

Ingeniería Informática
2021-2022

Trabajo Fin de Grado

Estudio del Gasto Eléctrico de la Red de Dogecoin

Mónica Ocaña Bastante

Tutor

Marcelo Gabriel Bagnulo Braun

Campus de Leganés, 12/07/2022



[Incluir en el caso del interés de su publicación en el archivo abierto]

Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**

RESUMEN

Las criptomonedas son un tema importante, debido a la gran electricidad que se ha demostrado que gastan muchas de ellas. En este trabajo se quería fijar la vista en Dogecoin, teniendo tres objetivos respecto a esta criptomoneda meme. Ver el coste eléctrico que genera un único minero dependiendo de los aparatos que usa, el coste global de la red y si gasta tanto como un país y finalmente, si es rentable económicamente minar en España.

Para el primer objetivo se instaló software de minado y se compró un aparato para medir potencia, minando en diferentes ordenadores para tener un coste. Además de esto, se usó información de los ASIC más usados para calcular su gasto a nivel individual y de granjas de minado.

Para el segundo objetivo se calculó primero el coste de un pool para hallar métodos de medir el gasto de redes, obteniendo cuatro fórmulas que dependían del gasto de ASIC y del pool calculado, faltando solo el hashrate de la propia moneda. Por ello se creó un programa que calculaba el hashrate de la moneda y a partir de él, el gasto eléctrico.

Para el último objetivo se usó los dos datos anteriores para saber cuánta electricidad que gasta un minero y el dinero ganado en un pool. Usando el precio de electricidad en España, se vio si se ganaba suficientes DOGEs al minar como para cubrir el gasto eléctrico.

Así, se obtuvo que, si se mina con ordenador, no se gasta más que una persona al mes, pero con un ASIC gasta mucho más que una persona, y con granjas de minado se puede gastar entre varios ciudadanos y un municipio de Madrid entero. Respecto al gasto de la red, se vio que gastaba tanto como países pequeños como Estonia, teniendo un gasto muy grande debido a que usa como método de verificación la prueba de trabajo y por ello, da la oportunidad de las granjas de minado. Finalmente, se vio que no es rentable minar en solitario en España, debido al alto precio de la electricidad respecto al precio de Dogecoin, siendo más del doble. Pero, si es rentable si se hace en un pool grande o que logre minar todos los días. Concretamente Unmineable, que es el pool con el que se han hecho los cálculos, pero se vio que podía ser posible hacerlo también con F2Pool.

Por todo ello, la conclusión de este trabajo es que Dogecoin es una red que gasta mucha electricidad, demasiada. Por ello, es un problema ecológico y debería cambiar su método de verificación para reducir así su gasto eléctrico.

Palabras claves: Dogecoin, criptomoneda, electricidad, Bitcoin, Litecoin, blockchain

DEDICATORIA

Deseo expresar mi agradecimiento a todos los que me han acompañado y ayudado durante la elaboración de este trabajo, particularmente a mis padres Agustín y María Jesús, sin cuyo apoyo no habría sido posible, y a los que dedico esta obra. Mi agradecimiento asimismo a mis compañeros de carrera que me han animado y aconsejado a lo largo de todo el camino. Finalmente, a mi tutor por toda su ayuda y consejos dados.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	III
DEDICATORIA	V
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Motivación del trabajo	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Marco regulador.....	1
1.4 Hipótesis.....	2
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN	3
2.1 Planteamiento del problema	3
2.2. Marco actual	4
2.3 Diseño de soluciones.....	4
3. MÉTODOS.....	7
3.1 Cálculo del gasto de un minero	7
3.1.1 Ordenadores	7
3.1.2 ASIC	8
3.1.3 Electrodomésticos y ciudadano español promedio	9
3.1.4 Energía gastada en el tiempo.....	10
3.1.4.1 Cálculo gasto ordenadores.....	10
3.1.4.2 Cálculo gasto ASIC	12
3.2 Cálculo del gasto de la red	12
3.2.1 Investigación de pools.....	13
3.2.1.1 Unmineable	13
3.2.1.2 F2Pool.....	14
3.2.1.3 Aikapool.....	15
3.2.2 Cálculo del gasto energético de un pool.....	16
3.2.3 Escalado a toda la red	17
3.2.3.1 Métodos de cálculo de tasa de minado	18
3.2.3.1.1 A partir de Aikapool	18
3.2.3.2 Gasto a partir de tasa de minado.....	22
3.2.4 Comparación del gasto.....	28
3.3 Rentabilidad de minar en España.....	30
3.3.1 Gasto eléctrico aparatos de minado	31
3.3.2 Minado en solitario	32

3.3.3 Minado en un pool	33
4. LÍMITES DEL MÉTODO	34
4.1 Gastos de un minero individual	34
4.2 Gastos de la red completa.....	34
4.2.1 Cálculos con Aikapool.....	34
4.2.2 Cálculo de la red completa	35
4.3 Rentabilidad del minado en España	35
4.3.1 Minado en solitario	36
4.3.2 Minado en un pool	36
5. RESULTADOS	37
5.1 Gastos de un minero individual	37
5.1.1 Gasto de ordenadores.....	37
5.1.1.2 Comparación con otras aplicaciones.....	40
5.1.1.3 Comparación con ciudadano español	42
5.1.2 Gasto de ASICs.....	44
5.1.2.1 Gasto de un solo ASIC	44
5.1.2.2 Gasto de las granjas de minado	49
5.2 Gasto de la red completa	54
5.2.1 Gasto de Aikapool	54
5.2.2 Gasto de Dogecoin	56
5.2.2.1 Gasto instantáneo	57
5.2.2.2 Gasto al año.....	58
5.2.3 Comparación con países.....	59
5.2.4 Proporciones de minado de bloques	61
5.3 Coste del minado en España	65
5.3.1 Coste aparatos minado	66
5.3.2 Coste del minado en solitario.....	67
5.3.3 Coste del minado en un pool	71
6. PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTO	73
6.1 Planificación	73
6.2 Presupuesto	74
7. IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO.....	75
7.1 Entorno socioeconómico.....	75
7.2 Impacto medioambiental	75

8. CONCLUSIONES	77
8.1 Objetivos cumplidos.....	77
8.1.1 Coste de minería individual.....	77
8.1.1.1 Ordenadores	77
8.1.1.2 ASIC	78
8.1.1.3 Granjas de minado	78
8.1.2 Consumo eléctrico de la red.....	78
8.1.3 Rentabilidad del minado en España.....	79
8.1.3.1 Rentabilidad del minado en solitario	79
8.1.3.2 Rentabilidad del minado en un pool.....	81
8.2 Líneas futuras de trabajo.....	81
BIBLIOGRAFÍA.....	82
ANEXOS	87
ANEXO A. SUMMARY	87
ANEXO B. VOCABULARIO	97
ANEXO B. CÓDIGO	98
B. 1 ExtraerMineros.....	98
B. 2 Implementación del algoritmo Quickshort	102
B. 3 Proporciones	104
B. 4 Calcular Gasto	105
ANEXO C. DATOS ELÉCTRICOS.....	114

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3.1 Diagrama de F2Pool	14
Ilustración 3.2 Diagrama de flujo de extraerMinero.....	20
Ilustración 3.3 Diagrama de Flujo de la primera versión de CalcularGasto	25
Ilustración 3.4 Diagrama de Flujo de segunda versión de CalcularGasto	28
Ilustración 3.5 Diagrama de flujo del método compararGasto.....	29
Ilustración 5.1 Comparación de gasto eléctrico de los diferentes aparatos.....	38
Ilustración 5.2 Consumo comparado de electrodomésticos y minado.....	38
Ilustración 5.3 Gasto de un minero dependiendo de las horas que mine en un día con ordenadores	39
Ilustración 5.4 Gasto anual de un minero individual usando ordenadores dependiendo de las horas de minado diarias	40
Ilustración 5.5 Comparación de gasto eléctrico en un portátil con distintas tareas	41
Ilustración 5.6 Comparación de gasto eléctrico en un ordenador de sobremesa con distintas tareas.....	41
Ilustración 5.7 Comparación de gasto eléctrico en un ordenador gaming con distintas tareas.	42
Ilustración 5.8 Gasto mensual de un minero comparado con mi gasto en febrero de 2022	43
Ilustración 5.9 Proporción del gasto de un minero al mes respecto a mi gasto en febrero de 2022	43
Ilustración 5.10 Gasto mensual de un minero comparado con un español promedio.....	44
Ilustración 5.11 Proporción del gasto de un minero al mes respecto de un ciudadano español promedio.....	44
Ilustración 5.12 Gasto por hora de cada ASIC usado	45
Ilustración 5.13 Gasto de un ASIC minando 24 horas seguidas	46
Ilustración 5.14 Gasto mensual de un ASIC minando 24 horas seguidas durante 32 días	47
Ilustración 5.15 Proporción del gasto mensual respecto a un ciudadano español promedio....	48
Ilustración 5.16 Gasto anual de cada ASIC minando 24 horas todos los días.....	49
Ilustración 5.17 Gasto diario medio de las granjas de minado	50
Ilustración 5.18 Gasto mensual de las granjas de minado medias	52
Ilustración 5.19 Gasto proporcional a un ciudadano español de las granjas de minado en un mes	52
Ilustración 5.20 Gasto anual medio de las granjas de minado, en mWh/año	53
Ilustración 5.21 Evolución de la tasa de Aikapool durante un día	55
Ilustración 5.22 Tasa de Dogecoin a lo largo del tiempo, en Ths/s.....	57
Ilustración 5.23 Evolución en el tiempo del gasto de Dogecoin	57

Ilustración 5.24 Cuatro gastos estimados de Dogecoin desplegados	58
Ilustración 5.25 Gasto anual de Dogecoin estimado por 4 métodos	58
Ilustración 5.26 Gasto anual de Dogecoin desglosado en series	59
Ilustración 5.27 Comparación de gasto de países y Dogecoin	60
Ilustración 5.28 Comparación a lo largo del tiempo del gasto de Dogecoin con países.....	61
Ilustración 5.29 Porcentaje de bloques extraídos de F2Pool en diferentes periodos de tiempo	62
Ilustración 5.30 Porcentaje de minado de cada minero de Dogecoin	63
Ilustración 5.31 Porcentaje de minado de cada minero los últimos 30 días	63
Ilustración 5.30 Porcentaje de minado de cada minero los últimos 7 días	64
Ilustración 5.31 Porcentaje de minado de cada minero las últimas 24 horas	65
Ilustración 5.32 Comparación precio electricidad y precio Dogecoin.....	66
Ilustración 5.33 Coste de ASIC al mes respecto al gasto de un ciudadano español	68
Ilustración 5.34 Proporción del coste de ASIC al mes respecto al gasto de un ciudadano español	68
Ilustración 5.35 Coste anual de minar 24 horas con cada ASIC	69
Ilustración 5.36 € generados y gastados en 24 horas de minado según el porcentaje de tasa..	70
Ilustración 5.37 € generados y gastados en 8 horas de minado según el porcentaje de tasa....	70
Ilustración 5.38 € generados y gastados en 1 hora de minado según el porcentaje de tasa	71
Ilustración 5.39 Ganancias y pérdidas minando en Unmineable con cada ASIC	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Plantilla de tabla usada para cálculos de electricidad con ordenadores	11
Tabla 3.2 ASIC mostrados por F2Pool para minar Litecoin y Dogecoin	15
Tabla 3.3 Ejemplo de salida del programa CalcularGasto	30
Tabla 3.4 Plantilla de tabla usada para el cálculo de rentabilidad en solitario	32
Tabla 5.1 Gasto eléctrico de ordenadores minando y sin minar	37
Tabla 5.2 Datos de gasto diario de minado usando ordenadores y dependiendo de las horas de minado	39
Tabla 5.3 Gasto anual de un minero usando ordenadores por horas de minado diarias.....	40
Tabla 5.4 Gasto al mes de un minero usando ordenadores y según las horas de minado diarias	42
Tabla 5.5 ASICs usados en el proyecto y sus estadísticas	45
Tabla 5.6 Gasto al día de un ASIC en kWh minando 24 horas seguidas	46
Tabla 5.7 Gasto de un ASIC al mes minando 24 horas seguidas, comparado con español promedio	47
Tabla 5.8 Gasto anual de cada ASIC	48
Tabla 5.9 Gasto diario de granjas de minado Tabla 1	49
Tabla 5.10 Gasto diario de granjas de minado Tabla 2	50
Tabla 5.11 Gasto mensual de granjas de minado Tabla 1.....	51
Tabla 5.12 Gasto mensual de granjas de minado Tabla 2.....	52
Tabla 5.13 Gasto anual de granjas de minado Tabla 1	53
Tabla 5.14 Gasto anual de granjas de minado Tabla 2	53
Tabla 5.15 Datos de Aikapool tomados cada 30 minutos durante 1 día	55
Tabla 5.16 Datos estadísticos de Aikapool. Media, máximo y mínimo.....	55
Tabla 5.17 Datos mineros visibles de Aikapool.....	56
Tabla 5.18 Mineros que han minado los bloques de Dogecoin los últimos 70 días	63
Tabla 5.19 Datos de mineros de los últimos 30 días.....	63
Tabla 5.20 Datos de minado de cada minero los últimos 7 días.....	64
Tabla 5.21 Datos de minado de cada minero las últimas 24 horas	65
Tabla 5.22 Precios de electricidad de diferentes compañías y tarifas	65
Tabla 5.23 Coste por hora de ordenadores	66
Tabla 5.24 Coste del uso de ASIC minando 24 horas diarias	67
Tabla 5.25 Posibles ganancias y pérdidas minando 24 horas seguidas	69
Tabla 5.26 Posibles ganancias y pérdidas minando 8 horas seguidas	70

Tabla 5.27 Posibles ganancias y pérdidas minando 1 hora seguida	71
Tabla 5.28 Dinero generado con Dogecoin minando en Unmineable	72
Tabla 6.1 Equipo usado en el proyecto	74
Tabla 8.1 Países con precio de electricidad menor que Dogecoin en el momento del estudio .	80
Tabla D.1 Datos eléctricos usados en el estudio.....	115
Tabla D.2 Precios de electricidad en países, lista completa.....	116

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Coste mensual.....	11
Ecuación 2 Proporción entre gasto propio y ciudadano	11
Ecuación 3 Coste anual de un aparato o varios de minado	11
Ecuación 4 Gasto eléctrico a partir de ASIC grandes	17
Ecuación 5 Gasto eléctrico a partir de ASIC pequeños	17
Ecuación 6 Gasto eléctrico a partir de Aikapool	18
Ecuación 7 Porcentaje de bloques minados por un usuario o grupo	22
Ecuación 8 Tasa de hashrate de red de criptomonedas usan PoW y SHA-256 [64]	23
Ecuación 9 Tasa de Hashrate adaptada a parámetros de Dogecoin.....	23
Ecuación 10 Cálculo del coste eléctrico de un aparato.....	31
Ecuación 11 DOGEs generados en un número de horas.....	32
Ecuación 12 DOGEs ganados en Unmineable en un número de horas.....	33

Lista de abreviaturas

A continuación, se muestran las abreviaturas usadas durante el proyecto.

Acrónimo o abreviatura	Significado
ASIC	Application Specific Integrated Circuit
CPU	Central Processing Unit
GPU	Graphical Processing Unit
NFT	Non-Fungible Token
OG	Ordenador Gaming
PoB	Proof of Burn/Prueba de Quemado
PoI	Proof of Importance/Prueba de Importancia
PoS	Proof of Stack/Prueba de Almacenamiento
PoW	Proof of Work/Prueba de Trabajo
TG	Torre Gaming/Gamer. Referido al ordenador gaming del estudio.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación del trabajo

Actualmente las criptomonedas y los NFTs son parte de la actualidad financiera y económica, además de en los medios. Son usadas para intercambios y compra-venta, habiendo entre ellas una que nació a raíz de una crítica de sus creadores a lo en serio que se estaba tomando el mundo las criptomonedas, Dogecoin. Esta moneda nació como un meme y crítica a las criptomonedas, habiendo sido usada al principio para pagar ayudas benéficas como pozos[1] o ayudar a un equipo jamaicano a ir a las olimpiadas[2]. Desde entonces, ha cambiado mucho el cómo se ve y para qué se usa y compra, pero todavía sigue usando la Prueba de Trabajo, la cual gasta mucha electricidad. La cuestión, es cuánta. Siendo una moneda que empezó cómo crítica a otras, se quiere ver si actualmente es un problema medioambiental y energético. Y para ello, hace falta saber cuánta electricidad gasta.

Esta preocupación por la electricidad consumida es debida a que en estos momentos estamos en una situación energética y medioambiental delicada, teniendo que hacer cambios para impedir que el cambio climático vaya a más y la catástrofe ecológica sea irremediable. Esto implica cambios en nuestra forma de consumir y de cómo hacemos las cosas. Dogecoin es una red extensa llena de usuarios que puede que no sepan que lo que hacen, tiene consecuencias más allá de las económicas. Por ello se quiere ver cuan grande es el daño energético y ambiental que pueden estar haciendo con su gasto energético y así poder mostrar si es o no necesario una nueva manera de verificar las transacciones. Una que, aunque sea comunitaria; no sea por Prueba de Trabajo y su gran uso de cómputo y cálculos.

1.2 Objetivos

En este trabajo se tienen tres objetivos claros.

El primero, ver el coste eléctrico de minería a nivel individual. Es decir, cuanta electricidad gasta un solo minero dependiendo del aparato que esté usando. Con esto se quiere ver a nivel individual cómo de costoso es para una persona la minería.

En segundo lugar, se quiere ver el consumo eléctrico aproximado de toda la red de Dogecoin, queriendo con ello ver en torno a que países se iguala su consumo. Esto se quiere hacer para ver cómo de contaminante es esta red a nivel mundial y si supone un problema ecológico y energético.

Por último, se quiere ver si es rentable minar en España. Teniendo la tasa de minado de Dogecoin y los costes individuales de minería, se quiere ver si sale rentable en España a nivel monetario minar Dogecoin. Es decir, si las ganancias obtenidas de la minería superan a los gastos en electricidad de un mes.

Con estos tres objetivos se quiere tener un panorama general de la situación eléctrica de Dogecoin y sus repercusiones tanto individuales para mineros como a nivel global.

1.3 Marco regulador

En este trabajo se ha usado el lenguaje de programación Ruby[3]. Este es un lenguaje de código abierto que cualquiera puede utilizar y del cual no hace falta dar crédito en el código.

Para los diversos códigos realizados, se ha usado también la API de Dogechain[4]. Con estos métodos se puede tener acceso a los diversos datos de la blockchain de Dogecoin y son todos públicos para uso de programadores. Estos métodos son urls a las que se puede pedir que devuelvan datos, devolviéndolos en diferentes formatos. En este trabajo se han usado los métodos del apartado de JSON, que eran los que daban los datos necesarios para este proyecto.

Se debe aclarar que el proyecto no se ve afectado por las leyes de privacidad, ya que todos los datos de la blockchain son públicos, pudiendo cualquiera observarlos y tenerlos. Todos los nombres de usuario se han mantenido cifrados por el hash de Dogecoin para mantener su privacidad, al igual que todos los nombres de usuarios de los dos pools cuyas estadísticas se usaron. Estas mismas estadísticas son totalmente públicas y están en sus respectivas páginas web, siendo datos públicos.

El trabajo tampoco se ha visto afectado por leyes financieras, debido a que mientras los Dogecoin ganados no se transformen a euros u a otras monedas, Hacienda no los detecta como ingresos ganados a ser declarados o como pérdidas[5]. Se debe decir que la regulación económica de las criptomonedas en España es poco clara y no está del todo regulada, pero mientras no se conviertan a euros o pasen a otras criptomonedas, es como si no existieran económicamente para Hacienda. Por ello y debido a que se han mantenido en el wallet sin conversión, no ha habido problemas legales ni ha sido necesario añadirlos a la declaración de la renta.

Se debe declarar que todos los datos de países usados son de fuentes públicas dispuestas para poder hacer cálculos estadísticos libremente.

Finalmente, todos los trabajos aquí citados son de sus respectivos autores y todo lo que se ha tomado de ellos ha sido debidamente referenciado para respetar su propiedad intelectual y su trabajo.

1.4 Hipótesis

Con este trabajo se quiere comprobar si Dogecoin gasta tanto o más que un país pequeño y, por tanto, es parte del problema de la crisis energética y del problema medioambiental al usar la prueba de trabajo como medio de verificación de transacciones en lugar de un método que gaste menos electricidad. Se ha elegido este criterio ya que al ser una moneda pequeña se quiere ver si es equivalente a países también gasta como uno pequeño.

También se comprobará si un minero supera el gasto eléctrico de un ciudadano español promedio. Para complementar esta hipótesis se comprobará la tesis de que Dogecoin no es viable de minar en España debido a su alto coste energético y bajo precio, viendo así si minar Dogecoin es malo a nivel personal económica y energéticamente. Se ha elegido un ciudadano español promedio ya que se va a ver si es viable minar en España, que es el país donde se realiza el estudio, usando por tanto también los precios eléctricos de este país para ver el coste generado.

En este trabajo se podrán a prueba estas hipótesis, viendo si son o no refutadas con los datos obtenidos y los cálculos realizados. Esto se verá en el Capítulo de Conclusiones, donde se repasará la refutación o no de las hipótesis.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1 Planteamiento del problema

Actualmente existen más de 300 criptomonedas, todas ellas más o menos distintas. Muchas de ellas nacieron a partir de una bifurcación de Bitcoin, Ethereum u otra de las primeras en salir. Esto ha saturado internet con criptodivisas, habiendo varias que solo tardan unos días en desaparecer y valiendo más de cuatrocientas menos de 0,1\$[6].

Entre estas monedas que no llegan a valer 1\$, está Dogecoin. Esta moneda nació a partir de Litecoin, que a su vez nació a partir de Bitcoin. Es una de las altcoins más famosas debido a que su símbolo es un Doge, un shiba inu participe de decenas de memes en internet, siendo por ello considerado también una moneda meme.

El problema de esta moneda y de las que salieron a partir de bifurcaciones de Bitcoin, es su método de confirmación de transacciones. El PoW. Este se ha dicho ya que es una prueba energéticamente muy costosa en varias ocasiones, como en el Artículo de El País “El Coste Oculto de las Criptomonedas”[7], entre otros que mencionaremos en el siguiente epígrafe.

A estas criptomonedas se suman los NFTs, que también funcionan con blockchains y muchos con este sistema de PoW, ligados a otros debates sobre el arte y la propiedad, aunque esto no está relacionado con las criptomonedas por lo que no se van a abordar en este trabajo.

Las criptomonedas al igual que los NFTs, son muy populares. Tanto por los que creen que podrían ser una alternativa al dinero convencional[8], como aquellos que lo ven como una oportunidad económica. En este apartado podemos ver miles de creadores de contenido en internet diciendo cómo ganar dinero con criptomonedas, cómo son el futuro y cómo hacerlo tu forma de ganar dinero[9].

También está el lado negativo, pues al igual que muchos hablan de cómo puedes hacer de este tu medio de vida, en cuanto uno se pone a buscar siempre hay dos tipos de contenido. El positivo que lo pone como lo mejor que existe, y el negativo que no para de decir que tengas cuidado y que los mercados van, vienen, que está cayendo[10] ...

Y entre estos dos grupos enfrentados, está el debate del gasto eléctrico. La gente que ve que las criptomonedas son horriblemente contaminantes y los que dicen que puede que lo sean, pero que gasta tanto como el sistema FIAT tradicional, y que por tanto si se cambiase, el gasto sería equivalente, habiendo otros que tan solo afirman que los aviones u otros sectores contaminan lo mismo o más. Otros por su lado prefieren señalar los múltiples usos de la blockchain y los usos alternativos que podría tener. En este lado también está El País con un reportaje sobre usos alternativos[11] y la iniciativa B3i[12], que es un estudio entre numerosas empresas para encontrar usos para la blockchain en el sector asegurador, participando compañías como Aegon y Allianz.

En el grupo de los que tratan de advertir sobre su enorme gasto energético están numerosos periódicos y medios de comunicación con muchos reportajes. Entre ellos, está un reportaje de El País sobre las granjas de minado en Islandia y como gastan más que familias enteras[13].

2.2. Marco actual

Entre la gente, ya hay personas que han realizado estudios en esta cuestión. Más allá de las opiniones y debates en internet, numerosos estudios se han realizado sobre diversas criptomonedas para ver su coste eléctrico.

El más famoso de ellos es el estudio de la Universidad de Cambridge, “Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index”[14]; donde vieron que gastaba más que Polonia o Malasia. De todos los estudios realizados sobre Bitcoin, es el más respetado y tenido en cuenta, al lograr ser de los más exactos.

Otro importante estudio fue el que hizo Solana sobre su propia red y otras criptomonedas[15], todo ello para mostrar cómo su moneda era energéticamente mucho más eficiente y ecológica. Otros estudios no universitarios hablan desde el punto de vista de ser económicamente rentables, dejando sugerencias de que seas sostenible y trates de usar energías renovables[16].

Volviendo a los trabajos formales, hay estudios sobre el gasto general de las criptomonedas, no solo de una concreta. Este es el caso de “Quantification of energy and carbon costs for mining cryptocurrencies” de Max J. Krause* y Thabet Tolaymat [17], que estudia la huella de carbono dejada por las criptomonedas, obteniendo que en 2018 Bitcoin había gastado tanto como Dinamarca.

Al ser Bitcoin la primera criptomoneda y la diseñadora de la Prueba de Trabajo que ha heredado Dogecoin, es la que más estudios se ha llevado respecto a su gasto energético, sumándose bancos a ver el coste. Este fue el caso del estudio realizado por Teunis Brosens para ING[18], donde estimó que una transacción de bitcoin valía 200kWh. Este estudio fue realizado en 2017, habiendo subido desde entonces este coste energético debido a la gran cantidad de mineros que se han sumado y las mejoras tecnológicas.

2.3 Diseño de soluciones

Debido a la gran crítica a la electricidad gastada, varias monedas que estaban con PoW como modelo de verificación de transacciones comenzaron a buscar alternativas. Este es por ejemplo el caso de Ethereum, que presentó su modelo de verificación llamado Ethereum 2.0[19]. Lo que hace este modelo es pasar de PoW a PoS, que traducido sería Prueba de Participación. Según sus cálculos, hará que Ethereum gaste un 99,95% menos[20]. Lo cual es una gran mejora.

