



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Criptomonedas: ¿el oro del siglo XXI?

Autor: Esteban Moyano Herruzo

Clave:201602283

5o E-3 Analytics

Tutor: Luis Ángel Calvo Pascual

1.INTRODUCCION Y CONTEXTO	4
1.1 PERIODO HISTÓRICO Y ECONÓMICO.	6
1.2. OBJETIVO	7
1.3. METODOLOGÍA, ESTRUCTURA Y ANTECEDENTES.....	7
1.3.1 Metodología	7
1.3.2 Estructura del TFG	8
1.3.3 Antecedentes	9
1.4 ORO Y VALORES REFUGIO.....	12
1.5 BITCOIN Y BLOCKCHAIN.....	15
2.ANÁLISIS TÉCNICO.....	23
2.1 CANALES Y LÍNEAS DE TENDENCIA.....	24
Retrocesos porcentuales.....	26
2.2 OSCILADORES Y MEDIAS MÓVILES.....	27
Bandas de Bollinger.....	32
Osciladores.....	34
2.3 OTROS INDICADORES TÉCNICOS	36
Las velas japonesas	36
Indicador Ichimoku.....	39
Comparación inicial oro y Bitcoin.....	43
2.4 RESUMEN DEL ANÁLISIS TÉCNICO	44
3.ANALISIS DEL PRECIO DEPENDIENDO DEL TIEMPO	47
3.1 CURVE FITTING	47
3.1.1 EXCEL & Bitcoin	48
3.1.1 Curve Fitting & Bitcoin	56
3.1.2 EXCEL & Oro	59
3.1.2 Curve Fitting & Oro.....	61
Resumen problema optimización de ajuste de funciones	63
3.2 MACHINE LEARNING	64
3.2.1.Machine Learning & Bitcoin	66
3.2.2 Machine Learning & Oro	74
Resumen problema de optimización conMachine learning:.....	79
4.ANÁLISIS DEL PRECIO DEPENDIENDO DE OTROS FACTORES.....	81
4.1 Resumen del análisis del precio dependiendo de otras variables.....	87
5.CONSTRUCCIÓN DE ROBOTS TRADING.....	89
5.1 Resumen de la comparación de los robots	93
6.CONCLUSIONES.....	95
7.BIBLIOGRAFÍA.....	100
8.INDICE DE ILUSTRACIONES.....	103
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO.....	103
CAPITULO 2. ANÁLISIS TÉCNICO	103
CAPITULO 3. AJUSTE FUNCIONAL AL PRECIO.....	105
CAPITULO 4. ANÁLISIS DEL PRECIO DEPENDIENDO DE OTROS FACTORES	108
CAPITULO 5. CONSTRUCCIÓN DE ROBOTS TRADING.....	109

RESUMEN

En este trabajo vamos a estudiar si la criptomoneda Bitcoin se comporta como el oro en tiempos de crisis. En concreto, analizaremos con diversas técnicas cuantitativas si el Bitcoin se ha comportado como un valor refugio, es decir, como un activo que en situaciones de inestabilidad incrementa su demanda y su precio. Para llevar a cabo este análisis, estudiaremos el comportamiento del precio del oro y del bitcoin en varios períodos temporales empleando técnicas de: análisis técnico, estadística, *feature selection*, *curve fitting*, *machine learning*, robots de trading etc.

Palabras Clave: Bitcoin, Blockchain, Gold, Feature Selection, Criptomonedas, inflación, valor refugio, correlación, machine learning, tendencia y volatilidad

ABSTRACT

In this work, we will study if Bitcoin behaves like gold in times of crisis. Specifically, we will analyze with various quantitative techniques whether Bitcoin has acted as a refuge value, that is, as an asset that increases its demand and price in situations of instability. To carry out this analysis, we will study the behavior of the price of gold and bitcoin in various periods using techniques of technical analysis, statistics, feature selection, curve fitting, machine learning, trading robots, etc.

Keywords: Bitcoin, Blockchain, Gold, Feature Selection, cryptocurrencies, inflation, safe-haven value, correlation, machine learning, trend, and volatility

1.Introduccion y Contexto

Actualmente, la digitalización en todos los ámbitos económicos y culturales es un fenómeno imparable. La sociedad es cada vez más dependiente de lo digital, todo está conectado. En este contexto, surgen las criptomonedas como un nuevo sistema digital de pago y un activo de inversión financiero. El mercado de criptomonedas ha experimentado un fuerte incremento en su volumen de operaciones, desde su aparición por primera vez en 2008 hasta finales de 2021, momento en el que superó los 3 billones de dólares. De este volumen, el Bitcoin representa un 41% del total, como se indica en el artículo de Mena Roa (Ver [1]).

Las criptomonedas son un activo usado como pago y registro cuyas principales novedades son la descentralización y el uso de la tecnología para encriptar operaciones de manera segura. El valor de las criptomonedas experimenta variaciones vertiginosas y es difícil predecir su precio a corto, medio y largo plazo. Algunos expertos afirman que es una moda o una burbuja temporal y que tarde o temprano explotará, mientras que otros consideran que las criptomonedas son la moneda del futuro, al no depender de ningún banco central, y que terminarán convirtiéndose en activos de valor incalculable e incluso valores refugio.

A continuación, recogemos algunas de estas opiniones del artículo de Forbes Staff, “Oro vs. Bitcoin como inversión a largo plazo ¿Qué opinan los expertos? (Ver [2]):

El execonomista jefe y estratega de Merrill Lynch, David Rosenberg se decanta por el oro como una apuesta más segura ya que, “el oro tiene miles de años de datos históricos para demostrar que es un depósito de valor probado. El día en que la reina Isabel intercambie las cinco libras de oro de su corona por criptomonedas será el día en que cambiaré de rumbo”

El presidente y Ceo de Hecla Mining Company resalta como son activos totalmente diferentes y cree que las criptomonedas solo mejoraran la valoración de los metales como el oro y la plata.

Sylvia Carrasco fundadora de la plataforma Goldex que permite a los usuarios invertir en oro físico a través de su aplicación para teléfonos móviles también asegura que el oro es el valor seguro preferido y que el Bitcoin es solo una moda.

Por otro lado, hay muchos expertos que opinan lo contrario. Anthony Pompliano de Morgan Creek Digital Assets asegura que el Bitcoin es una mejora cien veces mayor que el oro como reserva de valor y que será el activo refugio por excelencia a finales de 2030 cuando su capitalización superé la del oro.

JP Thierot de Uphold defiende el Bitcoin mencionando su carácter finito, “Bitcoin también es finito, a diferencia del oro. Ningún aumento de la demanda puede cambiar eso. No hay elasticidad”.

Por otro lado, cabe resaltar que numerosos países han aceptado las criptomonedas en su economía según la encuesta Global de Consumidores realizada por Statista (Ver [3]):

Nigeria con el 32% es el país que más ha aceptado las criptomonedas le siguen, Filipinas con un 20% y luego con un 16% Turquía y Perú. Argentina posiblemente por la hiperinflación que están experimentando ha llegado al 14% y el primer país europeo de la lista es Suecia con un 11%. Resaltar como los países con inflación alta son de los que más han aceptado esta moneda en su economía. Estos países buscan en las criptomonedas un refugio, algunos ejemplos son Argentina, Perú, Venezuela, etc. Destacar como la crisis provocada por la guerra en Ucrania ha hecho incrementar el volumen de negociación del Bitcoin al incrementar el número de pequeños inversores rusos que tratan de protegerse frente a la caída del rublo.

Países como China y el Salvador han comenzado a permitir el uso de criptomonedas como moneda legal. El salvador es el único país actualmente que ha equiparado el Bitcoin a su moneda local el colón, (Ver [4]). Tienen el mismo estándar y se puede pagar con una u otra indistintamente. Como menciona Rodrigo Orellana en su artículo para Digitaltrends, “Criptomonedas: en qué países son legales y dónde están prohibidas” (Ver [5]), menciona la existencia de 64 países que ya permiten las transacciones privadas con criptomonedas entre los que se encuentran Argentina, Chile, Brasil, España, México, Venezuela, Estados Unidos, etc.

1.1 Periodo histórico y económico.

En este trabajo analizaremos brevemente la historia de ambos activos y su evolución. Nos centraremos en el periodo que va desde el día 17/06/2018 hasta el 17/02/2022. Esto nos permitirá estudiar cómo se comportaban ambos activos en tres situaciones globales diferentes:

1. Antes de una de las mayores crisis globales de la historia.
2. Durante esta crisis consecuencia de la pandemia mundial causada por el COVID-19.
3. La situación actual. Recientemente ha surgido una tensión política entre Ucrania y Rusia, que pese a haber antecedentes entre ambos países parece que la situación actual puede propiciar un conflicto bélico que hasta ahora no se había dado.

Estos dos periodos de inestabilidad de los mercados por las situaciones globales nos permitirán analizar y estudiar por partida doble el comportamiento de ambos activos en situaciones de inestabilidad política y económica y compararlos entre sí.

El artículo de la revista Investing, “¿Cómo afecta a las criptomonedas la guerra entre Rusia y Ucrania?” (Ver [6]), menciona como, el día 24 de febrero, día en que se inició el conflicto bélico entre ambos países, las criptomonedas de la misma manera que los mercados, cayeron hasta superar en algunos casos un 15% de su valor. El Bitcoin marco su precio más bajo de todo el mes a las 6.30 horas de la mañana cuando cotizaba a 34.405 dólares. Además, el artículo resalta como el oro, la deuda pública (bono alemán o de EE.UU. a 10 años, por ejemplo) y las materias primas energéticas como el petróleo y futuros de gas natural incrementaron su valor, poniendo en duda la calificación del Bitcoin como valor refugio.

1.2. Objetivo

En este trabajo estudiaremos con diversas metodologías cuantitativas el precio en dólares del Bitcoin y del oro en tres contextos socioeconómicos distintos: hasta el 2016, del 2016 al 2018 y del 2018 hasta hoy. Para ello, emplearemos diferentes herramientas cuantitativas: análisis técnico, análisis funcional, machine Learning y el rendimiento de dos robots de trading. Esto nos permitirá responder a la pregunta de si el Bitcoin es un nuevo valor refugio y si convendría invertir en él cuando se produzcan caídas en los precios debido a situaciones macroeconómicas.

1.3. Metodología, estructura y antecedentes

1.3.1 Metodología

Para llevar a cabo los anteriores objetivos, se ha contado con recursos bibliográficos, como el libro de referencia de Murphy para el análisis técnico, (ver [7]), artículos de investigación, vídeos explicativos, como los de Análisis técnico de Yuri Rabasa, (Ver [8]), reuniones semanales con el director y prácticas informáticas.

Los datos utilizados han sido extraídos de páginas especializadas como Investing, Atom finance, etc. Para hacer el análisis matemático se han usado diversas herramientas de software matemático como Matlab, SPSS, Excel, Python, etc.

1.3.2 Estructura del TFG

En primer lugar, realizaremos una introducción en la que estableceremos los periodos que estudiaremos y la situación económica en ellos. Haremos una breve introducción de ambos activos y del objetivo y metodología a seguir en el trabajo.

En el Capítulo 2 estudiaremos precios, volumen e historia del Bitcoin y del oro por separado. Además, haremos un análisis técnico de ambos activos analizando: canales, líneas de tendencia, osciladores, como el Ichimoku, y otros indicadores técnicos para obtener una idea descriptiva del comportamiento del precio.

Posteriormente, en el Capítulo 3 analizaremos cuantitativamente los precios, haciendo un ajuste funcional para ambos activos, utilizando primero funciones diferenciables en una variable simples y posteriormente utilizando herramientas de machine learning. Analizaremos las diferencias y obtendremos información que nos ayudara a responder a nuestra pregunta inicial.

En el Capítulo 4, analizaremos distintas variables para ver cuál de ellas tiene más correlación con el precio del Bitcoin. Intentaremos identificar patrones y con el modelo que nos proporcione machine learning realizar predicciones y estudiar si se ajustan a la realidad ya que, al ser un trabajo prolongado en el tiempo, podremos saber los datos reales y comparar.

En el Capítulo 5, crearemos dos robots de trading uno para cada activo y analizaremos en un periodo de tiempo las órdenes de compra y venta de cada uno y veremos si una vez más existe alguna similitud o si por el contrario están descorrelacionados.

Finalmente, en el capítulo 6 de conclusiones, intentaremos responder a la pregunta: Criptomonedas: ¿el oro del siglo XXI?, usando los estudios anteriores y fijando futuras líneas de investigación.

1.3.3 Antecedentes

Como **antecedentes** para nuestra investigación, además de los artículos citados en la bibliografía, hemos usado los siguientes artículos académicos:

El artículo de la revista Funds & Markets, “La inversión en oro y plata, alternativas ante la volatilidad de las criptomonedas”, (Ver [9]), este resalta como existen similitudes entre las inversiones en ambos activos “Los entendidos apuntan a que tanto los inversores en criptomonedas como los de metales preciosos muestran rasgos comunes, pues estos coinciden en diversificar evitando la compra de recursos tradicionales, demasiado expuestos a la inflación y a las crisis económicas”. Muchos expertos complementan sus carteras con ambos productos. Se mencionan también diferencias como el periodo de inversión entre activos siendo las inversiones en criptomonedas de carácter más especulativo y el de los valores refugio a largo plazo. Estudiaremos si dada las características de cada uno de los activos se realizan en un determinado periodo de tiempo más o menos operaciones.

El Bitcoin en sus orígenes destacaba por ser totalmente independiente de los mercados y esto era una de sus grandes ventajas ya que reducía mucho los riesgos de las carteras ya que su precio no estaba influenciado por los mercados. ¿Sigue siendo así? El artículo, “Bitcoin is not the New Gold – A Comparison of Volatility, Correlation, and Portfolio Performance” indica que el Bitcoin se comporta de manera completamente diferente al oro especialmente en momentos de incertidumbre e inestabilidad de mercado. Ya que el Bitcoin suele tener correlaciones similares al mercado en esas situaciones a diferencia del oro. (Ver [10])

Nikolai Kuznetsov en su artículo para COINTELEGRAPH, “Todos bajo el mismo paraguas: La correlación de Bitcoin con el oro y las acciones es cada vez mayor”, destaca como el Bitcoin está

cambiando, e indica como el Bitcoin ya no es un activo totalmente descorrelacionados como solía ser (Ver [11]). Según datos desde 2013 hasta principios de 2021 no había ningún patrón entre los movimientos de Bitcoin y otros mercados (Ver ilustración [1]), o activos que incluían el S&P 500, los bonos, el oro, los bienes raíces y otros, para el período de 2013 a 2019. Estudiaremos si esto continua así ya que el en su artículo recalca que ha existido un cambio evidente desde 2020. Nosotros con la ayuda de machine learning crearemos un modelo a partir de las variables más importantes con respecto al precio del oro y estudiaremos si existe o no un patrón.

Correlation between asset classes

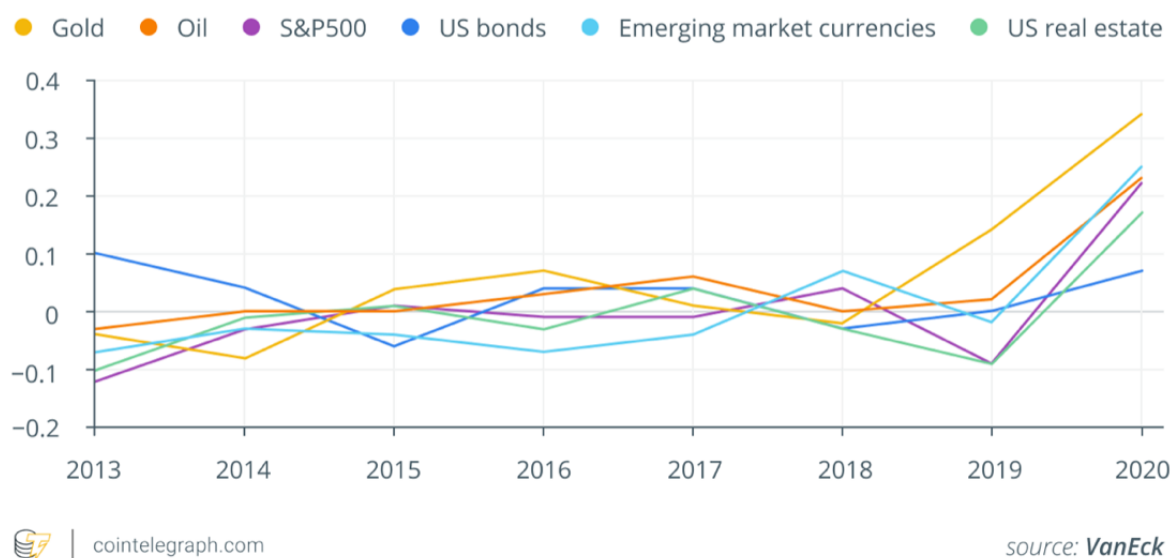


Ilustración 1
Correlación histórica entre diferentes tipos de activos.
(VanEck, 2021)

Moisés Santos, un experto en activos digitales ha estudiado otras criptomonedas que al igual que el Bitcoin se han revalorizado recientemente. Destaca su estudio y análisis de la criptomoneda, Cardano. Cardano se ha convertido en la tercera moneda por capitalización y volumen de mercado. Moisés explica la razón de este suceso de manera muy sencilla en sus declaraciones para la revista, Business Insider España (Ver [12]): “Cuando un proyecto se asoma con propósitos similares a Ethereum, e incluso le supera en potencial de escalabilidad, *fees* más bajos o mayor velocidad de transacciones, atrae las miradas tanto de inversores minoristas como institucionales”. Cardano se diferencia de sus dos principales competidores, Bitcoin y Ethereum al utilizar menos energía y procesar más operaciones por segundo. Cardano utiliza el protocolo proof of stake a diferencia de Bitcoin y Ethereum, esto puede resolver los problemas de rendimiento y escalabilidad que presentan el protocolo proof of work y mantener altos niveles de seguridad. Si se consigue hacer un hueco en el mercado y desplazar a Ethereum en la industria esta moneda puede tener un gran recorrido.

Los autores Francisco Jareño María de la O. González, Raquel López y Ana Rosa Ramos realizan un interesante análisis al comparar algunas criptomonedas como Bitcoin y Cardano con el precio del Barril de Brent durante la pandemia del COVID-19. Su trabajo, “Cryptocurrencies and oil price shocks: A NARDL analysis in the COVID-19 pandemic” este trabajo examina la conexión entre el petróleo y las criptodivisas en el periodo comprendido entre el 20 de noviembre de 2018 y el 30 de junio de 2020, realizando un estudio de la primera ola de la pandemia COVID-19. Ellos utilizaron la metodología NARDL, nosotros utilizaremos el análisis técnico, machine learning y robots de trading automatizados. (Ver[13])

Las criptomonedas son un fenómeno reciente, Olivier Kraaijeveld y Johannes De Smedt analizaron en su trabajo, “The predictive power of public Twitter sentiment for forecasting cryptocurrency prices”, el efecto que tiene las opiniones y el sentimiento de los usuarios en los precios de criptomonedas como Bitcoin y Ethereum. Buscaron ver hasta qué punto se puede utilizar la red social Twitter para predecir fluctuaciones y cambios en los precios de

las criptomonedas. Bitcoin es una moneda cuyo precio está afectado por el sentimiento de los usuarios veremos si en los periodos de inestabilidad esto afecta a su precio. (Ver [14])

Por último, Haoran Lyu un ingeniero chino en Big data y informática realizó un estudio para predecir el precio de Cardano con el uso de modelos de aprendizaje automático, visualización de datos y enfoques estadísticos. Su estudio, “Comparative performance of machine learning algorithms for Cardano cryptocurrency forecasting”, concluyó que el Gradient Boosting es el algoritmo más adecuado para predecir los precios de Cardano. Nosotros también utilizaremos las técnicas de machine learning para intentar predecir que algoritmo es mejor para predecir el precio del Bitcoin. (Ver[15])

1.4 Oro y valores refugio

El oro es uno de los elementos de la tabla periódica más maleable y dúctil que existen. Científicamente hablando el oro, símbolo Au, tiene un número atómico 79 y peso atómico 196.967; es un metal muy denso. El oro se clasifica como metal pesado y noble. El oro es un gran conductor de electricidad y es uno de los elementos con mayor resistencia a la corrosión.

El oro históricamente ha estado relacionado con el dinero, como un objeto valioso en cualquier cultura y país. En el año 550 antes de Cristo se acuñaron las primeras monedas de oro bajo el reinado del Rey Croesus de Lidia. La belleza natural del oro es la principal razón por la que muchas culturas han valorado dicho metal. Otra de las razones es su escasez en comparación con otros metales ya que representaba un signo de riqueza y poder. Hoy en día, el oro amarillo es el más común y popular pero no es el único, se puede encontrar este metal en diversos colores.

El rol del oro en las economías desarrolladas tuvo su estallido tras el inicio de la segunda guerra mundial. Al finalizar la guerra se creó el sistema monetario Bretton Woods, un régimen con tipos de cambios fijo. En 1971 Estados Unidos rompió su patrón oro y fijó la

convertibilidad de la onza de oro (28,35 g) al dólar en 35 dólares. Actualmente, el oro se rige por la regla de la oferta y la demanda.

El oro ha sido históricamente el valor refugio por excelencia. La resistencia a la inflación y la beta negativa en el modelo Capital Asset Pricing Model. Este modelo representa la variación en el precio de un activo respecto al total de un mercado. Es decir, cuando el mercado tiene una tendencia alcista este activo baja su precio y viceversa. Un activo con valor refugio reduce el riesgo total de una cartera ya que en caso de caer los mercados estos la sostienen.

El oro depende también de la inflación, hay crisis donde también puede bajar su precio, pero está demostrado que siempre que nos encontramos en periodos de inestabilidad económica, este metal es el mejor refugio. Esto se debe a que siempre vuelve a recuperar su poder adquisitivo con el paso del tiempo. Además del oro, la deuda pública alemana o americana y las divisas de aquellos países con economías fuertes, debido a su poca volatilidad y dada su menor exposición a los mercados también se les reconoce como valores refugio. Recientemente y con el auge de la tecnología y las criptomonedas se ha llegado a pensar en estas, como un posible nuevo activo refugio. Las principales cualidades de dichos activos son: su liquidez, una mayor seguridad a la hora de no sufrir impagos y su comportamiento más estable y predecible que otros productos financieros.

La página web *Economipedia* define los valores refugio como, “Un activo con menor volatilidad que otros activos y cuyo precio suele aumentar cuando el crecimiento económico se contrae o existe incertidumbre.”(Ver[16])

Este tipo de valores, no solo suelen mantener su valor durante tiempos de inestabilidad, sino que en muchas ocasiones y debido a la mayor demanda de estos, suelen incrementarlo. Durante la crisis del 2008 debido a su alta demanda el valor del oro se disparó. Desde los 650 dólares la onza antes de que empezase la crisis llegando a precios superiores a los 1000 dólares la onza. Posteriormente la Reserva Federal bajó los tipos de interés para reducir el

coste de préstamos y estimular la economía que se tradujo en una bajada en la cotización de este metal.

El oro, al ser un activo refugio, suele ser muy estable y su precio suele variar de forma muy ligera por lo que cuando hay situaciones de inestabilidad su demanda incrementa. Históricamente siempre que ha existido inestabilidad geopolítica internacional, el oro vuelve a despertar interés en los inversores. Algunos ejemplos recientes son: el referéndum sobre el Brexit o las últimas elecciones presidenciales en los Estados Unidos. Durante la pandemia del Covid-19, este suceso volvió a ocurrir. El oro se ha revalorizado más de un 30% desde que sufrimos la primera ola de la pandemia y está ocurriendo lo mismo con la actual situación en Ucrania.

La liquidez es clave para que un activo sea considerado un valor refugio. La liquidez de un activo viene determinada por la oferta y la demanda. Esta se transforma en la capacidad de convertir un activo en dinero efectivo de forma inmediata sin que esté sufra una pérdida significativa de valor. La mayoría de las criptomonedas debido a su alta demanda y bajo valor siempre han contado con esa alta liquidez que representaba uno de los principales atractivos de estas. El volumen diario del oro es incluso superior y se encuentra alrededor de 72.760 millones diarios.

En los últimos años las monedas virtuales como *Ethereum*, *Dogecoin* o el propio *Bitcoin* se han convertido en un tema de conversación muy común entre los inversores en bolsa. Revalorizaciones como la del Bitcoin en los últimos 5 años en más de un 10.337% y sus fluctuaciones en el mercado llama la atención a los inversores al ver estos una oportunidad de sacar altas rentabilidades con su compraventa en un periodo temporal corto.

El artículo, “¿Are cryptocurrencies a safe haven for equity markets? An international perspective from the COVID-19 pandemic”, hace un gran análisis entre los valores refugio y las criptomonedas durante el mercado bajista de la crisis del coronavirus (Ver [17]).

El concepto de refugio de inversión, motivado por la aversión a la pérdida de los inversores es lo que motiva a los inversores a buscar los valores refugio como explican Tversky Y Kahneman en su teoría. Los inversores prefieren evitar las pérdidas a adquirir ganancias equivalentes (Ver [18]).

Urquhart y Zhang examinaron las propiedades de cobertura y refugio seguro de diversas criptomonedas y encontraron algunas pruebas de que Bitcoin, el oro y el índice de materias primas son refugios seguros débiles, pero que este comportamiento varía en el tiempo (Ver [19]).

Por último, Guesmi et al. (2019) encontró pruebas y patrones que indicaban que una cartera compuesta por oro, petróleo y acciones en mercados emergentes descendía su riesgo introduciendo criptomonedas como el Bitcoin su principal razón siendo la diversificación de las carteras introduciendo activos con Betas negativas como el Bitcoin. (Ver [20]).

1.5 Bitcoin y blockchain

En 2008 aparece por primera vez la palabra Bitcoin, en un correo enviado bajo el pseudónimo de Satoshi Nakamoto. El mensaje hablaba de un proyecto para crear, “un nuevo sistema de efectivo electrónico” que funcionase “totalmente peer-to-peer y que no está basado en terceros de confianza” es decir la primera criptomoneda. (Nakamoto, Bitcoin P2P e-cash paper, 2008). Dicho mensaje llevaba el título, “Bitcoin P2P e-cash paper” y el destinatario era una lista de correo sobre criptografía que pertenecía a la sociedad limitada Metzger, Dowdeswell & Co. LLC. El citado documento, (Ver [21]), sigue disponible en la dirección web: <http://www.bitcoin.org/bitcoin.pdf>.

No es hasta el 3 de enero de 2009 que se crea la primera red basada en el proyecto Bitcoin. Además, se pone en marcha un software de código abierto, es decir un software en el que todos los usuarios pueden colaborar independientemente para ayudar a resolver el problema.

Gracias a la tecnología *blockchain* se empiezan a crear nodos y empieza la minería del Bitcoin. Esta actividad, que inicialmente se percibía como un juego, ya que consistía en resolver problemas matemáticos aleatorios que servían para validar bloques y pasar de nivel. A cambio de realizar esta tarea, el que resolviese el problema más rápido recibía una recompensa, un Bitcoin. Por aquel entonces el valor de las criptomonedas era nulo y la gente veía aquello como un pasatiempo.

