

Blockchain y Criptomonedas su funcionamiento y un análisis de portafolio eficiente de Markowitz para las 10 principales criptomonedas

Blockchain and Cryptocurrencies: Their Functioning and an Efficient Portfolio Analysis Using Markowitz Theory for the Top 10 Cryptocurrencies

  **Gustavo Adolfo Mendoza-Rodríguez¹**   **Marlon Martin Mogollón-Taboada¹**
  **Gabriela Del Cisne Guanilo-Castillo²**   **Luis Ramon Trelles-Pozo¹**
  **Pablo Rijalba-Palacios²**   **Richard Edgar Gonzales-Alcedo³**

¹Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales, Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Perú

²Facultad de Ciencias Económicas y Financieras, Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú

³Facultad de Administración, Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú

*Correspondencia:

Gustavo, Mendoza-Rodríguez

Fecha de recepción : 07/03/2025
Fecha de Revisión : 28/05/2025
Fecha de aceptación : 11/06/2025
Fecha de publicación : 30/06/2025

Como citar: Mendoza-Rodríguez, G.A., Trelles-Pozo, L.R., Rijalba-Palacios, P., Martin-Mogollón, M., Guanilo-Castillo, G.C. y Gonzáles-Alcedo, R.E. (2025). Blockchain y Criptomonedas: su funcionamiento y un análisis de portafolio eficiente de Markowitz para las 10 Criptomonedas. *Revista de Investigación Científica de la UNF-Aypate*, 4(1), 1–24. <https://doi.org/10.57063/ricay.v4i1.146>

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un análisis exhaustivo de funcionamiento de las criptomonedas con la tecnología blockchain, la cual lo hace posible, el análisis se desarrolla en el primer semestre del 2024, donde se ha tenido cierta estabilidad en los mercados financieros de criptomonedas, pero adicional a ello se discuten los desafíos regulatorios y las barreras a la adopción masiva de criptomonedas. A medida que Bitcoin y otras criptomonedas ganan aceptación, la ausencia de un marco normativo claro y uniforme presenta riesgos significativos, tanto para los inversores como para las instituciones financieras. El estudio subraya la importancia de desarrollar regulaciones adecuadas que puedan mitigar estos riesgos sin sofocar la innovación. Además, se presentan casos de uso en diversas industrias, mostrando el potencial transformador de blockchain más allá del sector financiero. Por ejemplo, en la cadena de suministro, blockchain puede asegurar la trazabilidad de los productos, mientras que, en la gestión de activos digitales, puede facilitar transacciones más seguras y eficientes. El análisis incluye la teoría de portafolio de Markowitz aplicada a una cartera de criptomonedas, evaluando el equilibrio entre riesgo y rendimiento. La diversificación de una cartera de criptomonedas, basada en los principios de Markowitz, puede ayudar a optimizar el rendimiento ajustado al riesgo, ofreciendo una herramienta valiosa para los inversores en este mercado emergente.

Las criptomonedas y la tecnología blockchain están remodelando el entorno financiero global. A pesar de los desafíos regulatorios y técnicos, su capacidad para ofrecer transacciones más transparentes, seguras y eficientes presenta un enorme potencial. Es esencial que las políticas y regulaciones evolucionen en paralelo con estas innovaciones para garantizar un desarrollo sostenible y seguro del mercado de criptomonedas.

Palabras clave: blockchain, criptomoneda, Bitcoin, peer-to-peer, proof of staket, tecnologías distribuidas, Teoría de portafolio Markowitz.

ABSTRACT

This paper provides a comprehensive analysis of the functioning of cryptocurrencies and the blockchain technology that enables them. The analysis is conducted during the first semester of 2024, a period of relative stability in cryptocurrency financial markets. In addition to this, the study discusses regulatory challenges and barriers to the mass adoption of cryptocurrencies. As Bitcoin and other cryptocurrencies gain acceptance, the absence of a clear and uniform regulatory framework poses significant risks for both investors and financial institutions. The study highlights the importance of developing appropriate regulations that can mitigate these risks without stifling innovation. Furthermore, real-world use cases in various industries are examined, showcasing blockchain's transformative potential beyond the financial sector. For example, in supply chain management, blockchain can ensure product traceability, while in digital asset management, it can facilitate more secure and efficient transactions. The analysis also incorporates Markowitz's portfolio theory, applied to a cryptocurrency portfolio, assessing the balance between risk and return. The diversification of a cryptocurrency portfolio, based on Markowitz's principles, can help optimize risk-adjusted returns, providing a valuable tool for investors in this emerging market.

Cryptocurrencies and blockchain technology are reshaping the global financial landscape. Despite regulatory and technical challenges, their ability to enable more transparent, secure, and efficient transactions presents enormous potential. It is essential for policies and regulations to evolve in parallel with these innovations to ensure the sustainable and secure development of the cryptocurrency market.

Keywords: blockchain, Cryptocurrency, Bitcoin, peer-to-peer, proof of staket, distributed technology, markowitz portfolio theory.

1. INTRODUCCIÓN

En la última década, la tecnología blockchain y las criptomonedas han emergido como fuerzas disruptivas en el panorama financiero global. Blockchain, la tecnología subyacente a las criptomonedas como Bitcoin, ofrece una infraestructura descentralizada que promete mayor transparencia, seguridad y eficiencia en las transacciones. Esta tecnología ha captado la atención no solo del sector financiero, sino también de una amplia gama de industrias que buscan innovar y optimizar sus procesos.

Bitcoin, la primera y más conocida criptomoneda, ha demostrado ser una alternativa viable al dinero tradicional y ha planteado interrogantes sobre el futuro del sistema financiero global. Su naturaleza descentralizada y la eliminación de intermediarios financieros han atraído a inversores y usuarios que buscan mayor control sobre sus activos y transacciones.

Este artículo tiene como objetivo explorar en profundidad cómo blockchain y Bitcoin están transformando las finanzas internacionales y evaluando su potencial de adopción en otros sectores. Además, se aplicará la teoría de portafolio de Markowitz para analizar cómo una cartera diversificada de criptomonedas puede optimizar el balance entre riesgo y rendimiento, proporcionando una herramienta valiosa para los inversores en un mercado altamente volátil.

El estudio se estructura en varias secciones que abordan desde los fundamentos teóricos de blockchain y Bitcoin hasta sus aplicaciones prácticas y análisis cuantitativo. Se discutirán los beneficios y desafíos asociados con estas tecnologías, y se presentarán recomendaciones para su integración efectiva en el sistema financiero y otros sectores.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Marco teórico

El presente estudio desarrolla la utilidad del blockchain y la criptomoneda, que en el Perú aún son tecnologías desconocidas para los mercados y que sirven bastante para la las finanzas internacionales. Para ello tenemos que conceptualizar que es un blockchain y una criptomoneda.

Blockchain y Criptomoneda

Blockchain:

Para el Institute of International Finance, “el blockchain es un registro contable distribuido, descentralizado, público y encriptado, en el cual las personas pueden almacenar información y hacer transacciones seguras sin la necesidad de intermediarios. La información de las transacciones no está guardada en un archivo central, está representada por transacciones registradas en una hoja de cálculo global o libro mayor que aprovecha los recursos de una gran red peer-to-peer para verificar y aprobar transacciones”. (2015).

