



Universidad de Valladolid



Escuela de Ingeniería Informática

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Informática
Mención en Computación

Aplicación web para la gestión de carteras de inversión usando técnicas de Inteligencia Artificial

Autor: Víctor Arranz Barcenilla

Tutor: Valentín Cardenoso Payo

«Una mente necesita de los libros igual que una espada de una piedra de amolar.»

Tyrion Lannister

Agradecimientos

Han sido muchas personas las que han ayudado a que este proyecto haya salido adelante En primer lugar agradecérselo a mis tutores ya que con sus constantes revisiones y correcciones tanto la aplicación como la memoria ha ido por el camino adecuado.

A este grupo, a aquel otro ...

Resumen

Aquí deberá ir el resumen del trabajo, cuyo esquema (una frase para cada parte) podría ser: MOTIVACION: OBJETIVO: TAREAS: RESULTADOS: CONCLUSION:

Abstract

The same 'Resumen' but in English, please ...

Índice general

Índice de cuadros	III
Índice de figuras	V
TODO List	VII
1. Introducción	1
1.1. Introducción	1
1.2. Motivación	1
1.3. Objetivos	1
2. Planificación	3
2.1. Metodología	3
2.2. Fases y costes	4
2.3. Actividades	4
2.4. Recursos	5
2.5. Planificación inicial	5
2.6. Presupuesto inicial	6
2.7. Desviaciones de la planificación inicial	7
2.8. Coste final	7
2.9. Análisis de riesgos	7
3. Marco Conceptual	11
3.1. Introducción económica.	11
3.2. Análisis de datos de activos.	13
3.2.1. Análisis fundamental.	13
3.2.2. Análisis técnico.	14
3.3. Bolsa.	24
3.3.1. S&P 500.	26
3.3.2. NASDAQ.	27
3.3.3. IBEX 35.	28
3.3.4. STOXX Europe 600.	28
3.4. Criptodivisas.	28
3.4.1. Blockchain.	29
3.4.2. Bitcoin.	30
3.4.3. Otras criptodivisas.	30
3.5. Materias primas.	31
3.5.1. Oro.	31
3.5.2. Otras materias primas.	31
3.6. Divisas.	32

3.7. Optimización de carteras.	33
3.7.1. Modelo básico.	33
3.7.2. Modelo de Markowitz.	33
3.7.3. Modificaciones al modelo de Markowitz.	33
3.8. Predicción de valores.	33
3.8.1. Estado del arte.	33
3.8.2. Modelo 1.	35
3.8.3. Modelo 2.	35
3.8.4. Modelo n.	35
I Desarrollo del Sistema	37
4. Análisis	39
4.1. Descripción del sistema.	39
4.1.1. Diccionario de términos.	39
4.2. Elicitación de requisitos.	39
5. Diseño	41
5.1. Diseño	41
6. Implementación	43
6.1. Despliegue del servidor	43
6.1.1. Docker	43
6.2. Herramientas de Desarrollo	45
6.3. Implementación	45
7. Pruebas	47
8. Conclusiones	49
8.1. Aportaciones	49
8.2. Trabajo futuro	49
Appendices	51
Apéndice A. Manual de Instalación	53
A.1. Despliegue servidor web	53
A.1.1. Pasos llevados a cabo para el despliegue del servidor.	53
A.1.2. Conexión al servidor a través de Visual Studio Code.	53
Apéndice B. Manual de Usuario	55
Apéndice C. Manual del Desarrollador	57
Bibliografía	61

Índice de cuadros

2.1. Sprints de desarrollo del proyecto previstos.	4
2.2. Costes del proyecto.	7
2.3. Tabla probabilidades Barry Boehm. Tomado de [5].	7
2.4. Tabla impactos Barry Boehm. Tomado de [5]	8
2.5. Tabla de riesgos del proyecto.	8
2.6. Tabla de planes de prevencion y contingencia de riesgos.	9
3.1. Algunos ejemplos de divisas.	32

Índice de figuras

2.1. Diagrama de tareas.	5
2.2. Diagrama de Gantt de actividades.	6
3.1. Esquema análisis fundamental. Tomado de [11].	13
3.2. Indicadores análisis fundamental. Tomado de [11].	14
3.3. Esquema análisis técnico. Tomado de [11].	15
3.4. Indicadores análisis técnico. Tomado de [11].	16
3.5. Media móvil. Tomado de [13].	16
3.6. Bandas de Bollinger. Tomado de [14].	17
3.7. Gráfico de barras EUR/USD Yahoo Finance 12/02/2022.	22
3.8. Descripción de una barra. Tomado de [23].	22
3.9. Gráfico de líneas EUR/USD. Yahoo Finance. 12/02/2022.	23
3.10. Gráfico de velas S&P 500. Yahoo Finance. 12/02/2022.	23
3.11. Gráficos de tendencias. Tomado de [24].	24
3.12. Distintas tendencias. Tomado de [22].	24
3.13. Apoyos y resistencias en mercado bajista. Tomado de [22].	25
3.14. Apoyos y resistencias en mercado alcista. Tomado de [22].	25
3.15. Participantes de la bolsa de valores. Tomado de [8].	26
3.16. Funcionamiento de la blockchain. Tomado de [34].	29
3.17. Logotipo de Bitcoin.	30
3.18. Logotipo de las principales criptomonedas de la actualidad.	31
3.19. Taxonomía de las principales técnicas de predicción de valores. Tomado de [12].	34
6.1. Arquitectura Docker.	44
A.1. Logotipo de Visual Studio Code.	54

Todo list

Al principio, está todo por hacer.	1
Revisar que las referencias WEB contengan fecha de último acceso	59
Centralizar items de bibliografía en el .bib	59

Introducción

Al principio, está todo por hacer.

Por otra parte, las órdenes Linux aparecen siempre así: `$ ls -al`

1.1 Introducción

Nuestra visión del problema, la necesidad, el por qué es interesante hacer esto ...

1.2 Motivación

Qué nos lleva a plantearnos hacer este proyecto ...

1.3 Objetivos

Los objetivos son logros, no lo olvides.

Nuestro objetivo principal

Si hubiese, los secundarios

Planificación

2.1 Metodología

Todo trabajo requiere un método bien especificado y establecido. A lo largo del tiempo se han ido desarrollando diferentes metodologías de desarrollo con el objetivo de organizar el trabajo en equipo de un grupo de personas y de llevar a cabo las tareas requeridas de un proyecto de una manera productiva y eficaz [1].

Pese a que a lo largo de la carrera siempre se han utilizado metodologías tradicionales en los procesos de desarrollo de software, como son el desarrollo iterativo, en cascada o incremental, en el presente trabajo se ha optado por dar un enfoque más ágil. Esto suele ser más habitual en los equipos de trabajo de la industria, debido a la alta flexibilidad y agilidad que permiten este tipo de metodologías. Este enfoque tiene a su vez la ventaja de permitir la adaptación del producto y de los subproductos que se fabrican a las necesidades que van surgiendo durante el proceso de desarrollo, así como la construcción de equipos de trabajo autosuficientes e independientes, que se coordinan mediante reuniones periódicas. Los métodos ágiles tienen como base el desarrollo incremental de las metodologías tradicionales, buscando agregar unas pocas nuevas funcionalidades al producto en cada ciclo de desarrollo, siendo estos de duración breve (como mucho de ocho semanas de duración, siendo dos o cuatro semanas la duración habitual). Las principales metodologías ágiles son las siguientes:

- **Kenban:** consiste en dividir las tareas en tres bloques: tareas finalizadas, tareas en curso y tareas pendientes, creando un flujo de trabajo muy claro que permite incrementar el valor del producto.
- **Scrum:** similar al anterior, los ciclos de iteración son cortos y están fijados antes de comenzar el proyecto. Se introduce el concepto de sprints [2], que es la forma de denominar en esta metodología a cada iteración o ciclo de trabajo. En cada sprint se ha de generar lo que se denomina un entregable, es decir, un incremento que aporte valor al cliente. Es importante recalcar que en cada sprint, el producto ha de ser funcional para el cliente. Cada sprint de Scrum está formado a su vez por varias fases:
 - **Planificación:** qué se va a hacer en el sprint y cómo se pretende eso llevar a cabo.
 - **Scrum diario:** reuniones diarias de duración corta donde los miembros del equipo exponen sus progresos y dificultades.
 - **Revisión:** se acepta o no el sprint realizado.
 - **Retrospectiva:** se analiza cómo ha ido el sprint, qué problemas ha habido y cómo mejorarlos.
- **Lean:** busca que pequeños equipos de trabajo con alta capacitación desarrollen cualquier tipo de tarea en poco tiempo. Se centra en las personas, dejando en segundo plano el tiempo y los costes.

- **Programación Extrema (XP):** centrado en las relaciones interpersonales donde habitualmente se realiza programación por parejas. Se basa en principios como: diseño sencillo, testeo, refactorización, integración continua y entregas semanales entre otros.

En el proyecto llevado a cabo en este trabajo se plantea un enfoque similar a Scrum con sprints de dos semanas pero con matices, ya que al ser un equipo de desarrollo compuesto únicamente por una persona, ciertos elementos de la metodología como las reuniones entre miembros carecen de sentido. A su vez, se incluye en el proyecto cierto carácter de metodología tradicional al llevarse a cabo un desarrollo web con prototipos, lo que no aleja la metodología del enfoque ágil incremental planteado por Scrum. Del mismo modo, al tratarse de un proyecto académico donde parte del trabajo es de investigación y aprendizaje, las primeras semanas del mismo no seguirán una metodología ágil como tal al no producirse entregables, puesto que estas primeras semanas se destinarán al despliegue del servidor y al análisis del problema y las posibles soluciones.

2.2 Fases y costes

Los sprints planteados en este trabajo son quinquenales y se resumen en la siguiente tabla: 2.1.

Sprint	Nombre de actividad	Semanas
Sprint 1	Análisis y aprendizaje de las herramientas a utilizar para el despliegue del servidor web	1 - 2
Sprint 1	Despliegue del servidor web	1 - 2
Sprint 1	Estudio de activos y mercados	1 - 2
Sprint 1	Estudio de modelos de investigación operativa	1 - 2
Sprint 1	Estudio de modelos de inteligencia artificial	1 - 2
Sprint 2	Estudio de modelos de investigación operativa	3 - 4
Sprint 2	Estudio de modelos de inteligencia artificial	3 - 4
Sprint n	Escritura de la memoria del TFG	16 - 17

Cuadro 2.1: Sprints de desarrollo del proyecto previstos.

2.3 Actividades

Una manera habitual de definir las tareas que requiere un sistema software consiste en la creación de un diagrama de descomposición de tareas (WBS). Este enfoque implica identificar las principales tareas requeridas para llevar a cabo la construcción del sistema (tareas de alto nivel) para, posteriormente, descomponer cada tarea en sub tareas de nivel más bajo. El modo de proceder consiste en añadir tareas en cada rama únicamente si están directamente relacionadas en la consecución de la tarea "padre". Cada rama debe descomponerse, al menos, hasta un punto en el cual la "hoja" pueda asignarse a un único individuo o sección de una organización. En el presente trabajo, todo será llevado a cabo por un mismo individuo pero se muestra la descomposición que habría que hacer en el ámbito profesional de una organización.

Un aspecto importante a considerar en este tipo de diagramas es el nivel de detalle que se quiere mostrar, ya que demasiada profundidad puede dar lugar a un número de tareas que sea complicado de gestionar, mientras que un diagrama demasiado superficial proporciona un nivel de detalle demasiado escaso para el necesario control de proyecto.

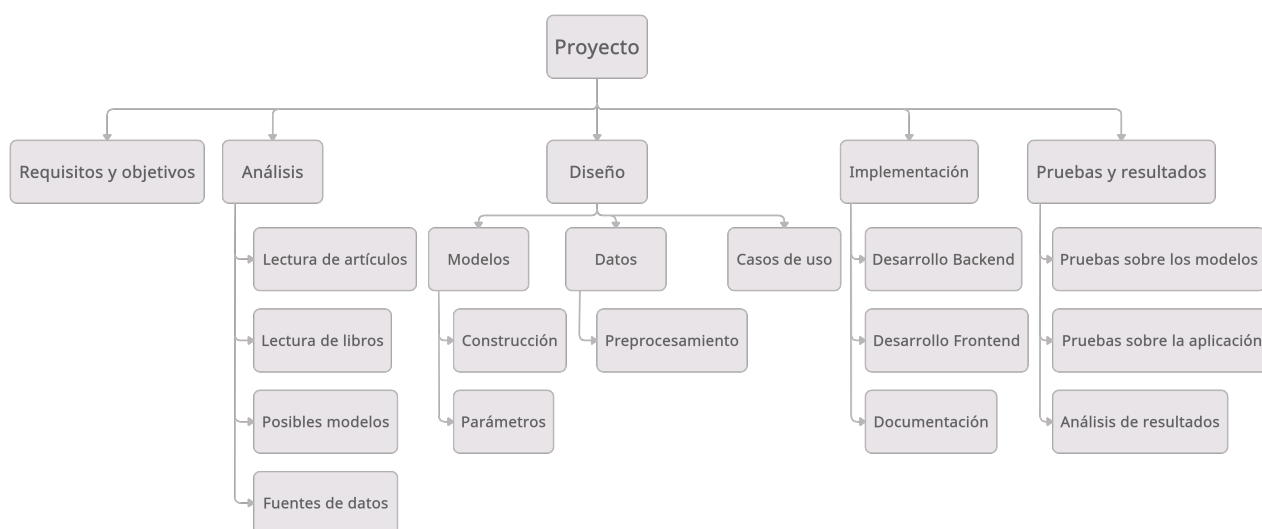


Figura 2.1: Diagrama de tareas.

2.4 Recursos

Los recursos requeridos en este proyecto software son únicamente de dos tipos:

- **Humanos:** el alumno encargado de desarrollar el proyecto en su totalidad.
- **Tecnológicos:** el equipo de trabajo que utilizará el desarrollador, la máquina virtual que alojará la aplicación (proporcionada por la Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad de Valladolid), conexión a internet para poder acceder a dicha máquina y para la comunicación con el tutor del trabajo y luz corriente para poder utilizar los equipos informáticos.

2.5 Planificación inicial

De cara a la realización de este proyecto y conforme a la metodología anteriormente explicada, podemos agrupar las tareas que conformarán el trabajo en cuatro grandes bloques:

- **Análisis del problema:** en esta fase se estudiará el problema a resolver en este trabajo, tanto desde el punto de vista conceptual como desde el punto de vista práctico. Se llevarán a cabo tareas de aprendizaje, despliegue del servidor que alojará la aplicación web, lectura de diversos artículos, papers y libros que permitirán trazar la hoja de ruta sobre los modelos a implementar en las fases posteriores. También se analizarán las tecnologías a utilizar en el proyecto y el modo de utilizarlas para la implementación del sistema.
- **Diseño del sistema:** se llevarán a cabo tareas de ingeniería de software que tratarán de definir y especificar claramente la estructura y funcionamiento de la aplicación web. Para ello se planteará un diseño con mockups y los diagramas necesarios para explicar todo lo necesario del sistema.
- **Implementación del sistema:** programación de los diferentes módulos que componen la aplicación web diseñada en la fase anterior.
- **Elaboración de la memoria:** escritura final de la memoria, revisando todo lo redactado anteriormente en las tareas de documentación.

Para adaptar estas tareas a la metodología explicada en el punto 2.1 se ha de tener en cuenta que la primera fase de desarrollo de este trabajo englobará toda la parte de análisis, que no se incluirá como tal en el marco ágil elegido para el desarrollo del trabajo. El resto del trabajo seguirá el enfoque comentado, teniendo en cuenta que las tareas de diseño e implementación se realizarán en cada sprint produciendo entregables de manera incremental y que la tarea de escritura de la memoria constituirá en sí el último sprint donde el entregable producido es la memoria final del proyecto.