¿Qué es el Blockchain? El *blockchain* es un procedimiento de encriptación y registro de operaciones financieras que funciona de la siguiente manera: cuando se produce una transacción la información (tiempo, dinero, comprador, vendedor, llave criptográfica, etc.) se transmite a un conjunto independiente y descentralizado de ordenadores que la revisan por pares, estos comprueban que se verifica la ecuación criptográfica y agrupan la información en un bloque (*block*), que forma parte de una cadena (*chain*) conformando un historial de transacciones de una criptomoneda (Ver Ilustración[1]).



Ilustración 2
Como funciona blockchain.
(Wild , Arnold, & Stafford, 2015)

El bloque de génesis, el bloque inicial del *blockchain* Bitcoin es creado por el propio Satoshi Nakamoto, dicho bloque sería la base para todos los posteriores nodos del proyecto. En 2010, se realizó la primera compra con Bitcoin de la historia. Laszlo Hanyecz pagó 10.000 bitcoins (41 dólares entonces) por 2 pizzas de Papa John's. Aquella cantidad de insignificantes monedas virtuales valen 10 años después 3.900 millones de dólares. Desde entonces se empezaron a crear las primeras plataformas de intercambio de Bitcoins y dinero local. Fue entonces cuando se empezó a revalorizar esta moneda y se empezó a usar en negocios y compraventas de todo tipo en la red basándose en la metodología *blockchain*.

Se estima que en el año 2040 se terminará la minera de Bitcoin. Será entonces cuando todos los 21 millones de Bitcoins hayan sido minados. El trabajo computacional en el que consiste la minería del Bitcoin no es otro, que conseguir los códigos de verificación de transacciones que conforman la red *blockchain* y una gran base de datos con los códigos de las transacciones realizadas. El protocolo Bitcoin se construyó de manera que los Bitcoins que reciben los usuarios por minar se reducen a la mitad cada cuatro años, este proceso se llama halving. Es decir, dentro de cuatro años por el trabajo que hace un ordenador hoy de decodificación y verificación de transacciones se recibirán la mitad de los Bitcoins que hoy.

Otra de las principales características de las criptomonedas es su seguridad. Esta cualidad es una de las que más caracteriza y más atrae a los inversores. Una de las técnicas que proporciona dicha seguridad en las operaciones con criptomonedas es la función hash. La palabra hash representa una función criptográfica. Estas funciones codifican datos para formar cadenas de caracteres únicas sin importar la cantidad original de datos. Algunos de los usos de estas funciones son el almacenamiento de datos y contraseñas, asegurar la autenticidad de datos y operaciones y la firma de documento electrónicos. El algoritmo que usa Bitcoin es el SHA-256. Cuando hay un cambio en un archivo o una venta de un Bitcoin su hash también cambia automáticamente. Cada una de estas cadenas de caracteres única y está vinculada a la anterior y permite probar y garantizar la coherencia de todos los bloques. (Ver Ilustración [3] y [4])

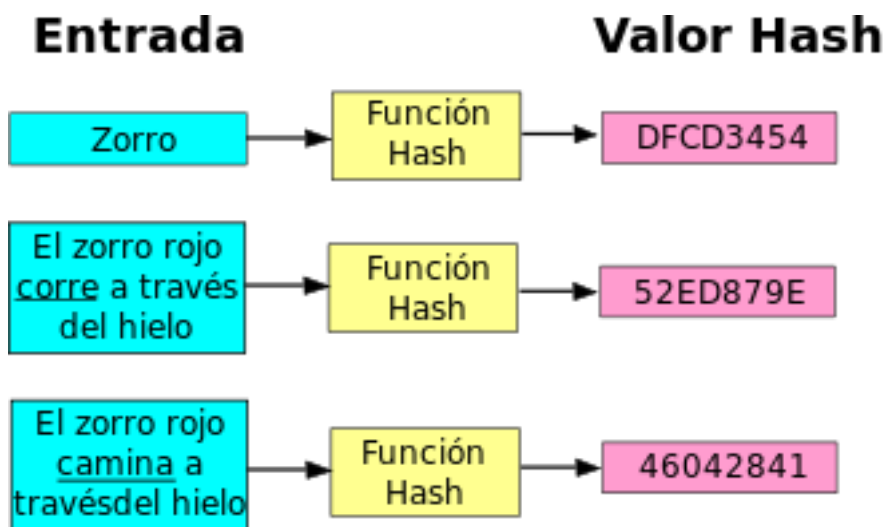


Ilustración 3
Ejemplo de la función hash
(https://es.wikipedia.org/wiki/Función_hash, s.f.)

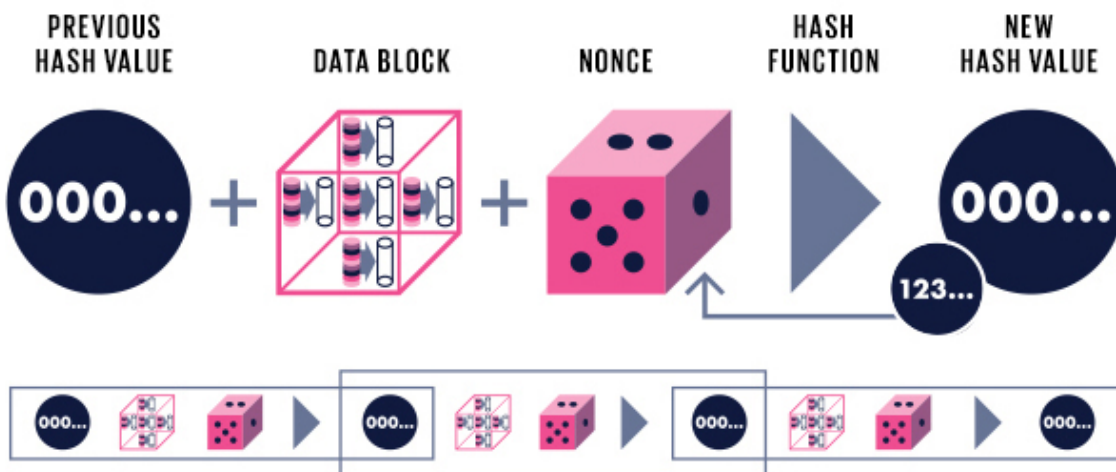


Ilustración 4
Ilustración de la prueba de trabajo en Bitcoin. Imagen CC: IEEE Spectrum
“Explicación: ¿Qué es el hash en blockchain?”, Bybit Learn

Otra característica que atrae a muchos inversores es el hecho de que sean financieramente descentralizadas, no existe un banco central, lo que también acarrea polémicas. Es solo y exclusivamente la ley de la oferta y la demanda lo que define el valor de dichos activos, pero también los sentimientos de los usuarios lo que provocan fluctuaciones incontrolables. Elon Musk, el conocido dueño de Tesla, reconoció en Twitter poseer varias criptomonedas, pero no Shiba. Dicha moneda se deprecio un 20% ese día. No existe una autoridad o ente de control que pueda regular su emisión o que tenga constancia de sus movimientos. Esto se traduce en una baja latencia y escasas comisiones. La encriptación también se traduce en pagos irreversibles por lo que un error no puede ser subsanado y la pérdida de las monedas digitales es definitiva esto es un hecho que hace pensar a algunos expertos que su precio seguirá creciendo en el futuro más lejano al disminuir su número.

El anonimato en las transacciones es otra de las características que atraen a los inversores. Sin embargo, el Bitcoin inicialmente fue una vía perfecta para financiar actividades ilícitas. La complejidad para descifrar las transacciones hizo que las autoridades se viesen totalmente desbordadas al no ser capaces de descifrar quien había detrás de estas. Un estudio de la Universidad de Sídney equiparaba el volumen de actividad ilegal de Bitcoin a la venta de drogas en Estados Unidos y Europa. Además, afirmaba que un 25% de los usuarios de Bitcoin están asociados a actividades ilegales. Hay que destacar el cierre de la página web “Silk Road” por el FBI y la detención de su dueño Ross William Ulbricht acusado de proporcionar una plataforma en línea para que los traficantes de drogas de todo el mundo vendieran anónimamente narcóticos. Además, también servía de “mercado negro” para la compra y venta de otras sustancias ilegales, incluido el software malicioso utilizado para la piratería informática y armas.

El hecho que exista una cantidad limitada e inalterable es uno de los mayores atractivos de esta moneda. El creador original del Bitcoin, bajo el seudónimo, Satoshi Nakamoto, decidieron crear una moneda deflacionaria. Este tipo de monedas tienen una oferta fija o decreciente y una demanda constante. El Bitcoin como se mencionó anteriormente, no está

sujeto a una autoridad central que pueda regular su valor o acuñar nuevas unidades cuando sea necesario. El proceso halving, explicado anteriormente, es el que permite al Bitcoin ser una moneda deflacionaria y mantener su valor hasta que todos los tokens sean minados. Muchos expertos opinan que el Bitcoin ganará más valor en el futuro debido a su suministro menguante.

Esto preocupaba a muchos inversores al poder suponer una pérdida de liquidez con el tiempo. Veían inevitable que ocurriese un fenómeno de acaparamiento en el futuro ya que la mayoría de la gente se abstendría de intercambiar o pagar con sus tokens debido a su alto valor y la posibilidad de un valor aún superior en el futuro. Sin embargo, la divisibilidad infinita de la moneda ha resuelto este problema. Han aparecido plataformas que tienen por objetivo hacer de mediador en las compraventas de Bitcoins o fracciones de unidades de esta moneda. Estas plataformas también conocidas como Exchanges son un punto de encuentro que permite a compradores y vendedores interesados realizar intercambios de token a cambio de dinero o de otras criptomonedas. Las transacciones que se realizan en estas “casas de cambio online” son las que luego determinan en función del precio y la cantidad de las ofertas su valor en el mercado. Algunos de los mayores exchanges del mundo son Binance, Coinbase y FTX. (Ver ilustración [5])

# ▲	Nombre	Puntaje del exchange ⓘ	Volumen (24h)	Liquidez prom.	Visitas semanales ⓘ	# Mercados	# Monedas	Compatible con fiat	Gráfico de volumen (7d)
1	 Binance	9.9	\$14,959,845,748 ▼ 13.12%	814	24,448,014	1657	393	AED, ARS, AUD and +43 more ⓘ	
2	 Coinbase Exchange	8.3	\$1,975,008,738 ▼ 24.68%	725	2,952,564	494	167	USD, EUR, GBP	
3	 FTX	8.3	\$1,472,226,265 ▼ 8.81%	762	4,294,539	451	317	USD, EUR, GBP and +7 more ⓘ	
4	 Kraken	8.0	\$781,801,611 ▼ 14.82%	735	1,851,046	454	130	USD, EUR, GBP and +4 more ⓘ	
5	 KuCoin	7.7	\$1,634,604,208 ▼ 8.93%	600	3,280,351	1193	616	USD, AED, ARS and +45 more ⓘ	

Ilustración 5

Exchanges con mayor volumen y liquidez diarios.

(Coinmarketcap, s.f.)

Esta enorme revalorización del Bitcoin y una liquidez semi-estable proporcionada por los exchanges han propiciado que muchos inversores las comparen con el oro a pesar de su alta volatilidad actual y han llegado a decir que el Bitcoin se ha convertido en: “El oro del siglo XXI”, “El oro digital” o “El activo refugio idóneo”. El Consejo Mundial del Oro publicó un informe en el que comparaba ambos activos y resaltaba sus principales diferencias como se puede observar en (Ver [22]). En el documento publicado el 25 de enero de 2021, se destaca como el oro tiene una liquidez diaria mucho mayor y hacen hincapié en la volatilidad y en la diferencia que existe entre ambos activos:

"En nuestra opinión, el oro es muy diferente a las criptomonedas, ya que este en menos volátil, tienen un mercado mucho más líquido y lo más importante cotiza en un marco regulatorio establecido, otra diferencia es que el oro juega un papel muy importante en las carteras de inversión, en cambio las criptomonedas tienen diferentes fuentes de suministro y demanda".

El artículo también cita las diferencias en volatilidad, comparando el oro con el Bitcoin. El oro se ha apreciado algo menos que un 10% anual, 43.5% en los últimos 5 años frente los ya mencionados 10.337% del Bitcoin en los últimos 5 años.

El Consejo Mundial del Oro también habla de la liquidez de ambos activos. Menciona la falta de un mercado estable para las criptomonedas. Por último, compara el mercado de criptomonedas en general con el del oro. Estiman que el volumen del mercado de criptomonedas tendría un valor estimado de 800.000 millones una cifra muy pequeña comparada con el del oro. Además, Bitcoin representa un volumen diario de 2.000 millones de dólares esta cantidad es un 1% de la negociación diaria del oro, 250.000 millones de dólares.

El valor de cualquier activo viene determinado por la oferta y la demanda. El artículo menciona las diversas procedencias de la demanda del oro y resalta la escasez de la demanda del Bitcoin fuera de los mercados. La demanda del oro corresponde un 50% al sector de la joyería, un 30% a las inversiones, 10% en tecnología, 6% los bancos centrales y un 4% otros. Termina enumerando aspectos clave que diferencian ambos activos entre los que se encuentra: La diferencia en el suministro, la regulación de ambos y su condición de activo estratégico son algunos de los ejemplos.

2.ANÁLISIS TÉCNICO

El análisis técnico es el estudio de la acción del mercado bursátil. Se utilizan graficas para anticipar los movimientos de subida y bajada de un activo. Existen dos principales teorías y técnicas para la realización de un análisis técnico. La técnica de las velas japonesas y la teoría de Dow.

La primera técnica utilizada para realizar análisis técnicos fue las velas japonesas. Como su nombre indica tiene su origen en Japón en la década del siglo XVII. Entonces fue utilizada para analizar el mercado de futuros del arroz. En Japón los señores feudales vendían sus cosechas de arroz futuras para costearse su alto nivel de vida. Esta venta a futuro creo mucha especulación y fruto de esta especulación nació el análisis técnico japonés.

Sokyu (Munehisa) Homma (1716-1803) nació con el nombre de Kosaku Kato y fue adoptado por la familia Homma aceptando su apellido. Se le reconoce como el creador de la teoría, era un comerciante japonés que hizo una fortuna equivalente a 10 mil millones en la actualidad vendiendo y comprando en el mercado de futuros de arroz japonés. Se cree que fue el primer comerciante en usar los precios de apertura, cierre, máximos y mínimos para realizar análisis técnicos e invento la técnica de las velas japonesas. Descubrió como las emociones de la población influía en la oferta y la demanda del arroz y uso esto para ganar una fortuna.

Por otro lado, la mayoría de expertos coinciden en que el análisis técnico nace realmente a finales del siglo XIX con Charles Henry Dow, creador de la teoría y el índice Dow Jones. Su teoría, aunque basada en reglas muy sencillas tuvo un gran éxito y sigue siendo utilizada por muchos analistas hoy en día. El libro, *Análisis técnico de los mercados financieros* de John Murphy reduce el enfoque técnico, del análisis técnico a tres premisas básicas (Ver [7]):

El primero, “los movimientos del mercado lo descuentan todo”, el precio de un activo y sus medias recoge toda la información desde la situación macroeconómica a la de la empresa en sí ya que estos tendrán una repercusión en la oferta y la demanda.

El segundo, “los precios se mueven por tendencia”. Los mercados se mueven por tendencias, estas pueden ser alcistas, bajistas o laterales. La teoría de Dow habla de cómo analizar e identificar dichas tendencias y sus diferencias. Dow equiparaba las tendencias en los mercados bursátiles a las mareas del mar y consideraba que existían tres partes: primaria, secundaria y menor/terciaria en una tendencia. La primaria la asemejaba a la marea o en una gráfica la tendencia global del precio a lo largo del tiempo. La secundaria era dentro de la marea cada una de las olas en un gráfico esto sería la comparación de las medias de un ciclo a otro. Por último, la terciaria o menor que las asemejaba a las ondas de las olas. Esto sería la comparación entre las medias de varios días seguidos.

Por último, “la historia se repite” al igual que el comportamiento humano. El mercado se mueve en ciclos, este principio es muy importante para predecir futuras variaciones y tendencias ya que al estar sujeto a la ley de la oferta y la demanda si somos capaces de anticipar el comportamiento humano usando situaciones pasadas podremos anticiparnos al mercado.

2.1 Canales y líneas de tendencia

En algunas ocasiones se puede apreciar como los precios se mueven entre líneas paralelas imaginarias llamadas canales, si estos se identifican pueden ser muy útiles para inversores y analistas. El problema de esta técnica es el hecho de que no es fácil apreciar dichas líneas al no estar claramente marcadas o que en ocasiones hay varias. Mientras mayor sea el número de datos sean analizados para crear estos canales más fiables serán normalmente. Un buen

canal es aquel en el que la tendencia suele tocar y cambiar varias veces sin sobrepasarlo significativamente sirviendo el canal de paredes imaginarias para el precio.

Los canales como las tendencias se pueden mirar a largo plazo o en un espacio temporal más reducido. La línea inferior del canal se traza cogiendo varios mínimos. Se puede apreciar cuando el precio llega a la línea inferior esta funciona de soporte y el precio rebota. La línea de tendencia ascendente básica se puede utilizar para predecir cambios de tendencia e invertir en posiciones largas.

Como se aprecia en la imagen en los puntos verde se puede advertir un cambio de tendencia de negativa a positiva por lo que invertir en posiciones largas nuevas puede traer beneficios. Mucho más arriesgado es hacer el ejercicio contrario. Usar la línea de canal para iniciar posiciones cortas. En los puntos naranjas se puede apreciar los momentos en los que de haber abierto una posición corta se habría beneficiado el inversor. Los puntos rojos reflejan el peligro mencionado ya que de haber abierto una posición corta habría sufrido pérdidas.

Mientras más tiempo permanezca el precio en un canal y más veces se ponga a prueba este más seguro es y menos riesgo para el inversor.

Canal Oro 3 Años



Ilustración 6

Canal del oro. Rupturas del canal en los últimos 3 años por el precio del oro.

Canal Bitcoin 2 años



Ilustración 7

Canal del Bitcoin. Rupturas del canal en los últimos 2 años por el precio del Bitcoin.

Retrocesos porcentuales

Después de un movimiento del mercado los precios vuelven a recorrer una parte de la oscilación previa antes de continuar con la tendencia en la dirección original. Estos movimientos contra tendencia o retrocesos sirven para identificar la fuerza que tiene una tendencia. Lo normal es que el retroceso sea de la mitad del movimiento anterior es decir si pasamos de un valor 200 a un valor 300 el retroceso sea hasta el 250 antes de volver a subir. Los retrocesos del 33% suelen darse cuando estamos en correlación de una tendencia fuerte. En cambio, un retroceso del 66% suele indicar que la tendencia esta próxima a cambiar y no es conveniente abrir una posición. Destacar los retrocesos porcentuales del Bitcoin en los

meses de febrero- marzo de 2020 cuando cayó un 40% en un mes debido al COVID-19. En la Ilustración 8 se muestran ejemplos de retrocesos porcentuales.

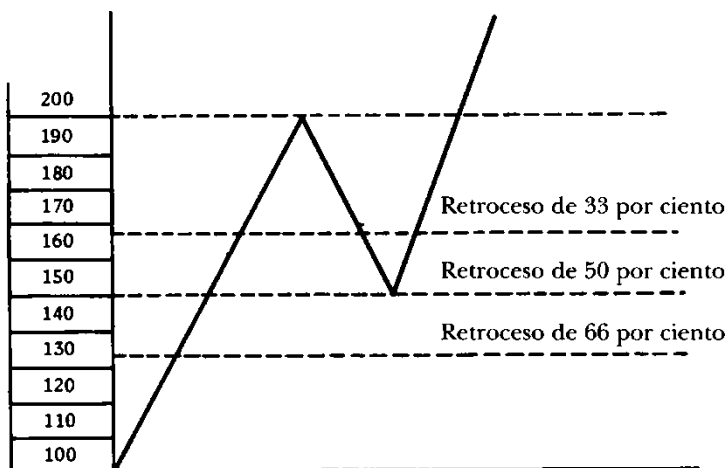


Ilustración 8

Explicación grafica de los retrocesos porcentuales.

Murphy, J., Análisis técnico de los mercados financieros, (1986).

2.2 Osciladores y medias móviles

La media móvil es un indicador de tendencia que se basa en un numero de datos pasados determinado para estimar un valor promedio futuro de un bloque de información. Es un sistema muy simple ya que es muy fácil cuantificar el valor y verificarlo posteriormente.

A diferencia de otras técnicas como puede ser el análisis de un gráfico, esta técnica es objetiva y fácil de usar. Además, al ser una operación matemática tan simple se puede programar para que los genere un ordenador esto hace que sean precisas y no haya dudas en la información que representan.

Una media móvil puede ser simple, ponderada linealmente o ponderada exponencialmente.

Las medias móviles simples o medias aritméticas, suman los k datos seleccionados y dividen entre k se les da a todos los datos la misma importancia. Si se coge una cantidad de datos grande es inevitable que exista un desfase cronológico.

$$P_{t+1} = \frac{P_t + P_{t-1} + P_{t-2} + \dots + P_{t-k}}{k}$$

Debemos entender que la media móvil no se anticipa a la acción del mercado, sino que reacciona a ella. Sirve para ver los cambios en la tendencia y si hay cambios de dirección en esta. La media móvil suaviza los cambios bruscos, haciendo un promedio de la información anterior se puede representar mejor la tendencia ya que nos permite suavizar valores anómalos ya sean muy positivos o negativos.

El número de datos que cojamos, k , es muy importante. Si k es muy grande podríamos tener un desfase cronológico. Al ir la línea de media móvil por detrás del modelo, si por ejemplo usamos una k de 20 y venimos de una tendencia alcista y cambia la tendencia nuestra media móvil tardaría más en representarlo que si tuviese un k de 10 ya que los valores iniciales seguirían contrarrestando la nueva información y resultaría en un desfase cronológico. En la imagen se puede apreciar una media móvil con $k=10$ que se ajusta bastante bien a la línea de tendencia del mercado. Luego se puede apreciar otra media móvil con $k=100$ y su desfase temporal.

Bitcoin



Ilustración 9

Media móvil simple Bitcoin con línea roja con índice $k=10$ y con línea azul $k=100$. Desfase en la media por el número de datos.

Las medias móviles ponderadas, atribuyen más peso a los datos más recientes en comparación con los datos más antiguos. El dato más reciente se multiplica por K , el siguiente más reciente por $K-1$ y así hasta no haber más datos.

$$P_{t+1} = \frac{P_t * k + (P_t - 1) * (k - 1) + (P_t - 2) * (k - 2) + \dots + (P_t - k)(1)}{k + k - 1 + k - 2 + \dots + 1}$$

Esta técnica suaviza el problema del desfase cronológico. Al dar más peso a los valores más recientes el valor futuro estimado se parecerá más al último dato obtenido que al dato de hace 10 días. La media ponderada linealmente sigue teniendo el problema que solo se analizan y se tienen en cuenta los k datos seleccionados. Aquí se puede apreciar como el desfase para la $k=100$ es mucho menor que en el caso anterior. No desaparece por completo, pero es muy inferior en comparación con la media móvil simple.

Bitcoin



Ilustración 10

Media móvil ponderada del precio del Bitcoin con $k=10$ (rojo) y $k=100$ (azul).

Si comparamos ambas graficas se puede apreciar que con la media ponderada como se le da más importancia a los datos más cercanos al punto se ajusta más al valor real. Se puede apreciar especialmente en el caso de $k=100$ el desfase no esta tan acentuado.

Por último, la media móvil suavizado exponencialmente, esta media asigna un peso mayor a la información más reciente haciendo así que la predicción futura se aproxime más a los datos más nuevos que a los antiguos sin dejar de tener estos en cuenta. Además, gracias a esta media se puede tener en cuenta todos los datos del precio que se conocen. Por último, se puede ajustar el peso para dar más o menos importancia al precio de cierre más reciente.

$$P_{t+1} = a * P_t + (1 - a) * P_{t-1}$$

En la formula anterior se asume que $k=2$, en este caso la constante a es una constante suavizadora que va de 0 a 1 si a es superior a 0.5 esto significa que se le da más peso al valor más recientes y viceversa. Usamos una media exponencial con $k=100$ y se puede ver como suaviza el desfase temporal incluso más que la media ponderada.



Ilustración 11

Media móvil suavizado exponencial Bitcoin con $k=50$ (rojo)

Aunque es una técnica muy sencilla las medias móviles son muy útiles. Muchos expertos las usan para generar señales de compra. Mediante el uso de una media móvil corta (k pequeño) y una larga (k larga), cuando la media corta cruza la media larga esta indica un cambio de tendencia y esto les genera una señal de compra. Se ven identificadas dichas situaciones con los puntos verdes en la siguiente grafica. Utilizamos un media móvil exponencial con $k=10$ y otra con $k=50$.



Ilustración 12

Identificando señales de compra con el uso de dos medias móviles con diferentes periodos 10 y 50 y sus cruces.

Bandas de Bollinger

Las bandas de Bollinger complementan muy bien a las medias móviles. Son dos bandas de fluctuación una por encima de la media móvil y otra por debajo. Este instrumento nos permite valorar cuando un activo esta sobrecomprado o sobrevendido. Si la media móvil se acerca a su banda superior estamos ante el primer caso y habría que vender puesto que puede indicar un cambio en la tendencia del activo. En caso de que se acercase a la inferior habría que comprar ya que estaríamos en una situación en la que hay mucha más oferta que demanda por lo que el precio es bajo. Veamos un ejemplo de esto, usando las bandas de Bollinger con dos desviaciones típicas y una media móvil exponencial de $k=50$ con el oro y el Bitcoin, los puntos verdes indican compra y los rojos venta.

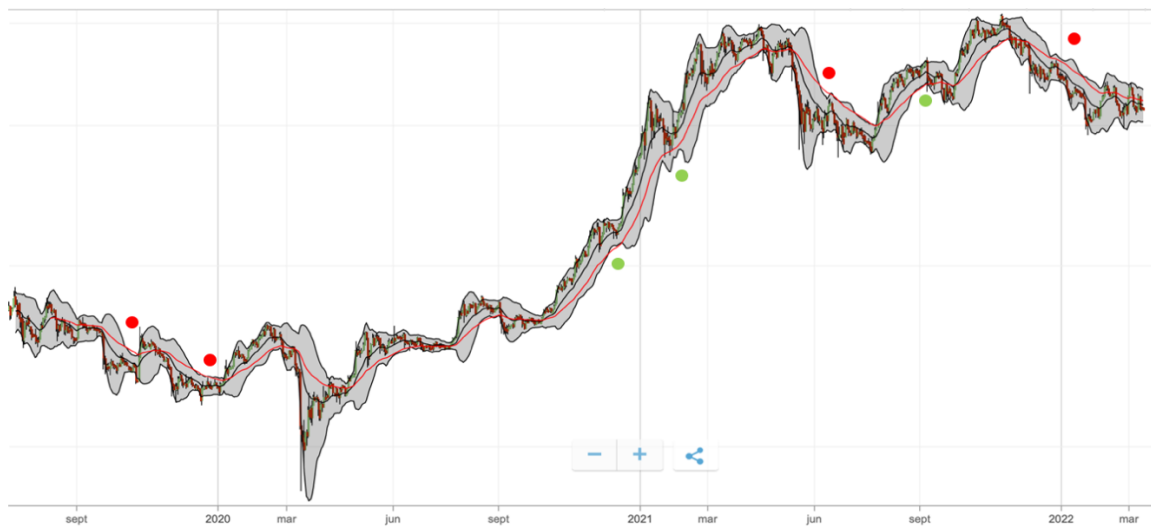


Ilustración 13 y 14

Bandas de Bollinger Oro y Bitcoin. Media móvil exponencial $k=50$ (línea roja), precio real (línea negra). Identificando señales de compra y venta cuando la media móvil se acerca a uno de los bordes de la banda.