Tapscott y Tapscott lo determinan de la siguiente manera “¿Qué pasaría si existiera un internet del valor en el que las partes de una transacción pudieran almacenar e intercambiar valor sin la necesidad de intermediarios tradicionales? En pocas palabras, eso es lo que ofrece la tecnología blockchain. El valor no se guarda en un archivo en algún lugar; se representa mediante transacciones registradas en una hoja de cálculo global o libro mayor, que aprovecha los recursos de una gran red peer-to-peer para verificar y aprobar transacciones. Un blockchain tiene varias ventajas. Primero, es distribuido: se ejecuta en computadoras proporcionadas por voluntarios de todo el mundo, por lo que no existe una base de datos central para piratear. En segundo lugar, es público: cualquiera puede verlo en cualquier momento porque reside en la red. Y tercero, está encriptado: usa encriptación de alto rendimiento para mantener la seguridad (2017, pp. 10-11).”

Etapas del blockchain:

El sistema blockchain tiene tres etapas para poder desarrollar el conjunto de las transacciones, verificar las transacciones y almacenar y distribuir la información, estas son bloques, minero y todos los cuales explicamos a continuación:

Bloques: el bloque los conforma un conjunto de transacciones, cada una de estas

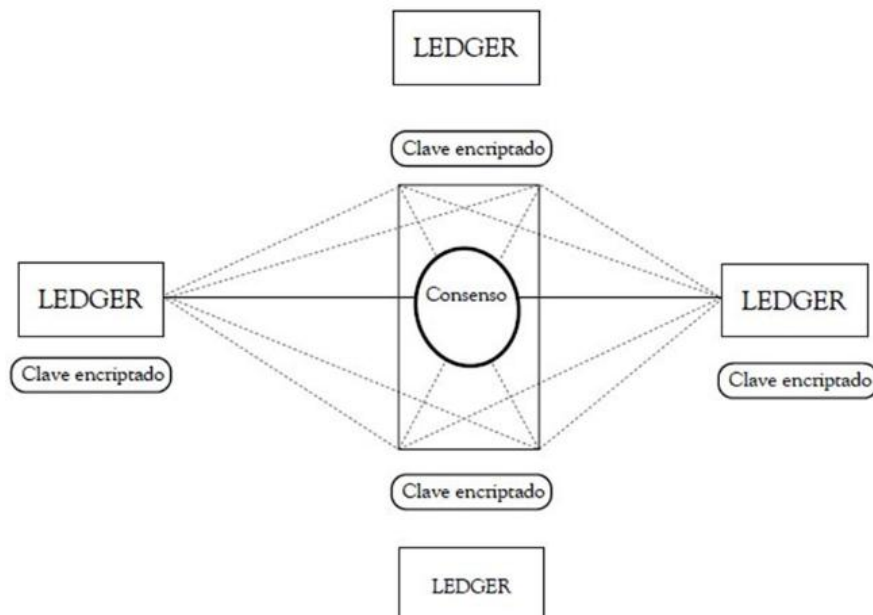
conforma parte de la cadena de bloques. Los bloques tienen un proceso el cual consta de un código alfanumérico que enlaza el bloque anterior (primer bloque) y otro código alfanumérico (segundo bloque), que pasa al siguiente y así sucesivamente, el primer bloque depende de la información obtenida, a esto se le denomina el paquete (transacciones determinadas por diferentes factores), y al segundo bloque (con cálculos precisos permite unir al bloque anterior).

Mineros: estos son los ordenadores/chips (paquete tecnológico), este se encarga de verificar todas las transacciones. Cuando un usuario completa un bloque o se realiza una transacción, recibe una recompensa en forma de Bitcoins.

Nodos: es un ordenador/chip que está conectado a la red de Bitcoin. Almacenar y distribuye una copia actualizada de la cadena de bloques. Entonces es aquí donde cada bloque nuevo que se confirma se añade a la cadena de bloques y a la copia que cada nodo almacena. Es aquí donde la cadena se actualiza, y verifica para ordenar la información y seguir con el siguiente nodo, para construir la red, y que esta siga creciendo sin perder ninguna información durante el proceso.

Figura 1

Modelo peer to peer para el sistema blockchain



Nota. Tomado de Jorge Armando Corredor Higuera y David Díaz Guzmán de su artículo titulado "Blockchain y mercados financieros: aspectos generales del impacto regulatorio de la aplicación de la tecnología blockchain en los mercados de crédito de América Latina". <http://dx.doi.org/10.18800/derechopucp.201802.013>.

Figura 2

Proceso de nodo en los blockchain.

BLOCKCHAIN



Nota. Proceso de NODO de blockchain. Tomado de IEBS. <https://www.iebschool.com/blog/blockchain-cadena-bloques-revoluciona-sector-financiero-finanzas/>.

Tipos de Blockchain

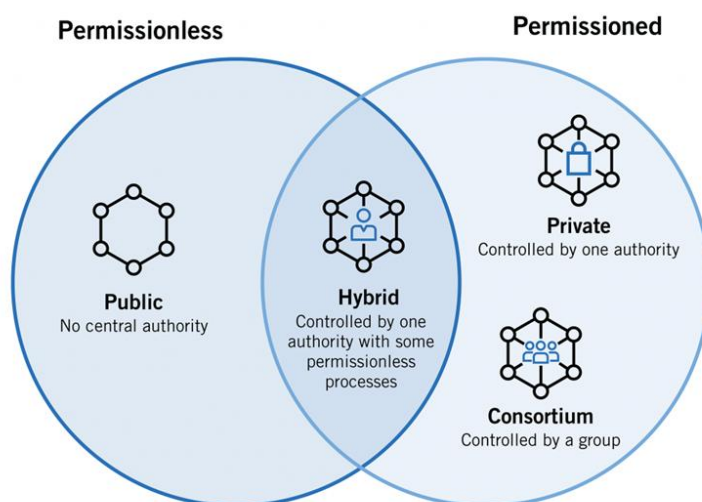
La tecnología está a disposición tanto del sector privado y público, ello quiere decir que está siendo obtenida por ambos sectores.

Blockchain pública: Cuando el blockchain está al alcance de cualquier usuario es de carácter público, y no está centralizada, donde el usuario solo necesita un ordenador y acceso a internet para adquirirlo. Ahora existe una contrapartida la cual es la gestión de la seguridad pública, donde a mayor número de usuarios sube el nivel de seguridad. Tenemos ejemplos conocidos como son el caso de Bitcoin y Ethereum.

Blockchain privada: Esta necesita de una unidad central que sería la empresa o individuo u organización, que la posee, ósea está centralizada por un usuario, contiene los mismos elementos del público y todos los blockchains. Uno de los ejemplos de blockchains privadas más conocidos es la red Hyperledger. Cuando se tiene una red de blockchain es privada acceso y control está en manos de la empresa, usuario u organización y si son varios de ellos en el caso de empresas, se le conoce como un consorcio blockchain. En la siguiente imagen vemos los diferentes tipos de blockchain que hemos comentado en un diagrama de Venn donde vemos como se categorizan según el nivel de privacidad.

Figura 3

Diagrama de VENN de los tipos de blockchain.



Nota. Diagrama de VENN, de los tipos de blockchain. Tomado de IEBS. <https://www.iebschool.com/blog/blockchain-cadena-bloques-revoluciona-sector-financiero-finanzas/>.



Criptomoneda: Los diferentes autores mencionan que es un medio de pago sin intermediario. Mencionamos algunos autores

Sánchez (2021), define al Bitcoin como la moneda virtual o criptomoneda que sirve como medio de compra y venta de bienes o servicios entre las personas, sin tener en cuenta la nacionalidad o los límites geográficos a nivel mundial.

González (2018), lo ve como un activo que se ha instituido incuestionablemente como una atrayente oportunidad y una alternativa válida en el mundo digital para ahorrar e invertir. El Bitcoin en palabras llanas se puede definir como la nueva moneda digital encriptada y descentralizada impulsado por sus usuarios sin una autoridad o intermediarios, que se utiliza como factor de cambio, mediante el uso de la web (Medina, Zarate y López, 2020).