Aunque Ethereum no es la única que usa este sistema. Otra moneda que usa el PoS es Cardano, y también Solana, que además lo combina con PoH, que traducido sería Prueba de Historial. Esto es lo que hace que Solana gaste tan poca electricidad y sea además de las monedas que más transacciones permiten por segundo.

Estos sistemas, al no basarse en realizar muchos y complejos cálculos, reducen enormemente el coste eléctrico, eliminando además los costosos ASIC (equipos especializados de minería), ya que en PoS, lo importante no es ver quien tiene más poder computacional, si no si tienes bastantes monedas. Esto iguala los costes, haciendo que por muy malo que sea un equipo computacionalmente, cualquiera pueda minar. Tan solo necesita tener monedas en su monedero.

Se puede decir que a lo largo de los años se han buscado alternativas que sigan manteniendo la descentralización de la red, pero que funcionen con otros mecanismos que necesiten menos

tiempo y energía. El más famoso sigue siendo PoS, pero hay muchos más como PoB, como en el caso de la moneda SlimCoin. Otros son el PoI, Proof of Importance; usado por la moneda NEM. Este se basa en la cantidad de transacciones realizadas, no dependiendo de la potencia del equipo.

Hay muchos más sistemas, dejando poco a poco el PoW por otros sistemas. Aunque Bitcoin siga siendo la más importante y conocido por aquellos que no están en el mundo de las criptomonedas, muchas se alzan con otros sistemas menos dañinos ecológicamente hablando.

Pero este trabajo es sobre Dogecoin, así que debemos señalar soluciones al gasto que tiene Dogecoin. Como moneda que se hizo como crítica a otras criptomonedas, esta moneda está haciendo algo por cambiar, para ser más ecológica. En 2021, la Dogecoin Foundation anunció su intención de cambiar el sistema de validación a PoS[21]. Tras el transcurso de un año, a principios de Febrero de 2022 numerosos artículos comenzaron a aparecer anunciando que este paso es oficial y que se comenzó a realizar con la ayuda de Ethereum. Estos anuncios en reportajes se debieron a que el fundador de Ethereum, Vitalik Buterin; afirmó en una entrevista que estaba envuelto en el proyecto de pasar a Dogecoin de PoW a PoS[22].

Esto hará varios cambios en Dogecoin. Para verlos, explicaré brevemente el funcionamiento de PoS.

En Proof of Stake, todos los que quieran validar un nodo deberán pagar lo que se llamaba “cuota de participación.” Esto es un mínimo de monedas que debes tener en “Stake.” Las monedas en Stake son aquellas que están congeladas, que no pueden usarse en transacciones, decidiendo el usuario cuantas quiere poner. Todo aquel que cubra este cupo podrá ser seleccionado como validador, y aquel que se elija como validador, será el que resuelva el problema matemático. Este es un problema sencillo, hecho sencillamente para demostrar que estás activo. Esta selección se hace al azar entre los que pueden ser validadores, aunque dependiendo de la red, tus probabilidades suben o bajan. Puede ser por la cantidad de monedas, por la cantidad de tiempo que llevan almacenadas... Depende de la moneda. Como Dogecoin no lo ha implementado todavía, todavía no sé sabe sus criterios. Aun así, se pueden sacar ciertas conclusiones.

Al ya no tener que hacer decenas de problemas matemáticos cada vez más difíciles para poder mantener el tiempo de bloque, ya no se depende del hardware. Esto elimina a los ASIC, que son los aparatos especializados de minado y que consumen mucha electricidad. También permite que cualquiera, independientemente de la capacidad de su ordenador o incluso móvil, pueda minar. Solo necesita cumplir el cupo de participación.

Esto reduce enormemente la electricidad, ya que, con tener monedas congeladas, podemos validar, además de que, al ser problemas sencillos; no necesitamos gran potencia. Los ASIC no son necesarios al no ganar el que tenga más potencia, si no el que sea seleccionado como validar.

Se sigue necesitando un ordenador encendido, pero al quitar los ASIC es donde se reduce la electricidad. Un validador gastaría tanto como una persona que está jugando un videojuego o viendo videos (esto dependerá de la dificultad del problema planteado.), tal y como se puede ver en el Epígrafe “Comparación de gastos de minería y otras aplicaciones” de este mismo trabajo.

Por tanto, si Dogecoin finalmente logra migrar a PoS tal y como lo tiene planeado, logrará ser energéticamente mucho más eficiente.

3. MÉTODOS

En este capítulo se va a explicar la metodología seguida para comprobar las hipótesis planteadas en la introducción y así completar los tres objetivos definidos. A continuación, ponemos un epígrafe por objetivo para mayor claridad.

3.1 Cálculo del gasto de un minero

Para saber cuánta electricidad gasta un minero, se tuvo en cuenta con qué podía minar. Dependiendo del aparato, este gastaría más o menos y tendría una mayor o menor tasa de hashrate. Junto al aparato, se debe usar un software que haga los cálculos.

En este proyecto no se usó solo uno, sino varios dados por los diferentes pools investigados.

El primero que se usó fue Unmineable[23], que permitía minar tanto con CPU como con GPU, por lo que se pudo usar en los tres aparatos de los que disponía (mirar epígrafe 3.1.1). Malamente, durante la investigación del pool, se vio que realmente no minaba Dogecoin, si no otras monedas y luego hacia el cambio a Bitcoin y de ahí a Dogecoin, por lo que se descartaron los datos.

Tras este software, se usó el dado por el pool de Aikapool[24]. Este también permitía minar con CPU y GPU y minaba realmente Dogecoin, por lo que se usaron los datos dados por estos programas. Para minar con CPU se usó MinerD[25] y para GPU se usó CudaMiner[26]. Estos daban datos distintas tasas de hashrate respecto a Unmineable, ya que estos si minaban Dogecoin.

Además del software, un minero necesita un aparato de minería. Estos se dividen en dos. Los ordenadores y lo ASIC. Cualquier ordenador es capaz de minar, ya sea con CPU o con una GPU lo bastante potente para soportar el software de minado. Su tasa de hashrate es más baja que la de los llamados ASIC, que es lo que los mineros especialistas utilizan. Tiene una tasa media en MHs o GHs y son lo más utilizado, habiendo para los diferentes algoritmos de las monedas.

Debido a que los mineros usan ambas cosas, el estudio tuvo en cuenta el gasto de ambas.

3.1.1 Ordenadores

A mi disposición contaba con tres ordenadores distintos. Un portátil personal, un ordenador de sobremesa y un ordenador de sobremesa gaming. Este último era el más interesante gracias a que su potente y moderna GPU era la única que soportaba el software de minado. Los otros dos ordenadores al ser más viejos y menos potentes tan solo podían minar con CPU, por lo que solo pudieron usar el software para CPU. El ordenador gaming en cambio se pudo usar tanto para minado de CPU como de GPU, siendo de los tres el que mayor tasa de minado daba.

Para ver el gasto eléctrico, a todos se les instaló el software de minería y se les colocó en la fuente de alimentación (en el caso del portátil se puso a cargar) un medidor de potencia que daba los Watios que pasaban en cada instante.

Con el aparato colocado y el software debidamente configurado siguiendo las instrucciones del pool, se procedió a minar en el ordenador. Esto era darle al botón de minar, pudiendo dejar al ordenador minando mientras se tomaban los datos que daba el aparato de medida. Se tomaron tanto los datos de tasa de Hash (dados por el programa) como los datos de Watios consumidos (dados por el aparato). Se apuntaron en un cuaderno para luego traspasarlos a un Excel[27]

donde poder hacer los cálculos. Debido a la diferencia de datos y que los números no dejaban de cambiar dentro de un rango con algunos picos altos y bajos, se procedió a hacer la media de los datos para tener una potencia y tasa de minado medias con las que poder más adelante sacar estadísticas y trabajar.

Además de los datos del minado se sacaron los del ordenador haciendo otras actividades. Esto para tener una comparativa de gasto. Estas actividades fueron:

- Ver un video en internet
- Jugar a un videojuego pixel Art
- Jugar a un videojuego con gráficos 3D de la mayor calidad que soportarse el ordenador

El juego pixel Art utilizado fue Stardew Valley[28], mientras que los juegos 3D usados fueron:

- Para el portátil, Torchlight 3[29].
- Para el ordenador de sobremesa, Sombras de Guerra[30].
- Para ordenador de sobremesa gaming, Elden Ring[31].

Se decidió usar estos dos tipos de juego debido a su carga de procesamiento. Un juego pixel art no sobrecarga tanto la tarjeta gráfica, mientras que los juegos 3D deben cargar y renderizar un entorno 3D. Esto hace que la tarjeta gráfica deba trabajar, sumándose el trabajo de la CPU para procesar el juego. Es por ello que se hizo el experimento con ambos tipos de juego. Se debe agregar que con todos se usó el mismo juego pixel Art porque todos los ordenadores eran capaces de procesarlo. En cambio, se usaron diferentes juegos 3D ya que cada ordenador era capaz de cargar juegos distintos. El portátil soportaba como máximo Torchlight 3[29] sin recalentarse, pudiendo el ordenador de sobremesa mover como máximo Sombras de Guerra[30]. El ordenador gaming sin embargo es el único de los tres capaz de mover un juego 3D recién sacado al mercado como era el Elden Ring[31] en el momento de realizar estos cálculos, siendo de los tres juegos usados el más moderno y con mejores gráficos.

Por otro lado, la decisión de ver un video en internet es para tener una referencia del gasto básico del ordenador. Una aplicación simple abierta.

3.1.2 ASIC

A parte de ordenadores, hay otros aparatos capaces de minar, los llamados ASIC. Estos aparatos de gran potencia de minado y eléctrica son los usados por los mineros que tiene de trabajo o de segunda forma de ingresos minar criptomonedas. Esto gracias a que con la suficiente potencia pueden minar tanto Litecoin como Dogecoin. El precio de Litecoin es mucho mayor al de Dogecoin, siendo al momento de redactar esto 81,85\$, mientras que el de Dogecoin es de 0,10\$. Se pueden minar por separado, pero gracias a la prueba de trabajo auxiliar que soporta Dogecoin, se pueden hacer ambas.

La otra ventaja de los ASIC es su gran capacidad de cómputo, por lo que son algo a tener en cuenta, superando el más pequeño la tasa del ordenador gaming. El problema, es que se salían de mi presupuesto, por lo que no se pudieron probar. Por ello, se buscó sus especificaciones técnicas y los más recomendados.

Se buscó por la web los más recomendados por los mineros (pues estos son los que verían aquellos que buscan comprarse uno y que por tanto la mayoría de mineros tiene), encontrando los necesitados en la página de F2Pool[32]. Esta página daba tanto la electricidad gastada por el

aparato como la potencia de minado, dando una lista de ASIC para minar Litecoin (que estos a su vez valen para Dogecoin al ser Dogecoin una bifurcación de Litecoin y tener el mismo algoritmo de verificación, SCRYPT). Esta lista daba un total de 16 máquinas ASIC con diferentes tasas de minado y de consumo eléctrico, pasándose estos datos a un Excel[27] para poder hacer los cálculos deseados.

Durante el estudio del gasto general de la red se debió usar un décimo séptimo ASIC que también fue agregado a este estudio del gasto individual.

3.1.3 Electrodomésticos y ciudadano español promedio

Para poder ver si la energía gastada era mucha o poca, se necesitaba un referente o sistema de referencia. Debido a que es un solo minero y que es un aparato eléctrico lo que se pretendía medir, se decidió que lo mejor era usar:

- Para el gasto diario, electrodomésticos del hogar.
- Para el gasto mensual, el gasto eléctrico de un ciudadano español promedio y ver el crecimiento de la factura.
- Para el gasto anual, el gasto de una nevera.

Se decidió usar varios electrodomésticos muy variados, decidiendo usar:

- Horno eléctrico.
- Lámpara de mesa
- Lámpara de pie
- Lavadora
- Lavavajillas
- Microondas
- Nevera
- Tostadora

Estos son aparatos que tiene todo el mundo en su hogar, pudiendo todos menos la lavadora, la nevera y el lavavajillas medir directamente la electricidad. Los tres aparatos restantes, debido a que estaban empotrados en la pared no se pudieron medir directamente, por lo que se usó las medidas dadas por el fabricante. En el caso de la nevera, daba una medida al año (ya que está enchufada las 24 horas del día todos los días del año), siendo el que más consume. Es por ello que se decidió que sería el referente del gasto al año. Se debe señalar que la nevera usada es de máxima eficiencia energética, una A+++.

Por su parte, la lavadora y el lavavajillas daban un posible coste al año mediante un estudio realizado por la empresa, dando además el gasto energético de cada tipo de lavado. Para estos dos aparatos se tomó una media de todos los tipos de lavado y además el coste al año, pasándolos al Excel[27] junto al resto. Se debe señalar que los dos aparatos tienen la marca energética A+++.

Para los aparatos restantes, se les colocó el aparato de medida en el enchufe donde estaban conectados y se les puso a funcionar, tomando medidas en un cuaderno. Estas medidas después se pasaron al Excel[27] y se calculó una media (debido a que la potencia cambiaba un poco e iba variando en un rango).

Con estos datos se quería ver el gasto diario del minero, además de comparar su gasto anual con la nevera al ser el electrodoméstico que más gasta al estar 24 horas funcionando 365 días al año.

Además de esto, se buscó calcular cuánto crecía la factura. Para ello, se usaron dos datos de ciudadanos.

- Mi factura propia de la luz dada por Iberdrola, que se calcula cada 32 días.
- El gasto energético de un ciudadano español promedio.

Estos datos también se buscaron para poder ver la rentabilidad del minado, siendo usados en ambos objetivos.

Para el gasto propio se usó la última factura de la luz, buscando en Red Eléctrica de España los datos estadísticos de un español promedio[33].

3.1.4 Energía gastada en el tiempo

Los cálculos de energía, debido a la diferencia eléctrica entre ordenadores y ASIC, se hizo por separado de la siguiente manera.

3.1.4.1 Cálculo gasto ordenadores

Una vez se tuvieron todos los datos, se procedió en Excel[27] a realizar los cálculos. Para ello, se decidió dividir a los mineros en el número de horas minadas. Los mineros más causales minan menos horas, mientras que los que quieren más beneficios y lo tienen como primera o segunda forma de ingresos lo hacen durante más tiempo. Por ello, los cálculos se dividieron en estos rangos de horas.

- 1
- 2
- 4
- 8
- 16
- 24
- Media de todos estos rangos

El cálculo se hacía de la siguiente manera. La potencia obtenida durante la medición era los Wh que gastaba el aparato. Se tuvo en cuenta que un minero podría tener funcionando a la vez su portátil y su ordenador de sobremesa, teniendo en los cálculos entonces siete aparatos. Los tres aparatos por separado más las dos combinaciones con el portátil. Este gasto sería la suma de ambos por el número de horas pertinente. Además, el ordenador gaming como podía minar tanto con CPU como con su GPU, se tuvo cada una de estas posibilidades por separado, dando una combinación más.

Por tanto, la potencia se multiplicaría por el número de horas que se fuese a considerar, rellenando una tabla del estilo:

Horas	Portátil	Ordenador	OG CPU	OG GPU	Portátil y Ordenador	Portátil y OG CPU	Portátil y OG GPU	Media
1								

2								
4								
8								
16								
24								
Media								

Tabla 3.1 Plantilla de tabla usada para cálculos de electricidad con ordenadores

Para mayor legibilidad, se ha llamado al Ordenador Gaming OG. Con estos datos se generó un histograma que permitiese un mejor análisis visual y comparativo.

Con los datos que se obtuvieron se rellenó otra tabla de igual formato, pero esa vez realizando el cálculo para ese mismo gasto durante 32 días y así tener el gasto mensual. Se eligió 32 y no 30 debido a que es lo que usan las compañías para calcular la factura de la luz, un periodo de 32 días. Esto viene indicado en la factura de la luz. Además de esto, se pasó de Wh a kWh, ya que es la medida en la que viene el gasto del ciudadano.

El cálculo queda de la siguiente manera:

$$\text{Coste mensual} = \text{coste diario} \times 32 \times 1000$$

Ecuación 1 Coste mensual

Así se creó toda la tabla y se creó un histograma donde se agregó el dato del gasto eléctrico de una persona al mes. Tanto el dato personal como el gasto de un ciudadano promedio.

Tras ver los histogramas y costar ver la proporción de la factura en el segundo caso, se creó un histograma con la proporción del minado respecto al ciudadano español. Esto para ver mejor los datos. Esto se hizo de la siguiente manera:

$$\text{Proporción} = \frac{\text{Gasto mensual}}{\text{Gasto ciudadano promedio al mes}}$$

Ecuación 2 Proporción entre gasto propio y ciudadano

Si el gasto es menor o igual, la proporción debe de dar entre 0 y 1. En cambio, si el gasto era mayor, debía de dar mayor que 1.

Finalmente, se calculó una última tabla con el gasto anual. Para ello se tuvo en cuenta un año no bisiesto, es decir de 365 días. Se asumió que se minaba todos los días del año, pudiendo hacerlo siempre igual o en diferentes rangos, siendo los diferentes rangos representados con la media. Así, el cálculo era:

$$\text{Coste anual} = \text{coste diario} \times 365 \times 1000$$

Ecuación 3 Coste anual de un aparato o varios de minado

Este cálculo también se pasó a kWh ya que la idea era compararlo con una nevera, cuyo gasto dado por el fabricante es en kWh. De esta forma se puede comparar el gasto de minado con el electrodoméstico que más gasta.

Finalmente, se decidieron hacer 4 gráficas comparativas. Una en la que se comparan todos los electrodomésticos y su gasto al momento con el de los ordenadores al minar.

Las otras tres son una por ordenador comparando el gasto de minar con las otras tres actividades medidas, queriendo así ver como de grande es la diferencia eléctrica entre estos procesos y su gasto.

3.1.4.2 Cálculo gasto ASIC

En este apartado se diferenciaron tres tipos de mineros. Los que tenían un solo ASIC y que no lo pone todo el día, los que tienen un ASIC y lo conectan las 24 horas del día y los que tienen una granja de minado. Llamo granja de minado a 2 o más ASIC conectados funcionando las 24 horas del día, siendo o no todos del mismo modelo, aunque para hacer más manejables los cálculos se ha tenido en cuenta que los ASIC son del mismo modelo en las granjas. Teniendo en cuenta a estos tres tipos de minero, al igual que con el ordenador se querían ver los siguientes tres gastos:

- Diario
- Mensual
- Anual

Se usaron las mismas fórmulas descritas en el epígrafe anterior, cambiando las tablas. En vez de los ordenadores y sus configuraciones, se usó los 16 ASIC de la página recomendada más uno. (Este extra se usa en el epígrafe 3.2 y se explica cómo se obtuvo), usando los mismos grupos de horas. 1, 2, 4, 8, 16 y 24. Con estos ASIC se hicieron los cálculos y las comparaciones con los ciudadanos además de con los electrodomésticos en el caso del coste diario.

La parte distinta es en las granjas. Se decidió que se usarían los siguientes números de ASIC para simular granjas:

- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 15
- 20
- 40
- 100

Esto para ver el gran escalado y el gasto de la red, viendo su coste diario, mensual y anual. En los tres casos se supuso que estaban enchufados las 24 horas del día por la definición dada de granja de minado. Estos datos se usaron también más adelante para ver la rentabilidad del minado en España.

3.2 Cálculo del gasto de la red

Para obtener la energía gastada por una red de nodos, se pensó en dos posibles métodos.

El primero era saber el número de nodos y la energía que se gasta al minar. Si se sabe el número de nodos y la electricidad que gastan individualmente, se puede saber el gasto total de la red.

El segundo era saber la potencia de minado de la red. La potencia de minado se obtiene con aparatos de tasa de minado clara y de gasto energético determinado. Por tanto, sabiendo la potencia de la red, se puede estimar la cantidad de electricidad necesaria para obtener esa tasa de minado.

El primer método se descartó debido a que no sabe el número de mineros de la red. Los datos públicos de Dogecoin son los usuarios que han realizado transacciones y el usuario que minó cada bloque, siendo cada address minero un posible pool o persona en solitario. Esto hace que solo se pueda estimar un número mínimo de mineros que como mucho, sería igual de grande que la cantidad de bloques que se tuviese en cuenta.

Por ello, se usó el segundo método. Tratar de ver la potencia de minado de la red para a partir de ella, ver la cantidad de electricidad gastada. Además de esto, se decidió que los datos tomados de la red se remontarían como mucho 70 días, (100.000 bloques). Esto debido a que se estimó que era un buen tiempo para ver a todos los usuarios activos de la red y que más allá en el tiempo, es probable que hubiese datos de usuarios que abandonaron la red.

Así, todos los datos que se recapitularon de la blockchain de Dogecoin se remontaron a un máximo de 70 días en el momento de la recolecta.

Para obtener la potencia de la red, se buscó ingresar en un pool de minería. Un pool es un grupo de varios mineros que trabajan juntos, pudiendo hacerlo o no bajo la misma dirección. Estos grupos cobran una comisión al miembro que logra minar el bloque, repartiendo esta comisión entre el grupo dependiendo de su potencia aportada. Dependiendo del pool, se cobra una comisión fija de distinto tamaño o se permite elegir el tamaño de la comisión.

3.2.1 Investigación de pools

Esta investigación a pools se hizo para obtener un primer cálculo de gasto energético y de cálculo de tasa, además de para obtener un software de minado con el que poder realizar el estudio. Para ello, se buscó en internet pools donde fuese fácil minar o que fuesen famosos, pasando durante el proyecto por tres pools de minería antes de encontrar el adecuado para el estudio.

3.2.1.1 Unmineable

Este fue el primer software de minado que se encontró. Funcionaba, era seguro y permitía tanto minar con CPU como con GPU, además de indicar el dinero que se había ganado ya, actualizándose y reportando cuanto de la tasa de minado era la aportada al pool. No el porcentaje, si no el número de Hashes por segundo.

Pero este pool tuvo dos problemas que hicieron que se buscase otro.

El primero, no había datos públicos de él. No se tenía ni el número de mineros ni su tasa de minado ni bloques minados. Nada que permitiese hacer cálculos sobre su potencia total ni gasto.

El segundo, realmente no minaba Dogecoin. Lo que este pool hace es para cada algoritmo de minado, minar una moneda concreta. Después, pasa esa moneda a Bitcoin y de ahí, la pasa a la moneda que el minero ha puesto en el programa que quería minar[34]. Esto corrompía los datos,

pues los datos de minado al ser de otra moneda y algoritmo no eran válidos, no sabiendo por cuanto diferencia la tasa de minado.

Por estos dos problemas, se tuvo que pasar a otro pool, aunque se guardó el dato de monedas minadas en una hora para hacer más tarde el cálculo de si es rentable minar en España.

3.2.1.2 F2Pool

Tras el fracaso de unMineable, se fue a la blockchain oficial, Dogechain[35]. En ella se encontró este segundo pool. La blockchain tiene un gráfico de tarta calculado en tiempo real de quienes han minado los bloques, y una de las porciones no tenía un address, si no un nombre. F2Pool[36], con en torno a un 10% o 15% de los bloques minados, siendo difícil de estimar en el gráfico.

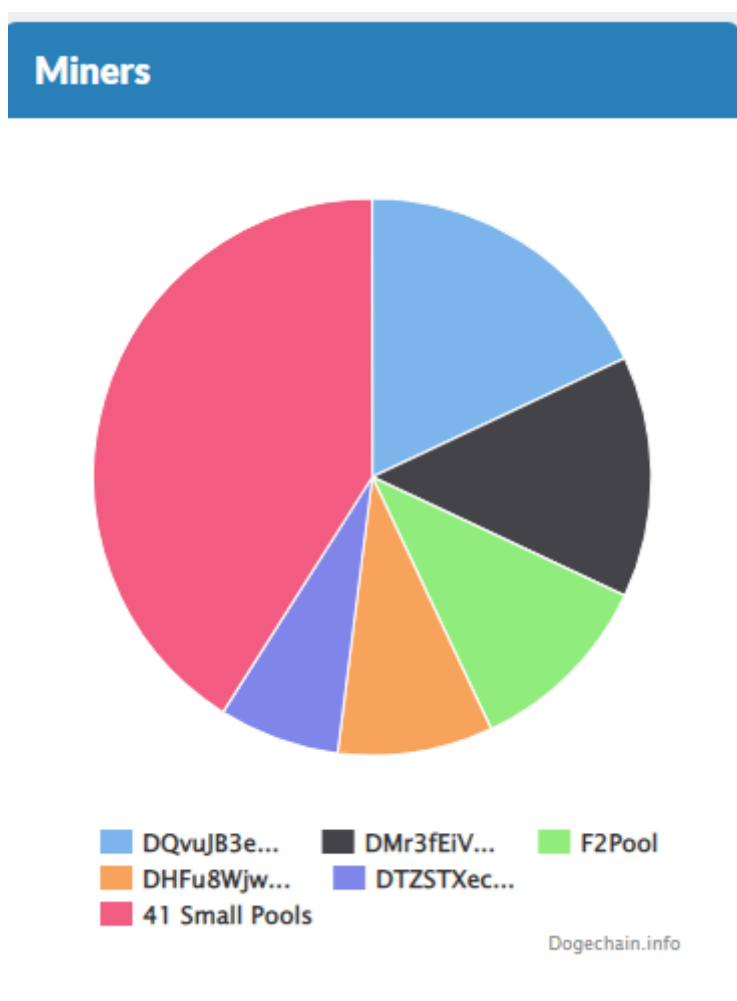


Ilustración 3.1 Diagrama de F2Pool

Por ello, se decidió investigar este pool. Este pool permitía minar Dogecoin, teniendo una lista de 16 ASIC recomendados para su minado. En este pool concretamente se minaba Dogecoin a partir de Litecoin, usando la prueba de trabajo auxiliar, dejando claro que solo era rentable hacerlo con ASIC[37].

Este pool tenía dos cosas importantes que se usaron en el trabajo. La primera, era la lista de ASIC, que fueron los que se usaron para el estudio del gasto individual de los mineros. El segundo, tenía calculada una posible tasa para todas las monedas, detalle que fue el que más tarde se usó para el cálculo de la tasa y como inspiración. (Epígrafe 3.1.3.2 Gasto a partir de tasa de minado). El segundo, es que gracias a que aparecía en Dogechain, se pudo sacar su address y

ver su proporción de minado de la red. Su porcentaje de bloques minados. (Epígrafe 3.2.3.1.1 A partir de Aikapool)

Pero tenía los mismos problemas que unMineable. No tenía datos públicos. No decía su tasa de minado, ni su número de miembros; lo que impedía sacar estadísticas con las que trabajar. Aunque el mayor problema es que el software de minado que proporcionaba para minar Dogecoin y Litecoin solo era apto para ASIC[38]. Todos los softwares de minado aptos para CPU y GPU que daba no eran válidos para Dogecoin, lo que impedía poder hacer el estudio del gasto energético minando y obtener más datos del pool.