El siguiente diagrama de Gantt muestra el diagrama de tareas del proyecto, teniendo en cuenta que el color naranja identifica a la fase inicial de análisis, el color rosa identifica las tareas de diseño, el color morado las tareas de implementación, el verde la documentación que se va realizando en paralelo al resto de actividades de cada sprint y, finalmente, el color amarillo indica la escritura final de la memoria.

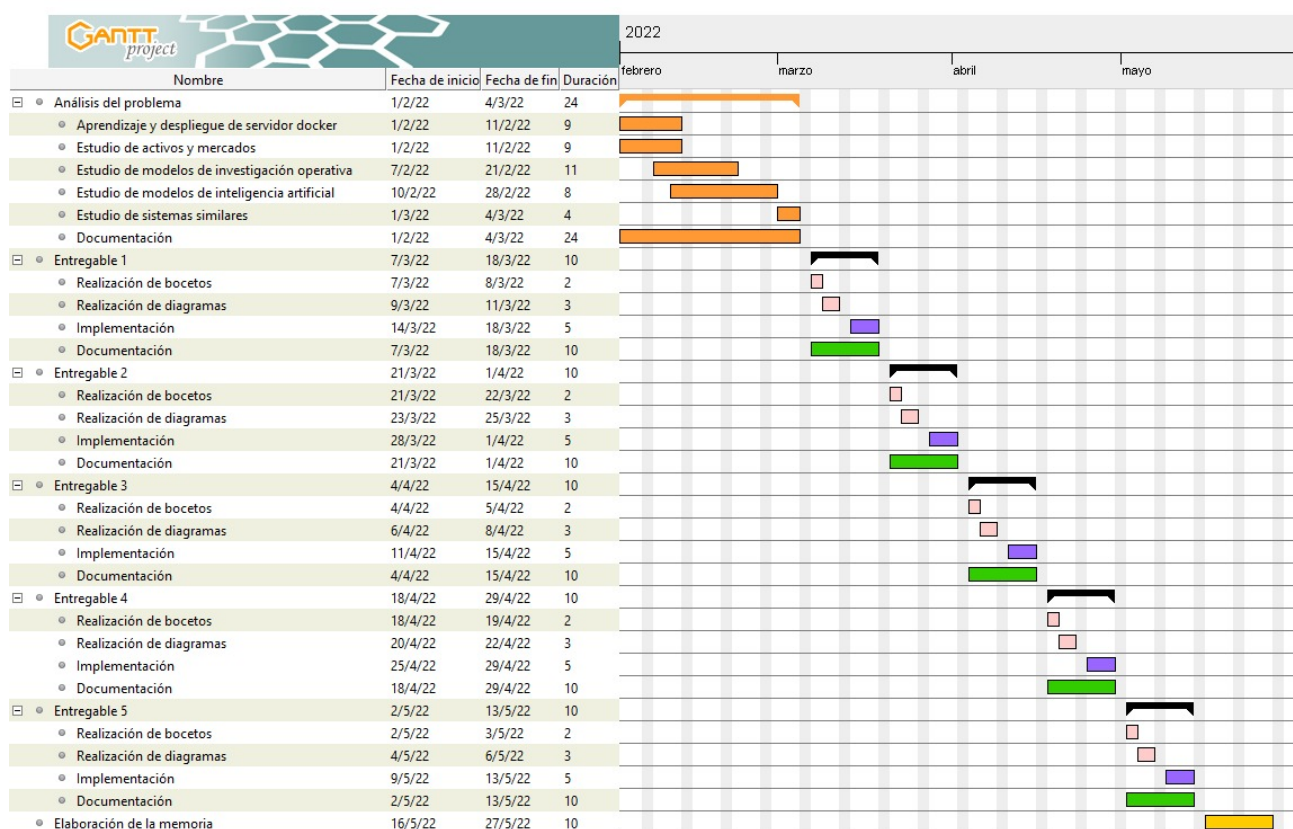


Figura 2.2: Diagrama de Gantt de actividades.

2.6 Presupuesto inicial

Teniendo en cuenta los recursos indicados en 2.4 y estimando una duración de unas 300 horas para la realización total del trabajo (12 créditos) repartidas en un total de unos 4 meses, podemos estimar el coste del proyecto. Para ello tenemos que hacer varias consideraciones:

- Estimamos el salario del desarrollador como el salario medio de un ingeniero informático en España que, de acuerdo a [3], es de unos 36500€ brutos al año, es decir, unos 18.71€/hora (aunque esto es muy variable en función de la empresa, años de experiencia, etc).

- Estimamos el coste de la luz durante los próximos 4 meses en España utilizando el promedio del coste de la luz a lo largo de 2021, que fue de 111,38 €/MWh de media de acuerdo a [4]. Teniendo en cuenta una utilización aproximada de 300 horas del equipo de trabajo, que la batería está al 96 %, lo que hace un total de 4542 mAh que, teniendo en cuenta que el voltaje en España es de 230V da un valor de 1044.66 Wh tras hacer la conversión (para cada carga). El total de cargas completas es de unas 100 (300h/3h cada carga), por lo que el total de gasto en luz en MWh se estima en unos 0.104466 WMh.
- Ignoramos el consumo de la máquina virtual al desconocerse este.
- El equipo utilizado para el desarrollo tiene un tiempo de vida menor a un año y es un ordenador MSI GL65 Leopard con un precio actual de unos 1200€ según distintas páginas de venta de productos informáticos.

Esto da como resultado un coste resumido en la siguiente tabla:

Concepto	Coste
Horas de trabajo del desarrollador	5613€
Equipamiento	1200€
Desgaste de equipamiento	10€
Luz	1.16€
Total	6824.16€

Cuadro 2.2: Costes del proyecto.

2.7 Desviaciones de la planificación inicial

2.8 Coste final

2.9 Análisis de riesgos

En esta sección se tratará de realizar un análisis de los posibles riesgos a los que se encuentra expuesto este proyecto software. Los únicos que se van a considerar son los riesgos de proyecto, ignorándose los posibles riesgos de negocio. Esto se debe a que la aplicación web diseñada en este tfg no se va a crear con la intención de comercializarla.

Para poder realizar un correcto análisis y evaluación de los riesgos de un proyecto, es necesario asignar a cada uno de ellos una probabilidad de ocurrencia y una medida numérica del impacto que tendría el mismo en el caso de materializarse. El enfoque elegido para llevar a cabo esto, es el propuesto por Barry Boehm [5], consistente en analizar cualitativamente tanto las probabilidades de ocurrencia como los impactos de los riesgos.

Nivel de probabilidad	Rango
Alto	Más de un 50 % de probabilidad de ocurrencia
Significativo	30-50 % de probabilidad de ocurrencia
Moderado	10-29 % de probabilidad de ocurrencia
Bajo	Menos de un 10 % de probabilidad de ocurrencia

Cuadro 2.3: Tabla probabilidades Barry Boehm. Tomado de [5].

Una vez estudiadas las probabilidades e impactos de los riesgos de un proyecto, conviene definir los planes de actuación frente a los mismos, los cuales se engloban en dos categorías principales:

Nivel de impacto	Rango
Alto	Más de un 30 sobre el gasto presupuestado
Significativo	20-29 % sobre el gasto presupuestado
Moderado	10-19 % sobre el gasto presupuestado
Bajo	Menos de un 10 % sobre el gasto presupuestado

Cuadro 2.4: Tabla impactos Barry Boehm. Tomado de [5]

- **Plan de prevención o protección:** acciones llevadas a cabo con el objetivo de reducir la probabilidad de que un riesgo se manifieste [6].
- **Plan de contingencia:** acciones llevadas a cabo con el objetivo de que los perjuicios causados por la materialización de un riesgo sean lo menos graves posibles. Constituye una guía de actuación a seguir cuando un riesgo se manifiesta y trata de reducir su impacto todo lo posible.

Así pues, los riesgos encontrados en el presente proyecto junto a sus consiguientes planes de prevención y contingencia, quedan resumidos en la siguiente tabla:

Id	Descripción	Probabilidad	Impacto
01	Retraso en la planificación de cualquiera de las tareas.	Significativa	Alto
02	Enfermedad del desarrollador del proyecto	Moderado	Alto
03	Incumplimiento de la planificación debido a un mal planteamiento inicial de la misma	Significativa	Alto
04	Falta de conocimiento de tecnologías	Significativa	Significativo
05	Problemas en la máquina virtual que aloje la aplicación	Baja	Alto
06	Problemas en el hardware del equipo utilizado para el desarrollo	Baja	Alto
07	Errores en el diseño de la aplicación	Moderada	Moderado
08	Falta de potencia computacional para desarrollar y probar los modelos generados	Baja	Alto
09	Errores en la implementación de la aplicación	Baja	Alto
10	Problemas en las webs utilizadas para la obtención de datos en tiempo real	Baja	Alto

Cuadro 2.5: Tabla de riesgos del proyecto.

Id	Plan de prevención	Plan de contingencia
01	Planificación y calendarización cuidadosa y con cierta holgura.	Replanificación de las tareas e incremento del número de horas invertidas en el proyecto.
02	Mantener hábitos de vida saludable y tener precaución con la situación pandémica del COVID-19.	Aceptación y replanificación de tareas para ajustar el tiempo perdido por la indisposición.
03	Planificación y calendarización cuidadosa y con cierta holgura.	Replanificación de las tareas e incremento del número de horas invertidas en el proyecto.
04	Formación y fase de aprendizaje.	Pedir ayuda al tutor del trabajo.
05	Tener todos los archivos y programas en mi equipo personal para no perderlos en caso de fallo en la máquina virtual y para poder trabajar y probar cosas desde mi equipo.	Ponerse en contacto con los técnicos de la escuela.
06	Tener todos los archivos y programas copiados en algún dispositivo externo como un disco duro o alojados en algún servidor de nube. Hacer un uso cuidadoso del equipo utilizado para el desarrollo.	Contactar con algún amigo o familiar que pueda prestarme un equipo para continuar con el desarrollo del proyecto.
07	Realización cuidadosa y supervisada por el tutor del trabajo.	Reelaboración de las partes mal diseñadas y replanificación en caso necesario.
08	Solicitar una máquina virtual con la potencia adecuada y minimización de los recursos utilizados por el ordenador personal en el caso de ejecutarse en esta aplicación.	Solicitar una nueva máquina virtual que cumpla con los requerimientos necesarios.
09	Desarrollo con prototipos, incremental y cuidadoso.	Reelaboración de las partes mal implementadas y replanificación en caso necesario.
10	Búsqueda previa de varias fuentes de datos que proporcionen los mismos datos para tener una alternativa en caso de caída o problemas en alguna de ellas.	Uso de webs alternativas y replanificación en caso necesario.

Cuadro 2.6: Tabla de planes de prevención y contingencia de riesgos.

Marco Conceptual

A lo largo de este capítulo se presentará el marco teórico sobre el que se desarrolla este trabajo. Se explicarán brevemente conceptos básicos sobre activos y mercados, sobre los activos elegidos en este trabajo y sobre los diferentes modelos que en él aparecen, con el fin de que todo lo que se muestra en la aplicación web construida sea comprensible.

3.1 Introducción económica.

El sistema financiero de un país es el sistema constituido por entidades, mercados y medios que canalizan el ahorro generado por las unidades de gasto con superávit hacia las unidades de gasto con déficit, otorgando así seguridad al movimiento del dinero y al sistema de pagos [7].

Algunos de los instrumentos que componen este complejo sistema son los productos bancarios (cuentas, depósitos), los planes de pensiones, los productos de seguros y los productos de inversión (acciones, bonos). Estos últimos son lo que se conoce como activos financieros [8].

Los **activos financieros** se definen como las herramientas que utiliza el sistema financiero para facilitar la movilidad de recursos. Son emitidos por una institución y adquiridos por otras instituciones o por personas particulares. Con ellos, el comprador adquiere el derecho a recibir un ingreso futuro por parte del vendedor [9]. Los activos financieros se diferencian de los activos reales (un coche o una casa son ejemplos de activos reales) en que no suelen poseer un valor físico. Una segunda diferencia frente a este otro tipo de activos, es que los activos económicos no incrementan la riqueza de un país (no influyen en el PIB), aunque sí contribuyen al crecimiento económico del mismo al impulsar la movilización de recursos.

Las principales características que permiten definir los distintos activos financieros son las siguientes:

- **Liquidez:** es la capacidad de transformar un activo en dinero en un espacio breve de tiempo, sin sufrir pérdidas y sin afectar a la rentabilidad. La liquidez depende tanto de la facilidad para realizar la conversión como del grado de certeza de que esa conversión se va a poder llevar a cabo sin pérdidas. El activo más líquido de todos es el dinero, aunque otros activos como los fondos bancarios también gozan de gran liquidez.
- **Riesgo:** es una medida de las garantías que ofrece el vendedor, es decir, de su solvencia. Depende de la probabilidad de que este, a su vencimiento, cumpla con lo pactado con el comprador. El riesgo de un activo será mayor cuanto mayor sea la incertidumbre ofrecida por el vendedor para la devolución de la inversión. Un ejemplo de inversión de bajo riesgo sería la deuda pública (donde el vendedor es el Estado) y ejemplos de riesgo alto podrían ser determinadas acciones de bolsa o las inversiones en criptomonedas.
- **Rentabilidad:** se define como el interés o la plusvalía que obtiene el comprador a cambio de aceptar el

riesgo de ceder su capital. Puede reflejarse en términos de intereses, beneficios u otros. Por lo general, cuanto mayor es la rentabilidad, mayor es el riesgo asociado al activo y menor es su liquidez. Por el contrario, cuanto menor es el riesgo que ofrece un emisor y mayor es la liquidez, menor es también el beneficio que se espera obtener.

Otro aspecto importante a tratar a la hora de definir los activos financieros es su clasificación. Usualmente esta se divide en dos categorías:

- **Activos primitivos:** aquellos cuyo valor depende de las rentas futuras esperadas y de su riesgo asociado. A su vez se dividen en otras dos categorías:
 - **Renta fija:** emitidos por entidades públicas o empresas, que previamente fijan el pago de un interés (de una cantidad y en un plazo establecido), de forma que este no depende de la evolución ni de los resultados de la compañía emisora, quedando este siempre garantizado. Algunos ejemplos de este tipo de activos son los bonos de deuda emitidos por los Estados o los pagarés emitidos por las empresas.
 - **Renta variable:** se describen así los activos cuyo rendimiento es variable en función de la marcha de la entidad emisora. En este caso, ni la rentabilidad ni la recuperación del capital están garantizados. El ejemplo más importante de estos activos financieros son las acciones.
- **Activos derivados:** reciben este nombre porque su valor depende del valor de un activo primitivo denominado *activo subyacente*. El activo derivado es la *opción* que depende del activo primitivo, como, por ejemplo, una opción sobre una acción. Este tipo de activos permiten a las empresas protegerse frente a fluctuaciones. Tipos de activos derivados son:
 - **Contratos a plazo *forward*:** contratos de compraventa negociados directamente entre comprador y vendedor (sin un mercado organizado como, por ejemplo, el mercado de valores) en los que se establece el precio a pagar, en una fecha futura, ante la entrega de un activo.
 - **Contratos futuros:** contrato que obliga a las partes a la compraventa de bienes o activos con una fecha y precio previamente establecidos. Se diferencian de los contratos *forward* en que se negocian en un mercado organizado que hace las veces de intermediario y en que, en general, pueden transmitirse a terceros.
 - **Opción:** derecho a vender un activo (el activo subyacente) en una fecha futura, a un precio fijado. Se distingue entre opciones de compra (*call*) y opciones de venta (*put*).
 - **Swaps:** acuerdos para el intercambio futuro de flujos monetarios según unas reglas previamente determinadas.

