



**Universidad
Europea**

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO

ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA
MINERÍA DE LAS CRIPTOMONEDAS Y LA
TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN**

Alumno: D. DAVID GÓMEZ PÉREZ

Director: D. FRANCISCO DE ASÍS CABELLO GALISTEO

JULIO 2022

TÍTULO: ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA MINERÍA DE LAS
CRIPTOMONEDAS Y LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN

AUTOR: DAVID GÓMEZ PÉREZ

DIRECTOR DEL PROYECTO: FRANCISCO DE ASÍS CABELLO GALISTEO

FECHA: 22 de Julio de 2022

RESUMEN

A lo largo del presente documento se va a exponer un estudio de eficiencia energética en la minería de las criptomonedas y la tecnología blockchain. En primer lugar, se expondrá un abreve introducción y se definirá el alcance del ámbito de estudio, aclarando en que aspectos se centrará el trabajo y cuales otros quedarán fuera.

A continuación, se desarrollará el estudio de viabilidad donde se analizarán la minería de las criptomonedas y el blockchain desde un punto de vista medioambiental, legal, operacional, socioeconómico y de seguridad. Con el objetivo de comprender mejor el campo de estudio en todos los aspectos antes de comenzar a desarrollar los cálculos propios del trabajo.

Después se desarrollarán los diferentes cálculos propios del trabajo, para ello, se definirán unas condiciones y equipo preliminares, a partir de las cuales se plantearán diferentes casuísticas en función del precio de la energía eléctrica para algunas de las principales criptomonedas que se encuentran activas en el mercado. Obteniéndose de esta forma las diferentes rentabilidades consecuencia del proceso de minado para todas ellas. Una vez finalizados los cálculos, se procede a desarrollar una comparación y análisis de los diferentes resultados obtenidos para las condiciones definidas y las diferentes casuísticas, con la intención de comprender mejor los resultados obtenidos.

Por último, se establecerán las conclusiones derivadas de todo el proceso de estudio y análisis a lo largo del trabajo, resaltando las ventajas e inconvenientes del proceso de minería de las criptomonedas halladas tras finalizar el estudio y una vez obtenidos los resultados finales.

Palabras clave:

- **Blockchain:** “es un libro mayor compartido e inmutable que facilita el proceso de registro de transacciones y de seguimiento de activos en una red de negocios” IBM. (IBM, s.f.)

- **Criptomoneda:** “una criptomoneda es un activo digital que emplea un cifrado criptográfico para garantizar su titularidad y asegurar la integridad de las transacciones, y controlar la creación de unidades adicionales, es decir, evitar que alguien pueda hacer copias como haríamos, por ejemplo, con una foto” Banco Santander. (Banco Santander, 2021)
- **Eficiencia Energética:** “el concepto de eficiencia energética hace referencia a la capacidad para obtener los mejores resultados en cualquier actividad empleando la menor cantidad posible de recursos energéticos” Repsol. (Repsol, s.f.)
- **Energías Renovables:** “las energías renovables son recursos limpios y casi inagotables que proporciona la naturaleza” IDAE. (IDAE, s.f.)

ABSTRACT

This document will present a study of energy efficiency in cryptocurrency mining and blockchain technology. Firstly, a brief introduction will be given and the scope of the study will be defined, clarifying which aspects the work will focus on and which others will be left out.

Then, the feasibility study will be developed where cryptocurrency mining and blockchain will be analyzed from an environmental, legal, operational, socio-economic and security point of view. With the aim of better understanding the field of study in all aspects before starting to develop the calculations of the work.

Then the different calculations of the work will be developed, for this, some preliminary conditions and equipment will be defined, from which different casuistry will be raised depending on the price of electricity for some of the main cryptocurrencies that are active in the market. In this way, the different returns resulting from the mining process will be obtained for all of them. Once the calculations have been completed, a comparison and analysis of the different results obtained for the conditions defined and the different cases is carried out, with the intention of better understanding the results obtained.

Finally, the conclusions derived from the whole process of study and analysis throughout the work will be established, highlighting the advantages and disadvantages of the mining process of the cryptocurrencies found after completing the study and once the results have been obtained.

Key words:

- **Blockchain:** "is a shared, immutable ledger that facilitates the process of recording transactions and tracking assets in a business network" IBM.
- **Cryptocurrency:** "a cryptocurrency is a digital asset that uses cryptographic encryption to guarantee its ownership and ensure the integrity of transactions, and control the creation of additional units, i.e. prevent someone from making copies as we would do, for example, with a photo" Banco Santander.
- **Energy Efficiency:** "the concept of energy efficiency refers to the capacity to obtain the best results in any activity using the least possible amount of energy resources" Repsol.
- **Renewable Energies:** "renewable energies are clean and almost inexhaustible resources provided by nature" IDAE.

Índice

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
<i>Capítulo 1. INTRODUCCIÓN</i>	14
1.1 OBJETO.....	14
1.2 ALCANCE.....	14
1.3 EMPLAZAMIENTO	15
1.4 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	16
1.4.1 DEFINICIONES PRELIMINARES E INTRODUCCIÓN	16
1.4.2 SITUACIÓN MEDIOAMBIENTAL	18
1.4.3 MINERÍA Y SUS COMPONENTES.....	21
<i>Capítulo 2. ESTUDIO DE VIABILIDAD</i>	24
2.1 Viabilidad Medioambiental.....	24
2.1.1 Impacto y Consumo Global	24
2.1.2 CRITERIOS ESG	27
2.2 Estudio Socioeconómico.....	30
2.2.1 Impacto en Economías Emergentes	30
2.2.2 Criptomonedas como Medida Contra la Inflación.....	34

2.3	Normativa.....	36
2.3.1	LEGISLACIÓN EUROPEA.....	37
2.3.2	LEGISLACIÓN NACIONAL	39
2.4	Localización.....	42
2.5	Seguridad del Proceso de Minado de Criptomonedas	45
2.5.1	Seguridad Física.....	45
2.5.2	Ciberseguridad	47
2.6	Viabilidad Operacional	49
<i>Capítulo 3. ANÁLISIS FINANCIERO.....</i>		<i>52</i>
3.1	Introducción al Calculo de Rentabilidad de la Minería	52
3.2	Cálculo de la Rentabilidad en función de la Criptomoneda.....	54
3.2.1	Bitcoin.....	54
3.2.2	Ethereum	56
3.2.3	Ethereum Classic	57
3.2.4	Monero.....	59
3.2.5	Litecoin	62
3.3	Rentabilidad de Minado Empleando Energías Renovables	64
3.3.1	Bitcoin Empleando Energías Renovables.....	64
3.3.2	Ethereum Empleando Energías Renovables	66
3.3.3	Ethereum Classic Empleando Energías Renovables.....	67

3.3.4 Monero Empleando Energías Renovables	68
3.3.5 Litecoin Empleando Energías Renovables	70
3.4 Análisis de los Resultas Obtenidos	71
<i>Capítulo 4. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO</i>	<i>77</i>
<i>BIBLIOGRAFÍA.....</i>	<i>81</i>

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de España simulando cadenas de bloques. (Huete, 2021).	16
Figura 2. Ilustración del consumo excesivo y problema de sostenibilidad producido por la minería de las criptomonedas. (freepik, s.f.)	18
Figura 3. Evolución de la demanda energética 2017 - 2021. (Red Eléctrica Española, s.f.)	19
Figura 4. Evolución de la generación energética 2017 – 2021. (Red Eléctrica Española, s.f.)	19
Figura 5. Desglose porcentual de las diferentes tecnologías de generación energética en España. (Red Eléctrica Española, s.f.)	20
Figura 6. Ejemplo Rig de minería. (Solé, 2021)	22
Figura 7. Estimación del consumo energético anual de Bitcoin 2015-2021. (Smart Energy International, 2021)	25
Figura 8. Comparación del consumo eléctrico de Bitcoin en 2021. (Simms, 2022)	26
Figura 9. Minería de Bitcoin por países en 2021	27
Figura 10. Criterios ESG. (Iberdrola, s.f.)	29
Figura 11. Transacciones económicas con criptomonedas 2019-2021 en función de la región. (Villullas, 2021)	32
Figura 12. Comparación de la inflación del Bitcoin y del dolar 2012-2021. (El economista, 2021)	35

Figura 13. Comparación flujo de distribución de Bitcoin frente a dolar en porcentaje 2014-2021.	36
Figura 14. Ejemplo granja masiva de minado de criptomonedas. (Asia Times, 2020).....	43
Figura 15. Componentes de un rig tras un incendio provocado por la minería. (The syberian times reporter, 2018)	46
Figura 16. Ciberseguridad en la red Blockchain. (Quirós, 2021).....	47
Figura 17. Imagen minería de criptodivisas.	51
Figura 18. Tarjeta gráfica escogida. (Delta Miners, s.f.).....	53
Figura 19. Rentabilidad Bitcoin con el precio de la electricidad actual	54
Figura 20. Rentabilidad Bitcoin con precio de electricidad de abril de 2021	55
Figura 21. Rentabilidad Ethereum con el precio de la electricidad actual. ...	56
Figura 22. Rentabilidad de Ethereum con el precio de la electricidad de abril de 2021	57
Figura 23. Rentabilidad Ethereum Classic con el precio de la electricidad actual.....	58
Figura 24. Rentabilidad Ethereum Classic con el precio de la electricidad de abril de 2021.	59
Figura 25. Rentabilidad de Monero con el precio de la electricidad en la actualidad.....	60

Figura 26. Rentabilidad de monero con el precio de la electricidad de abril del 2021	61
Figura 27. Rentabilidad del minado de Litecoin con el precio de la electricidad actual.	62
Figura 28. rentabilidad del minado de Litecoin con el precio de la electricidad en abril del 2021.....	63
Figura 29. Rentabilidad de la minería de Bitcoin empleando energías renovables.....	65
Figura 30. Rentabilidad minería de Bitcoin empleando energías renovables y con una velocidad de procesado de 60 GH/s.	66
Figura 31. Rentabilidad de la minería de Ethereum empleando energías renovables.....	67
Figura 32. Rentabilidad del proceso de minado de Ethereum Classic empleando energías renovables.	68
Figura 33. Rentabilidad del proceso de minado de Monero empleando energías renovables.....	69
Figura 34. Rentabilidad del proceso de minado de Litecoin empleando energías renovables.....	70

Índice de Tablas

Tabla 1. Ranking de países en función de sus transacciones con criptomonedas 2021.....	33
Tabla 2. Comparación cálculos realizados.	73

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO

El objeto de este trabajo es realizar un estudio de eficiencia energética en la minería de las criptomonedas y la tecnología blockchain, y analizar cómo puede afectar a los hábitos de consumo y producción actuales.

1.2 ALCANCE

El presente documento se centrará en el análisis y estudio de como puede afectar la minería de las criptomonedas, sustentada por la tecnología blockchain, al consumo y demanda energética de las transacciones y operaciones realizadas mediante esta tecnología.

También se contempla dentro del trabajo, las medidas de eficiencia energética a aplicar para reducir el elevado consumo que la minería de las criptomonedas supone actualmente, siguiendo así, las directrices marcadas en la Agenda 2030 en favor de la sostenibilidad, el respeto al medioambiente y la menor dependencia energética.

El trabajo no contempla los ámbitos de estudio que se exponen a continuación, ya que harían perder el foco sobre el verdadero objetivo del trabajo, que esta enfocado desde el punto de vista de la eficiencia energética, dichos ámbitos de estudio son:

- El trabajo no contempla el estudio de la regulación y el marco legal de las criptomonedas y sus transacciones en los diferentes sistemas políticos a nivel mundial.
- Tampoco se contempla el estudio de las diferentes criptomonedas en su esencia, es decir, en qué tipo de operaciones o transacciones se basa cada una de ellas. No se tendrá en cuenta tampoco los tiempos de operación o el número de estas que realiza cada una.

- No entra dentro del ámbito de estudio las diferentes entidades, personas o empresas propietarias de las diferentes criptomonedas, o su actividad.
- Por último, tampoco se tendrán en cuenta a la hora de realizar el trabajo otros tipos de activos digitales como pueden ser tokens, NFT's (Non Frangible Tokens) o ETF's (Exchange Traded Funds).

El trabajo está enfocado desde el punto de vista del estudio de la eficiencia energética en la minería de las criptomonedas y como reducirse su elevado consumo, en base a las líneas de sostenibilidad y respeto medioambiental que ya se siguen en otros sectores.

1.3 EMPLAZAMIENTO

La tecnología blockchain es utilizada a nivel global para realizar operaciones y transacciones, como esta tecnología es la que da soporte a las criptomonedas, hace que estas también tengan una escala global que permite operar con ellas de manera descentralizada en todo el mundo.

Para poder realizar estas transacciones y operaciones anteriormente mencionadas, es necesario un soporte energético que consumir. Es ahí cuando nace el concepto de minería, la cual, hoy en día tiene un coste energético muy elevado.

Aunque tanto las criptomonedas como el blockchain tienen un ámbito global de actuación, siendo también global el problema del elevado consumo energético que requiere mantener este tipo de tecnología. Este trabajo se centrará en como puede reducirse este elevado coste energético en España, y que medidas de eficiencia energética pueden aplicarse en nuestro país para reducir el consumo.



Figura 1. Mapa de España simulando cadenas de bloques. (Huete, 2021)

Cada país y región del mundo tiene su propia idiosincrasia, valores sociales, modelos políticos, marcos regulatorios, sistemas de producción y consumo energético, etc. Por ello, tratar de realizar un estudio de estas características a nivel global puede provocar que se distorsionen los resultados finales debido a la gran variedad de situaciones que se pueden dar en cada región del planeta.

En función de lo comentado en el párrafo anterior, se ha decidido focalizar el ámbito de estudio en España, teniendo en cuenta su regulación y sistema de producción y demanda energética. De esta forma, será posible obtener unos resultados finales veraces, objetivos y aplicables a la situación del país.

1.4 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

1.4.1 DEFINICIONES PRELIMINARES E INTRODUCCIÓN

Antes de comenzar con el desarrollo del apartado de antecedentes y justificación, es importante tener en cuenta una serie de conceptos y definiciones preliminares que ayudarán a comprender mejor tanto el propio apartado, como el trabajo en su conjunto.

- **Blockchain:** traducido al castellano como ‘cadena de bloques’, se trata del mayor registro de activos que se encuentran conectados entre sí, almacenados en “bloques”. Esto simplifica enormemente el proceso para realizar transacciones u operaciones con los activos que pueden ser tangibles (casa, coche, terreno...) o intangibles (derechos de autor, propiedad intelectual...). (IBM, s.f.)
- **Criptomonedas:** es un activo digital que cuenta con un cifrado criptográfico para garantizar la integridad y seguridad de las transacciones, también registra la titularidad. No existe de manera física, sino que se almacena en carteras digitales. (Banco Santander, 2021)
- **Minería de criptomonedas:** es el proceso en que se utilizan equipos informáticos ‘hash’ para procesar las operaciones y transacciones que se realizan a través del blockchain. Como consecuencia, el minero obtiene como beneficio una cantidad de la criptomoneda que está minando. (S., 2021)

Una vez aclarados los conceptos anteriormente descritos, se puede comenzar con la contextualización y los antecedentes para el desarrollo de este trabajo.

La primera criptomoneda, Bitcoin, fue creada en el año 2009 como una clase de activo P2P (Peer to Peer), es decir, entre consumidores. A medida que fue aumentando la red y la cantidad de activos fue creciendo, fueron necesarios más equipos con capacidad para realizar dichas transacciones u operaciones, comenzando entonces el proceso de minado. La recompensa por el mismo es una cantidad establecida de la criptomoneda que se mina.

Según ha ido creciendo la cantidad de criptomonedas existentes, y siendo más complejas las operaciones y transacciones a realizar entre los diferentes activos, ha provocado que sean necesarios equipos más y más sofisticados para el proceso de minado. Estos equipos de minado actuales, que además de contar con un elevado coste económico, tienen también un elevado consumo energético.

Teniendo en cuenta el actual coste de la energía y su tendencia alcista en los últimos meses y de cara al futuro, provoca que el proceso de minado resulte cada vez más costoso, y por lo tanto menos rentable para los mineros. Resulta fundamental entonces, aplicar medidas de eficiencia energética para reducir el alto consumo que la minería produce hoy en día.



Figura 2. Ilustración del consumo excesivo y problema de sostenibilidad producido por la minería de las criptomonedas. (freepik, s.f.)

Dejando a un lado el aspecto económico, existe también un grave inconveniente a nivel energético, de sostenibilidad y medioambiental.

1.4.2 SITUACIÓN MEDIOAMBIENTAL

En los últimos años, se ha visto fuertemente incrementada la curva de la demanda energética. Esto es debido principalmente al aumento de la pirámide de población y a las mayores necesidades energéticas de los individuos. Resulta necesario por tanto, aplicar medidas de eficiencia energética para reducir ese incremento del consumo experimentado en los últimos años. Además, es importante tener en cuenta también la procedencia de la energía consumida.

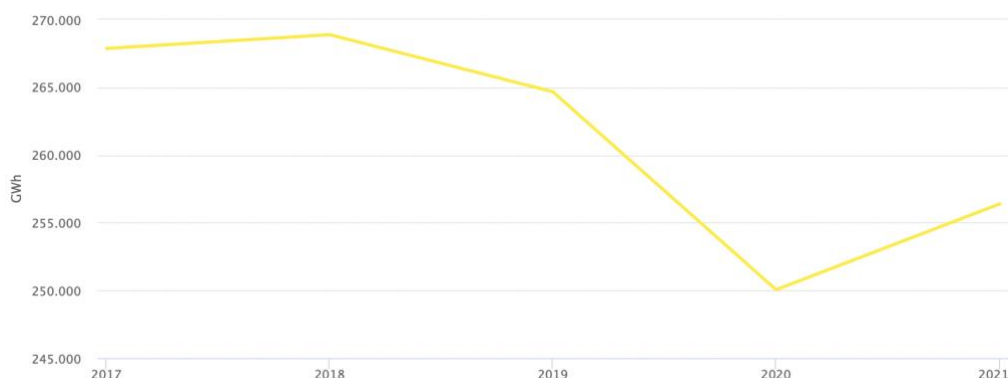


Figura 3. Evolución de la demanda energética 2017 - 2021. (Red Eléctrica Española, s.f.)