Debido a estas razones, se descartó este pool y se buscó un tercero, quedándose tan solo la información de ASIC recomendados. Estos tenían sus datos tanto de electricidad gastada como de tasa de minado, por lo que era útil para el escalado de red y para ver el gasto de un minero individual.

Estos ASIC eran:

Aparato	Tasa	Potencia(Wh)
Goldshell Mini-DOGE[39]	185Mhs/s	233
Antminer L3+[40]	504Mhs/s	800
Goldshell Mini-DOGE Pro[41]	205Mh/s	220
Antminer L7[42]	9,5Ghs/s	3425
Antminer L3++[43]	580Mhs/s	942
Innosilicon A6+[44]	2,2Ghs/s	2100
Goldshell LT5[45]	2,05Ghs/s	2080
Goldshell LT5 Pro[46]	2,455Ghs/s	3100
BW L21[47]	550Mhs/s	950
Goldshell LT6[48]	3,35Ghs/s	3200
Innosilicon A4+[49]	620Mhs/s	750
FusionSilicon X6[50]	860Mhs/s	1160
Innosilicon A6[51]	1230Mh/s	1500
Goldshell XS6[52]	1,78Ghs/s	2250
Goldshell XS5[53]	1,36Ghs/s	1850
Goldshell X5[54]	850Mhs/s	1450

Tabla 3.2 ASIC mostrados por F2Pool para minar Litecoin y Dogecoin

3.2.1.3 Aikapool

Tras los dos fallos anteriores, se procedió directamente a buscar los pools más populares de internet y los más accesibles. Para ello, se buscó los más recomendados, encontrando tras un

par de pequeños pools sin los datos requeridos, uno que tenía todos los requisitos necesarios. Aikapool[24].

Tenía una guía sobre cómo minar que daba el software necesario[55], dando varios programas dependiendo del tipo de minado, ya fuese CPU o GPU y una guía de especificaciones para instalar y configurar el programa para minar con el pool. Y lo más importante, este software sí minaba Dogecoin, pudiendo hacer el estudio del gasto individual minando con ordenadores.

En segundo lugar, tenía sus datos y estadísticas públicos. Esta página daba la tasa del pool, los últimos bloques minados, el número de mineros activos en ese momento, tiempo desde que habían minado un bloque y los datos de sus quince mejores mineros en ese momento[56]. De estos mineros daba el número de máquinas que estaba usando y el hashrate que estaban compartiendo al pool. Esto permitía poder realizar el cálculo del gasto eléctrico del pool y hacer ensayos sobre mediciones de electricidad.

3.2.2 Cálculo del gasto energético de un pool

Una vez se tuvo un pool con los datos adecuados, se procedió a calcular su gasto eléctrico. Para ello, se tomó muestras en diferentes momentos del día del hashrate que tenía, tomando además el número de mineros en ese momento y los datos de los quince mejores. De esta manera, se quería estimar una media de hashrate a lo largo del tiempo.

Con estos datos obtenidos, se optó por el siguiente método del cálculo eléctrico. Se dividió a los mineros en dos. Los visibles y los no visibles, escogiendo un momento del día para el primer cálculo y sus mineros visibles. Estos mineros visibles son los que más hashrate tienen, teniendo entre ellos aproximadamente (depende del momento del día) el 95% de toda la potencia del pool. El resto de mineros sostenía el 5% restante.

Estos mineros se organizaron en una tabla en la que se apuntó el número de máquinas que tenían (constante) y su tasa de hashrate, creando una columna con la tasa de una máquina individual. Con este dato se pretendía averiguar qué posible ASIC estaban usando. Las tasas solían estar bastante cerca siempre de algún ASIC real, teniendo todos mucha más potencia que un ordenador. Solo hubo una excepción, de un minero que tenía una tasa en torno a 300Mhs/s debiendo buscar un decimoséptimo ASIC que encajase. Esta es la razón por la que en el estudio se agregó un ASIC más, el ZeusMiner Volcano[57], con un Hashrate medio de 300Mhs/s.

Con este último ASIC se pudo cuadrar todos los mineros visibles, dándoles a partir de este ASIC un gasto eléctrico. Sabiendo la máquina y cuantas de esta tenía, solo había que multiplicar el gasto eléctrico por el número de máquinas que tenía. Se debe aclarar que durante este proceso se asumió que los que tenían más de una máquina tenían todas del mismo modelo. Esto bajo la hipótesis de que buscaron un modelo de confianza y que compraron varias veces, haciendo más fácil también la instalación de software.

Una vez se tuvo todos los mineros visibles y su gasto, se pasó al cálculo de los mineros no visibles. Estos variaban de número dependiendo del momento del día, siendo el grueso del pool. Escogiendo un momento concreto del día para el primer gasto eléctrico calculado antes de pasar a medias, se restó 15 al número de mineros en ese momento para obtener el número de mineros no visibles, restando a la tasa global de hashrate el hashrate generado por todos los mineros visibles, obteniendo así el hashrate que debían cubrir entre todos los demás mineros.

Este hashrate se dividió entre el número de mineros no visibles, obteniendo así el posible hashrate que tenía cada uno. Este era un número muy parecido al que da un ASIC pequeño o un ordenador de GPU potente como el del ordenador gaming utilizado, por lo que se hizo una media entre estos dos aparatos, tratando así de representar que algunos usarían un ASIC pequeño y otros un ordenador potente.

Con el gasto eléctrico de los mineros visibles y de los no visibles, se sumó y se obtuvo el gasto del pool en un momento determinado. Con este dato logrado, se pasó a tratar de calcular el gasto a lo largo del tiempo y en diferentes momentos sin tener que ir minero por minero, teniendo un número en torno al cual el pool debía ir alternando. A veces más, otras menos debido a los mineros que iban y venían a lo largo del día.

Primero, se sumó el total de todos los mineros visibles que se habían detectado, buscando además el número más altos de usuarios concurridos en el pool y el mínimo, teniendo así un rango de mineros con el que trabajar, haciendo junto a esto una media del hashrate del pool.

Con estos datos y los anteriormente calculados, se calculó un máximo de gasto eléctrico. Todos los mineros visibles junto a los máximos mineros no visibles teniendo en cuenta el número máximo de mineros concurridos. Con esto se obtuvo el máximo eléctrico que el pool gastaba, pasando a hacer un cálculo de la media con el hashrate medio calculado. Así, se obtuvo un gasto medio a lo largo del día del pool.

3.2.3 Escalado a toda la red

Con el estudio del pool se diseñó las siguientes formas de calcular el gasto eléctrico a partir de la potencia de minado.

El primero es el método a partir de los ASIC grandes. Se llamó ASIC grande a un ASIC promedio de potencia grande. Se creó a partir de los ASIC usados en el estudio que tenían tasa de minado superior o igual a 2 GHs/s. Se hizo la media entre ellos de la potencia y de su gasto eléctrico, creando un ASIC grande promedio. Con este ASIC promedio lo que se hace es dividir la tasa entre esta tasa obtenida, obteniendo cuantos ASIC serían necesarios para poder generar esa potencia. Y con el número de ASIC y sabiendo lo que gastan, tenemos el gasto eléctrico. De esta manera, queda la siguiente fórmula:

$$\text{Gasto Eléctrico} = \frac{\text{Tasa de la red}}{\text{Potencia minado ASIC grande}} \times \text{Gasto eléctrico ASIC grande}$$

Ecuación 4 Gasto eléctrico a partir de ASIC grandes

Esto nos da el gasto eléctrico en Wh.

El segundo método es a partir de los ASIC pequeños. Se llamó ASIC pequeño a un ASIC promedio de potencia pequeña. Se creó a partir de los ASIC que tenían potencia igual o menor a 1 GHs/s, haciendo al igual que con los grandes una media de su potencia de minado y una media de su gasto eléctrico. Con este dato se obtiene un ASIC pequeño promedio. Y al igual que antes, podemos estimar el gasto de la red a través de ver cuántos ASIC pequeños serían necesarios para alcanzar esa potencia, quedando la siguiente fórmula:

$$\text{Gasto Eléctrico} = \frac{\text{Tasa de la red}}{\text{Potencia minado ASIC grande}} \times \text{Gasto eléctrico ASIC pequeño}$$

Ecuación 5 Gasto eléctrico a partir de ASIC pequeños

En tercer lugar, para tener una media que suponga el uso de ASIC tanto grandes como pequeños se hizo una media entre estos dos gastos para tener un tercer dato de posible gasto eléctrico, teniendo 3 datos que conforman un posible rango de valores. No se creó un ASIC medio, si no que se hizo la media entre los dos gastos eléctricos dados.

Por último, se utilizó el dato obtenido del gasto eléctrico de Aikapool. El gasto de esta red fue hecho en profundidad gracias al conocimiento de sus nodos y tasas, por lo que se considera que es bastante próximo al real. Por ello como cuarta y última forma de cálculo de la electricidad gastada se hizo diseño la siguiente fórmula:

$$\text{Gasto Eléctrico} = \frac{\text{Tasa de la red} \times \text{Gasto eléctrico Aikapool}}{\text{Potencia de minado de Aikapool}}$$

Ecuación 6 Gasto eléctrico a partir de Aikapool

Esta es una fórmula de gasto proporcional, haciendo un escalado directo desde una parte de la red al total.

De los cuatro métodos se tenían 2 de los 3 datos necesarios, faltando en todos la tasa de minado de Dogecoin. Por tanto, el siguiente paso del estudio fue establecer un método del cálculo de la tasa de Dogecoin.

3.2.3.1 Métodos de cálculo de tasa de minado

Durante la realización de la investigación de pools y de información sobre la criptomoneda se encontraron varias páginas que calculaban una tasa aproximada de potencia de minado de la red de Dogecoin, como el propio F2Pool[58], una página llamada minestart[59] o por ejemplo otra llamada CoinWarz[60]. Todas ellas daban una tasa aproximada y todas las daban distintas, pudiendo dar valores diferenciados por 200 o 100 Th, por lo que se buscó hallar un método propio que pudiese ser fiable.

Así, durante el desarrollo de la investigación se pensaron y desarrollaron dos métodos, aunque finalmente solo se usase uno de ellos.

3.2.3.1.1 A partir de Aikapool

Los bloques minados de una persona o pool vienen dados según la tasa total que tengan. A mayor tasa, mayor recompensa, pues hay mayores probabilidades de ser el que logre encontrar primero la solución. Por ello, sabiendo el porcentaje de minado de una persona o grupo, se podría hacer un cálculo proporcional de cuál es el total de la red.

Para ello se necesitaba saber el número de bloques minados de un total en un periodo de tiempo. Aquí había dos candidatos, dos pools de los cuales se sabía los bloques minados. F2Pool, pues se tenía el address con el que registraba sus bloques minados y Aikapool, que tiene un registro público de los bloques que ha minado.

Se escogió a Aikapool, ya que de los dos era el único del que se tenía la tasa de minado. Se investigó el pool, viendo la lista que tenían de los últimos bloques minados, además de la fecha del último bloque minado[61]. Para comprobar si el pool en la blockchain escribía los address del minero o uno propio, se creó un programa capaz de extraer bloques de la blockchain y el minero que lo había minado, pudiendo así comparar los address y ver si eran el mismo o distintos.

Para ello se usó la API de Dogechain[4], que proporciona entre las diversas herramientas una que nos da toda la información del bloque en formato JSON. Solo tenemos que darle la altura del bloque y nos dará toda la información. Esta información viene en los siguientes atributos:

- hash
- height
- previous_block_hash
- next_block_hash
- is_orphan
- difficulty
- time
- confirmations
- merkleroot
- num_txs
- value_in
- value_out
- version
- average_coin_age
- nonce
- txs

Lo que se quería obtener de ese bloque era el minero, que como se ve en la lista de valores dado no es ninguno de ellos. Pero se puede obtener de forma indirecta, pues es el que recibe la primera transacción del bloque. Por tanto, dado un bloque necesitábamos la información de su primera o única transacción. Estas transacciones son una lista de hash en el atributo txs, siendo num_txs el atributo que nos indica cuantas de estas hay. La primera transacción sería el primero o uno de estos hash del atributo txs, pudiendo obtener la información que tiene cifrada a través de otros de los métodos de la API. Este método devuelve un JSON con toda la información de la transacción, queriendo el primer output de la primera transacción.

De esta forma, se hizo el siguiente diagrama de flujo para realizar el código:

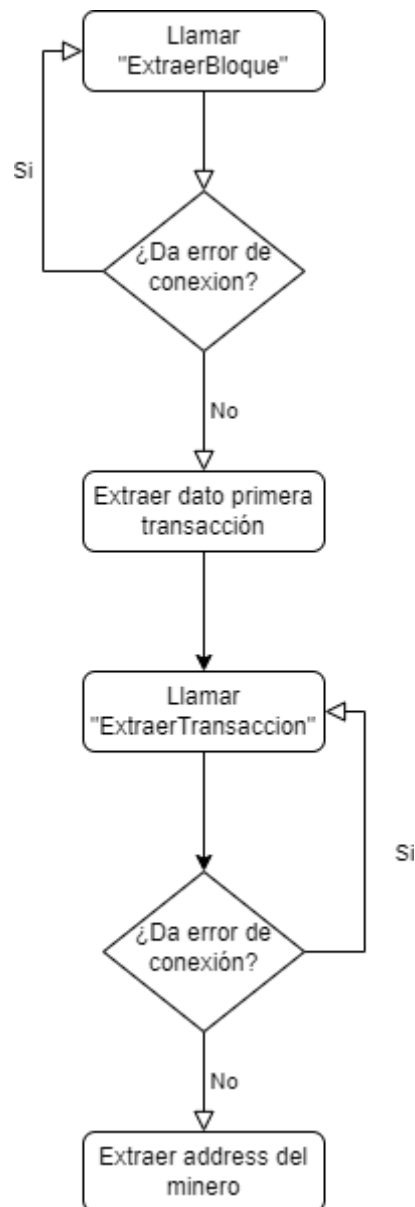


Ilustración 3.2 Diagrama de flujo de extraerMinero

Una vez decidido como sería el programa, se decidió usar el lenguaje de programación Ruby[3], haciéndolo en Visual Studio Code[62]. Para asegurarse de que el código daba valores correctos, se extrajeron los mineros de los últimos diez bloques, comparando los resultados obtenidos con los datos de la Dogechain. Esta solo muestra los últimos diez bloques, pudiendo comparar y ver que los resultados eran correctos.

Tras hacer la verificación, hice lo mismo, pero con los últimos bloques minados del pool. Estos me dieron address distintos, por lo que el pool debía de usar los address de los mineros y no tener el pool un address propio.

Debido a esto, no se pueden saber los bloques que ha minado el pool antes de los que ya tiene publicados, ya que antes de eso los mismos mineros podrían no pertenecer a ese pool, no pudiéndonos remontar más allá de los últimos mostrados.

Aunque esto no afectó demasiado, ya que, si se remontase más, se sobrepasaría el límite impuesto de un máximo de 70 días. La página muestra los último veinte encontrados, siendo el

vigésimo último en el momento de redactar y hacer el trabajo el 29 de enero de 2022 y el último el 8 de abril de 2022. Entre estos dos bloques ya están los últimos 70 días estipulados en el momento de la realización del trabajo. Aunque estos bloques, no eran muchos. En total, 11 bloques, realizando esta parte del proyecto a finales de abril.

11 bloques de 100.000 (los bloques que ocupan 70 días) son muy pocos, apenas un 0,00121%. Lo cual, presentaba unos cuantos problemas.

El primero, que el porcentaje era tan pequeño que todos los bloques obtenidos podrían no representar el porcentaje real que ocupa en la tasa de red. Si el porcentaje de bloques fuese mayor, podría ser más fiable, pero en el momento de escribir la memoria el pool lleva 1038 horas sin minar un solo bloque. Es decir, 43,25 días sin lograr minar un bloque. Esos 11 bloques minados más que representar su tasa de minado podrían ser frutos de la pura suerte.

La cuestión de que el porcentaje no es de fiar al ser demasiado pequeño se ve mejor si usamos un periodo de tiempo más pequeño, como 30 días, 10 días o incluso 1 día. En todos ellos, el porcentaje no es que baje poco a poco, es que en los tres casos es el 0%, como si no existiese. Esto no nos da una idea clara de su tasa real ni de cual podría ser la de Dogecoin. Aunque esto planteó la pregunta de si una tasa grande mantendría su porcentaje de minado en el tiempo.

Para ver si una tasa mayor tendría una tasa más estable se usó F2Pool. No se sabía su hashrate, pero si el address con el que firma los bloques minados, por lo que se podía ver si su porcentaje de bloques minados se mantenía estable en el tiempo al tener un porcentaje del hashrate de Dogecoin más grande.

Para ello, se creó una ampliación del programa extrarMinero. Este lo que hacía era extraer desde el bloque actual hasta el indicado el minero de cada bloque, apuntándolo en un csv junto con qué bloque es el minado. El programa podía ir de:

- Un bloque A a uno B.
- Un A a A-x, siendo x tal que: $0 < x < A$
- El último bloque minado a uno B.
- El último bloque minado a Último minado-x, siendo x tal que: $0 < x < A$.

De esta forma se podían obtener los mineros en un periodo de tiempo o rango de bloques concretos, y con ellos hacer una proporción de cuántos bloques habían minado cada uno. Todos los datos se guardaron en un fichero csv, que guardaba en cada fila el address del minero y el bloque minado.

Junto a este programa se crearon otros para poder ver la proporción minada. El primero es un programa que ordenaba los archivos en orden alfabético para su mejor tratamiento. El algoritmo de ordenamiento usado fue quickshort[63], debido a su gran eficacia y eficiencia, permitiendo ordenar ficheros de miles de líneas en pocos segundos.

Una vez ordenados, se procedió a calcular el porcentaje de bloques que había minado cada minero.

Para ello, se recorría el fichero en el que estaban los datos ordenados, siendo el total de líneas el total de bloques, por si debido a algún problema de conexión se había tenido que saltar un bloque para no quedarse atrapado en un bucle. Si el address de esa fila era el mismo que el

anterior, se sumaba 1 en una variable auxiliar, contando así los bloques que lleva minados. Si era distinto, el anterior se escribía en el fichero y se calculaba su porcentaje como:

$$\text{Porcentaje} = \frac{\text{Bloques minados}}{\text{Total de bloques}} \times 100$$

Ecuación 7 Porcentaje de bloques minados por un usuario o grupo

Además de esto se escribía el número de bloques minados para mayor información, como poder calcular el total de bloques; reiniciando el contador de bloques a 1 y poniendo el nuevo address como el siguiente a monitorizar. De ahí que se ordenasen alfabéticamente.

Así, con este programa se obtuvo las proporciones de los últimos bloques minados, pudiendo usarlo para ver si se cumplía la hipótesis.

Se recopilaron los mineros de los últimos 70 días, cambiando el address de F2Pool por su nombre para mayor visibilidad en los datos. Una vez hecho, se procedió a calcular su proporción teniendo en cuenta los últimos 70 días, 30 días, última semana y últimas 24 horas. Una vez realizado, se analizó los datos, comparándolos para ver si podía ser este método fiable si se usase un pool más grande.

Pero como los únicos datos que tenemos de tasa de minado es de Aikapool, y este tiene un porcentaje de minado del 0% en los últimos 30 días, no nos sirve para este método fuese bueno o no. Es por ello que se buscó un segundo método cuyos datos si tuviéramos.

3.2.3.2 Gasto a partir de tasa de minado

Como se mencionó anteriormente, varias páginas web mostraban una tasa aproximada global de la red de Dogecoin, teniendo grandes diferencias entre ellas. Algunas por decenas, otras por 100 o 200 THases/s, de ahí el motivo de querer buscar un método propio fiable.

Para evitar problemas de falta de datos, se fue a la base de Dogecoin, usando un atributo hasta entonces no usado. La dificultad. Cada bloque tiene asociada una dificultad, habiendo siempre una dificultad activa y pública que se puede consultar en la Dogechain, además de tener la API de Dogechain[4] una llamada que permite obtenerla.

La dificultad en la red de Dogecoin es el mecanismo regulador que intenta que los tiempos de verificación de bloques se mantengan en torno a un minuto, subiendo o bajando dependiendo de la tasa de Hashrate global. Si es muy alta, subirá; si baja; bajará también, tratando así de mantener los tiempos de verificación en torno a un minuto.

Como se puede ver, la dificultad y el hashrate están directamente relacionados, por lo que se podría intentar calcular uno a partir de otro. Esto es algo que antes que yo se planteó Kraken Intelligence para Bitcoin en su estudio “Bitcoin’s True Hashrate”[64]. Por supuesto, el estudio no es sobre Dogecoin, sino sobre Bitcoin, pero hay que tener dos cosas en cuenta.

La primera, que Dogecoin es una bifurcación de Litecoin, que a su vez es una bifurcación de Bitcoin. Estas monedas están directamente relacionadas, compartiendo las tres el mismo sistema de verificación. La Prueba de Trabajo, debiendo resolver ambas el mismo tipo de problema.

Segundo, aunque Dogecoin y Litecoin no usen SHA-256 como Bitcoin si no SCRYPT, este algoritmo se basa en SHA-256. Es prácticamente el mismo, pues lo que hace es el mismo sistema

criptográfico, pero agregando ruido en la memoria para hacer más difícil a los ASIC su minado, siendo este el origen de este algoritmo. Hacer más democrático el minado al hacer a los ASIC más difícil minar y poder así la gente con CPU y GPU tener una oportunidad.

Por estas dos razones, el estudio se pudo usar, además de ver que, en las páginas con cálculo de tasa, en las pocas que explicaban como lo hacían tan solo decían o mencionaban un cálculo en torno a la dificultad. Esto se puede ver en la mencionada anteriormente Coinwarz[61], debajo de su gráfica.

Para adaptar la fórmula demostrada en el estudio de Kraken Intelligence[64], se debió cambiar los parámetros que no se tenían en común. Esto es el tiempo que tarda en minarse un bloque y los bloques minados en un día. Bitcoin tiene un tiempo de minado de 10 minutos, mientras que Dogecoin tiene un tiempo de 1 minuto. Esto hace que mientras en bitcoin se espera que se minen 144 bloques en un día, en Dogecoin se espera que se minen 1440.

Pasemos a explicar la fórmula usada para este proyecto. No se espera conseguir una tasa inmediata de hashes actuales minando el bloque actual, si no una media de las últimas 24 horas y con ello, poder hacer cálculos a mayor largo plazo como costes en un mes o un año.

Para ello, se usaron los siguientes datos:

- **Bloques minados:** bloques minados las últimas 24 horas.
- **Bloques esperados:** bloques se espera se minen en 24 horas. En Dogecoin, 1440.
- **Tiempo minado:** tiempo que debería tardar en minarse un bloque. En Dogecoin, 60 segundos.
- **Dificultad media:** dificultad media de las últimas 24 horas.
- **Combinaciones posibles:** número máximo de combinaciones a probar. En Dogecoin y Bitcoin, 2^{32} .

Los bloques minados y los esperados es para ver si la tasa es más potente de lo que espera la dificultad, las combinaciones y el tiempo esperado junto con la dificultad para ver cuantas veces máximas deben probar los mineros en que tiempo antes de hallar la respuesta. La fórmula de a continuación está explicada y desarrollada en el trabajo menciona de Kraken Intelligence[64], poniendo aquí la fórmula para Dogecoin que será usada:

$$Tasa\ de\ hashrate = \frac{Bloques\ minados}{Bloques\ esperados} \times Dificultad\ Media \times \frac{Combinaciones\ Posibles}{Tiempo\ Minado}$$

Ecuación 8 Tasa de hashrate de red de criptomonedas usan PoW y SHA-256 [64]

Sustituyendo con los parámetros de Dogecoin, tenemos que:

$$Tasa\ de\ hashrate = \frac{Bloques\ minados}{1440} \times Dificultad\ Media \times \frac{2^{32}}{60}$$

Ecuación 9 Tasa de Hashrate adaptada a parámetros de Dogecoin

Así, nos quedará la tasa media de las últimas veinticuatro horas en Hashes. Para pasarlo a THashes, se dividió el resultado por 10^{12} .

Ya solo faltaban 2 datos. Los bloques minados las últimas 24 horas y la dificultad media del día. Para ello, se recurrió de nuevo a la API de Dogechain[4], usando de nuevo el método obtener

bloque. Entre los datos dados, está la dificultad en la que se minó el bloque y un atributo que es time.

Solo hubo un problema, saber que significaba este atributo time, ya que el valor que tiene no es una fecha, sino un número. Por tanto, el siguiente paso era saber las unidades de este valor para saber cómo calcular el tiempo entre bloques.

Para ello, se acudió a Dogechain, que muestra hace cuantos minutos se minó cada bloque y va actualizándose, pudiendo calcular el tiempo minado entre el último bloque y el siguiente. Se supone que es un minuto, pero podría ser un poco más o menos, siendo aquí lo importante ver las unidades en que está este atributo.

Con el tiempo calculado, se procedió a extraer los dos bloques que se habían usado para medir el tiempo y además sacar sus tiempos. Una vez se tenían los dos tiempos, se restaron el del bloque más reciente y el bloque anterior para ver la diferencia, obteniendo un número muy parecido al calculado. 57. Lo cual indicaba que el valor de tiempo está medido en segundos.

Una vez se tuvo esta información, se pudo pasar a diseñar un programa que obtuviese los datos necesarios y calculase la tasa usando la forma anteriormente descrita.

Se volvió a usar Ruby[3] y la API de Dogechain[4], creando el siguiente diagrama de flujo para el diseño.