Armijos (2015), define al Bitcoin, al igual que Sánchez (2021), como una moneda virtual e intangible, que no se puede palpar, pero que en ciertas plataformas digitales sirve como medio de pago, que, si bien puede aumentar o disminuir dentro de una cuenta digital, esta no puede ser monetizada.

Canales, (2020), se refiere al Bitcoin como moneda virtual, este autor señala que fue creada por una persona cuya identidad no ha sido revelada y que bajo el alias de "Satoshi Nakamoto" maneja esta nueva moneda virtual, sin que exista un mecanismo central que la gobierne, sino

que el andamio de usuarios que poseen o utilizan estas monedas, son suficientes para la gestión y el mantenimiento del producto.

Reyes y Joancomartí, (2016), el Bitcoin es considerada como la moneda digital con potencial capaz homologar los problemas de cambios de moneda, es decir, este sistema digital permite pasar una moneda digital dos veces.

Montoya Ramírez, (2020), Esto sirve principalmente para realizar transacciones económicas, tales como comprar, vender e invertir sin importar el rubro o cambio de la economía al que se pretende introducir, es considerada verdad mente una innovación que ayuda a minimizar los costes financieros de las transacciones y elimina la forma tradicional de gestionar el dinero, dejando de lado los productos bancarios.

Martín (2019), lo inusual de esto, y lo que más llama la atención, es que a pesar de ser criptomonedas, es decir están encriptadas; son monedas que pueden ser como una moneda tradicional, proporcionándoles un alto grado de seguridad por el hecho de que es imposible su falsificación.

Carrera-López, Sánchez-Lunavictoria, y Loza-Torres (2020), el Bitcoin es la criptomoneda considerada por los visionarios tecnológicos, como la más importante del mundo digital, pudiendo acentuarse en varios países del mundo, donde empresas comerciales han aceptado a esta moneda digital, como una

forma más de pago, debido al auge de su movimiento en el ámbito digital.

Rodríguez Gómez (2020), considera que lo que hace atractivo a este nuevo sistema de dinero, es el carácter limitado y la escasez absoluta de Bitcoin convierten a la criptomoneda en un activo peculiar, con cualidades muy interesantes desde el punto de vista inversor relacionadas con su ratio rentabilidad y riesgo y su efecto diversificador. Adicionalmente, el carácter disruptivo de su tecnología subyacente (Blockchain), y la atención que suscita entre grandes empresas tecnológicas y organismos gubernamentales parece empujar más si cabe el interés por la criptomoneda.

Funcionamiento del Bitcoin

Este es un monedero digital que se negocia en internet y es la primera moneda digital, en el mundo, este puede adquirir cualquier activo que se negocia en internet y opera libremente sin ninguna restricción legal.

Una criptomoneda es una forma de dinero digital o virtual que utiliza criptografía para garantizar transacciones seguras, controlar la creación de nuevas unidades y verificar la transferencia de activos. A continuación, te explico su funcionamiento básico:

1. Tecnología Blockchain: La mayoría de las criptomonedas operan sobre una tecnología llamada blockchain o cadena de bloques. Un blockchain donde ya se ha explicado ampliamente en el capítulo anterior es un libro de

contabilidad digital descentralizado que registra todas las transacciones realizadas con la criptomoneda.

2. Descentralización: A diferencia de las monedas tradicionales emitidas por bancos centrales, las criptomonedas no están controladas por ninguna entidad central. En su lugar, utilizan una red descentralizada de nodos (computadoras) que validan y registran las transacciones.
3. Proceso de Minería: Minado (Proof of Work): En algunas criptomonedas, como Bitcoin, las transacciones son verificadas por "mineros". Los mineros utilizan poder computacional para resolver complejos problemas matemáticos, y el primero en resolverlo puede agregar un nuevo bloque de transacciones a la cadena de bloques. Como recompensa, el minero recibe nuevas unidades de la criptomoneda y las tarifas de transacción asociadas. Prueba de Participación (Proof of Stake): Otras criptomonedas utilizan un mecanismo llamado "Proof of Stake" donde los validadores son seleccionados en función de la cantidad de monedas que poseen y están dispuestos a "poner en juego" como garantía. Este método consume menos energía que la minería tradicional.

Consecuentemente se utiliza la Criptografía como seguridad de las criptomonedas donde las transacciones son firmadas digitalmente usando claves privadas, que son secretas, y verificadas usando claves públicas, que son compartidas con la red.

Las Carteras (Wallets) son el almacenamiento de las criptomonedas, aquí se almacenan en carteras digitales, que pueden ser aplicaciones de software, hardware físico (como dispositivos USB especiales) o incluso papel. Direcciones: Para enviar o recibir criptomonedas, se utilizan direcciones públicas, que son cadenas alfanuméricas únicas. La clave privada asociada con esta dirección es necesaria para autorizar las transacciones.

Las etapas de las transacciones de las criptomonedas son:

1. Creación: Una transacción se inicia cuando una persona envía una cantidad de criptomoneda desde su cartera a la dirección de otra persona.
2. Verificación: La transacción es transmitida a la red, donde los nodos verifican que el remitente tiene

suficientes fondos y que la transacción es válida.

3. Incorporación a la Blockchain: Una vez verificada, la transacción se agrupa con otras en un bloque, que es añadido a la cadena de bloques por un minero o validador.

Características de las criptomonedas

1. Inmutabilidad: Una vez que un bloque ha sido añadido a la blockchain, no puede ser alterado, lo que previene fraudes.
2. Transparencia: Todas las transacciones en la blockchain son públicas y pueden ser vistas por cualquier persona, lo que añade una capa de transparencia.

Las criptomonedas se utilizan para una variedad de propósitos, incluyendo pagos en línea, inversión, remesas internacionales, y como un refugio de valor similar al oro.

Tabla 1

Ejemplos de criptomonedas

Bitcoin	Ethereum
Bitcoin es la primera y más conocida criptomoneda. Funciona mediante un protocolo de prueba de trabajo y utiliza una red peer-to-peer para procesar y verificar transacciones. Los bitcoins se crean como recompensa para los mineros que validan transacciones y añaden nuevos bloques a la blockchain.	Ethereum no solo actúa como una criptomoneda, sino que también soporta "contratos inteligentes" (smart contracts), que son programas autoejecutables con las condiciones del acuerdo escritas en el código. Esto permite aplicaciones descentralizadas (dApps) que pueden automatizar una amplia gama de procesos.

Nota. Elaboración propia. Se toma a las criptomonedas Bitcoin y Ethereum como ejemplos de referencia.

Las criptomonedas representan una innovación significativa en la forma en que se realizan las transacciones y se gestiona el dinero, ofreciendo ventajas como la descentralización, la seguridad y la transparencia, pero también enfrentando desafíos como la regulación y la adopción masiva.

Modelo de Markowitz

La teoría de portafolio es creada por Harry Markowitz, (MPT), donde el autor en base a una cartera de inversiones pone como condición el riesgo mínimo y se determina los porcentajes de inversión de cada activo para maximizar la rentabilidad y minimizar el riesgo. Esta teoría proporciona un modelo matemático en análisis de riesgo y rendimiento de varianza y covarianza para la construcción de un portafolio de inversión con el objetivo de maximizar el rendimiento esperado para un nivel dado de riesgo, o minimizar el riesgo para un nivel dado de rendimiento esperado.

Con estos resultados el inversionista podrá decidir cómo invertir, teniendo diferentes tipos de inversionistas con respecto al riesgo los cuales son:

Adversos al Riesgo: el inversionista elige el activo o cartera con menor riesgo posible, frente al retorno esperado, ósea no le importa ganar menos si el riesgo es el mínimo.