En la Figura 3, se puede apreciar la evolución de la demanda energética desde el año 2017 hasta el 2021 (último año completo del que existen datos). Se puede apreciar un importante descenso de la demanda en el año 2020 provocado principalmente por la pandemia Covid-19 y el confinamiento de la población durante varios meses de ese año. Después comienza de nuevo la línea ascendente de la demanda con la recuperación progresiva de los procesos y los hábitos de vida cotidianos previos a la pandemia.

Las fuentes tradicionales de generación energética, además de ser finitas, resultan altamente contaminantes y perjudiciales para el medioambiente. Por lo tanto, resulta necesario el uso de las fuentes de generación de energías renovables para paliar ese incremento de la demanda energética de forma sostenible y respetando el medioambiente.

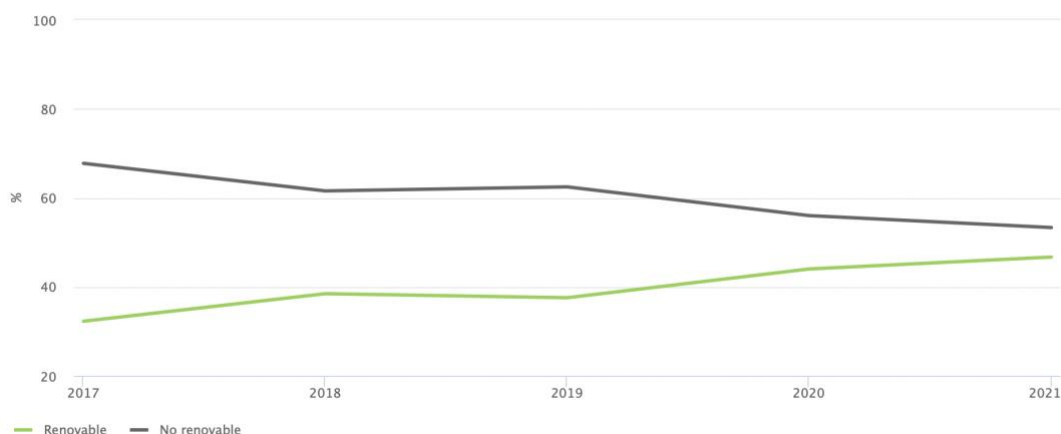


Figura 4. Evolución de la generación energética 2017 – 2021. (Red Eléctrica Española, s.f.)

En la Figura 4, se puede apreciar como en los últimos años se ha incrementado de manera significativa la generación de energía renovable (verde), frente a las no renovables (negro). Actualmente, los porcentajes se sitúan en un 46% de generación renovable, frente a un 54% de no renovable.

Si hacemos la distinción en función de las diferentes tecnologías de generación, tal y como se muestra en la Figura 5, caben destacar como datos más significativos que la energía nuclear se ha mantenido en torno a un 21% a lo largo de los años, la energía eólica ha incrementado su porcentaje hasta el 23,3% de la generación de energía nacional ; el ciclo combinado, que actualmente se encuentra alrededor del 17% y la energía solar fotovoltaica que cuenta con un 8% de la generación de energía nacional.

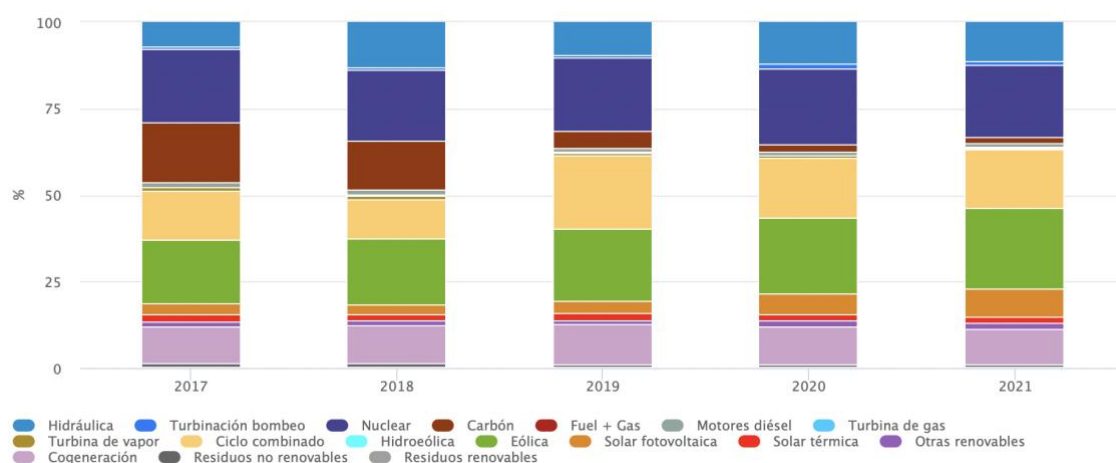


Figura 5. Desglose porcentual de las diferentes tecnologías de generación energética en España. (Red Eléctrica Española, s.f.)

Otro dato significativo que se debe tener en cuenta es el fuerte descenso de la producción de energía con carbón, debido a que es altamente contaminante y perjudicial para el medioambiente (siendo la principal fuente de CO₂). Ha pasado de contar con el 17% de la generación de energía en 2017 a apenas un 2% en el año 2021.

Como se puede apreciar en las dos ilustraciones anteriores, España se encuentra actualmente en la dirección correcta hacia la transición energética y la descarbonización de su economía y sistema de generación energético, siguiendo de esta manera las directrices marcadas por la Unión Europea de cara a los objetivos medioambientales establecidos para el año 2030. Estos objetivos se pueden resumir en:

- Reducir en un 55% los gases de efecto invernadero emitidos en comparación con el año 1990.
- El 32% de la energía consumida debe provenir de fuentes de generación renovables.
- Aumentar en al menos un 32,5% la eficiencia energética. (Ministerio para la Transición energética y el Reto Demográfico, s.f.)

Teniendo en cuenta estos factores anteriormente mencionados es importante aplicar medidas de ahorro energético en todos los sectores para lograr dichos objetivos. En el caso de la minería de criptomonedas, resulta especialmente importante debido a su elevado consumo energético.

1.4.3 MINERÍA Y SUS COMPONENTES

Antes de continuar, es importante conocer los componentes necesarios para la minería de las criptomonedas. Conocer los diferentes componentes, su funcionalidad y consumo resultará de vital importancia de cara a comprender posteriormente como poder aplicar medidas de eficiencia energética que ayuden a reducir su consumo.

La minería de las criptomonedas tiene muchas variantes, en función del tipo de moneda que se desea minar se utilizan unos componentes u otros, por ejemplo, Bitcoin utiliza sistemas ASIC. Aunque la mayoría de las criptomonedas (entre ellas Ethereum, segunda moneda con mayor cuota de mercado) sistemas denominados rig de minería.

Los rig de minería están formados básicamente por un conjunto de tarjetas gráficas que funcionan de manera similar a un ordenador convencional con el objetivo de obtener el hash de un bloque y ganar así una recompensa de la criptomoneda que se está minando. La capacidad de operación y la cantidad de tarjetas gráficas que se pueden emplear viene medido por la capacidad de la placa base a la que están conectadas.



Figura 6. Ejemplo rig de minería. (Solé, 2021)

En la Figura 6 se muestra un ejemplo de cómo es un rig de minería de pequeño tamaño. A la hora de escoger los componentes para la instalación de uno, es importante tener en cuenta dos factores, el calor y el consumo.

La minería de las criptomonedas supone que las tarjetas gráficas trabajen a máxima capacidad, esto supone que se generen unas enormes cantidades de calor. Si no se ventila correctamente la estancia, provocará que la temperatura de trabajo aumente aun más, entrando de esta forma en bucle. Por ello resulta fundamental que la estancia donde esté situado el rig de minería cuente con un buen sistema de ventilación. Además, será necesario la instalación de ventiladores adicionales para evitar el aumento de temperatura de la zona de minado, estos ventiladores cuentan con el inconveniente de resultar ruidosos.

También resulta fundamental tener en cuenta que el proceso de minería de las criptomonedas conlleva un consumo de energía muy elevado, por lo que siempre resulta fundamental comprobar que donde se va a situar el Ring de minería cuenta con una potencia instalada suficiente para aguantar el proceso de minado correctamente.

Algunos de los elementos de hardware que resultan necesarios para un correcto proceso de minería son los siguientes:

- **Placa base:** sirve cualquier placa de base comercial, aunque también existen algunas diseñadas específicamente para la minería.
- **Procesador:** debe ser compatible con la placa base escogida, generalmente no es necesario que sea demasiado potente.
- **Memoria RAM:** al igual que el procesador, no es necesario que sea demasiado potente.
- **Almacenamiento:** se debe tener en cuenta el peso de la blockchain que se va a minar, este es diferente en cada criptomoneda, normalmente con 128 GB suele ser suficiente.
- **Ventiladores:** se deben tener en cuenta dos factores, el ruido y la potencia. Es importante un buen funcionamiento de los ventiladores para contrarrestar las elevadas temperaturas de trabajo de las tarjetas gráficas.
- **Riser:** se utiliza como medio de conexión entre las tarjetas gráficas y la placa base. Los más modernos suelen ofrecer mejores prestaciones.

- **Fuente de alimentación:** se encarga de suministrar energía a todas las tarjetas gráficas y suele ser el componente más caro del rig. Se debe calcular unos 1,2 MW de potencia por cada 3 tarjetas gráficas aproximadamente.

Una vez expuestos los antecedentes existentes en base a la minería de las criptomonedas y la situación energética que existente en la actualidad y la necesidad de aplicar medidas de ahorro, se procede al desarrollo de los diferentes análisis y procesos de investigación objeto de este trabajo.

Capítulo 2. ESTUDIO DE VIABILIDAD

2.1 Viabilidad Medioambiental

2.1.1 Impacto y Consumo Global

Para conocer el impacto medioambiental que puede producir el estudio de eficiencia energética de las criptomonedas, se debe tener en cuenta, como punto de partida, un análisis de la viabilidad medioambiental del mismo.

El aumento del consumo energético producido por la minería de las criptomonedas ha aumentado considerablemente en los últimos años, esto queda reflejado en la Figura 7, donde se muestra una estimación del consumo energético de la criptomoneda Bitcoin entre los años 2015 y 2021. Como puede observarse, llega a superar el último año más de 140 TWh.

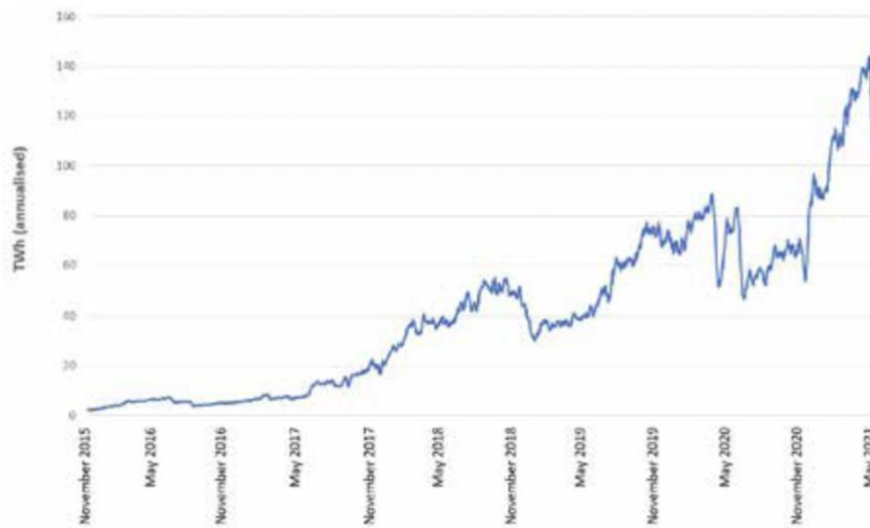


Figura 7. Estimación del consumo energético anual de Bitcoin 2015-2021. (Smart Energy International, 2021)

Si esta cifra la comparamos con el consumo de energía eléctrica de algunos de los principales consumidores a nivel mundial, podemos observar que su consumo es mayor que el de países como Noruega o Suiza, Bulgaria o Dinamarca, suponiendo más de un 30% de la energía consumida en Países Bajos, el 20% de la de Australia o el 15% de la de Reino Unido, siendo también mucho mayor que el de grandes empresas como Google o Meta (Facebook en el momento que se recogieron los datos). Estos datos se muestran en la Figura 8, donde también se compara con el consumo eléctrico de países como Alemania, Estados Unidos o China.

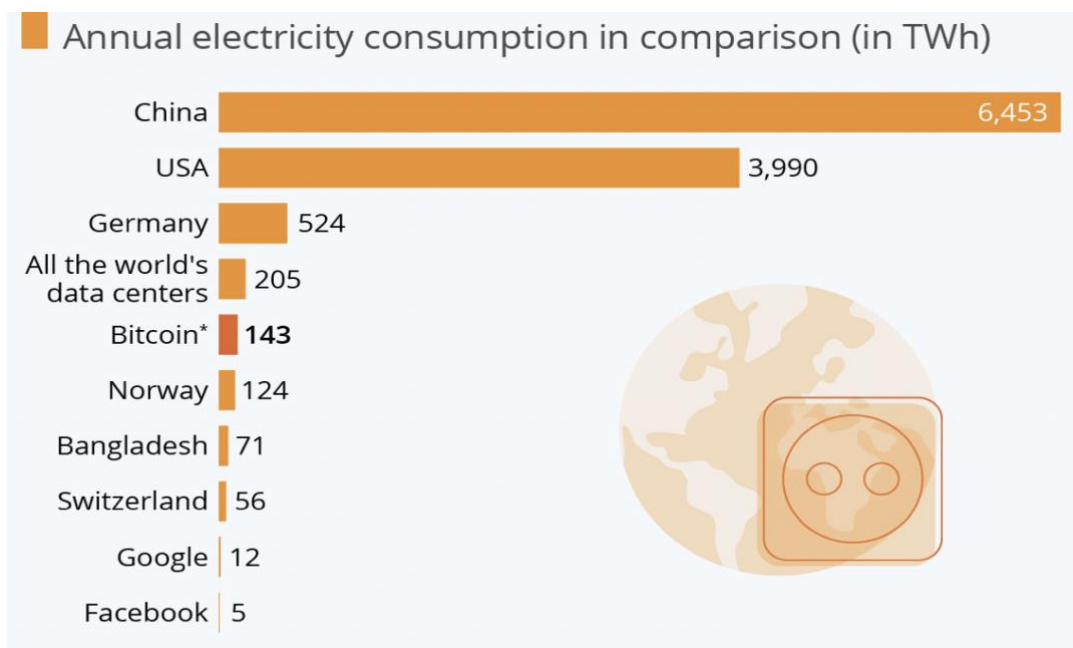


Figura 8. Comparación del consumo eléctrico de Bitcoin en 2021. (Simms, 2022)

Estos datos muestran la necesidad de aplicación de medidas de eficiencia energética para reducir estas cifras. Actualmente la huella de carbono de la minería solo de la criptomoneda Bitcoin produce más de 17.000 Kilo toneladas de dióxido de carbono emitidas a la atmósfera. (Computer Hoy, s.f.)

Si segregamos el estudio en función de los principales países mineros de Bitcoin, como se muestra en la Figura 9, podemos observar que China es el principal minero, seguido de Estados Unidos y Rusia. Esto ha provocado que en algunas de sus principales ciudades el consumo se dispare en más de un 30%.



Figura 9. Minería de Bitcoin por países en 2021.

2.1.2 CRITERIOS ESG

Las criptomonedas, en su esencia son activos digitales y por lo tanto, como todo activo, puede emplearse como elemento para operar y realizar transacciones financieras. También son muchos quienes las utilizan como elemento de inversión a largo plazo, tanto a nivel particular como en fondos (ETF's), teniendo en cuenta su revalorización constante desde su creación.

Teniendo en cuenta esta perspectiva, se debe evaluar si las criptomonedas pueden ser consideradas como un activo de inversión sostenible y por lo tanto, si cumplen con los criterios ESG (Enviromental, Social, Governance), también conocidos como ASG (Ambiental, Social, Gobernanza) en castellano. Estos son empleados por los principales bancos de inversión y gestoras de fondos para evaluar si una inversión puede considerarse como sostenible. Estos criterios ESG se explican a continuación y quedan reflejado en la Figura 10.

- **Environmental:**
 - Cambio climático y reducción de emisiones
 - Uso racional del agua
 - Biodiversidad
 - Eficiencia energética
 - Reforestación
 - Gestión de residuos
 - Economía circular

- **Social:**
 - Satisfacción del cliente
 - Igualdad de género y diversidad
 - Apoyo a colectivos vulnerables y ayudas sociales
 - Salud y seguridad
 - Contribuciones a la comunidad
 - Formación
 - Derechos humanos

- **Governance:**
 - Sistema de gobierno corporativo
 - Remuneraciones
 - Ciberseguridad
 - Cadena de suministro responsable
 - Sistema de cumplimiento



Figura 10. Criterios ESG. (Iberdrola, s.f.)

En un panorama global cada vez más concienciado de la crisis medioambiental existente en la actualidad, se deben tener en cuenta los factores de sostenibilidad y medioambientales en todas las actividades que se realizan.

Esto también incluye las actividades financieras, como se ha podido comprobar en el compromiso “Net Zero by 2050” adquirido por algunas de las principales gestoras de fondos de inversión por el cual se comprometen a que en el año 2050 todos sus activos sean sostenibles para el medioambiente y las emisiones contaminantes a la atmósfera sean cero. Algunas de las gestoras que se han adherido a este acuerdo son Schroders (con un 50% de sus activos sostenibles en este momento), Santander Asset Management (con un 30% de sus activos sostenibles en la actualidad) o Blackrock.

Teniendo en cuenta esta perspectiva, resulta complicado que actualmente las criptomonedas puedan considerarse como un activo de inversión sostenible y por lo tanto, ser tomadas en cuenta a corto plazo por los grandes bancos de inversión y gestoras entre sus carteras.

Este hecho se confirma teniendo en cuenta que actualmente la minería de las criptomonedas supone el 0,4% del consumo de energía mundial, y que de ese elevado consumo, el 70% de la minería de las nuevas criptomonedas se produce en China, que es un país con un fuerte peso del carbón en su economía y en su sistema de consumo energético. Lo que produce unas altas emisiones contaminantes de dióxido de carbono a la atmósfera, por lo actualmente las criptomonedas son consideradas como un activo altamente contaminante teniendo en cuenta la procedencia de la energía empleada para su minería.