Podemos apreciar como las bandas de Bollinguer se ensanchan cuando surge el COVID en marzo de 2020. La media móvil hacía indicar que al estar en el borde inferior se abriría una

buena oportunidad de compra, pero la pandemia mundial hizo caer los precios provocando el ensanche de las bandas, llegando el precio a salirse de estas. Se observa como las bandas del oro se empieza a ensanchar a principios de 2022 coincidiendo con el conflicto de Ucrania y Rusia ya que los inversores buscan protección frente a la inestabilidad del mercado y su demanda crece. Sin embargo, igual que el oro su mayor ensanche también se produjo en marzo 2020 con la llegada de la pandemia. Justo con la llegada de la pandemia vemos como aparecen rápidamente opciones de compra en el oro, demostrando una vez más como los inversores buscan este activo refugio en casos de inestabilidad. Esta demanda aparece en el Bitcoin, pero tarda más en ocurrir.

Osciladores

Los osciladores son indicadores secundarios muy útiles que deben subordinarse al análisis básico de la tendencia. Estos indicadores son muy útiles en mercados que carecen de tendencia, es decir, un mercado en el que los precios se mueven con una tendencia lateral. Los osciladores si usados correctamente a la vez que las medias móviles también pueden servir para advertir a los usuarios de situaciones en las que un activo esta sobrecomprado o sobrevendido. También pueden advertir cuando una tendencia está perdiendo fuerza antes de que se refleje en el precio y permita al operador anticiparse. Suele introducirse una línea 0, que divide la banda horizontal en dos mitades y sirve de indicador para los cambios de tendencia.

Cuando un oscilador llega al extremo inferior o superior de la banda esto indica que es un buen momento para abrir posiciones a larga o corta respectivamente. Resaltan 3 situaciones en la que los osciladores son extremadamente útiles:

1. Cuando el oscilador se acerca mucho al límite superior o inferior.
2. El oscilador marca una disparidad con el precio.
3. En los momentos que el oscilador intersección con la línea 0.

Se usa el momento como medida, este representa la velocidad del cambio de los precios. Se calcula tomando precios continuadamente en un espacio temporal determinado.

Introduciendo un oscilador podemos ver los momentos en los que podríamos haber sacado beneficios desde agosto del año pasado momento en el cual el oro empezó a tener una tendencia lateral. Simplemente comprando cuando se aproximase a las bandas inferiores y vendiendo o abriendo posiciones cortas cuando se aproximase a la banda superior.



Ilustración 15

Uso de Osciladores para identificar señales de compra y venta para el Oro. Oportunidad de compra(verde) y venta(rojo).

El oscilador que se aprecia en el gráfico es un oscilador de periodo 14 y con las bandas de marca en +3 y -3. Podemos apreciar como cuando ha habido grandes olas de Covid-19 el oscilador se ha acercado al límite superior indicando un buen momento para vender. Esto ocurrió en marzo de 2020 y se repitió en enero de 2021. A medida que transcurría el tiempo y las condiciones mejoraban se abrían oportunidades de compra. Se puede observar el mismo patrón con el conflicto de Ucrania y Rusia, como el oscilador se va acercando al borde

superior a medida que va incrementando la tensión ya que se incrementa la demanda del activo.

2.3 OTROS INDICADORES TÉCNICOS

Las velas japonesas

Hemos mencionado esta técnica y su origen, ahora estudiaremos su función y utilidad. Esta técnica no es independiente ni mucho menos. De hecho, es necesario conocer la tendencia para poder utilizarla y el uso de la media móvil previamente estudiado de 10 periodos suele complementar muy bien esta técnica. Cuando hablamos de velas nos referimos al análisis y la creación de las velas en particular, pero también a combinaciones de velas que se dan los mercados y que con el paso del tiempo se han analizado y probado.

Una vela es un gráfico muy simple en el que se representa el valor de apertura, cierre, máximo y mínimo en un día. Cuando una vela es blanca o verde, significa que el precio del cierre fue superior al de apertura subió de valor. Cuando la vela es negra o roja significa lo contrario el precio de apertura fue superior al de cierre. Los máximos y mínimos del periodo se representan con unos palitos que se denominan pabilos, pelos o sombras. Si la diferencia entre el precio de apertura y de cierre es significativa esa vela es grande y se considera un día largo y viceversa si hay poca diferencia es un día corto. En ocasiones hay días que el precio de apertura y cierre son similares, pero durante el día hubo una gran fluctuación estos días de indecisión se llaman perinolas.

Se puede dar también el caso que el precio de apertura y cierre sea el mismo, aquí son los pelos de la vela los que nos aportan información ya que un pelo o sombra superior indica una tendencia bajista y si fuese al revés solo sombra inferior nos indicaría una tendencia alcista. El número de combinaciones de velas es muy grande por lo que haremos un análisis de las combinaciones de nuestros dos activos el Bitcoin y el oro.

Patrones de velas conocidos



Ilustración 16

Representación y muestra de patrones de velas de cambio de tendencia conocidos. Circulo azul representa un patrón de cobertura de nube oscura. El circulo verde, patrón de línea penetrante.

Patrones de Cambio de Tendencia

a) Cobertura de nube oscura

El primer patrón que identificamos al estudiar las velas del grafico es el patrón conocido como cobertura de nube oscura. Se caracteriza por ser un patrón de dos velas donde la primera verde o blanca refleja una tendencia alcista del mercado y la segunda negra o roja abre por encima del precio del día anterior pero solo se producen operaciones el resto del día por un precio inferior con un precio de cierre a la mitad del cuerpo de la vela del día anterior. Esto confirma un cambio de tendencia de alcista a bajista y es una señal para salir del mercado.

b) Línea Penetrante

Este patrón es el espejo del explicado anteriormente. En este caso la primera vela es una vela roja que confirma la tendencia bajista y la segunda es una vela verde que aun abriendo con un precio inferior cierra con un precio superior más o menos a la mitad de la primera vela. Se puede apreciar y confirmar posteriormente un cambio de tendencia de bajista a alcista.



Ilustración 17

Representación y muestra de patrones de velas confirmatorios de continuación de tendencia actual. Circulo amarillo identifica un patrón de tres métodos descendentes.

Patrones confirmatorios de continuación de tendencia actual

a) Tres métodos descendentes:

Este patrón es un patrón confirmatorio, es decir, nos indica que la tendencia negativa actual va a continuar. El patrón es una primera vela roja o negra, seguida de un grupo de velas pequeñas que como grupo tienden al alza y parecen no afectar al mercado para terminar con una gran vela roja que cierra con el mínimo precio hasta el momento. Como soportan además los canales la tendencia bajista continuo durante un buen periodo de tiempo.

Los mencionados anteriormente son solo algunas de las combinaciones conocidas. Si es cierto que son las más contrastadas y conocidas. Existen numerosos tipos de velas con diferentes nombres y que representan diversidad de cambios o mantenimiento de una tendencia y cuyo estudio nos llevaría mucho tiempo.

Indicador Ichimoku

El indicador Ichimoku es un indicador más complejo que los vistos anteriormente. Este instrumento del análisis técnico surge en 1968 por Goichi Hosoda. Goichi Hosoda era un columnista que entendió que podía obtener una comprensión del sentimiento del mercado, de la tendencia y de la fuerza de esta.

Todo esto utilizando cinco líneas que sirven de soportes y resistencias. La intersección de estas líneas son las que nos indican las señales y nos permiten adelantarnos. Los nombres de las líneas son los siguientes:

1. Tenkan-Sen, (línea de Conversión, azul) es una media móvil de 9 periodos.
2. Kijun-Sen, (línea Base, roja) media móvil de 26 períodos.
3. Senkou Span A, (línea Dirigente A, la frontera verde de la nube), media móvil de la Línea de Conversión y Base proyectada 26 períodos hacia adelante en el tiempo.
4. Senkou Span B, (línea Dirigente B, la frontera roja de la nube) media móvil de 52 períodos proyectada 26 períodos hacia adelante en el tiempo.
5. Chikou Span, (línea Atrasada, Amarillo) precio de cierre del periodo actual proyectado 26 períodos hacia atrás en el tiempo.
6. Precio Real del Oro (línea negra).

La nube es el elemento clave de este indicador. Representa áreas de soporte y resistencia. Esta nube es formada por las líneas Dirigentes Senkou Span A y Dirigentes Senkou Span B. Vamos a intentar identificar tendencias y correcciones para el oro y el Bitcoin y así tener una primera comparación de ambos.



Ilustración 18
Gráfico representando el Indicador Ichimoku en el activo Oro.

En primer lugar, identificaremos las tendencias y correcciones:

En la imagen se aprecian áreas verdes y rojas. Cuando el precio real del oro está por encima de la nube esto indica una tendencia alcista. El precio se desarrolla por encima de la nube, indicando que la tendencia es alcista, es decir el precio real está por encima de las líneas verde y roja que crean las áreas de colores. En junio de 2020 se aprecia una tendencia alcista muy fuerte y en mayo 2021 una tendencia negativa. Si el precio se encuentra dentro de la nube como ocurrió en octubre 2019 la tendencia es neutral. Podemos observar hasta 15 correcciones de tendencia en un periodo temporal de 2 años y medio. Cuando la nube cambia de verde a rojo es una corrección en marcos de la tendencia bajista y cuando cambia de rojo a verde alcista.

A continuación, determinaremos los soportes y resistencias:

Los soportes son un nivel de precio que sirve de barrera para indicar que si el precio baja ese nivel se espera que la demanda del bien supere al de la oferta y suba el precio, cambiando así el impulso bajista en el que se encuentre y haciendo repuntar el precio.

Las resistencias son los conceptos opuestos a los soportes, de sobrepasar el precio la demanda será inferior a la oferta y el precio retrocederá.



Ilustración 19

Indicador Ichimoku en Oro. Representación rupturas de soportes y resistencias por el precio.

Puntos (verdes) se respetaron soportes y resistencias, en (rojos) se rompieron y en (amarillos) temporalmente.

Cuando el precio real está por encima de la nube, es decir, nos encontramos en una tendencia alcista la línea Senkou Span A, la línea verde frontera de la nube sirve del primer nivel de soporte de la tendencia alcista y la línea Senkou Span B sirve de segundo nivel de soporte.

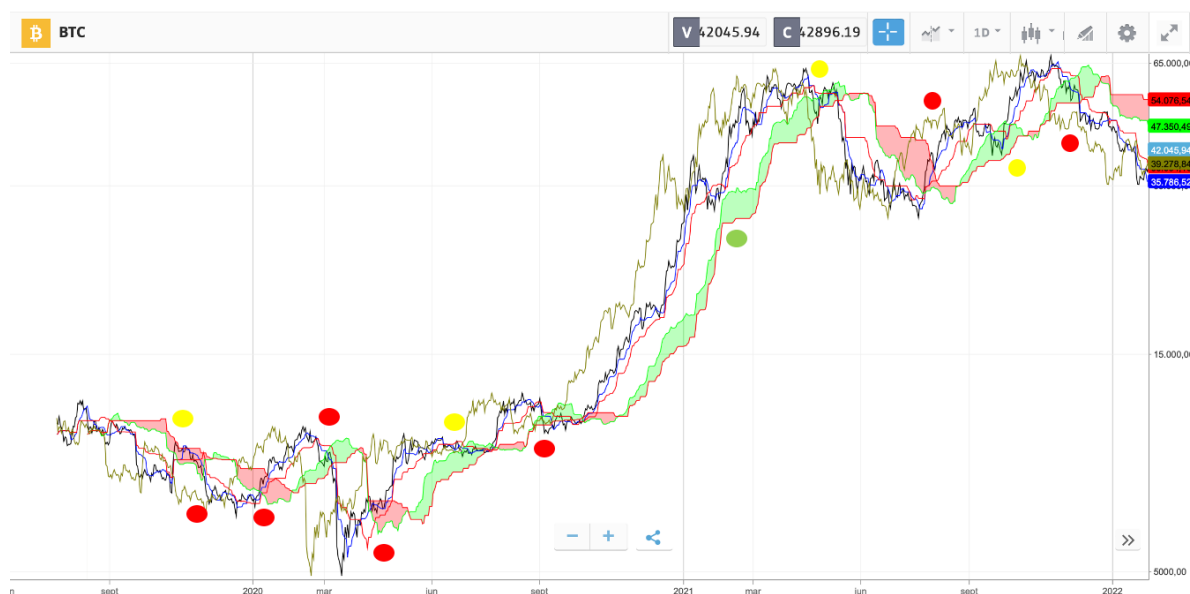
De la misma manera funcionan de resistencias en las tendencias bajista siendo la línea Senkou Span A el primer nivel y la línea Senkou Span B el segundo.

Observamos como en los puntos verdes sí que funcionan los indicadores y no se rompen soportes. En cambio, las resistencias tienen menos efecto y se ve en los puntos rojos como se rompen hasta en varias ocasiones ambos niveles salvo en el punto amarillo donde se aprecia un pequeño soporte temporal.

Señales de compra y venta:

Cuando nuestra línea Tenkan-Sen (línea de Conversión, azul) cruce de abajo hacia arriba la línea Kijun-Sen (línea Base, roja) es un indicador de compra fuerte y viceversa.

En un periodo de 2 años y medio ha habido 9 roturas de soportes y resistencias en el oro.



Tenemos un periodo temporal más pequeño. Vemos una tendencia alcista muy prolongada que va de septiembre de 2012 hasta mayo 2017. El Bitcoin en un periodo más pequeño rompe más resistencias y soportes que el oro. Se debe a su mayor volatilidad. Si nos fijamos en la línea de color pistacho vemos como en el caso del Bitcoin está mucho más separada del precio que en el caso del oro. Esa línea refleja la media de los 26 periodos anteriores en el tiempo. Lo que nos indica mayores diferencias entre los precios de cierre de unos días y otros. En el caso del oro la línea pistacho se encuentra siempre muy pegada al valor real del oro ya que no es tan volátil.

Comparación inicial oro y Bitcoin

Cuando se estudian por separado es más complicado apreciar la diferencia entre ambos activos ya que se ajustan las escalas. Para terminar este primer análisis técnico compararemos las tendencias de ambos en un mismo gráfico de manera que todo lo indicado en este primer capítulo se pueda entender mejor.



Ilustración 21

Comparación a escala de la fuerza de las tendencias y amplitud de canales entre el oro y el Bitcoin.

El Bitcoin es un activo más volátil, que se representan en grandes subidas, como la de finales de 2021 y bajadas como la de mayo de 2021. En general es una tendencia alcista fuerte. El oro es el activo refugio por excelencia varía muy poco su precio y tiene una tendencia ligeramente alcista pero comparada con la del bitcoin parece lateral. Cuando se comparan las variaciones en la misma escala se aprecia como el Bitcoin es mucho más volátil. El canal de tendencia del Bitcoin varía en un 312% mientras que el del oro en un 24%. Además, se aprecia como el Bitcoin rompe ese canal significativamente mientras que el oro lo hace de forma muy ligera y durante un periodo de tiempo insignificante.

2.4 Resumen del análisis técnico

El Bitcoin es mucho más **volátil** que el oro y su precio está mucho más condicionado por el **sentimiento** del mercado. Esto provoca que existan buenas oportunidades para hacer trading

con el Bitcoin. El Bitcoin como asegura Ollie Leech, editor de *CoinDesk*, uno de los principales portales de noticias sobre criptodivisas, es hoy en día muy volátil por el hecho de que: “los inversores son muy susceptibles a la emoción y al miedo y la codicia, con lo que se obtienen estas reacciones del mercado realmente extremas.” (Ver [23])

Si comparamos los canales de ambos activos desde 2020 hasta hoy a pesar de la pandemia, vemos como el canal del oro tiene una anchura de 639 \$ y una variación positiva del 55% mientras que el del Bitcoin tiene un canal de 26.789 \$ y una variación positiva de 461%. Lo mismo ocurre con la anchura de las **bandas de Bollinger** el Bitcoin tiene una **mayor anchura** respecto al oro.

Ambos osciladores se ajustan bien a los precios. En el caso del Oro hasta en dos ocasiones en el periodo estudiado usando exceso de compras +3 y -3 refleja la existencia de una situación de sobre compra que aconseja una venta inmediata. Posteriormente, se confirmó esta indicación con unas caídas del precio considerables. En el caso del Bitcoin, con los mismos límites no se da ninguna situación de exceso de compra y venta debido a su mayor canal y variaciones diarias.

El **oro respeta más los soportes y las resistencias**, el Bitcoin en cambio tiene cambios de tendencia más fuertes y rompe estas resistencias con mayor facilidad y frecuencia. La tendencia del oro es alcista pero muy suave, el Bitcoin en cambio ha experimentado una tendencia alcista muy fuerte en los cinco últimos años y ha respetado razonablemente las resistencias salvo cuando se han dado ocasiones excepcionales como el COVID o el conflicto de Ucrania y Rusia.

Muy importante tener en cuenta las escalas y el periodo temporal a la hora de analizar y comparar varios activos. A finales de 2021, el precio del oro y del Bitcoin era similar y se cruzaron varias veces, pero rápidamente se distanciaron significativamente. Ahora mismo el Bitcoin es 15x más caro que el oro. Los indicadores son fundamentales para analizar las

tendencias y las oportunidades de mercado. Combinarlos nos puede ayudar a verificar y asegurar nuestras predicciones de mercado.

El **canal del Bitcoin es considerablemente más alcista** que el del Oro ($461\% > 55\%$). Además, el precio del Bitcoin rompe más veces el canal debido a una **mayor volatilidad** aun habiendo establecido un canal mucho más ancho (4 roturas Bitcoin > 1 rotura del oro). El indicador **ichimoku del oro es más seguro para invertir** ya que el Bitcoin en un periodo más pequeño rompe más resistencias y soportes que el oro. En el caso del Oro se aprecian 10 periodos de tendencia alcista en el cual el precio estaba por encima de la nube y solo 7 bajista además menos severos y con duración inferior. Por otro lado, el Bitcoin **solo tiene 6 periodos de tendencia alcista**, pero hay que resaltar el que va de noviembre de 2020 hasta mayo de 2021. Solo se aprecian 4 periodos de tendencia bajista. Todo esto siendo el periodo estudiado del Bitcoin en este caso un año inferior.

3. ANALISIS DEL PRECIO DEPENDIENDO DEL TIEMPO

Hasta ahora para analizar el precio de las criptomonedas y el oro hemos usado análisis técnico, basado en la estructura del precio en canales y en otros gráficos y osciladores tendenciales. Ahora vamos a afinar el modelo matemático, buscando las funciones que mejor se ajusten a una serie de precios que tomaremos como muestra. Para ello, emplearemos curve fitting y machine learning.

3.1 Curve fitting

El problema del ajuste funcional consiste en, dada una muestra de precios durante una serie finita de períodos de tiempo, encontrar la mejor función, de entre una familia de funciones parametrizada, tal que el error R^2 respecto de los datos reales sea mínimo. Por ejemplo, si la familia de funciones son rectas o parábolas, consiste en calcular la recta de regresión o la parábola de regresión, cuyos coeficientes se pueden calcular con fórmulas cerradas que involucran matrices. En este caso, se trata de un problema de Álgebra Lineal. Cuando no son polinomios, hay que resolver un problema de optimización. Realizaremos dos ajustes uno con el uso de la herramienta Excel y el uso de funciones polinómicas y formulas cerradas y otro con Matlab que nos permitirá elegir la mejor función y tramos para garantizar que no haya overfitting.

3.1.1 EXCEL & Bitcoin

Empezaremos nuestro análisis de tendencia del Bitcoin realizando un gráfico de dispersión en el que se mostrara el valor medio del precio del activo desde que empezó a cotizar en bolsa hasta el día de hoy.

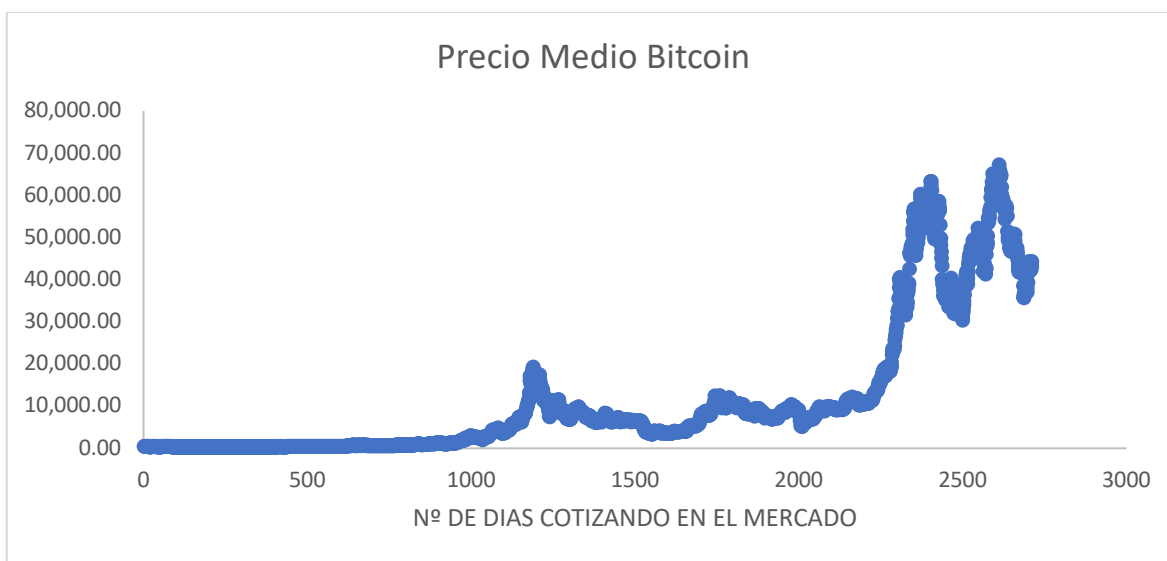


Ilustración 22

Precio medio diario Bitcoin números en nuestro periodo temporal identificados del 1 al 2712. (Elaboración propia, Excel).

Realizaremos un análisis de la tendencia de la gráfica por bloques para poder identificar las distintas funciones de forma muy sencilla. Se trata de un problema de optimización en el que trataremos de encontrar los parámetros en una familia de funciones que minimizan el error cuadrático.

Bloque Uno (0-800):

El primer bloque, está compuesto por los precios que tenía el Bitcoin entre las fechas 10/09/2014 y el 24/11/2016. Como se puede observar en la gráfica, este primer bloque tiene una tendencia lineal ligeramente alcista. Si analizamos la tendencia y la forma de dispersión de los datos, se puede apreciar como inicialmente cae ligeramente y luego empieza a subir haciendo una pequeña U. Es por esta razón por la cual es una ecuación de segundo grado la que mejor se adapta a la dispersión inicial, un poco aleatoria, de los datos.

