizaciones. Sin embargo, si nos centramos exclusivamente en el balance podremos obtener valores para nuestros parámetros que maximicen también el riesgo o que sean muy efectivos para los datos de entrenamiento pero no sean válidos para otros conjuntos de datos. Por ejemplo si nos centráramos en el balance como método exclusivo de optimización podríamos encontrar parámetros que hicieran que nuestra estrategia produjera resultados extraordinarios una vez de cada cien y el resto resultados negativos, terminando con un balance positivo. Una estrategia de ese estilo no sería viable a largo plazo, por ello debemos fijarnos también en las variables relacionadas con el riesgo.

Además del Balance, tendremos en consideración las siguientes variables :

- *Máximo DrawDown*¹³
- *Sharpe Ratio*¹⁴

En partes del estudio, la función de beneficio se expresara como ganancia porcentual media por patrón en vez de por el balance total.

Se debe tener en cuenta que la compra/venta de acciones u otros valores no es gratis, todo inversor necesita de un broker que ejecute esas acciones. Las comisiones de los broker afectan seriamente a la rentabilidad de una estrategia y por ello deben tenerse en cuenta a la hora de calcular el balance. En este análisis se ha tenido en cuenta la comisión por abrir una operación y por cerrarla. La comisión media que los broker del mercado están ofreciendo es del 0.25% del precio de la acción en el momento de abrir una operación y el mismo porcentaje del precio en el momento de cerrar la operación.

```
C = 0.0025;
```

```
comission = (C*openPrice + C*closePrice)*numAssets;
```

6.2. Configuración del Algoritmo Genético

Cuando al principio del proyecto discutíamos sobre la plataforma idónea para la implementación de la herramienta de detección de patrones automática, subrayábamos que una de las principales razones de haber elegido Matlab, era el amplio soporte de funciones y paquetes ya implementados.

Usaremos el Algoritmo Genético que Matlab ya tiene implementado en su paquete Global Optimization Toolbox, que tiene la ventaja de ser totalmente configurable a nuestro gusto y necesidad. Una de las características de este optimizador es que funciona únicamente minimizando el problema, puesto que nosotros queremos maximizar las ganancias, deberemos pasarle los resultados en negativo para conseguir el mismo efecto. [16]

Los primeros parámetros que debemos configurar debido a su importancia son el tamaño de la población y el número de generaciones.

```
GaNumGenerations = 50;
```

```
PopulationSize = 50;
```

¹³ *DrawDown*: mide el retroceso actual en la curva de resultados respecto al máximo anterior. Es una forma de evaluar el riesgo del sistema de trading y se suele expresar en valor porcentual respecto al capital inicial.

¹⁴ *Sharpe Ratio*: Es un parámetro que indica la suavidad de la gráfica, es decir, que exista poca oscilación. Se calcula restando la tasa libre de riesgo, como la del bono a 10 años del Tesoro de EE.UU., de la tasa de retorno de una cartera y dividiendo el resultado por la desviación estándar de los retornos de dicha cartera.

El tamaño de la población especifica el número de individuos presentes en cada generación, es decir, el número de soluciones por generación. Con una población extensa, el algoritmo busca una solución en el espacio de manera más profunda reduciendo las posibilidades de no encontrar una solución optima. Sin embargo, si el tamaño de la población es demasiado extenso el algoritmo correrá mucho más despacio.

El número de generaciones indica las generaciones máximas que nuestro algoritmo correrá si el conjunto de soluciones no llegan a converger. Teniendo en cuenta que nuestros datos de entrenamiento van a modificarse aleatoriamente, como ya se explicara más adelante, la solución nunca llegara a converger a una solución en concreto antes de agotar el número de generaciones. Sin embargo, comprobaremos que si se produce convergencia hacia un grupo de soluciones. Para nosotros esto es de mayor interés ya que evita el problema de *overfitting* (véase Apartado 6.3).

Debemos especificar el rango de búsqueda de las variables a optimizar. Pese a que este rango se ha ido cambiado durante los distintos análisis, más o menos, se ha mantenido alrededor de estos valores:

```
%x = [SL TP]
xMinLimits = [0.001 0.001];
xMaxLimits = [10 10];

%x = [InfluenceWindow]
xMinLimits = [0.001];
xMaxLimits = [1];
```

Por último, se debe configurar las funciones de supervivencia, cruzamiento y mutación con las que serán procesados los individuos de la población.

La función de supervivencia, *EliteCount*, especifica el porcentaje de la población actual que sobrevivirá para la siguiente generación de modo directo.

```
EliteCount = 0.1; % Sobrevive el 10% de la población.
```

En la función de cruzamiento, debemos configurar dos cosas:

- La fracción de la próxima generación, aparte de los hijos elite, que serán producidos por cruzamiento, *CrossOver Fraction*.

```
CrossOverFraction = 0.7;
```

- La forma de cruzamiento, *CrossOverFcn*. En este caso utilizaremos una función de cruzamiento llamada *Intermediate*, que crea el hijo mediante la media ponderada de los padres. Los pesos de la media ponderada serán iguales a 0.5 para darle la misma importancia a la madre y a padre.

La función de mutación, especifica como el algoritmo genético realiza pequeños cambios en los individuos de la población para crear hijos mutados. La mutación permite generar diversidad de soluciones para alcanzar todos el campo de búsqueda. Para la mutación

utilizaremos la función *AdaptFeasible*, la cual produce mutaciones en la generación anterior de manera aleatoria pero con la característica de que las mutaciones entren dentro del campo de búsqueda delimitado en los rangos de búsqueda. [17]

6.3. Medidas contra el *overfitting*

El *overfitting* es el principal problema de cualquier sistema de optimización. Se define como un sobreajuste de los parámetros a los datos de entrenamiento, consiguiendo resultados extremadamente buenos para estos datos pero volviéndose inválidos para otro conjunto de datos distinto.

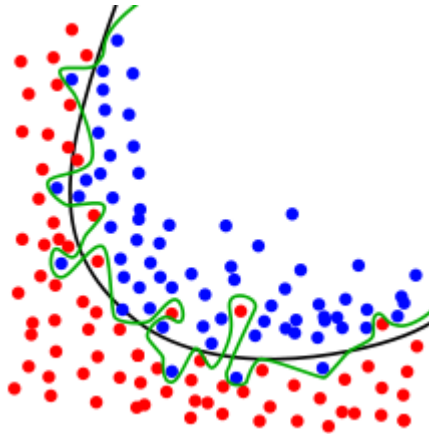


Figura 6.1 *Overfitting*.

La línea negra consigue clasificar los datos de manera bastante eficiente y es probable que para datos nuevos con esas características tenga el mismo nivel de éxito. Sin embargo, la línea verde representa un claro problema de sobreajuste, consigue el mejor resultado para este conjunto de datos, pero se puede esperar que su nivel de éxito para un nuevo set de datos empeore. En ocasiones este problema podría ser mucho más grave que el mostrado en esta imagen.

Para evitar este problema utilizaremos dos tipos de técnicas:

I. Entrenamiento y Testeo

Este proceso consiste en separar el total de datos de los que se dispone, en dos conjuntos. El primer conjunto, estará formado por la mayoría de los datos y lo utilizaremos para el entrenamiento, todos los parámetros se optimizaran solo para este conjunto. Esto se conoce como *BackTesting*. Posteriormente, se prueban en el segundo conjunto de datos, los valores obtenidos en la primera optimización. Si los resultados son parecidos podemos dar por exitoso el proceso de optimización, si los valores optimizados en los primeros datos no se comportan bien en los datos de testeo, significa que están sobreajustados y por tanto no son válidos. El proceso de testeo se conoce como *ForwardTesting*.

II. Aleatoriedad de los datos de entrenamiento

La segunda técnica para evitar el overfitting, consiste en modificar los datos de entrenamiento en cada generación del Algoritmo Genético.

Se genera la primera población de soluciones y cada solución es enviada a la función de fitness. Sin embargo, la función de fitness incorpora una característica especial. En esta función generamos un número determinado de sets y cada set está formado por un porcentaje del total de los datos disponibles. El resultado final de la función fitness que recibe cada individuo (solución) es la media de las puntuaciones de esa solución en cada set. Además los sets son formados aleatoriamente, por lo que de generación en generación los datos de entrenamiento son cambiantes.

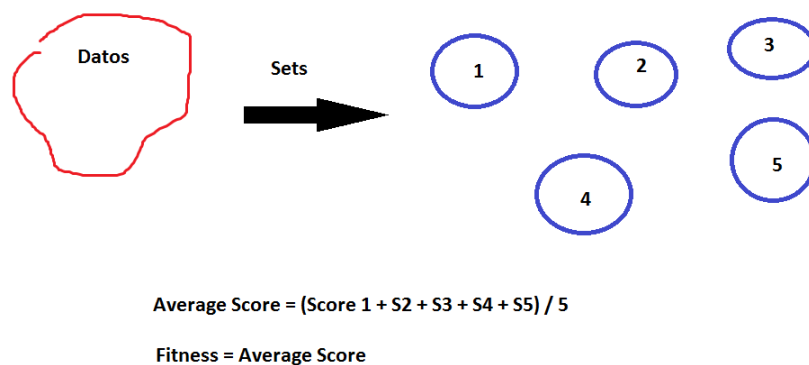


Figura 6.2 Representación de los set aleatorios de datos de entrenamiento

Ejemplo:

Imaginemos una solución X, esta solución si se prueba sobre todo el conjunto de datos obtiene una puntuación muy favorable. Sin embargo, su puntuación es debido a que un dato, dato A, maximiza su puntuación tanto, que a pesar de que la solución tiene malos resultados para el resto de datos, su puntuación total es buena. Claramente es un caso de overfitting y nuestro método debería descartar la solución.

Utilizando nuestro método, se generan supongamos 3 sets de datos aleatorios con los siguiente datos {B, D,F}{A,B,G}{C,H,D}, se calcula la media de las puntuaciones de la solución X en los tres sets y puesto que dos de los sets no tiene el dato A que maximiza su puntuación, la media no es muy buena y la solución es descartada.