Por estos motivos es importante la implantación de medidas de eficiencia energética, así como la aplicación de fuentes de generación de energía renovable para la minería de las criptomonedas de forma que a largo plazo pueda ser considerado como un activo de inversión sostenible que le permita cumplir con los criterios ESG y de esta forma aumentar su valor. (Futuro a fondo, 2021)

2.2 Estudio Socioeconómico

2.2.1 Impacto en Economías Emergentes

En un escenario económico y social como el actual, en el que existe una gran diferencia en el reparto y la distribución de la riqueza a nivel global, el uso de la tecnología blockchain y de las criptomonedas pueden suponer un gran avance hacia una mayor equidad económica a nivel mundial.

Este concepto resulta especialmente interesante enfocado a países en vías de desarrollo, cuya moneda de curso legal se encuentra altamente depreciada en comparación con otras divisas más potentes como pueden ser el euro, el dólar o la libra. Un buen ejemplo de este hecho es El Salvador, que recientemente se ha convertido en el primer país del mundo en aceptar el Bitcoin como moneda de uso legal a nivel nacional.

Otros países, sin embargo, han preferido lanzar sus propias criptomonedas de uso oficial, las conocidas como CBDC's (Central Bank Digital Currency). Algunos ejemplos de este tipo de activos digitales propios de cada país son el "Sand Dollar" que es emitido por el Banco central de Bahamas o el "eNaira" de Nigeria, que se ha convertido en un proyecto pionero en África. (Funcas, 2021)

Este tipo de activos digitales nacionales, ofrecen la ventaja de contar con una mayor estabilidad en su valor, en comparación con las criptomonedas tradicionales como Bitcoin o Ethereum que son mucho más volátiles, sin embargo, cuentan con la desventaja de que su ámbito de aplicación puede ser exclusivamente a operaciones realizadas en el país cuyo banco central las ha emitido, en contraposición del resto de criptomonedas, con capacidad para realizar transacciones a nivel mundial.

Este análisis queda refrendado por los datos que se muestran en la Figura 11, donde se muestra, en porcentaje, como se reparten las transacciones económicas de las criptomonedas en función de las diferentes regiones del mundo. Como puede observarse, las regiones del Sudeste Asiático y Latinoamérica, que cuentan con una gran cantidad de países en vías de desarrollo son los que cuentan con un mayor porcentaje de transacciones, realizando cada región en torno a un 30% de las operaciones y transacciones realizadas, repartiéndose el otro 40% de las operaciones entre el resto de las regiones.

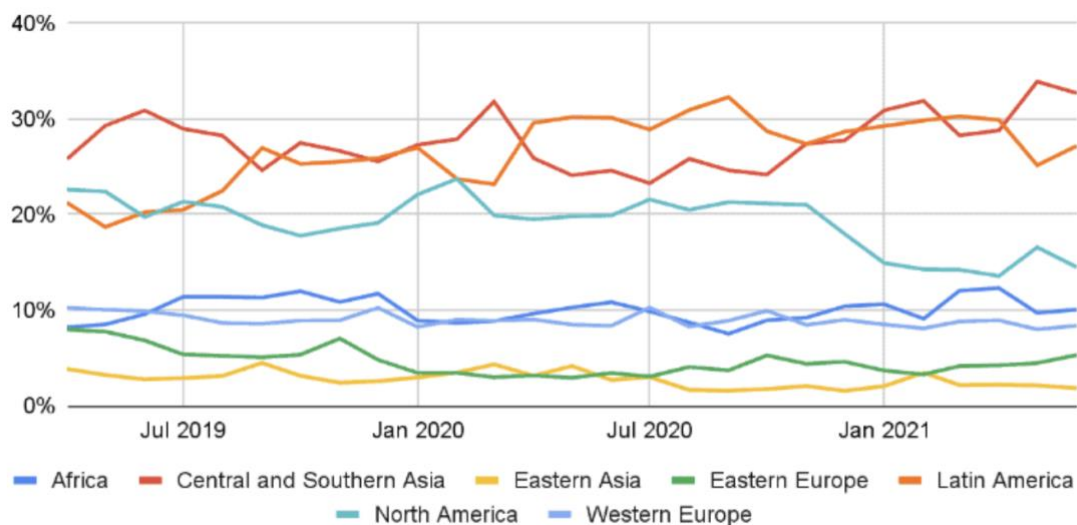


Figura 11. Transacciones económicas con criptomonedas 2019-2021 en función de la región. (Villullas, 2021)

Si observamos el ranking de países que más operaciones realizan con criptomonedas, se siguen confirmando los datos obtenidos en la figura anterior. Como podemos observar en la Tabla 1, donde podemos observar que los primeros puestos quedan ocupados por países de las dos regiones del globo anteriormente mencionadas, donde también aparecen algunos países africanos y siendo Estados Unidos el único país occidental que aparece.

Country	Index score	Overall index ranking	Ranking for individual weighted metrics feeding into Global Crypto Adoption Index		
			On-chain value received	On-chain retail value received	P2P exchange trade volume
Vietnam	1.00	1	2	4	3
India	0.37	2	3	2	72
Pakistan	0.36	3	12	11	8
Ukraine	0.29	4	5	6	40
Kenya	0.28	5	28	41	1
Nigeria	0.26	6	10	15	18
Venezuela	0.25	7	22	29	6
United States	0.22	8	4	3	109
Togo	0.19	9	42	47	2
Argentina	0.19	10	17	14	33
Colombia	0.19	11	23	27	12
Thailand	0.17	12	11	7	76
China	0.16	13	1	1	155
Brazil	0.16	14	7	5	113
Philippines	0.16	15	9	10	80
South Africa	0.14	16	16	18	62
Ghana	0.14	17	37	32	10
Russian Federation	0.14	18	6	8	122
Tanzania	0.13	19	45	60	4
Afghanistan	0.13	20	38	53	7

Tabla 1. Ranking de países en función de sus transacciones con criptomonedas 2021.

En función de estos datos, resulta imprescindible conseguir que la minería de las criptomonedas sea más eficiente energéticamente y que esa energía provenga de energías limpias para que sea sostenible para el medio ambiente, ya que como se ha expuesto, un uso responsable de las criptomonedas y sus operaciones puede llegar a ser una herramienta muy poderosa para combatir la desigualdad económica entre los diferentes países del mundo provocado en gran parte por la desigualdad económica de las diferentes divisas y la devaluación de unas frente a las otras.

En este aspecto, un sistema de operaciones económicas descentralizado y a nivel global, puede suponer un gran impulso hacia un desarrollo más equitativo e igualitario y tal vez a largo plazo, también más sostenible.

Sin embargo, se plantea también el dilema social de cambiar el sistema tradicional por el cual han sido siempre los bancos centrales de cada país los encargados de emitir las divisas, en este caso físicas, a los particulares y empresas. Con el nuevo sistema planteado, las criptomonedas quedan fuera del control de los bancos centrales nacionales.

2.2.2 Criptomonedas como Medida Contra la Inflación

La inflación es la depreciación progresiva de las divisas convencionales, como la libra, el euro o el dólar, con el paso del tiempo. Este menor valor del dinero provoca que el precio de los bienes aumente. Aunque según reputados expertos una pequeña inflación puede resultar beneficiosa para la economía (1% o 2%), niveles descontrolados de inflación como el que existe actualmente del 10%, resultan altamente perjudiciales para la economía y para los consumidores.

La principal ventaja que ofrecen las criptomonedas frente a la inflación es que a largo plazo ganan valor mucho más rápido del que lo pierden (es importante tener en cuenta que esta métrica debe ser tenida en cuenta a largo plazo, ya que se trata de activos muy volátiles que en el corto plazo pueden experimentar grandes ganancias y pérdidas de valor). Esta situación se debe en gran medida a que los gobiernos y organismos regulatorios no pueden modificar los tipos de interés de las criptomonedas influyendo de esta manera en su valor.

Otro de los motivos por los que algunas criptomonedas son menos vulnerables a la inflación, es que existirá un número finito. Este es el caso de Bitcoin, del cual nunca existirá un número mayor de 21 millones (actualmente se han minado 19 millones aproximadamente), por lo que está previsto que progresivamente el proceso de minado tenga una recompensa en Bitcoin menor. El conocer el número finito de Bitcoin que habrá provoca que su valor aumente progresivamente. (Coinbase, s.f.)

Si se compara la inflación que ha sufrido el dólar en los últimos años con la del Bitcoin, puede observarse que este último ha llegado a generar una inflación del -99,996%, es decir, lo que se conoce como deflación. Esta situación queda reflejada en la Figura 12, donde se comparan las métricas de inflación de ambas divisas.

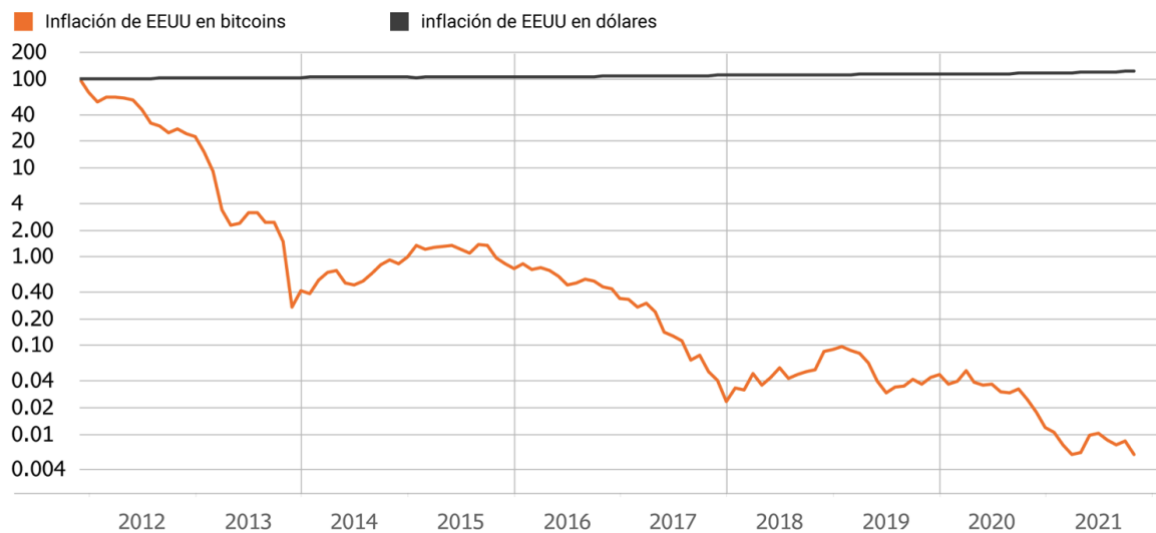


Figura 12. Comparación de la inflación del Bitcoin y del dólar 2012-2021. (El economista, 2021)

Estas cifras quieren decir que el Bitcoin solo ha sufrido una depreciación del 0,004% de su valor en los últimos 10 años, por lo que actualmente tanto Bitcoin como muchas de las otras criptomonedas son reconocidas como activos estables como refugio contra la inflación.

Otro dato que avala el poder de las criptomonedas contra la inflación, y en este caso particular de Bitcoin, es que su distribución no está sujeta a intereses gubernamentales, políticos ni de bancos centrales, por lo que es mucho más constante y predecible que el de las divisas tradicionales. En la Figura 13 se compara, desde 2014 a 2021, el flujo de distribución de dólares de la Reserva Federal frente al de Bitcoin en porcentaje.

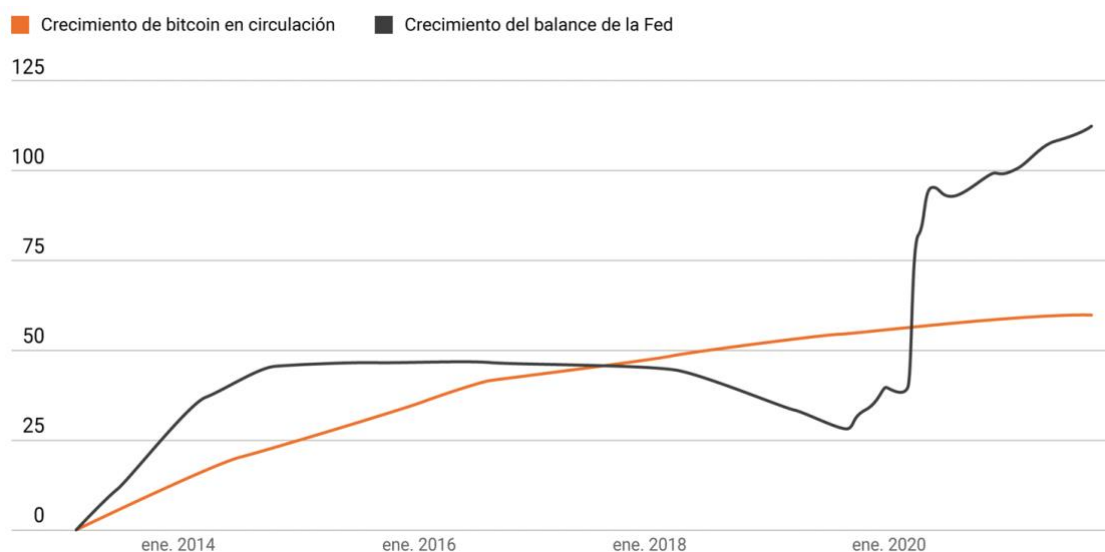


Figura 13. Comparación flujo de distribución de Bitcoin frente a dólar en porcentaje 2014-2021.

La gráfica muestra sin lugar a duda como Bitcoin se distribuye de una forma más uniforme que el dólar, siendo por lo tanto más previsible en este aspecto.

En consecuencia, y al margen de la alta volatilidad que las criptomonedas ofrecen en el corto plazo, se puede llegar a la conclusión de que, en el largo plazo pueden considerarse como fuertes herramientas de refugio contra la inflación, especialmente en épocas en las que es excesivamente elevada.

2.3 Normativa

Para llevar a cabo el estudio de eficiencia energética en la minería de las criptomonedas, es necesario conocer la legislación vigente a nivel tanto europeo como nacional. Esta legislación, que se puede enfocar desde el punto de vista energético, medioambiental y de las operaciones y transacciones económicas que se realizan.

Conocer la normativa vigente, resulta fundamental para conocer las limitaciones de uso, a nivel energético y de transacciones que tiene la minería de las criptomonedas. Resultará muy útil también para desarrollar los cálculos en los apartados posteriores.

2.3.1 LEGISLACIÓN EUROPEA

Dentro de la legislación recogida por la Unión Europea, cabe destacar la siguiente normativa que puede afectar de diferente forma al proceso de minería de las criptomonedas, esta está relacionada principalmente con el consumo energético y el medioambiente. (Unión Europea, s.f.)

- **Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia *energética*, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE.
- **Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia *energética* de los edificios
- **Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 11 de diciembre de 2018, sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima, y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.º 663/2009 y (CE) n.º 715/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2009/73/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE y 2013/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo y las Directivas 2009/119/CE y (UE) 2015/652 del Consejo, y se deroga el Reglamento (UE) n.º 525/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo.
- **Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- **Directiva (UE) 2019/944 del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 5 de junio de 2019, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE.

- **Reglamento (CE) n o 1099/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 22 de octubre de 2008, relativo a las estadísticas sobre energía.
- **Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y del Consejo** de 30 de junio de 2021 por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifican los Reglamentos (CE) n.o 401/2009 y (UE) 2018/1999 («Legislación europea sobre el clima»).
- **Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 13 de diciembre de 2011, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el *medio ambiente*.
- **Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el *medio ambiente*.
- **Reglamento (CE) n o 401/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 23 de abril de 2009, relativo a la Agencia Europea del *Medioambiente* y a la Red Europea de Información y de Observación sobre el *Medio Ambiente*.
- **Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire *ambiente* y a una atmósfera más limpia en Europa.
- **Reglamento (UE) 2019/1010 del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 5 de junio de 2019, relativo a la adaptación de las obligaciones de información en el ámbito de la legislación relativa al *medio ambiente* y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.o 166/2006 y (UE) n.o 995/2010 del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 2002/49/CE, 2004/35/CE, 2007/2/CE, 2009/147/CE y 2010/63/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, los Reglamentos (CE) n.o 338/97 y (CE) n.o 2173/2005 del Consejo, y la Directiva 86/278/CEE del Consejo.

2.3.2 LEGISLACIÓN NACIONAL

Por otra parte, también se debe tener en cuenta la legislación nacional que se encuentra relacionada con la materia objeto de estudio. Se tiene en cuenta principalmente legislación referente a los aspectos energético y medioambiental, aunque también en materia de transacciones y operaciones económicas. (Gobierno de España, s.f.)

- **Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril**, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- **Real Decreto-ley 7/2006, de 23 de junio**, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.
- **Real Decreto-ley 29/2021, de 21 de diciembre**, por el que se adoptan medidas urgentes en el ámbito energético para el fomento de la movilidad eléctrica, el autoconsumo y el despliegue de energías renovables.
- **Orden de 23 de diciembre de 1983** sobre créditos para financiar inversiones en el sector minero no energético.
- **Orden de 31 de julio de 1985**, sobre investigación y desarrollo tecnológico energético.
- **Resolución de 29 de junio de 2006**, del Congreso de los Diputados, por la que se ordena la publicación del Acuerdo de convalidación del Real Decreto-Ley 7/2006, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.
- **Ley 26/2007, de 23 de octubre**, de Responsabilidad Medioambiental.

- **Ley 16/2013, de 29 de octubre**, por la que se establecen determinadas medidas en materia de fiscalidad medioambiental y se adoptan otras medidas tributarias y financieras.
- **Real Decreto 1036/2009, de 29 de junio**, por el que se crea la Orden Civil del Mérito Medioambiental.
- **Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo**, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre.
- **Real Decreto 833/2014, de 3 de octubre**, por el que se establece y regula el Registro General de Operadores Ecológicos y se crea la Mesa de coordinación de la producción ecológica.
- **Real Decreto 905/2020, de 13 de octubre**, por el que se regula la concesión directa de subvenciones en el ámbito de la transición ecológica financiadas con cargo a la cuota íntegra del Impuesto de Sociedades.
- **Orden TED/456/2021, de 29 de abril**, por la que se determina el contenido y las condiciones de remisión al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de la información sobre los precios aplicados a los consumidores finales de electricidad.
- **Orden CIN/1360/2021, de 3 de diciembre**, por la que se aprueban las bases reguladoras de la concesión de ayudas públicas a proyectos estratégicos orientados a la transición ecológica y a la transición digital, del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación para el período 2021-2023, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, y por la que se aprueba la convocatoria de tramitación anticipada correspondiente al año 2021 de estas ayudas.