Una última clasificación sobre activos financieros que es importante comentar, es aquella determinada por los plazos de vencimiento. Distinguiéndose de este modo entre:

- **Activos a corto plazo:** se amortizan en un plazo corto de tiempo, generalmente inferior a 12 meses. Suelen ofrecer rentabilidades más bajas y algunos ejemplos son los pagarés y las letras del tesoro.
- **Activos a medio y largo plazo:** su amortización es en un plazo superior a 12 meses. Se negocian en los mercados de capitales y su riesgo es mayor (y, por tanto, mayor también su rentabilidad en términos generales) debido a la mayor fluctuación y volatilidad que puede darse en los valores y en los tipos de interés al ampliarse el plazo temporal. Algunos ejemplos de estos activos son las acciones o los bonos.

Finalmente, comentar que existen otras maneras de clasificar los activos financieros, como la liquidez, la valoración, el tipo de entidad emisora, el plazo de vencimiento o las características legales de la relación vendedor-comprador, aunque no se comentará más acerca de las mismas.

3.2 Análisis de datos de activos.

A lo largo de los años se han ido desarrollando multitud de métodos destinados al análisis de los mercados y de los activos financieros que se ponen en juego en ellos. El método más habitual llevado a cabo para analizar este tipo de escenarios consiste en la división entre análisis fundamental y análisis técnico. Estos dos análisis son complementarios y siempre será recomendable tener en cuenta la información que aportan los dos a la hora de relizar cualquier tipo de movimiento con nuestro dinero.

3.2.1 Análisis fundamental.

El análisis fundamental [10] es el análisis de los mercados en el que se tiene en cuenta información relativa a aspectos sobre los fundamentos de la empresa. Este tipo de aspectos son los referidos a la macroeconomía, la microeconomía, la estrategia empresarial, la contabilidad y la valoración empresarial entre otros; aunque aspectos ajenos a la propia empresa como el contexto político de los lugares donde la empresa esté establecida o incluso situaciones climáticas son también considerados en el análisis fundamental. Las herramientas que proporciona este tipo de análisis resultan de utilidad a la hora de juzgar si determinado valor está valorado por encima de su valor real (sobrevalorado) o si está valorado por debajo (infravalorado).

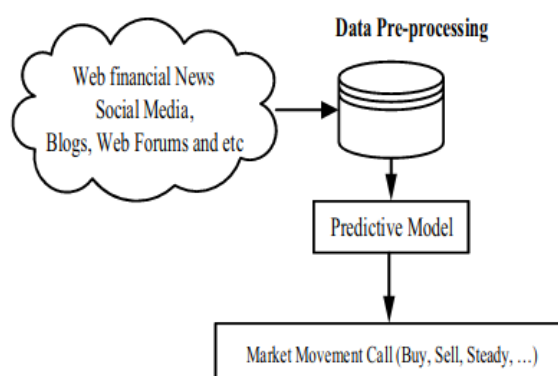


Figura 3.1: Esquema análisis fundamental. Tomado de [11].

Relacionado con esto último surge un concepto importante relativo al análisis fundamental, que es la idea de *mercado eficiente*. Se dice que un mercado presenta esta característica cuando el precio de cualquier acción refleja su verdadero valor, es decir, toda la información se encuentra disponible. Se distinguen tres hipótesis relativas a este concepto, en función de lo que se pueda entender por *información disponible*:

- **Eficiencia débil:** los precios reflejan la información que se puede extrapolar de la información histórica de las cotizaciones de un determinado valor. El análisis fundamental resulta de utilizad en este caso.
- **Eficiencia semifuerte:** los precios reflejan toda la información pública disponible. Lo útil en este caso sería la información privilegiada, conocida como *insider trading*.
- **Eficiencia fuerte:** los precios incorporan toda la información tanto pública como privilegiada. Nada es útil en este supuesto.

El analista fundamental requiere de un gran número de herramientas y de conocimientos para llevar a cabo sus predicciones. Algunas de las alteraciones del mercado que este puede detectar son las siguientes:

- **Efecto sobrerreacción:** el mercado tiende a sobrerreaccionar ante las nuevas noticias económicas, tendiéndose a que la información más reciente se sobrevalore. Estrategias que vayan en contra del concepto de eficiencia débil pueden ser rentables en estos casos.

- **Efecto enero:** indica que una parte importante de los rendimientos anuales derivados de la inversión se concentran en el mes de enero. La reestructuración de carteras a su vez es habitual que se realice en enero.
- **Efecto fin de semana:** el mercado tiende a tener un comportamiento más impulsivo y positivo los viernes, teniendo los lunes un comportamiento frecuentemente opuesto.

El análisis fundamental [11] utiliza información disponible esencialmente sobre tres aspectos: economía, la industria del activo y la propia empresa. Para ello se construyen diversos indicadores o *ratios*, algunos de los cuales se muestran reflejados en el siguiente esquema resumen del análisis fundamental:

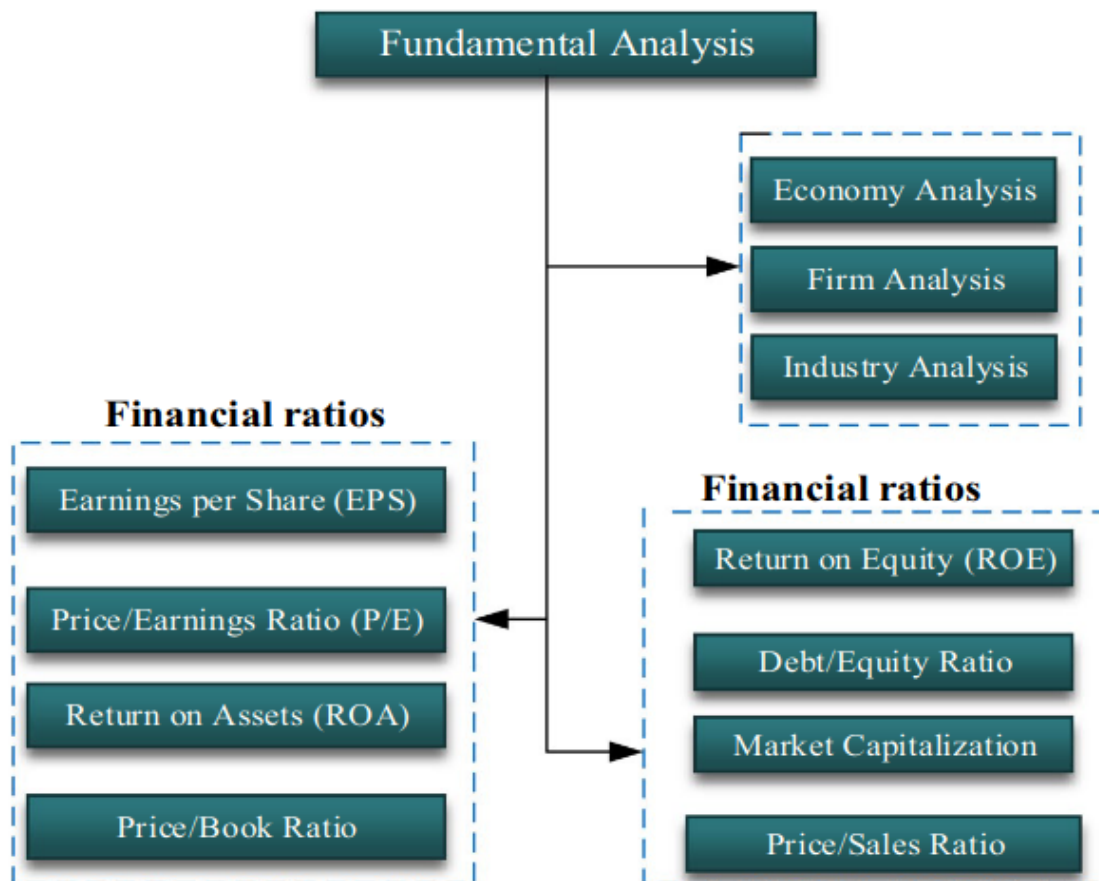


Figura 3.2: Indicadores análisis fundamental. Tomado de [11].

3.2.2 Análisis técnico.

A diferencia del análisis fundamental, el análisis técnico se centra en predecir la conducta de los inversores a través de los movimientos de las acciones, analizándose el volumen y el precio, ignorándose los aspectos observados por el análisis fundamental. Algunos conceptos importantes a la hora de entender este tipo de análisis son [12]:

- **Sentimiento:** refleja el comportamiento de los participantes del mercado.
- **Flujo financiero (*flow-of-funds*):** indicador utilizado para representar el estatus de varios inversores en lo relativo a su fortaleza en términos de capacidad de compra y de venta. En base a esto se pueden adoptar diferente estrategias de inversión.
- **Datos *crudos*:** series de precios, patrones de precios y gráficos.

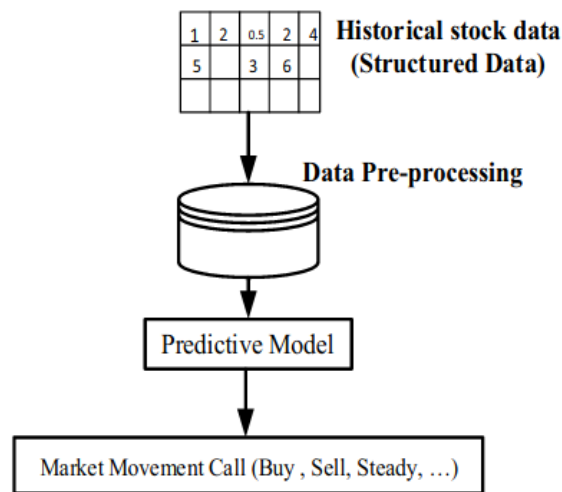


Figura 3.3: Esquema análisis técnico. Tomado de [11].

- **Tendencia:** indicador que hace referencia al patrón de movimiento que siguen una serie de observaciones de una serie temporal.

- **Momento:** indicador que hace referencia a la velocidad del cambio de precio de un valor. Puede indicar cuándo se espera que se produzca un cambio de tendencia.

- **Volumen:** es un indicador que refleja el entusiasmo tanto de compradores como de vendedores, ya que hace referencia al total de ingresos recibidos en el total de transacciones económicas sobre un valor en un periodo de tiempo.

- **Volatilidad:** es la variación o el cambio de tendencia en el tiempo.

Al igual que en el análisis fundamental, existen diversos indicadores, algunos de los cuales se muestran recogidos en la siguiente figura:

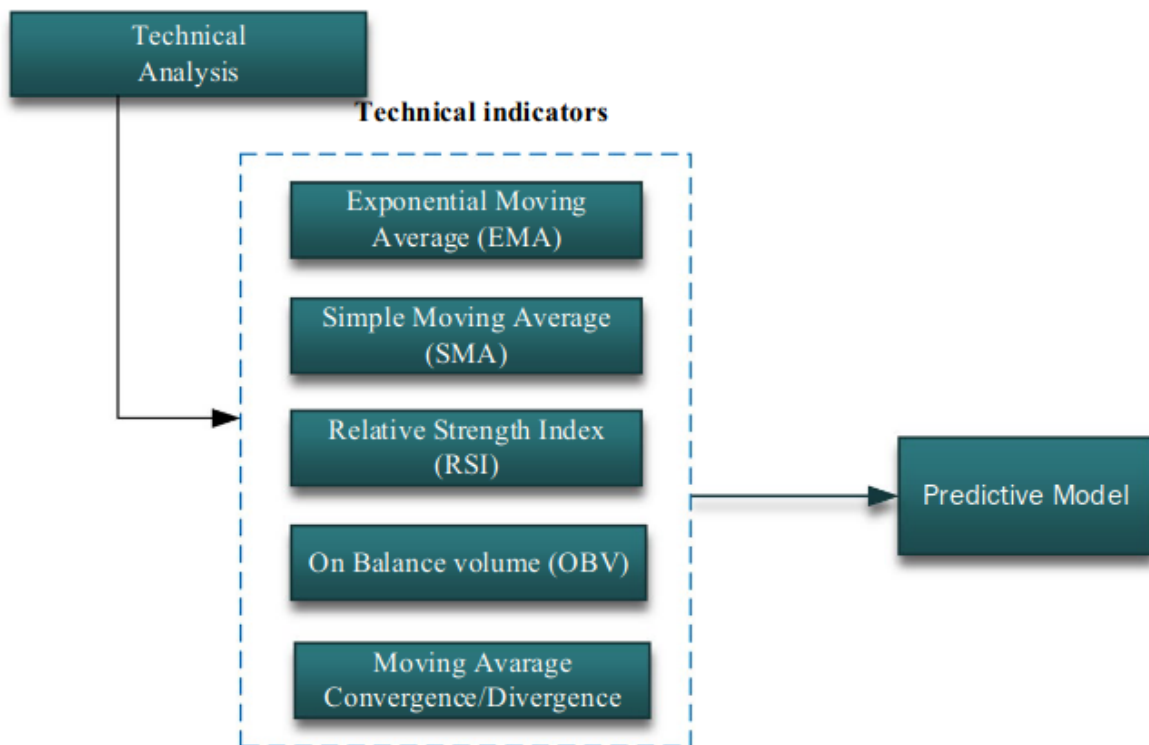


Figura 3.4: Indicadores análisis técnico. Tomado de [11].

Medias móviles.

Las medias móviles son uno de los indicadores más versátiles y de uso más común, consistiendo la base de muchos sistemas de seguimiento de tendencias utilizados en la actualidad. Pese a que su análisis gráfico resulta complejo, son fácilmente programables, de forma que se pueden crear programas que, de modo automatizado, detecten puntos de compra o de venta, independientemente de lo que el análisis gráfico pueda indicar.

Como su propio nombre indica, las medias móviles son un promedio. El objetivo de este tipo de funciones matemáticas es suavizar el comportamiento de la serie de un valor, de manera que se describa el comportamiento de la misma eliminando el ruido y facilitándose la visión de la tendencia subyacente en una serie.



Figura 3.5: Media móvil. Tomado de [13].

Las medias móviles son esencialmente una forma de seguir una tendencia y el objetivo de las mismas es identificar los cambios en las mismas. Sin embargo, debido a que avisan de un cambio en la tendencia una vez

este se ha producido, no resultan de utilidad para pronosticar el comportamiento del mercado.

Existen tres tipos de medias móviles:

- **Media móvil simple:** es la media aritmética. Es la media móvil más frecuentemente utilizada en análisis técnico. Sin embargo, aspectos como que da el mismo peso a todas las observaciones y que solo toma en consideración el periodo de tiempo cubierto por la media, hacen que otros tipos de medias móviles también resulten de interés.

Si denotamos como p_t al precio de un valor en un día t y como n al número de observaciones elegido para el cálculo de la media móvil, tenemos que:

$$MMS = \frac{\sum_{i=0}^k p_{t-i}}{n}$$

- **Media móvil ponderada:** media ponderada. Se da distintos pesos a las observaciones de manera que observaciones más recientes tengan un mayor impacto en el cálculo de la media móvil.

$$MMP = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} p_{t-i}(n-i)}{(n+1)\frac{n}{2}}$$

- **Media móvil exponencial:** tipo de media móvil ponderada que posee un multiplicador acotado entre 0 y 1 que depende del número de periodos de la media móvil. Se diferencian de las medias ponderadas en que este multiplicador hace que sean más sensibles a la hora de detectar cambios de tendencia.

Si denotamos dicho multiplicador como α y definimos la media móvil exponencial del periodo anterior como MME^{t-1} , tenemos que:

$$MME = \alpha(p_t) + (1 - \alpha)(MME^{t-1})$$

En relación con las medias móviles es habitual construir otro indicador conocido como **bandas de Bollinger**, que se colocan por encima y por debajo de la media móvil, a dos desviaciones típicas de distancia, siendo tres el total de bandas representado. El espacio entre las bandas varía en función de la volatilidad de manera que, en periodos donde esta es alta, las bandas se distancian, acercándose en caso contrario.



Figura 3.6: Bandas de Bollinger. Tomado de [14].