Supongamos que en la primera generación de soluciones, se producen tres sets aleatorios y tenemos la mala suerte de que en los tres sets se incluye el dato A, entonces la solución X será identificada como muy buena y pasará a la generación 2, sin embargo, es poco probable que en la generación 2, en la que se vuelve a genera un conjunto de sets distinto, el dato A vuelva a estar presente de ese modo. Por tanto, en la generación 2 la solución X es eliminada. Teniendo en cuenta que como hemos mencionado previamente utilizamos 50 generaciones, las posibilidades de que la solución X llegue al final se reducen a cero.

Por tanto, al final de las generaciones tendremos aquellas soluciones cuyo comportamiento de media ha sido bueno para todos los sets indiferentemente del conjunto de datos del que estuvieran formado. Debido a esto, la solución genera mayor confianza en que su comportamiento para nuevos datos sea igual de rentable.

Características de nuestro Algoritmo Genético:

```
%Número de sets generados.
```

```
NUM_SETS =5;
```

```
%Porcentaje del total datos de entrenamiento que se incluyen en cada  
set de manera aleatoria.
```

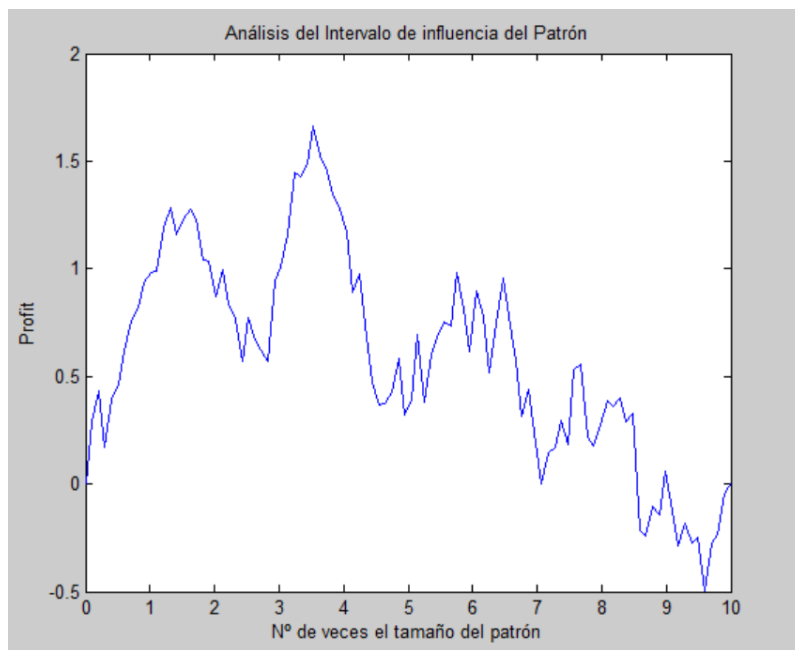
```
PATTERNS_PERCENTAGE = 0.3;
```

6.4. Resultados

6.4.1. Intervalo de influencia de los Patrones de Precio

Tras haber demostrado que los patrones de precio tienen capacidad de predicción sobre el movimiento de los precios posteriores a la formación del patrón, se pretende analizar el radio de influencia. Para ello se analiza el espacio temporal entre 0 y 10 veces la duración del patrón.

Se propone el siguiente test: Con una estrategia sin *TakeProfit* ni *StopLoss* se calculan los beneficios de cerrar la operación tras un intervalo de tiempo. Se grafican los resultados para todos los tamaños de intervalos de tiempo.



Gráfica 6.2 Análisis del intervalo de influencia de los patrones.

Se observa que los beneficios crecen hasta el punto de 3.5 veces el tamaño del patrón. La bajada que se produce entre 1.5 y 3 es debido al movimiento ZigZag de los precios, después de

una subida importante, es normal que los precios caigan ligeramente antes de volver a subir. A partir de 3.5 veces el tamaño del patrón, se observa que el beneficio cae progresivamente con el tiempo. Esto es debido a que el patrón deja de tener influencia en el precio y por tanto el pago de comisiones hace que el beneficio se derrumbe.

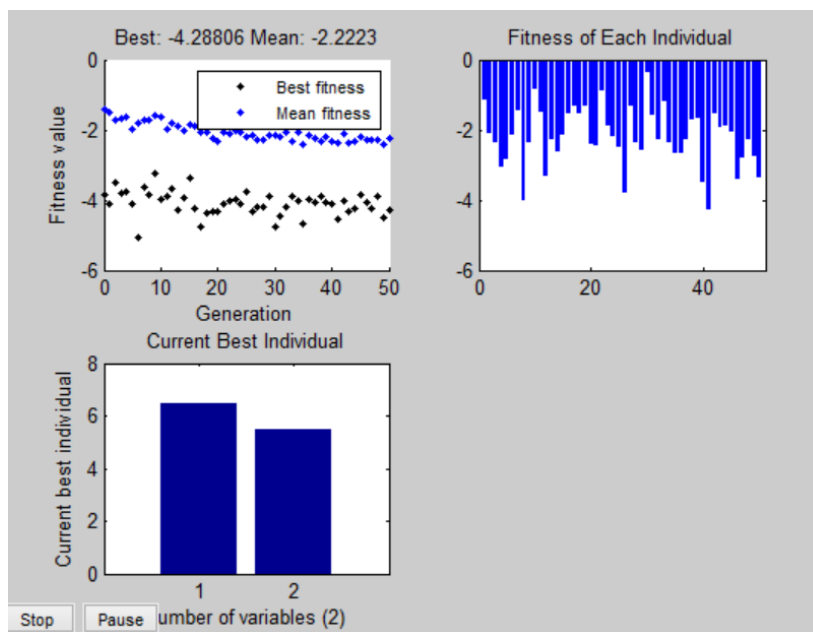
Se concluye que el radio de influencia de los patrones de precio es de aproximadamente 3.5 veces el tamaño del patrón, sin embargo, como inversores consideramos que no merece la pena sufrir la bajada correctiva de los precios entre 1.5 y 3.5. Pues los beneficios de la zona de 3.5 es muy volátil y tiene mucho riesgo de caer empicado. Se propone por tanto la utilización de una ventana de tiempo de 1.5 veces el tamaño del patrón.

6.4.2. Entrenamiento

Como se ha explicado previamente en los métodos para evitar el overfitting, separamos los datos en dos partes. Reservamos el intervalo de tiempo del 2013 al 2014 para la función de Testeo, que nos permitirá comprobar la eficacia de nuestra estrategia. Para la función de entrenamiento y la optimización de los parámetros de nuestra estrategia, utilizamos un intervalo de tiempo mucho más amplio del 1/1/2000 al 1/1/2013. Se utiliza un espacio temporal extenso para garantizar que el mercado haya pasado por todo tipo de fases, momentos alcistas y momentos bajista.

I. Triángulos, Rectángulos y Banderas

Se utiliza el algoritmo genético para optimizar el Tp y Sl de la estrategia, maximizando el beneficio (medido en tanto por uno del capital inicial) . Se muestra el resultado:

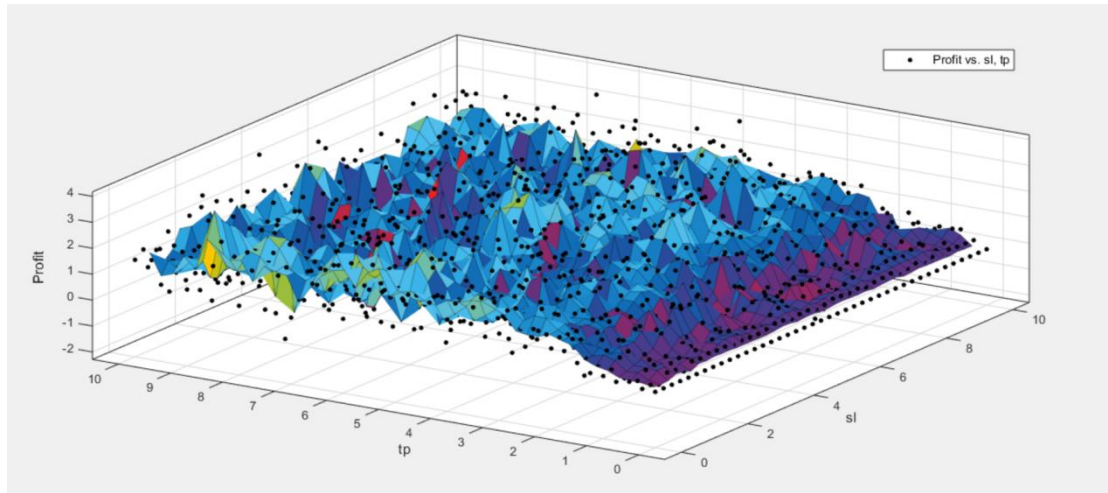


Gráfica 6.3 Resultado del Algoritmo Genético para patrones Triángulo.

En el recuadro de arriba a la izquierda se puede ver la evolución del beneficio medio (en azul) y del máximo beneficio (en negro) para cada generación. La media del beneficio está en 2.22

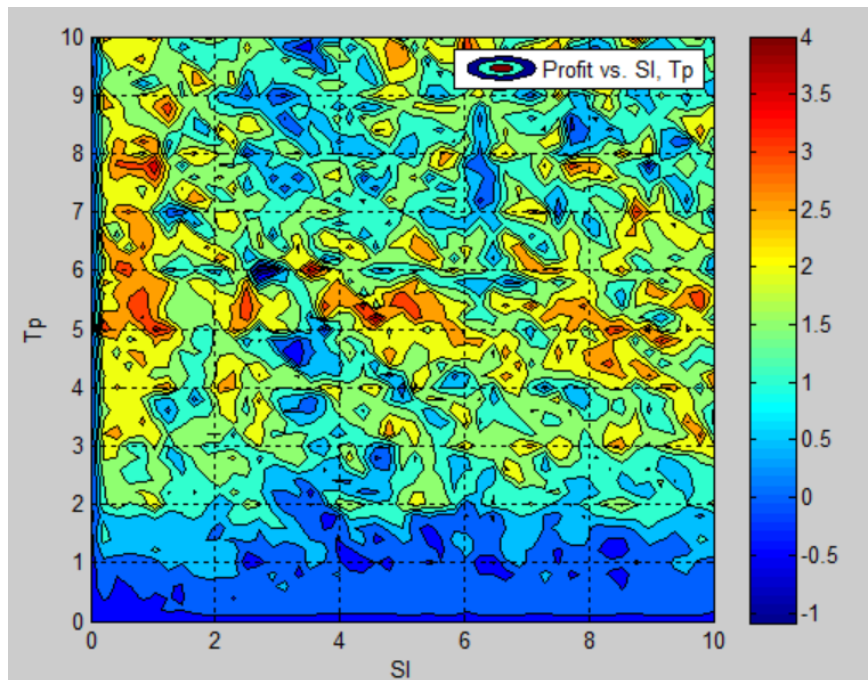
veces el capital inicial. En el recuadro de la derecha se puede ver la distribución de resultados para cada individuo de la última generación. Por último en el recuadro de abajo vemos el resultado de la optimización, la variable 1 corresponde al SI y la variable 2 corresponde al Tp. Mejor resultado: (6.1 , 5.4).