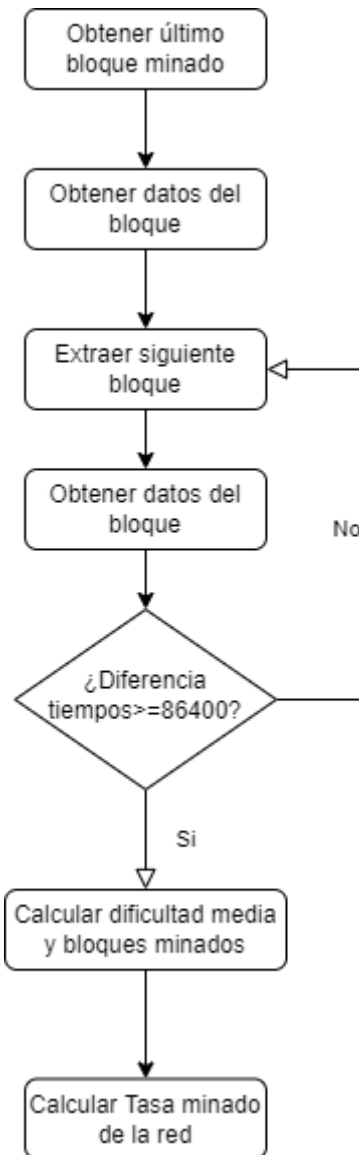


Ilustración 3.3 Diagrama de Flujo de la primera versión de CalcularGasto

Para ello, se calculó el número de segundos en un día, 86400. Con esto, se partió de la idea de ir recorriendo los bloques hasta encontrar uno cuya diferencia con el último bloque minado (al inicio del programa, no durante) fuese igual o mayor al número a los segundos en un día, indicando que este es el último bloque del día. Se iría bloque por bloque, obteniendo la dificultad de cada uno y así poder calcular la dificultad media.

Tras recorrer los bloques hasta el último de las últimas 24 horas, se tendría tanto la dificultad media como el número de bloques minados, pudiendo así calcular la tasa de hashrate.

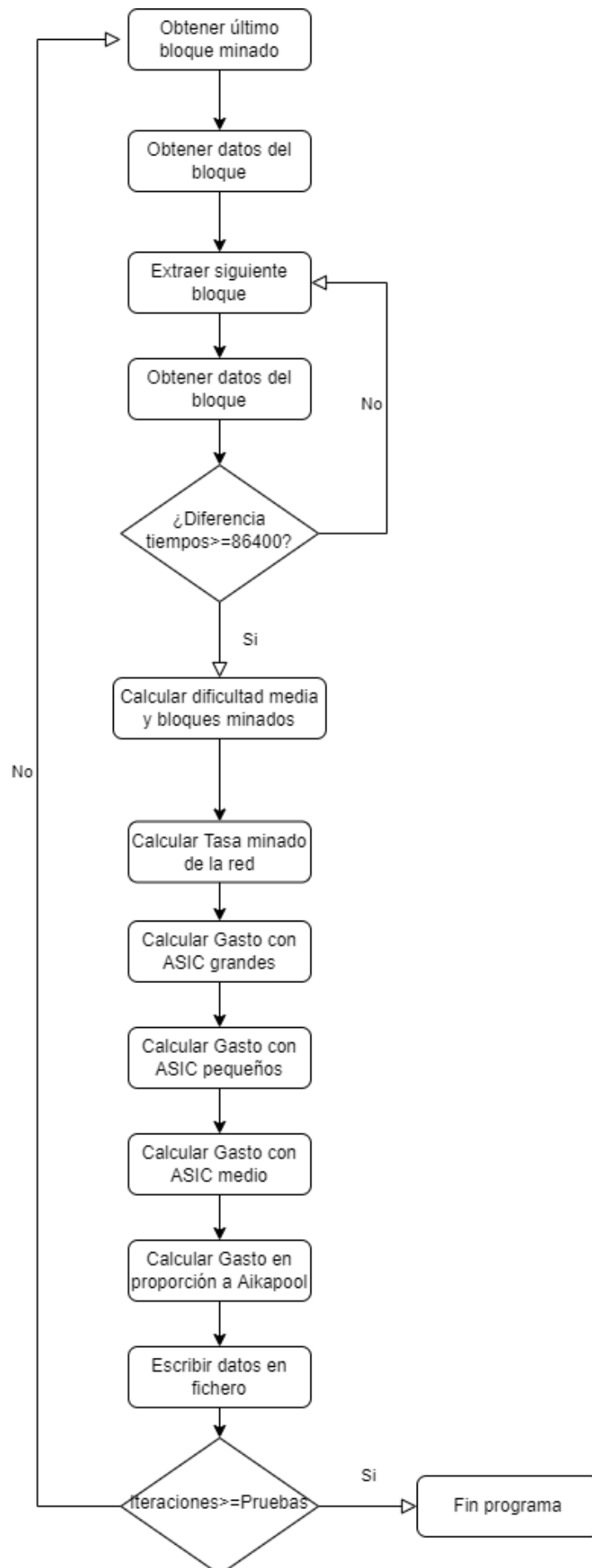
Tras ver que funcionaba y ver que daba un número lógico, se procedió a aplicar el procedimiento creado para el cálculo eléctrico, aplicando los cuatro métodos. ASIC grandes, ASIC pequeños, ASIC medios y proporción con Aikapool.

Para hacerlo automático con cada tasa, se agregó al programa una segunda parte que calculaba los cuatro valores de gasto eléctrico inmediato, calculando además el gasto al año, obteniendo así un rango de cuatro valores entre los que ronda la electricidad.

En orden de llevar un registro y poder hacer un estudio más profundo, se agregó a continuación de este cálculo una tercera parte al programa que guarda estos datos en un CSV. Tanto la tasa calculada como los valores eléctricos de gasto al año, pudiendo así hacer luego más cálculos y análisis a lo largo del tiempo.

Pero para hacer estas pruebas de forma cómoda y automatizada, se procedió a incluir este proceso en un método al cual poder llamar dentro de un bucle, haciendo el código más limpio y legible y más manejable para posibles pruebas, poniendo un parámetro que es el número de pruebas que queremos que haga de seguido, pudiendo así dejar el código funcionando varias horas en paralelo mientras se realizan otras tareas.

De esta forma, el nuevo flujo quedaría así:



De esta forma tenemos calculado todo el gasto varias veces a lo largo del tiempo. Debido a que el programa tarde entre 20 y 30 minutos en ejecutarse (pues las conexiones a la red dependen de la calidad de conexión de Dogechain), va obteniendo ligeras diferencias que nos permiten ver una progresión en el tiempo de la tasa y el gasto eléctrico.

3.2.4 Comparación del gasto

Una vez se tuvo el gasto, faltaba una referencia con que compararlo para ver si el gasto era grande o pequeño. Debido a que la red está llena de usuarios, se optó por comparar su gasto anual con el de países. Para ello se usaron datos de 2021 y 2020, que son datos durante la pandemia y su desarrollo. Se prefirió no ir más atrás debido a que antes de la pandemia había numerosos factores distintos. Igualmente, no se usó los datos del año en que se realiza este estudio, 2022; porque el año aún no ha terminado.

Con esto determinado, se pasó a buscar fuentes con los datos necesarios, obteniéndolos en dos bases de datos y estadísticas distintas. La primera es un estudio del consumo eléctrico realizado por Datosmacro[65]. Esta página muestra los datos eléctricos de numerosos países de todo el globo, usando además una segunda página para obtener más países. Esta es Enerdata[66], que tiene una gran base de datos que permitió la obtención de datos de países a lo largo de numerosos años. La gran diferencia entre ambas es que la primera da los datos en gWh/año y la segunda en tWh/año, además de que la primera muestra los datos pero no se pueden descargar (se tuvieron que pasar a mano los usados) y la segunda permite descargar un Excel[27] con los datos.

Si se usaron ambas y no solo una, es porque Enerdata da datos de pocos países sin suscripción y permite descargarlos, siendo 51 países y continentes, aunque la mayoría de los datos de gasto tan grandes que Dogecoin no entraba entre ellos[66]. Es por ello que se usó también Datosmacro[65], que al tener más países si había países cuya tasa de gasto encajaba más con la de Dogecoin y se pudo hacer mejor comparativa e idea del gasto generado.

Aun así, se usó las dos para tener una idea clara de cuan grande o pequeño era el gasto.

Para facilitar la comparación, se agregó una cuarta y última parte al programa ya diseñado. La comparativa. Tras calcular el gasto, se quería ver entre que dos países encajan. Cual estaría justo debajo en gasto y cual justo encima, dos cotas ajustadas que permitan ver bien su gasto. Por ello, se creó un fichero con los datos de numerosos países. Este fichero con datos variados sería recorrido por un método creado para este programa. El llamado en el código Comparar Gasto. A este método se le pasa como único parámetro un gasto anual en tWh/año, imprimiendo al terminar entre que dos países está en cuanto a gasto eléctrico.

Para ello, recorre el fichero, teniendo cuatro variables auxiliares. Dos con nombres de países y dos con sus gastos, siendo estos nombrados mayor y menor, país mayor y país menor. Recorriendo la lista de principio a fin, realiza lo siguiente:

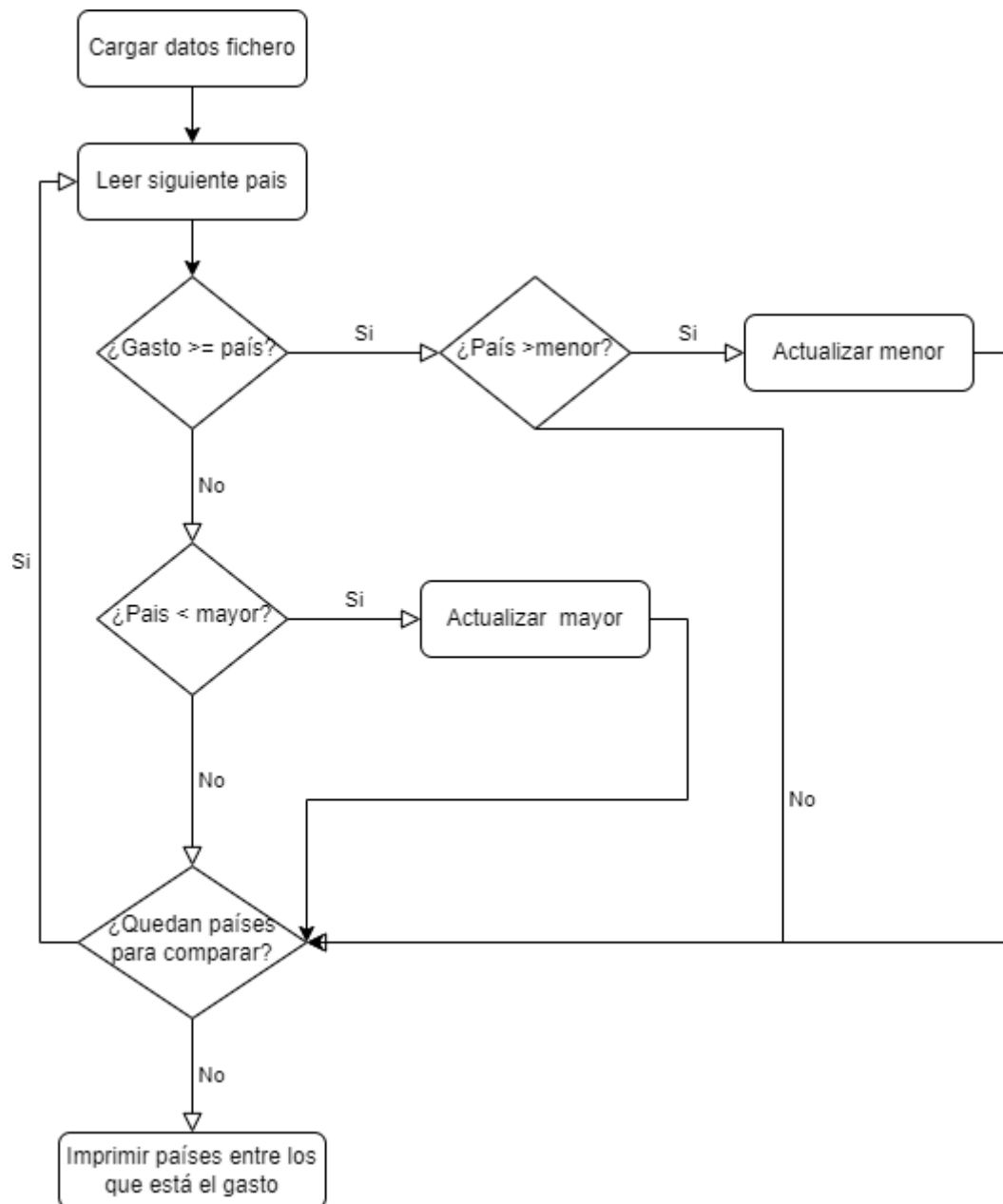


Ilustración 3.5 Diagrama de flujo del método *compararGasto*

Este nuevo método se invoca junto con la impresión de datos eléctricos, quedando una salida con la siguiente estructura:

Bloque encontrado. Bloque: -----

Dificultad Media: -----

Bloques Minados: -----

Proporción: -----

Dificultad Actual: -----

Tasa calculada: -----Ths

El código empezó a: -----
El código acabó a: -----
Gasto de la red con ASIC grandes: -----mWh
Gasto de la red con ASIC grandes al año: -----tWh/año
Gasta más que -----, que consume -----tWh/año
Gasta menos que -----, que consume -----tWh/año
Gasto de la red con ASIC pequeños: -----mWh
Gasto de la red con ASIC pequeños al año: -----tWh/año
Gasta más que -----, que consume -----tWh/año
Gasta menos que -----, que consume -----tWh/año
Gasto de la red con ASIC medios: -----mWh
Gasto de la red con ASIC medios al año: 5.257811657355077tWh/año
Gasta más que -----, que consume -----tWh/año
Gasta menos que -----, que consume 5.377tWh/año
Gasto de la red usando Aikapool de referencia: -----mWh
Gasto al año de la red usando Aikapool de referencia: -----tWh/año
Gasta más que -----, que consume -----tWh/año
Gasta menos que -----, que consume -----tWh/año

Tabla 3.3 Ejemplo de salida del programa CalcularGasto

Con esto obtenemos ya un sistema de referencia para juzgar si el gasto es grande o pequeño, teniendo así el gasto de la red global.

3.3 Rentabilidad de minar en España

Tras calcular los gastos individuales y globales, solo quedaba un objetivo por completar. Ver si es rentable minar en España. Para hacerlo, se tuvo en cuenta dos tipos de situaciones. Minado en solitario y minado en un Pool.

En el primer caso, cada vez que se mine un bloque nos quedaremos toda la recompensa, 10.000DOGE. En el segundo caso, si minamos un bloque un porcentaje será donado al pool, siendo una comisión que luego el pool reparte al resto de sus miembros. En caso de que otro miembro del pool mine un bloque, recibiremos nuestra parte de la comisión hecha al minero acorde a las reglas del pool, que suelen ser por la aportación que hacemos con nuestra tasa de minado. En ambos casos ganaremos monedas, y en ambos tendremos que amortizar los gastos

en electricidad. La pregunta ahora es si en alguno de los dos casos podremos amortizar los costes.

Pero para poder hacer los cálculos, hacía falta un precio de la electricidad. Para ello, se buscó los precios de diversas compañías en España, ya que no todo el mundo tiene contratada la misma empresa. Para ello, se usó la página Tarifa Luz hora por Selectra[67]. Esta página incluye una tabla con los precios de la electricidad a cada hora del día actual además del precio de varias empresas.

Con estos precios se creó un precio promedio de la luz. Este es un precio medido en kWh/€, por lo que todas las tasas de hash durante los cálculos de este objetivo se pasaron a kWh.

Una vez obtenido el precio de la electricidad, solo hacía falta el precio de Dogecoin. El problema de este precio es que muy sensible y volátil, pudiendo cambiar de una hora a otra. Es por ello que se eligió hacer todos los cálculos iniciales con un mismo precio y suponiendo que se mantendría entre 0,1€ y 0,2€. Por lo menos durante los cálculos iniciales y la búsqueda de un método de cálculo. Esta suposición del rango del precio se hizo en base a los precios que tuvo la moneda desde enero hasta el momento de estos cálculos a finales de Abril.

Para realizar un análisis más completo se comparó los precios de Dogecoin y de la electricidad, comparando su precio y la proporción de la electricidad respecto a Dogecoin, creando dos pequeñas gráficas para hacerlo más visual y explicativo.

3.3.1 Gasto eléctrico aparatos de minado

Para poder ver bien los gastos, lo primero que se planteó fue el gasto individual de cada aparato. Para ello, se cogió cada combinación de ordenador y portátil y se calculó su gasto por hora. Con su coste eléctrico calculado previamente en el cálculo de gastos de minero individual, tan solo hacía falta aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Coste eléctrico} = \text{Tasa eléctrica} \times 10^3 \times \text{precio}$$

Ecuación 10 Cálculo del coste eléctrico de un aparato

Se multiplicaba por 10^3 debido a que las unidades estaban en Wh y hacía falta pasarlo a kWh. Una vez se tenía este precio, se pasó a lo que gastaba más. Los ASIC.

Para ellos se hizo lo mismo, calculando para todos su gasto en una hora, además de calcular después cuanto gastarían para un minero experto. Es decir, para los que minan 24 horas al día todos los días. Para ello, el coste generado se multiplicó por 24 para tener el diario y luego por 32, que es el periodo de días que cuentan en la factura. De esta manera se quería ver su comparación con el gasto mensual de un ciudadano promedio.

Una vez se tuvo los costes de cada aparato al día y por hora, se procedió a ver el gasto comparado con la factura de un ciudadano español promedio, queriendo ver cuántos con tan solo un aparato minando superaban la factura de la luz y cuantos se quedaban por debajo, además de querer ver la proporción respecto a la factura.

Con todo esto calculado, se pudo pasar a ver las dos situaciones planteadas.

3.3.2 Minado en solitario

Para calcular el dinero ganado en solitario se hizo la siguiente hipótesis. Iba a ganar tantas DOGE como su porcentaje de la tasa global. Es decir, si tiene un 1% de la tasa global, ganaría un 1% de las DOGE generadas en el espacio de tiempo que minase. Para esta hipótesis también se supuso que no se bajaría del 1% de tasa, no haciendo cálculos para tasas menores del 1% y que se minaría mínimo 1 hora.

Para este escenario se plantearon también dos escenarios. Minar durante 24 horas y minar durante 8 horas. Con esto planteado, se calcularon el total de DOGE generados en esas horas. Para ello, se hizo lo siguiente:

$$DOGE \text{ generado} = \text{Horas} \times 60 \times 10.000$$

Ecuación 11 DOGEs generados en un número de horas

Siendo 60 el valor para pasar de horas a minutos y 10.000 la recompensa por bloque, sin contar la comisión por minado, ya que esta varía de un bloque a otro.

Con esto calculado, se tomó un valor aproximado de la tasa de minado de la red global de Dogecoin a partir del valor calculado durante el objetivo anterior a partir de los datos recopilados en momentos distintos del tiempo. Tras esto, se generó una tabla como la siguiente:

Porcentaje	Tasa (Ghs)	DOGEs (X horas)	Dinero (€)	Electricidad	Gasto (€)	Ganancias	Monedas necesarias	Diferencia monedas
100%	500000							
75%	375000							
50%	250000							
25%	125000							
10%	50000							
5%	25000							
1%	5000							

Tabla 3.4 Plantilla de tabla usada para el cálculo de rentabilidad en solitario

Siendo cada valor:

- **Porcentaje:** porcentaje de la tasa de minado
- **Tasa (Ghs):** tasa de minado de la red respecto al porcentaje, medido en Ghs.
- **DOGEs (X horas):** porcentaje de DOGE obtenidos por bloque en X horas.
- **Dinero(€):** dinero generado por los DOGE obtenidos
- **Electricidad:** electricidad que se consume debido a esa tasa de minado.
- **Gasto(€):** dinero que cuesta la electricidad consumida.
- **Ganancias:** El dinero ganado menos el gasto.
- **Monedas necesarias:** dado ese gasto eléctrico, DOGE necesarias para amortizarlo.
- **Diferencia de monedas:** Monedas necesarias menos DOGE ganado.

Con esto se quería ver si puede salir rentable minar en solitario y cuánto costaría ser rentable. Aunque claro, queda indicar cómo se hizo el cálculo de gasto eléctrico.

Este se hizo de la misma forma que para la red, pero sin Aikapool de referencia, ya que un solo minero si tuviera una granja de minado tendría todos sus ASIC del mismo modelo, por lo que solo se usó los métodos referentes a ASIC, usando el método intermedio para calcular el gasto eléctrico generado. Al ser tasas de minado tan grandes no se usaron los datos de ordenadores de sobremesa ni portátiles.

Por supuesto nadie puede tener el 100% de la tasa de minado, pues hay más mineros y por tanto no se puede tener el 100%, pero es solo para ver cuanta tasa se necesita para ser rentable y cuantas DOGE harían falta para cubrir esos gastos.

3.3.3 Minado en un pool

Para ver las ganancias que se pueden obtener con un pool se usó un dato obtenido durante las pruebas realizadas con Unmineable. Las Dogecoin ganadas en una hora. Puede que Unmineable no mine Dogecoin, si no otra moneda, pero para ser rentable con Dogecoin tan solo hay que obtenerlas, por lo que ahora que minase otra criptomoneda no era ningún problema. La única restricción que da Unmineable es que no puedes obtener tus monedas hasta que hayas juntado 30 DOGE en total. Una vez obtenidas 30, puedes reclamarlas cuando quieras.

Sabiendo mi propia tasa de minado y las DOGE ganadas en cuanto tiempo, podía calcular cuánto se ganaría con cada ASIC en un cierto tiempo y ver si era rentable o no. Es decir, si las ganancias superan los gastos. Para ello, se diseñó la siguiente fórmula:

$$DOGE \text{ ganado} = Horas \times \frac{Tasa \times Ganancias}{Mi \text{ tasa original}}$$

Ecuación 12 DOGEs ganados en Unmineable en un número de horas

Esto para cada ASIC suponiendo que cada uno mina una hora y que no minas ningún bloque, sino que lo hace otro miembro del pool. Si en ese tiempo se minase algún bloque, las ganancias serían mayores.

La razón de usar Unmineable como pool para hacer los cálculos y no otros es debido a que no se tiene datos del posible dinero ganado. Aikapool lleva varias semanas sin minar ningún bloque y no se sabe cuándo logrará volver a minar otro, por lo que no sería rentable al no ganar dinero ni DOGE, además de no saber cuánto dinero se podría ganar. Con F2Pool se tenía un problema parecido. Su tasa de minado es mucho mayor, minando un alto porcentaje de bloques diarios. El problema es que no se sabía cuánto reparte y en base a qué criterios, además de que mina Litecoin a la vez que Dogecoin. Así que, aunque es más posible ganar más DOGE con este pool, el cálculo no se realizó con él debido a la falta de datos.

Aun así, se logró obtener unos cálculos sobre los posibles gastos y ganancias dentro de un pool, logrando así terminar con el último de los objetivos marcados.

4. LÍMITES DEL MÉTODO

Como todos los métodos, los aquí descritos parten de una serie de premisas e hipótesis que son los que marcan los límites de lo que este proyecto puede hacer. Junto a esto, se debe tener en cuenta que estos métodos no están desprovistos de posibles errores. Es por ello que antes de mostrar los resultados obtenidos en este capítulo se va a mostrar estos límites.

Para ello, se hará por cada uno de los objetivos.

4.1 Gastos de un minero individual

En este apartado se hicieron numerosas medidas, y como toda medida conlleva un error, estas también los tienen.

El aparato utilizado tiene un $\pm 2\%$ de error al tomar la medida. A esto se le debe sumar que la corriente que toman los aparatos no es constante, si no que varía en un pequeño rango, en torno a unos 5W que suben y bajan. Esto fue lo que llevó a la decisión de usar una media de todas las medidas tomadas, pues con un número se puede hacer cálculos, pero no con un rango de valores. Pero se creyó que la desviación del rango era lo bastante pequeña para poder seguir adelante.

Esto, respecto a los aparatos que se logró medir, pues con los ASIC no se pudo. Como no se tuvo ninguno, se tuvo que asumir para seguir con el proyecto que todas las medidas dadas por los fabricantes eran reales y certeras, dando algunos el margen de la medida (entre ± 2 y $\pm 8\%$, dependiendo del modelo) mientras que otros no lo decían. En todos los casos, se asumió que los valores dados por el fabricante eran las reales, realizando el cálculo con ellas.

Este margen en la medida hace que, a mayor número de ASICs, más errónea puede ser la medida. Es decir, con los gastos individuales se está muy cerca de la realidad, pero cuando se realizan los cálculos de los posibles gastos de las granjas de minado; cuantos más ASIC se tenía en cuenta, más error podía haber en la medida.

4.2 Gastos de la red completa

Debido a que se usaron datos de gente externa, pools y estudios; se tuvo que asumir que todos los datos e información eran veraces y acertados. Se trabajó bajo la hipótesis de que todos los datos dados tanto por Unmineable como por Aikapool eran certeros, exactos y estaban actualizados con un retraso máximo de 30 minutos.

4.2.1 Cálculos con Aikapool

Debido a que este trabajo tiene un tiempo en el que hacerse, se tenía un cierto tiempo para cada parte. Es por ello que de Aikapool solo se tomaron los datos de un día. Cada 30 minutos, pero solo durante un día, asumiendo que todos los días habría el mismo patrón o uno extremadamente parecido, suponiendo en todo momento que la tasa de minado se mantendría en ese rango de mínimo y máximo obtenido, al igual que con los mineros.

Respecto a los mineros y su gasto eléctrico para de ahí extrapolar los gastos del pool, se trabajó bajo la premisa de que, si tenían más de un ASIC, todos los que tuviese serían del mismo modelo. Esto para rebajar el número de variables y bajo la idea de que, si iba a comprar varios: los cogería todos iguales para facilitarse el trabajo de configuración. Lo que hace que puede haber variaciones respecto a la electricidad estimada y la real.

Esto también pasa con los mineros no visibles. De ellos solo se sabía el número y que su tasa aportada comprada con los visibles era mucho menor, pues daba un porcentaje muy pequeño del total. Por ello, se supuso que cada minero no visible tenía un único dispositivo de minado, siendo este un ASIC pequeño o un ordenador gaming. Esto debido del resultado de potencia que se obtuvo de la tasa restante entre el número de mineros. Puede ser que haya mineros no visibles que tengan varios dispositivos o dispositivos más pequeños que un ordenador gaming, como un ordenador de sobremesa o un portátil. Estos gastan menor electricidad, por lo que puede que el resultado sea mayor que el valor real del gasto eléctrico.