Otros indicadores

Más allá de los indicadores comentados anteriormente, hoy en día se utilizan multitud de indicadores técnicos. Algunos de ellos, incluidos en la aplicación web construida como objetivo de este trabajo, son los siguientes [15]:

- **Momento:** indica la velocidad media de cambio de precio durante un periodo de tiempo, permitiendo anticipar un posible cambio futuro en el movimiento del mercado. Es un indicador sencillo, versátil y de gran popularidad debido a su carácter predictivo del mercado, ya que no solo reacciona a la dirección en la que se mueven los precios, sino que también cambia su dirección antes de que estos lo hagan.

$$\text{momento} = (\text{cierre}(\text{actual}) - \text{cierre}(N\text{periodosAtras}))$$

- **MACD (Moving Average Convergene Divergence):** [16] mide la convergencia y divergencia en el tiempo de dos medias móviles del precio de un activo, es decir, indica la separación entre dos medias móviles calculadas sobre distinto periodo de tiempo. Lo habitual es emplear dos medias móviles exponenciales, donde una sea de un corto periodo de cálculo y otra sea de un periodo medio (habitualmente 12 y 26 periodos respectivamente). Cuanto más corto es el período de cálculo, más sensible es la media móvil a la variación del precio. La importancia de este indicador se debe a su capacidad informativa sobre la fortaleza de los movimientos de los precios, indicando cómo de fiable es un movimiento y permitiendo realizar acciones en consecuencia.

$$MACD = EMA(\text{periodo1}) - EMA(\text{periodo2})$$

- **RSI (Relative Strength Index):** también sirve para analizar la fortaleza de un movimiento de un precio, ya que evalúa si un activo está siendo vendido o comprado en demasía para su valor actual, dando la idea de si un valor está *barato* o *caro*. Es un indicador de tipo oscilador, cuyo valor se encuentra entre 0 y 100. Un RSI inferior a 30 indica que el activo está siendo sobrevendido (activo infravalorado), mientras que un RSI superior a 70 indica lo contrario, una sobrecompra (activo sobrevalorado). En su cálculo aparecen medias móviles, habitualmente de 14 días.

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS}$$

$$\text{Donde } RS = \frac{EMA(N\text{periodosAlcistas})}{EMA(N\text{periodosBajistas})}$$

- **ROC (Rate of Change):** [17] mide la tasa de cambio del precio entre periodos. Muy relacionado con el indicador *momento*, aporta una información similar, aunque expresada como porcentaje.

$$\frac{\text{cierre}(\text{actual}) - \text{cierre}(N\text{periodosAtras})}{\text{cierre}(N\text{periodosAtras})} * 100$$

- **Stochastic:** sirve para evaluar el *momento*, ya que antes de que se produzca un cambio de tendencia, es habitual que el precio muestre señales de agotamiento. Se compone de dos líneas (%K y %D), que miden la capacidad de un precio de cerrar su valor cerca del máximo o mínimo del día:

$$\%K = 100 * \frac{C - Ln}{Hn - Ln}$$

donde C es el precio de cierre actual, Ln es el precio más bajo de los últimos n periodos y Hn es el precio más alto de los últimos n periodos.

%D se define como la media móvil de %K durante N periodos.

- **A/D (Accumulation/Distribution):** utiliza el volumen y el precio para evaluar cuándo un valor está en fase de acumulación o de distribución. Trata de identificar divergencias entre el precio y la dirección del volumen, proporcionando información sobre cómo de fuerte es una tendencia. Siguiendo la notación anterior

$$A/D = \frac{(C - Ln) - (Hn - C)}{Hn - Ln}$$

- **CCI (Commodity Channel Indicator):** indicador multifunción que puede ser empleado para identificar nuevas tendencias. De forma generalizada, se dice que mide el nivel actual del precio en relación a un nivel de precio promedio durante un periodo de tiempo determinado. Tendrá un valor alto si los precios están relativamente por encima de su promedio y bajo en el caso opuesto.

$$CCI = \frac{\text{precioTipico} - \text{promedioMovil}}{0,015 * \text{desviacionMedia}}$$

Donald Lambert (el creador de este indicador) utilizó la constante 0,015 con la intención de que, entre el 70 % y el 80 % de los valores de CCI se encuentren entre +100 y -100, siendo los valores que no entran en este intervalo considerados como desviaciones inusuales a la media.

- **%B:** [18] cuantifica el precio de un valor en relación a las bandas de Bollinger:

- Inferior a 0 cuando el valor está por debajo de la banda inferior.
- Igual a 0 cuando el valor está en la banda inferior.
- Entre 0 y 0.5 cuando el valor está entre la banda inferior y la banda media.
- Entre 0.5 y 1 cuando el valor está entre la banda media y la banda superior.
- 1 cuando el valor está en la banda superior.
- Superior a 1 cuando el valor está por encima de la banda superior.

$$\%B = \frac{\text{precio} - \text{bandaInferior}}{\text{bandaSuperior} - \text{bandaInferior}}$$

- **OBV (On Balance Volume):** [19] utiliza el volumen para predecir cambios en los precios.

$$OBV = OBV_{previo} + \begin{cases} \text{volumen} & \text{si } \text{cierre} > \text{cierre}_{previo} \\ 0 & \text{si } \text{cierre} = \text{cierre}_{previo} \\ -\text{volumen} & \text{si } \text{cierre} < \text{cierre}_{previo} \end{cases}$$

- **ATTR (True Range/Average True Range):** [20] mide la volatilidad del mercado descomponiendo el rango del precio de un activo en un periodo determinado. Siguiendo la notación de otros indicadores:

$$ATR = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n TR_i$$

donde $TR_i = \text{Max}[(H_n - L_n), \text{Abs}(H_n - C), \text{Abs}(L_n - C)]$

- **ADX (Welles Wider's Directional Movement Index):** [21] oscilador que se mueve entre 0 y 100 y que da una idea de la fortaleza de una tendencia, por lo que se utiliza para determinar si un mercado se encuentra en situación lateral, si está oscilando en un rango o si está comenzando una nueva tendencia.

- 0 - 25: ausencia de tendencia.
- 25 - 50: tendencia fuerte.
- 50 - 75: tendencia muy fuerte.
- 75 - 100: tendencia extremadamente fuerte.

$$ADX = \frac{+DI - (-DI)}{+DI + (-DI)}$$

Donde +DI se define como la línea del indicador de dirección positiva y -DI como la línea del indicador de dirección negativa, calculándose ambas como: $+DI = \frac{+DM}{TR}$ y $-DI = \frac{-DM}{TR}$ Donde +DM es la suma de los movimientos positivos, -DM es la suma de los movimientos negativos y TR el true range (rango verdadero), que es en el caso de movimientos positivos, el mayor de estos tres:

- El máximo del día menos el mínimo.
- El máximo del día menos el cierre del día anterior.
- El cierre del día anterior menos el mínimo del día.

Teoría de Dow.

Si hablamos de análisis técnico resulta obligado comentar, aunque sea brevemente, las teorías expuestas por Charles Dow, ya que la mayor parte del conocimiento actual sobre análisis técnico tiene sus bases en las teorías que este estadounidense publicó en el *Wall Street Journal* en el siglo XIX [22].

Las ideas principales que presentó Dow fueron las siguientes:

- **Las medias lo descuentan todo:** la suma y tendencia de las transacciones sobre un valor representan el total de todo el conocimiento pasado sobre dicho valor, el inmediato y el futuro. Por esto, no hay necesidad de añadir elaborados artificios matemáticos a las medias. Esta afirmación se traduce en que los mercados reflejan en sus precios todo factor que afecte de uno u otro modo a la oferta y la demanda.
- **El mercado tiene tres tendencias:** en primer lugar, cabe decir que Dow definía una tendencia ascendente como una situación en la que una recuperación cierra con un valor más alto que el nivel más alto de la recuperación previa. Del mismo modo, el nivel bajo también cierra por encima del nivel más bajo de la recuperación previa. Dow también afirmaba que las leyes de acción reacción del mundo físico se aplicaban a los mercados financieros y describía la tendencia dividiéndola en tres partes [referencia a la teoría de Dow en wikipedia]:
 - **Primaria:** duración superior a un año, generalmente de entre uno y tres. Es la dirección principal del mercado.
 - **Secundaria:** duración de entre tres semanas y tres meses. Se mueve dentro de la primaria pero va en contra de ella, retrocediendo entre un tercio y dos tercios del movimiento anterior a la tendencia, frecuentemente en torno a un 50 %. Se la define como correcciones a la tendencia principal.
 - **Menor:** duración inferior a tres semanas. Representa las fluctuaciones de la tendencia secundaria y se mueve en contra de ella.
- **Las tendencias principales tienen tres fases:** Dow consideraba que la tendencia principal se desarrolla en tres fases claramente diferenciadas:
 - **Fase de acumulación:** la tendencia anterior era descendente y lo sigue siendo pero de manera estable, el mercado no bajará más. En esta fase los inversores más astutos realizan sus compras.
 - **Fase de participación pública:** los valores comienzan a subir rápidamente. La mayoría de inversores (que siguen tendencias) entran a jugar en esta fase.

- **Fase de distribución:** las noticias sobre el mercado son alcistas y las económicas son positivas. Se incrementa el volumen especulativo y la participación pública. Los inversores que comenzaron a *acumular* en las fases de acumulación comienzan a *distribuir* antes de que el resto de inversores comiencen a vender.
- **Las medias deben confirmarse entre ellas:** no existe un cambio de tendencia hasta que dos índices (uno del sector y otro del mercado concreto) van en la misma dirección. Dow considera que si uno cambia de tendencia pero el otro la mantiene, la tendencia anterior todavía se mantenía.
- **El volumen debe confirmar la tendencia:** el volumen debe moverse en la dirección de la tendencia principal. En tendencia ascendente el volumen se incrementa conforme los valores suben y en una tendencia descendente el volumen aumenta a medida que las cotizaciones caen. De este modo, el volumen debe aumentar cuando los precios van en la dirección de la tendencia y disminuir en caso contrario. Para Dow el volumen era un indicador secundario, siendo el principal los precios de cierre de los valores.
- **Una tendencia está en vigor hasta que otra la sustituye:** entiende que las tendencias funcionan de manera análoga a la *primera ley de Newton*. Este principio trata de explicar las transiciones entre una tendencia alcista y una bajista, con especial énfasis en la capacidad de reconocer estos cambios frente a correcciones.

Aunque la teoría de Dow estableció las bases del análisis técnico actual, no fue ni mucho menos perfecta. Una crítica realizada a esta teoría se basa en que Dow trató de reconocer la aparición de tendencias, pero nunca anticiparlas.

Construcción de gráficos.

Las herramientas gráficas se consideran de gran utilidad a la hora de realizar un análisis técnico de un valor. El estudio de las distintas representaciones gráficas aporta información de gran utilidad que, explotada por un experto (habitualmente denominados *chartistas* en la jerga) puede ser ampliamente explotado a la hora de realizar movimientos.

El tipo de gráfico realizado depende de si el inversor pretende operar a corto, medio o largo plazo, ya que las periodicidades empleadas pueden variar desde datos horarios a incluso anuales. Habitualmente [8] en la inversión a corto plazo se usan marcas temporales horarias, en la inversión a medio plazo se utilizan mediciones diarias y en la inversión largoplacista se utilizan datos semanales o mensuales.

Los gráficos más habitualmente utilizados en análisis técnico son los siguientes:

- **Gráfico de barras:** aporta información del precio de apertura, el precio máximo, el mínimo y el de cierre de un valor en un tiempo establecido. Es habitual acompañarlo de los volúmenes.

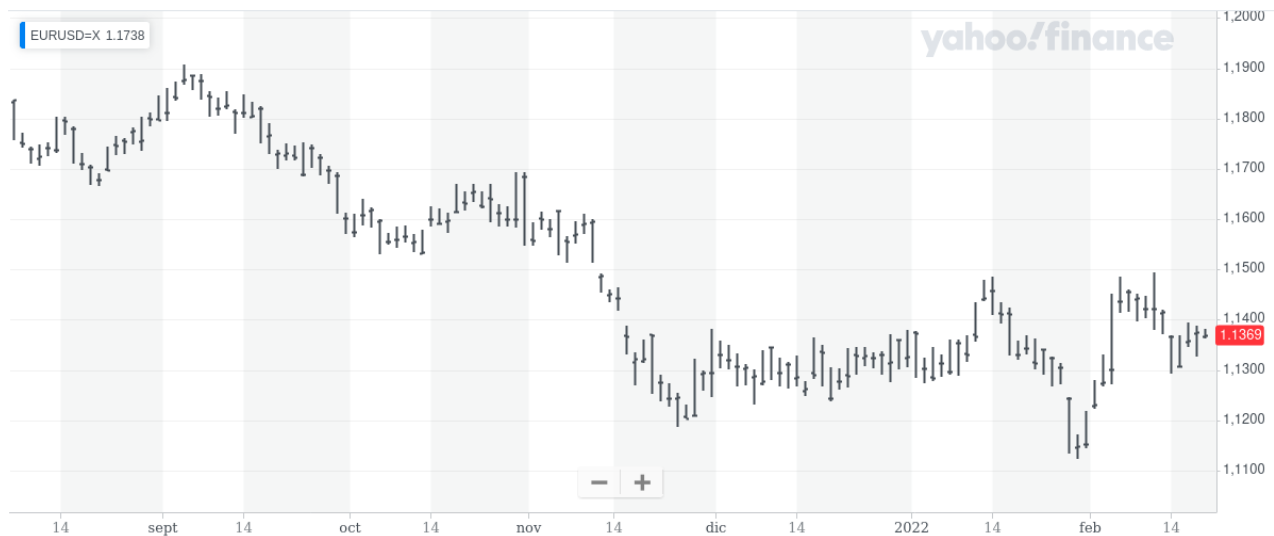


Figura 3.7: Gráfico de barras EUR/USD Yahoo Finance 12/02/2022.

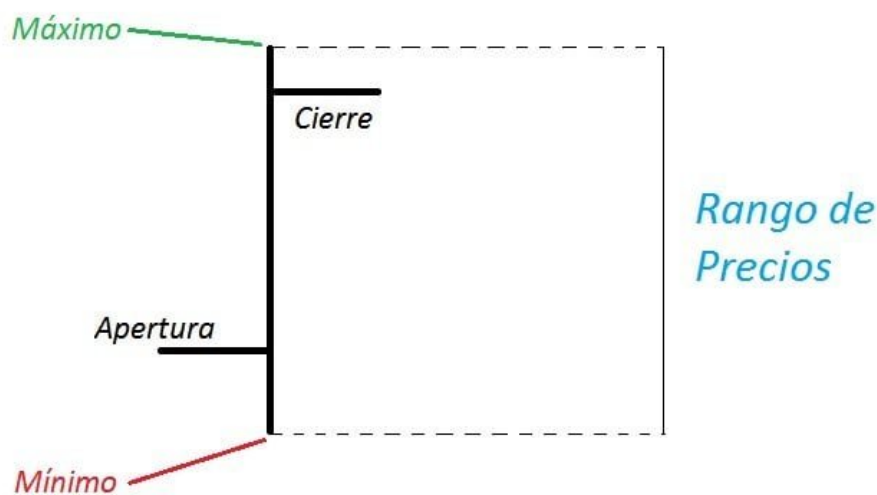


Figura 3.8: Descripción de una barra. Tomado de [23].

- **Gráfico de líneas:** representa las variaciones en el precio de cierre de un valor durante un periodo concreto, con una periodicidad establecida. Ver figura 3.9.
- **Gráfico de velas:** versión japonesa de los gráficos de barras, los más utilizados a día de hoy por los chartistas. Muestran la misma información que los gráficos de barras, aunque de un modo diferente. Una línea delgada denominada *sombra* representa el alcance de un precio desde su mínimo hasta el máximo y una parte más ancha de la barra (*cuerpo*) mide la distancia entre el precio de apertura y el de cierre. En función de si el cierre es más alto que la apertura (precio sube) o si es más bajo (precio baja) la parte gruesa se colorea de un color u otro (habitualmente negro o rojo para las bajadas y blanco o verde para las subidas). Esta es la clave de la popularidad de este tipo de gráficos. Ver figura 3.10.