Además de la solución que maximiza el beneficio, lo interesante es ver la distribución de las soluciones para identificar aquellas zonas donde el beneficio siempre ha sido bueno. Se muestra un ajuste 3D de los datos provenientes de la optimización, se grafica el Beneficio vs SI, Tp.



Gráfica 6.4 Beneficio vs SI, Tp en gráfica 3D

Para mayor claridad se muestra la gráfica de contorno, que permite ver las zonas óptimas de manera más clara.

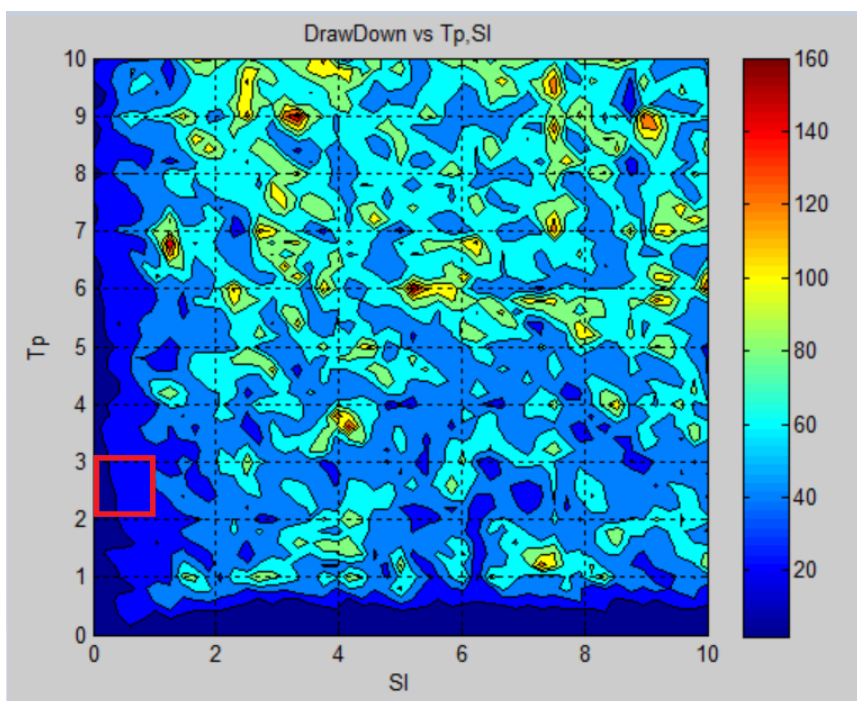


Gráfica 6.5 Beneficio vs SI, Tp para patrones Triángulo, Rectángulo y Bandera.

En la distribución podemos ver que los mejores resultados se encuentran entre la franja de 5-6 para el Tp. El SI parece tener poca influencia, aunque se ve una mejor actuación en la zona entre 0.25-2.

El estudio del beneficio a la hora de elegir los parámetros de Tp, SI es insuficiente. Las ganancias mostradas para Tp = 5 de más del 400% probablemente sean insostenibles a largo plazo y estén ligadas a un riesgo muy alto que destruya nuestra estrategia. Para comprobar se realiza un estudio del *DrawDown*, una medida usada frecuentemente para medir el riesgo de una estrategia. (véase pág.74).

Se muestran los resultados:



Gráfica 6.6 DrawDown vs Tp, SI para patrones Triángulo, Rectángulo y Bandera.

Como se observa en la gráfica, las zonas de Tp = 5 que producían las mayores ganancias, son totalmente insostenibles y se producen pérdidas que superan el 100% del capital inicial. Rechazamos estrictamente toda estrategia cuyo DrawDown sea superior al 40% del capital inicial. Por tanto, nuestro espacio de elección queda reducido entre Tp: (1.5-3.5) y SI: (0-1).

Conclusión:

Se comparan las gráficas del Beneficio y el DrawDown para elegir el Tp, SI óptimo, en cuanto a rentabilidad y riesgo. Después de haber descartado prácticamente todas las posibles soluciones, por ser de alto riesgo, se comprueba que para la zona de Tp entre 2-3 y SI entre 0.5 y 1, el margen de beneficio sigo siendo considerable.

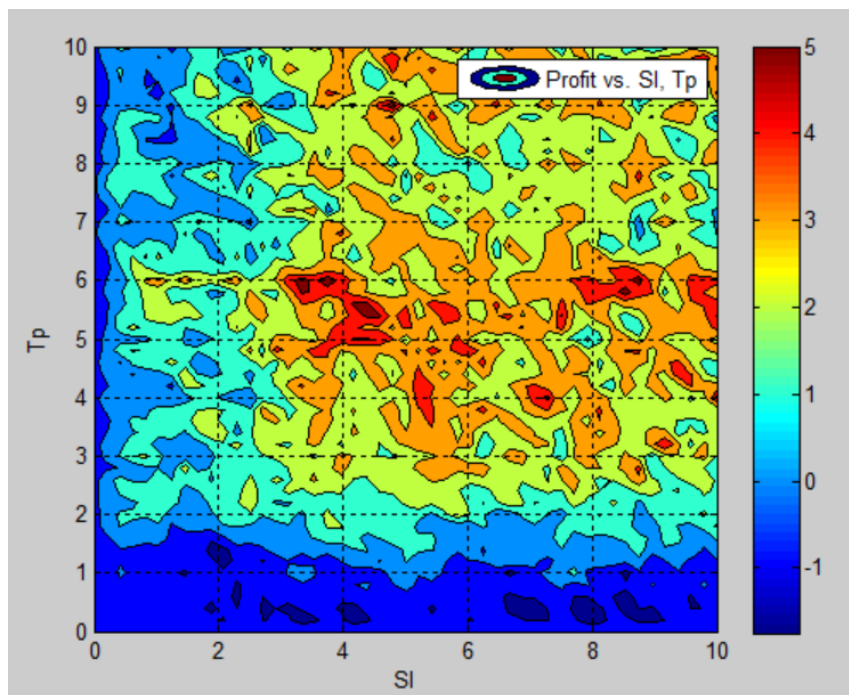
Se aboga por utilizar una estrategia con TakeProfit = 3 y StopLoss = 0.5, se considera que el riesgo en esta franja es bajo y está dentro del aceptable, y como se puede ver en la gráfica del beneficio, es una zona que todavía mantiene niveles altos de ganancias.

II. Líneas de Tendencia

Se realiza el mismo estudio para las líneas de tendencia que se ha realizado para los patrones Triángulos, Rectángulo y Banderas.

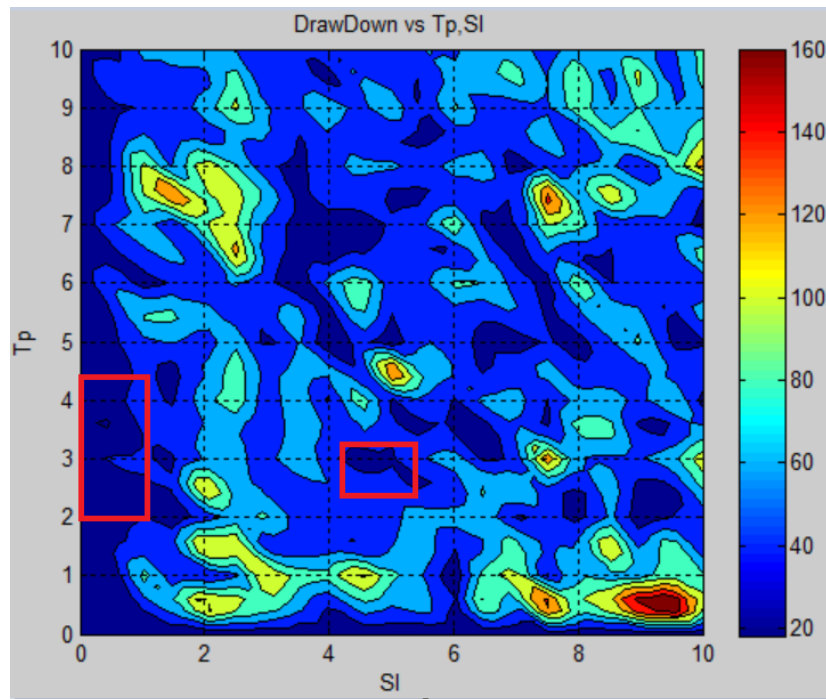
Como ya se ha mencionado antes, Murphy no incluye las Líneas de Tendencia dentro de los patrones de precio, la razón es que carecen de características propias de los patrones. Una de las características de las que carecen es de la definición de un objetivo de precio. Por tanto, para las líneas de tendencia el Tp y SI no estará en función del objetivo de precio de Murphy, si no que estará en función de la distancia que separa el punto donde se detecta el patrón y el último pico anterior (al que consideramos el objetivo de precio mínimo).

Se muestran los resultados del estudio, en primer lugar la gráfica del beneficio y en segundo lugar la gráfica del DrawDown:



Gráfica 6.7 Beneficio vs SI, Tp para Líneas de Tendencia.

Los mayores beneficios se producen para $Tp > 2$, además también se observa que para $SI < 2$ los beneficios caen. Esto quiere decir que en muchas de las operaciones los precios caen ligeramente antes de volver a subir. Es interesante ver esto, porque en el momento de la clasificación de los patrones, tuvimos una sensación de que en ocasiones el momento de entrada al mercado que identificaba nuestro sistema, nos parecía algo prematuro y efectivamente esto se puede comprobar viendo que los beneficios se reducen si no se pone un $SI > 2$.



Gráfica 6.8 DrawDown vs SI, Tp para Líneas de Tendencia.