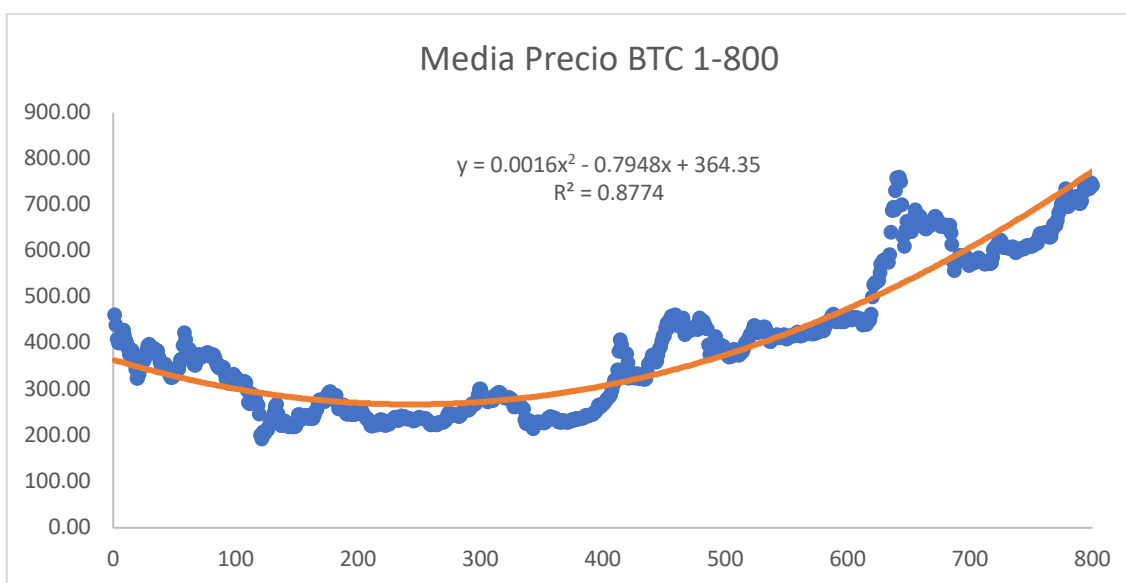
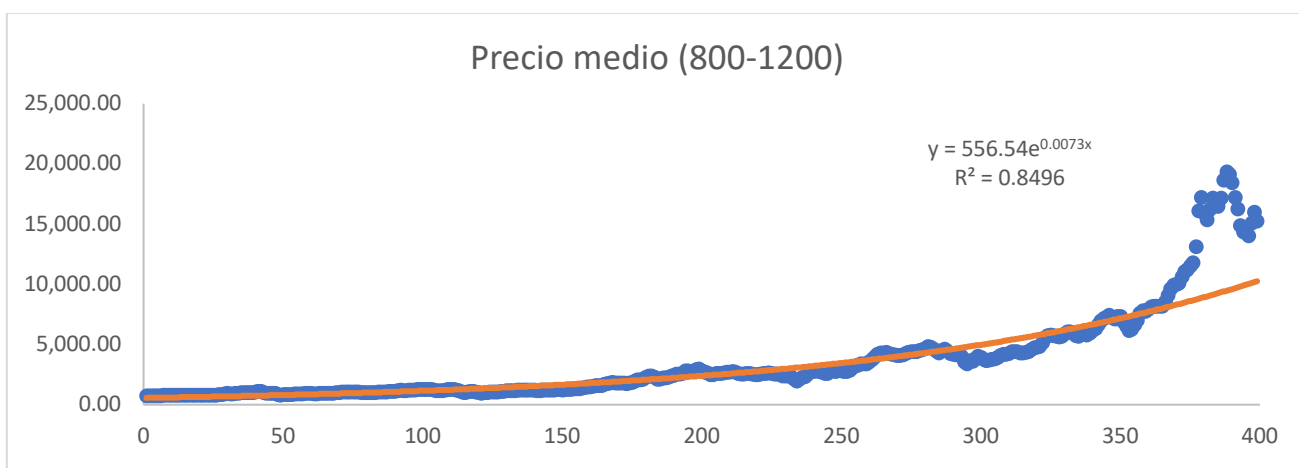
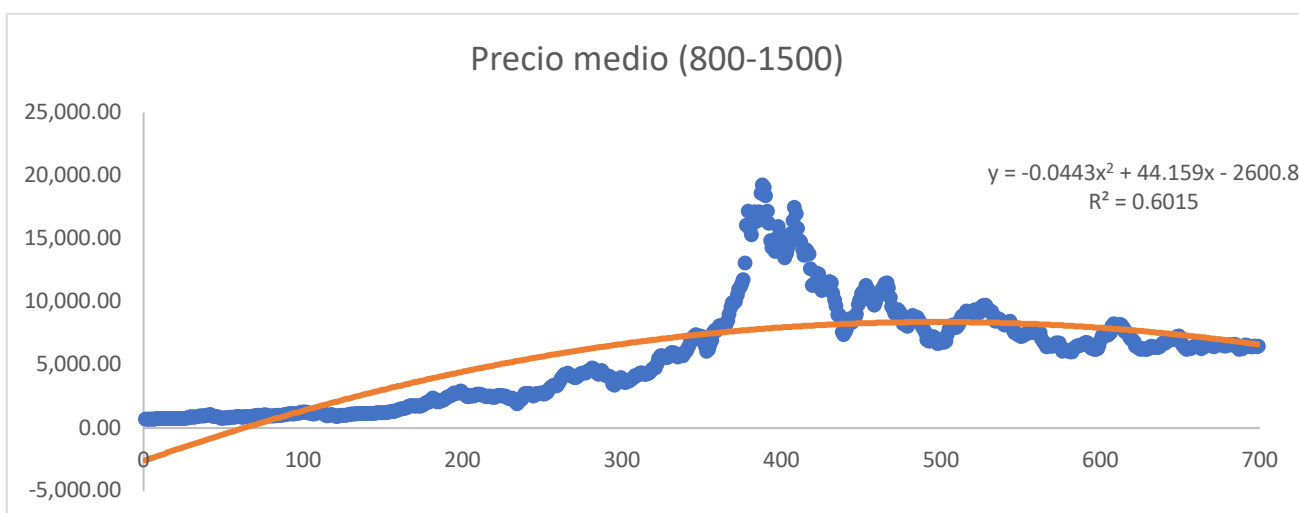


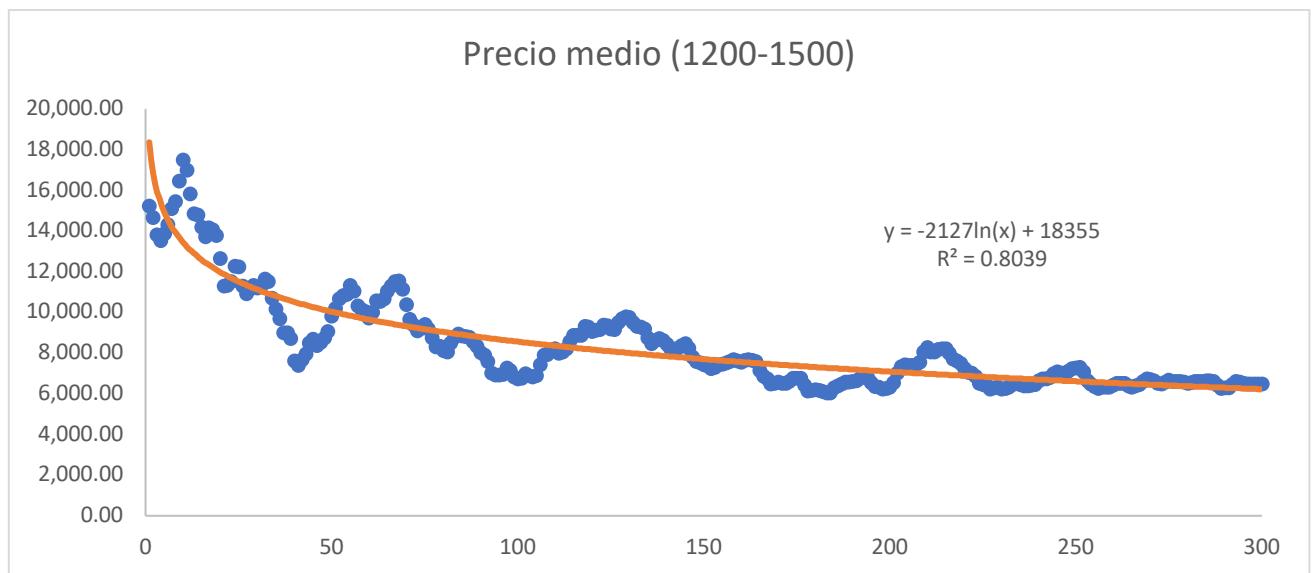
Ilustración 23

Precio medio diario Bitcoin primeros 800 días con función simple que mejor se ajusta y su R^2 . (Elaboración propia, Excel).

Bloque Dos (800-1500):

Entre el 25/11/2016 y el 24/10/2018 Nos encontramos con el primer pico en el valor del Bitcoin. Rápida y vuelve a caer a su valor línea de tendencia original. Debido a este pico la curva que mejor se ajusta es la cuadrática, pero si lo analizamos por separado (800-1200) y (1200-1500) vemos que son las curvas exponenciales y logarítmicas respectivamente las que mejor se adaptan. Al usar estas curvas podemos observar cómo nuestro valor para el R^2 aumenta considerablemente indicando la mayor correlación entre las dos variables.





Ilustraciones 24,25 y 26

Precio medio diario Bitcoin entre los días 800 y 1500. Dividido en 2 para un mejor ajuste funcional.

(Elaboraciones propias, Excel).

Bloque Tres (1500-2400):

Vuelve a suceder el mismo suceso entre las fechas 25/10/2018 y el 11/04/2021. Un nuevo pico en el precio ya que el fenómeno Bitcoin empieza a ser más conocido y hace que los inversores se interesen. Todo esto vuelve a disparar el precio esta vez una curva con una ecuación de tercer grado la que nos facilita el mejor R^2 .

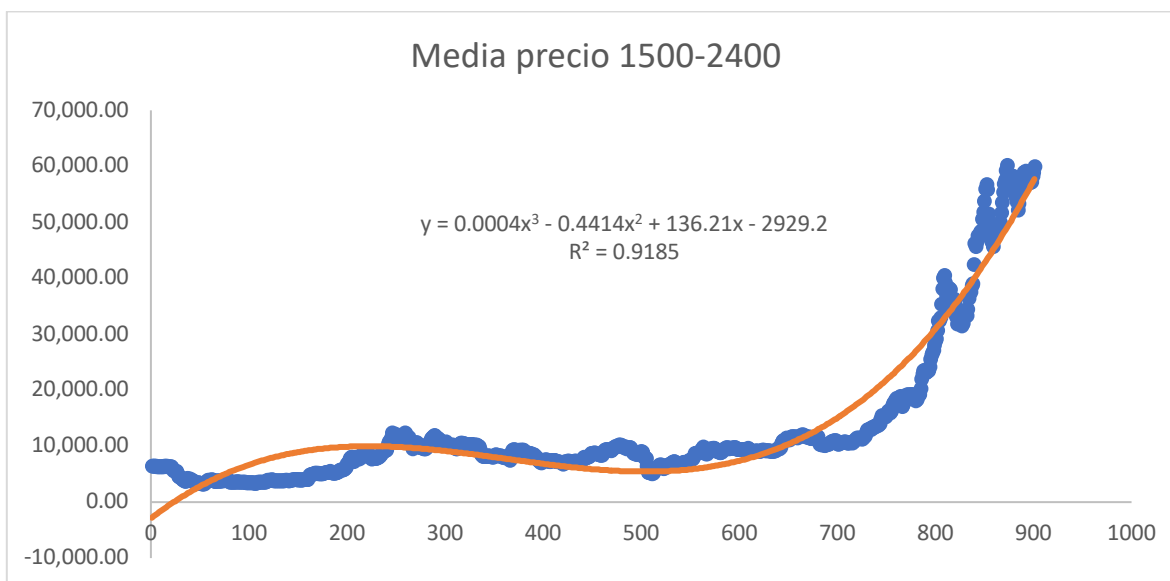


Ilustración 27

Precio medio diario Bitcoin 1500-2400 días. Función simple que mejor se ajusta en ese tramo y su R^2 .
(Elaboración propia, Excel).

Bloque Cuatro (2400-2500):

Se confirmo que era un pico el día 12/04/2021 cuando se da un cambio de tendencia de alcista a bajista hasta el día 20/07/2021. Del mismo modo que subió ahora baja con una curva con coeficiente exponencial negativo. La gradiente de esta linea es muy alta y el R^2 tambien lo que representa un buen ajuste.

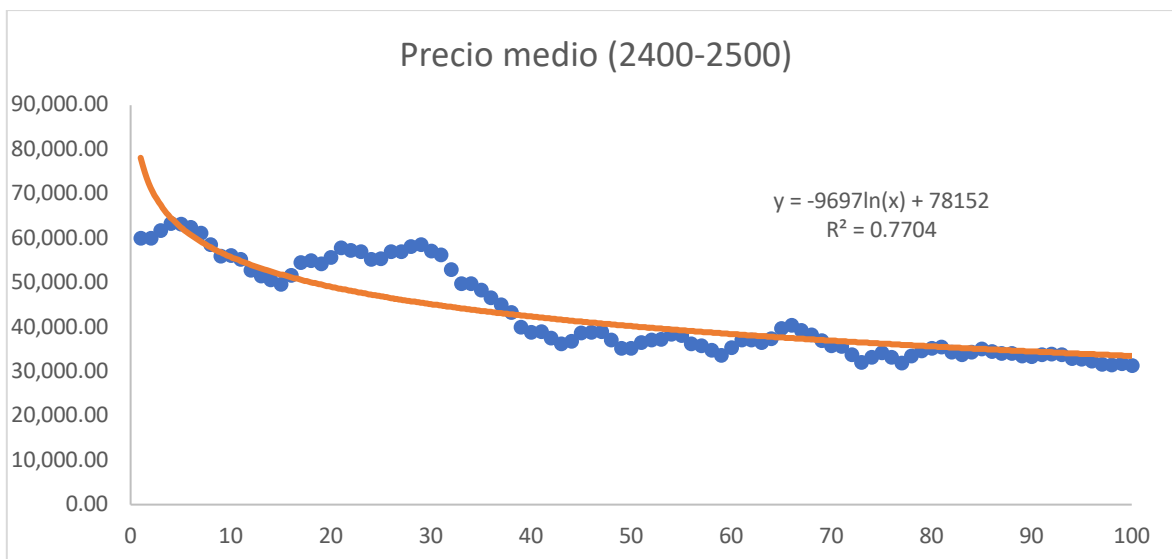


Ilustración 28

Precio medio diario Bitcoin 2400-2500 días. Función simple que mejor se ajusta en ese tramo y su R^2 . (Elaboración propia, Excel).

Bloque Cinco (2500 – 2712):

Es el último bloque que va desde 21/07/2021 hasta la actualidad (17/02/2022). Periodo de inestabilidad de subidas y bajadas en el precio pero se mantiene un precio razonablemente alto. En este caso es la ecuación cubica la que mejor R^2 nos aporta teniendo en cuenta los datos. Sigue existiendo una tendencia alcista pero mas ligera y la inestabilidad politica internacional podría hacer cambiar esta tendencia.

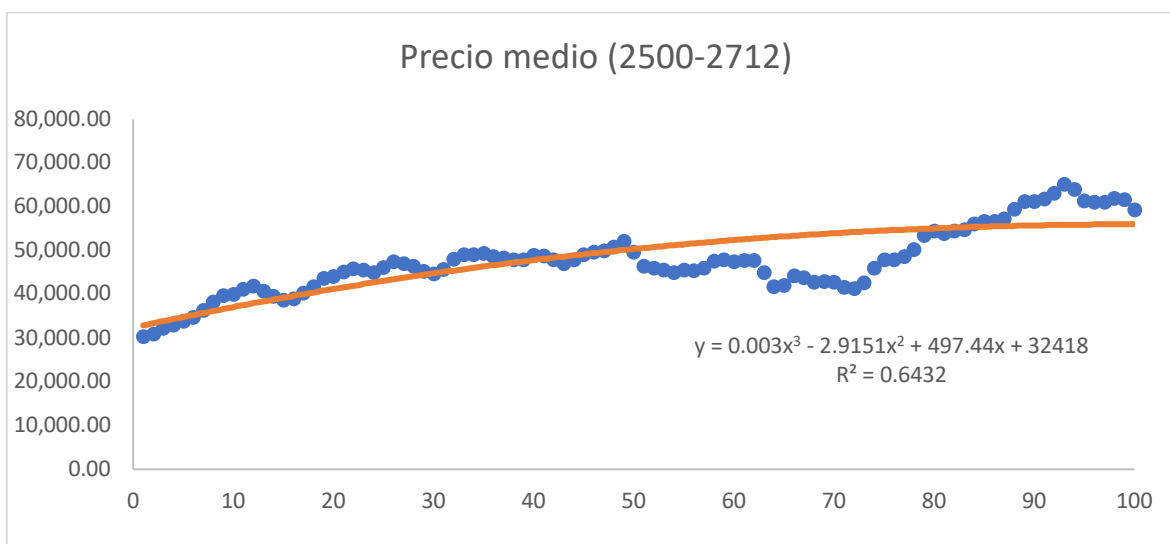


Ilustración 29

Precio medio diario Bitcoin 2500-2712 días, fecha actual. Función simple que mejor se ajusta en ese tramo y su R^2 . (Elaboración propia, Excel).

Indicadores Curve Fitting

Usaremos curve fitting una aplicación de Matlab para poder probar diferentes funciones simples en el mismo espacio temporal para ambos activos. Del día 17/6/2018 al día 17/02/2022.

Antes de comenzar a realizar los ajustes usando curve fitting explicaremos que representan algunos indicadores:

Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE)- La raíz del error cuadrático mide la desviación entre dos bloques de datos. Se suele utilizar para medir y comparar las predicciones hechas por modelos y los valores reales observados.

$$\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}}{n}$$

R² – El coeficiente de determinación es la proporción de la varianza total de la variable explicada. Toma valores entre 0 y 1 que determina la calidad de un modelo para replicar los resultados, y la proporción de variación de los resultados que puede explicarse por el modelo. Cuanto más cerca de 1 el coeficiente mejor será el ajuste del modelo a la variable.

Intervalo de confianza – Es la estimación de un valor desconocido respecto de un parámetro poblacional entre dos valores. Esto se determina a partir de una muestra y el nivel de confianza representa el porcentaje de intervalos que tomados de 100 muestras distintas e independientes contienen el valor desconocido.

3.1.1 Curve Fitting & Bitcoin

Primer Bloque (17/6/2018 – 12/03/2021)

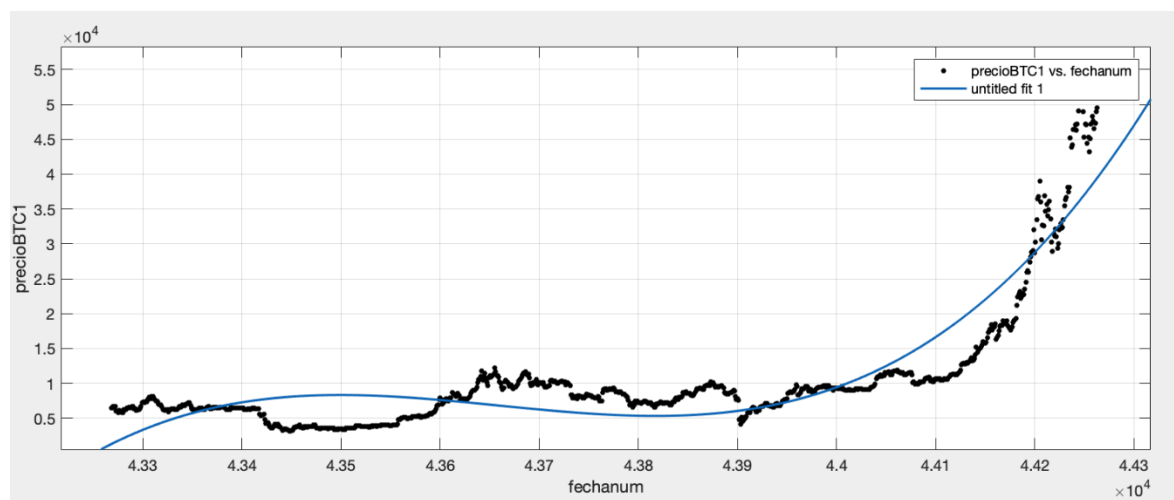


Ilustración 30

Precio medio diario Bitcoin. Usando curve fitting en el primer bloque para encontrar el mejor ajuste funcional y los datos de dichas funciones. (Elaboración propia, Curve Fitting).

En este primer periodo la función que mejor ajusta es un polinomio de tercer grado. Los coeficientes son valores normales al haber centrado y escalado.

$$f(x) = p1 \cdot x^3 + p2 \cdot x^2 + p3 \cdot x + p4$$

Donde x esta normalizada por una media de $4.377e+04$ y una desviación estándar de 288.8

Coeficientes (con límites de confianza del 95%):

$$p1 = 4482 \quad (4166, 4799)$$

$$p2 = 5087 \quad (4809, 5364)$$

$$p3 = -2157 \quad (-2778, -1536)$$

$$p4 = 5545 \quad (5173, 5917)$$

Bondad de ajuste:

Suma de errores cuadrados: $1.593e+10$

R-cuadrado: 0.8098

R-cuadrado ajustado: 0.8092

Error Cuadrático Medio (RMSE): 3999

Segundo Bloque (13/03/2021-17/11/2021)

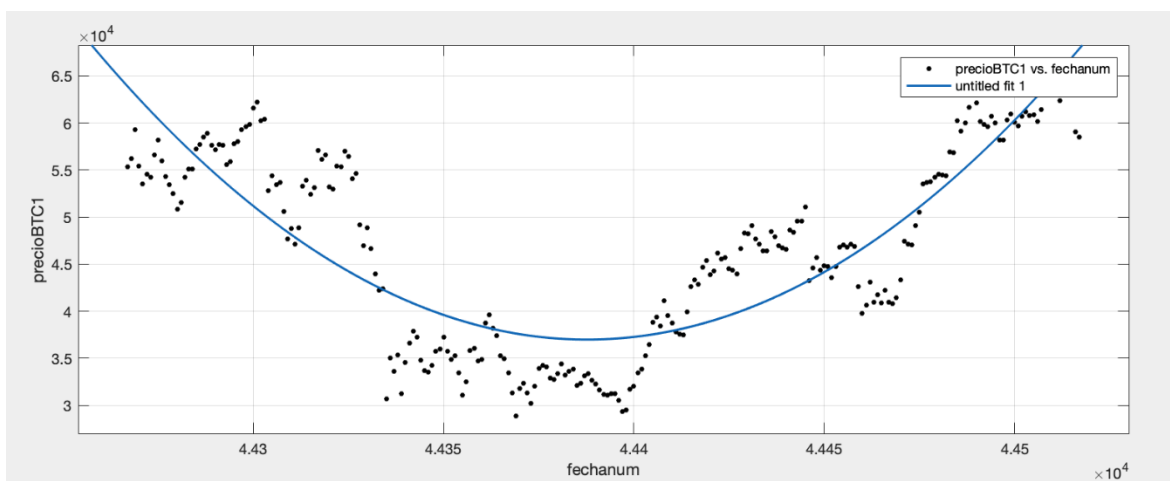


Ilustración 31

Precio medio diario Bitcoin. Usando curve fitting en el segundo bloque para encontrar el mejor ajuste funcional y los datos de dichas funciones. (Elaboración propia, Curve Fitting).

Al igual que en nuestro primer bloque el modelo que mejor se ajusta es un polinomio, pero este caso de 2º grado. Los datos se ajustan un poco peor en este bloque en comparación con el primero.

Modelo lineal Poly2(Polinomio de segundo grado):

$$f(x) = p1 * x^2 + p2 * x + p3$$

Donde x esta normalizada por una media de 4.439e+04 y una desviación estándar de 72.6

Coeficientes (con límites de confianza del 95%):

$$p1 = 9733 \text{ (8990, 1.048e+04)}$$

$$p2 = 1160 \text{ (497.2, 1823)}$$

$$p3 = 3.703e+04 \text{ (3.603e+04, 3.802e+04)}$$

Bondad de ajuste:

Suma de errores cuadrados: 7.025e+09

R-cuadrado: 0.7322

R-cuadrado ajustado: 0.7300

Error Cuadrático Medio (RMSE): 5322

Tercer Bloque (18/11/2021-17/02/2022)

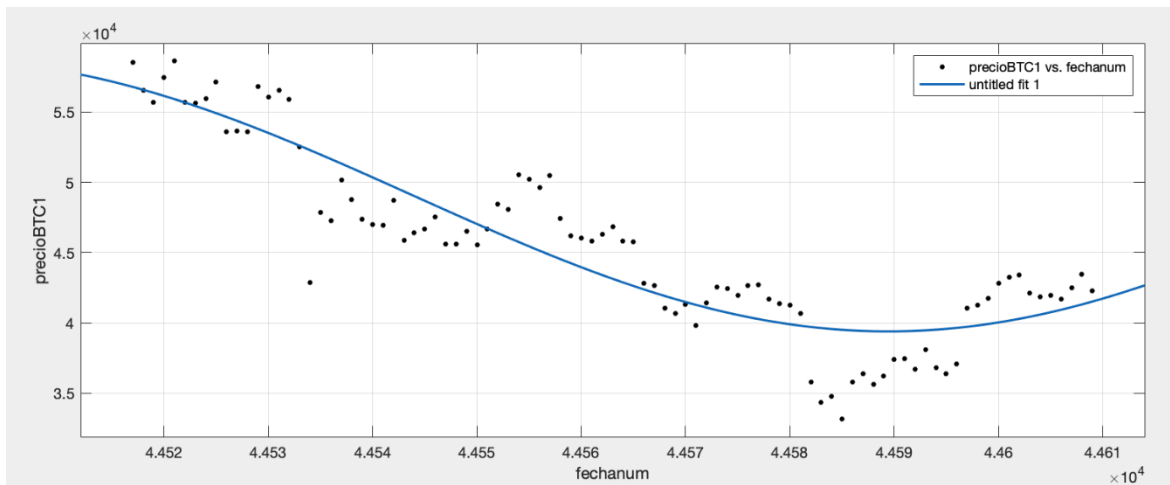


Ilustración 32

Precio medio diario Bitcoin. Usando curve fitting en el tercer bloque para encontrar el mejor ajuste funcional y los datos de dichas funciones. (Elaboración propia, Curve Fitting).

En este último bloque vemos que el modelo que mejor se ajusta es el de Fourier. Una serie de Fourier es una serie infinita que converge puntualmente a una función periódica y continua. Estas series permiten analizar funciones a través de la descomposición de una suma infinita de senos y cosenos con frecuencias enteras. Tiene sentido ya que este último periodo ha sido más inestable y el modelo da un error medio cuadrático bastante alto.

Serie de Fourier 1:

$$f(x) = a_0 + a_1 \cdot \cos(x \cdot w) + b_1 \cdot \sin(x \cdot w)$$

Donde x esta normalizada por una media de $4.456e+04$ y una desviación estándar de 26.99

Coefficientes (con límites de confianza del 95%):

$$a_0 = 4.906e+04 \quad (4.521e+04, 5.291e+04)$$

$$a_1 = -5915 \quad (-9889, -1941)$$

$$b_1 = -7632 \quad (-9200, -6063)$$

$$w = 0.9312 \quad (0.5881, 1.274)$$

Bondad de ajuste:

Suma de errores cuadrados: $6.95e+0.8$

R-cuadrado: 0.8166

R-cuadrado ajustado: 0.8104

Error Cuadrático Medio (RMSE): 2794

Período	Ecuación	Ajuste R ²
17/6/2018 – 12/03/2021	$4482 x^3 + 5087 x^2 - 2157 x + 5545$	0.8092
13/03/2021-17/11/2021	$9733 x^2 + 1160 x + 3.703e+04$	0.7300
18/11/2021-17/02/2022	$4.906e+04 - 5915 * \cos(x*0.9312)$ $7632 * \sin(x*0.9312)$	0.8104

3.1.2 EXCEL & Oro

Al ser el oro un valor refugio consolidado, su valor medio es mucho más estable y no tiene tantas oscilaciones. Esta baja volatilidad nos permite analizando su tendencia primaria analizar prácticamente todo su comportamiento en los últimos años.

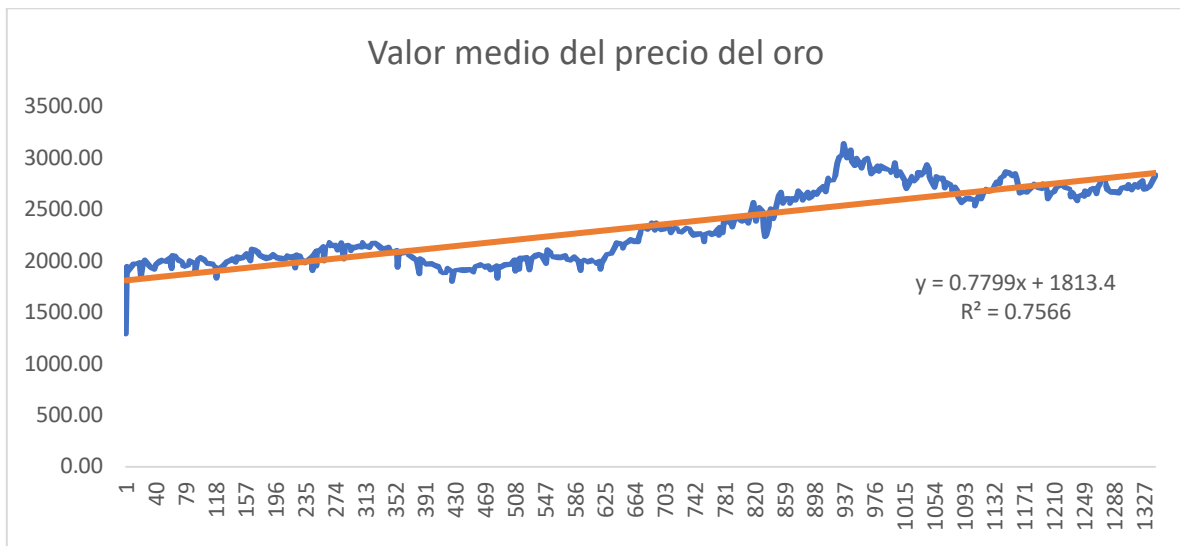


Ilustración 33

Precio medio diario del Oro números en nuestro periodo temporal identificados del 1 al 1330. (Elaboración propia, Excel).