Propensos al Riesgo: el inversionista elige un activo o cartera de activos donde obtiene A continuación, se describe el marco teórico de esta teoría:

rentabilidades mayores, pero con un riesgo alto, sin importar otras alternativas con menor riesgo debido a que le ofrece una menor rentabilidad

Neutrales al riesgo: el inversionista es indiferente al riesgo debido a que el activo le ofrece un retorno igual a otro activo o cartera.

3. MARCO CONCEPTUAL

Rendimiento Esperado (Expected Return): El rendimiento esperado de un portafolio es la media ponderada de los rendimientos esperados de los activos individuales que componen el portafolio.

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n W_i E(R_i)$$

Donde:

$E(R_p)$ es el rendimiento esperado del portafolio, W_i es la proporción del portafolio invertida en el activo i , y $E(R_i)$ es el rendimiento esperado del activo i .

Riesgo (Risk): El riesgo de un portafolio se mide generalmente por la desviación estándar de sus rendimientos.

La varianza y la covarianza de los rendimientos de los activos se utilizan para calcular el riesgo del portafolio.

Varianza del portafolio:

$$(\sigma_p)^2 = \sum_{i=1}^n 1 \sum_{j=1}^n W_i W_j \sigma_{ij}$$

Donde $(\sigma_p)^2$ es la varianza del portafolio, w_i y w_j son las proporciones del portafolio invertidas en los activos i y j respectivamente, y σ_{ij} es la covarianza entre los rendimientos de los activos i y j .

Diversificación estándar: La diversificación implica invertir en una variedad de activos para reducir el riesgo total del portafolio. La teoría de Markowitz demuestra que, al combinar activos que no están perfectamente correlacionados, se puede reducir el riesgo del portafolio sin sacrificar rendimiento.

Frontera Eficiente (Efficient Frontier): La frontera eficiente es el conjunto de todos los portafolios posibles que ofrecen el rendimiento esperado más alto para cada nivel de riesgo (o el riesgo más bajo para cada nivel de rendimiento esperado). Gráficamente, la frontera eficiente se representa como una curva en un espacio de riesgo-rendimiento, donde el eje x representa el riesgo (desviación estándar) y el eje y representa el rendimiento esperado.

Portafolio Óptimo: El portafolio óptimo para un inversor depende de su tolerancia al riesgo. Un inversor adverso al riesgo seleccionará un portafolio en la parte más baja de la frontera eficiente, mientras que un inversor que busque mayor rendimiento asumirá más riesgo y seleccionará un

portafolio en la parte alta de la frontera eficiente.

Modelo Matemático

Función Objetivo: Maximizar el rendimiento esperado del portafolio para un nivel dado de riesgo:

$$\max \sum_{i=1}^n W_i E(R_i)$$

Restricciones, supuestos, riesgo y racionalidad del inversor

Restricciones del inversor:

La suma de los pesos debe ser igual a 1:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

Opcionalmente, restricciones adicionales como no permitir ventas en corto: $w_i \geq 0$ para todos los i .

Supuestos del Modelo:

- Rendimientos normalmente distribuidos: se asume que los rendimientos de los activos siguen una distribución normal.
- Riesgo medido por la varianza: El riesgo se mide únicamente a través de la varianza de los rendimientos.
- Racionalidad del inversor: Se asume que los inversores son racionales y buscan maximizar su utilidad esperada.
- Mercados eficientes: Se asume que los mercados son eficientes, lo que implica que toda la información relevante está reflejada en los precios de los activos.

La teoría de Markowitz se aplica ampliamente en la gestión de inversiones y finanzas corporativas. Los inversores y gestores de fondos utilizan esta teoría para construir carteras diversificadas y optimizadas que se alinean con los objetivos de inversión y la tolerancia al riesgo de sus clientes. En resumen, la teoría de portafolio de Markowitz proporciona una base sólida para la construcción de carteras eficientes, basándose en la diversificación y la optimización matemática del riesgo y el rendimiento. Su aplicación práctica ha revolucionado la gestión de inversiones, ayudando a los inversores a tomar decisiones informadas y racionales sobre la asignación de sus recursos.

4. METODOLOGÍA

Ruta metodológica: herramientas y procedimientos seguidos

Para el presente estudio se ha desarrollado una metodología que describa blockchain y criptomonedas, seguido de un análisis de portafolio de una cartera de Markowitz, es importante estructurar tu metodología de manera clara y coherente, la cual describimos a continuación:

Se ha realizado una búsqueda exhaustiva de artículos académicos, informes técnicos, libros y fuentes confiables en internet, después se ha realizado una selección de fuentes, filtrado las fuentes relevantes y recientes que aporten información sobre blockchain, criptomonedas, definición,

funcionamiento, aplicaciones, beneficios y desafíos.

Se ha realizado un análisis descriptivo, del estado actual y las tendencias en el uso de blockchain y criptomonedas. Se han tomado datos cuantitativos, recopilando estadísticas y datos relevantes sobre el mercado de criptomonedas (precio de cierre, capitalización, volumen de transacciones). Para los datos cualitativos, se han incluido estudios de caso, ejemplos de empresas que utilizan blockchain y criptomonedas.

Para el análisis de Portafolio de Markowitz, se aplicó la teoría de Markowitz para optimizar una cartera de inversiones en criptomonedas. Primero se ha seleccionado los activos, donde se ha tomado una cartera de las principales 10 criptomonedas para incluir en el análisis de la cartera del 01 de enero de 2024 al 01 de julio de 2024 (Bitcoin, Ethereum, Tether USDT, BNB, Solana, USDC, XRP, Toncoin, Dogecoin, Cardano). Segundo se ha recopilado los datos históricos de precios de cierre y retornos de las criptomonedas seleccionadas, con las fuentes de Investing, CoinMarketCap, Yahoo Finance, y APIs. Tercero se realizó los cálculos de los retornos y riesgos esperados, con la desviación estándar (volatilidad) y la covarianza entre los retornos de las criptomonedas.

Optimización del Portafolio: Utiliza la teoría de Markowitz para encontrar la combinación óptima de activos que maximice el retorno esperado para un nivel dado de riesgo, o minimice el riesgo para un

nivel dado de retorno esperado. Las herramientas estadísticas que se han utilizado es el software office estadístico y financiero Excel, para realizar los cálculos y generar el portafolio eficiente (frontera eficiente).

Posteriormente se realizó la interpretación de los resultados del análisis de portafolio y discutir las implicaciones, para luego realizar el análisis histórico de sensibilidad para entender cómo cambios en las entradas (como rendimientos esperados o covarianzas) afectan la composición del portafolio mediante la gráfica de la frontera de probabilidades de inversión donde se tomaron para el análisis 2000 posibles portafolios con las 10 principales criptomonedas, para determinar la curva de frontera de probabilidades de inversión.

5. RESULTADOS DEL MODELO

Desarrollo económico de blockchain

Y es que según el informe publicado por MarketsandMarkets este 2022, el mercado global de blockchain o cadena de bloques se espera que crezca hasta los casi 40 billones en 2025. Esto representa un crecimiento anual compuesto del 67% año tras año hasta 2025. Esta proyección muestra una tendencia al crecimiento con tendencia positiva alta a lo largo de 7 años, observando que esta tendencia puede seguir por muchos años más, siendo esta tecnología una potencial fuente de información en los próximos años.

Las limitaciones del análisis y la aplicabilidad práctica de la teoría de Markowitz en el contexto de criptomonedas, considerando factores como la alta volatilidad y la incertidumbre regulatoria. Encontrar los hallazgos clave y proporcionar recomendaciones prácticas.