4.2.2 Cálculo de la red completa

Lo ideal para saber la electricidad exacta de la red es saber cuáles son los mineros, que aparatos usa cada uno, el tiempo que mina y la electricidad que gasta, pero esto es totalmente inviable de saber. Es por ello que cualquier otro método de cálculo eléctrico será una aproximación más o menos exacta.

Ambos métodos de ASIC son aproximaciones, pues la población de mineros es muy variada. Es por ello que el método de ASIC pequeños de un número mayor al real y el de ASIC grandes, un número menor que el real, dando la media un número cercano al real, pero no se tiene claro si por encima o por debajo o por cuanto de lejos. A esto se suma el método basado en Aikapool. Ese cuarto método depende completamente de que el cálculo con Aikapool esté bien hecho y sea exacto.

Aunque hay un problema mayor. Los cuatro métodos dependen totalmente de que la tasa de la red sea un número exacto o muy cercano al real. Si este número está mal, es mucho menor o mayor; el resultado es erróneo. Por ello es importante que el cálculo de la tasa sea lo más exacto posible.

Malamente, no se pudo saber lo acertado que es el método ya que, todos los que calculan la tasa de Dogecoin; no se ponen de acuerdo en el número, mostrando valores que difieren por 100Ths o más, por lo que se tuvo que confiar en que, la fórmula desarrollada por el estudio fuese correcta y ya hubiese tenido en cuenta todos los valores y escenarios posibles.

4.3 Rentabilidad del minado en España

En este apartado, todos los cálculos se hicieron con un mismo precio de Dogecoin y de electricidad en España. Esto implica que, a largo o corto plazo; los resultados pueden ya no ser útiles, ya que los números podrían variar lo bastante como para que pase de un estado de no rentabilidad a uno de rentabilidad o al revés.

Aunque esto en cierto modo lo tiene en cuenta el método, ya que estableció que el precio de Dogecoin estaría entre 0,1 y 0,2; el precio de la electricidad no se estimaron rangos, por lo que no se ha teniendo en cuenta ni que suba o baje. Tan solo se supuso que la relación con el precio de Dogecoin. Es decir, que sería mayor que este y nunca inferior.

Esto en el método global, pero se debe tener en cuenta las dos situaciones planteadas. Minado en solitario y minado en un pool.

4.3.1 Minado en solitario

Para poder analizar la minería en solitario, se tuvo que hacer todo dentro de una hipótesis que decía lo siguiente. De los DOGES que se minan en un periodo X de tiempo, obtendré un porcentaje Y de estos igual a mi porcentaje de la tasa de minado de la red.

Esto quiere decir que, si tengo el 75% de la tasa de minado de Dogecoin, minaré el 75% de los DOGES emitidos en el periodo de tiempo que esté minando. Y en el caso de tener por ejemplo el 0,0001%, obtendría el 0,0001% de los DOGES emitidos.

Además de esto, no se tuvieron en cuenta las comisiones como las recompensas, tan solo los 10.000 DOGE asegurados. Esto debido a que dependiendo del bloque la comisión sería distinta y es totalmente variable de uno a otro la cantidad, por lo que para simplificar el cálculo y hacerlo posible en un tiempo razonable, se supuso que al minar solo se obtenían 10.000 DOGE por bloque. Esto implica que podría ganarse más, pero al ser esto variable dificultaba y ralentizaba demasiado los cálculos, haciéndolos prácticamente inviables a la escala de este proyecto.

4.3.2 Minado en un pool

En este caso, todo este apartado se basó en los resultados obtenidos durante las mediciones de electricidad, en los DOGES ganados. Todos los cálculos se basaron en lo ganado, por lo que todo se basa en la suposición de que este dinero obtenido es algo que se va a mantener en el tiempo.

Es decir, que los DOGES ganados se van a mantener en un rango no muy variable. Para que esto sea necesario y el dato siga siendo válido, en Unmineable se debe mantener estable la potencia del pool. Es decir, la tasa de minado para la moneda de ese algoritmo debe mantenerse estable para poder mantener esas ganancias constantes o dentro de un rango muy pequeño.

En cuanto la tasa de minado del pool cambie, ya sea subiendo o bajando; o la propia moneda pase a tener muchos más mineros; el resultado dejaría de ser válido, pudiendo pasar de ser rentable a no serlo y al revés.

5. RESULTADOS

En este capítulo se van a presentar los resultados obtenidos en cada uno de los objetivos a través de la metodología explicada en el capítulo anterior. Solo se van a mostrar los datos de forma descriptiva, explorando las consecuencias de estos en las conclusiones. A continuación, ponemos un epígrafe por objetivo para mayor claridad.

Se debe aclarar que todos los resultados han sido truncados en la segunda decena para dar mayor legibilidad.

5.1 Gastos de un minero individual

En primer lugar, se van a mostrar los resultados obtenidos en el cálculo de los gastos eléctricos que tiene un minero en solitario. Para mayor claridad, se ha separado los gastos de los ordenadores y de los ASIC.

5.1.1 Gasto de ordenadores

En primer lugar, se muestran los datos de electricidad medidos, tanto minando como sin minar en los diferentes dispositivos y combinaciones. Con sin minar se refiere al ordenador encendido con tan solo un video de Youtube de fondo.

Actividad	Media (Wh)
Sin Minar Portátil	10,26
Minar Portátil	18,91
Sin Minar Torre	67,10
Minar Torre	117,81
Sin Minar TG	35,34
Minar CPU TG	92,01
Minar GPU TG	128,20
Torre y Portátil	136,72
TG GPU y Portátil	147,12
TG CPU y Portátil	110,92

Tabla 5.1 Gasto eléctrico de ordenadores minando y sin minar

Para mejor comparación de los datos y los gastos, se pasó los datos a un histograma, poniendo en verde las series del aparato sin minar para mejor visualización, estando en azul aquellas de un gasto eléctrico minando.

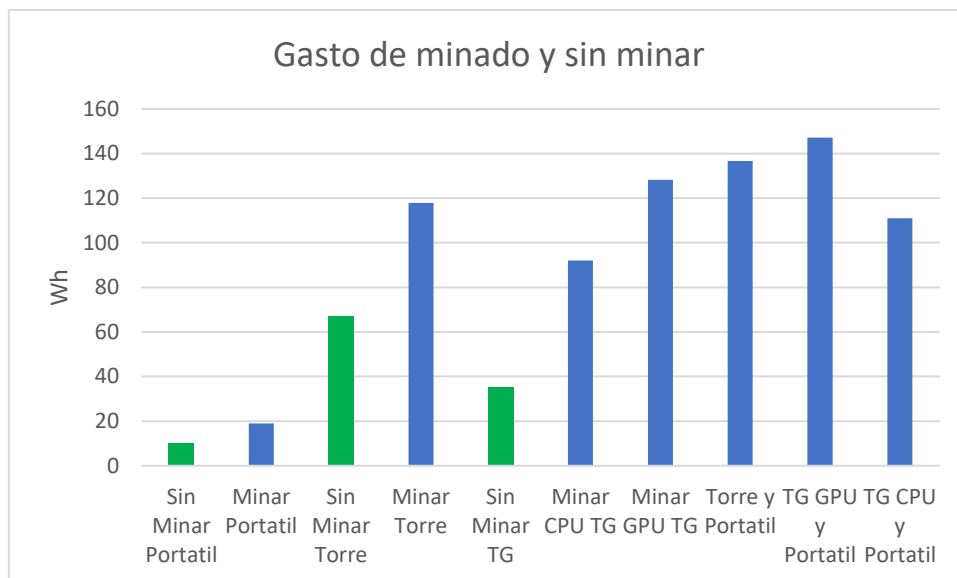


Ilustración 5.1 Comparación de gasto eléctrico de los diferentes aparatos

Tras tener los gastos de cada aparato, se procedió a comparar con los diferentes electrodomésticos mencionados en el capítulo anterior.

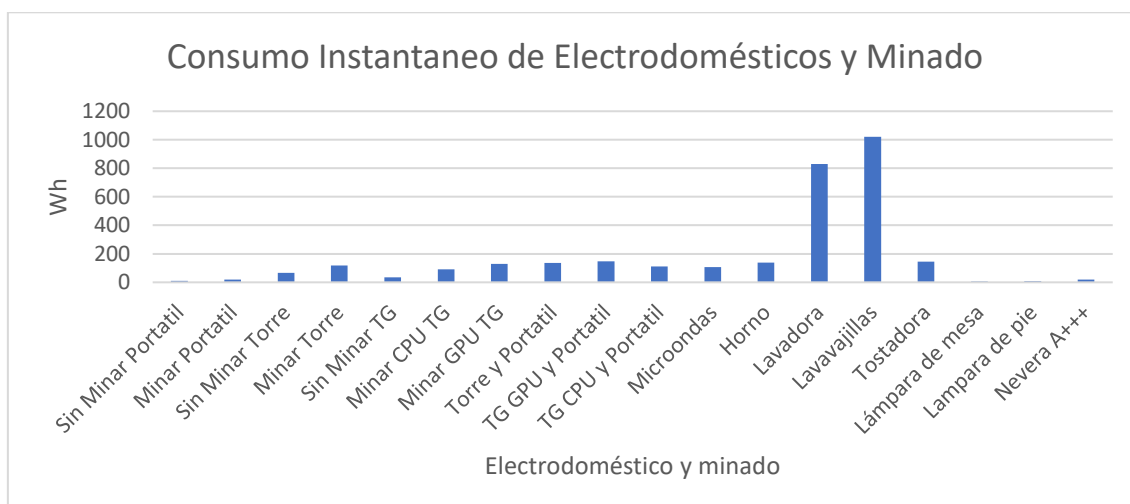


Ilustración 5.2 Consumo comparado de electrodomésticos y minado

Tras el gasto de cada aparato individual por hora, se muestra el consumo de un día de minado. Cada grupo de series es el número de horas que se ha minado, siendo la última columna la media de todas las horas. Es decir, 9,57 horas.

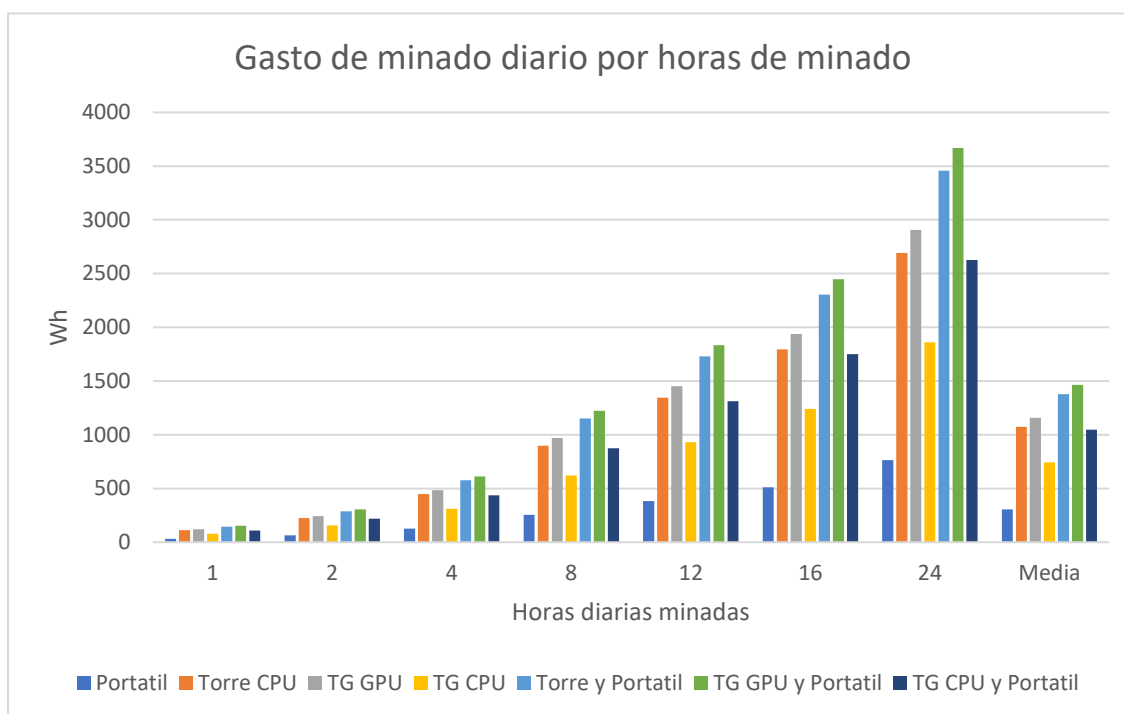


Ilustración 5.3 Gasto de un minero dependiendo de las horas que mine en un día con ordenadores

Los datos a partir de los cuales se realizó la tabla son los siguientes, estando todos en Wh.

Horas	Portátil	Torre CPU	TG GPU	TG CPU	Torre y Portátil	TG GPU y Portátil	TG CPU y Portátil
1	31,88	112,13	121,03	77,57	144,015	152,91	109,45
2	63,76	224,26	242,07	155,14	288,03	305,83	218,90
4	127,52	448,53	484,14	310,28	576,06	611,67	437,80
8	255,05	897,06	968,28	620,56	1152,12	1223,34	875,61
12	382,58	1345,60	1452,42	930,84	1728,18	1835,01	1313,42
16	510,11	1794,13	1936,57	1241,12	2304,24	2446,68	1751,23
24	765,17	2691,20	2904,85	1861,68	3456,37	3670,02	2626,85
Media	305,15	1073,27	1158,48	742,45	1378,43	1463,64	1047,61

Tabla 5.2 Datos de gasto diario de minado usando ordenadores y dependiendo de las horas de minado

Tras esto se pasa a mostrar el coste anual. El mensual se mostrará en el apartado de comparación con un ciudadano español. En este caso al ser anuales los datos han sido comparados con una nevera A+++.

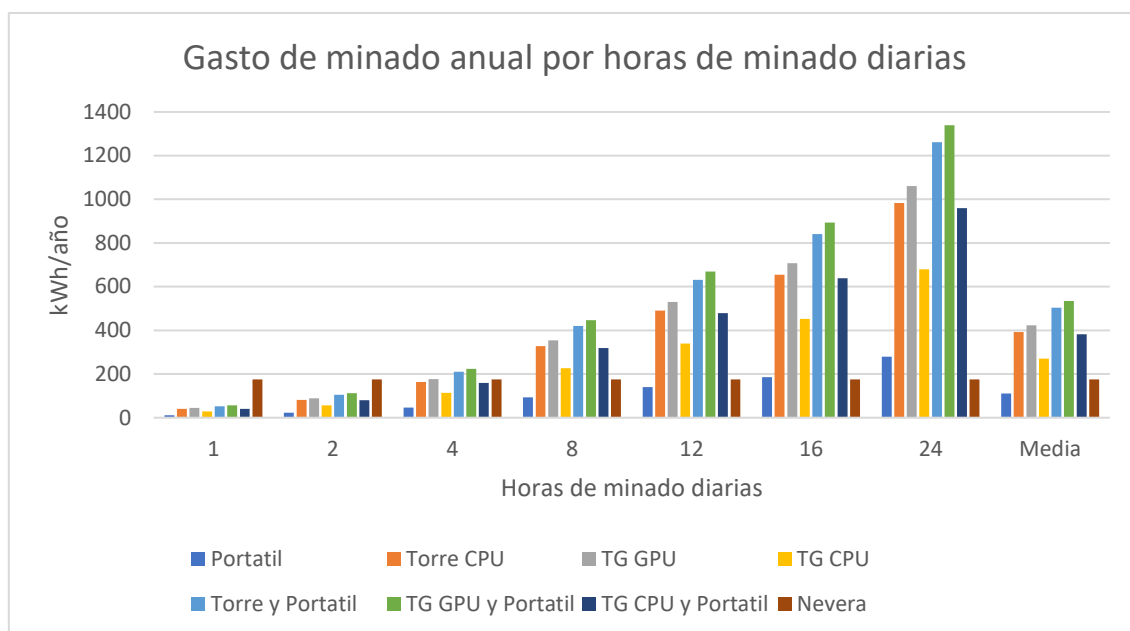


Ilustración 5.4 Gasto anual de un minero individual usando ordenadores dependiendo de las horas de minado diarias
 Los datos a partir de los cuales se ha realizado la gráfica son los siguientes, mostrados en kWh:

Horas Diarias	Portátil	Torre CPU	TG GPU	TG CPU	Torre y Portátil	TG GPU y Portátil	TG CPU y Portátil	Nevera
1	11,63	40,92	44,17	28,31	52,56	55,81	39,95	175
2	23,27	81,85	88,35	56,62	105,13	111,63	79,90	175
4	46,54	163,71	176,71	113,25	210,26	223,26	159,80	175
8	93,09	327,42	353,42	226,50	420,52	446,52	319,60	175
12	139,64	491,14	530,13	339,75	630,78	669,78	479,40	175
16	186,19	654,85	706,84	453,01	841,05	893,04	639,20	175
24	279,28	982,28	1060,27	679,51	1261,57	1339,56	958,80	175
9,57	111,38	391,74	422,84	270,99	503,12	534,22	382,37	175

Tabla 5.3 Gasto anual de un minero usando ordenadores por horas de minado diarias

5.1.1.2 Comparación con otras aplicaciones

Para saber si el gasto era grande o menor, se comparó el minado con otras actividades. Los datos obtenidos se muestran en forma de gráfico de barras para facilitar la comparación.

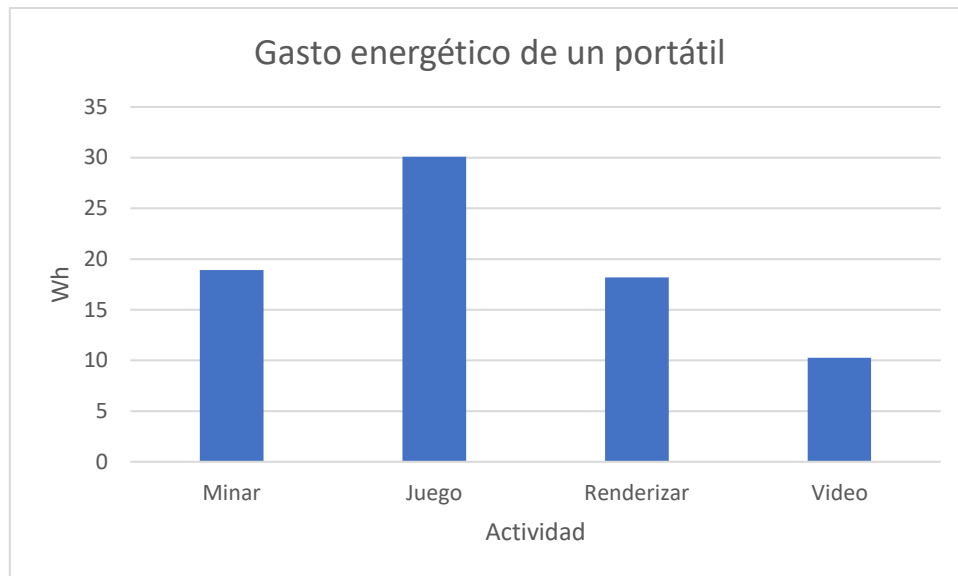


Ilustración 5.5 Comparación de gasto eléctrico en un portátil con distintas tareas

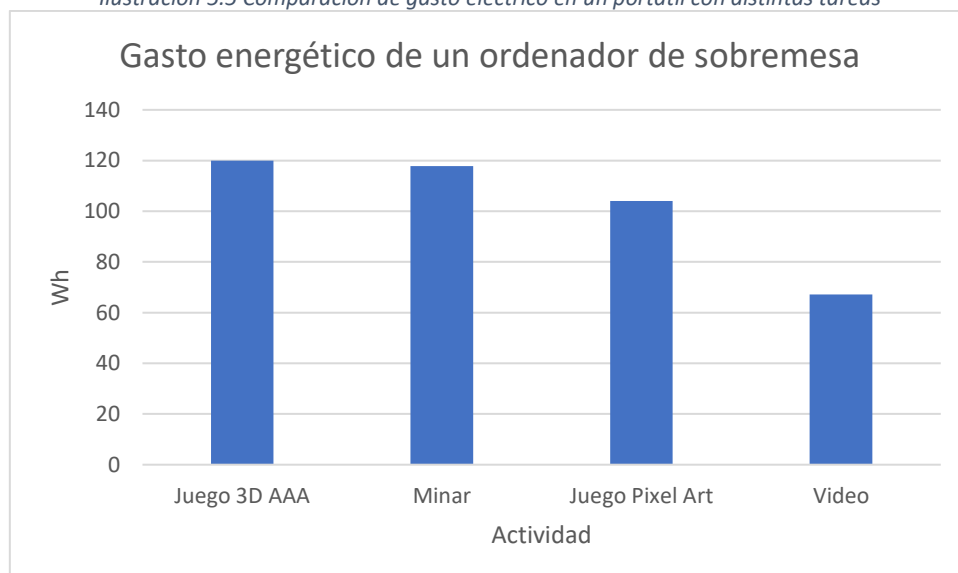


Ilustración 5.6 Comparación de gasto eléctrico en un ordenador de sobremesa con distintas tareas

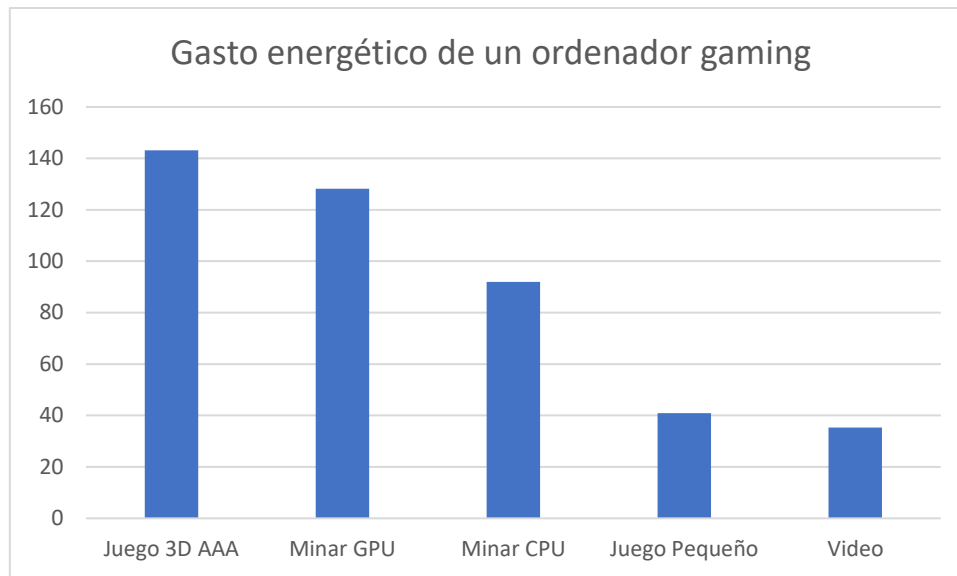


Ilustración 5.7 Comparación de gasto eléctrico en un ordenador gaming con distintas tareas

5.1.1.3 Comparación con ciudadano español

Con todos los gastos calculados, se procede a comparar con un ciudadano español. Para ello, se calcularon los resultados de la electricidad gastada al mes por un minero dependiendo del aparato y las horas diarias, obteniendo los siguientes datos en kWh:

Horas diarias	Portátil	Torre CPU	TG GPU	TG CPU	Torre y Portátil	TG GPU y Portátil	TG CPU y Portátil
1	0,60	3,77	4,10	2,94	4,37	4,70	3,54
2	1,21	7,54	8,20	5,88	8,75	9,41	7,09
4	2,42	15,08	16,41	11,77	17,50	18,83	14,19
8	4,84	30,16	32,82	23,55	35,01	37,66	28,39
12	7,26	45,24	49,23	35,33	52,50	56,49	42,59
16	9,68	60,32	65,64	47,10	70,01	75,32	56,79
24	14,52	90,48	98,46	70,66	105,01	112,99	85,18
9,57	5,79	36,08	39,26	28,18	41,87	45,06	33,97

Tabla 5.4 Gasto al mes de un minero usando ordenadores y según las horas de minado diarias

Con los gastos en un mes ya se puede hacer la comparación con los gastos de un ciudadano español. En primer lugar, se usó la factura propia de febrero de 2022, que fue de 140kWh.

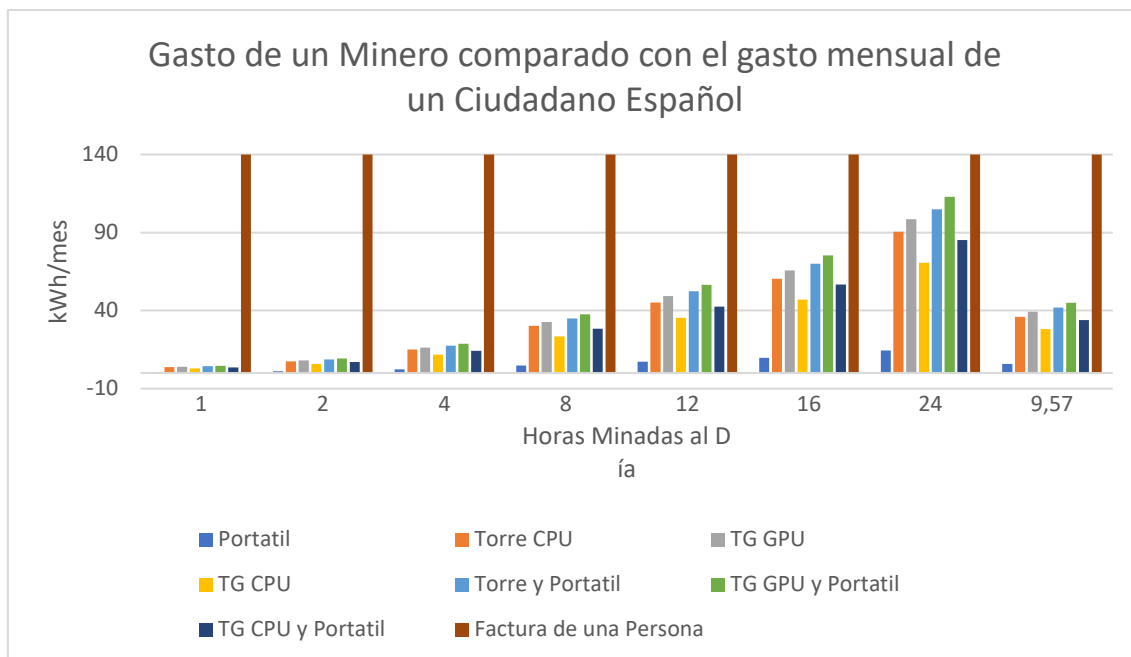


Ilustración 5.8 Gasto mensual de un minero comparado con mi gasto en febrero de 2022

Para ver mejor lo que esto representa, se convirtió el valor en una proporción con la factura, para ver así cuanto crecería. Entre 0 y 1 es menor que la factura, mayor que 1 es mayor que la factura.