Análisis e interpretación de gráficos.

A la hora de analizar gráficos en análisis técnico, el concepto que resulta principal observar es la tendencia [22]. Redefiniendo este concepto de modo un poco más preciso de lo realizado anteriormente, se puede considerar que expresa la dirección del mercado en base a los movimientos de *zigzag* que este realiza, de manera



Figura 3.9: Gráfico de líneas EUR/USD. Yahoo Finance. 12/02/2022.



Figura 3.10: Gráfico de velas S&P 500. Yahoo Finance. 12/02/2022.

semejante a una ola con *picos* y *valles*. Es la dirección de estos picos y estos valles la que indica la tendencia del mercado, de forma que una sucesión de estos, cada vez más elevada representa una tendencia alcista y una sucesión cada vez más baja, una tendencia bajista. Los picos y vales horizontales identifican una tendencia lateral. Es importante destacar que, para que una tendencia se considere como tal, ha de mantenerse al menos en tres puntos consecutivos. Es importante describir la tendencia en base a estas tres direcciones mencionadas (ver 3.11), ya que, pese a lo que habitualmente se tiende a pensar, los mercados no se mueven únicamente hacia arriba o hacia abajo, los desplazamientos laterales son muy importantes y constituyen una banda de fluctuación. Este tipo de movimientos reflejan un periodo de equilibrio en los precios, donde las fuerzas de la oferta y la demanda se enfrentan con relativa igualdad.

Observando a su vez la figura 3.12 se aprecia que los puntos 1, 2, 3 y 4 describen la tendencia principal, la cual es ascendente. Los puntos 2 y 3 representan una **corrección** (cambio brusco de tendencia provocado cuando el mercado aumenta de manera muy grande y se produce una fuerte caída que equilibra los precios sobrevalorados) secundaria dentro de esta tendencia principal, dividiéndose a su vez cada una de estas *ondas* secundarias en tendencias de menor duración.

Otros dos conceptos importantes a la hora de describir los gráficos de tendencia son el de *apoyo* o *soporte*

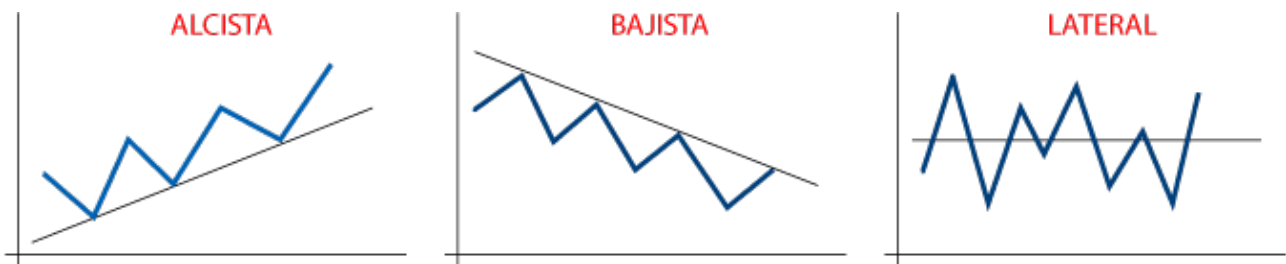


Figura 3.11: Gráficos de tendencias. Tomado de [24].

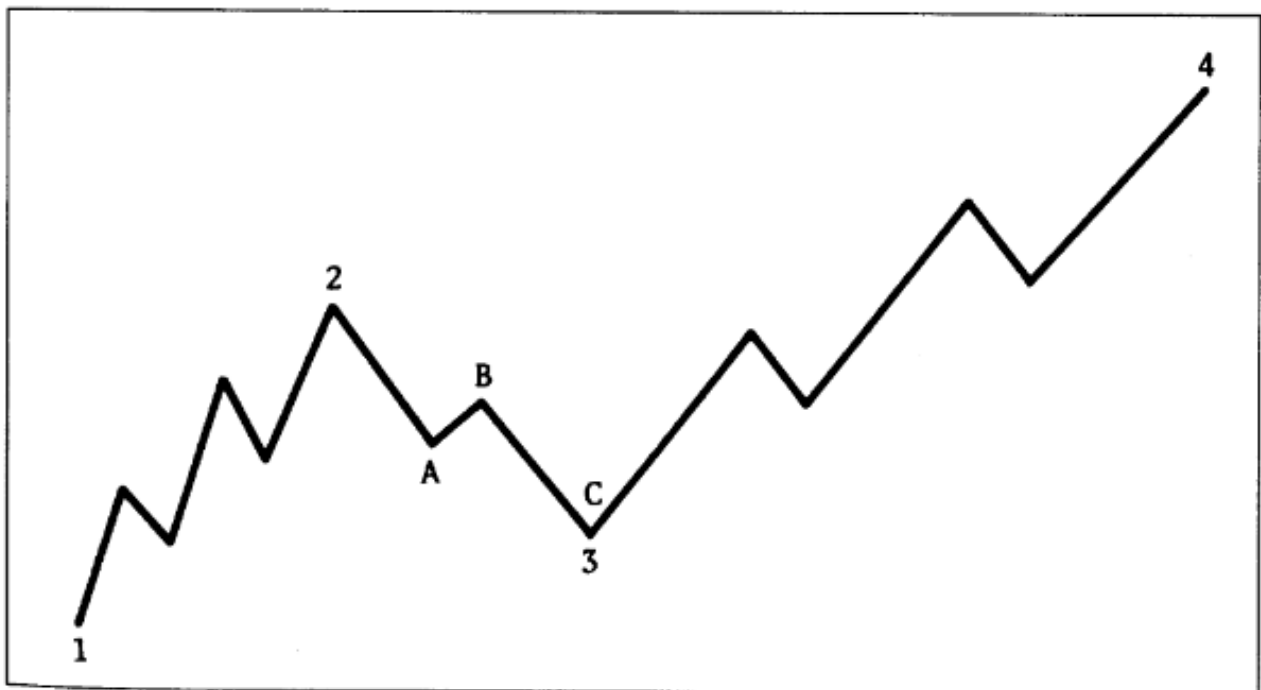


Figura 3.12: Distintas tendencias. Tomado de [22].

y el de *resistencia*. Describiendo con más precisión a los *picos* y *valles* antes mencionados como mínimos y máximos, podemos a su vez nombrarlos como *apoyos* y *resistencias* respectivamente.

- **Apoyo:** área del gráfico por debajo del mercado. Hay una bajada de precios que se detiene y estos vuelven a subir. Suelen venir precedidos de un mínimo previo.
- **Resistencia:** área del gráfico por encima del mercado. El precio vuelve a retroceder y del mismo modo que los soportes, suele venir precedido de un pico anterior.

Finalmente, un último concepto a mencionar en relación con esto último sería el de **ruptura**, que se produce cuando el precio de un valor rompe, o bien un apoyo, o bien una resistencia, indicando un movimiento en la misma dirección.

3.3 Bolsa.

La bolsa de valores [25] es una organización pública o privada (autorizada por el gobierno de los países) que brinda las facilidades necesarias para la realización de negociaciones de compra y venta de valores. Algunos de los instrumentos de inversión que se negocian en la bolsa son las acciones de empresas o sociedades, los bonos

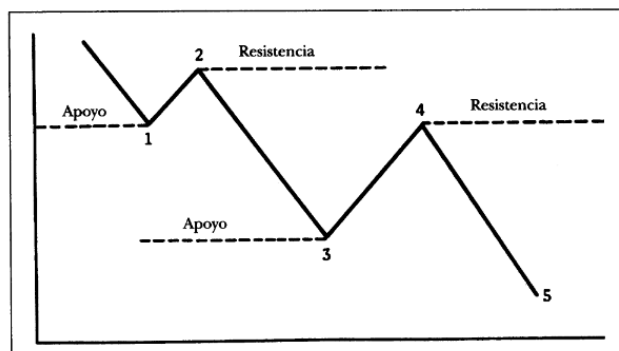


Figura 3.13: Apoyos y resistencias en mercado bajista. Tomado de [22].

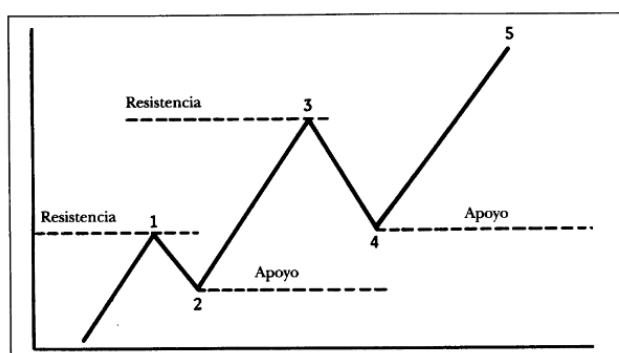


Figura 3.14: Apoyos y resistencias en mercado alcista. Tomado de [22].

públicos o los títulos de participación. La bolsa presta el servicio de poner en contacto a empresas que requieren de capital y a personas o empresas que desean invertir su dinero a cambio de recibir una retribución representada en la parte que les corresponde de las utilidades de la empresa.

Las bolsas de valores [26] impulsan el desarrollo económico y financiero de la mayoría de países del mundo, desde su origen en Bélgica en el año 1460, en Amberes, aunque una familia de banqueros de Brujas organizaba en su palacio reuniones donde se transaban activos y se hacían operaciones comerciales en el siglo XIII.

Función económica.

Algunas de las funciones económicas que cumplen las bolsas de valores son las siguientes [8]:

- Canalizan el ahorro hacia la inversión, contribuyendo de esa manera al desarrollo económico del país.
- Ponen en contacto a las empresas y entidades estatales que necesitan recursos de inversión con los ahorradores dispuestos a invertir su capital.
- Aportan liquidez a las inversiones, de manera que los poseedores de títulos de bolsa pueden convertir en dinero sus acciones con facilidad.
- Certifican precios de mercado.
- Favorecen la asignación eficiente de recursos.
- Contribuyen a la correcta valoración de los activos financieros.

Participantes.

En la bolsa de valores intervienen los siguientes agentes:

- **Intermediarios:** agentes que ponen en contacto a vendedores y compradores. Son las casas de bolsa, agentes de bolsa, corredores de bolsa, agencias y sociedades de valores. Los corredores de bolsa se encargan de negociar por los intermediarios a cambio de una comisión y solo aquellos que están autorizados pueden desempeñar tal labor.
- **Inversionistas:** personas o entidades que desean canalizar su inversión hacia los títulos de valores. Los inversionistas a corto plazo arriesgan en mayor medida su capital que los inversionistas a largo plazo, que buscan obtener rentabilidad a través de dividendos (proporción de beneficios que la empresa reparte entre sus accionistas) o ampliaciones de capital (incremento de los recursos de una empresa para acometer nuevas inversiones o como modo de financiación).
- **Emisores:** empresas o entes públicos que buscan financiar su actividad a través de la emisión de títulos de valores en el caso de las primeras o de deuda en caso de los segundos. Una empresa ha de estar inscrita en la bolsa para poder vender sus valores, para lo cual necesita acreditar solvencia y seriedad.



Figura 3.15: Participantes de la bolsa de valores. Tomado de [8].

3.3.1 S&P 500.

El *Standard and Poor's 500* [27] es uno de los índices (un índice bursátil es un registro estadístico que trata de reflejar las variaciones y rentabilidad promedio de las acciones que lo componen. Estas suelen presentar características comunes como pertenecer a la misma bolsa o sector de negocio) más importantes de Estados Unidos y del mundo, siendo considerado como el índice más representativo de la situación real del mercado.

Este índice actualmente se basa en las capitalizaciones bursátiles de 500 empresas estadounidenses y captura aproximadamente el 80 % de toda la capitalización del mercado estadounidense, aunque en su origen en 1923 únicamente estaba compuesto por 233 compañías.

La ponderación de las empresas de este índice está determinada por *S&P Dow Jones Indices* y se diferencia de otros índices de Estados Unidos en la metodología utilizada para ello.

Las empresas que forman parte de este índice se seleccionan en base a criterios como la capitalización bursátil (que ha de superar los 4200 millones), la liquidez, el capital flotante, la clasificación del sector, la viabilidad económica o el tiempo que ha cotizado en bolsa entre otros. Según el sector en el que desarrollan su actividad económica [28] las empresas se agrupan en 11 sectores, debido a que es habitual que cada sector evolucione de manera diferente en función del contexto económico:

- **Sector Consumo Discrecional (*Consumer Discretionary*):** compuesto por empresas cuya demanda fluctúa dependiendo de la situación económica general, incluye el comercio minorista, hoteles, cadenas de restaurantes o fabricantes de automóviles entre otros. Algunos ejemplos de empresas son *Amazon*, *Netflix*, *Nike* y *General Motors*.
- **Sector Consumo Básico (*Consumer Staples*):** compuesto por empresas de productos básicos para el consumidor, tales como comida, bebidas y productos de higiene personal. Algunos ejemplos de empresas son *Coca-Cola* y *Costco*.
- **Sector Energía (*Energy*):** compuesto por empresas que exploran y explotan hidrocarburos como el petróleo y el gas natural, así como las refinerías que los tratan y otras compañías que les suministran equipamiento. Algunos ejemplos de empresas son *Chevron* y *ExxonMobil*.
- **Sector Financiero (*Financials*):** compuesto por bancos comerciales, banca de inversión y compañías aseguradoras. Algunos ejemplos de empresas son *Bank of America* y *JPMorgan Chase*.
- **Sector Salud (*Healthcare*):** compuesto por hospitales, compañías farmacéuticas, de equipamiento médico y empresas de biotecnología. Algunos ejemplos de empresas son *Pfizer* y *Merck*.
- **Sector Industria (*Industrials*):** compuesto por fabricantes de diversos tipos como aerolíneas, aeroespaciales, construcción, maquinaria, etc. Algunos ejemplos de empresas son *Boeing* y *General Electric*.
- **Sector Tecnología de la Información (*Technology*):** compuesto por fabricantes de hardware, software, semiconductores y equipamiento tecnológico. Algunos ejemplos de empresas son *Apple*, *IBM*, *Cisco* y *Microsoft*.
- **Sector Materiales (*Materials*):** compuesto por empresas metalúrgicas, de minería, químicas y relacionadas con materias primas. Algunos ejemplos de empresas son *Newmont Corp* y *DuPont*.
- **Sector Inmobiliario (*Real State*):** compuesto por empresas relacionadas de una otra forma con el mercado de inmuebles. Algunos ejemplos de empresas son *Public Storage* y *Simon Property Group*.
- **Sector Servicios de Comunicación (*Communication services*):** compuesto por compañías telefónicas, proveedores de servicios de Internet y medios de comunicación tradicionales, así como por compañías de redes sociales y medios digitales. Algunos ejemplos de empresas son *Alphabet* y *Facebook*.
- **Sector Servicios Públicos (*Utilities*):** compuesto por compañías de electricidad, agua, gas y energías renovables. Algunos ejemplos de empresas son *Pacific Gas & Electric* y *American Electric Power*.

3.3.2 NASDAQ.

National Association of Securities Dealers Automated Quotation [29] es el segundo mercado de valores y bolsa de valores automatizada y electrónica más grande de los Estados Unidos después de la Bolsa de Nueva York. Es el mercado mundial con mayor intercambio por hora del mundo. Se caracteriza por comprender las principales empresas de alta tecnología en electrónica, informática, telecomunicaciones y biotecnología del país. Sus índices más representativos son el Nasdaq 100 y el Nasdaq Composite.

NASDAQ-100

Este índice se compone por las 100 empresas más grandes en términos de capitalización, de entre las que se comercializan en la bolsa de valores NASDAQ.

Algunas de las empresas que componen este índice son: *Amazon*, *Apple*, *Alphabet*, *Cisco*, *Facebook*, *eBay*, *Microsoft*, *Nvidia*, *Netflix*, *PayPal* o *Tesla*.