De nuevo se observa que la mayoría de valores que pueden tomar el SI y Tp son insostenibles en cuanto a riesgo en una estrategia a largo plazo. Se puede ver que la mayor seguridad se consigue con una configuración de SI pequeño y un Tp entre 2 y 4.

Conclusión

Tras comparar de nuevo las gráficas del beneficio y el DrawDown, se aboga por la estrategia más segura. Se opta por un $SI = 0.5$ y un $Tp = 2$. Pese a que en la gráfica de beneficios, esa configuración aparenta no producir beneficios comparado con otras configuraciones, si se atiende a la escala de colores veremos que el beneficio es del 80 - 100%, que es extremadamente alto.

Alternativamente se probará en la fase de testeo una configuración más arriesgada con $SI = 5$ y $Tp = 3$, esta configuración está cerca de representar una estrategia sin *StopLoss* ni *TakeProfit*, ya que muy poquitos patrones o ninguno alcanzan esos niveles. Por tanto, la operación se cierra cuando finaliza el intervalo de influencia del patrón óptimo que ya hemos demostrado que esta alrededor de 1.5 veces la duración del patrón.

6.4.3. Testeo

En la fase de entrenamiento o fase de optimización previa, hemos elegido unos valores para los parámetros de *TakeProfit* y *StopLoss*. La intención en la fase de testeo es comprobar si los valores elegidos en la fase de entrenamiento son rentables para unos datos totalmente nuevos sobre los que no se ha optimizado. Si los valores elegidos siguen mostrando buenos resultados, entonces se podría esperar que para un futuro, continúen comportándose de la misma manera.

Como ya se ha mencionado previamente se ha reservado el intervalo de tiempo entre el 1/1/2013 y el 1/1/2014 para la fase de Testeo. Para estar totalmente seguros de que nuestra estrategia va a seguir comportándose correctamente en el futuro, no solo realiza la prueba en un espacio temporal distinto, si no que se elige un nuevo grupo de acciones distintas de las usadas en la fase de entrenamiento y en todos nuestros análisis. La prueba se realiza sobre todas las acciones que componen el índice S&P 500, un total de 500 acciones.

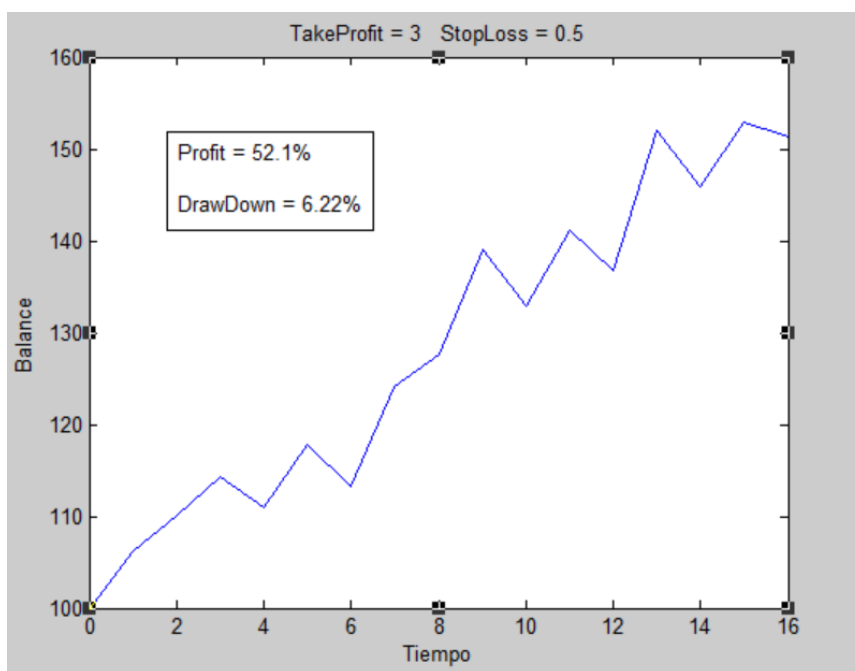
Se ha demostrado que los patrones tienen una influencia óptima aproximada de 1.5 veces el tamaño del patrón, por tanto, se plantea una estrategia en la que si el precio no alcanza el TakeProfit se cierra la operación tras un tiempo igual a 1.5 veces el tamaño del patrón, pues se considera que a partir de ese punto el efecto en los precios es aleatorio y debido a las comisiones todo movimiento aleatorio nos es perjudicial.

Se muestran los resultados de la prueba de Testeo:

I. Triángulos, Rectángulos y Líneas de Tendencia

Se detectan 68 patrones de manera automática. Se decide operar un 23.5% de los patrones detectados, un total de 16.

Se muestra la evolución del balance para nuestra estrategia con $SI = 0.5$ y $Tp = 3$, como se había propuesto en la fase de entrenamiento.



Gráfica 6.9 Resultado de nuestra estrategia de inversión para Triángulos, Rectángulos y Banderas.

El resultado de nuestra estrategia para unos datos totalmente nuevos es extraordinario, se consigue un beneficio del 52% sobre el capital inicial invertido, una media de 3.25% por patrón. Las pérdidas son pequeñas y no superan el 6.2% del capital inicial en ningún momento.

Por último, antes de considerar nuestra estrategia rentable, debemos comparar su actuación con la del índice S&P 500.



Gráfica 6.10 Evolución del S&P 500 2013/2014. [18]

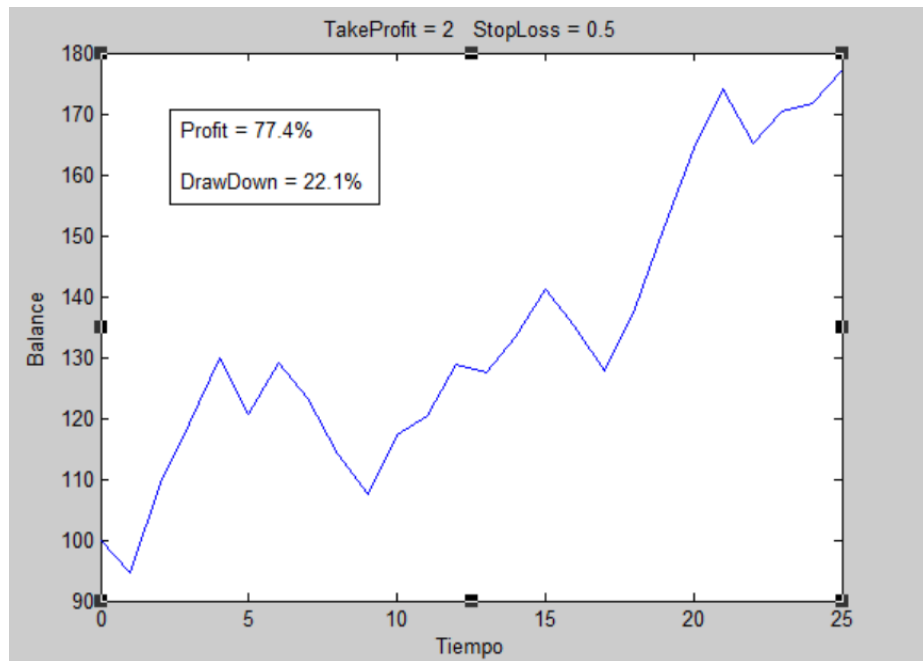
Se comprueba que a pesar de que el S&P 500 ha tenido una evolución favorable, ganando un 25.27% en el periodo de testeo. Nuestra estrategia ha obtenido un 27% por encima del resultado de índice S&P 500.

Podemos concluir que la estrategia de inversión elegida para patrones Triángulo, Rectángulo y Bandera, es rentable y que las pruebas apuntan a que puede funcionar a largo plazo.

II. Líneas de Tendencia

Se detectan 84 líneas de tendencia de manera totalmente automática. Se decide operar un 30% de las líneas detectadas, un total de 25 patrones.

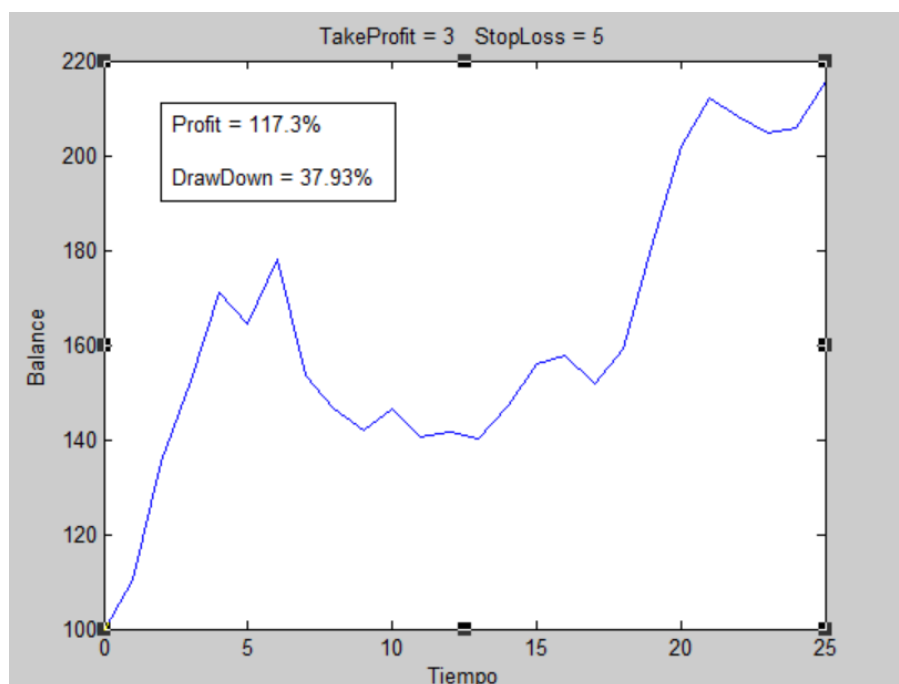
Se muestran los resultados de una estrategia con $SI = 0.5$ y $Tp = 2$, como se había propuesto en la fase de entrenamiento:



Gráfica 6.11 Resultado de nuestra estrategia de inversión para Líneas de Tendencia.