La evolución desde 1971 hasta el día de hoy del oro muestra que se ha mantenido en una tendencia ligeramente alcista. Se exceptúan dos periodos marcados por un contexto de crisis internacional, el final de los 70 cuando Richard M. Nixon suspendió sin plazo determinado la convertibilidad en oro del dólar norteamericano y a finales del 2000 con la crisis de la burbuja inmobiliaria.



Ilustración 34

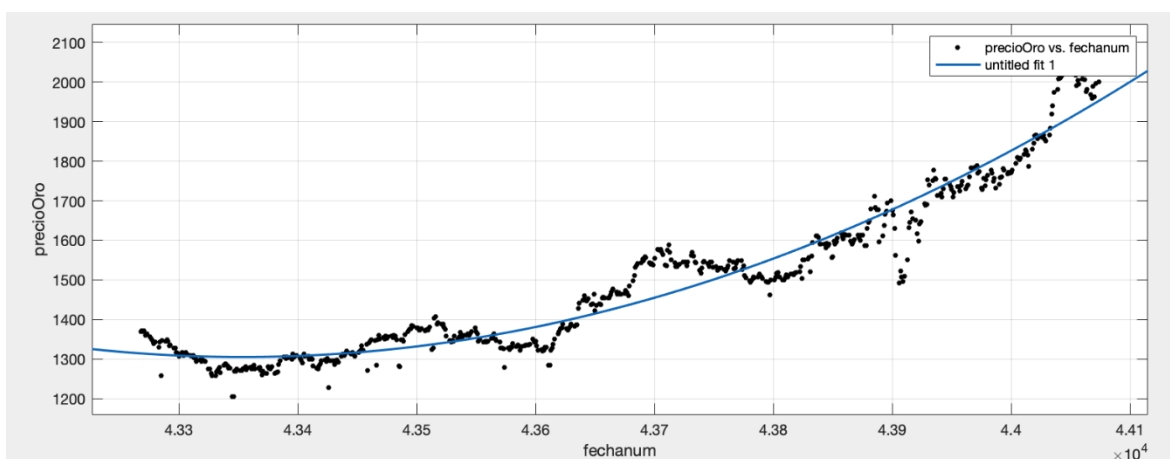
Precio del Oro durante las crisis y sus variaciones.

Es a partir de este momento en 2007 cuando los inversores incrementan la demanda de este valor refugio lo que provoca un incremento significativo en su valor. Además, en 2009, el oro pasa a ser un activo muy deseado en todas las carteras para protegerse contra la depreciación del dólar y la gran inflación.

3.1.2 Curve Fitting & Oro

Bloque 1(17/6/2018 – 31/08/2020)

El primer bloque que analizamos para el metal viene caracterizado por una tendencia alcista. El modelo que hemos utilizado es una ecuación de segundo grado que sorprendentemente tras escalar y centrar nuestros datos nos ha dado un sorprendente R^2 de 0.9396. Y un RMSE de 50.37, resaltar el bajo valor de la Raíz del Error Cuadrático Medio lo que indica la alta calidad del ajuste y el modelo. Cuando hablamos de centrar los datos nos referimos a restar su media a cada uno de sus valores inicial.



Ilustración

35.

Precio Oro primer bloque. Usando curve fitting en el primer bloque para encontrar el mejor ajuste funcional y los datos de dichas funciones. (Elaboración propia, Curve Fitting).

Una función cuadrática es el modelo que mejor ajusta para este primer bloque del precio del oro.

Modelo lineal Poly2(Polinomio de segundo grado): $f(x) = p1*x^2 + p2*x + p3$

Donde x esta normalizada por una media de $4.367e+04$ y una desviación estándar de 233

Coefficientes (con límites de confianza del 95%)

$p1 = 67.75$ (63.17, 72.33)

$p2 = 184$ (179.9, 188.1)

$p3 = 1430$ (1424, 1436)

Bondad de ajuste:

Suma de errores cuadrados: $1.477e+06$

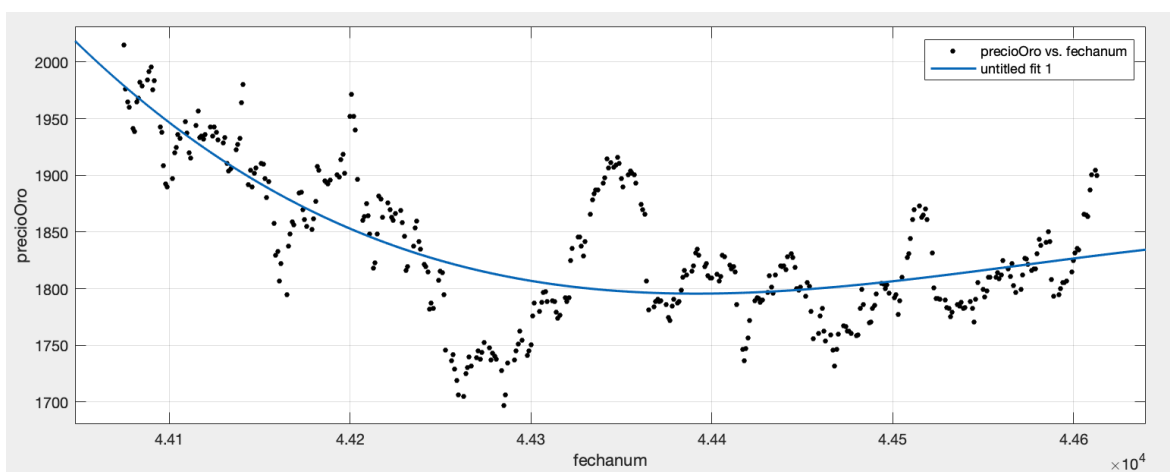
R-cuadrado: 0.9369

R-cuadrado ajustado: 0.9367

Error Cuadrático Medio (RMSE): 50.37

Bloque 2 (1/9/2020 – 17/02/2022)

El oro desde el verano del 2020 ha experimentado una volatilidad impropia. Pero se puede apreciar como en todo momento se ha recuperado y está actualmente experimentando una tendencia lateral. Debido a este patrón tan extraño ningún modelo simple se ajusta con exactitud. Esto se refleja en su bajo R^2 y su Error cuadrático medio.



Ilustración

36

Precio Oro segundo bloque. Usando curve fitting en el segundo bloque para encontrar el mejor ajuste funcional y los datos de dichas funciones. (Elaboración propia, Curve Fitting).

Modelo lineal Poly3 (Polinomio de tercer grado):

$$f(x) = p1 \cdot x^3 + p2 \cdot x^2 + p3 \cdot x + p4$$

Donde x esta normalizada por una media de 4.434e+04 y una desviación estándar de:156.3

Coeficientes (con límites de confianza del 95%):

$$p1 = -8.146 \quad (-13.73, -2.563)$$

$$p2 = 35.65 \quad (30.76, 40.54)$$

$$p3 = -19.28 \quad (-30.24, -8.318)$$

$$p4 = 1798 \quad (1792, 1805)$$

Bondad de ajuste:

Suma de errores cuadrados:

7.497e+05

R-cuadrado: 0.5376

R-cuadrado ajustado: 0.534

Error Cuadrático Medio(RMSE):

44.01

Período	Ecuación	Ajuste R^2
17/6/2018 – 31/08/2020	$67.75 x^2 + 184 x + 1430$	0.9367
1/9/2020 – 17/02/2022	$-8.146 x^3 + 35.65 x^2 - 19.28 x + 1798$	0.5340

Resumen problema optimización de ajuste de funciones

Tanto el Bitcoin como el oro en sus **primeros bloques utilizan una función polinómica** de tercer y segundo grado respectivamente. Este bloque engloba la mayoría de los datos y la **tendencia es fuerte y clara** pues va desde precios mínimos de ambos activos en el periodo estudiado hasta su máximo global. **Su ajuste es bastante fiable.**

El **segundo bloque de ambos representa un periodo de inestabilidad**, con una tendencia lateral prácticamente, el oro sufre una reducción del precio de 2000\$ a 1900\$ habiendo existido mínimos locales por debajo de 1700\$ y el Bitcoin experimenta una caída considerable y una recuperación proporcional. Esta **inestabilidad se refleja en el bajo grado de ajuste de nuestras funciones**, reflejando el **Bitcoin en este tramo un R^2 de 0.7300** y **el oro un 0.5340**. El bajo nivel de ajuste del oro en el último tramo viene **provocado por un número pequeño de datos y mucha variabilidad de estos**. La inestabilidad y el mal ajuste en el segundo bloque es impropia de este metal. Una tercera división podría haber ayudado, pero al ser tan pequeño el número de datos podríamos haber acabado teniendo overfitting.

El **último bloque se ajusta por una función de Fourier** y en principio se debe a la inestabilidad que existe en el mundo por el conflicto entre Ucrania y Rusia. Se resalta la necesidad de una función u modelo más complejo.

3.2 Machine Learning

Esta vez nos encontramos ante un problema de optimización, en el que habrá que encontrar la función que mejor se ajusta a los datos, de entre un conjunto de modelos y de hiperparámetros, con optimización bayesiana.

Una vez hemos analizado y observado todo el espacio temporal, compararemos como se comportaron ambos activos entre el 17 de junio de 2018 y el 17 de febrero de 2022. Esto nos permitirá ver como se comportaron durante la crisis del Covid-19 y la actual tensión entre Rusia y Ucrania.

Machine Learning

Vamos a utilizar machine learning para encontrar el modelo regresivo que mejor se ajuste a nuestros datos. Para ellos, emplearemos la técnica de *Cross validation* o validación cruzada que consiste en dividir el dataset en un subconjunto de training y otro de test se hacen k particiones iguales del conjunto de datos (k-folds). Nosotros para simplificar la carga computacional de este proceso usaremos una k=10 El modelo se entrena k veces y cada una de las veces se toma una de las particiones como conjunto de validación y se entrena el modelo con el resto de los datos. Este proceso resulta en k estimaciones del “test error” y nos permite obtener una estimación del error medio. Véase ilustración 34

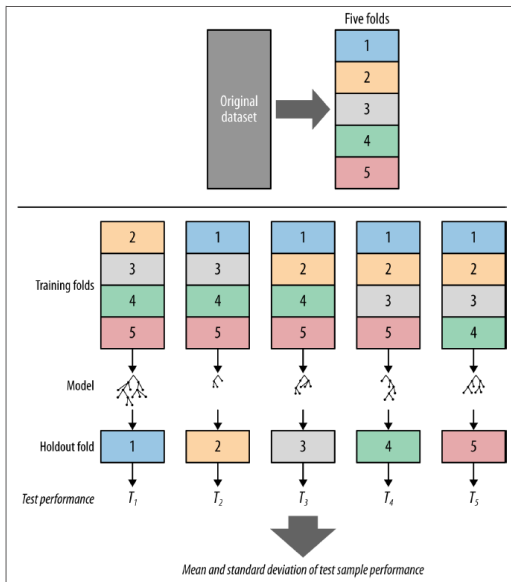


Ilustración 37

Funcionamiento de los folds en machine learning

Fuente: Provost, F., and Fawcett, T. (2013). *Data Science for Business*. O'Reilly Media

Al ser pocos datos ,1000 en este primer bloque, podemos pedirle a Matlab que use un total de 40 tipos de modelos machine learning standard (Linear regression, Stepwise Linerar regression, arboles, SVM, Ensemble, Gaussian Process y Redes Neuronales) nos permite encontrar el modelo que menor error cuadrático tiene y que mejor clasifica nuestros datos.

Matlab nos proporciona un numero de posibles modelos creados usando diferentes técnicas de machine learning. La que mejor se ajusta es con un Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) un proceso Gaussiano de regresión. Como vemos por sus resultados, además de tener el menor error cuadrático tiene un R^2 de 1.

3.2.1. Machine Learning & Bitcoin

Primer Bloque (17/6/2018 – 12/03/2021)

Aplicando todos los modelos de Machine Learning al primer bloque de datos encontramos: Mejor modelo es el Gaussiano con un R^2 de 1 y la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) de 455.86.

Models		
Sort by:	RMSE (Validation)	
1.18	Gaussian Process R...	RMSE (Validation): 455.86
Last change: Exponential GPR 1/1 features		
1.19	Gaussian Process R...	RMSE (Validation): 529.18
Last change: Rational Quadratic GPR 1/1 features		
1.17	Gaussian Process R...	RMSE (Validation): 618.53
Last change: Matern 5/2 GPR 1/1 features		
1.16	Gaussian Process R...	RMSE (Validation): 670.01
Last change: Squared Exponential GPR 1/1 features		
1.5	Tree	RMSE (Validation): 760.45
Last change: Fine Tree 1/1 features		
1.15	Ensemble	RMSE (Validation): 778.03
Last change: Bagged Trees 1/1 features		
1.14	Ensemble	RMSE (Validation): 1036.5
Last change: Boosted Trees 1/1 features		
1.6	Tree	RMSE (Validation): 1117.2
Last change: Medium Tree 1/1 features		

Current Model Summary	
Model 1.18: Trained	
Training Results	
RMSE (Validation)	455.86
R-Squared (Validation)	1.00
MSE (Validation)	2.0781e+05
MAE (Validation)	201.47
Prediction speed	~18000 obs/sec
Training time	31.378 sec
Model Type	
Preset:	Exponential GPR
Basis function:	Constant
Kernel function:	Exponential
Use isotropic kernel:	true
Kernel scale:	Automatic
Signal standard deviation:	Automatic
Sigma:	Automatic
Standardize:	true
Optimize numeric parameters:	true
Optimizer Options	
Hyperparameter options disabled	
Feature Selection	
All features used in the model, before PCA	
PCA	
PCA disabled	

Ilustración 38 y 39

Resultados del mejor modelo para nuestros datos en el primer bloque y los resultados.

A diferencia de muchos algoritmos populares de aprendizaje automático supervisado que aprenden valores exactos para cada parámetro de una función, un proceso gaussiano es un proceso estocástico infiere una distribución de probabilidad sobre todos los valores. Se toma un valor, un dato y se consideran todas las funciones posibles y se añade una probabilidad a cada una de ellas. Por lo que podemos determinar cuáles son entre todas las que posiblemente mejor se ajusten. Por lo que calculamos la probabilidad de una función bajo la condición de un nuevo dato. Matemáticamente hablamos de la probabilidad de una función y nuestro punto dividido entre la probabilidad de que se observe dicho punto en nuestras entradas.

$$p(f|y_i) = \frac{p(f, y_i)}{p(y_i)}$$

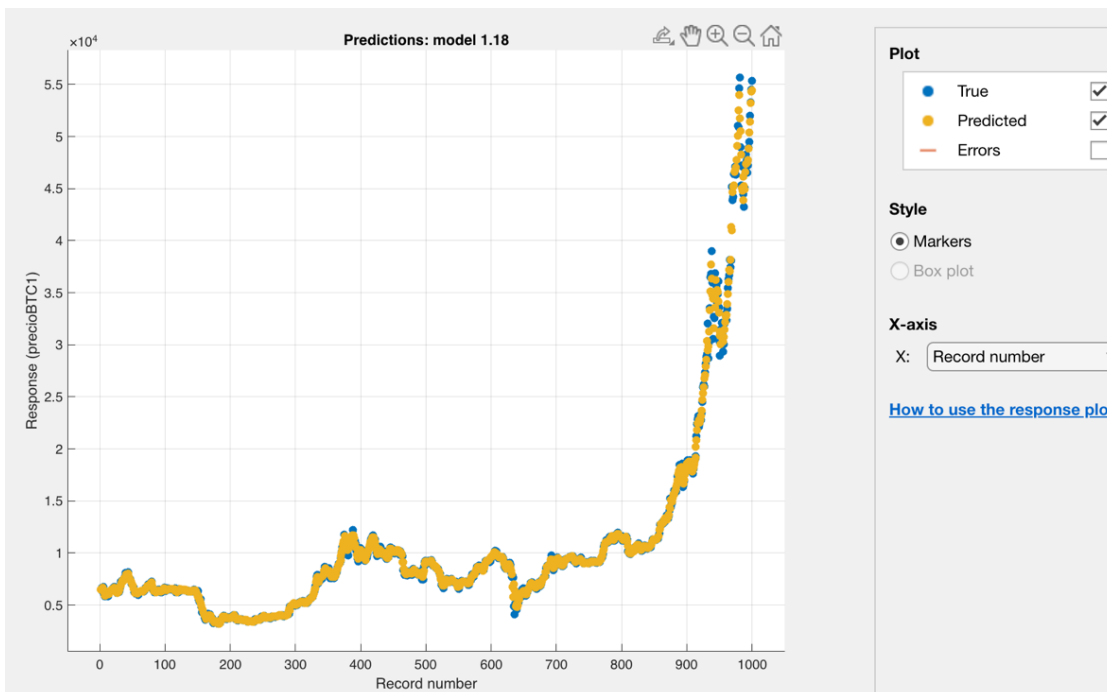
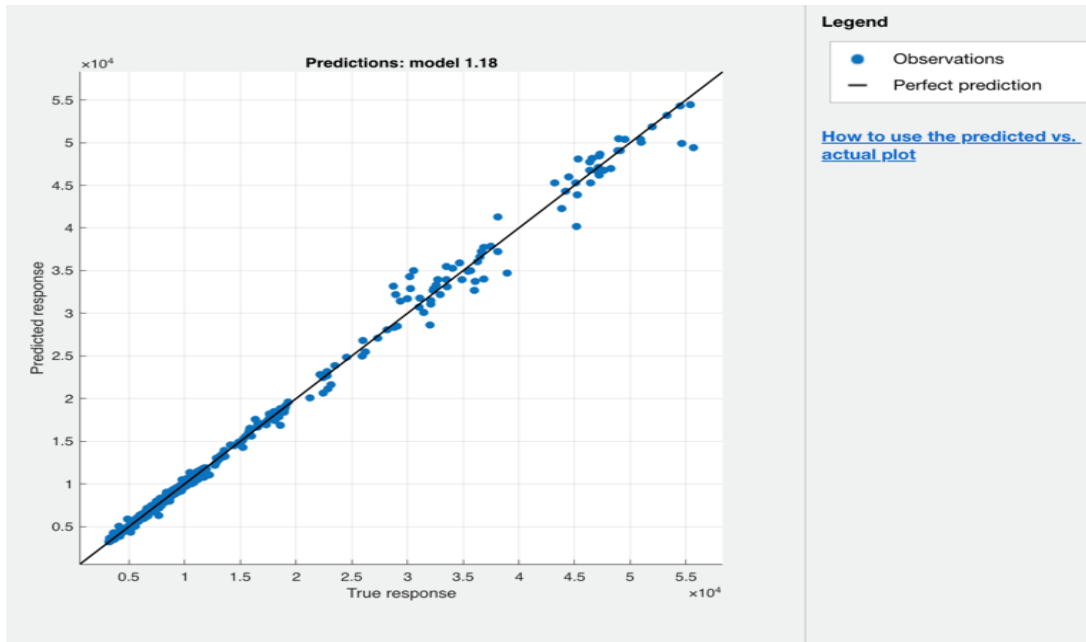


Ilustración 40 y 41

Grafica con los errores sobre una predicción perfecta sobre los datos reales del Bitcoin en el primer periodo.
Grafica con los valores predichos por nuestro modelo y los reales. Valores predicho (Amarillo) y reales (Azul).

Podemos comprobar que nuestra nueva función ajusta mejor cogiendo varios puntos aleatorios de este bloque usando nuestras dos funciones para predecir y ver cuál de las dos nos estima valores más cercanos al real. Además, al salirnos una función gaussiana incluiremos un intervalo de confianza del 95% para ver el grado de estimación de nuestro modelo.

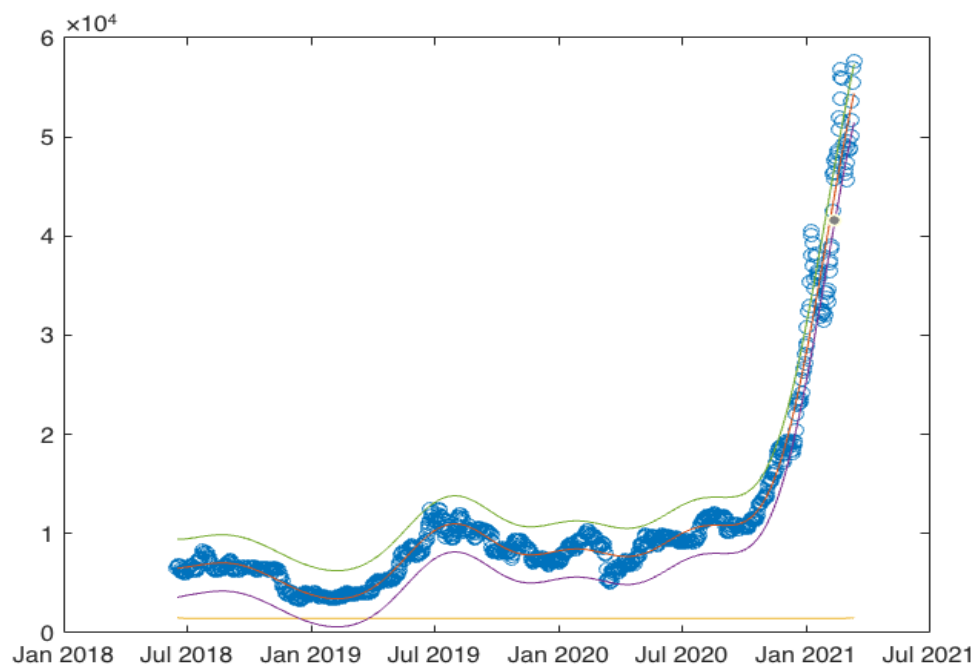


Ilustración 42

Estimación con nuestro modelo de los valores para el primer tramo, valor real y líneas del intervalo de confianza 95%

Segundo Bloque 2 (13/03/2021-17/11/2021)

En este Segundo bloque se observa como el precio cae y vuelve a subir creando una especie de “U” que hace que la función de segundo grado convexa parezca a simple vista la fórmula que mejor modele este bloque. Utilizando el mismo proceso que en el bloque uno y la técnica de Cross Validation con $k\text{folds} = 10$ para evitar el overfitting. Vemos que para este segundo

bloque la técnica de machine learning que mejor se ajusta es un proceso Gaussiano de regresión. Como vemos por sus resultados, además de tener el menor error cuadrático ($1377.7 < 5322$) tiene un R^2 de 0.98.

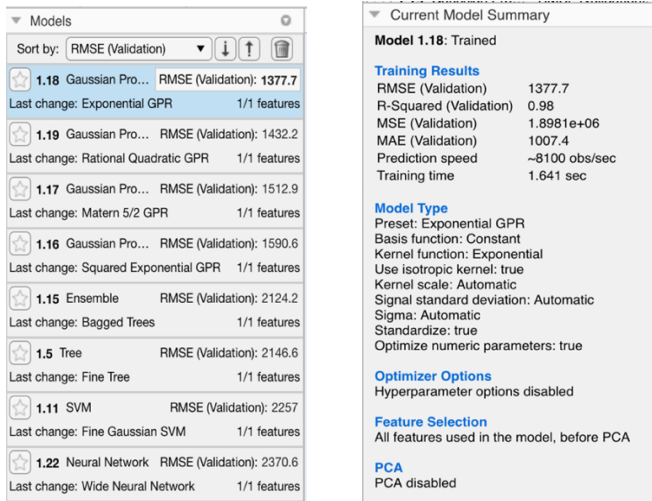
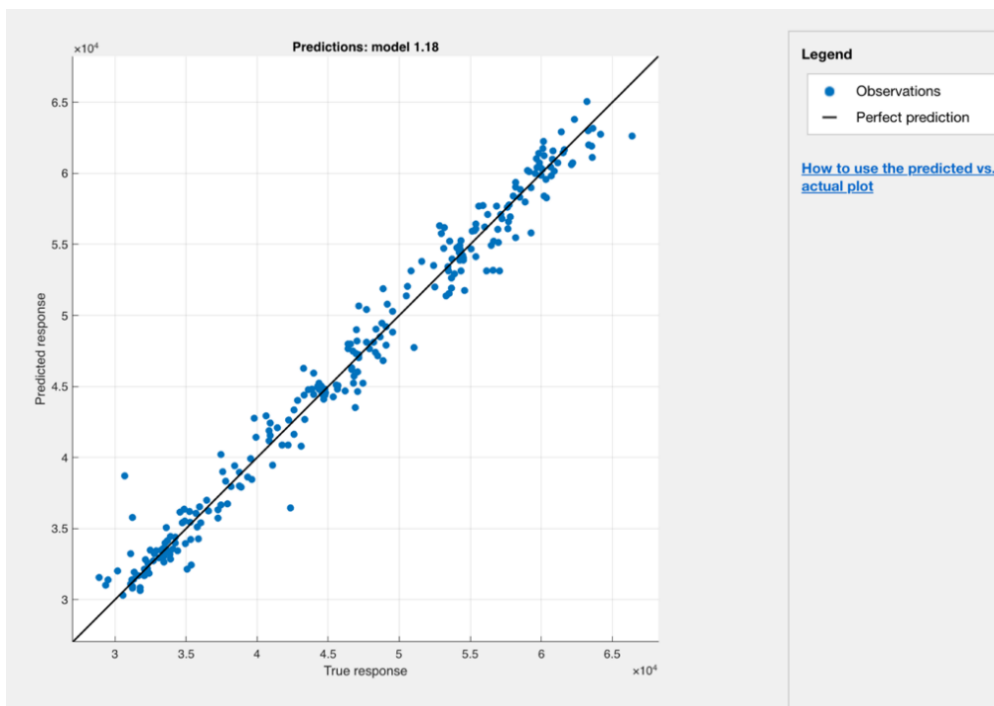


Ilustración 43 y 44

Resultados del mejor modelo para nuestros datos en el segundo bloque y los resultados.