3.3.3 IBEX 35.

El IBEX 35 [30] es el índice bursátil de referencia en España, elaborado por *Bolsas y Mercados Españoles (BME)*. Está formado por las 35 empresas con mayor liquidez de las que cotizan en el *Sistema de Interconexión Bursátil Español (SIBE)* en las cuatro bolsas españolas (Madrid, Barcelona, Bilbao y Valencia). Al igual que el S&P 500 es un índice ponderado, donde no todas las empresas tienen el mismo peso y también se divide en sectores [31]:

- **Petróleo y energía:** compuesto por empresas que exploran y explotan hidrocarburos como el petróleo y el gas natural, así como aquellas dedicadas a la electricidad o el agua. Algunos ejemplos de empresas son *Iberdrola, Endesa y Repsol*.
- **Materiales básicos, industria y construcción:** compuesto por empresas dedicadas a los minerales, metales, las actividades de la construcción y las relacionadas con la ingeniería, la química y la industria aeroespacial. Algunos ejemplos de empresas son *Acerinox, Acciona, Abengoa y ACS*.
- **Bienes de consumo:** compuesto por empresas dedicadas a productos básicos para el consumidor, incluyendo las relacionadas con la actividad agrícola, la ganadera y la industria textil. Algunos ejemplos de empresas son *Pescanova e Inditex*.
- **Servicios de consumo:** compuesto por compañías dedicadas al ocio, relacionadas con el arte, los espectáculos o la gestión de eventos e instalaciones deportivas entre otros. También se incluyen en este sector los medios de comunicación y las empresas de transporte y distribución. Algunos ejemplos de empresas son *Atresmedia, Mediaset y Prosegur*.
- **Servicios financieros:** compuesta por empresas dedicadas a la economía y los seguros, así como aquellas dedicadas a la inversión. Algunos ejemplos de empresas son *Banco Santander, BBVA y Mapfre*.
- **Tecnología y telecomunicaciones:** compuesto por empresas dedicadas a las telecomunicaciones: telefonía, redes e infraestructuras de comunicaciones. Algunos ejemplos de empresas son *Indra y Telefónica*.
- **Servicios inmobiliarios:** compuesto por empresas dedicadas a la gestión y promoción de bienes inmuebles. Algunos ejemplos de empresas son *Montealito y Realia Business*.

3.3.4 STOXX Europe 600.

El *STOXX Europe 600* [32] es un índice compuesto por las principales 600 empresas europeas en términos de capitalización bursátil. Es un índice diseñado por *Stoxx Ltd*.

Este índice cubre aproximadamente el 90 % de la capitalización del mercado europeo y está compuesto por empresas de 17 países: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Irlanda, Italia, Noruega, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

Algunas empresas que forman parte de este índice son *Adidas, Aena, AstraZeneca, BBVA, Michelin, Ryanair y Zalando*.

3.4 Criptodivisas.

Las criptodivisas (o criptomonedas) [33] son nuevos tipos de divisa o moneda de carácter digital que utilizan criptografía (matemáticas avanzadas) y avanzadas técnicas informáticas con el fin de no depender de entidades centralizadas (bancos y gobiernos) que emiten y controlan el dinero.

Este tipo de dinero *P2P (Peer to peer)* es totalmente digital, lo que permite enviarlas a cualquier parte del mundo en cuestión de segundos sin necesidad de la intervención de intermediarios como los bancos. Pueden ser intercambiadas por bienes y servicios como habitualmente se hace con el dinero Fiat, al menos en aquellas entidades que permiten operar con este nuevo tipo de divisas.

Además de la descentralización comentada, las criptomonedas surgen con el objetivo de proporcionar seguridad, transparencia y privacidad a las transacciones financieras, características sustentadas en la tecnología *blockchain*.

3.4.1 Blockchain.

La blockchain (cadena de bloques) es una red de datos sostenida por una red de ordenadores descentralizada global que se basa en técnicas de criptografía asimétrica avanzada, haciendo uso de sistemas de *clave pública - clave privada*.

Sostenida por miles de ordenadores en todo el mundo (nodos), funciona de forma descentralizada y por consenso. La blockchain consiste una forma de registro de operaciones, llevándose en ella la cuenta de todas las unidades de una criptomoneda que hay en circulación y todas las operaciones realizadas. Por ello se puede decir que funciona a modo de libro contable, teniendo cada criptomoneda el suyo propio y estando estos a su vez enlazados y cifrados. Ese libro de cuentas [34] no solo está distribuido y es seguro: los bloques enlazados (de ahí lo de cadena de bloques) cuentan con un puntero hash (codificado) que enlaza al bloque anterior, además de una marca de tiempo y los datos de la transacción, y esa información es pública

El hecho de que la cadena de bloques se diga que está distribuida se debe a que en toda blockchain existe una gran red de ordenadores conectados por todo el mundo (los nodos antes mencionados) que se encargan de almacenar y validar la información de la misma. Gracias a esto hay millones de copias de seguridad sincronizándose en todo momento para salvaguardar la información al instante. Así, la información de la creación y distribución del dinero mediante las transacciones, queda registrada de forma inmutable. La imagen 3.16 muestra el funcionamiento de la blockchain. Cuando un bloque ya no admite más transacciones, llega un momento

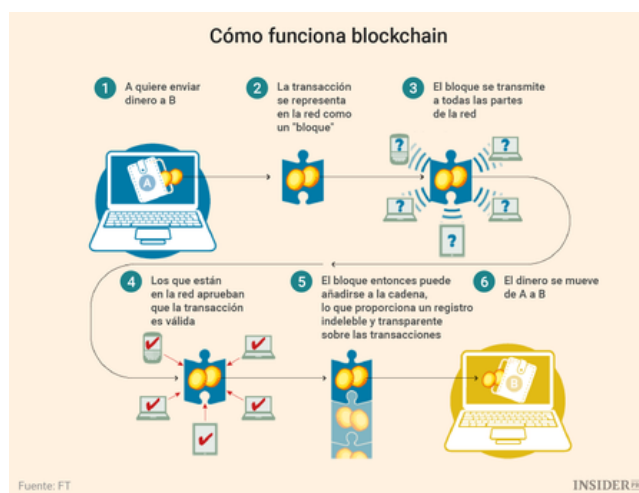


Figura 3.16: Funcionamiento de la blockchain. Tomado de [34].

importante: el de validarlo o sellarlo, que es lo que los usuarios hacen cuando hacen *minería*. La minería es un proceso compuesto por complejos cálculos matemáticos que requieren grandes inversiones de tiempo y de electricidad y que tiene como resultado la realización de un registro permanente en la cadena de bloques, lo que impide que este sea modificado sin alterar todos los bloques que están enlazados con él, operación imposible en la práctica al necesitarse que la mayoría de nodos la validen (siendo esto extremadamente costoso). Como los sistemas blockchain son sistemas *P2P*, los mineros reciben avisos de las nuevas transacciones. En este punto, se ponen a competir para ver quién es el primero que logra crear un bloque válido y sellarlo, recibiendo una recompensa a cambio.

Debido al uso de una cadena común sincronizada entre nodos se logra la irreversibilidad de las transacciones, lo que evita el fraude y hace que el sistema sea muy seguro.

3.4.2 Bitcoin.

En cuanto a lo que criptomonedas se refiere, es obligatorio hablar sobre Bitcoin (BTC) [35], la primera que surgió en el mundo y la más importante de todas.

Tomando com base el proyecto *DigiCash* promulgado por *David Chaum*, en el año 2008 una entidad (hasta la fecha desconocida) conocida como *Satoshi Nakamoto* propuso una serie de mejoras que establecieron los principios de los sistemas blockchain y plasmó un nuevo proyecto conocido com Bitcoin que, sin embargo, no vio la luz en su primera versión hasta el año 2009.

Con el paso de los años, el proyecto original de *Nakamoto* fue sufriendo mejoras y actualizaciones, constituyendo la piedra angular de todo el ecosistema de criptomonedas que se ha ido desarrollando en la última década y siendo, sin duda, el proyecto de criptodivisa más fuerte y con más futuro, habiendo llegado a alcanzar una cotización de más de 50.000 dólares y habiendo llegado a ser establecida como moneda oficial en países como El Salvador [36].

La emisión máxima del Bitcoin no puede superar los 21 millones de unidades. Además, tiene la capacidad de subdividirse hasta los ocho decimales. De esta manera, un Bitcoin puede fraccionarse hasta en 100.000.000 unidades más pequeñas que reciben el nombre de *satoshis* y que equivalen a 0.00000001 BTC.

En contraposición a todos sus aspectos positivos, Bitcoin aún tiene importantes retos que resolver antes de consolidarse como un nuevo sistema económico en sí mismo, como son el gran consumo energético que requiere la *prueba de trabajo* (*proof of work* (PoW) necesaria para sellar un Bitcoin o el exceso de especulación que conlleva que sea un sistema cuyo valor depende de la aceptación del mismo, al no estar respaldado por metales preciosos como el dinero fiat.



Figura 3.17: Logotipo de Bitcoin.

3.4.3 Otras criptodivisas.

Pese a que Bitcoin sea la criptomoneda más importante y sobre la que gira todo el ecosistema cripto, existen multitud de proyectos que también se basan en este tipo de tecnologías, las denominadas *altcoins* o monedas alternativas a Bitcoin, que surgen con el objetivo de diversificar y mejorar el ecosistema cripto (aunque problemas como la especulación y la duplicidad entre proyectos son claramente patentes en este tipo de criptodivisas).

Ethereum (ETH) [37] es otro importante proyecto que también está claramente consolidado a día de hoy. Diferenciándose de Bitcoin en su precio (muy inferior), en su nivel de descentralización, en su escalabilidad y en su proceso de minería, parte con la intención de ser utilizado en la programación de contratos inteligentes (*smart contracts*), que son programas informáticos que facilitan, aseguran, hacen cumplir y ejecutan acuerdos registrados entre dos o más partes (personas o entidades).

Además de las criptomonedas comentadas, existen otros importantes proyectos como son **Cardano (ADA)**, **Polkadot (DOT)**, **Ripple (XRC)** o **Litecoin (LTC)** entre muchos otros.



Figura 3.18: Logotipo de las principales criptomonedas de la actualidad.

3.5 Materias primas.

El mercado de materias primas [38] conocidas como *commodities* es una rama de la inversión que permite operar con productos físicos, a diferencia de otros mercados como la bolsa.

El funcionamiento de este mercado es muy similar al de los mercados de renta variable, ya que, si bien se opera con bienes físicos, no es necesario adquirirlos de manera directa. Los precios varían también en los mismos periodos de tiempo y se compran y venden como si fueran acciones. En cuanto a la inversión, la principal diferencia radica en que en ocasiones la inversión en materias primas incluye un sobrecoste debido al transporte, seguro y almacenamiento del activo, aunque lo más habitual es invertir a través de lo que se conoce como *ETFs*, que son conjuntos diversificados de activos que cotizan en bolsa.

En el mercado de materias primas, el modo de negociar es mediante lo que se conoce como *contratos de futuros*, donde cada contrato equivale a una cantidad de producto especificada.

En el mundo [39] hay unos 50 mercados que cotizan materias primas, siendo los más importantes la *Bolsa de Metales de Londres (LME)*, la *Chicago Board of Trade (CBOT)* y la *New York Merchantile Exchange (NYMEX)*.

3.5.1 Oro.

El oro ha sido utilizado como dinero desde hace más de 5.000 años [40], siendo la actualidad la única época de la historia en la que el oro no es directamente utilizado como dinero en ningún país del mundo, aunque sigue siendo utilizado como reserva de valor por parte de bancos centrales. Esto es así porque, a diferencia de las monedas fiduciarias (y como ocurre con el resto de metales preciosos), el oro tiene un valor más allá de la convicción de que vaya a ser aceptado en el futuro.

Debido a su carácter improductivo *per se*, el oro no compite con las acciones que cotizan en bolsa, sino que compite con las antes mencionadas monedas fiduciarias (las divisas nacionales) y con los bonos gubernamentales.

El oro es habitualmente referido como un activo refugio [41]. Esto es así por su valor tanto para la fabricación de joyas, como por su carácter no corrosivo (que le permite mantener su calidad durante periodos muy prolongados de tiempo), como por su fácil conversión en dinero fiat.

3.5.2 Otras materias primas.

Otros importantes productos que forman parte de este mercado son los productos agrícolas, los metales, hidrocarburos o minerales. Algunos ejemplos pueden ser metales como la plata, el platino o el cobre; hidrocar-

buros como el petróleo o derivados de este como la gasolina. Otros productos que entran dentro de este mercado podrían ser el café, el azúcar o el algodón y dentro de los agrícolas algunos a mencionar podrían ser el trigo, el maíz o la cebada.

3.6 Divisas.

El mercado de divisas [42] o mercado *Forex* (abreviatura del término inglés *Foreign Exchange*) es un mercado en el que se negocia con las monedas de los distintos países del mundo. Este mercado es el que mayor flujo tiene a nivel mundial, llegando a superar en varios billones estadounidenses (1.000.000.000 dólares) el flujo económico de todas las bolsas del mundo combinadas.

Una característica importante de este mercado es que, a diferencia de los mercados bursátiles, [43] este es un mercado libre no reglado. Esto quiere decir que no existe un órgano de compensación y liquidación que intermedie entre las partes y garantice el cumplimiento de las obligaciones convenidas por las mismas. Esto tiene como consecuencia que cada operación se cierre de manera particular entre las partes.

Otra característica importante de este mercado es que está en funcionamiento 24 horas al día durante 5,5 días a la semana, comenzando a operar los domingos por la tarde con la apertura del mercado en Australia y finalizando los viernes con el cierre del mercado en Estados Unidos, concretamente en Nueva York.

En este mercado intervienen tanto inversores particulares como importantes organismos como los bancos centrales. El principal activo que se negocia es el dólar americano, puesto que esta divisa constituye el 60 % de las reservas de los bancos centrales. Le sigue el euro con un 24 %.

El mercado de divisas cumple importantes funciones en cuanto a la situación económica mundial. Algunas de ellas son: fijar los precios de cambio entre las distintas divisas, favorecer el intercambio de divisas entre los diferentes países o regular el comercio internacional.

Un último punto a comentar sobre este mercado es la distinción entre mercado mayorista y minorista.

- **Mercado mayorista:** entre entidades financieras, empresas o instituciones.
- **Mercado minorista:** intercambio de billetes físicos en casas de cambio o bancos, realizado por particulares habitualmente para cubrir sus necesidades ante un viaje.

Algunos ejemplos de monedas que cotizan en este mercado son:

Divisa	Símbolo
Dólar estadounidense	USD
Euro	EUR
Libra esterlina	GBP
Yen japonés	JPY

Cuadro 3.1: Algunos ejemplos de divisas.

3.7 Optimización de carteras.

3.7.1 Modelo básico.

3.7.2 Modelo de Markowitz.

3.7.3 Modificaciones al modelo de Markowitz.

3.8 Predicción de valores.

La predicción del precio de los valores es un problema que lleva mucho tiempo tratándose de diversas maneras. Los enfoques principales siempre han sido mediante la realización de análisis fundamental y de análisis técnico, junto al estudio de los indicadores que estos proporcionan.

El desarrollo de las matemáticas, la algoritmia y el incremento de la capacidad computacional ha ido dirigiendo este problema hacia un enfoque cada vez más basado en el uso de tecnologías complejas y novedosas como las relacionadas con la inteligencia artificial.

El estudio realizado durante muchos años por multitud de autores ha llevado a concluir que el mercado es no lineal, incierto, estocástico y no estacionario. Esto ha llevado a tomar por válidas dos importantes hipótesis [11] que pretenden ser puestas en jaque por los nuevos modelos de predicción de valores:

- **The random walk hypothesis (RWH):** el precio de los valores es fundamentalmente estocástico. Esto quiere decir que cualquier intento de predecir los precios resulta inútil, debido a la gran aleatoriedad intrínseca del problema y al movimiento impredecible de los precios. La consecuencia de esta hipótesis es, por tanto, que no se pueden utilizar valores pasados para predecir valores futuros.
- **The efficient market hypothesis (EMH):** se basa en la premisa de que el mercado es *informativamente eficiente*, lo que quiere decir que el mercado es eficiente a la hora de establecer el precio correcto de un valor y este recoge toda la información posible sobre el mismo. La consecuencia de esta hipótesis es que los valores siempre tienen un precio justo y, por tanto, no es posible *batir al mercado* comprando valores infravalorados o vendiendo valores sobrevalorados.