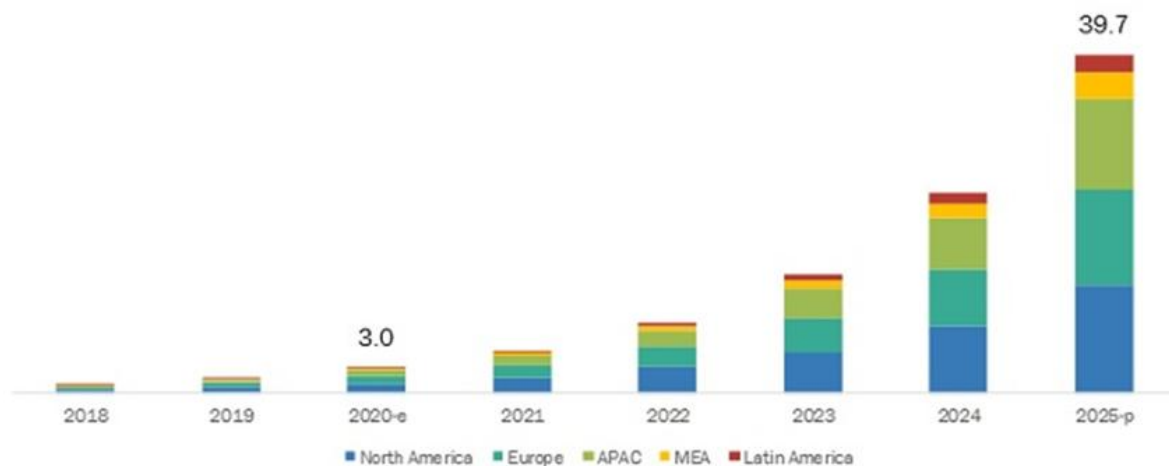
Luego de analizar el portafolio de las principales 10 criptomonedas (del 01 de enero de 2024 al 01 de julio de 2024), se realizará un análisis de rentabilidad y riesgo de los activos Bitcoin, Ethereum, Tether USDt, BNB, Solana, USDC, XRP, Toncoin, Dogecoin, Cardano, del 02 de julio al 10 de julio de 2024, para poder determinar si el análisis de inversión en pesos tubo coherencia con los que paso después de 09 días de inversiones en el mercado de criptomonedas.

Desarrollo económico de las criptomonedas

La capitalización de mercado de criptomonedas total esta valorizado en \$ 2.26T (la capitalización de mercado de una criptomoneda se calcula multiplicando el precio actual del token de una determinada criptomoneda por su suministro circulante), con volúmenes de ventas en 24 horas, valorizado en \$56.76B. el Bitcoin tiene el dominio del mercado con el BTC: 53.2% (el dominio del mercado se mide como la proporción de la capitalización de mercado de una criptomoneda específica con respecto al resto del mercado de criptomonedas) del total, le sigue Ethereum con ETH: 17.9% del total del mercado.

Figura 4

Blockchain market for región (USD Billion)



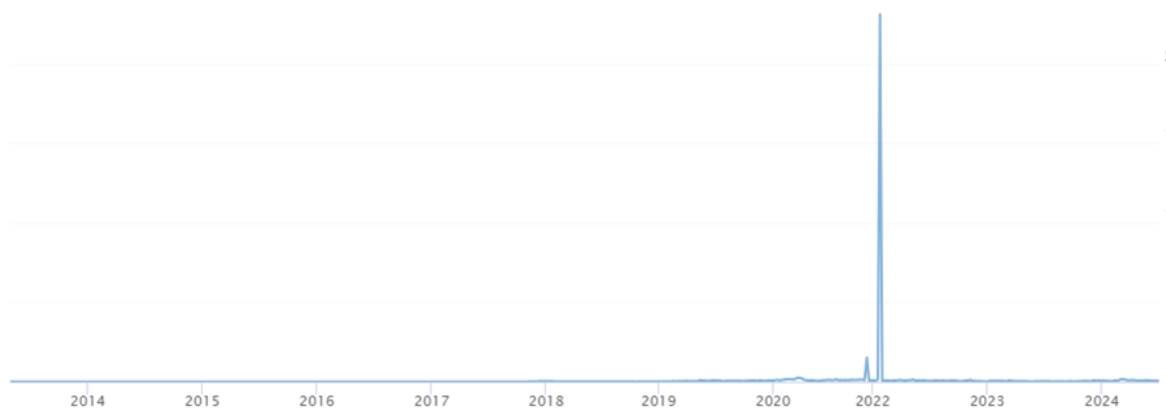
Nota. Tomado de IEBS. Elaborado por MarketsandMarkets. Estimado: p:projected.

* <https://www.iebschool.com/blog/blockchain-cadena-bloques-revoluciona-sector-financiero-finanzas/>

* Source: Secondary Literature. Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis.

Figura 5

Volumen total de criptomonedas 2014 – 2024.*



Nota. Tomado de Investing.com. Volumen total de las criptomonedas excepto Bitcoin al 03 de julio de 2024 operan.

* <https://mx.investing.com/crypto/charts>

* Data 2014 – 03 de julio de 2024.

Número total de divisas (Criptomonedas)
que operan en el mercado actualmente al

01 de julio de 2024 ascienden a 9,338, con
una capitalización de mercado total

valorizada en \$2.22T y con volúmenes de transacciones por 24 horas de \$72.57B. al cierre de esta investigación con fecha del 10 de julio de 2024 tenemos un número de divisas de 9,996, con Capitalización de mercado total de \$2.16T, con volúmenes (24h) de \$66.21B y aún sigue el dominio del BTC con el 53.9% del mercado y ETH con el 17.3% del mercado. Es importante recalcar que el mercado funciona con características de un mercado de competencia perfecta donde entran y salen activos constantemente.

Desarrollo económico de las 10 principales criptomonedas

Se ha escogido del mercado de criptomonedas a las 10 principales, donde se ha tomado los criterios de capital de mercado y volúmenes de ventas en las últimas 24 horas del periodo 01 de enero de 2024 al 01 de julio de 2024, diariamente y se determina el portafolio conformado por las criptomonedas: Bitcoin, Ethereum, Tether USDt, BNB, Solana, USDC, XRP, Toncoin, Dogecoin, Cardano, ello se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2

Principales criptomonedas en capital de mercado y volumen de transacciones periodo 2024.01.01 – 2024.07.01.

Criptomoneda	Capital de mercado	Volumen
Bitcoin	\$1.24T	\$25.97B
Ethereum	\$413.18B	\$12.37B
Tether USDt	\$112.77B	\$46.13B
BNB	\$85.29B	\$1.61B
Solana	\$67.87B	\$1.82B
USDC	\$32.54B	\$4.76B
XRP	\$26.55B	\$814.03M
Toncoin	\$19.09B	\$194.61M
Dogecoin	\$17.89B	\$454.00M
Cardano	\$14.40B	\$257.12M

Nota. Elaboración propia. Datos tomados de Investing.com. Capital de mercado y volúmenes de ventas del 01 de enero de 2024 al 01 de julio de 2024.

* <https://mx.investing.com/crypto/charts>

Desarrollo de la teoría de portafolio eficiente de las 10 principales

criptomonedas – Modelo de Markowitz cartera eficiente.

Luego de haber elegido las 10 principales criptomonedas se procede a desarrollar el análisis de rendimiento promedio y riesgo individual por criptomoneda de la cartera. Donde se ve en la Tabla 3.

Es necesario realizar un análisis de dispersión de los rendimientos de las 10

principales criptomonedas, tomadas para el portafolio eficiente, este se realiza tomando en cuenta la criptomoneda que inicio toda esta revolución el Bitcoin, y posteriormente sin ella debido a sus altos niveles de rendimiento obtenidos desde sus inicios en el año 2009 hasta la actualidad.