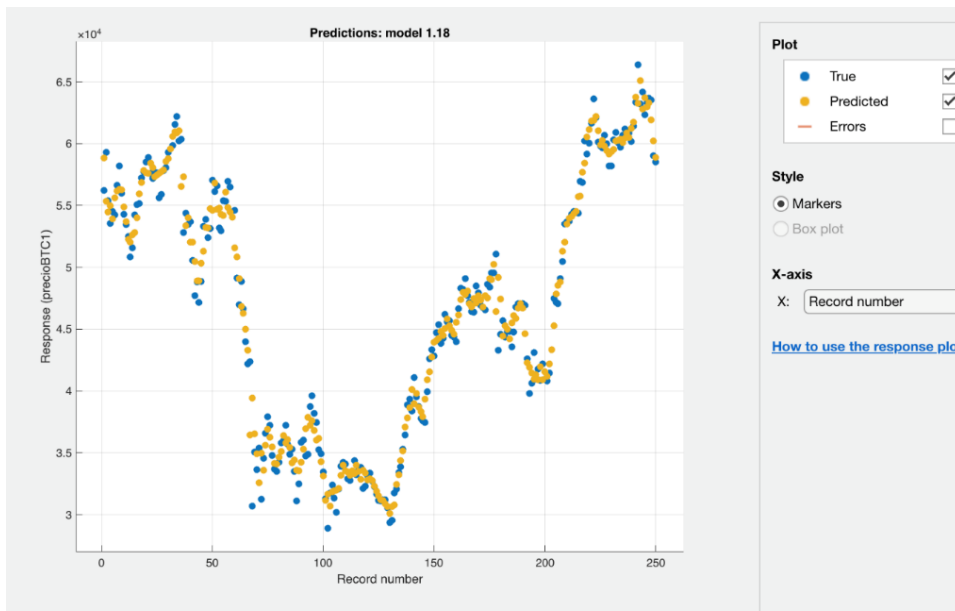


Ilustración 45 y 46

Grafica con los errores sobre una predicción perfecta sobre los datos reales del Bitcoin en el segundo periodo. Grafica con los valores predichos por nuestro modelo y los reales. Valores predicho (Amarillo) y reales (Azul).

Como nos vuelve a salir una gaussiana como modelo que mejor ajusta realizaremos un intervalo de confianza. El intervalo de confianza de 95% nos permitie calcular dos valores uno por encima y otro inferior alrededor de una media muestral. Nos permiten acotar un rango donde se colocará el parámetro poblacional en nuestro caso el precio del Bitcoin con una probabilidad del 95%. El RMSE al aplicar este intervalo baja a 439.75 y vemos como el intervalo es muy pequeño, tanto que no se puede determinar qué línea es la inferior y cual la superior del intervalo de confianza (ver ilustración [47] y [48]).

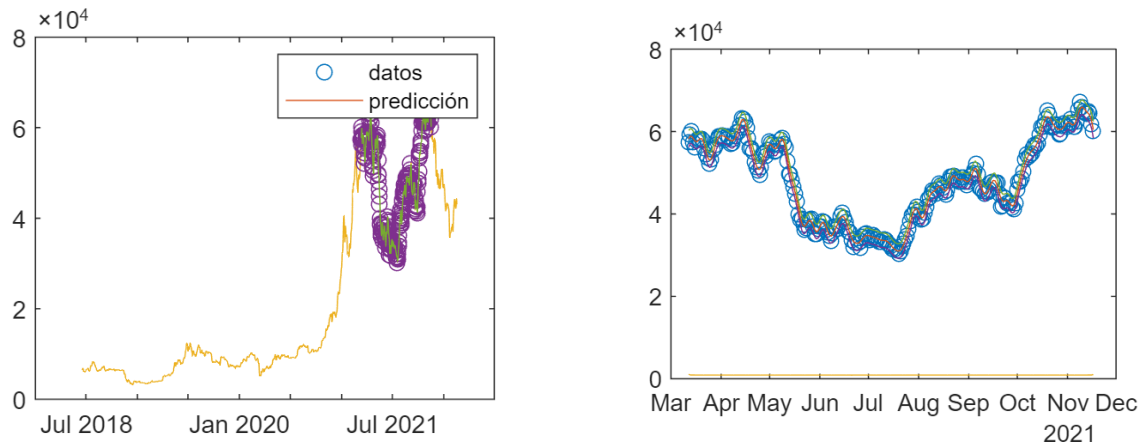


Ilustración 47 y 48

Imágenes representando los datos predichos y las líneas indicando el intervalo de confianza del 95%.

Tercer Bloque (18/11/2021-17/02/2022)

Una vez más mejoramos el ajuste, aunque debido al pequeño número de datos y su dispersión en este caso se queda lejos del ajuste perfecto.

Sort by: RMSE (Validation) ↓ ↑ 🗑️	
1.18 Gaussian Pro...	RMSE (Validation): 1810.3
Last change: Exponential GPR 1/1 features	
1.19 Gaussian Pro...	RMSE (Validation): 2025.3
Last change: Rational Quadratic GPR 1/1 features	
1.22 Neural Network	RMSE (Validation): 2101.7
Last change: Wide Neural Network 1/1 features	
1.5 Tree	RMSE (Validation): 2160.6
Last change: Fine Tree 1/1 features	
1.17 Gaussian Pro...	RMSE (Validation): 2161.2
Last change: Matern 5/2 GPR 1/1 features	
1.11 SVM	RMSE (Validation): 2187.3
Last change: Fine Gaussian SVM 1/1 features	
1.24 Neural Network	RMSE (Validation): 2306.5
Last change: Trilayered Neural Network 1/1 features	
1.23 Neural Network	RMSE (Validation): 2326.3
Last change: Bilayered Neural Network 1/1 features	
1.15 Ensemble	RMSE (Validation): 2352
Last change: Bagged Trees 1/1 features	

Model 1.18: Trained	
Training Results	
RMSE (Validation)	1810.3
R-Squared (Validation)	0.92
MSE (Validation)	3.2773e+06
MAE (Validation)	1256.4
Prediction speed	~9300 obs/sec
Training time	0.79636 sec
Model Type	
Preset:	Exponential GPR
Basis function:	Constant
Kernel function:	Exponential
Use isotropic kernel:	true
Kernel scale:	Automatic
Signal standard deviation:	Automatic
Sigma:	Automatic
Standardize:	true
Optimize numeric parameters:	true
Optimizer Options	
Hyperparameter options disabled	
Feature Selection	
All features used in the model, before PCA	

Ilustración 49 y 50

Resultados del mejor modelo para nuestros datos en el tercer bloque y los resultados.

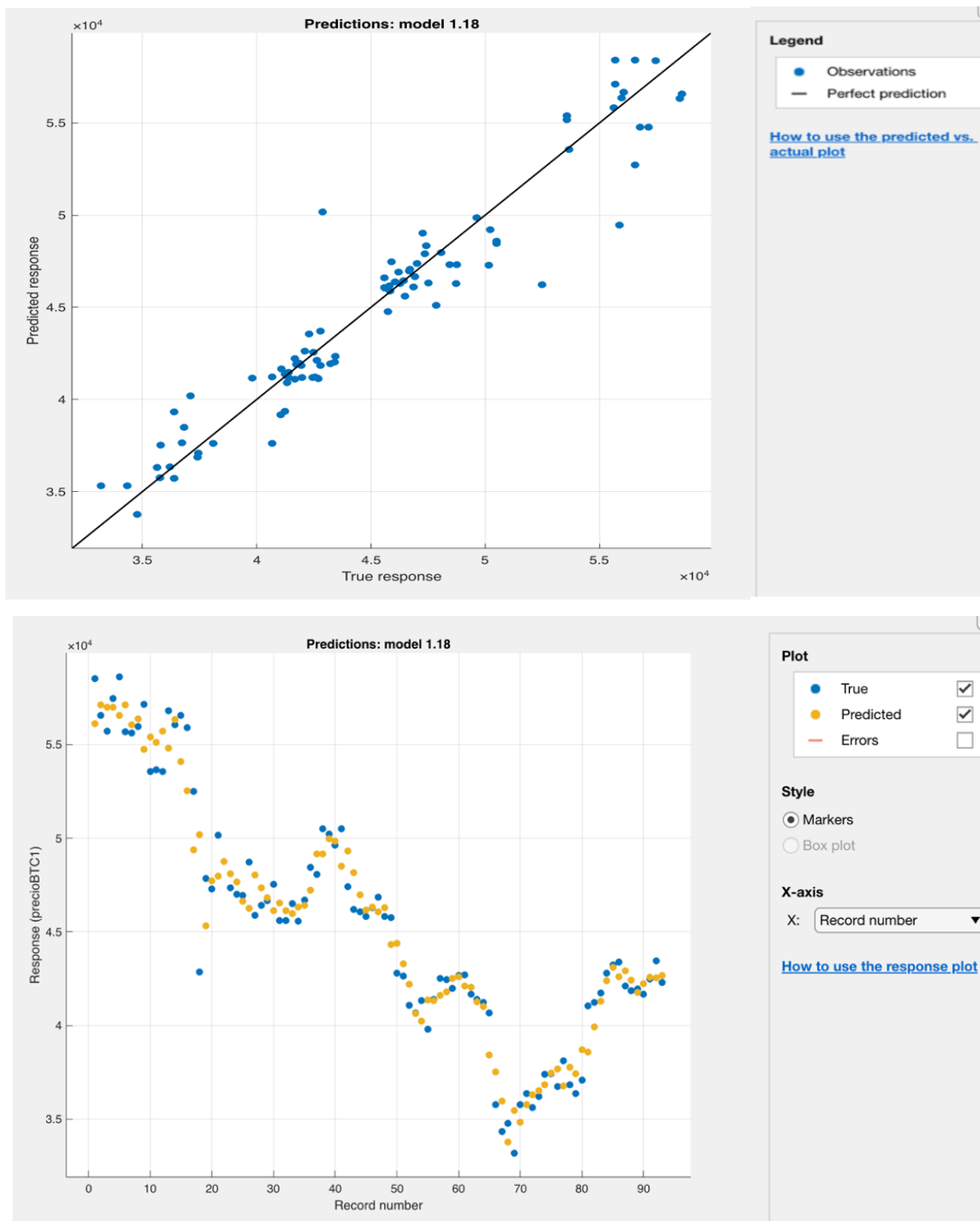


Ilustración 51 y 52

Grafica con los errores sobre una predicción perfecta sobre los datos reales del Bitcoin en el tercer periodo.
 Grafica con los valores predichos por nuestro modelo y los reales. Valores predicho (Amarillo) y reales (Azul).

Nos vuelve a salir la gaussiana como modelo que mejor ajusta. Volveremos a mostrar el intervalo de confianza del modelo para ver como de preciso es en este último sector. A pesar de la dispersión que se aprecia cuando aplicamos los intervalos de confianza vemos que nuestro intervalo es más pequeño de lo que se podría esperar.

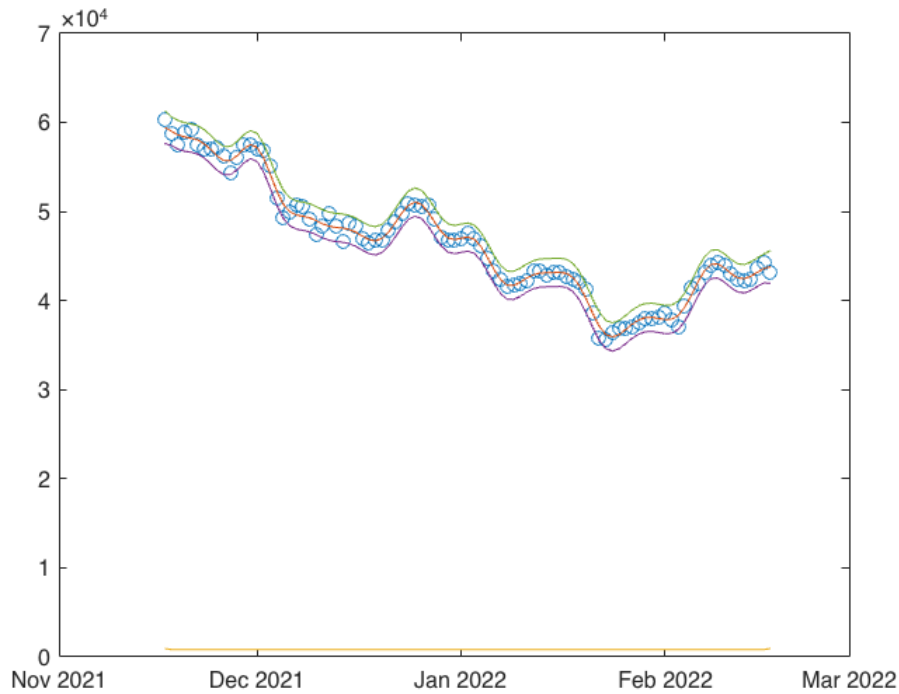


Ilustración 53

Representación de los datos predichos y las líneas indicando el intervalo de confianza del 95%.

3.2.2 Machine Learning & Oro

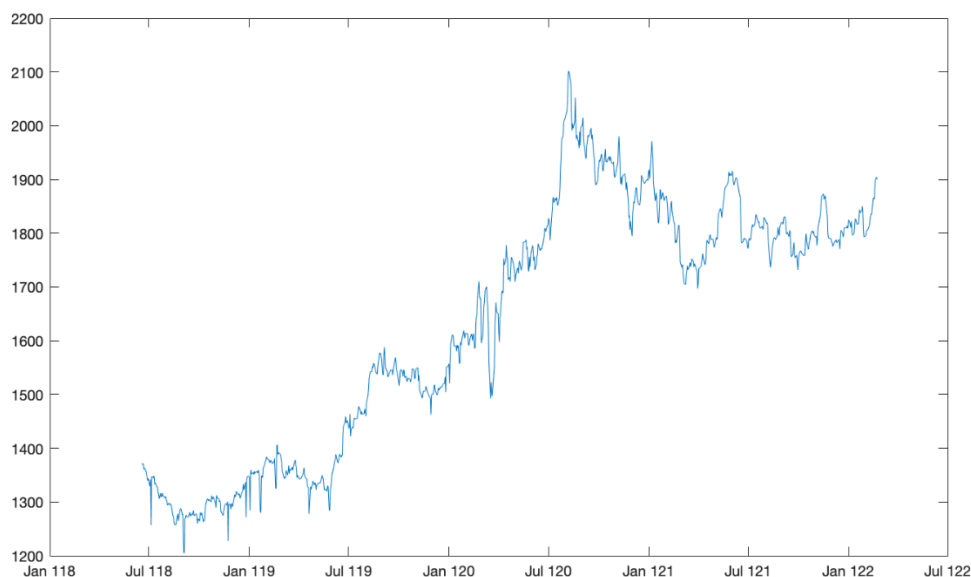


Ilustración 54

Grafica con los precios medios del Oro en el espacio temporal elegido

Bloque 1(17/6/2018 – 31/08/2020)

El primer bloque que analizamos para el metal viene caracterizado por una tendencia alcista. El modelo que hemos utilizado es una ecuación de segundo grado que sorprendentemente tras escalar y centrar nuestros datos nos ha dado un sorprendente R^2 de 0.9396. Y un RMSE de 50.37, resaltar el bajo valor del error cuadrático medio lo que indica la alta calidad del ajuste y el modelo. Cuando hablamos de centrar los datos nos referimos a restar su media a cada uno de sus valores inicial.

Sort by: RMSE (Validation) ▼		
1.18	Gaussian Proces...	RMSE (Validation): 15.823
Last change: Exponential GPR 1/1 features		
1.19	Gaussian Process ...	RMSE (Validation): 15.91
Last change: Rational Quadratic GPR 1/1 features		
1.17	Gaussian Proces...	RMSE (Validation): 18.737
Last change: Matern 5/2 GPR 1/1 features		
1.15	Ensemble	RMSE (Validation): 21.72
Last change: Bagged Trees 1/1 features		
1.16	Gaussian Proces...	RMSE (Validation): 21.817
Last change: Squared Exponential GPR 1/1 features		
1.5	Tree	RMSE (Validation): 23.969
Last change: Fine Tree 1/1 features		
1.22	Neural Network	RMSE (Validation): 24.89
Last change: Wide Neural Network 1/1 features		
1.6	Tree	RMSE (Validation): 25.908
Last change: Medium Tree 1/1 features		

Model 1.18: Trained

Training Results

RMSE (Validation)	15.823
R-Squared (Validation)	0.99
MSE (Validation)	250.35
MAE (Validation)	10.219
Prediction speed	~21000 obs/sec
Training time	4.0621 sec

Model Type

Preset: Exponential GPR
Basis function: Constant
Kernel function: Exponential
Use isotropic kernel: true
Kernel scale: Automatic
Signal standard deviation: Automatic
Sigma: Automatic
Standardize: true
Optimize numeric parameters: true

Optimizer Options

Hyperparameter options disabled

Feature Selection

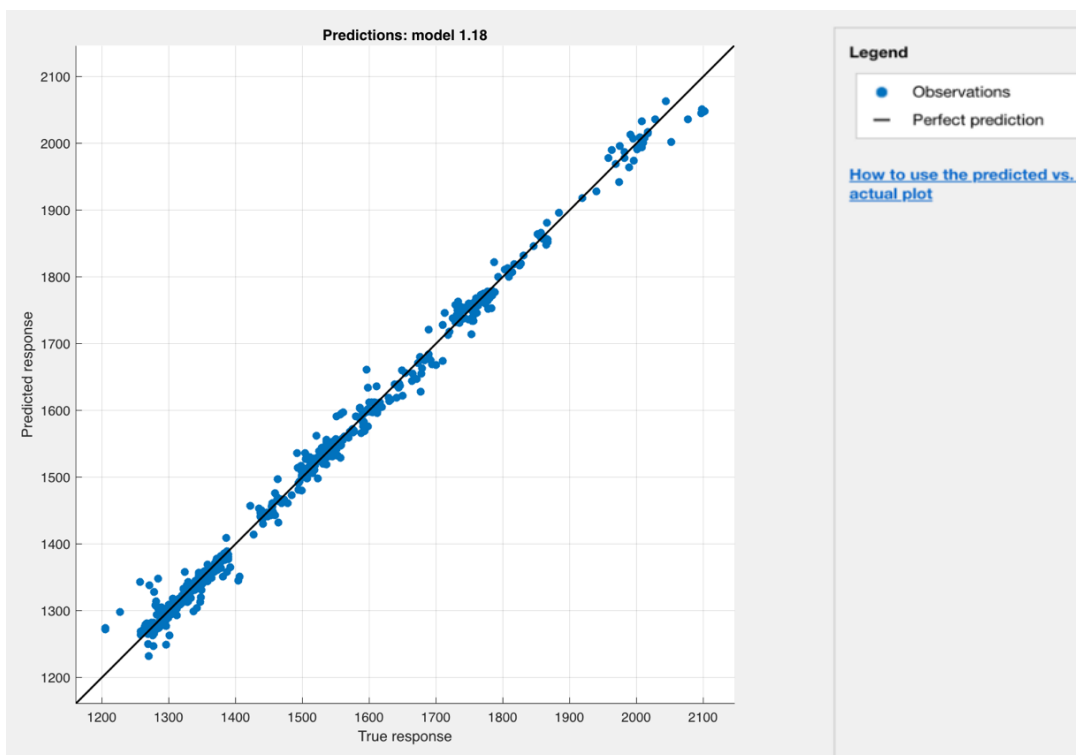
All features used in the model, before PCA

PCA

PCA disabled

Ilustración 55 y 56

Resultados del mejor modelo para nuestros datos en el primer bloque Oro y los resultados.



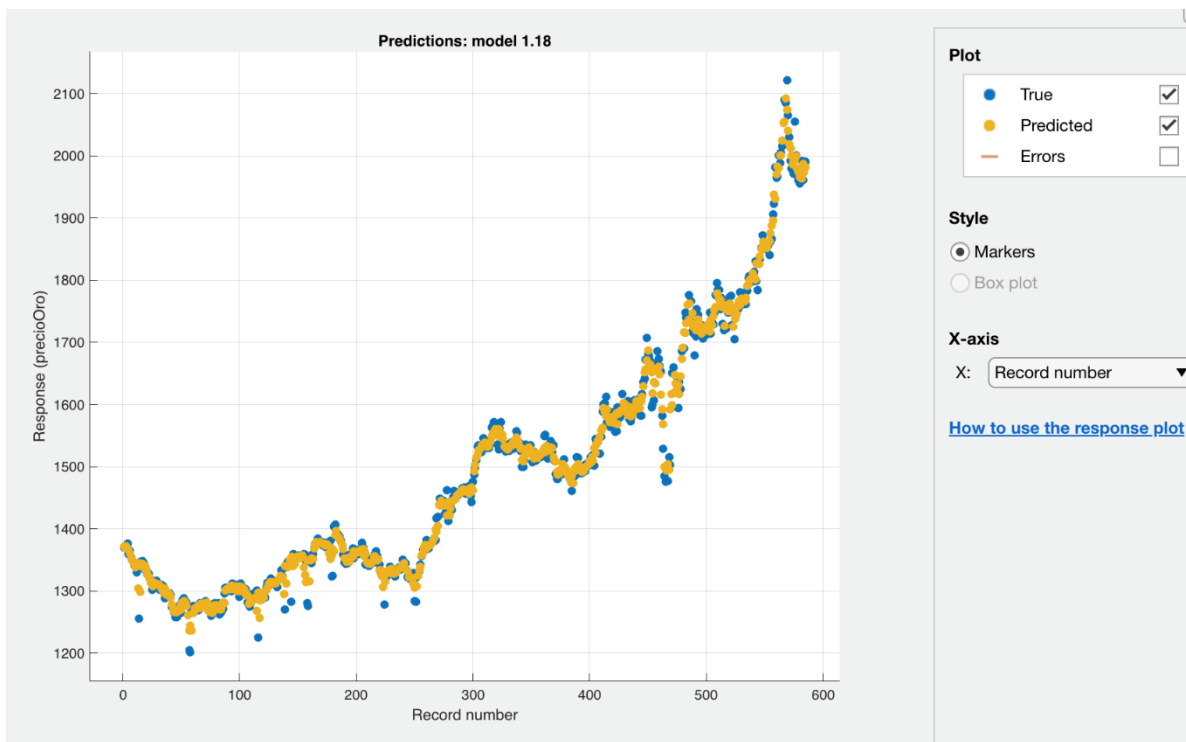


Ilustración 57 y 58

Grafica con los errores sobre una predicción perfecta sobre los datos reales del Bitcoin en el primer periodo. Grafica con los valores predichos por nuestro modelo y los reales. Valores predichos (Amarillo) y reales (Azul).

Al usar machine learning obtenemos una vez más un modelo con un proceso gaussiano. Este modelo es espectacular con un R^2 de 0.99 y un Error Cuadrático Medio (RMSE) de 15.823 ajusta los datos casi a la perfección. Si observamos el modelo se ve como la mayoría de los puntos esta sobre la línea de predicción y los que no están muy cerca de esta. Usando machine learning hemos conseguido reducir el error cuadrático de 50.37 a 15.823 a pesar de que los datos de por si se ajustaban muy bien a una función cuadrática simple.

Con el oro también nos sale una gaussiana como el modelo que mejor ajusta. Realizaremos el mismo estudio de intervalos de confianza que con el Bitcoin y los compararemos. (Ver ilustración [59])

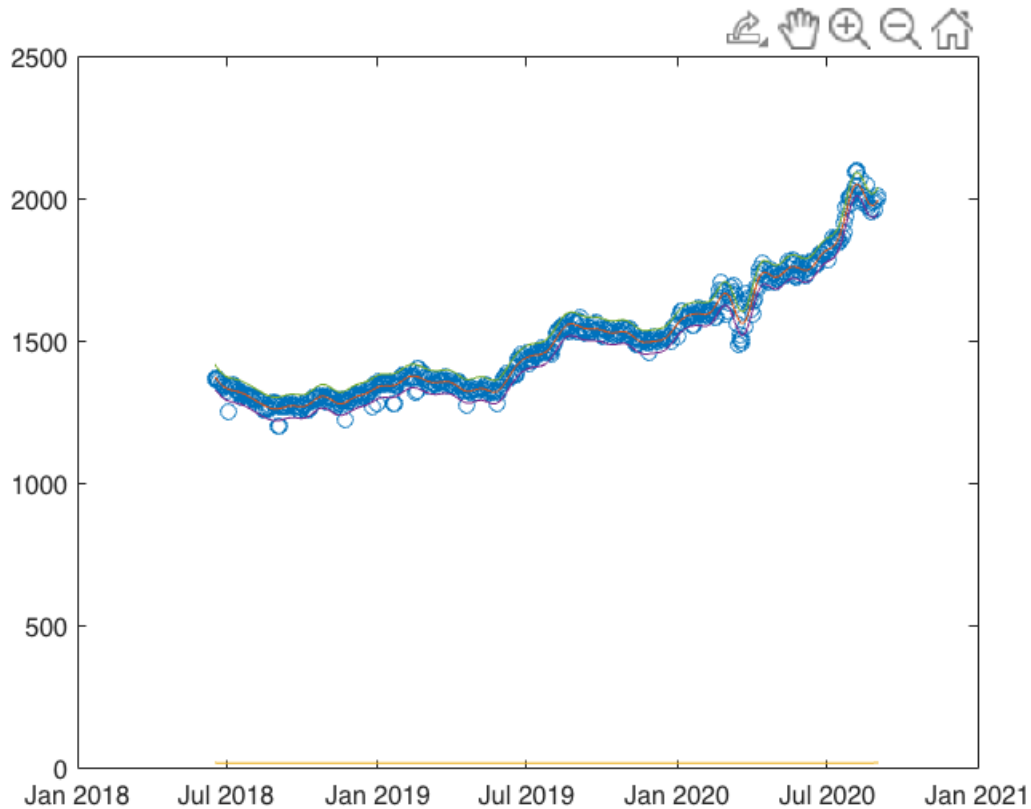


Ilustración 59

Bloque 1 del oro los datos predichos y las líneas indicando el intervalo de confianza del 95%.

Bloque 2 (1/9/2020 – 17/02/2022)

El oro desde el verano del 2020 ha experimentado una volatilidad impropia. Pero se puede apreciar como en todo momento se ha recuperado y está actualmente experimentando una tendencia lateral. Debido a este patrón tan extraño ningún modelo simple se ajusta con exactitud. Esto se refleja en su bajo R^2 y su Error cuadrático medio.

★ 1.19	Gaussian Proces...	RMSE (Validation): 12.066
Last change: Rational Quadratic GPR 1/1 features		
★ 1.18	Gaussian Proces...	RMSE (Validation): 12.246
Last change: Exponential GPR 1/1 features		
★ 1.17	Gaussian Proces...	RMSE (Validation): 13.592
Last change: Matern 5/2 GPR 1/1 features		
★ 1.16	Gaussian Proces...	RMSE (Validation): 15.021
Last change: Squared Exponential GPR 1/1 features		
★ 1.5	Tree	RMSE (Validation): 18.954
Last change: Fine Tree 1/1 features		
★ 1.15	Ensemble	RMSE (Validation): 19.603
Last change: Bagged Trees 1/1 features		
★ 1.22	Neural Network	RMSE (Validation): 22.938
Last change: Wide Neural Network 1/1 features		

Model 1.19: Trained

Training Results

RMSE (Validation)	12.066
R-Squared (Validation)	0.96
MSE (Validation)	145.6
MAE (Validation)	8.617
Prediction speed	~32000 obs/sec
Training time	2.5155 sec

Model Type

Preset: Rational Quadratic GPR
Basis function: Constant
Kernel function: Rational Quadratic
Use isotropic kernel: true
Kernel scale: Automatic
Signal standard deviation: Automatic
Sigma: Automatic
Standardize: true
Optimize numeric parameters: true

Optimizer Options

Hyperparameter options disabled

Feature Selection

All features used in the model, before PCA

PCA

PCA disabled

Ilustración 60 y 61

Resultados del mejor modelo para nuestros datos en el segundo bloque Oro y los resultados.