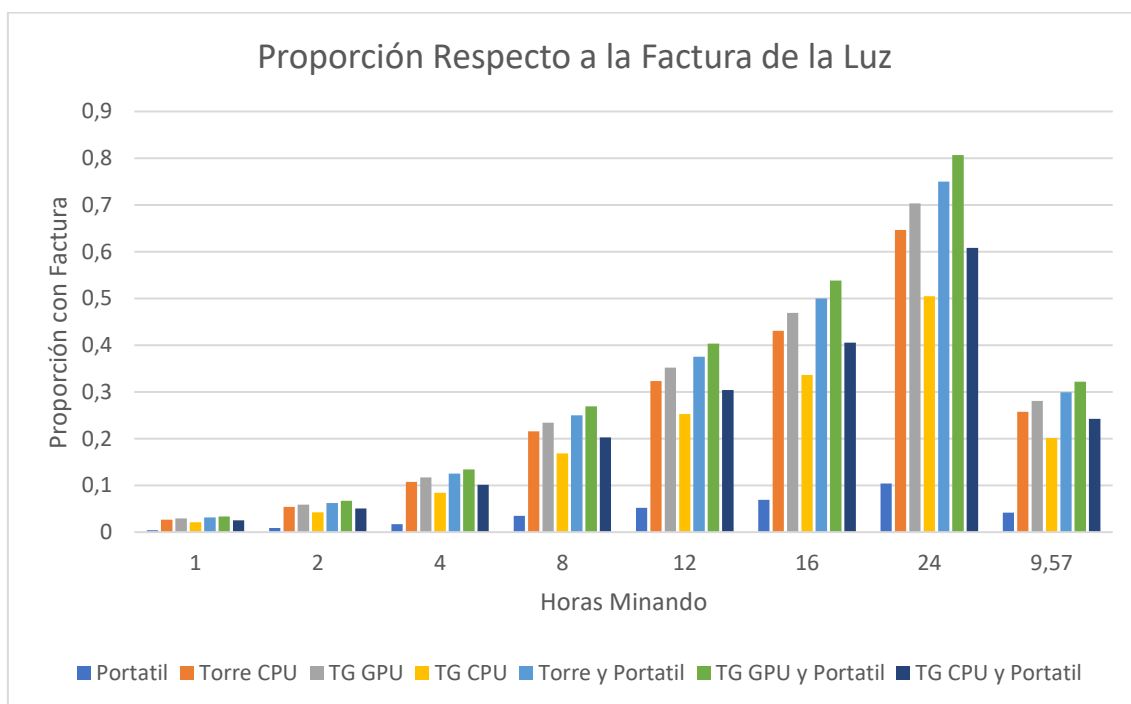


Ilustración 5.9 Proporción del gasto de un minero al mes respecto a mi gasto en febrero de 2022

Para la comparación más general se usó el gasto de un español promedio, que es de 291kWh.

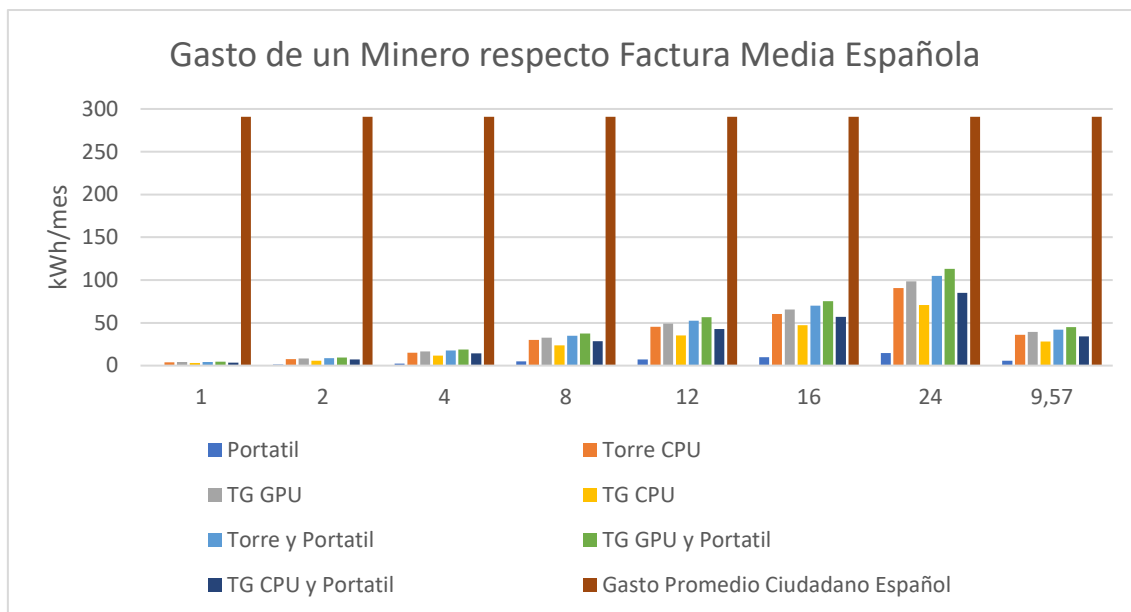


Ilustración 5.10 Gasto mensual de un minero comparado con un español promedio

Igual que con la comparación mi factura, aquí se muestra la proporción que ocupa de la factura.

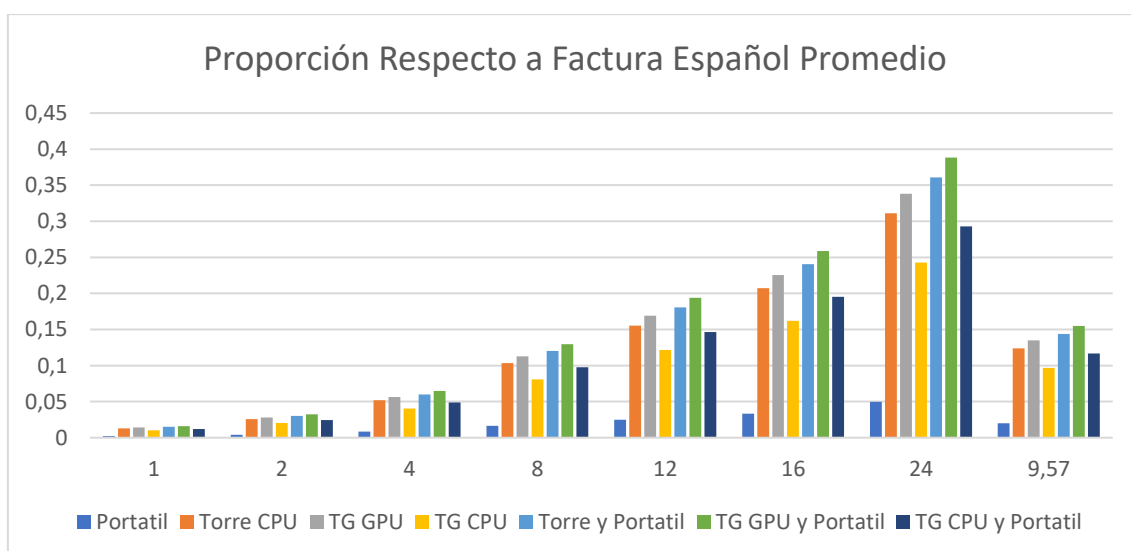


Ilustración 5.11 Proporción del gasto de un minero al mes respecto de un ciudadano español promedio

5.1.2 Gasto de ASICs

En este epígrafe se muestran tanto los mineros con un solo ASIC como aquellos que tienen más de uno, estando en epígrafes distintos.

5.1.2.1 Gasto de un solo ASIC

Los ASICs usados para este proyecto y sus datos son los siguientes:

Aparato	Tasa dada por el comerciante	Potencia (Wh)	Potencia (Ghs/s)
Goldshell Mini-DOGE[39]	185Mhs/s	233	0,18
Antminer L3+[40]	504Mhs/s	800	0,50
Goldshell Mini-DOGE Pro[41]	205Mh/s	220	0,20
Antminer L7[42]	9,5Ghs/s	3425	9,50

Antiminer L3++[43]	580Mhs/s	942	0,58
Innosilicon A6+[44]	2,2Ghs/s	2100	2,20
Goldshell LT5[45]	2,05Ghs/s	2080	2,05
Goldshell LT5 Pro[46]	2,455Ghs/s	3100	2,45
BW L21[47]	550Mhs/s	950	0,55
Goldshell LT6[48]	3,35Ghs/s	3200	3,35
Innosilicon A4+[49]	620Mhs/s	750	0,62
ZeusMiner Volcano[58]	300Mhs/S	1000	0,30
FusionSilicon X6[50]	860Mhs/s	1160	0,86
Innosilicon A6[51]	1230Mh/s	1500	1,23
Goldshell XS6[52]	1,78Ghs/s	2250	1,78
Goldshell XS5[53]	1,36Ghs/s	1850	1,36
Goldshell X5[54]	850Mhs/s	1450	0,85
Media	-	1678,33	1,77

Tabla 5.5 ASICs usados en el proyecto y sus estadísticas

Para la comparación del gasto de cada uno por hora, se ha realizado un histograma que permita un análisis rápido y visual.

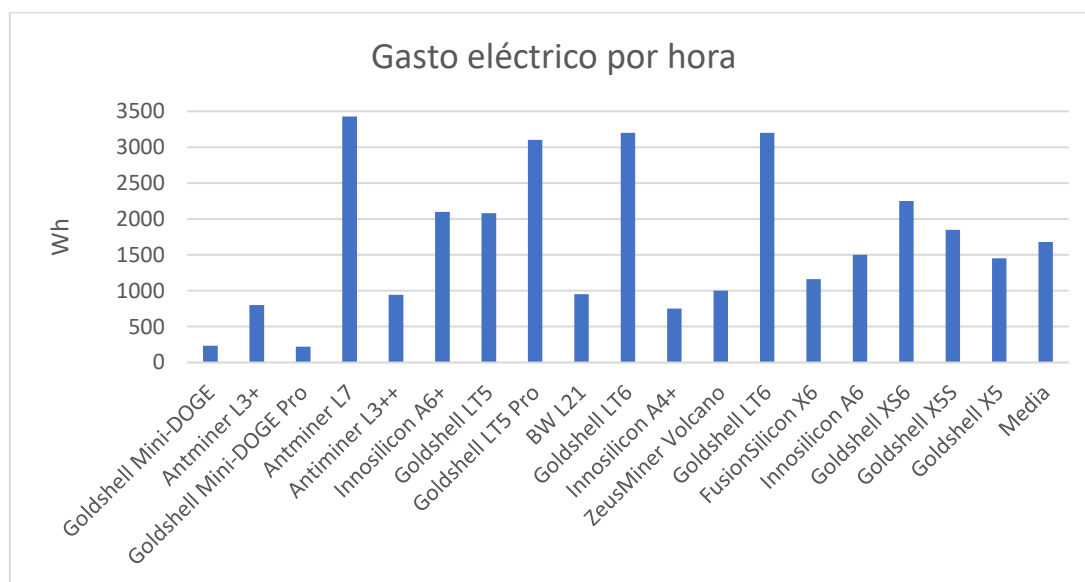


Ilustración 5.12 Gasto por hora de cada ASIC usado

Con los datos de los ASIC, se calculó su gasto en un día minando durante las 24 horas seguidas.

Aparato	kWh
Goldshell Mini-DOGE[39]	5,59
Antminer L3+[40]	19,20
Goldshell Mini-DOGE Pro[41]	5,28
Antminer L7[42]	82,20
Antiminer L3++[43]	22,60
Innosilicon A6+[44]	50,40
Goldshell LT5[45]	49,92
Goldshell LT5 Pro[46]	74,40
BW L21[47]	22,80

Goldshell LT6[48]	76,80
Innosilicon A4+[49]	18
ZeusMiner Volcano[58]	24
FusionSilicon X6[50]	27,84
Innosilicon A6[51]	36
Goldshell XS6[52]	54
Goldshell X5S[53]	44,40
Goldshell X5[54]	34,80
Media	40,28

Tabla 5.6 Gasto al día de un ASIC en kWh minando 24 horas seguidas

Para mejor comparación, se muestran los datos en un histograma.



Ilustración 5.13 Gasto de un ASIC minando 24 horas seguidas

Con el gasto diario, se pudo calcular su gasto mensual, usando 32 días en vez de 30 para poder comparar el gasto con un ciudadano español promedio.

Aparato	kWh	Proporción ciudadano
Goldshell Mini-DOGE[39]	178,94	0,61
Antminer L3+[40]	614,40	2,11
Goldshell Mini-DOGE Pro[41]	168,96	0,58
Antminer L7[42]	2630,40	9,03
Antminer L3++[43]	723,45	2,48
Innosilicon A6+[44]	1612,80	5,54
Goldshell LT5[45]	1597,44	5,48
Goldshell LT5 Pro[46]	2380,80	8,18
BW L21[47]	729,60	2,50
Goldshell LT6[48]	2457,60	8,44
Innosilicon A4+[49]	576	1,97
ZeusMiner Volcano[58]	768	2,63
FusionSilicon X6[50]	890,88	3,06
Innosilicon A6[51]	1152	3,95
Goldshell XS6[52]	1728	5,93

Goldshell X5S[53]	1420,80	4,88
Goldshell X5[54]	1113,60	3,82
Media	1288,96	4,42
Ciudadano	291	1

Tabla 5.7 Gasto de un ASIC al mes minando 24 horas seguidas, comparado con español promedio

Proporción es en proporción al ciudadano, siendo menor que 1 menor gasto que un ciudadano y mayor que 1 mayor el gasto y en cuanto proporción mayor. Si es uno es que el gasto es el mismo.

Para un análisis más sencillo y visual, de nuevo se pasó los datos a un histograma.



Ilustración 5.14 Gasto mensual de un ASIC minando 24 horas seguidas durante 32 días

En segundo lugar, para ver mejor la relación de gasto con un ciudadano y ver cada ASIC por cuantos ciudadanos cuenta, se muestra las proporciones en la siguiente gráfica:



Ilustración 5.15 Proporción del gasto mensual respecto a un ciudadano español promedio

Finalmente, se calculó el gasto anual para cada ASIC:

Aparato	kWh
Goldshell Mini-DOGE[39]	2041,08
Antminer L3+[40]	7008
Goldshell Mini-DOGE Pro[41]	1927,20
Antminer L7[42]	30003
Antiminer L3++[43]	8251,92
Innosilicon A6+[44]	18396
Goldshell LT5[45]	18220,80
Goldshell LT5 Pro[46]	27156
BW L21[47]	8322
Goldshell LT6[48]	28032
Innosilicon A4+[49]	6570
ZeusMiner Volcano[58]	8760
FusionSilicon X6[50]	10161,60
Innosilicon A6[51]	13140
Goldshell XS6[52]	19710
Goldshell X5S[53]	16206
Goldshell X5[54]	12702
Media	14702,20

Tabla 5.8 Gasto anual de cada ASIC

Como en los otros casos, se pasó los datos a histograma para mejor visualización y comparación.



Ilustración 5.16 Gasto anual de cada ASIC minando 24 horas todos los días

5.1.2.2 Gasto de las granjas de minado

En este epígrafe están los grupos de varios ASIC, las llamadas granjas de minado. Debido a lo grande de las tablas, cada una se ha partido en dos para poder leerlas y que entrasen en el documento. Como los datos son muy números, tras cada tabla se muestra un histograma con los datos medios de cada tipo de granja. Los tipos son dependiendo del número de máquinas que tiene.

En primer lugar, el gasto diario en kWh.

Aparato/Máquinas	2	3	4	5	6	7	8
Goldshell Mini-DOGE[39]	11,18	16,77	22,36	27,96	33,55	39,14	44,73
Antminer L3+[40]	38,40	57,60	76,80	96	115,20	134,40	153,60
Goldshell Mini-DOGE Pro[41]	10,56	15,84	21,12	26,40	31,68	36,96	42,24
Antminer L7[42]	164,40	246,60	328,80	411	493,20	575,40	657,60
Antminer L3++[43]	45,21	67,82	90,43	113,04	135,64	158,25	180,86
Innosilicon A6+[44]	100,80	151,20	201,60	252	302,40	352,80	403,20
Goldshell LT5[45]	99,84	149,76	199,68	249,60	299,52	349,44	399,36
Goldshell LT5 Pro[46]	148,80	223,20	297,60	372	446,40	520,80	595,20
BW L21[47]	45,60	68,40	91,20	114	136,80	159,60	182,40
Goldshell LT6[48]	153,60	230,40	307,20	384	460,80	537,60	614,40
Innosilicon A4+[49]	36	54	72	90	108	126	144
ZeusMiner Volcano[58]	48	72	96	120	144	168	192
FusionSilicon X6[50]	55,68	83,52	111,36	139,20	167,04	194,88	222,72
Innosilicon A6[51]	72	108	144	180	216	252	288
Goldshell XS6[52]	108	162	216	270	324	378	432
Goldshell XS5[53]	88,80	133,20	177,60	222	266,40	310,80	355,20
Goldshell X5[54]	69,60	104,40	139,20	174	208,80	243,60	278,40
Media	60,42	120,84	161,10	201,40	241,68	281,90	322,24

Tabla 5.9 Gasto diario de granjas de minado Tabla 1

Aparato/Máquinas	9	10	15	20	40	100
------------------	---	----	----	----	----	-----

Goldshell Mini-DOGE[39]	50,32	55,92	83,88	111,84	223,68	559,20
Antminer L3+[40]	172,80	192	288	384	768	1920
Goldshell Mini-DOGE Pro[41]	47,52	52,80	79,20	105,60	211,20	528
Antminer L7[42]	739,80	822	1233	1644	3288	8220
Antminer L3++[43]	203,47	226,08	339,12	452,16	904,32	2260,80
Innosilicon A6+[44]	453,60	504	756	1008	2016	5040
Goldshell LT5[45]	449,28	499,20	748,80	998,40	1996,80	4992
Goldshell LT5 Pro[46]	669,60	744	1116	1488	2976	7440
BW L21[47]	205,20	228	342	456	912	2280
Goldshell LT6[48]	691,20	768	1152	1536	3072	7680
Innosilicon A4+[49]	162	180	270	360	720	1800
ZeusMiner Volcano[58]	216	240	360	480	960	2400
FusionSilicon X6[50]	250,56	278,40	417,60	556,80	1113,60	2784
Innosilicon A6[51]	324	360	540	720	1440	3600
Goldshell XS6[52]	486	540	810	1080	2160	5400
Goldshell X5S[53]	399,60	444	666	888	1776	4440
Goldshell X5[54]	313,20	348	522	696	1392	3480
Media	362,52	402,80	604,20	805,60	1611,20	4028

Tabla 5.10 Gasto diario de granjas de minado Tabla 2

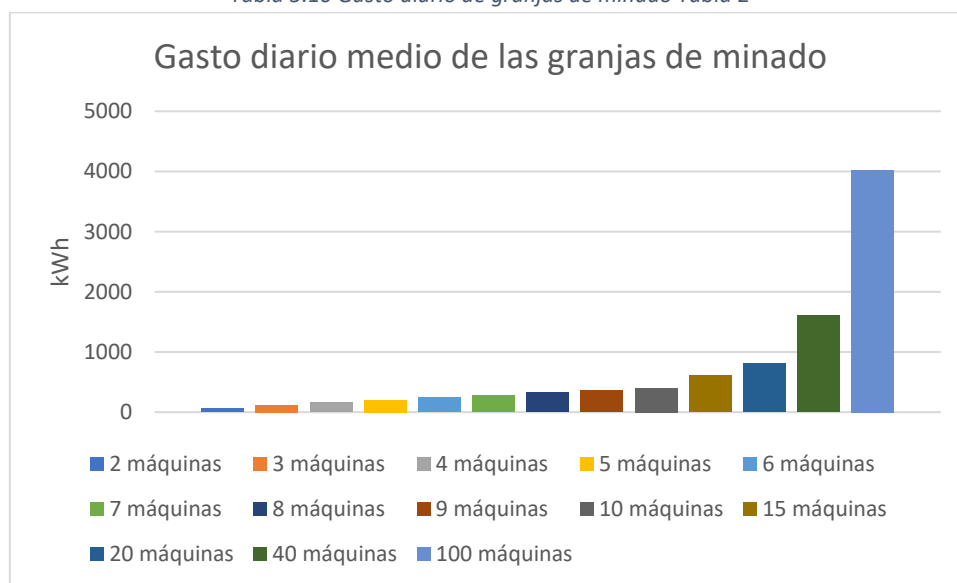


Ilustración 5.17 Gasto diario medio de las granjas de minado

Gasto mensual en mWh.

Aparato/Máquinas	2	3	4	5	6	7	8
Goldshell Mini-DOGE[39]	0,35	0,53	0,71	0,89	1,07	1,25	1,43
Antminer L3+[40]	1,22	1,84	2,45	3,07	3,68	4,30	4,91
Goldshell Mini-DOGE Pro[41]	0,33	0,50	0,67	0,84	1,01	1,18	1,35
Antminer L7[42]	5,26	7,89	10,52	13,15	15,78	18,41	21,04
Antminer L3++[43]	1,44	2,17	2,89	3,617	4,34	5,06	5,78
Innosilicon A6+[44]	3,22	4,83	6,45	8,06	9,67	11,28	12,90
Goldshell LT5[45]	3,19	4,79	6,38	7,98	9,58	11,18	12,77
Goldshell LT5 Pro[46]	4,76	7,14	9,52	11,90	14,28	16,66	19,04

BW L21[47]	1,45	2,18	2,91	3,64	4,37	5,10	5,83
Goldshell LT6[48]	4,91	7,37	9,83	12,28	14,74	17,20	19,66
Innosilicon A4+[49]	1,15	1,72	2,30	2,88	3,45	4,03	4,60
ZeusMiner Volcano[58]	1,53	2,30	3,07	3,84	4,60	5,37	6,14
FusionSilicon X6[50]	1,78	2,67	3,56	4,45	5,34	6,23	7,12
Innosilicon A6[51]	2,30	3,45	4,60	5,76	6,91	8,06	9,21
Goldshell XS6[52]	3,45	5,18	6,91	8,64	10,36	12,09	13,82
Goldshell X5S[53]	2,84	4,26	5,68	7,10	8,52	9,94	11,36
Goldshell X5[54]	2,22	3,34	4,45	5,56	6,68	7,79	8,90
Media	2,57	3,86	5,15	6,44	7,73	9,02	10,31

Tabla 5.11 Gasto mensual de granjas de minado Tabla 1

Aparato/Máquinas	9	10	15	20	40	100
Goldshell Mini-DOGE[39]	1,61	1,78	2,68	3,57	7,15	17,89
Antminer L3+[40]	5,52	6,14	9,21	12,28	24,57	61,44
Goldshell Mini-DOGE Pro[41]	1,52	1,68	2,53	3,37	6,75	16,89
Antminer L7[42]	23,67	26,30	39,45	52,60	105,21	263,04
Antminer L3++[43]	6,51	7,23	10,85	14,46	28,93	72,34
Innosilicon A6+[44]	14,51	16,12	24,19	32,25	64,51	161,28
Goldshell LT5[45]	14,37	15,97	23,96	31,94	63,89	159,74
Goldshell LT5 Pro[46]	21,42	23,80	35,71	47,61	95,23	238,08
BW L21[47]	6,56	7,29	10,94	14,59	29,18	72,96
Goldshell LT6[48]	22,11	24,57	36,86	49,15	98,30	245,76
Innosilicon A4+[49]	5,18	5,76	8,64	11,52	23,04	57,60
ZeusMiner Volcano[58]	6,91	7,68	11,52	15,36	30,72	76,80
FusionSilicon X6[50]	8,017	8,90	13,36	17,81	35,63	89,08
Innosilicon A6[51]	10,36	11,52	17,28	23,04	46,08	115,20
Goldshell XS6[52]	15,55	17,28	25,92	34,56	69,12	172,80
Goldshell X5S[53]	12,78	14,20	21,31	28,41	56,83	142,08
Goldshell X5[54]	10,02	11,13	16,70	22,27	44,54	111,36
Media	11,60	12,88	19,33	25,77	51,55	128,89

Tabla 5.12 Gasto mensual de granjas de minado Tabla 2

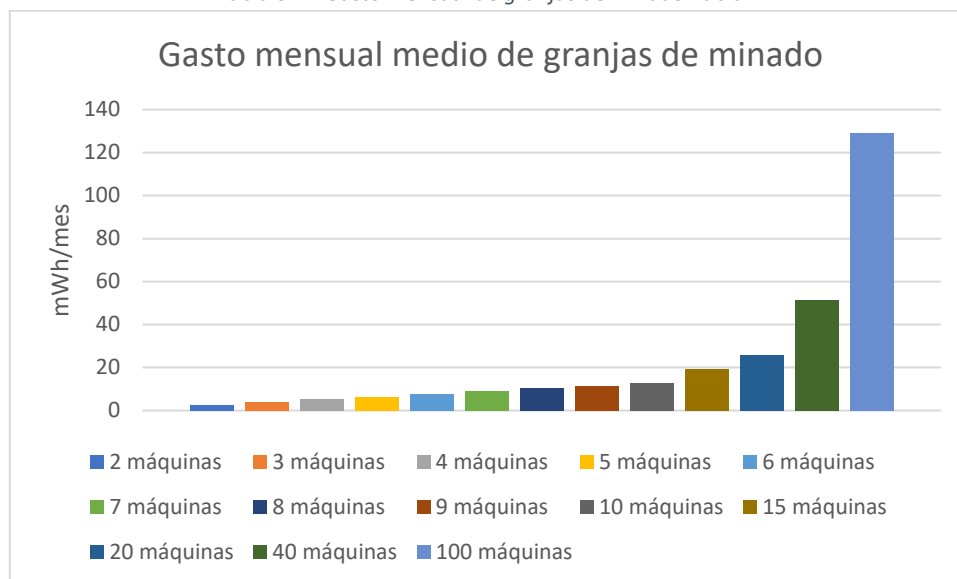


Ilustración 5.18 Gasto mensual de las granjas de minado medias

Al ser este el gasto mensual, se muestra también la comparación de su proporción con un ciudadano español:



Ilustración 5.19 Gasto proporcional a un ciudadano español de las granjas de minado en un mes

Gasto anual en mWh.