- **Ley 19/2003, de 4 de julio**, sobre régimen jurídico de los movimientos de capitales y de las transacciones económicas con el exterior y sobre determinadas medidas de prevención del blanqueo de capitales.
- **Real Decreto 1360/2011, de 7 de octubre**, por el que se modifica el Real Decreto 1816/1991, de 20 de diciembre, sobre transacciones económicas con el exterior.
- **Resolución de 9 de julio de 1996**, de la Dirección General de Política Comercial e Inversiones Exteriores, por la que se dictan normas para la aplicación de los artículos 4.º, 5.º, 7.º y 10 de la Orden del Ministerio de Economía y Hacienda, de 27 de diciembre de 1991, sobre transacciones económicas con el exterior.
- **Real Decreto-ley 11/2018, de 31 de agosto**, de transposición de directivas en materia de protección de los compromisos por pensiones con los trabajadores, prevención del blanqueo de capitales y requisitos de entrada y residencia de nacionales de países terceros y por el que se modifica la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.
- **Real Decreto-ley 7/2021, de 27 de abril**, de transposición de directivas de la Unión Europea en las materias de competencia, prevención del blanqueo de capitales, entidades de crédito, telecomunicaciones, medidas tributarias, prevención y reparación de daños medioambientales, desplazamiento de trabajadores en la prestación de servicios transnacionales y defensa de los consumidores.
- **Ley 19/2003, de 4 de julio**, sobre régimen jurídico de los movimientos de capitales y de las transacciones económicas con el exterior y sobre determinadas medidas de prevención del blanqueo de capitales.

- **Real Decreto 54/2005, de 21 de enero**, por el que se modifican el Reglamento de la Ley 19/1993, de 28 de diciembre, sobre determinadas medidas de prevención del blanqueo de capitales, aprobado por el Real Decreto 925/1995, de 9 de junio, y otras normas de regulación del sistema bancario, financiero y asegurador.
- **Resolución de 13 de mayo de 2021**, del Congreso de los Diputados, por la que se ordena la publicación del Acuerdo de convalidación del Real Decreto-ley 7/2021, de 27 de abril, de transposición de directivas de la Unión Europea en las materias de competencia, prevención del blanqueo de capitales, entidades de crédito, telecomunicaciones, medidas tributarias, prevención y reparación de daños medioambientales, desplazamiento de trabajadores en la prestación de servicios transnacionales y defensa de los consumidores.

Una vez conocida la legislación y normativa vigente tanto a nivel nacional como europeo, se pueden conocer los límites establecidos por el marco jurídico y las instituciones pertinentes, para poder realizar un correcto desarrollo del trabajo.

2.4 Localización

Resulta indispensable conocer cuáles son los lugares adecuados para la minería de las criptomonedas, tanto a nivel legal como desde el punto de vista de eficiencia energética o incluso de seguridad y prevención de riesgos.

Es importante recordar que las minas de criptomonedas generan una enorme cantidad de calor, por lo que la primera premisa a tener en cuenta a la hora de escoger donde situar un rig de minería es que debe ser un espacio con muy buena ventilación y con una temperatura adecuada. También es importante alejarlo de elementos que puedan ser inflamables o donde exista la posibilidad de que se pueda generar un incendio o riesgo de llama.

Estas medidas, además de generar un entorno de minado mucho más seguro, también provocarán un menor desgaste de las tarjetas gráficas y del resto de elementos electrónicos que intervienen en el proceso de minado. De esta forma se amortizará en mayor medida la inversión inicial realizada en los componentes del rig de minería obteniendo un mayor beneficio económico.

En la Figura 14 se muestra un ejemplo de una granja masiva formada por rigs de minado de criptomonedas. Escoger una localización adecuada para el proceso de minado depende en gran medida de la potencia instalada que se desea y la cantidad de rigs, ya que las condiciones necesarias, además de los requerimientos serán muy distintos.



Figura 14. Ejemplo granja masiva de minado de criptomonedas. (Asia Times, 2020)

Otro factor a tener en cuenta a la hora de escoger donde situar un rig de minería de criptomonedas es el ruido. Como se menciona anteriormente, es importante que la estancia esté bien ventilada, esto implica que a pesar de lograr situar el rig en una estancia con corriente natural, serán necesarios ventiladores que ayuden a mantener un correcto entorno de minado y de esta forma una adecuada temperatura de trabajo.

Estos ventiladores, que suelen ser de carácter industrial y contar con una potencia de servicio elevada, suelen resultar también altamente ruidosos. Resulta por lo tanto imprescindible que la estancia se encuentre alejada de lugares donde el ruido pueda suponer una molestia a otras personas. Este resulta uno de los principales inconvenientes de situar los rigs de minería en domicilios particulares, donde el ruido puede molestar a vecinos o a los propios convivientes.

Como es lógico, estos factores dependen en gran medida del número de rigs con los que se cuente para minar las criptomonedas (teniendo en cuenta que puede diferir de unas a otras los elementos del rig y su proceso de minado) y también la potencia instalada que tenga cada uno de los rigs.

Otro factor clave para el proceso de minado es tener un punto de acceso cercano a la red eléctrica. Como se menciona anteriormente, para el minado de las criptomonedas es necesaria una enorme cantidad de energía eléctrica, por lo que resulta conveniente contar con un punto cercano de acceso a la red.

Teniendo también en cuenta el elevado precio actual de la energía eléctrica y las premisas de que este precio continúe creciendo a lo largo del año, contar con fuentes renovables de generación energética puede ayudar en gran medida tanto a abaratar los costes asociados al proceso de minado como a que este proceso sea más limpio y sostenible para el medioambiente.

Además de todos los factores anteriormente mencionados, también se debe tener en cuenta los factores climatológicos, como pueden ser la temperatura, la humedad o las precipitaciones. En España, no sería lo mismo situar un rig de minería en Asturias o en Córdoba. Recordemos que para un correcto proceso de minado y mantenimiento de los componentes que lo integran es necesario que estén expuestos a cierta corriente, ya sea artificial mediante ventiladores o natural, aunque sin duda la natural resulta mucho más económica y conviene abaratar costes en la medida de lo posible durante el proceso.

Teniendo esto en cuenta, un ambiente demasiado seco o con polvo puede afectar muy negativamente a los equipos de minado, deteriorándolos. De la misma forma, un ambiente excesivamente húmedo tampoco resultará beneficioso para los componentes que integran el rig de minería.

Se debe tener en cuenta también que un ambiente cálido provocará un mayor calentamiento de los equipos (y por ende un peor rendimiento y mayor deterioro). Por lo que, en consecuencia, el ambiente climatológico ideal para minar criptomonedas debe contar con bajas temperaturas y con una humedad suficiente para evitar la formación de polvo. De esta manera, el proceso de minado será óptimo y se conservarán mejor los equipos.

2.5 Seguridad del Proceso de Minado de Criptomonedas

Cuando se habla de seguridad en el proceso de minado de las criptomonedas, este se puede enfocar desde dos puntos de vista o perspectivas, seguridad física y ciberseguridad.

2.5.1 Seguridad Física

Desde el punto de vista de la seguridad física, el principal peligro al que se enfrentan los rig de minería es el calor, como se ha mencionado anteriormente, se tratan de equipos que desprenden mucho calor y por lo tanto se ven obligados a trabajar a una elevada temperatura. Un sobrecalentamiento de alguno de los componentes o la proximidad de algún material u objeto inflamable podría provocar un incendio en el rig de minería, destruyendo sus componentes. En la Figura 15 se muestra el aspecto de algunos de los componentes tras el incendio de una granja de minado provocado por el propio proceso de minería.



Figura 15. Componentes de un rig tras un incendio provocado por la minería. (The syberian times reporter, 2018)

Otro de los peligros físicos a los que se enfrentan los procesos de minado son los cortocircuitos o incidentes eléctricos. Al ser equipos conectados a la red eléctrica y que trabajan bajo fuertes cargas de voltaje, derivadas de su elevado consumo, pueden producirse accidentes como cortocircuitos o chispazos consecuencia de la alta tensión y que pueden fundir alguno de los componentes o en el peor de los casos producir llama como consecuencia.

2.5.2 Ciberseguridad

Otro de los peligros a los que se enfrentan las criptomonedas y el blockchain son los ciberataques, es decir, aquellos ataques cibernéticos a través de la red que pretenden comprometer la integridad de los datos, de las carteras de criptomonedas o incluso de la propia red.

Desde el punto de vista de integridad de la red, el blockchain, al tratarse de una red descentralizada en los diferentes bloques conectados “en cadena”, es considerado como un entorno seguro ya que, aunque los cibercriminales sean capaces de atacar e incluso comprometer la integridad de uno de los bloques o los nodos, siempre quedarán el resto de bloques por detrás de soporte, por lo que en consecuencia, siempre será posible atacar un número finito de bloques, pero al contar con el resto de la red por detrás como soporte, esta no se verá comprometida, ni la información que alberga, incluso la de los bloques comprometidos.



Figura 16. Ciberseguridad en la red Blockchain. (Quirós, 2021)

Aunque no es posible comprometer la red de blockchain, esto no implica que no sea posible la sustracción de criptoactivos de sus carteras digitales, aunque eso sí, esos ataques no irán dirigidos a través de la red de blockchain. Para este tipo de ciberataques, el procedimiento suele a través de un malware, que se trata de un software o programa malicioso que los atacantes introducen a través de diversos métodos en el ordenador de la víctima, provocando la sustracción de los criptoactivos. (ciberseguridad.com, s.f.)

Otro de los métodos empleados por los cibercriminales, es el ransomware, este método consiste en un “secuestro de información”. Los atacantes consiguen acceder a la base de datos de diversas formas (como un phishing, por ejemplo), sustraen la información y después amenazan con publicarla a no ser que se pague un “rescate” por la información. Este método es muy utilizado contra empresas y organizaciones o entidades que habitualmente cuentan con información de mayor de mayor integridad que la de un particular.

Las criptomonedas suelen ser la moneda de cambio que los atacantes exigen para pagar el rescate ya que, al contar con una criptografía única, resultan mucho más difíciles de rastrear que otras formas de realizar transacciones tradicionales como pueden ser las transferencias.

Existen también otras formas de ciberataques relacionadas con criptomonedas como pueden ser las estafas de inversión o las estafas regalo, en el primer tipo, se crean oportunidades de inversión falsa en criptomonedas a través de páginas web. Cuando el usuario intenta retirar sus ganancias, la web solo le permite ingresar más dinero. Estas webs suelen estar activas solo durante un determinado periodo de tiempo.

En el segundo caso mencionado, los cibercriminales ofrecen un intercambio entre las diferentes criptomonedas ofreciendo además algún tipo de regalo o recompensa. Cuando la víctima se da cuenta de la estafa es demasiado tarde, ya que las transacciones de criptomonedas no son rastreables. (García, 2021)

Otro de los ciberataques más comunes, es el conocido como crypto-jacking o criptosequestro, en este caso, los hackers utilizan un ordenador ajeno para extraer o minar criptomonedas sin la autorización del propietario. En estos casos, los atacantes suelen conseguir el acceso al ordenador tras haber pinchado en un enlace malicioso, un phishing o similar.

Por último, aunque se trata de un método menos común y cada vez se encuentra más controlado, está el falso software móvil, con este método los cibercriminales acceden a las carteras de criptomonedas de las víctimas a través de falsas aplicaciones móviles de inversión. Aunque como se menciona anteriormente, este método ya está en desuso.

Los delitos relacionados con criptomonedas han incrementado alarmantemente en los últimos años, debido principalmente a que este tipo de activos, que están teniendo un gran auge entre los consumidores y son muy atractivos para los cibercriminales, puesto que las transacciones de criptomonedas no son rastreables. (Iron hack, s.f.)

2.6 Viabilidad Operacional

Otro de los pilares fundamentales en el estudio de eficiencia energética en la minería de las criptomonedas es la viabilidad operacional de la misma, esta se entiende por la viabilidad del proceso de minado en si mismo. A lo largo de este apartado se expondrá dicho proceso paso a paso.

Como se menciona anteriormente, el proceso de minería difiere en algunos aspectos de unas criptomonedas a otras por lo que los pasos a seguir no serán exactamente los mismos, para explicar el proceso se tomará el modelo seguido por la mayoría de las criptomonedas, siendo Ethereum la más popular de las que sigue esta metodología. En el caso de Bitcoin, el proceso de minería es más específico y también algo más complejo, por lo que resulta menos aplicable a escala genérica.

El primer paso a seguir para minar criptomonedas es la creación de una cartera de la criptomoneda que se desea minar, en esta cartera, es donde se recibirá la recompensa a cambio del proceso de minado. Para la creación de estas carteras, existen diferentes plataformas especializadas, aunque una vez más se debe estudiar el caso específico para cada criptomoneda. (Puig, 2021)

Después se debe elegir el sistema de minado, existen tres modelos principales de minado de criptomonedas que presentan algunas diferencias entre si:

- **Minado Pool:** se trata de el modelo más utilizado ya que es el más sencillo y atractivo para minar a pequeña escala. En este modelo varios usuarios comparten un mismo “pool” de datos, en caso de que uno de ellos consiga resolver la criptografía asociada, la recompensa se repartirá entre todos los usuarios del “pool”. Una vez más, existen diferentes tipos de “pool” en función del tamaño de este y comisiones asociadas, por lo que dependerá de cada caso particular escoger el que mejor se adapte a los requerimientos y necesidades de cada minero.
- **Minado en Solitario:** se trata de una alternativa al minado pool que ofrece la ventaja de ahorrar las comisiones asociadas a ser miembro del pool y tampoco se tiene que compartir la recompensa asociada a descifrar la criptografía. Sin embargo, también resulta más complejo resolver la criptografía en solitario y por lo tanto, obtener la recompensa en criptomonedas. Este modelo suele resultar más adecuado para granjas de minería a gran escala que cuentan con una gran potencia operativa y diversos equipos en funcionamiento

- **Minado en la nube:** este método consiste en realizar el proceso de minería mediante un alquiler, en lugar de que el usuario realice el proceso con su propio equipo y medios, paga una cuota a otro usuario, para que mine por el con su equipo. Cabe destacar que este método resulta arriesgado dado que suele ser utilizado a menudo por estafadores que tras obtener los ingresos del alquiler no realizan ningún proceso de minería. Por lo que este método conviene desarrollarlo a través de plataformas especializadas y seguras para ello.

Tras haber creado la cartera de la criptomoneda que se desea minar y escogido el modelo de minado deseado que mejor se adapte a cada usuario, el siguiente paso es actualizar los drivers de las tarjetas gráficas. Cuanto mayor sea la memoria de las tarjetas gráficas, más eficaz resultará el proceso de minería. Es recomendable, para que el proceso sea más eficiente, no mezclar tarjetas gráficas de distintos fabricantes.



Figura 17. Imagen minería de criptodivisas.

El siguiente paso a seguir es la instalación del software de minería de la criptomoneda que se desea minar. Existen diferentes softwares para cada criptomoneda, en función de las características de cada equipo de minado se debe escoger uno u otro. Estos softwares se encuentran disponibles a través de las webs de las propias criptomonedas.

En el caso de un modelo de minado en solitario, ya se podría comenzar a minar la criptomoneda, por el contrario, si se ha escogido el modelo de minado pool, quedaría un último paso que sería escoger el pool de minado al que asociarse, se debe escoger el pool que presente las características que mejor se ajusten a los requerimientos y equipo de cada minero.

Tras seguir estos pasos, ya se podrá comenzar a minar la criptomoneda escogida y recibir las recompensas en la cartera creada. Lo más importante para obtener la mayor rentabilidad posible en el proceso de minería y ahorrar costes, tanto operacionales como energéticos, es seleccionar adecuadamente la criptomoneda como el modelo que mejor se adapte al equipo y necesidades de cada minero. Esta es la clave para una mayor rentabilidad en el proceso de minado.

Capítulo 3. ANÁLISIS FINANCIERO

3.1 Introducción al Calculo de Rentabilidad de la Minería

Para el desarrollo numérico de los costes y beneficios reales que se pueden obtener derivados de la minería de las diferentes criptomonedas, existen calculadoras virtuales online que permiten conocer tanto los costes como las recompensas de minar las diferentes criptomonedas en función del hash utilizado, el equipo con el que se cuente y el coste de la electricidad.

En el siguiente apartado se va a desarrollar una comparación del coste de minar las 5 criptomonedas con mayor tasa de mercado, tanto en la actualidad como hace un año, ya que los costes asociados al consumo eléctrico eran mucho menores. Para calcular por lo tanto las pérdidas o ganancias obtenidas de la minería y conocer así su verdadera rentabilidad.

Posteriormente, se procederá a aplicar diversas medidas de eficiencia energética con el objetivo de ahorrar costes y comparar cual sería diferencia en el beneficio obtenida antes y después.

De entre las diferentes herramientas que ofrecen la posibilidad de calcular numéricamente los resultados de la minería de las criptomonedas, se ha decidido escoger ‘CryptoCompare’ (CryptoCompare, s.f.), ya que resulta la herramienta más intuitiva de utilizar, y la que mejor se ajusta a los requerimientos de los objetivos de este trabajo. Entre los datos iniciales a introducir, es necesario la potencia instalada (W), el coste por kWh (aunque la herramienta lo calcula en dólares, se hará la conversión a euros), la tasa del pool de minería (%) y la potencia de procesado utilizado (TH/s).

Para que el cálculo sea eficiente, se preestablecerá una tasa de pool del 2%, que es la tasa media que se suele pagar. Se establecerá también que se va a utilizar la unidad de tarjeta gráfica GeForce RTX 3060 TI, que cuenta con una potencia instalada de 120 W, una potencia de procesado de 60 MH/s y un precio de 556 € . (Moeller, 2021)



Figura 18. Tarjeta gráfica escogida. (Delta Miners, s.f.)