Tabla 3

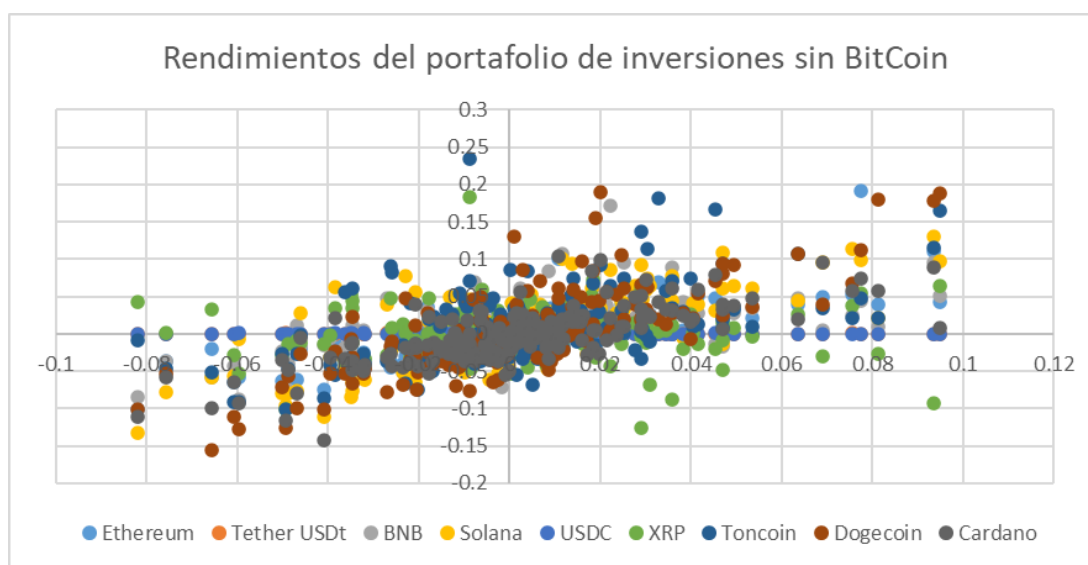
Análisis de Rentabilidad Promedio y Riesgo Individual de la cartera de criptomonedas.

Rent-Riesgo	Bitcoin	Ethereum	Tether USDt	BNB	Solana	USDC	XRP	Toncoin	Dogecoin	Cardano
R	0.00233 714	0.00261 572	7.0722E- 06	0.00386 234	0.00258 285	6.6685E- 06	0.001031 73	0.00792 985	0.00307 61	0.0016 74
RI	0.02843 026	0.03283 413	0.00038 152	0.03213 713	0.04482 236	0.00039 364	0.031485 07	0.04873 203	0.05470 713	0.0376 43

Nota. Elaboración propia. Rendimiento promedio = $R = \sum \text{Ren} / N^{\circ} \text{Cotizaciones}$ – Riesgo Individual = RI = Desviación Estándar R por criptomoneda = Desv.p(Cripto).

Figura 6

Rendimientos del portafolio de inversiones sin BitCoin.



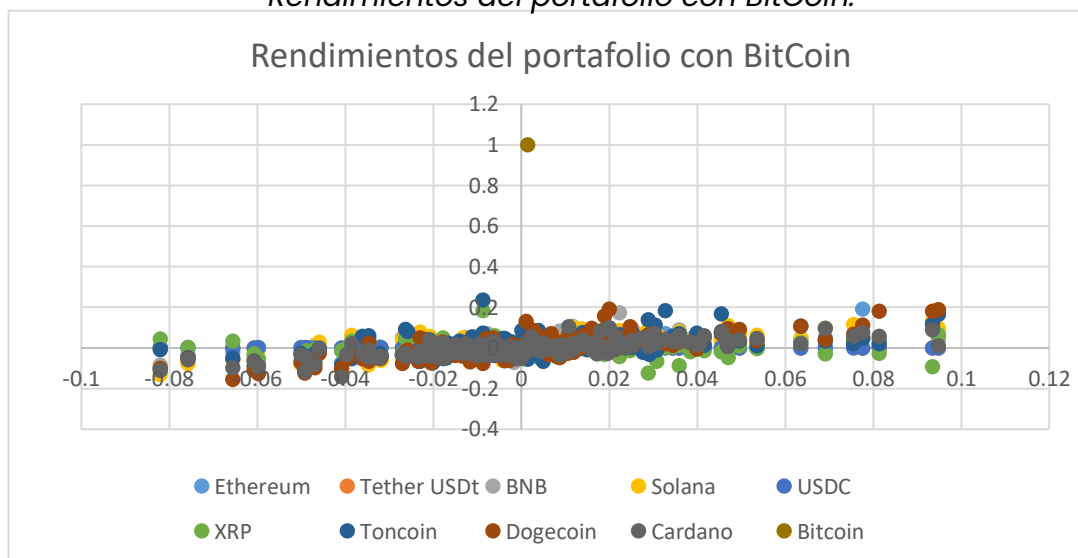
Nota. Elaboración propia. Rendimiento promedio = $R = \sum \text{Ren} / N^{\circ} \text{Cotizaciones}$. Análisis de dispersión.

En este análisis vemos como las criptomonedas tienden a tener rentabilidades cada vez menores, puede ser explicado por su alta volatilidad y

operar en un mercado vertiginoso, pero la criptomoneda Bitcoin se separa del resto por ser la líder de mercado con más del 50% cautivo del mismo.

Figura 7

Rendimientos del portafolio con BitCoin.



Nota. Elaboración propia. Rendimiento promedio = $R = \sum Ren / N^{\circ} Cotizaciones$. Análisis de dispersión.

Ahora para desarrollar el análisis de la cartera tendremos que hallar el rendimiento promedio y el riesgo individual de la cartera lo cual se detalla en la Tabla

4, con una asignación de pesos homogénea donde realizaremos inversiones del 10% para cada criptomoneda, Tabla 5.

Tabla 4.

Rendimiento Esperado – Riesgo – Rendimiento Individual del portafolio de inversión de criptomonedas.

Portafolio	
RE(P)	0.001969787
Var(P)	8.24922E-08
RI(P)	0.000287214

Nota. Elaboración propia. Rendimiento Esperado = RE(P) – Riesgo del portafolio Var(P)=Var.p – Rendimiento Individual RI(P)=Raiz.Var(P).

El rendimiento esperado del portafolio es de 0.1069% con un riesgo de 8.25E-08, siendo este bajo con un rendimiento individual del portafolio de 0.0287%. los volúmenes de inversión tienen que ser de miles de dólares para poder absorber rendimiento positivo del portafolio además

que en el periodo de análisis se tiene rendimientos de las criptomonedas de manera individual bajos y del portafolio no cambia el escenario. Podríamos decir que invertir actualmente en un portafolio de criptomonedas fuertes no es atractivo para inversionistas.

Tabla 5.

Pesos asignados homogéneamente para inversión en el portafolio de criptomonedas.

Pesos de inversión del portafolio de criptomonedas										
W	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	1.00

Nota. Elaboración propia. Se le asignan homogéneamente ya que es indiferente por el momento.