El resultado de nuestra estrategia vuelve a ser extraordinario. Se consigue un beneficio del 77.4% sobre el capital inicial, un 52% por encima del índice S&P 500. El 60% de los patrones alcanzan el Tp, frente a un 32% que alcanzan el Sl, solo dos patrones no alcanzan ninguno de los dos límites. El DrawDown ha sido del 22.1% del capital inicial, superior al de los patrones triángulo pero dentro del margen aceptable de riesgo.

Alternativamente, se muestran los resultados para la estrategia más arriesgada propuesta en la fase de entrenamiento, con un Tp = 3 y Sl = 5.



Gráfica 6.12 Resultado de una estrategia agresiva para Líneas de Tendencia.

El beneficio a final del año es abrumador con un porcentaje de ganancias del 117.3%, sin embargo, como ya suponíamos el riesgo de la estrategia es alto, se produce un DrawDown del 37.93% y la gráfica no muestra ganancias constantes, es poco estable.

Pese a que algún inversor prefiera asumir un nivel de riesgo alto con posibilidad de obtener una suma de ganancias mayor. Nosotros como inversores, optamos por la estrategia menos arriesgada, la cual sigue teniendo un beneficio alto.

Podemos concluir que la estrategia de inversión con $SI = 0.5$ y $Tp = 3$ para Líneas de Tendencia, es rentable y que las pruebas apuntan a que puede funcionar a largo plazo.

7. Conclusiones

7.1. Conclusiones generales

El estudio de las técnicas de trading automático basadas en herramientas del Análisis Técnico, nos ha permitido identificar, que los patrones de precios, una de las técnicas más fiables del Análisis Técnico, cuentan con una serie de problemas que impiden su uso en estrategias de trading automáticas o semiautomáticas.

Se ha desarrollado un sistema automático que permite analizar cientos de productos financieros en busca de los patrones de precio más populares y fiables. El sistema es capaz de detectar patrones Cabeza-Hombros, Triángulos, Rectángulos, Banderas y Líneas de Tendencia. Esto permite al inversor olvidarse de analizar cientos de ventanas de tiempo en las que no se producen patrones y, centrarse únicamente en analizar los patrones de precio que nuestro sistema sugiere.

El detector automático tiene una precisión del 30% aproximadamente, esto quiere decir que en las pruebas realizadas, el inversor ha considerado que debería invertir en el 30% de los patrones sugeridos automáticamente. Pese a que esto puede parecer una precisión baja, el número de patrones detectados es alto y operar en el 30% de ellos, nos permite crear una estrategia de trading rentable con suficientes operaciones. Con esto podemos dar por conseguidos los dos primeros objetivos del proyecto.

A diferencia de muchos otros sistemas de señales trading, hemos realizado un estudio estadístico de las predicciones realizadas y de la capacidad predictiva de los patrones. En este estudio, hemos conseguido demostrar la capacidad predictiva de los patrones Triángulo, Rectángulo, Bandera y Línea de Tendencia, contrastando la teoría de John. J. Murphy. Sin embargo, no se ha podido demostrar la capacidad de predicción de los patrones Cabeza-Hombros. Debemos añadir, que no sólo hemos demostrado la capacidad de predicción de los patrones de precio, sino que hemos demostrado, con evidencia estadística, la capacidad de predicción de los patrones de precio detectados automáticamente por nuestro sistema. Por tanto, damos por conseguido el tercer objetivo del proyecto.

Finalmente, tras desarrollar el sistema de detección automática de patrones de precio y de haber demostrado su capacidad de predicción, se ha utilizado un Algoritmo Genético para desarrollar una estrategia de inversión sencilla y optimizar los parámetros de los que se compone la misma. Se ha conseguido identificar el intervalo de influencia óptimo de los patrones en los precios, siendo este de aproximadamente 1.5 veces el tamaño del patrón. El proceso de optimización ha permitido encontrar una estrategia que probada sobre datos completamente distintos a los usados para el entrenamiento, consigue beneficios del 50% en un año para patrones Triángulo, Rectángulo y Bandera y de más del 70% para Líneas de Tendencia. Además demuestra ser una estrategia de bajo riesgo con un DrawDown por debajo del 20% del capital inicial.

El resultado final del proyecto es favorable. Se ha creado una herramienta automática que ayuda al inversor a detectar patrones de precio muy fiables e infrecuentes en cientos de

productos financieros, con una precisión suficiente como para incorporarlo a una estrategia de inversión que produce beneficios altos con un nivel de riesgo aceptable y con capacidad para repetir los mismos resultados en el futuro.

Por último, cabe destacar que tanto el sistema de detección automática de patrones de precio como la estrategia de inversión propuesta, son totalmente accesibles para el inversor pequeño, cumpliendo una de las motivaciones de este trabajo.

7.2. Líneas futuras de investigación

Como bien se ha podido constatar en los resultados de este proyecto, el sistema de detección automática de patrones es una herramienta eficaz en la ayuda de toma de decisiones a la hora de invertir y, es perfectamente incorporable a una estrategia de trading rentable. Los resultados positivos invitan a investigar más a fondo, con la finalidad de mejorar la herramienta.

En base a los análisis realizados se proponen dos líneas de investigación distintas para la mejora del software de identificación:

La primera línea de investigación debería ir dirigida a la mejora de la capacidad de identificación. Para ello se propone mejorar el punto más difícil y débil del sistema: el reconocimiento de los máximos y mínimos significativos del mercado. En este proyecto hemos utilizado la función ZigZag para esta tarea. Pese a que esta técnica es una técnica sencilla y relativamente fácil de implementar que ha permitido solucionar la tarea de una forma aceptable, se considera que existe mucho campo de mejora. La mejora de esta capacidad, proporcionaría un aumento de precisión inmediata al detector de patrones, elevando su precisión muy por encima del 30% actual, pudiendo llegar incluso a la automatización completa de la estrategia sin la necesidad de que el inversor compruebe la fiabilidad y la calidad del patrón a la hora de realizar la inversión.

Se propone dirigir la segunda línea de investigación hacia la mejora de la capacidad predictiva de los patrones de precio. Actualmente, en la literatura sobre los patrones de precio sólo se considera el volumen, la altura y la duración del patrón como variables que pueden ser influyentes en la capacidad predictiva del patrón; sin embargo, existen pocos estudios que lo demuestren estadísticamente. Se propone realizar un clasificador con ayuda de un SVM¹⁵ que permita demostrar o no, si existe algún tipo de relación entre los patrones más exitosos y las variables geométricas ya mencionadas u otras como el área, la similitud o la volatilidad del precio dentro del patrón. Alternativamente, se propone el mismo estudio pero con otras herramientas del Análisis Técnico como medias móviles, osciladores, el indicador MACD que fusionadas con la identificación de patrones de precio, nos permita seleccionar los patrones de mayor calidad.

¹⁵ SVM: Support Vector Machine.

Marco Socioeconómico y Regulatorio

Marco Socioeconómico

Las políticas monetarias expansivas seguidas por las principales economías avanzadas han dado lugar a una abundancia de liquidez en los mercados financieros internacionales en el segundo trimestre del año favoreciendo las compras de instrumentos de mayor riesgo relativo, como son las acciones. La volatilidad de los índices se situó por debajo del 15% en la mayoría de los casos (niveles históricamente bajos).

No obstante estas políticas no siguen la misma pauta. Mientras que en Estados Unidos, la Reserva Federal disminuyó progresivamente el volumen de compras de deuda como consecuencia de la mejoría de la actividad económica y el empleo, en la zona euro el Banco Central Europeo volvió a reducir los tipos de interés y adoptó nuevas medidas para conseguir reactivar el crédito y la economía.

Esta bajada en los tipos de interés, próximos a cero, continuó empujando a los inversores a adquirir productos de mayor riesgo en busca de nuevas rentabilidades.

En los mercados de renta fija, aumentaron las compras de deuda emitida por países periféricos a la zona euro debido a sus buenas perspectivas macroeconómicas, observándose descensos de las primas de riesgo de crédito y de las rentabilidades hasta niveles mínimos de los últimos años. El bono soberano alemán a diez años se situó a mediados de año por debajo del de Reino Unido y EEUU siendo del 2,7% frente al 1,4% de aquel. Las compras de acciones también fueron muy significativas llevando la mayoría de los índices internacionales de renta variable a los niveles máximos de los últimos años y el PER (ratios de precio sobre beneficio) por encima de sus medias históricas.

En España la percepción de mejora económica y del marco financiero nacional continuó fomentando la compra de deuda y de acciones. Las medidas anunciadas por el Banco Central Europeo contribuyeron a la bajada de las rentabilidades de deuda pública hasta mínimos históricos a mediados de año. La rentabilidad del bono de deuda pública a diez años se situaba en valores similares al bono estadounidense, y se reducía la diferencia de rentabilidad por debajo de los 130 puntos básicos con respecto al bono alemán. En cuanto a las emisiones de renta fija sufrió un nuevo retroceso (36,8% respecto al mismo período del ejercicio anterior).

En los mercados de renta variable, durante el 2014 el Ibex 35 se situó en niveles máximos de los últimos tres años y el PER se incrementó en nueve décimas llegando hasta 15,8. La volatilidad del mercado siguió siendo muy reducida sin que se viera apenas afectado por el conflicto de Ucrania. La contratación en el mercado creció un 29,2%.

En cuanto a las bolsas internacionales hay que señalar que los índices bursátiles más relevantes de las economías avanzadas se revalorizaron de forma notable durante el segundo trimestre del año debido a la publicación de varios indicadores que apuntaban, en general, a la recuperación de la actividad y del empleo y, más recientemente, a la repercusión favorable del

anuncio efectuado por el BCE como ya se ha mencionado en párrafos previos. Las cotizaciones crecieron con más intensidad en las bolsas europeas durante este periodo, seguidas de las estadounidenses. Los índices europeos se revalorizaron entre el 1,1% del italiano Mib 30 y el 7,5% del Ibex 35, mientras que los índices estadounidenses lo hicieron entre el 1,9% del Dow Jones y el 3,4% del S&P 500. Los índices japoneses aumentaron entre un 1,8% (Nikkei 225) y un 3,4% (Topix), siguiendo una tendencia marcada por la consolidación de los elevados niveles alcanzados durante 2013. [19]

El aumento de inversiones bursátiles, que como he indicado, se ha venido experimentando en los mercados, puede encontrar en la herramienta de trading desarrollada en este proyecto, un útil y eficaz aliado para la toma de decisiones de los inversionistas que haga crecer sus rentabilidades.