Aparato/Máquinas	2	3	4	5	6	7	8
Goldshell Mini-DOGE[39]	4,08	6,12	8,16	10,20	12,24	14,28	16,32
Antminer L3+[40]	14,01	21,02	28,03	35,04	42,04	49,05	56,06
Goldshell Mini-DOGE Pro[41]	3,85	5,78	7,70	9,63	11,56	13,49	15,41
Antminer L7[42]	60,01	90,01	120,01	150,01	180,01	210,02	240,02
Antiminer L3++[43]	16,50	24,75	33,01	41,25	49,51	57,76	66,01
Innosilicon A6+[44]	36,79	55,18	73,58	91,98	110,37	128,77	147,16
Goldshell LT5[45]	36,44	54,66	72,88	91,10	109,32	127,54	145,76
Goldshell LT5 Pro[46]	54,31	81,46	108,62	135,78	162,93	190,09	217,24
BW L21[47]	16,64	24,96	33,28	41,61	49,93	58,25	66,57

Goldshell LT6[48]	56,06	84,09	112,12	140,16	168,19	196,22	224,25
Innosilicon A4+[49]	13,14	19,71	26,28	32,85	39,42	45,99	52,56
ZeusMiner Volcano[58]	17,52	26,28	35,04	43,80	52,56	61,32	70,08
FusionSilicon X6[50]	20,32	30,48	40,64	50,80	60,96	71,13	81,29
Innosilicon A6[51]	26,28	39,42	52,56	65,70	78,84	91,98	105,12
Goldshell XS6[52]	39,42	59,13	78,84	98,55	118,26	137,97	157,68
Goldshell XS5[53]	32,41	48,61	64,82	81,03	97,23	113,44	129,64
Goldshell XS5[54]	25,40	38,10	50,80	63,51	76,21	88,91	101,61
Media	29,40	44,10	58,80	73,51	88,21	102,91	117,61

Tabla 5.13 Gasto anual de granjas de minado Tabla 1

Aparato	9	10	15	20	40	100
Goldshell Mini-DOGE[39]	18,36	20,41	30,61	40,82	81,64	204,10
Antminer L3+[40]	63,072	70,08	105,12	140,16	280,32	700,80
Goldshell Mini-DOGE Pro[41]	17,3448	19,272	28,908	38,544	77,088	192,72
Antminer L7[42]	270,02	300,03	450,04	600,06	1200,12	3000,30
Antminer L3++[43]	74,26	82,51	123,77	165,03	330,07	825,19
Innosilicon A6+[44]	165,564	183,96	275,94	367,92	735,84	1839,60
Goldshell LT5[45]	163,98	182,20	273,31	364,41	728,83	1822,08
Goldshell LT5 Pro[46]	244,40	271,56	407,34	543,12	1086,24	2715,60
BW L21[47]	74,898	83,22	124,83	166,44	332,88	832,20
Goldshell LT6[48]	252,28	280,32	420,48	560,64	1121,28	2803,20
Innosilicon A4+[49]	59,13	65,70	98,55	131,40	262,80	657
ZeusMiner Volcano[58]	78,84	87,60	131,40	175,20	350,40	876
FusionSilicon X6[50]	91,45	101,61	152,42	203,23	406,46	1016,16
Innosilicon A6[51]	118,26	131,40	197,10	262,80	525,60	1314
Goldshell XS6[52]	177,39	197,10	295,65	394,20	788,40	1971
Goldshell XS5[53]	145,85	162,06	243,09	324,12	648,24	1620,60
Goldshell XS5[54]	114,31	127,02	190,53	254,04	508,08	1270,20
Media	132,31	147,02	220,53	294,04	588,08	1470,22

Tabla 5.14 Gasto anual de granjas de minado Tabla 2

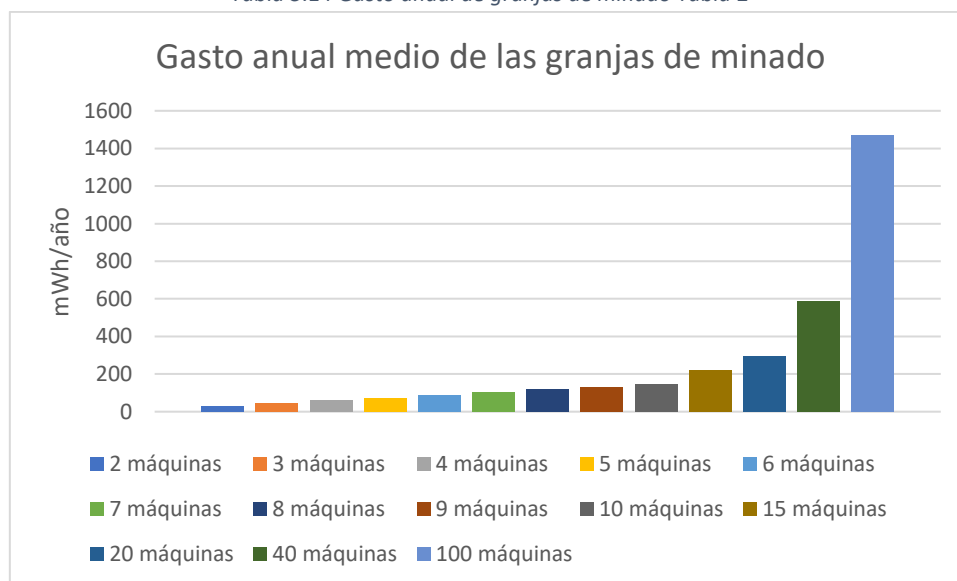


Ilustración 5.20 Gasto anual medio de las granjas de minado, en mWh/año

5.2 Gasto de la red completa

En esta parte se incluye los resultados del primer cálculo de un gasto de un pool y luego los resultados del cálculo del escalado a toda la red de Dogecoin, además de los datos de porcentaje de minería de F2Pool y Aikapool para comprobar la hipótesis planteada durante el cálculo de la tasa de Dogecoin.

5.2.1 Gasto de Aikapool

En primer lugar, los datos obtenidos de medir la tasa y el número de mineros en Aikapool cada 30 minutos durante un día de 10 de la mañana hasta medianoche. La tasa está medida en Gh/s.

Hora	Tasa (Gh/s)	Mineros
10:00	34,65	51
10:30	33,03	51
11:00	34,21	53
11:30	39,16	50
12:00	35,65	52
12:30	36,01	52
13:00	36,27	48
13:30	33,53	57
14:00	36	59
14:30	35,31	51
15:00	37,75	53
15:30	36,53	55
16:00	34,56	56
16:30	36,54	49
17:00	36,33	48
17:30	36,73	54
18:00	27,21	53
18:30	26,80	50
19:00	26,82	51
19:30	27,50	56
20:00	26,83	53
20:30	33,69	51
21:00	33,11	50
21:30	34,98	49
22:00	26,55	51
22:30	28,22	37
23:00	28,07	36
23:00	39,05	39
0:00	44,41	38

Tabla 5.15 Datos de Aikapool tomados cada 30 minutos durante 1 día



Ilustración 5.21 Evolución de la tasa de Aikapool durante un día

A partir de estos datos se estimaron los siguientes datos estadísticos:

Medida	Tasa	Mineros
Media	33,64	50,10
Máximo	44,41	59
Mínimo	26,55	36

Tabla 5.16 Datos estadísticos de Aikapool. Media, máximo y mínimo

Junto a estos datos se tiene los de los mineros visibles de Aikapool, que era tasa y número de mineros. A partir de estos, se estimaron los siguientes ASIC y electricidad gastada por cada uno de ellos.

Máquinas	Usuario	Tasa (Ghs/s)	Tasa máquina individual	Medida Hs	Aparato (hipotético)	Gasto (W)
1	greendatachain	9,73	9,73	Ghs/s	Antminer L7	3425
10	bsminingnet	5,99	599,33	Mh/s	Antiminer L3++	9420
3	anónimo	7,79	2,59	Ghs/s	Goldshell LT5 Pro	9300
7	LaJinnX2	3,29	470,19	Mhs/s	Antiminer L3+	5600
5	minorbiz88	2,95	590,30	Mhs/s	Antiminer L3++	4710
3	Nightstocker	1,80	601,25	Mhs/s	Antiminer L3++	2826
2	repkins	1,26	634,38	Mh/S	Innosilicon A4+	1500
2	joesautofix	1,17	586,01	Mhs/s	Antiminer L3++	1884
2	cangambit	1,08	542,42	Mhs/s	BW L21	1900
2	etibar1969	0,66	332,54	Mhs/s	ZeusMiner Volcano	2000

1	Coltsrule	0,57	575,89	Mhs/s	Antiminer L3++	942
1	dogetoamillion	0,55	555,01	Mhs/s	BW L21	950
1	D5MypaQFvGoJ DdPbZoNhmoJp taYmqZmJ4y	0,53	533,14	Mhs/s	BW L21	950
1	mtuscano	0,46	465,23	Mhs/s	Antiminer L3+	800
1	dogepick	0,37	379,60	Mhs/s	ZeusMiner Volcano	1000
1	anónimo	8,37	8,37	Ghs/s	Antiminer L7	3425
1	ggues	0,45	457,15	Mhs/s	Antiminer L3+	800
1	mtuscano	0,43	439,52	Mhs/s	Antiminer L3+	800
1	Jdapper21	0,24	248,64	Mhs/s	Goldshell Mini-DOGE Pro	220
1	anónimo	6,11	6,11	Ghs/s	Goldshell LT6	3200
1	nundlak	0,46	469,74	Mhs/s	Antiminer L3+	800
1	aiki00	0,45	452,37	Mhs/s	Antiminer L3+	800
2	interval007	1,04	523,02	Mhs/s	BW L21	950
1	mcoyle863	0,73	738,13	Mhs/s	FusionSilicon X6	1160

Tabla 5.17 Datos mineros visibles de Aikapool

Con estos datos se pudo usar el método descrito para calcular el gasto del pool, obteniendo un gasto aproximado para el momento de más tasa, a medianoche; de 56,59 kWh. También se calculó suponiendo que todos los mineros visibles, 26; estaban en el mismo momento y todos los posibles mineros no visibles, 52; se estimó un gasto máximo de 61,05 kWh para una tasa máxima de minado.

El número que se usó para los cálculos de toda la red es de 61,05 kWh.

5.2.2 Gasto de Dogecoin

La tasa obtenida a lo largo de los experimentos fue la siguiente:

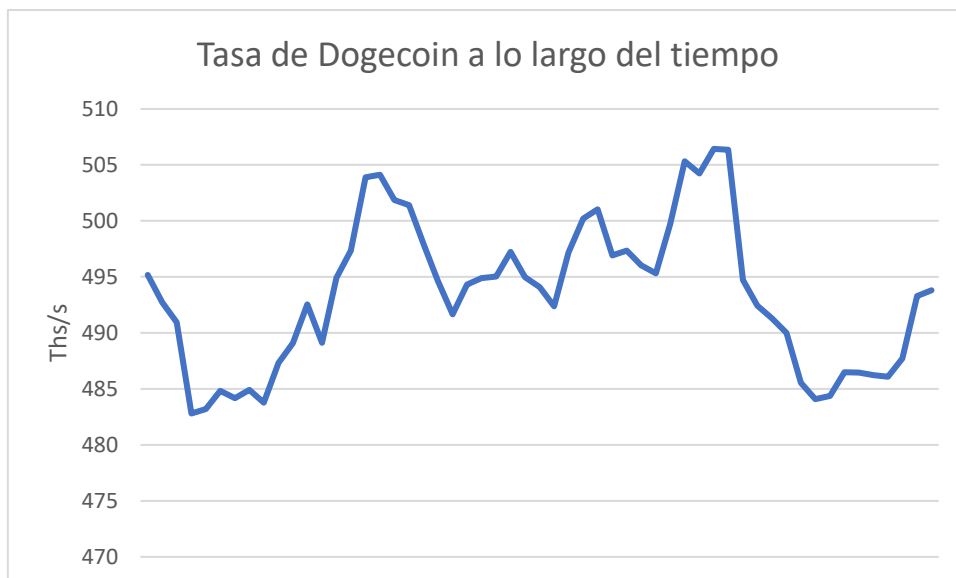


Ilustración 5.22 Tasa de Dogecoin a lo largo del tiempo, en Ths/s

Una vez se tuvo la tasa, se pasó a estimar el gasto eléctrico con los cuatro métodos definidos.

5.2.2.1 Gasto instantáneo

En primer lugar, se calculó el gasto inmediato, la potencia eléctrica de la red.

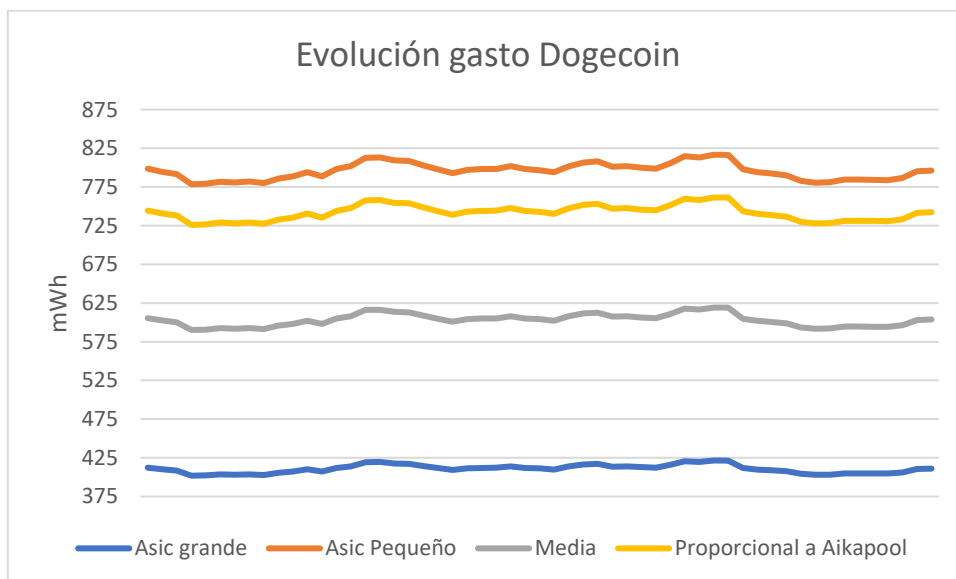


Ilustración 5.23 Evolución en el tiempo del gasto de Dogecoin

Para mayor de talle, se muestra cada serie en su propia gráfica. Las líneas que dibujan son las mismas al partir del mismo dato, pero dan resultados distintos. Las líneas de tendencia están deformadas debido al tamaño de las gráficas.



Ilustración 5.24 Cuatro gastos estimados de Dogecoin desplegados

5.2.2.2 Gasto al año

Con el gasto inmediato, se pudo calcular el gasto anual. Al igual que antes, lo mostramos en la misma gráfica para comparar y por separado para ver en mayor detalle. Como en el caso anterior, las líneas se ven iguales (algo deformadas por el tamaño de las gráficas) por venir del mismo dato, aunque dando números distintos.

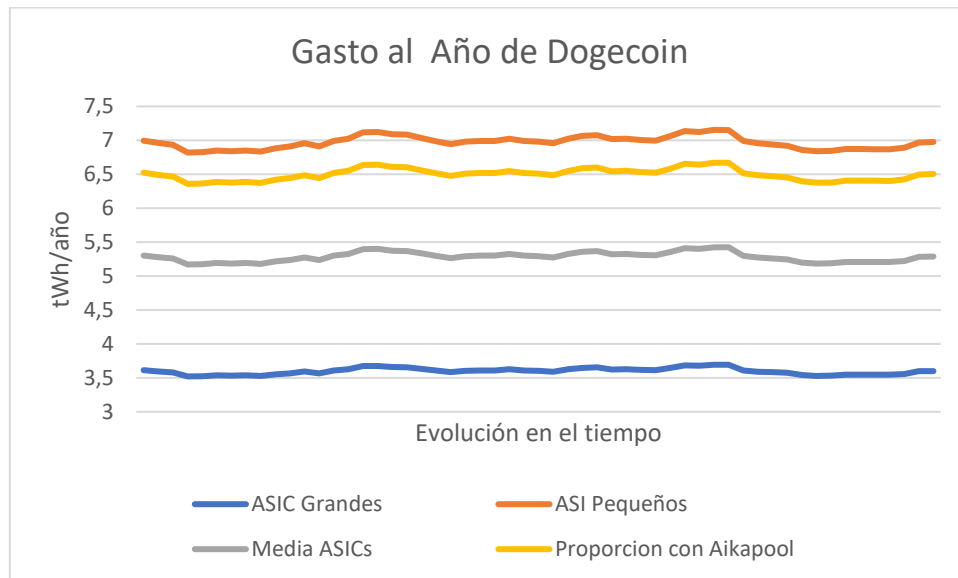


Ilustración 5.25 Gasto anual de Dogecoin estimado por 4 métodos



Ilustración 5.26 Gasto anual de Dogecoin desglosado en series

5.2.3 Comparación con países

Al tener ya un dato anual calculado, se procedió a comparar con diferentes países. Para mejor comparación, se muestra los datos en un histograma, poniendo en naranja los datos calculados y en azul los datos de diversos países.

Para esta comparación se hizo una medida de los datos de cada método a lo largo del tiempo, teniendo así un único dato con el que comparar.

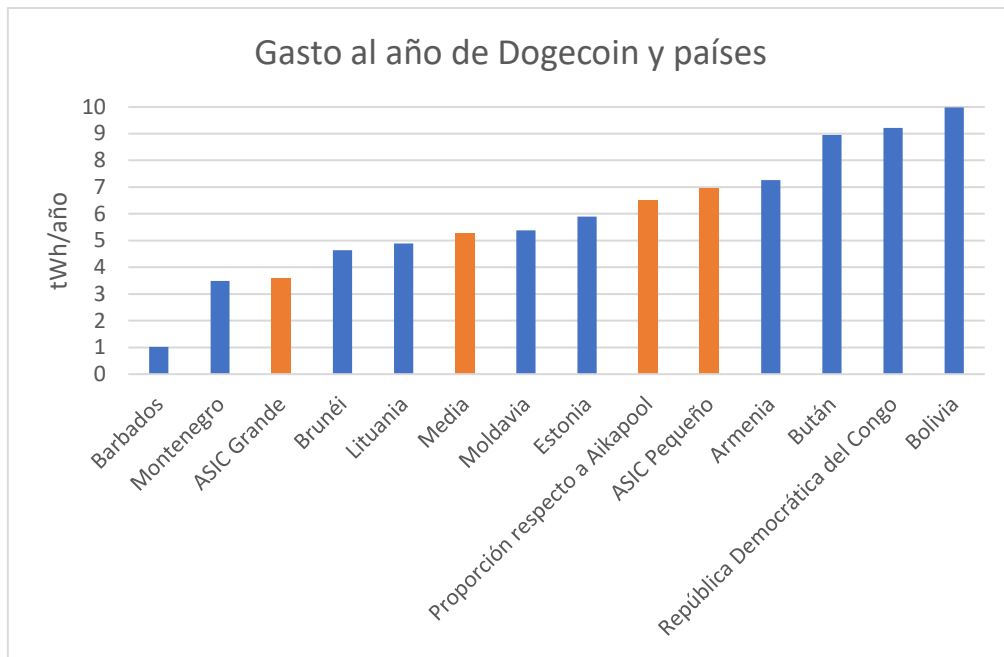


Ilustración 5.27 Comparación de gasto de países y Dogecoin

Para mostrar la comparación a lo largo del tiempo, se tiene la siguiente gráfica. En ella como no se sabe los datos de los países a lo largo del tiempo se muestra el dato del año total de forma estática a lo largo de la gráfica.

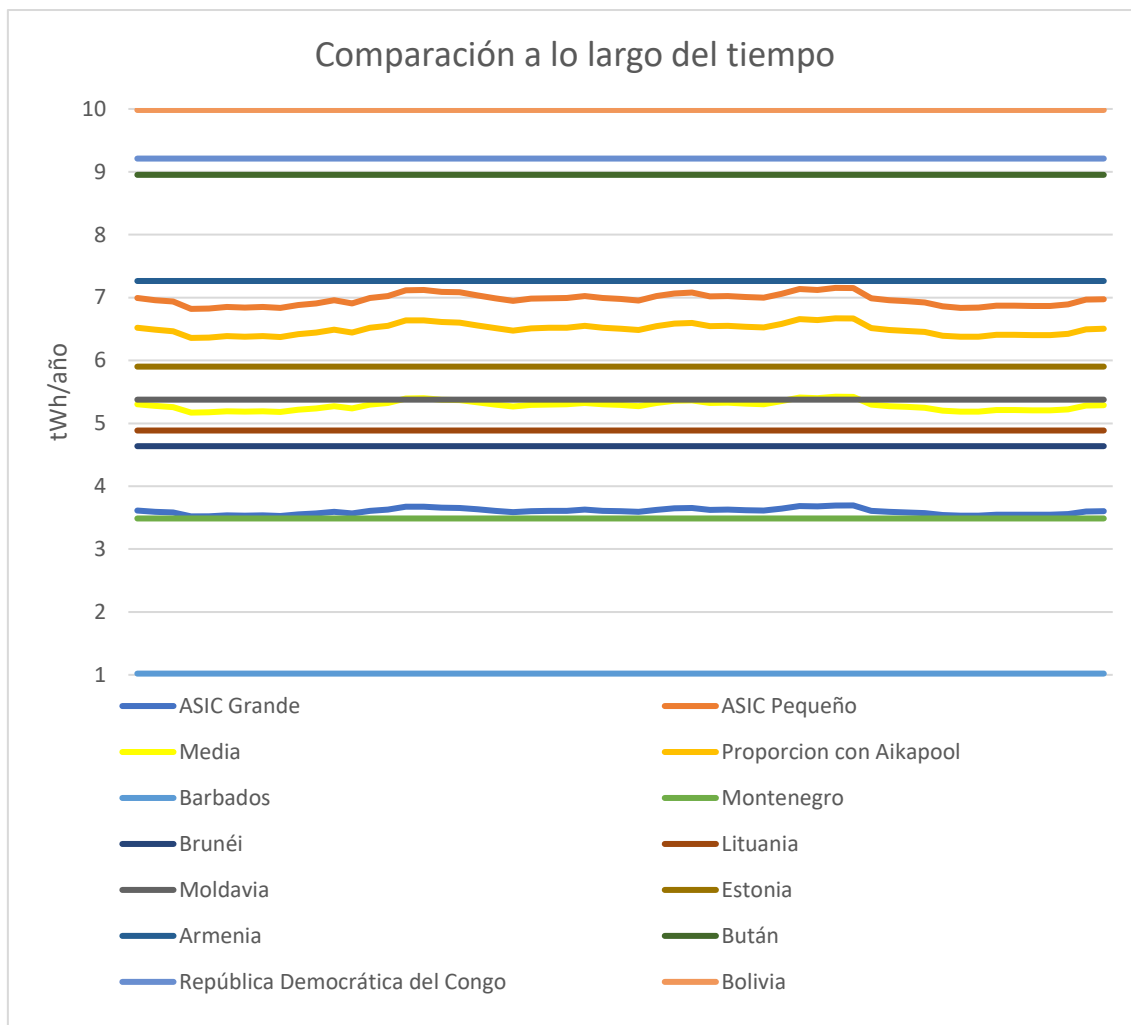


Ilustración 5.28 Comparación a lo largo del tiempo del gasto de Dogecoin con países

5.2.4 Proporciones de minado de bloques

Como se indicó en el epígrafe 3.2, se extrajo bloques de los últimos 70 días para ver si se mantenía la tasa de minado de F2Pool y podría ser un método fiable. En este epígrafe se muestran los datos obtenidos de esa extracción de bloques.

En primer lugar, los datos de F2Pool.

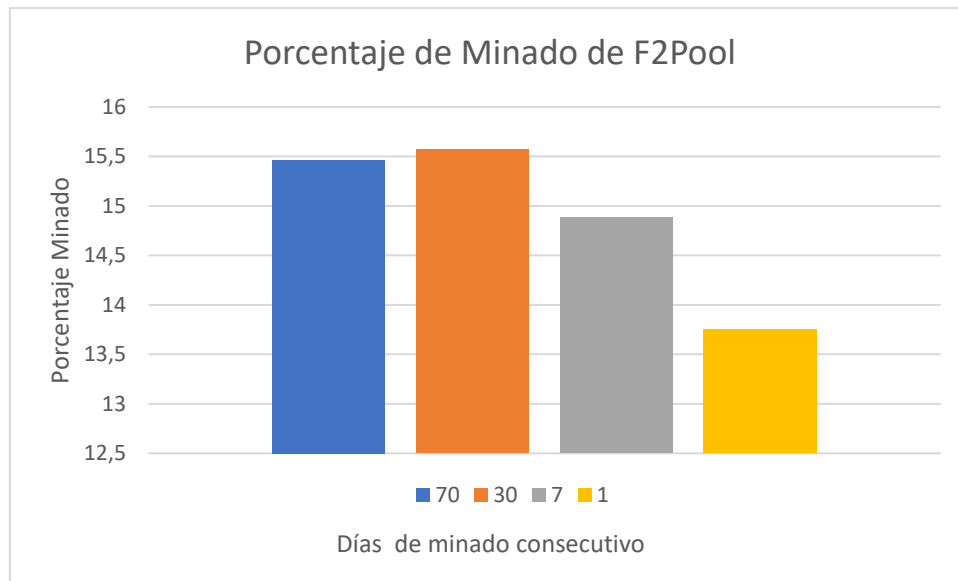


Ilustración 5.29 Porcentaje de bloques extraídos de F2Pool en diferentes periodos de tiempo

A continuación, se muestran los datos globales de minado globales para los 4 periodos de tiempo. Tanto el número de bloques minados como el porcentaje.

Se aclara que se ha llamado a pools pequeños y mineros individuales a la suma de todos aquellos address que solo habían minado 1 o 2 bloques. En el caso de 70 días, se incluye en este grupo aquellos que han minado entre 1 y 4 bloques. Esto debido a que no se sabe si son mineros individuales o son pools pequeños como Aikapool que no tienen address propio.

Todos los datos usados pertenecen a los mismos últimos 70 días. Lo que se ha hecho en cada periodo de tiempo es coger los bloques que corresponden a ese periodo de tiempo.

En primer lugar, los datos de los últimos 70 días.