Teniendo en cuenta estos datos preliminares, se puede comenzar a realizar los cálculos económicos de la minería de las 5 criptomonedas seleccionadas en los dos escenarios de coste de la electricidad planteados. Se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos son correspondientes a una sola tarjeta gráfica minando, cuantas más tarjetas gráficas estén en funcionamiento, mucho mayor será el rendimiento del proceso de minado.

3.2 Cálculo de la Rentabilidad en función de la Criptomoneda

3.2.1 Bitcoin

La primera moneda objeto de cálculo es Bitcoin, se trata de la criptomoneda con una mayor cuota de mercado y en el momento en que se realiza el estudio, cuenta con un valor de mercado de 39.683,39 \$ y un precio de la electricidad de 0,29 € el kWh. Tras introducir los valores en la calculadora, se obtienen los valores reflejados en la Figura 19. (Red eléctrica española, s.f.)

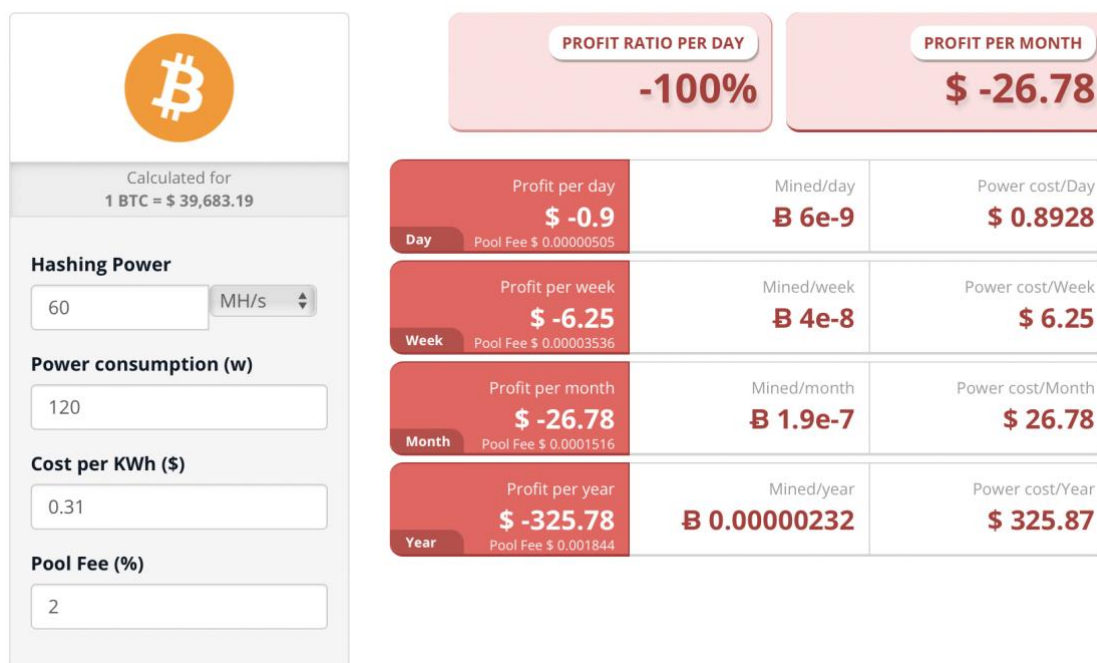


Figura 19. Rentabilidad Bitcoin con el precio de la electricidad actual

Como puede observarse en la figura, con el precio de la electricidad actual y las características de la tarjeta gráfica seleccionada, no resulta rentable el minado de Bitcoin con un valor de recompensa de 39.683,39 \$. En estas condiciones, se perdería un valor de 25 € mensuales como consecuencia del proceso de minado.

Si se realiza el cálculo coste del kWh actual, se introduce el coste que había hace un año, que era de 0,1 € el kWh, se obtienen los resultados de la Figura 20.

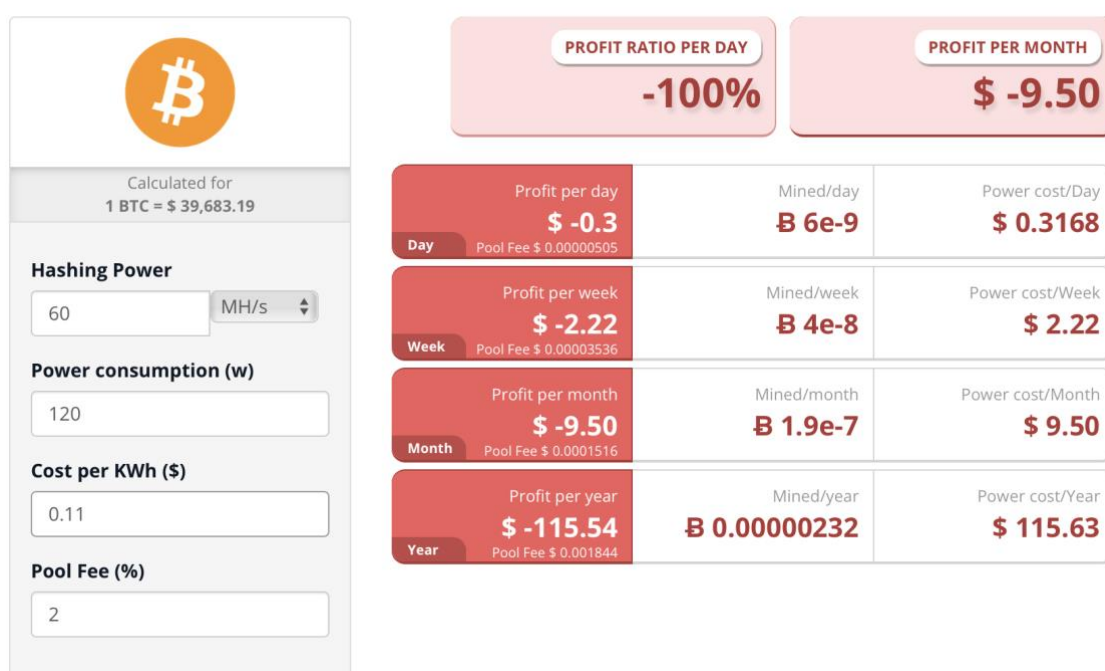


Figura 20. Rentabilidad Bitcoin con precio de electricidad de abril de 2021

Como puede observarse, a pesar de la rebaja en el precio de la electricidad, con el equipo seleccionado, se seguirían incurriendo en pérdidas, teniendo en cuenta el valor actual de la criptomoneda y la recompensa ofrecida por su minado, las pérdidas en esta ocasión serían de aproximadamente 9 € mensuales.

3.2.2 Ethereum

El siguiente caso de estudio es el de Ethereum, se trata de la segunda criptomoneda con mayor cuota de mercado por volumen de usuarios y por valor por detrás de Bitcoin. Teniendo en cuenta el equipo seleccionado y que en el momento del cálculo el precio de la electricidad es de 0,29 € el kWh y el valor de la criptomoneda de 2.960,1 \$, se obtienen los datos reflejados en la Figura 21.

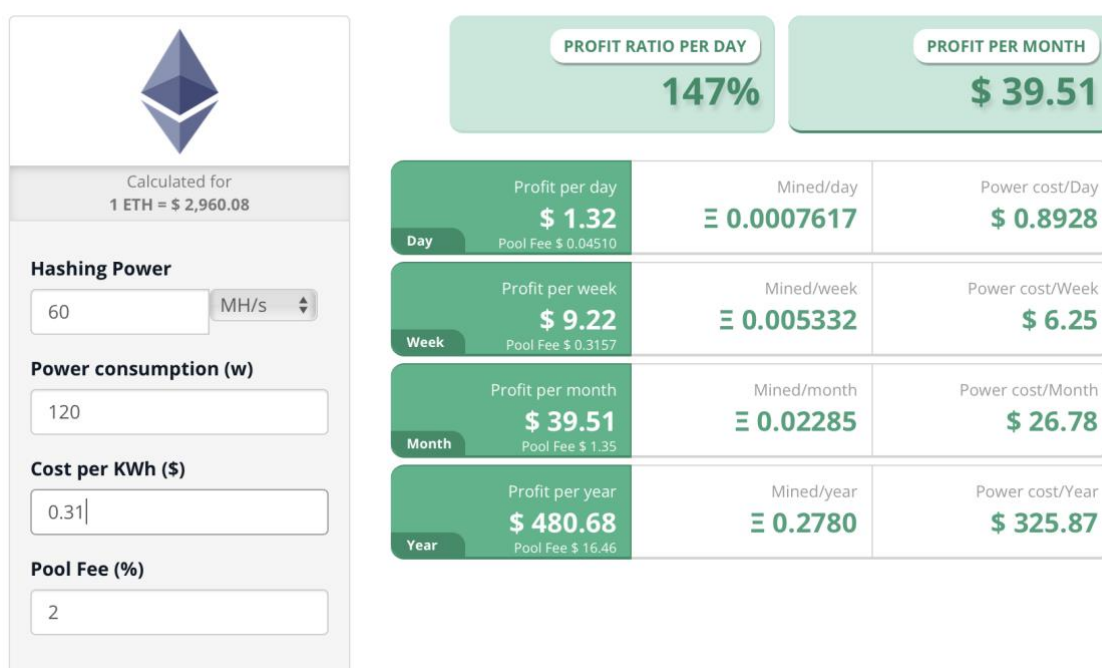


Figura 21. Rentabilidad Ethereum con el precio de la electricidad actual.

En este caso, si resulta rentable el minado de Ethereum teniendo en cuenta el coste actual del precio de la electricidad y el equipo seleccionado, obteniendo un beneficio de 36,5 € cada mes.

Si se tiene en cuenta el precio de la electricidad de hace un año, es decir, de 0,1 € el kWh, se obtienen los valores de la Figura 22.

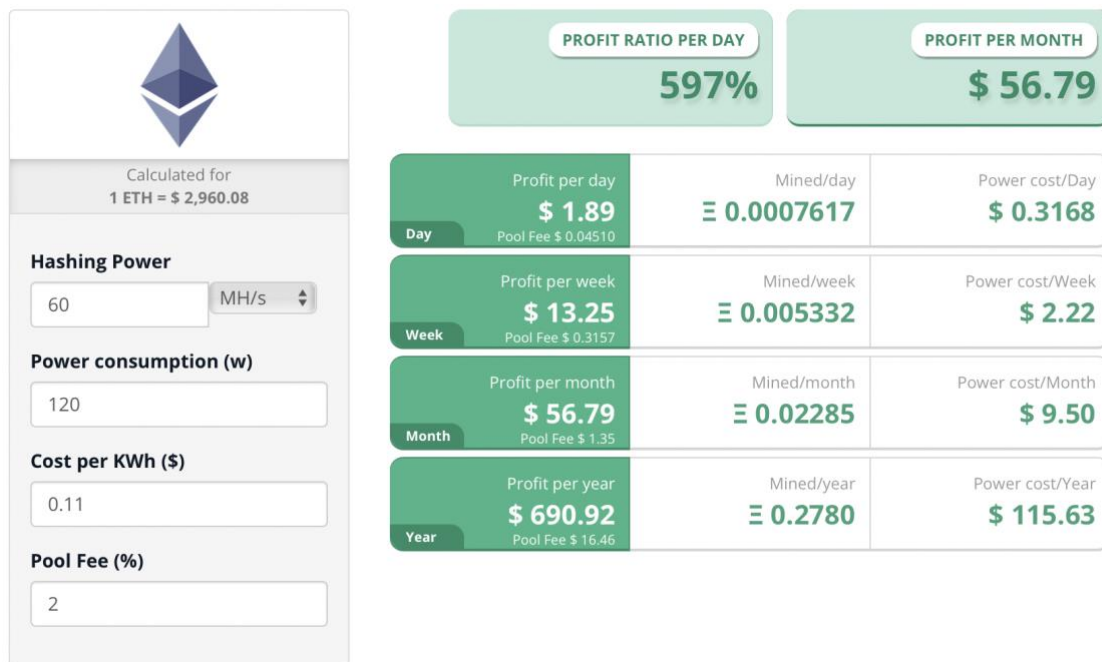


Figura 22. Rentabilidad de Ethereum con el precio de la electricidad de abril de 2021

Como es lógico, se siguen obteniendo beneficios, aunque en esta ocasión son sustancialmente mayores, obteniéndose 53 € mensuales como recompensa por el minado.

3.2.3 Ethereum Classic

Ethereum Classic es una criptomoneda filial de Ethereum que se sitúa en el momento de estudio en el puesto 30 de las criptodivisas en función de su cuota de mercado. Seleccionando el mismo equipo que en los casos anteriores, un precio de la electricidad de 0,29 € el kWh y un valor de mercado de 34,98 \$, se obtienen los resultados de la Figura 23.

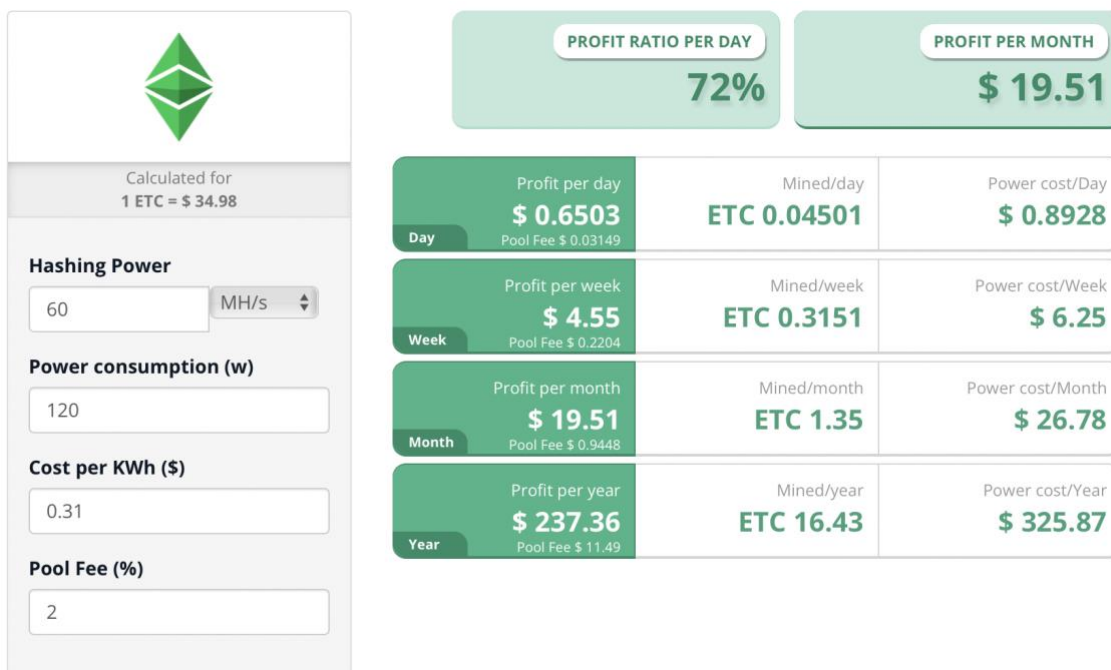


Figura 23. Rentabilidad Ethereum Classic con el precio de la electricidad actual.

En esta ocasión también se obtienen beneficios, aunque en esta ocasión serían de 18 € mensuales con la tarjeta gráfica seleccionada. Si en lugar del precio de la luz actual, se tiene en cuenta el precio de la luz de hace un año en estas fechas de 0,1 € el kWh se obtienen los valores reflejados el en la Figura 24.

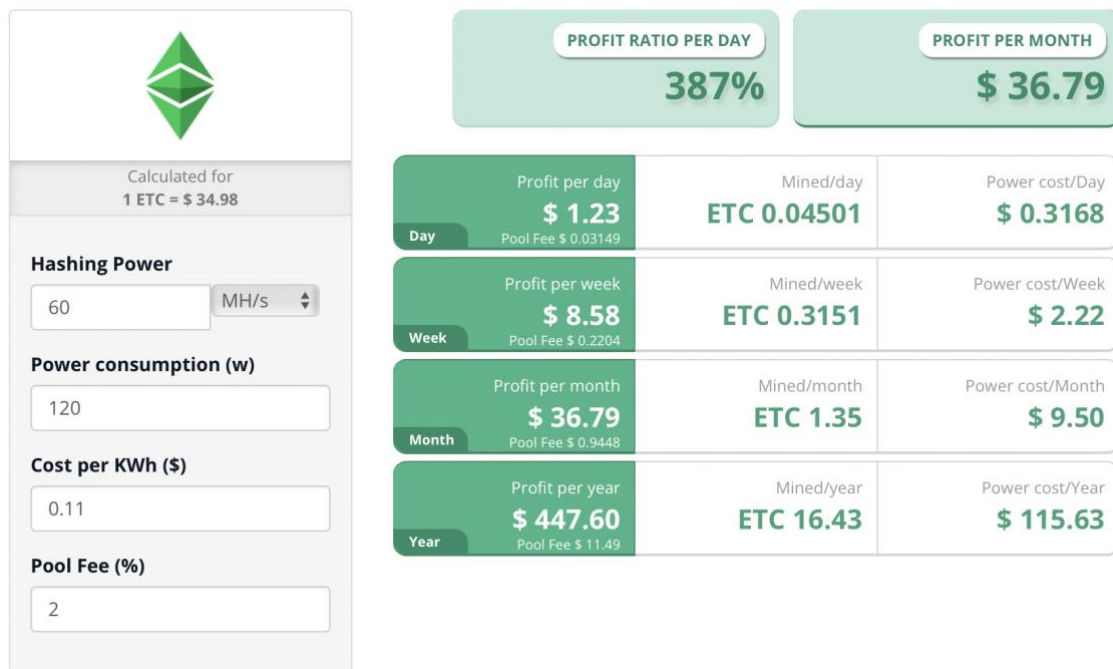


Figura 24. Rentabilidad Ethereum Classic con el precio de la electricidad de abril de 2021.

En esta ocasión, la recompensa obtenida por el proceso de minado aumentaría hasta los 34 € mensuales como recompensa.

3.2.4 Monero

Monero es otra de las conocidas como “altcoins” o criptomonedas con cuota de mercado al alza. Cuenta con un valor de mercado de 275,31 \$ en el momento que se realiza el cálculo y actualmente se encuentra en el puesto 29 en función de la cuota de mercado obtenida. Teniendo en cuenta los mismos casos de estudio que las criptomonedas anteriores en cuanto a precio de la electricidad y tarjeta gráfica para el minado seleccionada, se obtienen los resultados reflejados en la Figura 25.