Ahora se procede a desarrollar según la teoría de Markowitz, la asignación de pesos de inversión de la cartera con un riesgo mínimo y con la condición que la suma de los pesos sea 1 o al 100%, donde encontramos un resultado asombroso donde nos da que solo se invierta en las criptomonedas de Tether USDt el 51% USDC el 49% de la inversión total para maximizar el rendimiento del portafolio. Esto puede concluir que actualmente las criptomonedas más fuertes no son atractivas para invertir ya que actualmente presentan rendimiento por

debajo del mercado de criptomonedas, entonces podríamos suponer que los rendimientos extraordinarios se presentan actualmente en las criptomonedas menos fuertes al tener un nivel de especulación de precios más volátil, entonces las criptomonedas son fuertes cuando existe más especulación en ellas, donde se podría analizar ello en otra investigación. Pero si podríamos determinar que las criptomonedas están correlacionadas con la especulación para obtener rendimientos extraordinarios.

Tabla 6.

Asignación de pesos de inversión para el portafolio de inversiones de las 10 principales criptomonedas.

Rent-Riesgo	Bitcoin	Ether eum	Tether USDt	BNB	Solana	USDC	XRP	Toncoin	Dogecoin	Cardano	Total
R	0.0023 3714	0.002 61572	7.0722E -06	0.0038 6234	0.0025 8285	6.6685 E-06	0.0010 3173	0.0079 2985	0.0030 761	0.001 674	
RI	0.0284 3026	0.032 83413	0.00038 152	0.0321 3713	0.0448 2236	0.0003 9364	0.0314 8507	0.0487 3203	0.0547 0713	0.037 643	
W	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Nota. Elaboración propia. Portafolio eficiente – Modelo de Markowitz. Minimiza riesgo y maximiza rendimiento.

Tabla 7

Rendimiento Esperado – Riesgo – Rendimiento Individual del portafolio de inversión de criptomonedas – Portafolio Eficiente – Modelo de Markowitz.

Portafolio	
RE(P)	0.001969787
Var(P)	1.28586E-07
RI(P)	0.000358589

Nota. Elaboración propia. Rendimiento Esperado = RE(P) – Riesgo del portafolio Var(P)=Var.p – Rendimiento Individual RI(P)=Raiz.Var(P).

Revisión de la teoría de portafolio eficiente de las 10 principales criptomonedas – Modelo de Markowitz cartera eficiente.

Se procede a realizar fechas de corte donde se toma:

Del 01 de enero al 01 de julio de 2024, se desarrollan los siguientes análisis:

1. Rentabilidad individual.
2. Riesgo individual.
3. Rentabilidad promedio del portafolio.
4. Riesgo del portafolio.
5. Análisis de Covarianza – Varianza.
6. Modelo de Markowitz: Riesgo mínimo.

Donde los resultados arrojan que se invierta en los activos de TetherUSDt (51%) y USDC (49%), con una siguiente corrida del modelo arroja los resultados de inversión de TetherUSDt (50%) y USDC (50%).

Del 02 al 10 de julio de 2024, se desarrolla un análisis de rentabilidades y riesgo individuales, donde los activos TetherUSDt y USDC, son los activos que presentan una mayor rentabilidad y un menor riesgo.

Tabla 7

Análisis de Rentabilidad promedio y Riesgo Individual del portafolio de las 10 principales criptomonedas.

Rent - Riesgo	Bitcoin	Ethereum	Tether USDt	BNB	Solana	USDC	XRP	Toncoin	Dogecoin	Cardano
R(P)	- 0.009486 85	- 0.0122741 9	- 0.0002 002	- 0.01217 47	- 0.00915 319	- 0.00016 232	- 0.01207 797	- 0.01409 922	- 0.01759 346	- 0.0089684 4
R(I)	0.028436 463	0.0354518 8	0.0003 5379	0.04704 118	0.06432 514	0.00031 574	0.04242 938	0.04639 285	0.05844 165	0.0576284 1

Nota. Elaboración propia. Análisis de rentabilidad promedio y riesgo de los activos del portafolio.

Tabla 8.

Análisis de Rentabilidad promedio y Riesgo Individual del portafolio de las 10 principales criptomonedas.

Rent - Riesgo	Bitcoin	Ethereum	Tether USDt	BNB	Solana	USDC	XRP	Toncoin	Dogecoin	Cardano
R(P)	- 0.009486 85	- 0.0122741 9	0.0002 002	- 0.01217 47	- 0.00915 319	- 0.00016 232	- 0.01207 797	- 0.01409 922	- 0.01759 346	- 0.0089684 4
R(I)	0.028436 463	0.0354518 8	0.0003 5379	0.04704 118	0.06432 514	0.00031 574	0.04242 938	0.04639 285	0.05844 165	0.0576284 1

Nota. Elaboración propia. Análisis de rentabilidad promedio y riesgo de los activos del portafolio.

Frontera de probabilidades de inversión para las 10 principales criptomonedas, una revisión para 2000 portafolios – Modelo de Markowitz cartera eficiente.

Se procede a desarrollar la frontera de probabilidades de inversión para 2000 portafolios en base al rendimiento individual de cada portafolio y su riesgo esperado, el cual arroja como resultado la Figura 9, la cual bautizaremos como la “nebulosa de las criptomonedas”, debido a su apariencia, y como el análisis de los 2000 portafolios en base a su rendimiento y riesgo individual forma un cumulo. Este tipo de análisis se basa en la Teoría de Portafolio de Harry Markowitz, que busca optimizar el rendimiento de una cartera en función del riesgo, definiendo la “frontera eficiente”.

Frontera Eficiente: en el contexto de la Teoría de Portafolio de Markowitz, la frontera eficiente es la curva que se forma por los puntos que ofrecen el mayor rendimiento esperado para un nivel dado de riesgo. Aunque la gráfica presentada no dibuja explícitamente esta curva, los puntos más altos en la relación rendimiento-riesgo delinearían la frontera eficiente. Los inversores racionales buscarán

seleccionar portafolios ubicados en esta frontera, ya que proporcionan el mejor equilibrio entre riesgo y rendimiento.

Diversificación: la dispersión de los puntos indica que existe una amplia gama de combinaciones de criptomonedas que pueden resultar en diferentes perfiles de riesgo y rendimiento. La diversificación en criptomonedas permite a los inversores minimizar el riesgo no sistemático.

Riesgo y Rendimiento: los puntos con menor varianza en el eje X representan portafolios con menor riesgo, mientras que aquellos con mayor rendimiento en el eje Y representan portafolios con mayor retorno esperado. La identificación de estos puntos ayuda a los inversores a tomar decisiones informadas sobre la relación riesgo-rendimiento.

Optimización: utilizando la Teoría de Portafolio de Markowitz, los inversores pueden buscar la combinación óptima de criptomonedas que maximice el rendimiento esperado para un nivel específico de riesgo. Esto se logra identificando los puntos en la gráfica que conforman la frontera eficiente.

Figura 8.

Frontera de probabilidades de inversión de las 10 principales criptomonedas en el mundo para 2000 portafolios.



Nota. Elaboración propia. Análisis de rentabilidad promedio y riesgo de los activos del portafolio.

6. Conclusiones

- El futuro de la transformación financiera lo está liderando Blockchain y Bitcoin, los cuales tienen el potencial de revolucionar el sistema financiero al reducir la necesidad de intermediarios, aumentar la transparencia y mejorar la seguridad de las transacciones. Esto puede resultar en mayor eficiencia y menores costos operativos. Sus aplicaciones diversificadas del sector financiero, blockchain puede ser aplicado en áreas como la salud, la logística y la administración pública, mejorando la integridad y trazabilidad de los procesos y datos.
- El número total de divisas (Criptomonedas) que operan en el

mercado actualmente ascienden a 9,338, con una capitalización de mercado total valorizada en \$2.22T y con volúmenes de transacciones por 24 horas de \$72.57B. Las principales criptomonedas que operan en el mercado por su capital de mercado y volúmenes (24 horas), son: Bitcoin (K\$1.24T – Vol \$25.97B); Ethereum (K\$413.18B – Vol \$12.37B); Tether USDt (K\$112.77B – Vol \$46.13B), BNB (K\$85.29B – Vol \$1.61B); Solana (K\$67.87B – Vol \$1.82B); USDC (K\$32.54B – Vol \$4.76B); XRP (K\$26.55B – Vol \$814.03M); Toncoin (K\$19.09B – Vol \$194.61M); Dogecoin (K\$17.89B – Vol \$454.00M), Cardano (K\$14.40B – Vol \$257.12M), del 01 de enero de 2024 al 01 de julio de 2024. El Bitcoin es la

criptomonedas más fuerte históricamente.