Marco regulatorio

Queremos subrayar que el desarrollo de la herramienta objeto de este proyecto no se ve afecta en sí misma por ninguna normativa legal. No obstante si haremos una breve referencia al marco legal aplicable a los mercados de valores españoles y a su organismo supervisor.

El marco legal actual de los mercados de valores españoles se encuentra recogido básicamente en la Ley 28/1988, del mercado de valores (LMV). Punto clave de esta normativa es la creación de la Comisión Nacional del Mercado de Valores (CNMV) que es el organismo encargado de la supervisión de los mercados de valores en España. El objetivo de la CNMV es velar por la transparencia de los mercados de valores españoles y la correcta formación de precios, así como la protección de los inversores. La LMV denomina a los mercados regulados españoles, mercados secundarios oficiales. Actualmente se consideran como tal: las Bolsas de Valores, el Mercado de Deuda Pública representada en anotaciones en cuenta, el Mercado de Futuros y Opciones (MEFF) y el Mercado de Renta Fija (AIAF). [20]

A finales de la primera década del siglo XXI se produce un gran cambio legislativo vivido por los mercados de valores españoles, como consecuencia de la aplicación de la Directiva comunitaria de Mercados de Instrumentos Financieros (MiFID), que modificó sustancialmente la estructura y funcionamiento de los mercados de valores españoles y europeos. Así la LMV fue modificada entre otras y de manera profunda por la Ley 47/2007, de 19 de diciembre para incorporar al ordenamiento jurídico español las siguientes Directivas europeas:

- a) la Directiva 2004/39/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, relativa a los mercados de instrumentos financieros (MiFID) y pieza clave diseñada para la integración de los mercados europeos de capitales,
- b) la Directiva 2006/73/CE de la Comisión, de 10 de agosto de 2006, por la que se aplica la Directiva 2004/39/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos organizativos y las condiciones de funcionamiento de las empresas de inversión y

c) la Directiva 2006/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2006, sobre la adecuación del capital de las empresas de inversión y las entidades de crédito.

La transposición de la Directiva 2004/39/CE (MiFID) supuso una importante modificación al texto de la Ley del Mercado de Valores. Con esta modificación se buscó modernizar los mercados de valores españoles para adaptarlos a la complejidad de los mercados financieros y al nuevo perfil del inversor (por un lado había incrementado su profesionalidad y, por otro lado y al mismo tiempo se produjo un aumento del acceso directo por parte del pequeño inversor). [21]

La Directiva MiFID estableció el marco general de un régimen regulador para los mercados financieros en la Unión Europea, e incidió particularmente sobre: las condiciones de funcionamiento a las que debían sujetarse quienes prestaran servicios de inversión y servicios auxiliares para prevenir y evitar conflictos de intereses; los requisitos financieros y de organización exigibles a las empresas que prestaran esos servicios de inversión para garantizar su solvencia y que su organización se adecuaba a la compleja gama de servicios que prestaban; los requisitos de información sobre las operaciones en instrumentos financieros efectuadas en el ámbito de la Unión Europea y los requisitos de transparencia de las operaciones con acciones que se negociaban en mercados regulados. Uno de los principales cambios que introdujo la Directiva MiFID está relacionado con la relación existente entre las empresas y sus clientes o potenciales clientes con la finalidad de proteger al inversor. Para que las empresas financieras puedan ofrecer sus productos y servicios, deben hacer una clasificación de sus clientes en base a su perfil de riesgo y vocación inversora y, adecuar el catálogo de servicios de inversión ofrecido a sus conocimientos.

En el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE) de 12 de junio de 2014 se publicaron nuevas regulaciones jurídicas que afectan a los mercados financieros en la UE en dos sentidos: por una parte, se estableció una nueva regulación general de las estructuras básicas de negociación e intermediación en aquellos mercados mediante el Reglamento (UE) núm. 600/2014, de 15 de mayo, relativo a los mercados de instrumentos financieros (MIFIR) y la Directiva 2014/65/UE, de 15 de mayo de 2014, relativa a los mercados de instrumentos financieros (MIFID II). Por otra parte, se instauró una regulación especial más enérgica para prevenir el abuso de mercado mediante el Reglamento (UE) núm. 596/2014, de 16 de abril, sobre el abuso de mercado (Reglamento sobre abuso de mercado) y La Directiva 2014/57/UE, de 16 de abril, sobre las sanciones penales aplicables al abuso de mercado (Directiva sobre abuso de mercado) que establece normas mínimas en materia de sanciones penales aplicables a las operaciones con información privilegiada, la comunicación ilícita de información privilegiada y la manipulación de mercado, con el fin de garantizar la integridad de los mercados financieros de la Unión Europea y aumentar la protección de los inversores y la confianza en esos mercados.[22]

En la página web de la CNMV (<http://www.cnmv.es>) podremos consultar información sobre cualquier apartado de la legislación vigente, comunicados y notas de prensa.

Planificación

Se comienza estudiando a fondo todas las técnicas de Análisis Técnico descritas en el principal libro de referencia de este proyecto: "Análisis Técnico de los Mercados Financieros" John. J. Murphy. A la par se empieza a investigar acerca de los algoritmos de trading automático y a probar algoritmos sencillos en plataformas que facilitan esta labor al inversor pequeño, como es Metatrader 5. Durante esta fase de la investigación el interés sobre la fusión de las herramientas de Análisis Técnico junto con algoritmos automáticos crece exponencialmente. Esta fase se prolonga alrededor de dos meses.

En la segunda fase, se considera el estado del arte actual acerca de las técnicas de trading automático basadas en herramientas del Análisis Técnico. Se detectan los problemas de utilizar los patrones de precio como estrategia de inversión y se comienza a buscar una solución. Esta fase tiene una duración de un mes.

La tercera fase corresponde a la construcción de la herramienta de detección de patrones de precio automática, como solución a los problemas mencionados previamente. Se valoran las distintas plataformas sobre las que construir el detector, también se valora la fuente de datos que se va a utilizar para todos los análisis propuestos y tras haber tomado todas las decisiones pertinentes, comienza la fase de programación de la herramienta. Esta ha sido la parte más dura del proyecto y en la que se ha invertido más tiempo, aproximadamente tres meses.

En la cuarta fase, tiene lugar todo el conjunto de análisis estadístico presentado en el proyecto, desde el funcionamiento de la función de detecciones de máximos y mínimos significativos hasta el análisis de la capacidad de predicción de los patrones. En base a estos análisis, se incorporan pequeñas mejoras a la herramienta de identificación y se decide la utilización de una estrategia semiautomática en la que el inversor decide en qué patrones invertir de todos los que la herramienta de detección le señala.

En la quinta fase se realiza el estudio sobre la rentabilidad de incorporar la herramienta de detección de patrones en una estrategia de inversión. Para ello, mediante la utilización de algoritmos genéticos se optimizan todos los parámetros de inversión, dando lugar a una estrategia de trading rentable. Estas dos últimas fases han tenido una duración en conjunto de entre uno y dos meses.

Finalmente, se dedica el último mes a la redacción y desarrollo de la memoria. Se contextualiza el proyecto dentro del marco socioeconómico y regulatorio actual, se incluyen los análisis realizados y se editan de manera estructurada las distintas secciones de la memoria. Concluimos este trabajo disertando sobre los resultados obtenidos en los distintos análisis y las implicaciones de estos. Finalmente exponemos objetivos y líneas para posibles estudios futuros.

ANEXO: Listado de Acciones utilizadas

Lista de 99 acciones aleatorias pertenecientes a distintos mercados utilizada para todos los análisis, estudios y procesos de optimización realizados:

I. Bolsas y Mercados Españoles

BME:ANA	BME:ITX	BME:SAN
BME:BBVA	BME:JAZ	BME:TEF
BME:FER	BME:MTS	BME:TL5
BME:GAS	BME:REP	

II. National Association of Securities Dealers Automated Quotation (NASDAQ)

NASDAQ:AAL	NASDAQ:DTV	NASDAQ:ILD	NASDAQ:SPLS
NASDAQ:AAPL	NASDAQ:EA	NASDAQ:INTC	NASDAQ:STLD
NASDAQ:ACRX	NASDAQ:EBAY	NASDAQ:LLTC	NASDAQ:TSLA
NASDAQ:AFOP	NASDAQ:EBSB	NASDAQ:LOCO	NASDAQ:TXN
NASDAQ:AMAT	NASDAQ:ESRX	NASDAQ:MRVL	NASDAQ:VOD
NASDAQ:AMZN	NASDAQ:ETFC	NASDAQ:MSFT	NASDAQ:WIN
NASDAQ:ARIA	NASDAQ:FB	NASDAQ:MU	NASDAQ:WYNN
NASDAQ:ARNA	NASDAQ:FITB	NASDAQ:MYL	NASDAQ:YHOO
NASDAQ:ATVI	NASDAQ:FOX	NASDAQ:NVDA	NASDAQ:YNDX
NASDAQ:BRCM	NASDAQ:GOOG	NASDAQ:QCOM	NASDAQ:ZNGA
NASDAQ:CSCO	NASDAQ:GPRO	NASDAQ:QQQ	
NASDAQ:CTXS	NASDAQ:GTAT	NASDAQ:SBUX	
NASDAQ:DLTR	NASDAQ:IDTI	NASDAQ:SPKE	

III. New York Stock Exchange

NASDAQ:AAL	NASDAQ:CSCO	NASDAQ:FITB	NASDAQ:MRVL	NASDAQ:STLD
NASDAQ:AAPL	NASDAQ:CTXS	NASDAQ:FOX	NASDAQ:MSFT	NASDAQ:TSLA
NASDAQ:ACRX	NASDAQ:DLTR	NASDAQ:GOOG	NASDAQ:MU	NASDAQ:TXN
NASDAQ:AFOP	NASDAQ:DTV	NASDAQ:GPRO	NASDAQ:MYL	NASDAQ:VOD
NASDAQ:AMAT	NASDAQ:EA	NASDAQ:GTAT	NASDAQ:NVDA	NASDAQ:WIN
NASDAQ:AMZN	NASDAQ:EBAY	NASDAQ:IDTI	NASDAQ:QCOM	NASDAQ:WYNN
NASDAQ:ARIA	NASDAQ:EBSB	NASDAQ:ILD	NASDAQ:QQQ	NASDAQ:YHOO
NASDAQ:ARNA	NASDAQ:ESRX	NASDAQ:INTC	NASDAQ:SBUX	NASDAQ:YNDX
NASDAQ:ATVI	NASDAQ:ETFC	NASDAQ:LLTC	NASDAQ:SPKE	NASDAQ:ZNGA
NASDAQ:BRCM	NASDAQ:FB	NASDAQ:LOCO	NASDAQ:SPLS	