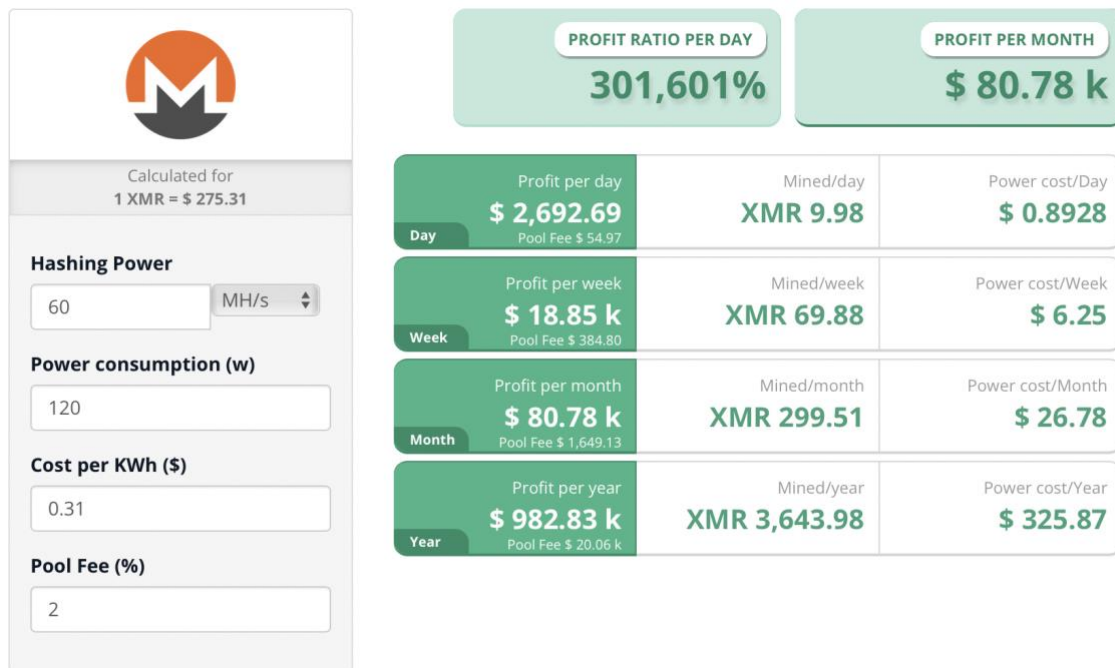


Figura 25. Rentabilidad de Monero con el precio de la electricidad en la actualidad.

En el caso de Monero, se puede observar la altísima rentabilidad obtenida como consecuencia de su minado, llegando a alcanzar como recompensa por su minado el valor de 74.660 €, incluso a pesar del elevado coste de la electricidad actual. Se llegan a alcanzar ratios de rentabilidad extremadamente altos, de donde se obtiene esa elevadísima recompensa económica.

Si en lugar del precio de la electricidad actual, se tiene en cuenta el precio de esta en abril de 2021, se puede observar que la recompensa económica es aún mayor, como se muestra en la Figura 26.

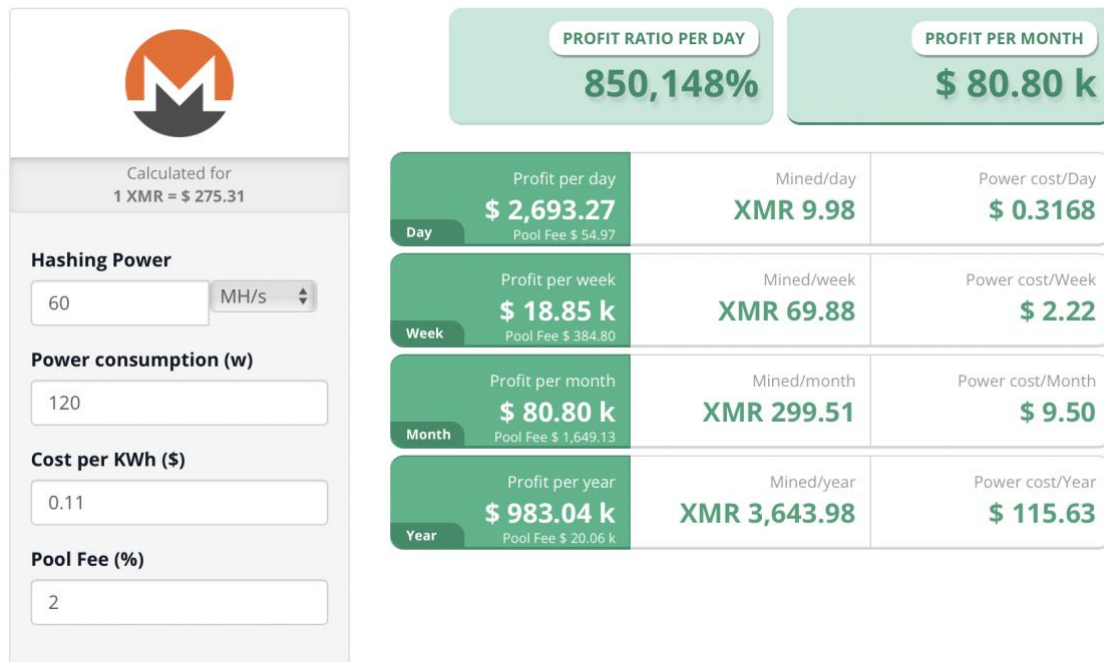


Figura 26. Rentabilidad de monero con el precio de la electricidad de abril del 2021

En esta ocasión se puede observar que, aunque el precio de la electricidad ha disminuido significativamente, la recompensa obtenida es prácticamente la misma, esta situación ocurre porque el algoritmo de recompensa de cada criptomoneda es único y en muchas ocasiones solo se recompensa de forma generosa una cantidad de minado establecida entre ciertos rangos. Por encima o por debajo de esos rangos, la recompensa se reduce sustancialmente o incluso puede llegar a ser prácticamente inexistente.

En conclusión, con este caso tan particular se puede comentar que, con la tarjeta gráfica seleccionada, el minado de Monero resulta muy rentable en la actualidad, ya que su algoritmo de recompensa se muestra muy poco sensible a los incrementos del precio de la electricidad.

3.2.5 Litecoin

Litecoin ocupa en el momento de estudio el puesto número 21 de ranking de criptomonedas en función de su cuota de mercado y cuenta actualmente con un valor como activo de 106,57 \$. Siendo el último caso práctico de estudio, se tendrán en cuenta las mismas condiciones de precio de la electricidad y tarjeta gráfica seleccionada que en los otros 4 casos anteriores. Los resultados obtenidos tras el cálculo se muestran en la Figura 27.

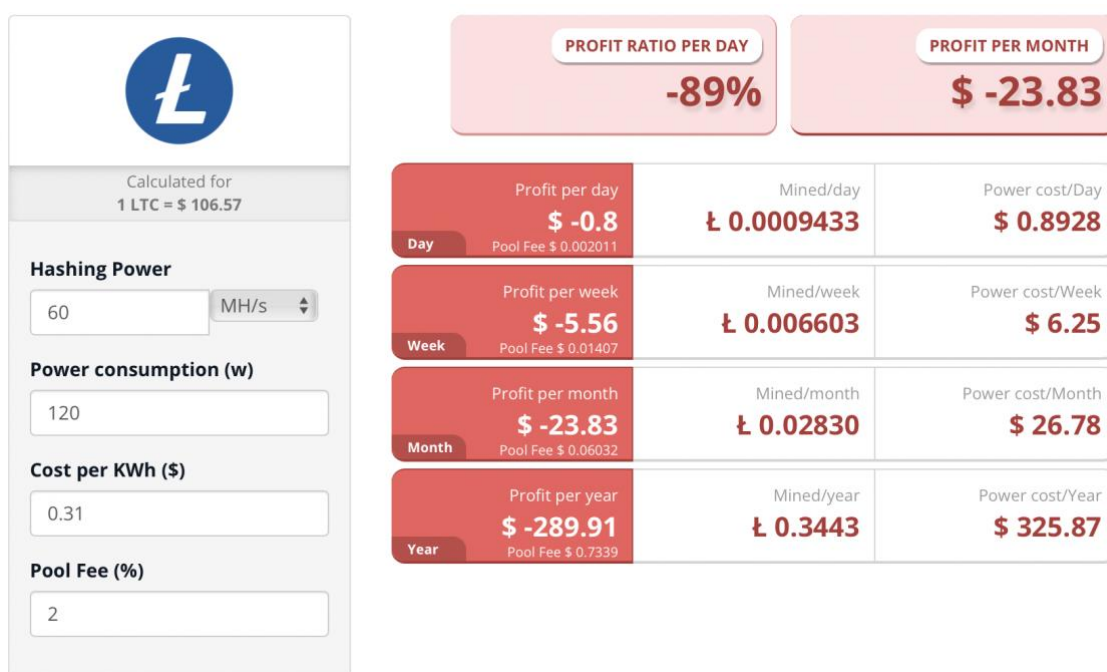


Figura 27. Rentabilidad del minado de Litecoin con el precio de la electricidad actual.

Al igual que ocurre con Bitcoin, en este caso vuelve a no ser rentable el minado de Litecoin, incurriéndose en pérdidas de unos 21 € mensuales con el proceso de minado y la tarjeta gráfica seleccionadas.

Se procede ahora a realizar el mismo cálculo con la criptomoneda Litecoin, pero en esta ocasión con el precio de la electricidad en abril del año 2021, al igual que con las criptomonedas anteriores. Los resultados se muestran en la Figura 28.

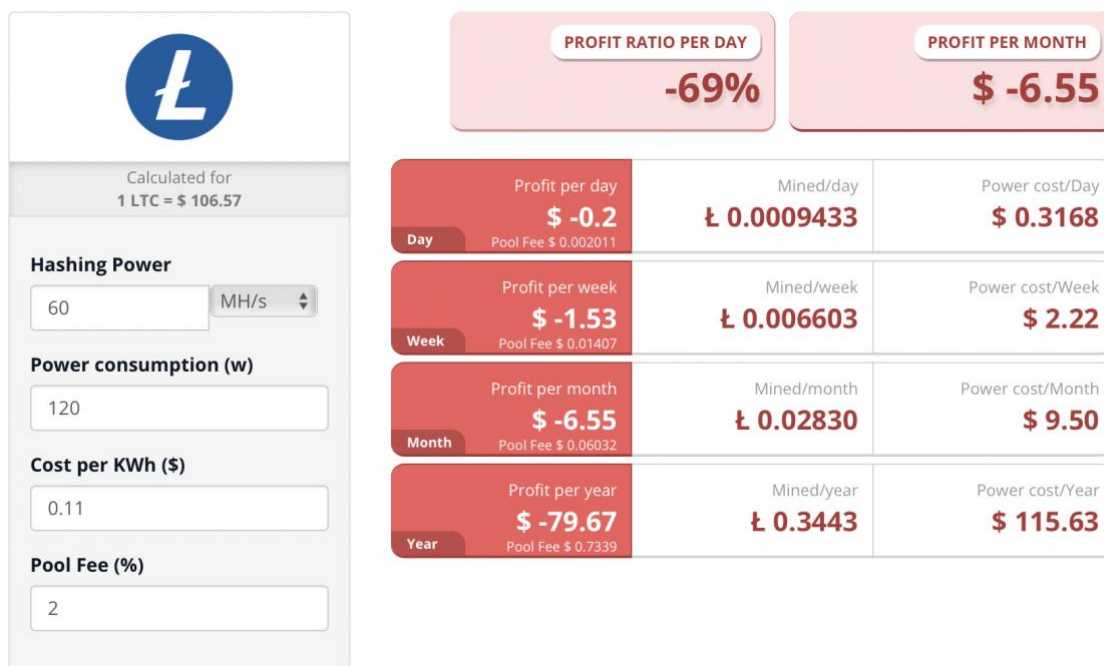


Figura 28. rentabilidad del minado de Litecoin con el precio de la electricidad en abril del 2021.

Para este caso, a pesar de un menor precio de la electricidad consumida, se siguen incurriendo en ligeras pérdidas, de aproximadamente 5 € mensuales como consecuencia de la actividad de minado, por lo que se puede llegar a la conclusión de que en las condiciones preliminares seleccionadas no resulta rentable el minado de esta criptomoneda.

Tras realizar el cálculo de la rentabilidad del minado de estas 5 diferentes criptomonedas, contando cada una de ellas con su diferente algoritmo de recompensa y estableciendo unas condiciones preliminares estándar en cuanto a el modelo de tarjeta gráfica seleccionada, se llega a la conclusión preliminar de que en estas circunstancias resulta rentable tanto en la actualidad como hace un año el minado de Ethereum, de Ethereum Classic y por supuesto de Monero.

3.3 Rentabilidad de Minado Empleando Energías Renovables

Tras realizar en el apartado anterior el cálculo de la rentabilidad del proceso de minería de 5 de las principales criptomonedas en función de su cuota de mercado y con unas condiciones preestablecidas, iguales para todas, como son la tarjeta gráfica empleada con sus características asociadas, la tasa del pool y el precio del kWh en el momento en el que se realizó el cálculo. (Red Eléctrica Española, s.f.)

En este apartado se pretende realizar el mismo cálculo, pero teniendo en cuenta esta vez el precio del kWh empleando energías renovables, aunque este precio varía en función de la energía escogida, se ha calculado una media el día en el que se realiza el estudio de las principales fuentes de generación renovables, en las que se ha tenido en cuenta los precios de kWh de las energías eólica, solar térmica, solar fotovoltaica e hidráulica, obteniéndose un precio medio de 0,03 € el kWh.

De esta forma se puede conocer cuánto sería el ahorro económico en el proceso de minado de las criptomonedas, contribuyendo además a un minado más limpio, responsable y sostenible para el medioambiente. (selectra, s.f.)

3.3.1 Bitcoin Empleando Energías Renovables

Como se puede observar en la Figura 29, a pesar de un menor precio de la energía derivado de emplear energías renovables, no resulta rentable la minería de Bitcoin a pequeña escala. De esta manera, se obtienen unas pérdidas mensuales de 2,5 € mensualmente que, si bien es menor que la pérdida obtenida empleando energías convencionales, sigue sin ser rentable económicamente.

Se debe recordar que los cálculos se están realizando, teniendo en cuenta el uso de una sola tarjeta gráfica, definida en los apartados anteriores.

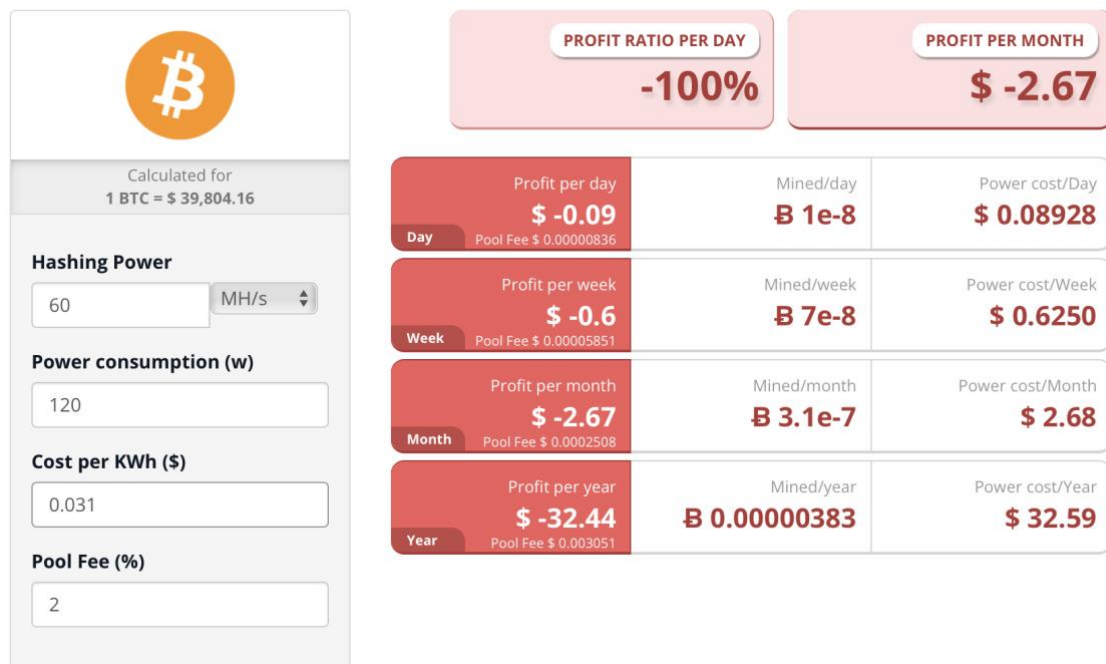


Figura 29. Rentabilidad de la minería de Bitcoin empleando energías renovables.

Sin embargo, en la Figura 30 se muestra cual sería la rentabilidad obtenida del minado de Bitcoin empleando energías renovables y con una velocidad de procesado de 60 GH/s (en los cálculos de los apartados anteriores la velocidad de procesado empleada era de 60 MH/s), manteniéndose la potencia instalada. Esto se consigue, empleando tarjetas gráficas con una velocidad de procesado mayor, o conectando varias tarjetas gráficas entre sí para aumentar el rendimiento.