- Se ha utilizado la optimización de portafolios siguiendo la teoría de portafolio de Markowitz aplicada a criptomonedas, lo cual ha demostrado que es posible crear carteras diversificadas que gestionen el riesgo y maximicen el rendimiento, mitigando la volatilidad del mercado de criptomonedas. Obteniendo para esta cartera de las principales 10 criptomonedas un portafolio con un rendimiento promedio del portafolio de $RE(P)=0.001969787$; $Var(P)=8.24922E-08$; con un riesgo individual del portafolio $RI(P)=0.000287214$ para pesos homogéneos de inversión del 10%. Utilizando el portafolio de Markowitz con condición de mínimo riesgo nos da como resultados un rendimiento promedio del portafolio de $RE(P)=1.15356E-06$; $Var(P)=1.49764E-08$ y un riesgo individual del portafolio de $RI(P)=0.000122378$, y con inversión en Tether USDt (51%) y USDC (49%), los demás activos del portafolio según el modelo con inversión nula (0%), habiendo revisado este análisis se modificaron los pesos de inversión en Tether USDt (50%) y USDC (50%) y los demás activos del portafolio seguían con niveles de inversión nulas. Podemos observar que el mercado de criptomonedas es muy fuerte, con valores en trillones y billones de inversión, y que en sus inicios ha tenido especulaciones que han ayudado a incrementar los precios de estos

activos, al analizar las 10 criptomonedas más fuertes, está ya gozan de un prestigio y su volatilidad no es alta, más bien todo lo contrario, tienen estabilidad, entonces un factor sería que al ser ya activos estables no pueden obtener beneficios extraordinarios como en sus inicios donde la especulación y volatilidad eran altas.

- En el análisis y revisión presentamos dos fechas de corte para análisis, donde del 01 de enero al 01 de julio de 2024 desarrollando el modelo de portafolio eficiente de Markowitz tenemos para una primera corrida del modelo que los resultados arrojan que se invierta en los activos de TetherUSDt (51%) y USDC (49%), con una siguiente corrida del modelo arroja los resultados de inversión de TetherUSDt (50%) y USDC (50%). Para el análisis del 02 al 10 de julio de 2024, se desarrolla un análisis de rentabilidades y riesgo individuales, donde los activos TetherUSDt y USDC, son los activos que presentan una mayor rentabilidad y un menor riesgo. Podemos concluir que el modelo de Markowitz fue exitoso, dando la mejor alternativa de inversión con un riesgo mínimo.
- Se tienen aún en el Perú desafíos regulatorios, donde la adopción de criptomonedas enfrenta barreras regulatorias significativas. Un marco regulatorio claro y equilibrado es esencial para fomentar la innovación y proteger a los consumidores y la estabilidad del mercado, los cuales



deben estar alineados al mercado internacional.

- La frontera de probabilidades de inversión de las 10 cripto más importantes del mundo del primer día del año hasta el 01 de julio 2024, para 2000 posibles portafolios donde se combinan con diferentes niveles de riesgo y rendimiento. Aplicando la Teoría de Portafolio de Markowitz, los inversores pueden seleccionar portafolios eficientes que ofrecen el mejor equilibrio posible entre riesgo y rendimiento, optimizando así su estrategia de inversión en el mercado de criptomonedas.

7. RECOMENDACIONES

- Fomentar la innovación en las instituciones financieras y los gobiernos, donde se debe promover la investigación y desarrollo de aplicaciones blockchain en diversos sectores, creando entornos regulatorios favorables para la experimentación y adopción de nuevas tecnologías.
- Desarrollar regulaciones claras es necesaria para establecer marcos regulatorios coherentes que equilibren la innovación tecnológica con la protección al consumidor y la estabilidad del mercado financiero.
- Incrementar la educación financiera, para aumentar la educación y la conciencia sobre blockchain y criptomonedas, proporcionando programas educativos que informen a la población sobre los beneficios y riesgos asociados.

- La diversificación en las inversiones siempre está asociado a la disminución de riesgo, esto se deben considerar para la inversión en criptomonedas utilizando modelos como el de Markowitz para gestionar riesgos y optimizar rendimientos, aprovechando la volatilidad del mercado para mejorar resultados a largo plazo. Ahora para el análisis del modelo donde solo arrojo invertir en dos criptomonedas de las diez que conforman el portafolio esto nos lleva a recomendar inversiones en criptomonedas nuevas para aprovechar los factores especulativos y la volatilidad de mercado para beneficios extraordinarios.
- Los análisis con el modelo de portafolios eficientes de Markowitz, son limitados a las fechas de estudios de los precios de los activos a invertir, entonces solo nos brindan un campo de acción limitado a futuro, por ello el estudio debería ser ampliado para por observar criptomonedas menos fuertes con un posible potencial en el mercado para realizar inversiones en un portafolio con rendimiento máximo y mínimo riesgo siguiendo el análisis de carteras de Markowitz.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña H. (2017). Estudio sobre Bitcoin y Tecnología Blockchain. Cuadernos Cef.
- Corredor, A. Higuera, Díaz, D. Guzmán. (2018). Blockchain y mercados financieros: aspectos generales del impacto regulatorio de la aplicación de la



- tecnología blockchain en los mercados de crédito de América Latina.
<http://dx.doi.org/10.18800/derechopucp.201802.013>. ISSN 0251-3420. Universidad Externado de Colombia.
- Díaz Zaldaña C. O. Mayorga Peraza R. M. [...] Salazar Hernández R. J. (2022). Importancia de las criptomonedas y su impacto en los mercados financieros internacionales a partir de la evolución del bitcoin. *Realidad Empresarial* No. 14, 2022: 10-25. *Realidad Empresarial*.
- Elizondo E. G. (2017). Blockchain como piedra angular para nuevos negocios y para un mundo más transparente. *Universidad Cenfotec*.
- García A. Davila J. Wong L. (2022). Framework to Improve the Traceability of the Coffee Production Chain in Perú by Applying a Blockchain Architecture. *Conference of Open Innovation Association, FRUCT*.
- López Miranda L. (2019). Bitcoin: ¿Tenerla o ignorarla? Una aproximación hacia el tratamiento tributario peruano de la criptomoneda más famosa del mundo. *IUS ET VERITAS*.
- Polas M. R. H. Kabir A. I. [...] Tabash M. I. (2022). Blockchain Technology as a Game Changer for Green Innovation: Green Entrepreneurship as a Roadmap to Green Economic Sustainability in Perú. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*.
- Reyes Sánchez C. (2022). Blockchain: Funcionamiento y pertinencia en sectores públicos y privados. *Interconectando Saberes*.
- Triana Casallas J. A. Cueva-Lovelle J. M. Rodríguez Molano J. I. (2020). Smart Contracts with Blockchain in the Public Sector. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*.
- Villegas Serna S. M. Flórez Cano L. F. (2019). Bitcoin & blockchain: ¿la criptomoneda y la tecnología que pueden transformar el mundo?. *Repositorio Institucional (Universidad EAFIT)*.