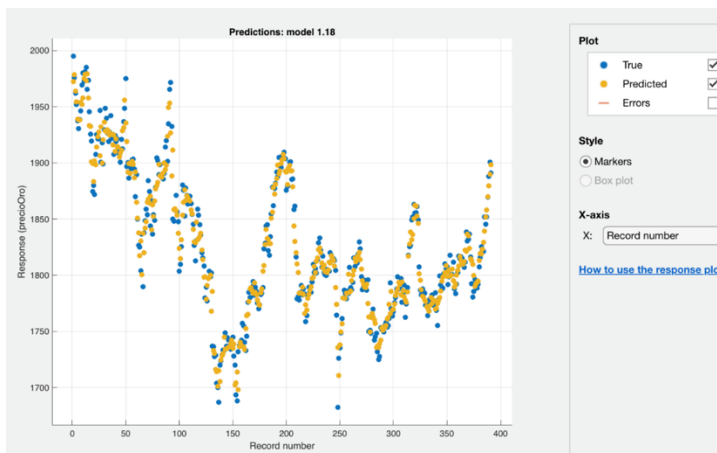
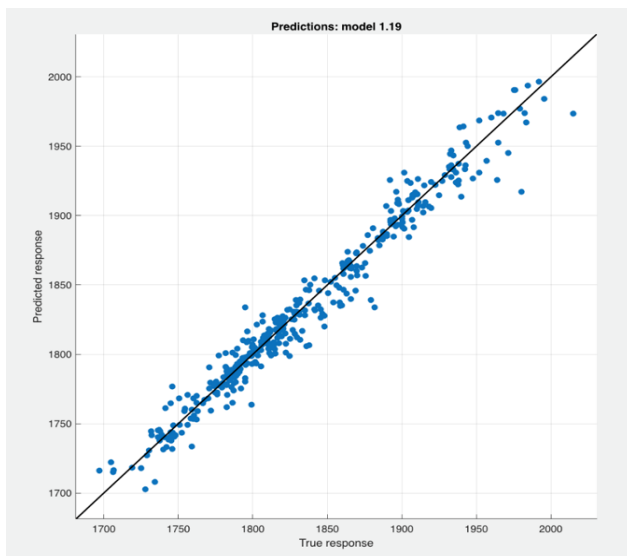


Ilustración 62 y 63

Grafica con los errores sobre una predicción perfecta sobre los datos reales del Bitcoin en el segundo periodo. Grafica con los valores predichos por nuestro modelo y los reales. Valores predichos (Amarillo) y reales (Azul).

Si comparamos los modelos el que obtenemos usando machine learning nos proporciona un R^2 de 0.96 que comparados al 0.534 de nuestro modelo simple es una gran diferencia. Además, se vuelve a reducir el RMSE o Error Cuadrático medio. De hecho, con el uso de machine learning el programa nos proporciona 7 modelos con mejor ajuste que el nuestro inicial.

Resumen problema de optimización con Machine learning:

El Bitcoin se ha caracterizado por **ajustarse muy bien usando machine learning con la técnica del proceso Gaussiano de regresión**. Incrementando el ajuste R^2 y minimizando el error cuadrático medio en todos los bloques. Además, **machine learning nos proporcionaba numerosos modelos mejores que el uso de funciones simples**.

Muy **similar el comportamiento del uso de machine learning en el oro**. Cabe resaltar la gran diferencia en el segundo bloque pasando de un R^2 de 0.534 a un 0.96 y un RMSE muy inferior. Se aprecia en el último grafico de cada bloque como todos los puntos están mucho más concentrados sobre la línea predictora.

Una vez más realizamos un ajuste del modelo con un intervalo de confianza del 95%. Es decir, representamos el intervalo en el que existe un 95% de probabilidad que se encuentre el verdadero precio del oro. **El intervalo para el oro es muy inferior al del Bitcoin cuando los medimos usando el precio en dólares como unidad**. Esto se debe principalmente a la volatilidad del Bitcoin y la estabilidad del oro.

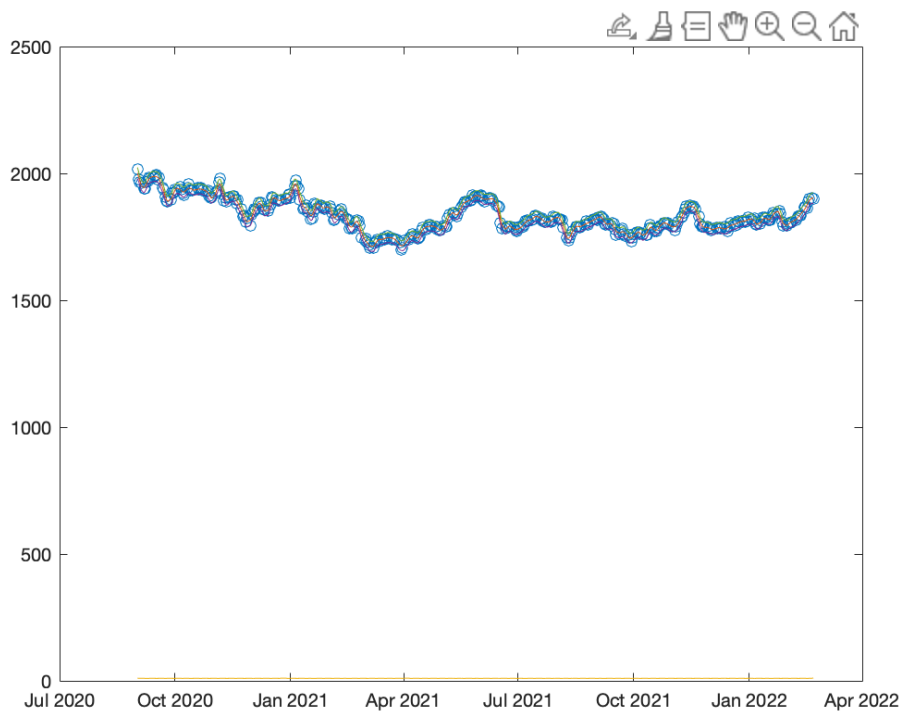


Ilustración 64

Bloque 2 del oro los datos predichos y las líneas indicando el intervalo de confianza del 95%.

4.ANÁLISIS DEL PRECIO DEPENDIENDO DE OTROS FACTORES

Vamos a analizar la correlación del Bitcoin con otras variables. Intentando así llegar a identificar y predecir qué hará el precio del Bitcoin (Subir o Bajar) dependiendo de que hacen el resto. Incluiremos entre estas variables el oro y sus variaciones en precio (velas del oro) ya que es nuestro otro activo clave.

Las variables que vamos a utilizar son:

- Precio del Oro
- Velas del Oro
- Precio índice de volatilidad VIX (tiene una correlación inversa)
- Velas índice de volatilidad VIX
- Media Bono Europeo
- Vela Bono Europeo

El precio del oro es una variable muy importante ya que el objetivo del estudio es ver si el Bitcoin puede llegar a ser el oro del futuro o un activo con características similares. Si nos saliese que es una variable importante esto indicaría que están correlacionadas ya que existe algún patrón o conexión entre el precio del Bitcoin y el del oro.

En segundo lugar, están las variaciones del precio del oro. Normalmente estas se representan como velas (Velas del Oro) en el análisis técnico como ya vimos. Es una variable importante puesto que lo que analiza son los cambios y no el valor. Puede servirnos para determinar si las subidas o las bajadas en el precio del oro afectan al Bitcoin.

El precio del Índice de Volatilidad VIX es un indicador muy importante como se muestra en la ilustración 59 y es un dato muy llamativo puesto que tiene una correlación inversa con la bolsa americana, S&P 500 es decir cuanto más sube el índice de volatilidad más baja la

cotización de la bolsa. Esto nos confirma puede ayudar a confirmar si existe correlación entre la bolsa y el precio del Bitcoin.

Las subidas y bajadas de este índice, Velas índice de volatilidad VIX, nos permiten estudiar si las subidas o las bajadas en el precio del índice que a su vez hace de espejo del mercado afectan al precio del Bitcoin.

Media del precio del Bono Europeo, los precios de las criptomonedas son extremadamente volátiles como hemos observado. Factores externos de tipo financiero, regulatorio o político pueden afectar su precio. Los bonos europeos también se ven afectados por este tipo de factores y pueden ser una buena variable comparadora.

Las velas del bono europeo nos dan información de los cambios y nos permiten ver si dichos factores afectan positiva o negativamente. El comparar como afectan los factores externos al precio del Bitcoin a través de las variaciones en el precio de los bonos puede ser muy informativo.

Tomar estas variables nos permite estudiar un amplio aspecto financiero. Mezclamos activos que están descorrelacionados con el mercado con valores refugio. Además, no solo estudiamos sus precios sino también sus variaciones.

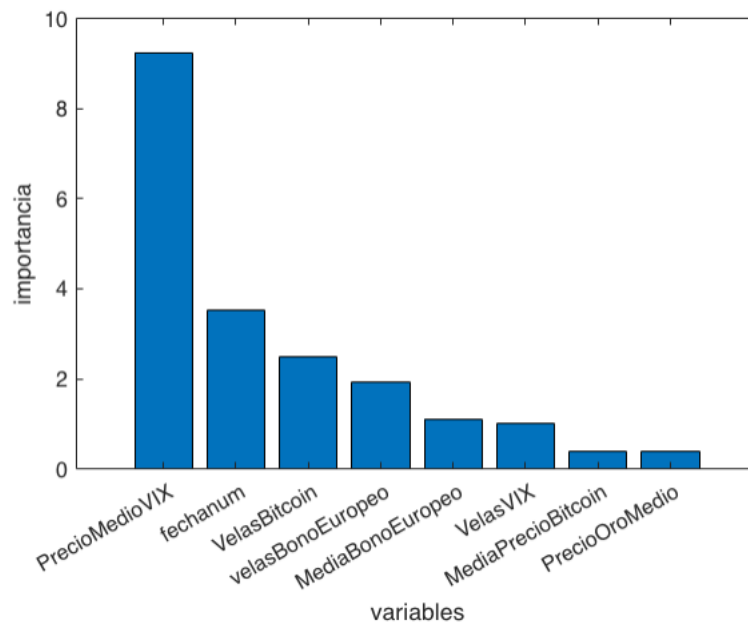


Ilustración 65

Variables con mayor importancia con respecto al precio del Bitcoin encontradas usando *feature selection*.

Hacemos un análisis de las variables más importantes, *feature selection*, mediante la función *chí cuadrada*, analizando la importancia correlativa de las variables respecto al precio del BTC. Resuelta que la variable más importante y correlacionada con el precio del Bitcoin es el Precio índice de volatilidad VIX seguida de la fecha, variación precio del Bitcoin y la variación del precio del Bono europeo. Resaltar como el precio del Oro y sus variaciones (Velas oro) tienen muy poca importancia.

Utilizando las cuatro variables más importantes creamos un modelo *machine learning* y como hicimos anteriormente prediciremos valores futuros del precio del bitcoin. Nos sale que el modelo que mejor se ajusta es un árbol de decisión. Su R^2 es de 0.99 por lo que ajusta muy bien a nuestros datos y un error cuadrático medio de 1495.1.

Model 1.5: Trained

Training Results

RMSE (Validation)	1655.5
R-Squared (Validation)	0.99
MSE (Validation)	2.7408e+06
MAE (Validation)	885.36
Prediction speed	~23000 obs/sec
Training time	1.1559 sec

Model Type

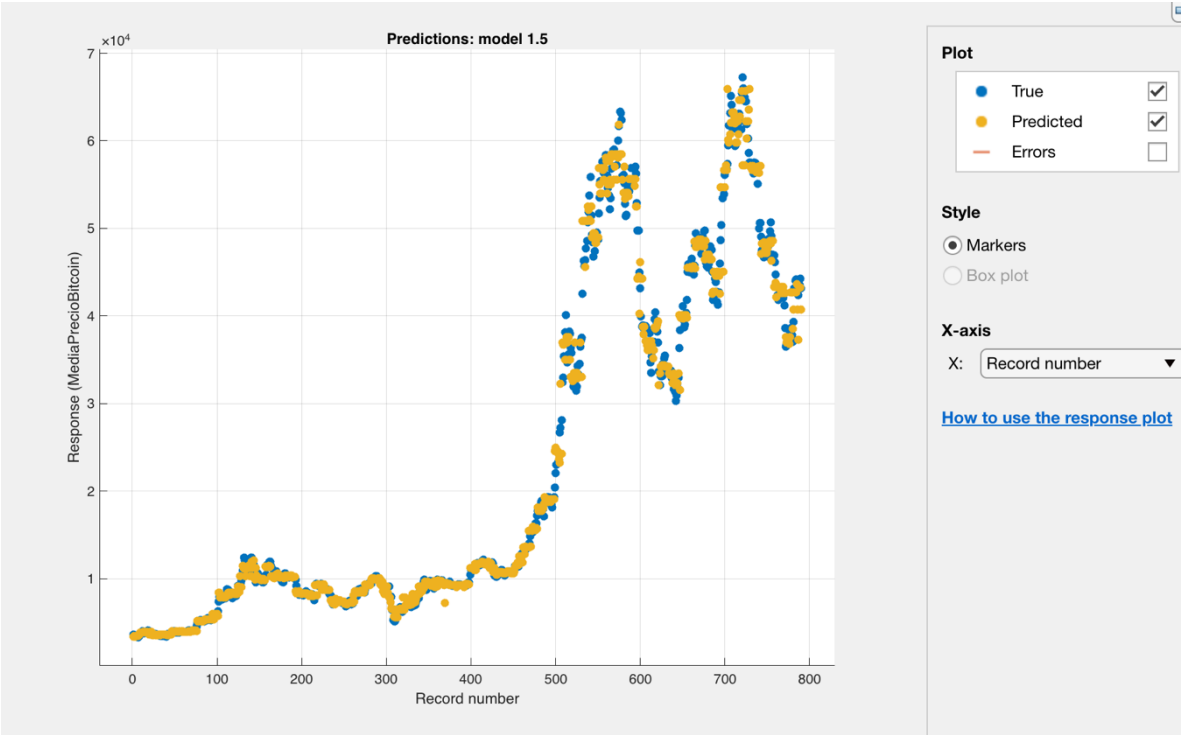
Preset: Fine Tree
Minimum leaf size: 4
Surrogate decision splits: Off

Optimizer Options

Hyperparameter options disabled

Ilustración 66

Parámetros del árbol de decisión que resultó ser el modelo que mejor se ajusta al precio del Bitcoin



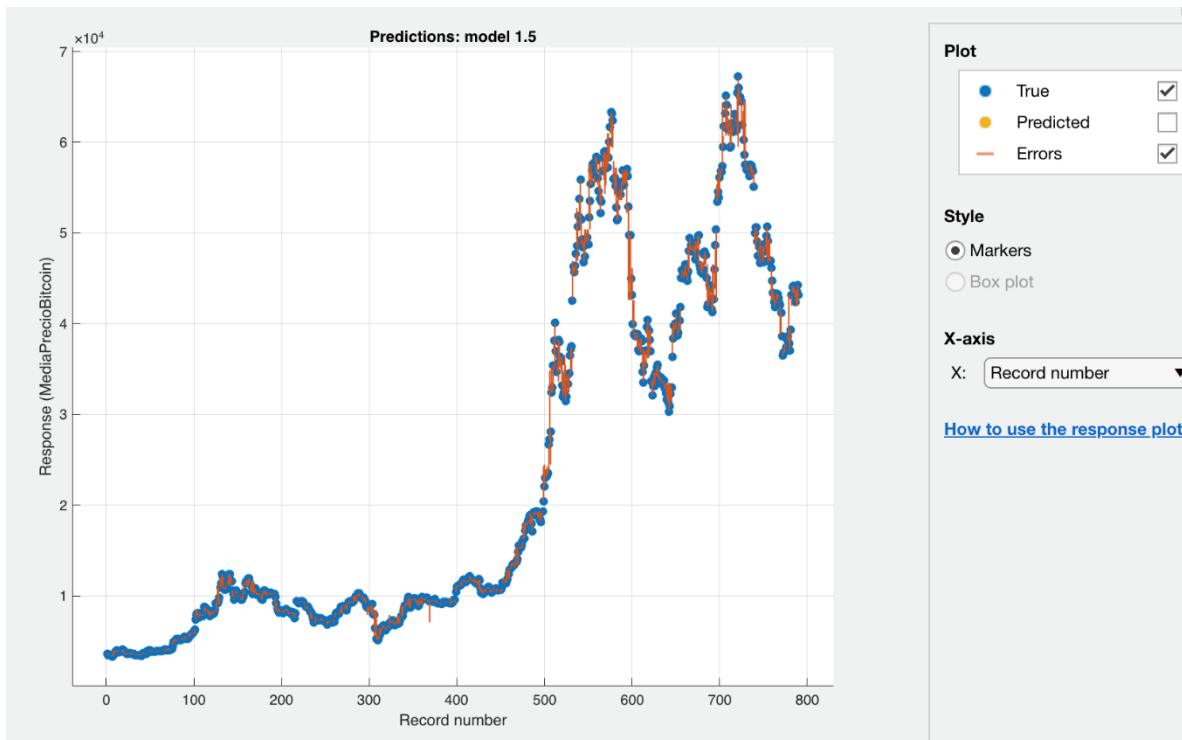


Ilustración 67 y 68

Predicciones del modelo y valores reales del Bitcoin.

Errores del Modelo respecto de los valores reales indicados por las líneas rojas.

Podemos observar en la ilustración 67 como el modelo ajusta extremadamente bien y como las líneas rojas de la ilustración 68 que representan los errores entre nuestro modelo y el precio real del Bitcoin son pequeñas y solo aumentan en los cambios más significativos.

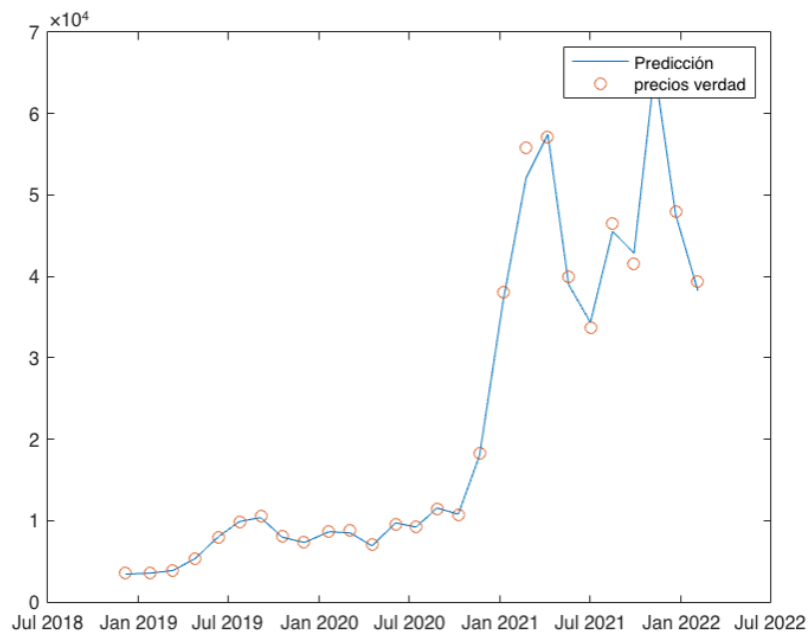


Ilustración 69

Predicción de nuestro modelos y representación del valor real del Bitcoin cada 30 días (Círculos)

Vemos como solo existen tres valores reales que se alejan lo suficiente de nuestro modelo para no tocarlo. Ahora utilizaremos el modelo creado para predecir valores futuros y ver si se ajusta al real.

Predecimos el valor para los próximos 3 días:

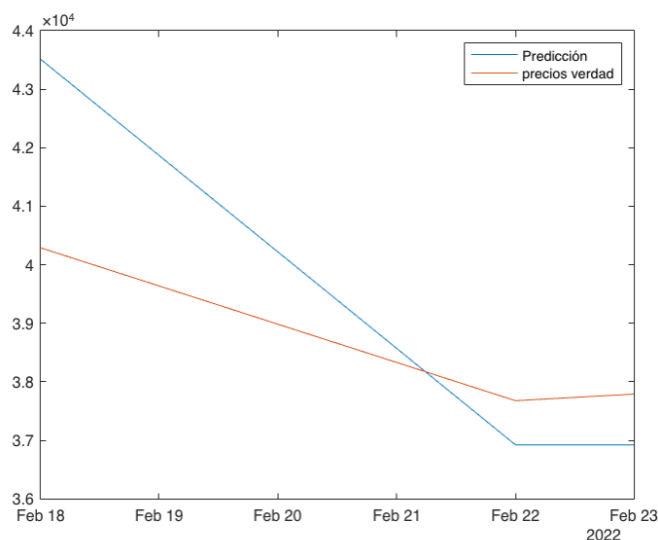


Ilustración 70

Predicción futura de los próximos 3 días con nuestro modelo creado con variables más significativas. Línea amarilla valores reales y línea azul valores predichos por nuestro modelo.

Se observa un patrón bastante similar, nuestro modelo predice un precio algo superior los primeros días con una caída hasta el día 22 de febrero y luego un periodo de precio estable. La realidad es muy similar pero menos drástica, el precio del día inicial es inferior existe una caída, pero es menor que el de nuestro modelo y el día 22 también se estabiliza. Debido a la gran inestabilidad global cuando predecimos un periodo más grande con nuestro modelo, este ajusta con una precisión inferior y hay mayores errores.

4.1 Resumen del análisis del precio dependiendo de otras variables

Las **variables más importante y correlacionadas con el precio del Bitcoin** resultaron ser el **Precio del índice de volatilidad VIX y la fecha (tiempo)**. Otras variables como la variación precio del Bitcoin y la variación del precio del Bono europeo también son importantes a la hora de determinar el precio del Bitcoin. Resaltar como **el precio del Oro y sus variaciones (Velas oro) tienen muy poca importancia**. Algo extraño ya que si ambos fuesen activos refugio sus variaciones deberían ser similares. Nos salió **un árbol de decisión como mejor modelo para predecir el precio del Bitcoin** partiendo de las cuatro variables

mencionadas. Las **predicciones se ajustaban mucho a los precios reales, pero a medida que predecíamos fechas más lejanas era menos preciso.**

5.CONSTRUCCIÓN DE ROBOTS TRADING

Por último, en este análisis compararemos el rendimiento de dos robots trading operando con oro y con bitcoin en el mismo espacio temporal y veremos si las órdenes de compra y venta son similares o no tienen correlación alguna. Estudiamos el periodo que va desde el 5 de abril de 2022 hasta el 5 de mayo de 2022. El precio del Bitcoin baja a lo largo del periodo 1324\$ desde los 40936.19\$ hasta los 38676.05\$. Para este mismo periodo el precio del Oro baja 137.19\$ menos de un 10% que el Bitcoin desde los 1965.01 hasta los 1827.86.

Usando una media móvil de los 100 datos anteriores pedimos a nuestros robots que, para el plazo temporal de un mes, cuando el precio real sea superior a nuestra media venda dicho activo y cuando el precio real sea inferior a dicha media compre ese activo. Nuestro robot analiza el precio cada hora y si se cumple alguna regla realizará la correspondiente operación o en caso contrario pasará al siguiente dato. Introducimos un límite de 400 iteraciones para que llegado a este número cuando realice la siguiente venta nos dé como output el capital final.

Nuestro robot empieza con un capital de mil euros y tras realizar el número de operaciones (compras y ventas) que estime siguiendo nuestra regla de la media móvil, veremos si genera una plusvalía o no.

```

iteracion: 427
Capital: 1095.1648273687779
Position: none
numero de ventas = 9
numero de compras realizadas 9

```

	operacion_id	tipo_de_transaccion	fecha	precio
0	1	venta	2022-04-21 23:00:00+00:00	40936.128477
1	2	compra	2022-04-25 18:00:00+00:00	39786.248398
2	3	venta	2022-04-26 14:00:00+00:00	39689.751133
3	4	compra	2022-04-28 02:00:00+00:00	39349.903633
4	5	venta	2022-04-28 05:00:00+00:00	39344.235469
5	6	venta	2022-04-28 13:00:00+00:00	39329.590039
6	7	compra	2022-04-28 15:00:00+00:00	39321.857227
7	8	venta	2022-04-29 09:00:00+00:00	39373.259648
8	9	compra	2022-05-02 04:00:00+00:00	38799.980352
9	10	venta	2022-05-02 10:00:00+00:00	38771.566289
10	11	compra	2022-05-02 13:00:00+00:00	38743.306992
11	12	venta	2022-05-02 15:00:00+00:00	38724.555000
12	13	compra	2022-05-02 21:00:00+00:00	38658.932813
13	14	compra	2022-05-03 07:00:00+00:00	38529.926328
14	15	venta	2022-05-03 09:00:00+00:00	38509.388711
15	16	compra	2022-05-03 11:00:00+00:00	38488.353516
16	17	compra	2022-05-04 06:00:00+00:00	38345.931797
17	18	venta	2022-05-05 14:00:00+00:00	38676.053984



Ilustración 71 y 72

Operaciones realizadas con Bitcoin por nuestro robot en el plazo temporal de un mes analizando los precios cada hora.

Representación de un media móvil con índice = 100 del precio del Bitcoin en el periodo que nuestro robot opera.

Podemos observar cómo nuestro robot durante el mes pasado realiza un total de 18 operaciones, 9 compras y 9 ventas. Nuestro capital final tras 427 iteraciones es de 1095.16€. Teniendo en cuenta la inestabilidad de este mes de abril es increíble que nuestro robot nos genere un beneficio cuando hace trading con el Bitcoin. Hay que aclarar que este beneficio de 95.16 € es bruto puesto no tenemos en cuenta las comisiones que se nos cobraría por realizar estas operaciones.

Del mismo modo, si analizamos nuestro robot de trading para el oro:

```

iteracion: 492
Capital: 975.958865481365
Position: none
numero de ventas = 4
numero de compras realizadas 8

```

	operacion_id	tipo_de_transaccion	fecha	precio
0	1	venta	2022-04-22 01:00:00-04:00	1965.015996
1	2	compra	2022-04-28 21:00:00-04:00	1900.690000
2	3	venta	2022-04-29 15:00:00-04:00	1898.359998
3	4	compra	2022-05-01 18:00:00-04:00	1898.387998
4	5	compra	2022-05-04 14:00:00-04:00	1880.672998
5	6	venta	2022-05-05 11:00:00-04:00	1880.091997
6	7	compra	2022-05-05 15:00:00-04:00	1878.485999
7	8	compra	2022-05-05 18:00:00-04:00	1877.804998
8	9	compra	2022-05-05 23:00:00-04:00	1875.955999
9	10	compra	2022-05-06 04:00:00-04:00	1874.918997
10	11	venta	2022-05-08 22:00:00-04:00	1875.726996
11	12	compra	2022-05-17 02:00:00-04:00	1827.862997



Ilustración 73 y 74

Operaciones realizadas con Oro por nuestro robot en el plazo temporal de un mes analizando los precios cada hora.

Representación de un media móvil con índice = 100 del precio del Oro en el periodo que nuestro robot opera.