En las siguientes secciones de este trabajo se mostrarán y explicarán algunos de los intentos realizados en los últimos tiempos para afrontar el problema de la predicción de datos de valores de los distintos mercados. A su vez, se explicarán los modelos implementados en la aplicación web construida como objeto de este trabajo.

Mencionar que el precio que se va a utilizar a lo largo de este trabajo en las secciones siguientes es el **precio de cierre ajustado** (*Adjusted closing price*) [44], que se diferencia del precio de cierre convencional en que el valor se modifica levemente teniendo en cuenta cualquier cosa que pueda afectar el precio de los valores después del cierre del mercado.

3.8.1 Estado del arte.

Las contribuciones realizadas hasta la fecha en cuanto a la predicción de valores, se basa en cuatro categorías principales [12]:

- **Enfoque estadístico.**
- **Reconocimiento de patrones.**
- **Aprendizaje automático .**
- **Análisis de sentimientos.**

Un breve resumen de la taxonomía de esta clasificación puede verse en la figura 3.19.

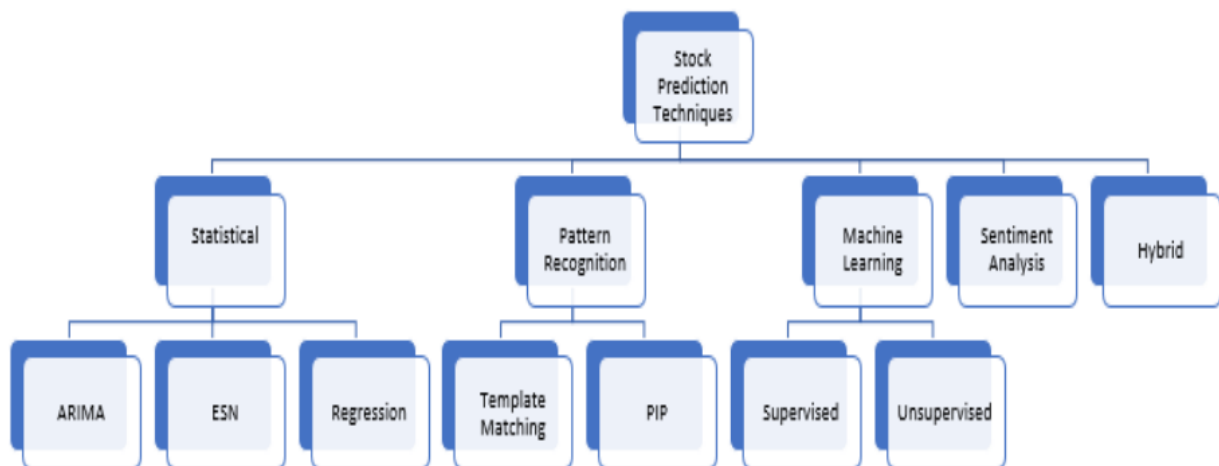


Figura 3.19: Taxonomía de las principales técnicas de predicción de valores. Tomado de [12].

Las primeras aproximaciones al problema se llevaron a cabo desde el punto de vista de la **estadística**. Este enfoque parte de la asunción de que el mercado es lineal, estacionario y normal (cuestiones comúnmente asumidas en la Estadística). Las variables de entrada en este caso son series temporales y los modelos de análisis más utilizados son los univariantes: modelos ARMA (*Auto-Regressive Moving Average*) y ARIMA (*Auto-Regressive Integrated Moving Average*). Otros modelos como el GARCH (*Generalized Auto-Regressive Conditional Heteroskedastic*) y el STAR (*Smooth Transition Average*).

Los modelos principales tienen una parte autorregresiva (AR) que trata de explicar la media de las series temporales de los mercados y una parte de media móvil (MA) que trata de capturar los cambios en el mercado. Sin embargo, algo que estos modelos no tienen en cuenta es el fenómeno conocido como agrupamiento de la volatilidad (*volatility clustering*) que se refiere a que los grandes cambios en el mercado (sean del signo que sean) tienden a ir seguidos de grandes cambios y los pequeños cambios tienden a ir seguidos de pequeños cambios. Los modelos ARIMA surgen en este contexto como una mejora natural de los modelos ARMA, permitiendo convertir series no estacionarias en estacionarias (una serie es estacionaria cuando su media y varianza son constantes en el tiempo).

Otro modelo utilizado es el ESM (*Exponential Smoothing Model*) que suaviza la serie temporal utilizando una función de ventana exponencial y que ha dado buenos resultados en múltiples estudios.

Dentro de los modelos multivariantes caben destacar los LDA (*Linear Discriminant Analysis*), los QDA (*Quadratic Discriminant Analysis*) y los modelos de regresión.

Otra aproximación que se ha tratado de llevar a cabo para la predicción de valores es el uso de algoritmos de **reconocimiento de patrones**. Este término resulta equivalente al de aprendizaje automático (*machine learning*) aunque en la predicción de valores de mercados se utilizan de manera diferente. El reconocimiento de patrones se utiliza para identificar patrones y tendencias en los datos y acostumbran a estar formados por secuencias recurrentes que pueden observarse en gráficos como los de velas y ser tomadas como señales de compra o venta.

Muy ligado al análisis gráfico, algunos importantes métodos utilizados son el PIP (*Perceptually Important Points*) relacionado con la reducción de la dimensionalidad de la serie temporal, el DTW (*Dynamic Time Warping*) el *template matching* y el *flag pattern*, estos dos últimos en ocasiones combinados con otro tipo de algoritmos como los algoritmos genéticos.

En lo relativo a los métodos de **aprendizaje automático** hay que hablar de dos categorías: el aprendizaje *supervisado* y el aprendizaje *no supervisado*. El primero de ellos utiliza entradas etiquetadas para, tras la realización del proceso de entrenamiento, predecir un valor futuro, mientras que el segundo utiliza entradas sin etiquetar con el objetivo de encontrar relaciones o agrupaciones en los datos.

Dentro de los métodos **supervisados**, se han utilizado todo tipo de algoritmos para tratar la predicción de

valores. Las SVM (*Support Vector Machines*) y los árboles de decisión fueron algunos de los primeros en ser empleados con ese fin, aunque otros como el algoritmo de los K vecinos más próximos (*K-nearest neighbors*), el de *Naive Bayes* o la regresión logística también se han explorado (aunque en menor medida) en algunos estudios. Otros métodos como los ensembles (métodos que entrenan varios algoritmos de aprendizaje y posteriormente combinan sus resultados) también han gozado de popularidad. Ejemplos de estos son los árboles aleatorios (*random forest*), el algoritmo *AdaBoost* o el *KerneK Factory*.

Sin embargo, los métodos que más han destacado en los últimos tiempos son los que emplean el algoritmo *XGBoost* (*Extreme Gradient Boosting*) y los basados en redes neuronales. Dentro de estos últimos se ha utilizado una gran variedad de técnicas como son las redes neuronales artificiales (ANN) o las basadas en *deep learning*. Las redes neuronales recurrentes son el enfoque principal dentro de este grupo de técnicas debido a sus características que le permiten modelar la variable tiempo. Los principales modelos de redes recurrentes son las redes simples (RNN), las LSTM (*Long Short Term Memory*) y las GRU (*Gated Recurrent Units*) son a día de hoy muy ampliamente estudiados, con multitud de variantes que pretenden mejorarlos. Otras técnicas de *deep learning* muy utilizadas son las CNN (*Convolutional Neural Networks*) cuyas principales aplicaciones están relacionadas con el reconocimiento de imágenes y de textos, las DBN (*Deep Belief Networks*) o las RBM (*Restricted Boltzmann Machines*); aunque prácticamente cualquier tipo de construcción de redes neuronales existente se ha adaptado para su utilización en la predicción de valores, debido al enorme interés del tema.

En cuanto a los métodos **no supervisados** cabe destacar la utilización del algoritmo de las K-medias, en ocasiones combinado con algoritmos de reducción de dimensionalidad como el análisis de componentes principales (PCA). Otros algoritmos de *clustering* (construcción de agrupaciones) como el HAC (*Hierachical Agglomerative Clustering*) o el HRK (*Hierachical Reverse K-means*) también han sido explorados. También hay que mencionar el uso de métodos basados en reglas como el *AprioriAll*.

Posteriormente, con el objetivo de incluir componentes del análisis fundamental en los métodos de predicción de valores basados en el uso de computadoras, surgió lo que se conoce como ***sentiment analysis***. Estos métodos tratan de recoger la variabilidad asociada al comportamiento de los inversores como reacción ante las diferentes noticias que surjan relacionadas con el mercado, tanto a través de los medios tradicionales como de las redes sociales. Los algoritmos utilizados en este enfoque sirven de apoyo a los modelos de aprendizaje automático antes comentados, introduciendo en estos nuevas variables que tratan de identificar el sentimiento y comportamiento de los inversores. Algunos de los algoritmos de procesamiento de texto utilizados para estos fines son el algoritmo BoW (*Bag of Words*) o el *Word2vec*, habitualmente empleado para analizar la polaridad de sentimientos ante el mercado (dividiendo entre favorables y no favorables al mismo).

Finalmente, enfoques modernos están empleando lo que se conoce como **enfoque híbrido**, que consiste en la combinación de distintos modelos de los comentados con el fin de mejorar los resultados obtenidos de cara a la predicción.

3.8.2 Modelo 1.

3.8.3 Modelo 2.

3.8.4 Modelo n.

Parte I

Desarrollo del Sistema

Capítulo 4

Análisis

4.1 Descripción del sistema.

4.1.1 Diccionario de términos.

4.2 Elicitación de requisitos.

Capítulo 5

Diseño

5.1 Diseño

Implementación

6.1 Despliegue del servidor

El objetivo de este trabajo desde un primer momento fue la creación de una aplicación web (como se detalló en el apartado 1.3). Como se pretendió desde un primer momento poder acceder a ella desde cualquier dispositivo y lugar a través de internet, se decidió que lo mejor era desplegar el servicio web en una máquina virtual de la escuela.

La máquina solicitada fue una ubuntu 20.04.3 LTS de 2 núcleos con memoria RAM de 8G y memoria de disco de 16G.

6.1.1 Docker

El sistema elegido para realizar el montaje del servidor web en la máquina virtual fue Docker [referencia a la web de Docker]. Esta elección se debió a la facilidad que provee este sistema para crear, probar e implementar aplicaciones de un modo rápido. Docker permite llevar a cabo la virtualización de un sistema operativo, pudiéndose desplegar y manipular múltiples sistemas en una misma máquina. [referencia de wikipedia] Docker proporciona un nivel extra de abstracción y utiliza características de aislamiento de Linux como los grupos y los espacios de nombres para permitir que los distintos contenedores se ejecuten dentro de una única instancia de Linux. Estos contenedores son unidades que incluyen todo lo necesario para que un determinado software se ejecute (librerías, herramientas de sistema, código, etc) y constituyen el punto clave de Docker. Su propósito es ejecutar varios procesos de manera separada, de forma que todos mantengan las características de seguridad que tendrían ejecutándose como sistemas individuales y permitiendo así un mayor aprovechamiento de la infraestructura.

Los sistemas Docker se componen de dos elementos, las imágenes y los contenedores:

- **Imágenes:** una imagen es la definición de un sistema operativo. Solamente ha de instalarse una vez y compartirla permite replicar el sistema Docker construido.
- **Contenedores:** son instancias de la imagen y han de ser cargados cada vez que requiramos una instancia. Se pueden ejecutar al mismo tiempo varios contenedores de una misma imagen y contienen todo lo necesario para que las aplicaciones puedan ejecutarse.

Ventajas de los contenedores Docker[referencia a dockerfile reference]:

- **Modularidad:** la separación en contenedores permite modificar una parte de una aplicación sin que el resto se vea alterado, pudiendo así actualizarla, repararla o ampliarla.

- **Control de versiones de imágenes y restauración:** Docker está basado en imágenes, lo que permite compartir un sistema o aplicación con todos sus elementos en cualquier entorno. A su vez, una imagen Docker está formada por varias capas de manera que al ejecutar un comando, la imagen se modifica con la creación de una nueva capa. Esto permite controlar los cambios realizados mediante el registro de los mismos en las imágenes y poder volver a versiones anteriores de un sistema en caso de requerirse.
- **Rapidez:** Docker permite establecer un servicio en pocos segundos. Además, cada proceso se encuentra en un contenedor distinto, lo que permite compartirlos con aplicaciones o sistemas nuevos. A su vez, como los cambios pueden realizarse a nivel de capa o contenedor, no es necesario volver a reiniciar o cargar el sistema operativo.

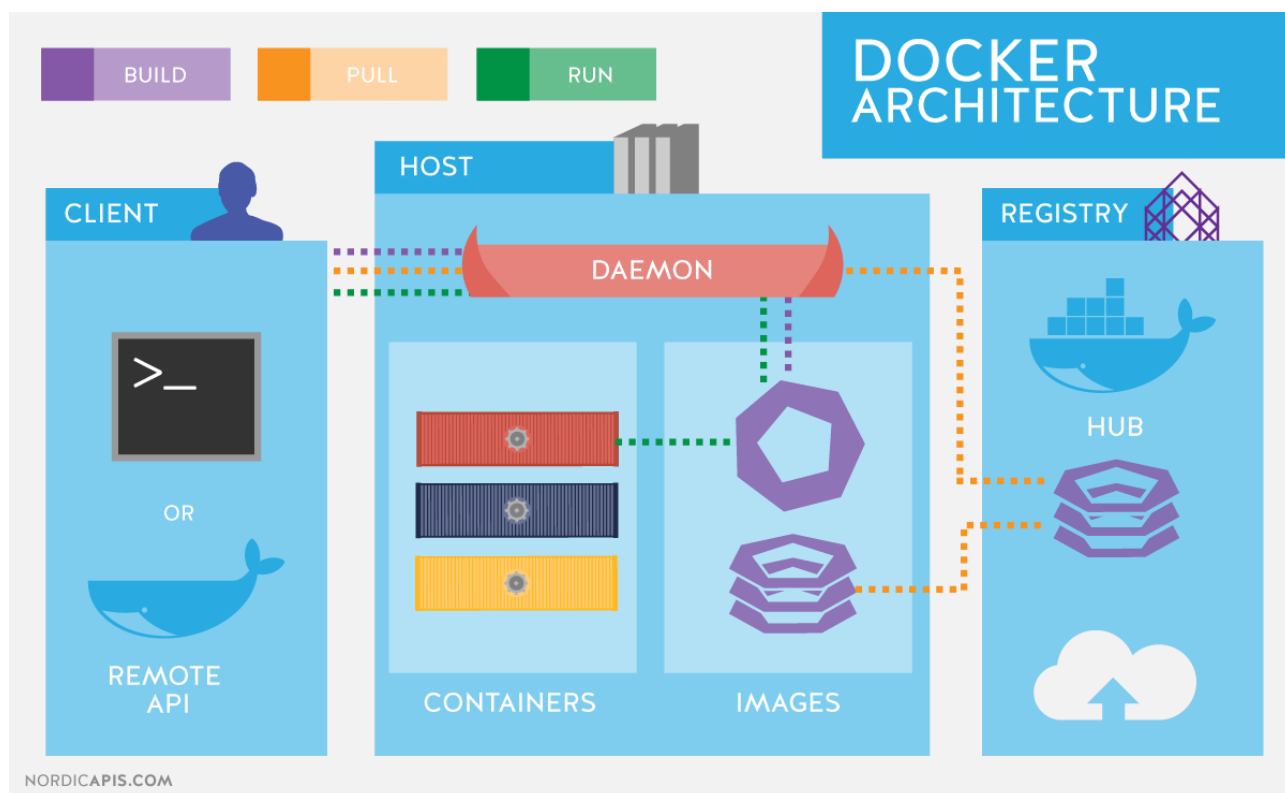


Figura 6.1: Arquitectura Docker.