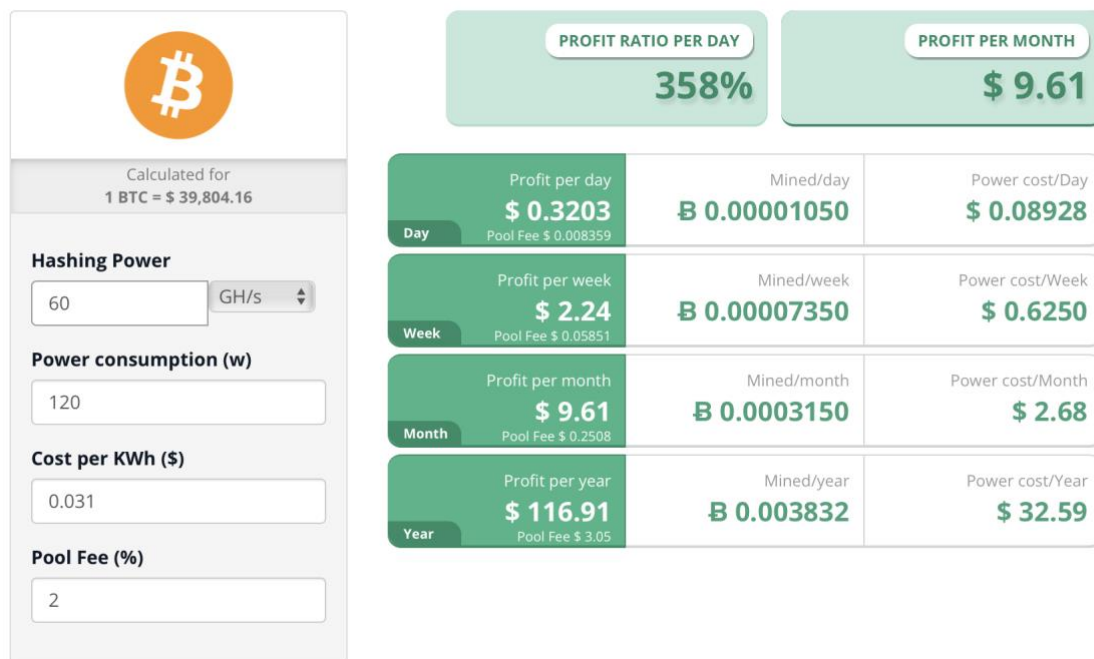


Figura 30. Rentabilidad minería de Bitcoin empleando energías renovables y con una velocidad de procesamiento de 60 GH/s.

Como se puede observar, con esta velocidad de procesamiento sí que resulta rentable la minería de Bitcoin, obteniéndose mensualmente un beneficio de 9 € mensuales aproximadamente. Esta circunstancia se da porque la tarjeta gráfica escogida, con su velocidad de procesamiento y demás características, no resulta la más apropiada para la minería de Bitcoin ya que esta criptomoneda requiere de velocidades de procesamiento mucho mayores, o en su defecto, emplear un gran número de tarjetas gráficas para ser capaces de resolver su código criptográfico y obtener así la recompensa por su minado.

3.3.2 Ethereum Empleando Energías Renovables

Como se menciona anteriormente, el algoritmo de minado de cada criptomoneda es único, por lo que resulta imprescindible escoger el equipo con las características adecuadas a la criptomoneda que se desea minar.

En la Figura 31, se muestra el beneficio obtenido como consecuencia del proceso de minado de Ethereum empleando energías renovables, con su menor coste asociado respecto al precio de la energía convencional.

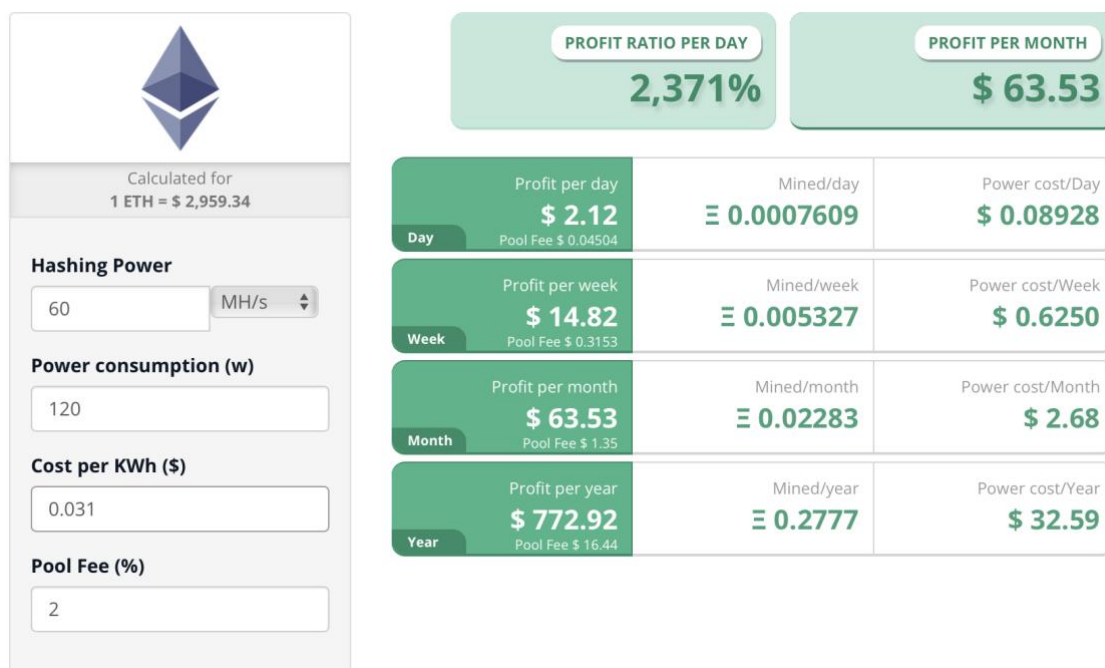


Figura 31. Rentabilidad de la minería de Ethereum empleando energías renovables.

Como se puede observar en la figura, lógicamente con un menor precio de la energía el beneficio obtenido resultado del minado de Ethereum aumentaría hasta los 59 € mensuales empleando las mismas condiciones que en los apartados anteriores, por lo que podría considerarse que el equipo y tarjeta gráfica escogida es adecuado para el minado de esta criptomoneda.

3.3.3 Ethereum Classic Empleando Energías Renovables

En el caso de Ethereum Classic, al igual que en el caso anterior, se siguen obteniendo beneficios resultado del proceso de minado, esto ocurre porque al tratarse de una criptomoneda filial de Ethereum, el algoritmo de minado es similar por lo que cabe esperar que el resultado obtenido por el minado de una no difiera demasiado con el que se obtendría por minar la otra.

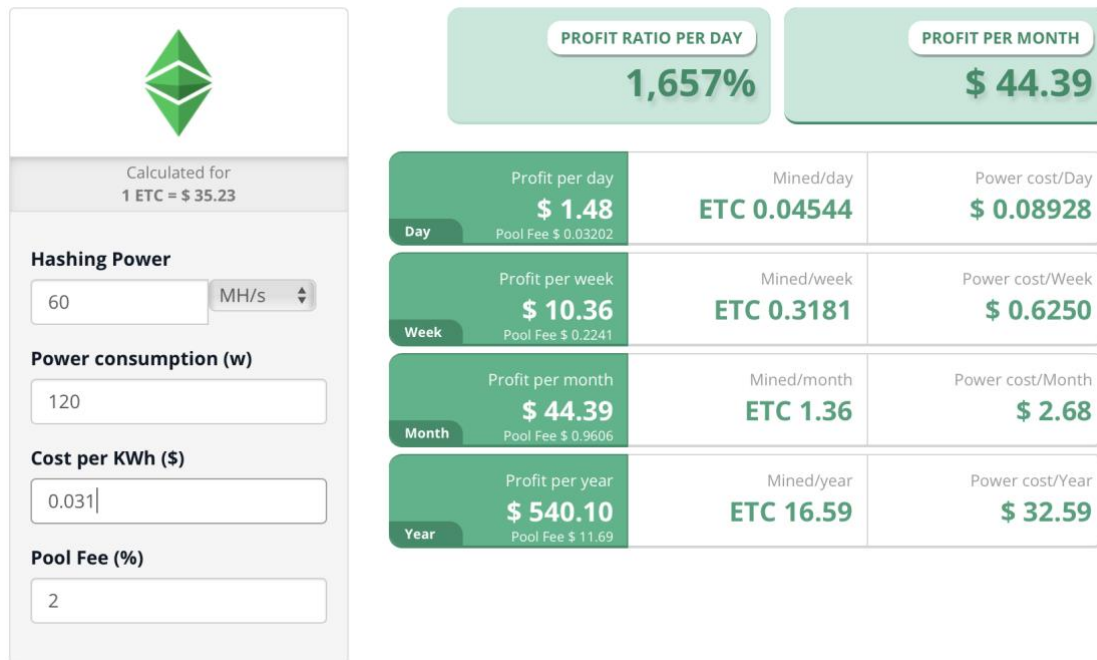


Figura 32. Rentabilidad del proceso de minado de Ethereum Classic empleando energías renovables.

En la Figura 32 se muestran los resultados obtenidos consecuencia del minado de Ethereum Classic empleando energías renovables, es decir, con su menor precio asociado. En esta ocasión el beneficio mensual obtenido consecuencia de este proceso es de 41 € mensuales en las condiciones especificadas para el resto de los casos.

Aunque en esta ocasión el beneficio obtenido resulta algo menor que el de Ethereum, sigue siendo una criptomoneda atractiva para minar teniendo en cuenta el equipo y las condiciones específicas seleccionadas.

3.3.4 Monero Empleando Energías Renovables

El caso de Monero resulta curioso teniendo en cuenta que su minado empleando energías renovables, con su menor precio asociado, resulta menos rentable que su minado teniendo en cuenta el precio de la electricidad proveniente de energías convencionales en su gran mayoría.

En la Figura 33 se muestra que la rentabilidad obtenida empleando energías renovables sería de 74.120 € mensuales frente a los 74.660 € mensuales que se obtenían teniendo en cuenta el precio de la electricidad en España actualmente.

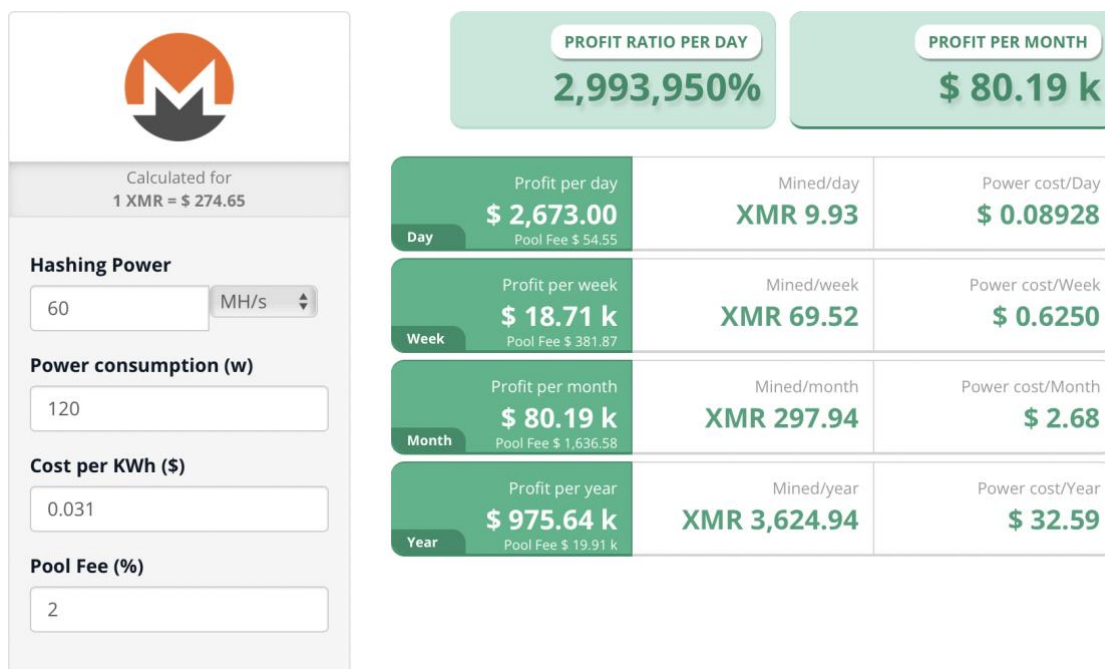


Figura 33. Rentabilidad del proceso de minado de Monero empleando energías renovables.

Aunque no resulta una diferencia demasiado significativa teniendo en cuenta los amplísimos márgenes de beneficio que se obtienen como consecuencia del minado de esta criptomoneda, si resulta un caso significativo de estudio que demuestra que el algoritmo de minado de cada criptomoneda es único.

En este caso, por ejemplo, Monero es una criptomoneda muy poco sensible al precio de la energía, siendo su algoritmo de minado más dependiente de otros factores. También se debe tener en cuenta, como se menciona en apartados anteriores, que las mayores recompensas por resolver la criptografía de las criptomonedas se encuentran establecidos entre ciertos rangos de valores, por encima o por debajo de los cuales resulta mucho menos rentable el proceso de minado llegando incluso en ocasiones a obtenerse pérdidas consecuencia del minado.

3.3.5 Litecoin Empleando Energías Renovables

Litecoin es la criptomoneda, dentro del grupo de seleccionadas para el estudio, que presenta una diferencia más significativa usando energía eléctrica proveniente de fuentes de generación tradicionales respecto a usar la proveniente de fuentes renovables.

En la Figura 34, se muestra como en esta ocasión empleando fuentes renovables se obtiene un ligero beneficio de 0,3 € mensuales, consecuencia del proceso de minado, en contraposición con las pérdidas de 5 € que se obtenían con el precio de la electricidad actual, manteniéndose igual el resto de las condiciones establecidas inicialmente. Por lo que en este caso, emplear energías renovables puede considerarse un factor clave diferencial para obtener beneficios en el minado de esta criptomoneda concreta.

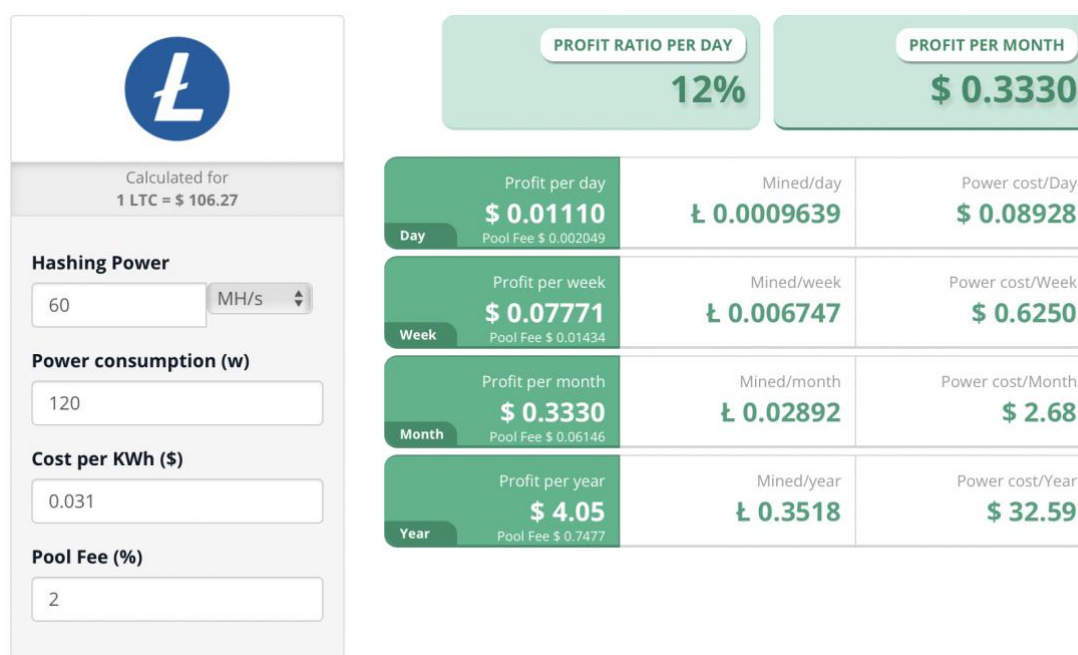


Figura 34. Rentabilidad del proceso de minado de Litecoin empleando energías renovables.

Aunque el beneficio mensual obtenido en las condiciones establecidas puede considerarse prácticamente despreciable, se debe tener en cuenta que este cálculo se realiza empleando únicamente una sola tarjeta gráfica. En caso de utilizar varias conectadas entre sí este beneficio obtenido sería exponencialmente mayor.

3.4 Análisis de los Resultados Obtenidos

Tras realizar los cálculos que se exponen en los apartados anteriores con las diferentes rentabilidades asociadas a los procesos de minado de las criptomonedas seleccionadas, tanto teniendo en cuenta el precio de la energía eléctrica proveniente de las fuentes de generación tradicionales como el proveniente de las energías renovables y su menor precio asociado, y estableciendo inicialmente unas condiciones predefinidas que se han mantenido a lo largo de todos los cálculos realizados.

En este apartado se va a realizar una comparación de todos los cálculos realizados y sus resultados obtenidos con el objetivo de poder realizar una comparación y análisis de los mismos para poder sacar las conclusiones asociadas al estudio realizado.

Para ello, en la Tabla 2 se expone una comparación de los resultados obtenidos consecuencia de los diferentes cálculos realizados que permiten obtener unas primeras conclusiones preliminares al análisis realizado.

Criptomoneda	Bitcoin	Ethereum	Ethereum Classic	Monero	Litecoin
Valor de Mercado	39.804,16 \$	2.959,34 \$	35,23 \$	274,65 \$	106,27 \$
Precio de la energía eléctrica en abril de 2022 (€/kWh)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Ratio de Beneficio diario en abril de 2022	-100%	147%	72%	301601%	-89%
Beneficio mensual en abril de 2022	-25 €	36,50 €	18 €	74.660 €	-21 €
Precio de la energía eléctrica en abril de 2021 (€/kWh)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Ratio de Beneficio diario 2021	-100%	597%	387%	850148%	-69%

Beneficio mensual 2021	-9 €	53 €	34 €	74.712 €	-5 €
Precio de la energía eléctrica proveniente de fuentes de generación renovables (€/kWh)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Ratio de Beneficio diario E. Renovable	-100% / 358% *	2371%	1657%	2993950%	12%
Beneficio mensual E. Renovable	-2,67 € / 9 € *	59 €	41 €	74.120 €	0,30 €
Balance final	No resulta rentable el minado de Bitcoin con el equipo y las condiciones seleccionadas	Sí resulta rentable el minado de Ethereum con el equipo y las condiciones seleccionadas.	Sí resulta rentable el minado de Ethereum Classic con el equipo y las condiciones seleccionadas.	Sí resulta rentable el minado de Monero con el equipo y las condiciones seleccionadas.	El minado de Litecoin NO resulta rentable utilizando energías convencionales, sin embargo, Sí resulta rentable empleando energías renovables

Tabla 2. Comparación cálculos realizados.

*Se refiere a los dos cálculos realizados para el caso concreto de la criptomoneda Bitcoin, con las velocidades de procesamiento de 60 MH/s y de 60 GH/s respectivamente.