Lista de las 500 acciones que componen el índice S&P 500 y que han sido usada para la prueba final de testeo:

TICKER	COMPAÑIA	TICKER	COMPAÑIA
MMM	3M Company	JOY	Joy Global Inc.
ABT	Abbott Laboratories	JPM	JPMorgan Chase & Co.
ABBV	AbbVie	JNPR	Juniper Networks
ACE	ACE Limited	KSU	Kansas City Southern
ACN	Accenture plc	K	Kellogg Co.
ACT	Actavis plc	KEY	KeyCorp
ADBE	Adobe Systems Inc	KMB	Kimberly-Clark
ADT	ADT Corp	KIM	Kimco Realty
AES	AES Corp	KMI	Kinder Morgan
AET	Aetna Inc	KLAC	KLA-Tencor Corp.
AFL	AFLAC Inc	KSS	Kohl's Corp.
A	Agilent Technologies Inc	KRFT	Kraft Foods Group
GAS	AGL Resources Inc.	KR	Kroger Co.
APD	Air Products & Chemicals Inc	LB	L Brands Inc.
ARG	Airgas Inc	LLL	L-3 Communications Holdings
AKAM	Akamai Technologies Inc	LH	Laboratory Corp. of America Holding
AA	Alcoa Inc	LRCX	Lam Research
ALXN	Alexion Pharmaceuticals	LM	Legg Mason
ATI	Allegheny Technologies Inc	LEG	Leggett & Platt
ALLE	Allegion	LEN	Lennar Corp.
AGN	Allergan Inc	LUK	Leucadia National Corp.
ADS	Alliance Data Systems	LLY	Lilly (Eli) & Co.
ALL	Allstate Corp	LNC	Lincoln National
ALTR	Altera Corp	LLTC	Linear Technology Corp.
MO	Altria Group Inc	LMT	Lockheed Martin Corp.
AMZN	Amazon.com Inc	L	Loews Corp.
AEE	Ameren Corp	LO	Lorillard Inc.
AEP	American Electric Power	LOW	Lowe's Cos.
AXP	American Express Co	LSI	LSI Corporation
AIG	American International Group, Inc.	LYB	LyondellBasell
AMT	American Tower Corp A	MTB	M&T Bank Corp.
AMP	Ameriprise Financial	MAC	Macerich
ABC	AmerisourceBergen Corp	M	Macy's Inc.
AME	Ametek	MRO	Marathon Oil Corp.
AMGN	Amgen Inc	MPC	Marathon Petroleum
APH	Amphenol Corp A	MAR	Marriott Int'l.
APC	Anadarko Petroleum Corp	MMC	Marsh & McLennan
ADI	Analog Devices, Inc.	MAS	Masco Corp.
AON	Aon plc	MA	Mastercard Inc.
APA	Apache Corporation	MAT	Mattel Inc.

AIV	Apartment Investment & Mgmt	MKC	McCormick & Co.
AAPL	Apple Inc.	MCD	McDonald's Corp.
AMAT	Applied Materials Inc	MHFI	McGraw Hill Financial
ADM	Archer-Daniels-Midland Co	MCK	McKesson Corp.
AIZ	Assurant Inc	MJN	Mead Johnson
T	AT&T Inc	MWV	MeadWestvaco Corporation
ADSK	Autodesk Inc	MDT	Medtronic Inc.
ADP	Automatic Data Processing	MRK	Merck & Co.
AN	AutoNation Inc	MET	MetLife Inc.
AZO	AutoZone Inc	MCHP	Microchip Technology
AVB	AvalonBay Communities, Inc.	MU	Micron Technology
AVY	Avery Dennison Corp	MSFT	Microsoft Corp.
AVP	Avon Products	MHK	Mohawk Industries
BHI	Baker Hughes Inc	TAP	Molson Coors Brewing Company
BLL	Ball Corp	MDLZ	Mondelez International
BAC	Bank of America Corp	MON	Monsanto Co.
BK	The Bank of New York Mellon Corp.	MNST	Monster Beverage
BCR	Bard (C.R.) Inc.	MCO	Moody's Corp
BAX	Baxter International Inc.	MS	Morgan Stanley
BBT	BB&T Corporation	MOS	The Mosaic Company
BEAM	Beam Inc.	MSI	Motorola Solutions Inc.
BDX	Becton Dickinson	MUR	Murphy Oil
BBBY	Bed Bath & Beyond	MYL	Mylan Inc.
BMS	Bemis Company	NBR	Nabors Industries Ltd.
BRK.B	Berkshire Hathaway	NDAQ	NASDAQ OMX Group
BBY	Best Buy Co. Inc.	NOV	National Oilwell Varco Inc.
BIIB	BIOGEN IDEC Inc.	NTAP	NetApp
BLK	BlackRock	NFLX	NetFlix Inc.
HRB	Block H&R	NWL	Newell Rubbermaid Co.
BA	Boeing Company	NFX	Newfield Exploration Co
BWA	BorgWarner	NEM	Newmont Mining Corp. (Hldg. Co.)
BXP	Boston Properties	NWSA	News Corporation
BSX	Boston Scientific	NEE	NextEra Energy Resources
BMJ	Bristol-Myers Squibb	NLSN	Nielsen Holdings
BRCM	Broadcom Corporation	NKE	NIKE Inc.
BF.B	Brown-Forman Corporation	NI	NiSource Inc.
CHRW	C. H. Robinson Worldwide	NE	Noble Corp
CA	CA, Inc.	NBL	Noble Energy Inc
CVC	Cablevision Systems Corp.	JWN	Nordstrom
COG	Cabot Oil & Gas	NSC	Norfolk Southern Corp.
CAM	Cameron International Corp.	NTRS	Northern Trust Corp.
CPB	Campbell Soup	NOC	Northrop Grumman Corp.
COF	Capital One Financial	NU	Northeast Utilities
CAH	Cardinal Health Inc.	NRG	NRG Energy

CFN	Carefusion	NUE	Nucor Corp.
KMX	Carmax Inc	NVDA	Nvidia Corporation
CCL	Carnival Corp.	KORS	Michael Kors
CAT	Caterpillar Inc.	ORLY	O'Reilly Automotive
CBG	CBRE Group	OXY	Occidental Petroleum
CBS	CBS Corp.	OMC	Omnicom Group
CELG	Celgene Corp.	OKE	ONEOK
CNP	CenterPoint Energy	ORCL	Oracle Corp.
CTL	CenturyLink Inc	OI	Owens-Illinois Inc
CERN	Cerner	PCG	P G & E Corp.
CF	CF Industries Holdings Inc	PCAR	PACCAR Inc.
SCHW	Charles Schwab	PLL	Pall Corp.
CHK	Chesapeake Energy	PH	Parker-Hannifin
CVX	Chevron Corp.	PDCO	Patterson Companies
CMG	Chipotle Mexican Grill	PAYX	Paychex Inc.
CB	Chubb Corp.	BTU	Peabody Energy
CI	CIGNA Corp.	PNR	Pentair Ltd.
CINF	Cincinnati Financial	PBCT	People's United Bank
CTAS	Cintas Corporation	POM	Pepco Holdings Inc.
CSCO	Cisco Systems	PEP	PepsiCo Inc.
C	Citigroup Inc.	PKI	PerkinElmer
CTXS	Citrix Systems	PRGO	Perrigo
CLF	Cliffs Natural Resources	PETM	PetSmart, Inc.
CLX	The Clorox Company	PFE	Pfizer Inc.
CME	CME Group Inc.	PM	Philip Morris International
CMS	CMS Energy	PSX	Phillips 66
COH	Coach Inc.	PNW	Pinnacle West Capital
KO	The Coca Cola Company	PXD	Pioneer Natural Resources
CCE	Coca-Cola Enterprises	PBI	Pitney-Bowes
CTSH	Cognizant Technology Solutions	PCL	Plum Creek Timber Co.
CL	Colgate-Palmolive	PNC	PNC Financial Services
CMCSA	Comcast Corp.	RL	Polo Ralph Lauren Corp.
CMA	Comerica Inc.	PPG	PPG Industries
CSC	Computer Sciences Corp.	PPL	PPL Corp.
CAG	ConAgra Foods Inc.	PX	Praxair Inc.
COP	ConocoPhillips	PCP	Precision Castparts
CNX	CONSOL Energy Inc.	PCLN	Priceline.com Inc
ED	Consolidated Edison	PFG	Principal Financial Group
STZ	Constellation Brands	PG	Procter & Gamble
GLW	Corning Inc.	PGR	Progressive Corp.
COST	Costco Co.	PLD	Prologis
COV	Covidien plc	PRU	Prudential Financial
CCI	Crown Castle International Corp.	PEG	Public Serv. Enterprise Inc.
CSX	CSX Corp.	PSA	Public Storage
CMI	Cummins Inc.	PHM	Pulte Homes Inc.