En este caso se dan más ocasiones de compra probablemente provocado por una bajada considerable del precio del activo. Baja desde 1965.02 el 22 de abril hasta 1827.86 el 17 de abril una caída de más de 100€ en un plazo de menos de un mes. Esto provoca que a nuestro robot le salgan más órdenes de compra pues la media de los días anteriores es superior al precio real y compra el activo esperando el rebote.

Nuestro robot de trading con oro hace un total de 12 operaciones, este caso 8 ventas y 4 compras y a diferencia que con el Bitcoin pierde dinero. El bitcoin pese a la inestabilidad actual ha bajado un 6% mientras que el oro el activo refugio por excelencia un 7%. Si analizamos ambas medias móviles vemos como debido a la tendencia bajista de los mercados este último mes los precios son inferiores que la media la mayoría del tiempo. En el caso del Bitcoin sí que hay más ocasiones en los que el precio real se queda por debajo encima de la media móvil debido principalmente a su mayor volatilidad y mayores fluctuaciones en el precio.

Si aumentamos la media móvil de 100 a 200 y mantenemos el mismo periodo temporal, es decir usásemos más datos pasados a la hora de predecir la media vemos como el oro es más rentable en este caso.

```
In [43]: runfile('/Users/estebanmoyano/Desktop/TFG ADE/ROBOT BTC Table.py', wdir='/Users/estebanmoyano/Desktop/TFG ADE')
[*****100%*****] 1 of 1 completed
iteracion: 507
Capital: 896.3745447870249
Position: none
numero de ventas = 2
numero de compras realizadas 2
operacion_id  tipo_de_transaccion      fecha      precio
0             1                venta 2022-05-03 04:00:00+00:00 38956.063320
1             2                compra 2022-05-04 08:00:00+00:00 38796.205391
2             3                venta 2022-05-05 14:00:00+00:00 38803.303691
3             4                compra 2022-05-15 23:00:00+00:00 31086.000996
```

Ilustración 75

Operaciones realizadas con Bitcoin por nuestro robot con una media móvil de 200

El Bitcoin se realizan 4 operaciones, 2 compras y 2 ventas que resultan en unas pérdidas totales de 103, 63\$. Además, el precio disminuye en 7870,06\$ una caída del 20%.

Por otro lado, el robot del oro, realizando el mismo número de operaciones obtiene unas ganancias de 8.15\$. Al igual que en el caso del Bitcoin el precio disminuye en 57,29\$ un 3%.

```
In [44]: runfile('/Users/estebanmoyano/Desktop/TFG ADE/Robot Gold Table', wdir='/Users/estebanmoyano/Desktop/TFG ADE')
[*****100%*****] 1 of 1 completed
iteracion: 429
Capital: 1008.1556174111299
Position: none
numero de ventas = 2
numero de compras realizadas 2
operacion_id tipo_de_transaccion fecha precio
0 1 venta 2022-05-05 10:00:00-04:00 1889.949999
1 2 compra 2022-05-06 11:00:00-04:00 1886.064498
2 3 venta 2022-05-06 13:00:00-04:00 1885.906498
3 4 compra 2022-05-19 08:00:00-04:00 1832.659998
```

Ilustración 76

Operaciones realizadas con Bitcoin por nuestro robot con una media móvil de 200

5.1 Resumen de la comparación de los robots

En conclusión, **nuestro robot de trading que opera ajustándose a la media móvil**, en **períodos cortos k=100 funciona mejor para el Bitcoin** y cuando incrementamos la media móvil a k=200 **largo plazo el oro funciona mejor**. Esto nos indica, que el **Bitcoin es un activo con gran volatilidad** respecto a la media móvil, mientras que el oro, tiene menos volatilidad, pero es más constante a lo largo de adaptarse a la media. Como el oro es más constante, se podría modificar yendo de una banda de Bollinger inferior a una superior, a ver si así podría producir mayores ganancias.

Esta línea de estudio nos permitiría probar **diferentes técnicas de análisis técnico** hasta encontrar la que **mejor resultados de para estos activos**.

Por otro lado, el **Bitcoin** que tiene más volatilidad, se podría probar una **mallá de compras y ventas, y esperar que recorra todo el espectro**. Usando de contra moneda el oro se podrían configurar diferentes órdenes de compra y venta a diferentes precios y mallas. Invertiremos a un precio en Bitcoin y cuando alcance la primera orden de venta se venderá al precio establecido y se creará automáticamente una orden de compra por debajo del precio que se acaba de vender.

6.CONCLUSIONES

En situaciones o periodos de inestabilidad global el Bitcoin ha sido más volátil e impredecible que el oro:

- a) El bitcoin pese a tener un historial de cotización más corto sus fluctuaciones son más considerables y ha alcanzado un precio de cotización superior como podemos observar en la ilustración 21 en la pág. 29.
- b) El Bitcoin es más volátil, su canal es considerablemente más ancho que el del oro como observamos en la ilustración 21 cuando los comparamos con la misma escala ambos activos. El oro tenía una anchura de 639\$ por los 26.789\$ del Bitcoin, es decir el canal del Bitcoin era 40 veces más grande. Además, el oro para el periodo estudiado tenía una variación positiva de 55% mientras que el Bitcoin 461%, por cada porcentaje de variación del oro el Bitcoin variaba 8.
- c) Como pudimos observar en las ilustraciones 13 y 14 las bandas de Bollinger de ambos activos, fueron más anchas en momentos de inestabilidad global de los mercados. Pero si usamos la misma escala se puede apreciar como el Bitcoin tiene unas bandas de Bollinger más anchas que el oro y sus bandas fluctuaron en mayor medida durante la pandemia.
- d) El oro destaca por tener menos fluctuaciones respecto del resto de activos en tiempos de inestabilidad. El bitcoin llegó a tener grandes retrocesos porcentuales y caídas. En los meses de febrero-marzo de 2020 con la llegada de la pandemia que cayó hasta un 40% el precio del activo como se aprecia en la pág. 15 (Ver [ilustración 7]), además se puede apreciar como rompe el canal de tendencia. El Bitcoin demostró tener una correlación positiva con los activos de riesgo asemejándose más a un activo tecnológico y de futuro, por lo que a diferencia del oro y los valores refugio no sirve para la diversificación de una cartera no sirviendo como refugio.

- e) Según los ajustes funcionales que realizamos, el oro seguía un polinomio básico, mientras que bitcoin necesitaba funciones más compleja. En el último periodo marcado por la inestabilidad, el oro se ajustaba a un polinomio de tercer grado mientras que el Bitcoin necesitaba una serie de Fourier. (Ver [ilustraciones 32 y 36]. Además, se reflejaban claramente las situaciones de inestabilidad al producirse cambios significativos era necesario en esos tramos varias funciones o funciones más complejas.

- f) El feature selection reveló como la variable que mejor explicaba el Bitcoin no era el oro como sería lógico si ambos activos fuesen similares. El índice de volatilidad (VIX) y el tiempo fueron las variables más importantes respecto del Bitcoin. (Ver [ilustración 65])

- g) Al utilizar machine learning ambos activos seguían un proceso de regresión gaussiana pero cuando realizamos los ajustes de intervalos de confianza vimos como los del oro eran inferiores en tamaño. Esto indicaba como el oro al ser más estable, concentraba su precio el 95% de las veces en un intervalo más pequeño que el del Bitcoin. Esta diferencia la podemos apreciar si comparamos las ilustraciones 42 y 59.

- h) Cuando programamos los robots para realizar trading automático el Bitcoin ofreció mejores oportunidades cuando la media móvil era pequeña. Por el contrario, al utilizar medias móviles de mayor tamaño fue el oro el que generó mejores resultados. El oro al tener retrocesos más leves y menos fluctuaciones, su precio suele estar más cercano a la media histórica. Como el periodo que estudiamos con los robots, fue un mes con grandes caídas en los mercados, el precio del Bitcoin cayó un 20% desde su precio inicial al que compramos y el final al que vendimos, la media del oro se vio afectada al coger un número más pequeño para hacer la media móvil ya que se alejaban más de lo normal de su media histórica. Cuando incrementamos el número de registros, la

media móvil volvía a ajustarse a la histórica y funcionaba al ser menos volátil mejor que el robot de Bitcoin.

El Bitcoin no actúa como un activo refugio típico:

- a) Como se ha comprobado en el apartado anterior es muy volátil e impredecible. Sus movimientos están respaldados en muchas ocasiones por modas o sentimientos de los inversores.
- b) Tiene correlación con los mercados, como se puede apreciar en su cotización en los periodos de inestabilidad. El oro se ha apreciado durante la guerra de ucrania mientras que el Bitcoin ha llegado a reducir a la mitad su cotización. Cuando hicimos el estudio con los robots de trading la diferencia de precio entre la primera compra y la última venta en el Bitcoin fue de un 20% inferior mientras que en el caso del oro solo un 3%. “Un inversor que hubiese comprado en el momento que el oro llego a estar más caro habría perdido un 4,54% si hubiera vendido tras la caída que se produjo poco después. Ese mismo desafortunado e hipotético inversor podría haber llegado a perder un 16% por comprar en el momento más caro y venderlo en el posterior mínimo de la criptodivisa” como indica el artículo de Fernando Belinchón, “¿Bitcóin como refugio? La prueba de fuego de la invasión rusa”. (Ver [24])
- c) La capitalización actual del Bitcoin es de 700.000 mil millones de dólares y la del oro de 2.6 billones, su volumen es muy inferior al de otros valores refugio.

El oro sigue siendo una mejor inversión en situaciones de inestabilidad:

- a) Como vimos en el análisis técnico el oro respeta más los soportes que el Bitcoin. Si es cierto que el Bitcoin rompe más resistencias, pero luego tiene caídas más duras. En un periodo de tiempo inferior el Bitcoin rompió más soportes y resistencias que el

oro en un periodo considerablemente superior como se puede apreciar en las ilustraciones 19 y 20 en las página 27 y 28.

- b) El oro tiene una Beta negativa por lo que sirve para diversificar carteras y en situaciones de inestabilidad su demanda sube y su precio aumenta ya que es un activo que no pierde su poder adquisitivo.
- c) Los ajustes funcionales que realizamos, el oro seguía un polinomio básico. Si observamos el histórico del precio del oro, este siempre se ha comportado de manera estable con una ligera tendencia alcista. En la comparación que se realiza de la tendencia de ambos activos en la ilustración 21 se puede apreciar claramente.
- d) Cuando usamos los robots de trading el oro funcionaba mejor, cuando usábamos una media móvil temporal más larga. Lo que nos dejaba ver como a pesar de estar los mercados en una tendencia claramente negativa el oro se mantenía cerca de su media histórica. Mientras el Bitcoin reflejaba una correlación positiva con estos.

En conclusión, nuestro estudio demuestra que actualmente el Bitcoin no actúa como un activo refugio, tiene una alta volatilidad, correlación con el mercado y muy sensacionalista. Habrá que ver si en el futuro cuando se acabe la minería del Bitcoin su comportamiento se asemeja más al oro y otros valores refugio, pero esto dependerá de que se haya creado entre la gente esa idea de valor refugio y su volumen de negociación siga creciendo. La guerra de Ucrania como la COVID ha vuelto a poner a prueba a esta criptomoneda y hoy en día podemos afirmar que no es un activo refugio seguro. Seguimos necesitando más datos y tiempo para poder comparar su trayectoria, con la próxima crisis global de manera que podamos determinar si es o no un activo refugio y si su cotización esta correlacionada con las caídas de los mercados

Con los avances de la inteligencia virtual este trabajo abre la oportunidad de explorar numerosas **vías de investigación complementarias:**

- a) ¿Hasta qué punto se podría mejorar nuestro robot? Podríamos probar a usar las bandas de Bollinger como indicadores de los puntos de compra y venta en vez de una media móvil o incluso un proceso de regresión gaussiana. ¿Puede llegar a ser infalible?
- b) Dados los acontecimientos recientes del Salvador, Nigeria y Venezuela donde se está incrementando su uso y en el caso del Salvador se ha reconocido como moneda local, será interesante estudiar si el Bitcoin puede llegar a convertirse en una moneda principal en aquellos países cuya economía local sufra hiperinflación y su moneda se devalué.
- c) También, se podría plantear un análisis más profundo de los precios de ambos activos. Analizar e intentar predecir el futuro de esta criptomoneda y los diferentes escenarios y las consecuencias.
- d) Realizar comparaciones con otras criptomonedas, ¿Es el Bitcoin especial o solo fue la primera?
- e) Realizar un análisis de la gestión durante un periodo de tiempo de una cartera de criptomonedas. Haciendo trading usando el análisis técnico y analizar los resultados.

7.BIBLIOGRAFÍA

1. MENA ROA, M., “El mercado de las criptomonedas ya supera los 3 billones de dólares”, *Statista*. <https://es.statista.com/grafico/26156/capitalizacion-de-mercado-de-las-principales-criptomonedas/>
2. FORBES STAFF., “Oro vs. Bitcoin como inversión a largo plazo ¿Qué opinan los expertos?”. <https://forbes.co/2021/02/22/economia-y-finanzas/oro-vs-bitcoin-como-inversion-a-largo-plazo-que-opinan-los-expertos/>
3. MENA ROA, M., “La adopción de criptomonedas en el mundo”, *Statista*. <https://es.statista.com/grafico/18425/adopcion-de-las-criptomonedas-en-el-mundo/>
4. BBC NEWS MUNDO., “Bitcoin: El Salvador se convierte este martes en el primer país del mundo en adoptar la criptomoneda como divisa de curso legal”, 2021, *BBC NEWS*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-58441561>
5. ORELLANA.R., “Criptomonedas: en qué países son legales y dónde están prohibidas”, *Digitaltrends*. <https://es.digitaltrends.com/tendencias/criptomonedas-legales-prohibidas/>
6. GÓNZALEZ.C., “¿Cómo afecta a las criptomonedas la guerra entre Rusia y Ucrania?”, *Investing*. <https://es.investing.com/news/cryptocurrency-news/como-afecta-a-las-criptomonedas-la-guerra-entre-rusia-y-ucrania-2218695>
7. MURPHY, J., *Análisis técnico de los mercados financieros*, (1986).
8. YURI RABASA, 31 de marzo 22, *El FIN de una TENDENCIA. ¿Cómo se DETECTA?* [Video]. YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=5u3kUSFu_y4.
9. GOMEZ.A., “La inversión en oro y plata, alternativas ante la volatilidad de las criptomonedas”, *Funds & Markets*. <https://dirigentesdigital.com/inversion/la-inversion-en-oro-y-plata-alternativas-ante-la-volatilidad-de-las-criptomonedas>
10. KLEIN.T,WALTHER.T,PHAM THU.HIEN., “Bitcoin is not the New Gold - A Comparison of Volatility, Correlation, and Portfolio Performance”, 2018, ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/323935694_Bitcoin_is_not_the_New_Gold_-_A_Comparison_of_Volatility_Correlation_and_Portfolio_Performance

11. KUZNETSOV.N, “Todos bajo el mismo paraguas: La correlación de Bitcoin con el oro y las acciones es cada vez mayor”, *COINTELEGRAPH*.
<https://es.cointelegraph.com/news/joining-the-ranks-bitcoin-s-correlation-with-gold-and-stocks-is-growing>
12. SANTOS. M, “Así es Cardano, la tercera criptomoneda más popular del mundo que pretende destronar a Ethereum: cuáles son sus puntos a favor y sus riesgos”, *Business Insider España*. <https://www.businessinsider.es/invertir-cardano-potencial-riesgos-criptomoneda-928165>
13. JAREÑO.F, DE LA O. GONZALEZ. M , LOPEZ. R, RAMOS. A, “Cryptocurrencies and oil price shocks: A NARDL analysis in the COVID-19 pandemic”,
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102281>
14. KRAAIJEVELD. O y DE SMEDT. J, “The predictive power of public Twitter sentiment for forecasting cryptocurrency prices”,
<https://doi.org/10.1016/j.intfin.2020.101188>
15. LYU. H, “Comparative performance of machine learning algorithms for Cardano cryptocurrency forecasting”,
<https://doi.org/10.1117/12.2635761>
16. LOPEZ.J, “Definición Valor Refugio”, *Economipedia*.
<https://economipedia.com/definiciones/valor-refugio.html>
17. CONLON.T, CORBET.S Y MCGEE.R., “¿Are cryptocurrencies a safe haven for equity markets? An international perspective from the COVID-19 pandemic”, *ScienceDirect*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0275531920304438>
18. TVERSKY.A Y KAHNEMAN.D., “Loss Aversion in Riskless Choice: A Reference-Dependent Model”.
<https://www.sscnet.ucla.edu/polisci/faculty/chwe/austen/tversky1991.pdf>
19. URQUART.A Y ZHANG.H., “Is Bitcoin a hedge or safe haven for currencies? An intraday analysis”.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1057521918307622>

20. GUESMI.K Y ABID.I., “Portfolio diversification with virtual currency: Evidence from bitcoin”.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S105752191830173X>
21. NAKAMOTO.S., “Bitcoin P2P e-cash paper”,2008.
<https://satoshi.nakamotoinstitute.org/emails/cryptography/1/>
22. CONSEJO MUNDIAL DEL ORO, “Investment update”, 2021.
<https://metalesdeinversion.com/la-volatilidad-del-bitcoin-le-impide-sustituir-al-oro-como-activo-refugio/>
23. LEECH.O., TIME
<https://www.eleconomista.es/mercados-cotizaciones/noticias/11415638/10/21/La-volatilidad-del-bitcoin-es-cuatro-veces-superior-a-la-de-la-bolsa-.html>
24. BELINCHÓN F., “¿Bitcóin como refugio? La prueba de fuego de la invasión rusa”,2022,CincoDías,
https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/03/11/mercados/1647012454_646132.html

8.INDICE DE ILUSTRACIONES

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

Ilustración 1

Correlación histórica entre los diferentes tipos de activos.(VanEck, 2021).

Ilustración 2

Como funciona *blockchain*. (*Wild , Arnold, & Stafford, 2015*).

Ilustración 3

Ejemplo de la función hash. (https://es.wikipedia.org/wiki/Función_hash, s.f.).

Ilustración 4

“Explicación: ¿Qué es el hash en blockchain?”, *Bybit Learn. Ilustración de la prueba de trabajo en Bitcoin.Imagen CC: IEEE Spectrum*.

Ilustración 5

Exchanges con mayor volumen y liquidez diarios.(*Coinmarketcap, s.f.*).

Ilustración 6

Canal del oro. Rupturas del canal en los últimos 3 años por el precio del oro. (Elaboración propia mediante el uso del software EToro)

CAPITULO 2. ANÁLISIS TÉCNICO

Ilustración 7

Canal del Bitcoin. Rupturas del canal en los últimos 2 años por el precio del Bitcoin. (Elaboración propia mediante el uso del software EToro)

Ilustración 8

Explicación grafica de los retrocesos porcentuales. *Murphy, J., Análisis técnico de los mercados financieros, (1986)*.

Ilustración 9

Media móvil simple Bitcoin con línea roja con índice k=10 y con línea azul k=100. Desfase

en la media por el número de datos. (Elaboración propia mediante el uso del software EToro)

Ilustración 10

Media móvil ponderada del precio del Bitcoin con $k=10$ (rojo) y $k=100$ (azul). (Elaboración propia mediante el uso del software EToro)

Ilustración 11

Media móvil suavizada exponencialmente para el precio del Bitcoin con $k=50$ (rojo). (Elaboración propia mediante el uso del software EToro)

Ilustración 12

Identificando señales de compra con el uso de dos medias móviles con diferentes periodos 10 y 50 y sus cruces. (Elaboración propia mediante el uso del software EToro)

Ilustración 13 y 14

Bandas de Bollinger Oro y Bitcoin respectivamente. Media móvil exponencial $k=50$ (línea roja), precio real (línea negra). Identificando señales de compra y venta cuando la media móvil se acerca a uno de los bordes de la banda. (Elaboración propia mediante el uso del software EToro)

Ilustración 15

Uso de Osciladores para identificar señales de compra y venta para el Oro. Oportunidad de compra(verde) y venta(rojo). (Elaboración propia mediante el uso del software EToro)

Ilustración 16

Representación y muestra de patrones de velas de cambio de tendencia conocidos. Circulo azul representa un patrón de cobertura de nube oscura. El circulo verde, patrón de línea penetrante. (Elaboración propia mediante el uso del software EToro)

Ilustración 17

Representación y muestra de patrones de velas confirmatorios de continuación de tendencia actual. Circulo amarillo identifica un patrón de tres métodos descendentes. (Elaboración propia mediante el uso del software EToro)

Ilustración 18

Gráfico representando el Indicador Ichimoku en el activo Oro.

Ilustración 19

Indicador Ichimoku en Oro. Representación rupturas de soportes y resistencias por el precio.

Puntos (verdes) se respetaron soportes y resistencias, en (rojos) se rompieron y en (amarillos) temporalmente.

Ilustración 20

Indicador Ichimoku en Bitcoin. Representación rupturas de soportes y resistencias por el precio.

Puntos (verdes) se respetaron soportes y resistencias, en (rojos) se rompieron y en (amarillos) temporalmente.

Ilustración 21

Comparación a escala de la fuerza de las tendencias y amplitud de canales entre el oro y el Bitcoin.

CAPITULO 3. AJUSTE FUNCIONAL AL PRECIO

Ilustración 22

Precio medio diario Bitcoin números en nuestro periodo temporal identificados del 1 al 2712. (Elaboración propia, Excel).

Ilustración 23

Precio medio diario Bitcoin primeros 800 días con función simple que mejor se ajusta y su R^2 . (Elaboración propia, Excel).

Ilustraciones 24,25 y 26

Precio medio diario Bitcoin entre los días 800 y 1500. Dividido en 2 tramos y dos funciones simples para un mejor ajuste funcional. (Elaboraciones propias, Excel).

Ilustración 27

Precio medio diario Bitcoin 1500-2400 días. Función simple que mejor se ajusta en ese tramo y su R^2 . (Elaboración propia, Excel).

Ilustración 28

Precio medio diario Bitcoin 2400-2500 días. Función simple que mejor se ajusta en ese tramo y su R^2 . (Elaboración propia, Excel).

Ilustración 29

Precio medio diario Bitcoin 2500-2712 días, fecha actual. Función simple que mejor se ajusta en ese tramo y su R^2 . (Elaboración propia, Excel).

Ilustración 30,31,32

Precio medio diario Bitcoin. Usando curve fitting en el primer, segundo y tercer bloque para encontrar el mejor ajuste funcional y los datos de dichas funciones. (Elaboración propia, Curve Fitting).

Ilustración 33

Precio medio diario del Oro números en nuestro periodo temporal identificados del 1 al 1330. (Elaboración propia, Excel).

Ilustración 34

Precio del Oro durante las crisis y sus variaciones. (Elaboración propia)

Ilustración 35 y 36

Precio Oro primer y segundo bloque. Usando curve fitting para encontrar el mejor ajuste funcional y los datos de dichas funciones. (Elaboración propia, Curve Fitting).

Ilustración 37

Funcionamiento de los folds en machine learning

Provost, F., and Fawcett, T. (2013). Data Science for Business. O'Reilly Media

Ilustración 38 y 39

Resultados del mejor modelo para nuestros datos en el primer bloque y los resultados.

Ilustración 40 y 41

Grafica con los errores sobre una predicción perfecta sobre los datos reales del Bitcoin en el primer periodo.

Grafica con los valores predichos por nuestro modelo y los reales. Valores predicho (Amarillo) y reales (Azul).

Ilustración 42

Estimación con nuestro modelo de los valores para el primer tramo, valor real y líneas del intervalo de confianza 95%

Ilustración 43 y 44

Resultados del mejor modelo para nuestros datos en el segundo bloque y los resultados.

Ilustración 45 y 46

Grafica con los errores sobre una predicción perfecta sobre los datos reales del Bitcoin en el segundo periodo.

Grafica con los valores predichos por nuestro modelo y los reales. Valores predicho (Amarillo) y reales (Azul).

Ilustración 47 y 48

Imágenes representando los datos predichos y las líneas indicando el intervalo de confianza del 95%.

Ilustración 49 y 50

Resultados del mejor modelo para nuestros datos en el tercer bloque y los resultados.

Ilustración 51 y 52

Grafica con los errores sobre una predicción perfecta sobre los datos reales del Bitcoin en el tercer periodo.

Grafica con los valores predichos por nuestro modelo y los reales. Valores predicho (Amarillo) y reales (Azul).

Ilustración 53

Representación de los datos predichos y las líneas indicando el intervalo de confianza del 95%.

Ilustración 54

Grafica con los precios medios del Oro en el espacio temporal elegido.

Ilustración 55 y 56

Resultados del mejor modelo para nuestros datos en el primer bloque Oro y los resultados.

Ilustración 57 y 58

Grafica con los errores sobre una predicción perfecta sobre los datos reales del Bitcoin en el primer periodo.

Grafica con los valores predichos por nuestro modelo y los reales. Valores predicho (Amarillo) y reales (Azul).

Ilustración 59

Bloque 1 del oro los datos predichos y las líneas indicando el intervalo de confianza del 95%.

Ilustración 60 y 61

Resultados del mejor modelo para nuestros datos en el segundo bloque Oro y los resultados.

Ilustración 62 y 63

Grafica con los errores sobre una predicción perfecta sobre los datos reales del Bitcoin en el segundo periodo.

Grafica con los valores predichos por nuestro modelo y los reales. Valores predicho (Amarillo) y reales (Azul).

Ilustración 64

Bloque 2 del oro los datos predichos y las líneas indicando el intervalo de confianza del 95%.

CAPITULO 4. ANÁLISIS DEL PRECIO DEPENDIENDO DE OTROS FACTORES

Ilustración 65

Variables con mayor importancia con respecto al precio del Bitcoin encontradas usando *feature selection*.

Ilustración 66

Parámetros del árbol de decisión que resultó ser el modelo que mejor se ajusta al precio del Bitcoin

Ilustración 67 y 68

Predicciones del modelo y valores reales del Bitcoin.

Errores del Modelo respecto de los valores reales indicados por las líneas rojas.

Ilustración 69

Predicción de nuestro modelos y representación del valor real del Bitcoin cada 30 días (Círculos)

Ilustración 70

Predicción futura de los próximos 3 días con nuestro modelo creado con variables más significativas. Línea amarilla valores reales y línea azul valores predichos por nuestro modelo.

CAPITULO 5. CONSTRUCCIÓN DE ROBOTS TRADING

Ilustración 71 y 72

Operaciones realizadas con Bitcoin por nuestro robot en el plazo temporal de un mes analizando los precios cada hora.

Representación de un media móvil con índice = 100 del precio del Bitcoin en el periodo que nuestro robot opera.

Ilustración 73 y 74

Operaciones realizadas con Oro por nuestro robot en el plazo temporal de un mes analizando los precios cada hora.

Representación de un media móvil con índice = 100 del precio del Oro en el periodo que nuestro robot opera.

Ilustración 75

Operaciones realizadas con Bitcoin por nuestro robot con una media móvil de 200.

Ilustración 76

Operaciones realizadas con Oro por nuestro robot con una media móvil de 200.