Toda aplicación Docker tiene un archivo de configuración denominado "dockerfile" que contiene las instrucciones para construir una imagen. Este archivo puede constar de varias instrucciones, entre las que cabe destacar las siguientes[referencia]:

- **FROM:** describe qué imagen se está construyendo.
- **RUN:** comandos que imitan la línea de comandos.
- **COPY:** ficheros con el código que se desea ejecutar. Han de estar en el mismo directorio que el dockerfile.
- **CMD:** comando a ejecutar cada vez que se lanza el Docker.
- **WORKDIR:** establece el directorio de trabajo.

Otra instrucción interesante es ARG WHEN, que permite especificar la fecha que queremos que se use en los paquetes y librerías de la aplicación, independientemente de cuándo se utilice esta.

En el apéndice A se incluye la guía que describe los pasos seguidos en este trabajo con la utilización de docker para el despliegue del sistema.

6.2 Herramientas de Desarrollo

6.3 Implementación

Capítulo 7

Pruebas

Capítulo 8

Conclusiones

8.1 Aportaciones

8.2 Trabajo futuro

Appendices

Manual de Instalación

Escribir introducción...

A.1 Despliegue servidor web

Tras haber comentado los aspectos principales de Docker y de cómo se utilizan este tipo de sistemas en la sección 7.1, se proporciona un manual de instalación completo a fin de que pueda replicarse el sistema utilizado en el presente trabajo.

A.1.1 Pasos llevados a cabo para el despliegue del servidor.

Si se desea instalar la imagen utilizada en este proyecto, los pasos a seguir son los siguientes:

Aquí comentar el tema de descargar de mi github la imagen y cómo instalarla, rellenar esta sección cuando la imagen esté creada, aunque no sea aún la imagen final del sistema.

Si, por el contrario, se desean replicar los pasos llevados a cabo en este trabajo para la creación desde 0 del servidor Docker, los pasos a seguir en una consola de comandos de Linux entonces son los siguientes.

(**Nota:** replicando estos pasos en nuestro equipo personal puede ser necesario tener que dar permisos o tener que ejecutar los comandos como superusuario con `$ sudo`.):

1. **Descarga de Docker:** `$ sudo apt install docker.io`

Con el comando `$ docker system info` se pueden ver las características del sistema Docker instalado, que en este caso son las mostradas en la Figura A.1.

Del mismo modo, la información de las imágenes instaladas puede verse con el comando

```
$ docker image ls
```

2. Modificación del fichero `$ /etc/group/` para incluir un nuevo usuario. Esto se puede hacer con `vi`, `vim` o cualquier otro editor de texto.
3. **Explicacion de como crear la imagen que necesitamos para la web...**

A.1.2 Conexión al servidor a través de Visual Studio Code.

Visual Studio Code [Referencia a la web de vs] es uno de los IDE (*Integration Development Environment*) más populares a día de hoy. Desarrollado por Microsoft para Windows, Linux y macOS, de uso gratuito y de código abierto, debe su fama a la gran cantidad de opciones que proporciona para el

desarrollador, entre las que cabe destacar: soporte para depuración, integración de control de versiones con git, gran cantidad de lenguajes con herramientas de ayuda de sintaxis, finalización inteligente de código y refactorización, así como múltiples opciones de personalización del entorno.

Visual Studio Code permite a su vez trabajar de manera remota con un servidor, teniendo en todo momento el código alojado en este. Esta característica la aprovechamos en el presente trabajo utilizando una conexión **ssh** con la máquina virtual utilizada en el proyecto. Hay dos posibilidades, a través del usuario y contraseña del servidor, o utilizando claves públicas y privadas.



Figura A.1: Logotipo de Visual Studio Code.

■ **Con usuario y contraseña.**

1. Instalación de Visual Studio Code en la máquina desde la que se va a trabajar.
2. Instalación de la extensión *Remote-ssh* desde el menú de extensiones de Visual Studio Code.
3. Presionar la tecla F1 y escribir *remote* en el buscador que se nos abre.
4. Hacer click en la opción *Remote-SSH: Add New Host...*
5. Introducimos la dirección ssh del servidor al que nos queremos conectar, en este caso, la dirección ssh de la máquina virtual: *ssh victor@virtual.lab.inf.uva.es*.
6. Escogemos la dirección en donde se guardarán las credenciales SSH para la conexión remota con nuestro servidor (normalmente, la primera opción que nos aparece).
7. En caso de desearlo podemos editar el fichero *config* seleccionando *Open config* en el pop up que se nos muestra en la parte inferior derecha de la pantalla. Aquí podemos cambiar el nombre del host para facilitar la identificación del mismo.
8. Seleccionamos la opción connect de dicho pop up e introducimos la contraseña de nuestro usuario en el servidor y la conexión quedará establecida. Los archivos del servidor son accesibles a través del explorador de archivos.
9. Para realizar conexiones a dicho servidor en nuevas sesiones tendremos que dar nuevamente F1 y seleccionar la opción *Remote-SSH: Connect Current Window to Host...* y seleccionar la conexión que queremos establecer.
10. Para desconectarse del servidor pinchamos en la parte inferior izquierda de la pantalla en el recuadro donde pone *SSH: nombre_conexion* y seleccionamos *Cerrar conexión remota* en las opciones que se nos muestran.

■ **Con claves públicas y privadas.**

1. Seguimos los dos primeros pasos del procedimiento anterior. Tras ello, procedemos a la generación de claves en nuestra máquina local. En un terminal, escribimos el comando `$ sshkeygen` para la generación de las claves. Esto genera dos archivos (par de claves RSA): *id_rsa* e *id_rsa.pub* donde el segundo de ellos es la clave pública que debemos copiar a nuestro servidor.
2. Para copiar la clave pública utilizamos el siguiente comando en el terminal:
`$ sshcopyid i $HOME/.ssh/id_rsa.pub usuario@servidor.`
3. La clave pública se habrá copiado en el servidor en el directorio oculto *\$HOME/.ssh* en un archivo llamado *authorized_keys*.
4. El modo de proceder desde Visual Studio Code una vez establecida la conexión con el servidor es análogo al descrito en el procedimiento anterior, con la salvedad de que ahora editamos el fichero *config* añadiendo un campo *IdentifyFile* seguido de la ruta al directorio donde esté nuestra clave privada (*\$HOME/.ssh/clave_privada*).
5. Si al establecer la conexión salta algún cartel indicando que no se ha podido establecer la conexión, tendremos que dar permisos de lectura al fichero de la clave privada, con el comando `$ sudo chmod 400 clave_privada`.

Apéndice B

Manual de Usuario

Apéndice C

Manual del Desarrollador

Revisar que las referencias WEB contengan fecha de último acceso

Centralizar items de bibliografía en el .bib

Bibliografía

- [1] Banco Santander. *Metodologías de desarrollo de software: ¿qué son?* <https://www.becas-santander.com/es/blog/metodologias-desarrollo-software.html>. [Online; accessed 1-Mar-2022].
- [2] OpenWebinars. *Qué es un Sprint de Scrum*. <https://www.jobted.es/salario/ingeniero-inform%C3%A1tico>. [Online; accessed 1-Mar-2022].
- [3] Jobted. *Sueldo del ingeniero informático en España*. <https://openwebinars.net/blog/que-es-un-sprint-scrum/>. [Online; accessed 1-Mar-2022].
- [4] Nius diario. *La luz en modo montaña rusa y lo que nos espera este 2022*. https://www.niusdiario.es/economia/consumo/precio-luz-gas-2022-previsiones_18_3258948467.html. [Online; accessed 1-Mar-2022].
- [5] Bog Hughes y Mike Cotterel. *Software Project Management*. Fifth Edition. Mc Graw-Hill Education, 2009. ISBN: 978-0-07-7122799.
- [6] EAE Business School. *Guía PMBOK: definición, estructura y tips de estudio*. <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/que-es-la-guia-pmbok-y-como-influye-en-la-administracion-de-proyectos/>. [Online; accessed 1-Mar-2022].
- [7] J. Bogle. *Finanzas personales*. First Edition. New York: Editorial Willey, 2007.
- [8] Marcial Córdoba Padilla. *Mercado de valores*. Primera Edición. Instituto Mexicano de Contadores Públicos., 2020. ISBN: 9786075630243.
- [9] BBVA. *Activos financieros, ¿qué son?* <https://www.bbva.es/finanzas-vistazo/ef/fondos-inversion/activos-financieros.html>. [Online; accessed 2-Mar-2022].
- [10] Alejandro Scherk. *Manual de Análisis Fundamental*. Quinta Edición. INVERSOR EDICIONES, S.L., 2010. ISBN: 978-84-15304-01-2.
- [11] Isaac Kofi Nti, Adebayo Felix Adekoya y Benjamin Asubam Weyori. «A systematic review of fundamental and technical analysis of stock market predictions». En: *Artificial Intelligence Review* 53 (4 abr. de 2020), págs. 3007-3057. ISSN: 15737462. DOI: [10.1007/s10462-019-09754-z](https://doi.org/10.1007/s10462-019-09754-z).
- [12] Dev Shah, Haruna Isah y Farhana Zulkernine. «Stock market analysis: A review and taxonomy of prediction techniques». En: *International Journal of Financial Studies* 7 (2 2019). ISSN: 22277072. DOI: [10.3390/ijfs7020026](https://doi.org/10.3390/ijfs7020026).
- [13] Rankia. *Medias móvil simple, exponencial y ponderada: formulas y ejemplos*. <https://www.rankia.cl/blog/analisis-ipsa/2039072-medias-movil-simple-exponencial-ponderada-formulas-ejemplos>. [Online; accessed 2-Mar-2022].
- [14] Admiral markets. *¿Cómo operar con las Bandas de Bollinger?* <https://admiralmarkets.com/es/education/articles/forex-strategy/bandas-de-bollinger>. [Online; accessed 2-Mar-2022].
- [15] Enbolsa. *Análisis e Indicadores Técnicos. ¿Qué son y cómo utilizarlos?* <https://www.enbolsa.net/analisis-tecnico/>. [Online; accessed 2-Mar-2022].

- [16] Avatrade. *ROC trading strategies*. <https://www.avatrade.es/educacion/professional-trading-strategies/macd-trading-strategies>. [Online; accessed 2-Mar-2022].
- [17] Avatrade. *Accumulation/Distribution Indicator (A/D)*. <https://www.investopedia.com/terms/a/accumulationdistribution.asp>. [Online; accessed 2-Mar-2022].
- [18] StockCharts. *%B indicator*. https://school.stockcharts.com/doku.php?id=technical_indicators:bollinger_band_perce. [Online; accessed 2-Mar-2022].
- [19] Investopedia. *On-Balance Volume (OBV) Definition*. <https://www.investopedia.com/terms/o/onbalancevolume.asp>. [Online; accessed 2-Mar-2022].
- [20] Investopedia. *Average True Range (ATR)*. <https://www.investopedia.com/terms/a/atr.asp>. [Online; accessed 2-Mar-2022].
- [21] Economipedia. *Indicador ADX (Average Directional Index)*. <https://economipedia.com/definiciones/indicador-adx-average-directional-index.html>. [Online; accessed 2-Mar-2022].
- [22] John J. Murphy. *Análisis técnico de los mercados financieros*. Primera Edición. Gestión 2000, S.A., 2000. ISBN: 84-8088-442-8.
- [23] Ámbito financiero. *Tipos de gráficos más usados en el análisis técnico bursátil*. <https://ambito-financiero.com/tipos-de-graficos-mas-usados-analisis-tecnico-bursatil/>. [Online; accessed 2-Mar-2022].
- [24] Expansión. *Averiguar las tendencias del mercado*. <https://www.expansion.com/mercados/curso-invertir-bolsa/averiguar-tendencias-mercado.html>. [Online; accessed 2-Mar-2022].
- [25] Wikipedia. *Bolsa de valores*. https://es.wikipedia.org/wiki/Bolsa_de_valores. [Online; accessed 4-Mar-2022].
- [26] Economipedia. *Bolsa de valores*. <https://economipedia.com/definiciones/bolsa-de-valores.html>. [Online; accessed 4-Mar-2022].
- [27] Wikipedia. *S&P 500*. https://es.wikipedia.org/wiki/S%26P_500. [Online; accessed 4-Mar-2022].
- [28] gualestrit. *Los 11 sectores del S&P 500 y sus ETFs*. <https://www.gualestrit.com/los-11-sectores-del-sp-500-y-sus-etfs/>. [Online; accessed 4-Mar-2022].
- [29] Wikipedia. *Nasdaq*. <https://es.wikipedia.org/wiki/NASDAQ#Nasdaq-100>. [Online; accessed 4-Mar-2022].
- [30] Wikipedia. *Ibex 35*. https://es.wikipedia.org/wiki/IBEX_35. [Online; accessed 4-Mar-2022].
- [31] BME renta variable. *Listado de empresas y sectores*. <https://www.bmerv.es/esp/aspx/Empresas/EmpresasPorSectores.aspx?sector=05>. [Online; accessed 4-Mar-2022].
- [32] Wikipedia. *Stoxx Europe 600*. <https://www.bmerv.es/esp/aspx/Empresas/EmpresasPorSectores.aspx?sector=05>. [Online; accessed 4-Mar-2022].
- [33] Bit2me Academy. *¿Qué es una criptomoneda?* <https://academy.bit2me.com/que-es-una-criptomoneda/>. [Online; accessed 4-Mar-2022].
- [34] Xataka. *Qué es blockchain: la explicación definitiva para la tecnología más de moda*. <https://www.xataka.com/especiales/que-es-blockchain-la-explicacion-definitiva-para-la-tecnologia-mas-de-moda>. [Online; accessed 4-Mar-2022].
- [35] Bit2me Academy. *¿Qué es Bitcoin (BTC)?* <https://academy.bit2me.com/que-es-bitcoin-btc-criptomoneda/>. [Online; accessed 5-Mar-2022].

- [36] Wikipedia. *Bitcoin*. https://es.wikipedia.org/wiki/Bitcoin#Acontecimientos_notables. [Online; accessed 5-Mar-2022].
- [37] Wikipedia. *Ethereum*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Ethereum>. [Online; accessed 5-Mar-2022].
- [38] vozpópuli. *El mercado de materias primas*. <https://www.estrategiasdeinversion.com/herramientas/diccionario/mercados/mercado-de-materias-primas-t-1510>. [Online; accessed 5-Feb-2022].
- [39] Wikipedia. *Mercado de materias primas*. https://es.wikipedia.org/wiki/Mercado_de_materias_primas. [Online; accessed 5-Mar-2022].
- [40] Wikipedia. *El oro como activo financiero*. <https://www.finanzasclaras.es/el-oro-como-activo-financiero/>. [Online; accessed 5-Mar-2022].
- [41] Valora analytic. *¿Por qué el oro funciona como activo refugio?* <https://www.valoraanalitik.com/2021/03/15/por-que-el-oro-funciona-como-activo-refugio/>. [Online; accessed 5-Mar-2022].
- [42] Wikipedia. *Mercado de divisas*. https://es.wikipedia.org/wiki/Mercado_de_divisas. [Online; accessed 7-Mar-2022].
- [43] BBVA. *El mercado de divisas: ¿Qué es y cómo funciona?* <https://www.bbva.com/es/mercado-divisas-que-es-como-funciona/>. [Online; accessed 7-Mar-2022].
- [44] Rankia. *Análisis bursátil; ¿Qué es un precio de cierre ajustado?* <https://www.rankia.mx/blog/como-comenzar-invertir-bolsa/4320061-analisis-bursatil-que-precio-cierre-ajustado>. [Online; accessed 9-Mar-2022].