En consecuencia a los resultados obtenidos, se pueden obtener unas primeras consideraciones sobre la rentabilidad asociada al minado de las diferentes criptodivisas objeto de estudio teniendo en cuenta las características del equipo escogido para el minado ya las condiciones preliminares establecidas para el mismo.

En primer lugar, se comenzará con el análisis de Bitcoin, se trata de la criptomoneda con mayor valor de mercado y volumen de usuarios. El gran auge de esta criptodivisa y la cantidad limitada ya establecida de unidades de la misma provoca que las recompensas por el minado de la misma sean cada vez más escasas, llegando incluso a desaparecer en el momento que se completen las unidades establecidas.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, actualmente resulta complicado obtener beneficio en el minado de Bitcoin a pequeña escala, con una sola tarjeta gráfica como ha sido el caso de estudio. Ni siquiera empleando electricidad proveniente de fuentes de generación de energía renovable, que tiene un menor coste asociado sería posible obtener beneficio del proceso sin aumentar considerablemente la velocidad de procesado.

Por lo tanto, en la actualidad solamente resulta rentable minar Bitcoin en grandes granjas de minería que disponen de grandes equipos con altísima capacidad de procesado, teniendo en cuenta también el elevado coste de adquisición de estos.

Para el caso de Ethereum, que es la segunda criptomoneda con mayor cuota de mercado y volumen de usuarios, el panorama es completamente distinto. Teniendo en cuenta el equipo y condiciones seleccionadas, el proceso de minería de esta criptodivisa resulta más que rentable obteniéndose beneficios.

Esta situación se da porque el equipo escogido resulta especialmente adecuado para resolver la criptografía asociada a Ethereum y obtener la recompensa por ello. Es por ello que el algoritmo de recompensa de Ethereum teniendo en cuenta las condiciones escogidas es mucho mayor, en comparación, que el de Bitcoin. Se puede preestablecer, por lo tanto, que con la tarjeta gráfica seleccionada y las condiciones presupuestas el minado de Ethereum resulta rentable económicamente.

Tras Ethereum se ha analizado el caso de su filial Ethereum Classic, en este caso también se ha comprobado que resulta rentable económicamente el proceso de minería de esta criptomoneda tanto teniendo en cuenta el precio de la energía eléctrica actual, proveniente de las fuentes de generación tradicionales, como para el caso de la energía proveniente de las fuentes de generación renovables, siendo lógicamente mayor el beneficio en el segundo caso por tratarse de un menor coste de la energía.

Al contar con un algoritmo de recompensa muy similar al de Ethereum, cabía esperar que también se obtuvieran beneficios consecuencia del minado de Ethereum Classic, siendo estos algo menores que los que se obtendrían en el caso de la entidad padre, en parte afectado porque Ethereum Classic tiene un menor valor de mercado por lo que su minado resulta menos atractivo en un principio.

En el caso de Monero, es la criptomoneda que con gran diferencia ofrece una mayor rentabilidad por el proceso de minado, obteniéndose unos beneficios de más de 74.000 € mensuales como recompensa por el mismo. Resulta curioso el caso de esta criptomoneda teniendo en cuenta que se obtiene un mayor beneficio con el precio de la energía eléctrica más alto de las tres situaciones de estudio. Esta situación se da porque el algoritmo de recompensa de Monero es menos sensible al coste de la energía eléctrica por lo que podría resultar una opción de minado interesante teniendo en cuenta el horizonte ambiguo que presentan los mercados eléctricos y donde se especula con mayores subidas del precio de la energía eléctrica a largo plazo.

Sin embargo, para el caso de Monero se debe tener en cuenta que esta criptomoneda es mucho menos estable que otras como Bitcoin o Ethereum, que tienen una mayor cuota de mercado, por lo que el valor podría bajar drásticamente en cualquier momento haciendo que estos beneficios abrumadores que se presentan desaparezcan. Se debe tener en cuenta, por lo tanto, que estos datos son recabados teniendo en cuenta el precio de los criptoactivos en abril de 2022, pudiendo variar drásticamente los resultados en otra fecha de consulta y con diferente valor de los activos.

Litecoin es la criptomoneda donde se aprecia una mayor diferencia económica en su proceso de minado entre el uso de energía eléctrica proveniente de fuentes de generación convencional y la proveniente de fuentes de generación renovables. Mientras en el primer caso se obtendrían pérdidas como consecuencia del proceso de minado, en el segundo se llegan a obtener ligeros beneficios. Todos estos cálculos teniendo en cuenta un solo equipo, cuanto mayor sea el número de equipos y tarjetas gráficas disponibles, mayores serán los beneficios.

Tras los cálculos realizados, se llega a la consideración de que el algoritmo de recompensa de Litecoin es especialmente sensible a los costes asociados a la energía eléctrica que consume el proceso de minado, por lo que cuanto más se ahorre en este aspecto, mayores serán los beneficios que se obtengan por el minado.

Esta criptomoneda es el ejemplo perfecto que muestra como el uso de las energías renovables pueden ayudar de manera muy significativa a lograr un proceso de minado más rentable económicamente además de ser mucho más limpio y respetuoso con el medio ambiente.

Capítulo 4. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Tras haber desarrollado el estudio de eficiencia energética en la minería de las criptomonedas, se plantean a continuación las conclusiones obtenidas en base a la información recabada y los resultados obtenidos de los cálculos que se han realizado a lo largo del trabajo.

Cabe destacar en primer lugar que tanto el blockchain como las criptomonedas traen con ellas un gran abanico de posibilidades a nivel de desarrollo tecnológico que pueden suponer grandes avances en la forma que se desarrollan las operaciones y transacciones económicas en la actualidad. Además, cuentan con la ventaja de contar con una criptografía asociada única lo que permite, respaldado por las diferentes cadenas de bloques descentralizadas, que las criptomonedas sean consideradas como un activo con carteras altamente seguras.

Sin embargo, esta seguridad e irrastreabilidad supone que también sean un activo muy atractivo para delincuentes lo cual supone un importante punto en contra de esta tecnología.

Otro de los desafíos a los que se enfrenta la minería de las criptomonedas actualmente, es el medioambiental. Hoy en día son consideradas como un activo altamente contaminante principalmente por la procedencia de la energía que consumen. Siendo China el principal país minero (sobre todo de Bitcoin), resulta complicado que a corto o medio plazo las criptomonedas puedan llegar a ser consideradas como activos sostenibles puesto que China tiene todavía su economía basada fuertemente en el carbón, si a esta situación se le suma la gran población y demanda energética de China, hace que se convierta en el país mas contaminante a nivel mundial, por lo que no resulta nada positivo que sea también el principal país minero.

Por otra parte, se deben considerar también las posibles ventajas a nivel socioeconómico que las criptomonedas pueden aportar a la sociedad, siendo las más destacable de ellas su fortaleza contra la inflación, que junto con el incremento de su valor progresivo han conseguido diferenciarse de manera positiva de las divisas tradicionales.

También se debe tener en cuenta que las criptomonedas pueden suponer un gran impulso hacia una economía global más igualitaria y equitativa. Dado que son muchos los países en vías de desarrollo que han apostado por este tipo de criptoactivos, de uso y valor a nivel global, frente a sus divisas locales convencionales que se encuentran altamente depreciadas frente a las divisas más potentes a nivel económico.

Una de las desventajas que presenta la minería de los criptoactivos, es su localización, resulta complicado encontrar lugares que cumplan las características necesarias para situar los rigs de minería y las tarjetas gráficas sin que estas se deterioren como consecuencia de su elevada temperatura de trabajo, a parte del elevado coste e inversión inicial requerida para la adquisición de los mismos.

Otra de las principales desventajas que presentan las criptomonedas como activos, es su alta volatilidad, es decir, sufren continuamente grandes subidas y bajadas de su valor que afecta negativa, o en ocasiones también positivamente, tanto a los poseedores de las mismas como a los mineros, dado que en función del valor de la criptodivisa puede resultar rentable el proceso de minado o no.

Este concepto es especialmente importante que se tenga en cuenta a lo largo de este trabajo dado que, los cálculos se han desarrollado teniendo en cuenta el valor de las criptodivisas en abril de 2022, por lo que en otro momento de consulta el valor de las criptomonedas ha podido cambiar y los resultados podrían verse alterados notablemente. Especialmente en aquellas criptomonedas que cuentan con una menor cuota de mercado, lo que les da aún más volatilidad si cabe, llegando a experimentar subidas y bajadas de valor frenéticas en cuestión de días.

En cuanto a los resultados obtenidos del cálculo de rentabilidad consecuencia del proceso de minado, se llega a la determinación de que actualmente no resulta rentable minar Bitcoin a pequeña escala. Solamente las grandes granjas con altas velocidades de procesado pueden obtener beneficios con esta criptomoneda que previsiblemente irá disminuyendo su recompensa por el minado progresivamente hasta que se llegué a la cantidad límite establecida de unidades de esta.

Por otra parte, tanto Ethereum como su filial Ethereum Classic resultan oportunidades de minado atractivas siempre cuando su valor se mantenga en unos rangos razonables. Para estas dos criptomonedas, el uso de energías renovables puede favorecer muy positivamente a eficientar y ahorrar costes en el proceso de minado, especialmente los derivados del coste de la electricidad, además de lograr que estos procesos de minería, tan altamente contaminantes sean más sostenibles y respetuosos para el medioambiente.

El caso de Monero resulta especialmente curioso en cuanto a su baja dependencia del coste de la energía para su algoritmo de recompensa por el minado. De hecho, en los diferentes casos de estudio planteados, en el que se obtiene un mayor beneficio por el minado es aquel en el que el coste de la energía eléctrica es mayor, por lo que las energías renovables no resultan especialmente atractivas en el caso de este criptoactivo a nivel económico. También se debe tener cuidado con este activo en el aspecto de que, al tener una menor cuota de mercado, cuenta con una muy elevada volatilidad, por lo que esos altos márgenes obtenidos en los cálculos podrían verse reducidos drásticamente con una bajada de valor de la criptomoneda.

Por último, el caso de Litecoin, tal vez la criptomoneda que cuenta con un algoritmo de recompensa de minado más sensible al coste de la energía de las que se han estudiado. Por ello, se ha podido observar como teniendo en cuenta el precio de la energía eléctrica proveniente de fuentes de generación convencionales se obtenían pérdidas por el proceso de minado, mientras que, empleando energías renovables con un menor coste del kWh asociado, se obtienen beneficios como resultado del minado. Esto hace que se trate de un criptoactivo que además de todos los beneficios ambientales asociados, económicamente resulte muy atractivo el uso de energías renovables para su minado.

Con toda esta información obtenida y teniendo en cuenta que el caso de estudio se ha centrado exclusivamente en el proceso de minado a pequeña escala sin tener en cuenta las grandes explotaciones o granjas de minado ni los costes asociados a la adquisición de los equipos. Se llega a la conclusión de que se trata de una tecnología que ofrece muchas posibilidades, y que, aunque aun se encuentre en fase de crecimiento y desarrollo puede suponer un gran impulso en muchos avances tecnológicos especialmente en el campo de las transacciones y operaciones económicas, aunque aún le queda un largo camino por recorrer para poder ser considerado un activo sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

Además, a lo largo de este trabajo se ha demostrado que el uso de energías renovables, además de ayudar al proceso de minado a ser mas limpio y menos perjudicial para el medio ambiente, también puede suponer un gran impulso a nivel económico de ahorro en los costes asociados a la energía eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

Asia Times. (2020). *Asia Times*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://asiatimes.com/2020/05/irans-biggest-bitcoin-miner-gets-green-light/>

Banco Santander. (Noviembre de 2021). *Banco Santander*. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.santander.com/es/stories/guia-para-saber-que-son-las-criptomonedas>

Banco Santander. (Noviembre de 2021). *Banco Santander*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.santander.com/es/stories/guia-para-saber-que-son-las-criptomonedas>

ciberseguridad.com. (s.f.). *ciberseguridad.com*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://ciberseguridad.com/amenazas/cryptohacking/>

Coinbase. (s.f.). *Coinbase*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.coinbase.com/es-LA/learn/crypto-basics/what-is-inflation>

Computer Hoy. (s.f.). *Computer Hoy*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://computerhoy.com/noticias/tecnologia/consecuencias-indirectas-provocan-criptomonedas-medioambiente-993455>

CryptoCompare. (s.f.). *CryptoCompare*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.cryptocompare.com/mining/calculator/btc?HashingPower=6000&HashingUnit=TH%2Fs&PowerConsumption=300&CostPerkWh=&MiningPoolFee=1>

Delta Miners. (s.f.). *Delta Miners*. Recuperado el Abril de 2022, de https://deltaminers.com/product/nvidia-geforce-rtx-3060-ti/?utm_source=googleshopping&utm_medium=shp&utm_network=u&utm_mobile=0&utm_creative=585297384644&utm_position=&utm_random=873352135544213709&gclid=CjwKCAjwx46TBhBhEiwArA_DjN4s10kbY9AESbIwUE8mIOsYERu

- El economista. (Noviembre de 2021). *El economista*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.economista.es/mercados-cotizaciones/noticias/11476083/11/21/Los-dos-graficos-que-quieren-zanjar-el-debate-de-si-el-bitcoin-sirve-de-refugio-contr-la-inflacion-.html>
- freepik. (s.f.). *freepik*. Recuperado el Marzo de 2022, de https://www.freepik.es/vector-premium/problema-sostenibilidad-criptomonedas-bitcoin-consumo-energia-mineria-criptomonedas-no-concepto-amigable-medio-ambiente-big-bitcoin-enchufe-electrico-que-succiona-energia-planeta-tierra_16243275.htm
- Funcas. (Septiembre de 2021). *Funcas*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.funcas.es/odf/las-monedas-digitales-en-las-economias-emergentes/>
- Futuro a fondo. (Julio de 2021). *Futuro a fondo*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.futuroafondo.com/es/noticia/impacto-de-criptomonedas-en-esg-podran-llegar-ser-una-inversion-sostenible>
- García, A. (Julio de 2021). *Linkedin*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://es.linkedin.com/pulse/las-criptomonedas-y-la-ciberseguridad-alejandra-garcia>
- Gobierno de España. (s.f.). *Boletín Oficial del Estado*. Recuperado el Marzo de 2022, de https://www.boe.es/buscar/legislacion.php?campo%5B0%5D=ID_SRC&dato%5B0%5D=&operador%5B0%5D=and&campo%5B1%5D=NOVIGENTE&operador%5B1%5D=and&campo%5B3%5D=CONSO&operador%5B3%5D=and&campo%5B2%5D=&dato%5B2%5D=energetico&checkbox_solo_tit=S&operador%5B2%5D=and&p
- Huete, J. (Agosto de 2021). *Innovaspain*. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.innovaspain.com/hub-blockchain-austriaco-en-remoto-espana/>
- Iberdrola. (s.f.). *Iberdrola*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.iberdrola.com/compromiso-social/criterios-esg>
- IBM. (s.f.). *IBM*. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.ibm.com/es-es/topics/what-is-blockchain>

IBM. (s.f.). *IBM*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.ibm.com/es-es/topics/what-is-blockchain>

IDAE. (s.f.). *Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables>

Iron hack. (s.f.). *Iron hack*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.ironhack.com/es/madrid/que-es-una-criptomoneda-y-como-afecta-a-la-ciberseguridad>

Ministerio para la Transición energética y el Reto Demográfico. (s.f.). *Ministerio para la Transición Energética y el Reto Demográfico*. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/objetivos.aspx>

Moeller, M. (Septiembre de 2021). *be in crypto*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://es.beincrypto.com/aprende/construir-rig-mineria-ethereum-eth/>

Puig, A. (Diciembre de 2021). *Cronuts digital*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://cronuts.digital/es/como-minar-criptomonedas/>

Quirós, F. (Julio de 2021). *Cointelegraph*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://es.cointelegraph.com/news/a-cybersecurity-program-linked-to-blockchain-and-cryptocurrencies-was-delivered-from-a-police-academy-in-spain>

Red eléctrica española. (s.f.). *red eléctrica española*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.ree.es/es/datos/aldia>

Red Eléctrica Española. (s.f.). *Red Eléctrica Española*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.ree.es/es/datos/aldia>

Red Eléctrica Española. (s.f.). *ree*. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.ree.es/es/datos/demanda/evolucion>

Red Eléctrica Española. (s.f.). *ree*. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.ree.es/es/datos/generacion/evolucion-renovable-no-renovablec>

Red Eléctrica Española. (s.f.). *ree*. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-generacion>

- Repsol. (s.f.). *Repsol*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/cambio-climatico/eficiencia-energetica/que-es-la-eficiencia-energetica/index.cshtml>
- S., J. (Septiembre de 2021). *economia3*. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://economia3.com/que-es-mineria-criptomonedas-y-que-usos-tiene/>
- selectra. (s.f.). *Tarifaluzhora by selectra*. Recuperado el abril de 2022, de <https://tarifaluzhora.es/?tarifa=pcb&fecha=06%2F06%2F2021>
- Simms, D. (Febrero de 2022). *Daily Infographic*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://dailyinfographic.com/how-much-electricity-does-bitcoin-mining-use>
- Smart Energy International. (Mayo de 2021). *Smart Energy International*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.smart-energy.com/renewable-energy/cryptocurrency-mining-and-renewable-energy-friend-or-foe/>
- Solé, R. (Agosto de 2021). *Profesional review*. Recuperado el Marzo de 2022, de <https://www.profesionalreview.com/2021/08/08/que-es-rig-mineria/>
- The syberian times reporter. (Febrero de 2018). *The syberian times*. Recuperado el Abril de 2022, de https://siberiantimes.com/other/others/news/cryptocurrency-goes-up-in-smoke-fire-caused-by-bitcoin-mining/?comm_order=best
- Unión Europea. (s.f.). *Eur - Lex*. Recuperado el Marzo de 2022, de https://eur-lex.europa.eu/search.html?SUBDOM_INIT=ALL_ALL&DB_TYPE_OF_ACT=regulation%2Cdirective%2Cdecision%2CcourtCase&DTS_SUBDOM=ALL_ALL&textScope0=ti-te&typeOfActStatus=REGULATION%2CDIRECTIVE%2CDECISION%2CEU_COURT_CASE&DTS_DOM=ALL&lang=es&type=advanced&
- Villullas, C. (Agosto de 2021). *Bit2me*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://news.bit2me.com/criptomonedas-fuerza-impulsora-economias-emergentes-en-el-mundo>