CVS	CVS Caremark Corp.	PVH	PVH Corp.
DHI	D. R. Horton	QEP	QEP Resources
DHR	Danaher Corp.	PWR	Quanta Services Inc.
DRI	Darden Restaurants	QCOM	QUALCOMM Inc.
DVA	DaVita Inc.	DGX	Quest Diagnostics
DE	Deere & Co.	RRC	Range Resources Corp.
DLPH	Delphi Automotive	RTN	Raytheon Co.
DAL	Delta Air Lines	RHT	Red Hat Inc.
DNR	Denbury Resources Inc.	REGN	Regeneron
XRAY	Dentsply International	RF	Regions Financial Corp.
DVN	Devon Energy Corp.	RSG	Republic Services Inc
DO	Diamond Offshore Drilling	RAI	Reynolds American Inc.
DTV	DirecTV	RHI	Robert Half International
DFS	Discover Financial Services	ROK	Rockwell Automation Inc.
DISCA	Discovery Communications	COL	Rockwell Collins
DG	Dollar General	ROP	Roper Industries
DLTR	Dollar Tree	ROST	Ross Stores
D	Dominion Resources	RDC	Rowan Cos.
DOV	Dover Corp.	R	Ryder System
DOW	Dow Chemical	SWY	Safeway Inc.
DPS	Dr Pepper Snapple Group	CRM	Salesforce.com
DTE	DTE Energy Co.	SNDK	SanDisk Corporation
DD	Du Pont (E.I.)	SCG	SCANA Corp
DUK	Duke Energy	SLB	Schlumberger Ltd.
DNB	Dun & Bradstreet	SNI	Scripps Networks Interactive Inc.
ETFC	E-Trade	STX	Seagate Technology
EMN	Eastman Chemical	SEE	Sealed Air Corp.(New)
ETN	Eaton Corp.	SRE	Sempra Energy
EBAY	eBay Inc.	SHW	Sherwin-Williams
ECL	Ecolab Inc.	SIAL	Sigma-Aldrich
EIX	Edison Int'l	SPG	Simon Property Group Inc
EW	Edwards Lifesciences	SLM	SLM Corporation
EA	Electronic Arts	SJM	Smucker (J.M.)
EMC	EMC Corp.	SNA	Snap-On Inc.
EMR	Emerson Electric	SO	Southern Co.
ESV	Enesco plc	LUV	Southwest Airlines
ETR	Entergy Corp.	SWN	Southwestern Energy
EOG	EOG Resources	SE	Spectra Energy Corp.
EQT	EQT Corporation	STJ	St Jude Medical
EFX	Equifax Inc.	SWK	Stanley Black & Decker
EQR	Equity Residential	SPLS	Staples Inc.
EL	Estee Lauder Cos.	SBUX	Starbucks Corp.
EXC	Exelon Corp.	HOT	Starwood Hotels & Resorts
EXPE	Expedia Inc.	STT	State Street Corp.
EXPD	Expeditors Int'l	SRCL	Stericycle Inc



ESRX	Express Scripts	SYK	Stryker Corp.
XOM	Exxon Mobil Corp.	STI	SunTrust Banks
FFIV	F5 Networks	SYMC	Symantec Corp.
FB	Facebook	SYN	Sysco Corp.
FDO	Family Dollar Stores	TROW	T. Rowe Price Group
FAST	Fastenal Co	TGT	Target Corp.
FDX	FedEx Corporation	TEL	TE Connectivity Ltd.
FIS	Fidelity National Information Services	TE	TECO Energy
FITB	Fifth Third Bancorp	THC	Tenet Healthcare Corp.
FSLR	First Solar Inc	TDC	Teradata Corp.
FE	FirstEnergy Corp	TSO	Tesoro Petroleum Co.
FISV	Fiserv Inc	TXN	Texas Instruments
FLIR	FLIR Systems	TXT	Textron Inc.
FLS	Flowserve Corporation	HSY	The Hershey Company
FLR	Fluor Corp.	TRV	The Travelers Companies Inc.
FMC	FMC Corporation	TMO	Thermo Fisher Scientific
FTI	FMC Technologies Inc.	TIF	Tiffany & Co.
F	Ford Motor	TWX	Time Warner Inc.
FRX	Forest Laboratories	TWC	Time Warner Cable Inc.
FOSL	Fossil, Inc.	TJX	TJX Companies Inc.
BEN	Franklin Resources	TMK	Torchmark Corp.
FCX	Freeport-McMoran Cp & Gld	TSS	Total System Services
FTR	Frontier Communications	TSCO	Tractor Supply Company
GME	GameStop Corp.	RIG	Transocean
GCI	Gannett Co.	TRIP	TripAdvisor
GPS	Gap (The)	FOXA	Twenty-First Century Fox
GRMN	Garmin Ltd.	TSN	Tyson Foods
GD	General Dynamics	TYC	Tyco International
GE	General Electric	USB	U.S. Bancorp
GGP	General Growth Properties Inc.	UNP	Union Pacific
GIS	General Mills	UNH	United Health Group Inc.
GM	General Motors	UPS	United Parcel Service
GPC	Genuine Parts	X	United States Steel Corp.
GNW	Genworth Financial Inc.	UTX	United Technologies
GILD	Gilead Sciences	UNM	Unum Group
GS	Goldman Sachs Group	URBN	Urban Outfitters
GT	Goodyear Tire & Rubber	VFC	V.F. Corp.
GOOG	Google Inc.	VLO	Valero Energy
GWW	Grainger (W.W.) Inc.	VAR	Varian Medical Systems
HAL	Halliburton Co.	VTR	Ventas Inc
HOG	Harley-Davidson	VRSN	Verisign Inc.
HAR	Harman Int'l Industries	VZ	Verizon Communications
HRS	Harris Corporation	VRTX	Vertex Pharmaceuticals Inc
HIG	Hartford Financial Svc.Gp.	VIAB	Viacom Inc.
HAS	Hasbro Inc.	V	Visa Inc.



HCP	HCP Inc.	VNO	Vornado Realty Trust
HCN	Health Care REIT, Inc.	VMC	Vulcan Materials
HP	Helmerich & Payne	WMT	Wal-Mart Stores
HES	Hess Corporation	WAG	Walgreen Co.
HPQ	Hewlett-Packard	DIS	The Walt Disney Company
HD	Home Depot	GHC	Graham Holdings Company
HON	Honeywell Int'l Inc.	WM	Waste Management Inc.
HRL	Hormel Foods Corp.	WAT	Waters Corporation
HSP	Hospira Inc.	WLP	WellPoint Inc.
HST	Host Hotels & Resorts	WFC	Wells Fargo
HCBK	Hudson City Bancorp	WDC	Western Digital
HUM	Humana Inc.	WU	Western Union Co
HBAN	Huntington Bancshares	WY	Weyerhaeuser Corp.
ITW	Illinois Tool Works	WHR	Whirlpool Corp.
IR	Ingersoll-Rand PLC	WFM	Whole Foods Market
TEG	Integrus Energy Group Inc.	WMB	Williams Cos.
INTC	Intel Corp.	WIN	Windstream Communications
ICE	IntercontinentalExchange Inc.	WEC	Wisconsin Energy Corporation
IBM	International Bus. Machines	WPX	WPX Energy, Inc.
IGT	International Game Technology	WYN	Wyndham Worldwide
IP	International Paper	WYNN	Wynn Resorts Ltd
IPG	Interpublic Group	XEL	Xcel Energy Inc
IFF	Intl Flavors & Fragrances	XRX	Xerox Corp.
INTU	Intuit Inc.	XLNX	Xilinx Inc
ISRG	Intuitive Surgical Inc.	XL	XL Capital
IVZ	Invesco Ltd.	XYL	Xylem Inc.
IRM	Iron Mountain Incorporated	YHOO	Yahoo Inc.
JBL	Jabil Circuit	YUM	Yum! Brands Inc
JEC	Jacobs Engineering Group	ZMH	Zimmer Holdings
JNJ	Johnson & Johnson	ZION	Zions Bancorp
JCI	Johnson Controls	ZTS	Zoetis

Bibliografía

- [1] **Murphy, John J.** *Technical Analysis of the Financial Markets*. s.l. : New York Institute of Finance, 1999.
- [2] Investopedia. [Online] <http://www.investopedia.com/>.
- [3] **Thorp, Edward O.** *Beat the Dealer: A Winning Strategy for the Game of Twenty-One*. 1966.
- [4] —. *Beat the Market: A Scientific Stock Market System*. 1967.
- [5] **Patterson, Scott.** *The Quants: How a Neew Breed of Math Whizzes Conquered Wall Street and Nearly Destroyed It*. s.l. : Crown Books, 2011.
- [6] *Negociación de Alta Frecuencia*. **Pérez, Jose Antonio**. Madrid : s.n., 2011, A fondo.
- [7] Intelligent Systems Group, Universidad del Pais Vasco. *Intelligent Systems Group, Universidad del Pais Vasco*. [Online] Agosto 2014. <http://www.sc.ehu.es/ccwbayes/isg/>.
- [8] **Goldberg, D. E.** *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. s.l. : Addison-Wesley Pub. Co., 1989.
- [9] **Russell, Stuart and Norvig, Peter.** *Artificial Intelligence: A Modern Approach; 3rd Edition*. 2009.
- [10] **Park, Cheol-Ho and Irwin, Scott H.** *What do we know about the profitability of Technical Analysis?* s.l. : Journal of Economic Surveys, 2007.
- [11] *Methodical Madness: Technical Analysis and the Irrationality of Exchange-rate Forecast*. **Osler and Chang**. s.l. : The Economic Journal, 1999.
- [12] *Foundations of technical analysis: Computational algorithms, statistical inference and empirical implementation*. **Lo, A.W., Mamaysky and Wang, J.** s.l. : The Journal of Finance, 2000.
- [13] MetaTrader. [Online] <http://www.metatrader5.com/>.
- [14] **Bulkowski, Thomas.** *Encyclopedia of Chart Patterns, 2nd Edition*. s.l. : Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [15] *The Random-Walk Therory: An Empirical Test*. **Van Horne, James C. and Parker, George G. C.** s.l. : Financial Analyst Journal, 1967.
- [16] **Houck, C., Joines, J. and Kay, M.** *A genetic algorithm for function optimization: a MATLAB implementation*. s.l. : NCSU-IE TR, 1995.
- [17] MathWorks. [Online] <http://www.mathworks.es/es/help/gads/genetic-algorithm-options.html>.



- [18] Yahoo Finance. [Online] <https://es.finance.yahoo.com>.
- [19] **Comisión Nacional del Mercado de Valores**. *Boletín de la CNMV, Trimestre II*. 2014.
- [20] Boletín Oficial del Estado (BOE). *Ley 28/1988 del Mercado de Valores*. Nº 181.
- [21] Boletín Oficial del Estado (BOE). *Ley 47/2007*. Nº 304.
- [22] *La nueva arquitectura del Derecho Comunitario del Mercado de Valores*. **Tapia Hermida, Alberto Javier**. s.l. : LA LEY, 2014.
- [23] Bolsa de Madrid. [Online] <http://www.bolsamadrid.es/esp/Warrants>.
- [24] **Abdi, H**. Least-squares.». *Encyclopedia for research methods for the social sciences*. 2003.
- [25] *A Reality Check for Data Snooping*. **White, H**. s.l. : Econometrica, 2000.