Address	Bloques	Porcentaje
Pools pequeños y mineros individuales	34927	34,27
DMr3fEiVrPWFpoCWS958zNtqgnFb7QWn9D	21930	21,51
F2Pool	15758	15,46
DQvuJB3eHEUmdB2wi2K9B6Vdimq9DNJU7Z	14290	14,02
DHFu8WjwXzHVy9pknMrxdQpePFir2FmiuG	5657	5,550
DTZSTXecLmSXpRGSfht4tAMyqra1wsL7xb	4680	4,59
D5gVXk2rNW7r1iBfMzfE77nhC5RdhiMi4u	3237	3,17
D5gk59fVCVa6b4mmYGaVH7FLBCwxnFyqLj	1047	1,02
D7fQSMaZRAG81hyYfHaf8SdaE1tvWKzLrX	204	0,20
DBrTYRjQCn5rAotNYdU3Su4mfxavrcv3qu	138	0,13
DRGYHBKRXXQ9oWf9LQx7syKb6KvpBy7Szi	16	0,01
DGP3nvMAJM8pfnjg6YZPsRZqmxv2etCbMr	12	0,01
DTdxHpxeR5LDKheAKzyW75avXWukkPUyDN	9	0,01
AikaPool	8	0,01

Tabla 5.18 Mineros que han minado los bloques de Dogecoin los últimos 70 días

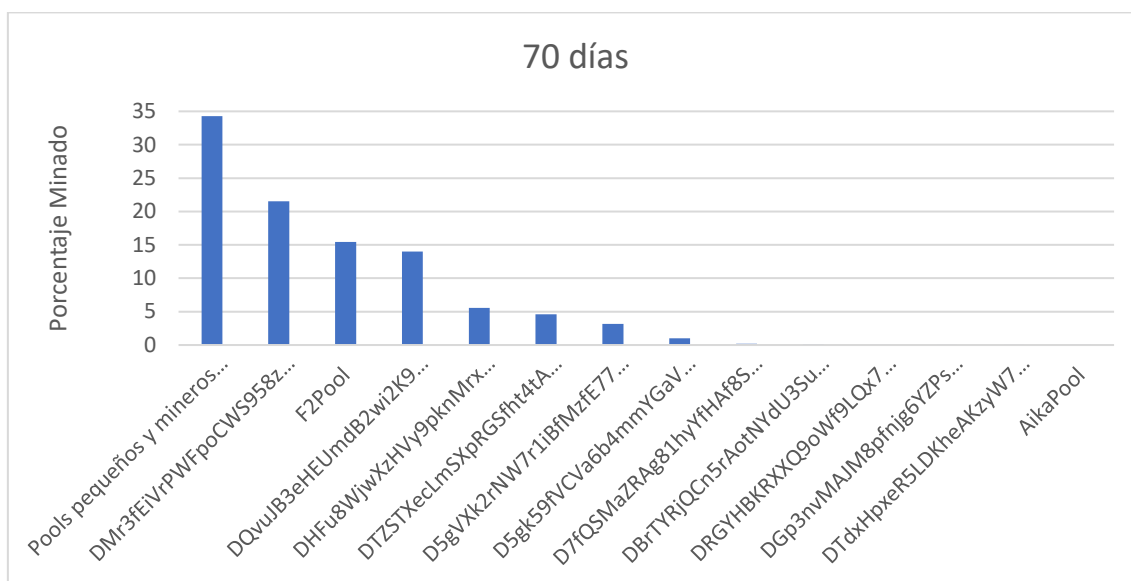


Ilustración 5.30 Porcentaje de minado de cada minero de Dogecoin

A continuación, el porcentaje de minado en los últimos 30 días.

Address	Bloques	Porcentaje
Pools pequeños y mineros individuales	14588	33,77
DMr3fEiVrPWFpoCWS958zNtqgnFb7QWn9D	8787	20,34
F2Pool	6726	15,57
DQvujB3eHEUmdB2wi2K9B6Vdimq9DNJU7Z	6056	14,01
DTZSTXecLmSxpRGsfht4tAMyqra1wsL7xb	3417	7,91
DHFu8WjwXzHVy9pknMrxdQpePFir2FmiuG	3090	7,15
D5gk59fVCVa6b4mmYGaVH7FLBCwxnFyqLj	401	0,92
DBrTYRjQCn5rAotNYdU3Su4mfxavrcv3qu	129	0,29
Aikapool	0	0

Tabla 5.19 Datos de mineros de los últimos 30 días

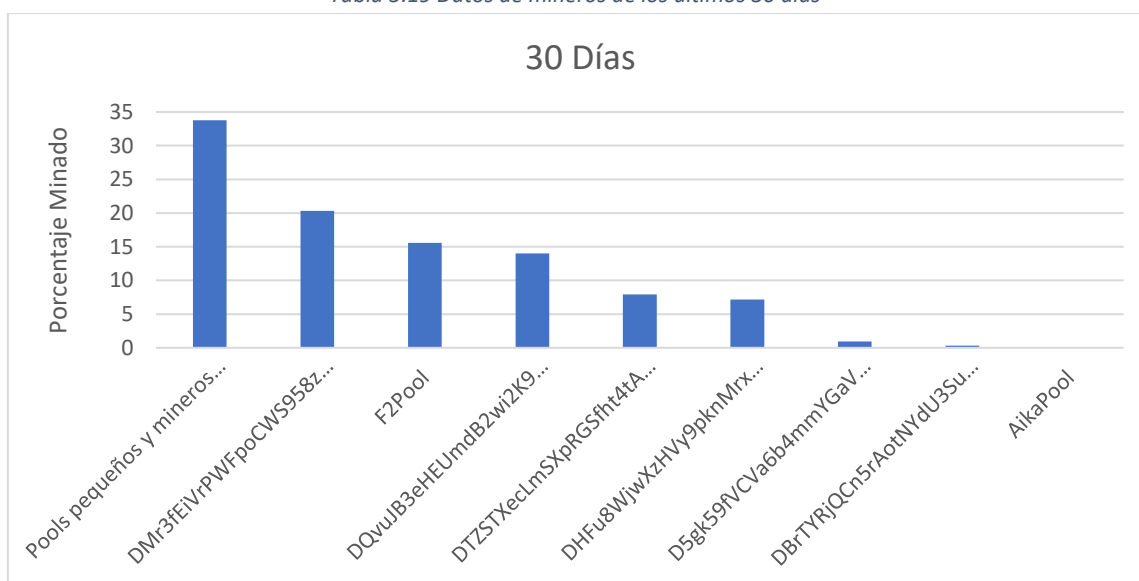


Ilustración 5.31 Porcentaje de minado de cada minero los últimos 30 días

Se muestra ahora los datos de la última semana.

Address	Bloques	Porcentaje
Pools pequeños y mineros individuales	3565	35,37
DMr3fEiVrPWFpoCWS958zNtqgnFb7QWn9D	1944	19,28
F2Pool	1500	14,88
DQvuJB3eHEUmdB2wi2K9B6Vdimq9DNJU7Z	1408	13,97
DTZSTXecLmSxpRGsfht4tAMyqra1wsL7xb	782	7,75
DHFu8WjwXzHVy9pknMrxdQpePFir2FmiuG	751	7,45
D5gk59fVCVa6b4mmYGaVH7FLBCwxnFyqLj	89	0,88
DBrTYRjQCn5rAotNYdU3Su4mfxavrcv3qu	37	0,36
Aikapool	0	0

Tabla 5.20 Datos de minado de cada minero los últimos 7 días

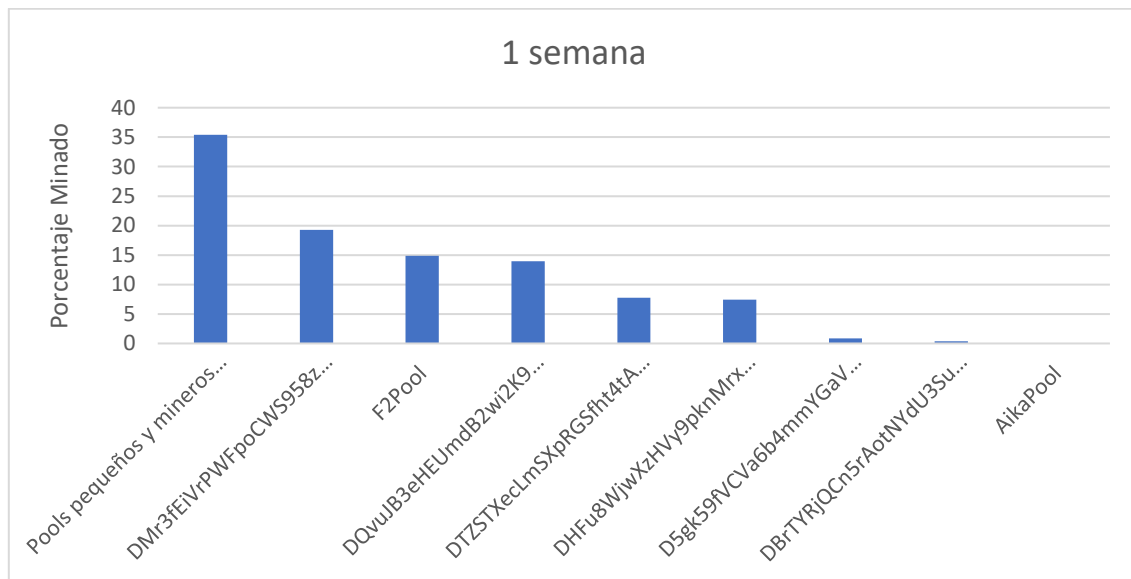


Ilustración 5.30 Porcentaje de minado de cada minero los últimos 7 días

Finalmente, los datos de las últimas 24 horas.

Address	Bloques	Porcentaje
Pools pequeños y mineros individuales	488	33,88
DMr3fEiVrPWFpoCWS958zNtqgnFb7QWn9D	299	20,76
DQvuJB3eHEUmdB2wi2K9B6Vdimq9DNJU7Z	221	15,34
F2Pool	198	13,75
DTZSTXecLmSxpRGsfht4tAMyqra1wsL7xb	110	7,63
DHFu8WjwXzHVy9pknMrxdQpePFir2FmiuG	99	6,87
D5gk59fVCVa6b4mmYGaVH7FLBCwxnFyqLj	16	1,11
DBrTYRjQCn5rAotNYdU3Su4mfxavrcv3qu	7	0,48
Aikapool	0	0

Tabla 5.21 Datos de minado de cada minero las últimas 24 horas

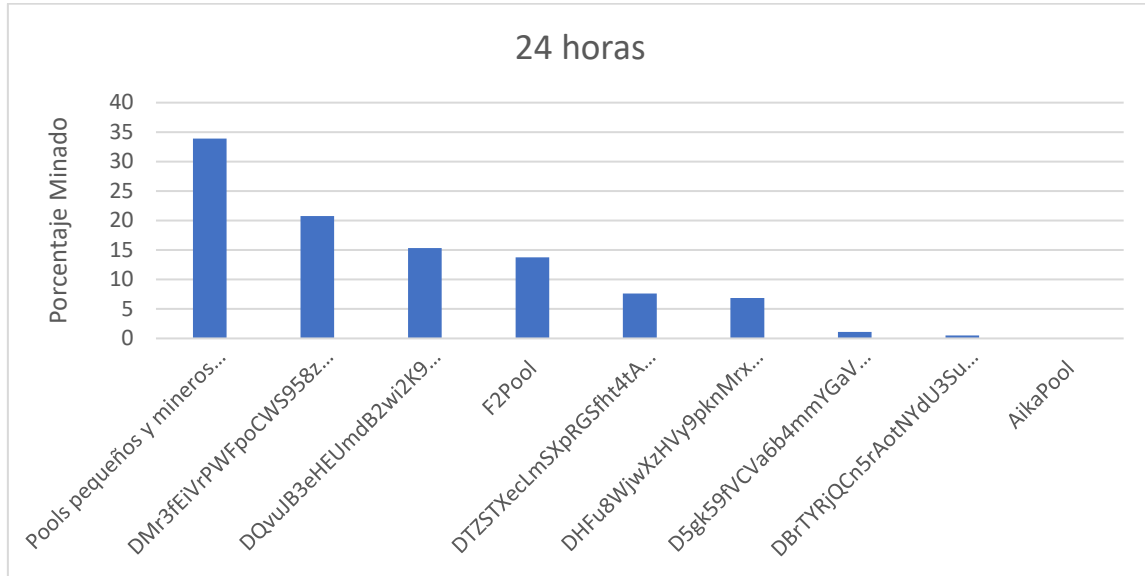


Ilustración 5.31 Porcentaje de minado de cada minero las últimas 24 horas

A pesar de que en 3 de los 4 periodos Aikapool no aparece, se muestran sus datos ya que es el pool con el que se ha hecho el cálculo energético y por qué no se usó el primer método de cálculo de tasa de minado de Dogecoin.

5.3 Coste del minado en España

Lo primero que se hizo fue calcular un coste medio de la electricidad, ya que no todo el mundo tiene la misma compañía.

Para calcular ese precio medio, se usaron los siguientes precios de las siguientes compañías usados para el estudio. Todos los precios fueron obtenidos en la página de Tarifas Luz Hora de Selectra[67].

Compañía	Tarifa	Precios electricidad (€)
Gesternova	Mercado Libre	0,28
Endesa	Mercado Libre	0,23
Totalenergies	Mercado Libre	0,24
Endesa	One Luz	0,23
Endesa	One Luz 3	0,28
Iberdrola	Plan Estable	0,25
Iberdrola	Plan Noche	0,24
Totalenergies	Luz siempre	0,30
Totalenergies	Luz Programa tu Ahorro	0,31
Holaluz	Clásica	0,38
Holaluz	Clásica (segundo periodo consumo)	0,27
Repsol	Tarifa Ahorro Plus Repsol Luz y Gas	0,34

Tabla 5.22 Precios de electricidad de diferentes compañías y tarifas

Para tener una idea de la diferencia de precios, se comparó el precio de Dogecoin y de la electricidad y así tener una forma de comprender los resultados que pudiesen venir después. Además, se hizo la estimación de la proporción entre la electricidad y Dogecoin, siendo Dogecoin la proporción entre Dogecoin y si mismo 1.

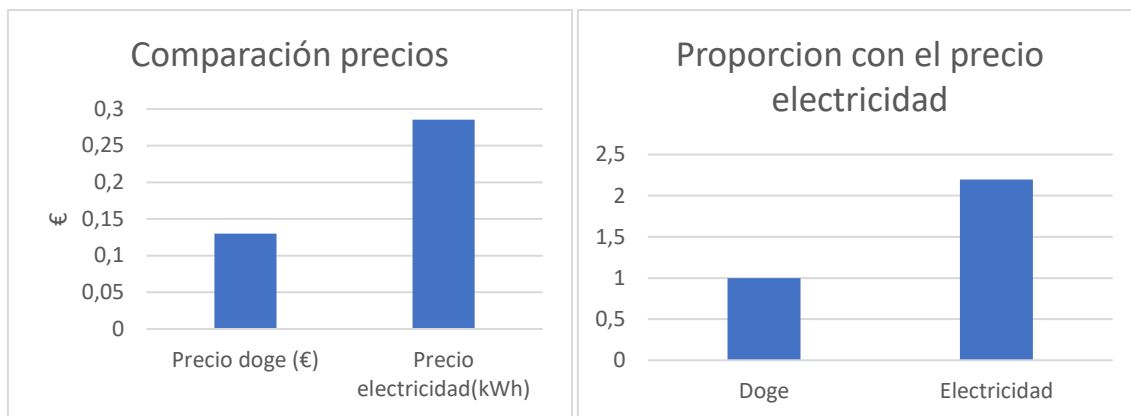


Ilustración 5.32 Comparación precio electricidad y precio Dogecoin

Con todos estos datos junto con la electricidad que gasta cada aparato, se procedió a los cálculos para ver si es o no rentable minar Dogecoin en España y de qué manera.

5.3.1 Coste aparatos minado

En primer lugar, se calculó el coste eléctrico de los ordenadores, tanto minando como sin hacerlo. Solo se ha calculado por hora porque no se aconseja minar Dogecoin con portátil u ordenador, y menos 24 horas seguidas debido a que se puede quemar o dañar. Es por ello que solo se ha calculado por hora, además de por la poca probabilidad de minado.

Actividad	Media (Wh)	Precio hora (€)
Sin Minar Portátil	10,26	0,01
Minar Portátil	18,91	0,01
Sin Minar Torre	67,10	0,02
Minar Torre	117,81	0,03
Sin Minar TG	35,34	0,01
Minar CPU TG	92,01	0,02
Minar GPU TG	128,20	0,03
Torre y Portátil	136,72	0,03
TG GPU y Portátil	169,94	0,04
TG CPU y Portátil	110,92	0,03

Tabla 5.23 Coste por hora de ordenadores

Tras hacerlo con los ordenadores, se calculó el coste de los ASIC. Diario, mensual y anual, además de su probabilidad de minar un bloque teniendo de referencia una tasa global de Dogecoin de 500Ths/s

Se debe señalar que en la tabla no se ha respetado la regla de los dos decimales para que se pueda apreciar las diferencias en la columna de probabilidad de Minar. En todos los casos es minando 24 horas todos los días.

Aparato	Wh	Tasa (Ghs/s)	Coste hora (€)	Coste Diario (€)	Coste 32 días (€)	Coste 365 días (€)	Probabilidad Minar
Goldshell Mini-DOGE[39]	233	0,18	0,06	1,59	47,86	582,35	0,000037

Antminer L3+[40]	800	0,50	0,22	5,47	164,34	1999,49	0,0001008
Goldshell Mini-DOGE Pro[41]	220	0,20	0,062	1,50	45,19	549,86	0,000041
Antminer L7[42]	3425	9,50	0,97	23,45	703,59	8560,35	0,0019
Antminer L3++[43]	942	0,58	0,26	6,45	193,51	2354,41	0,000116
Innosilicon A6+[44]	2100	2,20	0,59	14,37	431,39	5248,68	0,00044
Goldshell LT5[45]	2080	2,05	0,59	14,24	427,29	5198,69	0,00041
Goldshell LT5 Pro[46]	3100	2,45	0,88	21,22	636,82	7748,05	0,000491
BW L21[47]	950	0,55	0,27	6,50	195,15	2374,40	0,00011
Goldshell LT6[48]	3200	3,35	0,91	21,91	657,36	7997,99	0,00067
Innosilicon A4+[49]	750	0,62	0,21	5,13	154,07	1874,53	0,000124
ZeusMiner Volcano[58]	1000	0,30	0,28	6,84	205,42	2499,37	0,00006
FusionSilicon X6[50]	1160	0,86	0,33	7,943	238,29	2899,27	0,000172
Innosilicon A6[51]	1500	1,23	0,42	10,27	308,14	3749,06	0,000246
Goldshell XS6[52]	2250	1,78	0,64	15,40	462,21	5623,59	0,000356
Goldshell X5S[53]	1850	1,36	0,52	12,66	380,04	4623,84	0,000272
Goldshell X5[54]	1450	0,85	0,41	9,92	297,87	3624,09	0,00017
Media	1678,33	1,77	0,47	11,49	344,77	4194,78	0,000354

Tabla 5.24 Coste del uso de ASIC minando 24 horas diarias

Tras tener los costes de cada aparato, se procede al cálculo tanto en solitario como en pool.

5.3.2 Coste del minado en solitario

En primer lugar, se comparó el gasto con el de un ciudadano español promedio, viendo cuanto se diferenciaba de la factura mensual. Se supuso un único aparato de minado.



Ilustración 5.33 Coste de ASIC al mes respecto al gasto de un ciudadano español



Ilustración 5.34 Proporción del coste de ASIC al mes respecto al gasto de un ciudadano español

A continuación, se muestra gráficamente el consumo anual en €/año.



Ilustración 5.35 Coste anual de minar 24 horas con cada ASIC

Tras los gastos de un solo ASIC, se calculó las posibles ganancias y costes. Tal y como se explicó en el capítulo 3, se hizo en tres periodos de tiempo. 24 horas, 8 horas y 1 hora de minado.

Para mayor legibilidad de la tabla y que entren bien los datos, los € se han puesto en miles de euros.

Tasa (% del total)	Tasa (Ths)	DOGEs (miles)	Dinero (€, miles)	mWh	Gasto (€, miles)	Ganancias (€, miles)	Monedas necesarias
100%	500	14400	1872	15531,93	4431,52	-2559,52	34088617,41
75%	375	10800	1404	11648,95	3323,64	-1919,64	25566463,05
50%	250	7200	936	7765,96	2215,76	-1279,76	17044308,70
25%	125	3600	468	3882,98	1107,88	-639,88	8522154,35
10%	50	1440	187,2	1553,19	443,15	-255,95	3408861,74
5%	25	720	93,6	776,59	221,57	-127,97	1704430,87
1%	5	144	18,72	155,31	44,31	-25,59	340886,17

Tabla 5.25 Posibles ganancias y pérdidas minando 24 horas seguidas

Para ver mejor el dinero generado y gastado, se muestra la siguiente comparación visual.

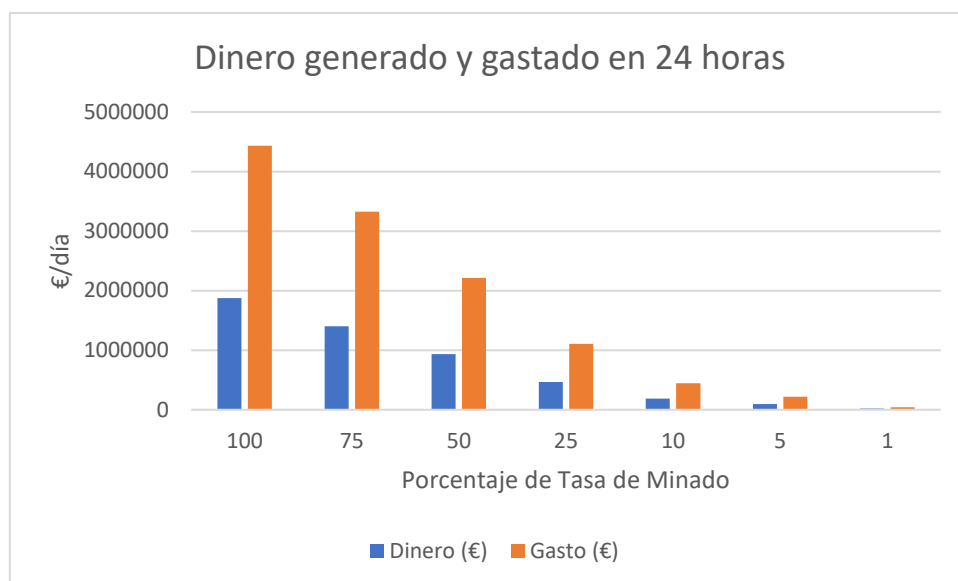


Ilustración 5.36 € generados y gastados en 24 horas de minado según el porcentaje de tasa

A continuación, los costes y ganancias de 8 horas seguidas de minado.

Tasa (% del total)	Tasa (Ths)	DOGEs (miles)	Dinero (€, miles)	mWh	Gasto (€, miles)	Ganancias (€, miles)	Monedas necesarias
100%	500	4800	624	5177,31	1477,17	-853,17	11362872,47
75%	375	3600	468	3882,98	1107,88	-639,88	8522154,35
50%	250	2400	312	2588,65	7385,86	-426,58	5681436,23
25%	125	1200	156	1294,32	369,29	-213,29	2840718,11
10%	50	480	62,40	517,73	147,71	-85,31	1136287,24
5%	25	240	31,20	258,86	73,85	-42,65	568143,62
1%	5	48	6,24	51,77	14,77	-8,53	113628,72

Tabla 5.26 Posibles ganancias y pérdidas minando 8 horas seguidas

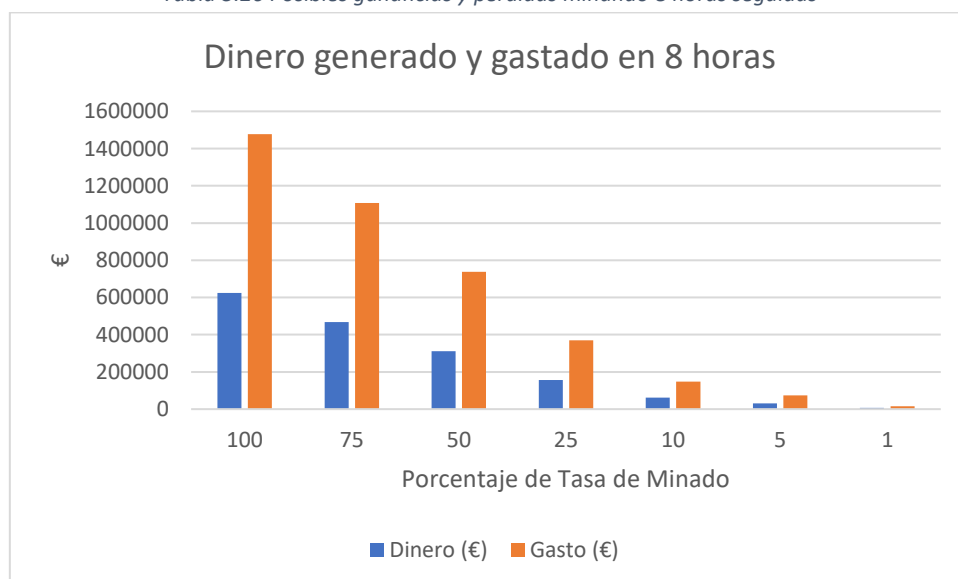


Ilustración 5.37 € generados y gastados en 8 horas de minado según el porcentaje de tasa

Gastos en 1 hora

Tasa (% del total)	Tasa (Ths)	DOGEs (miles)	Dinero (€, miles)	mWh	Gasto (€, miles)	Ganancias (€, miles)	Monedas necesarias
100%	500	600	78	647,16	184,64	-106,64	1420359,05
75%	375	450	58,5	485,37	138,48	-79,98	1065269,29
50%	250	300	39	323,58	92,32	-53,32	710179,52
25%	125	150	19,5	161,79	46,16	-26,66	355089,76
10%	50	60	7,8	64,71	18,46	-10,6	142035,90
5%	25	30	3,9	32,35	9,23	-5,33	71017,95
1%	5	6	0,78	6,47	1,8	-1,06	14203,59

Tabla 5.27 Posibles ganancias y pérdidas minando 1 hora seguida

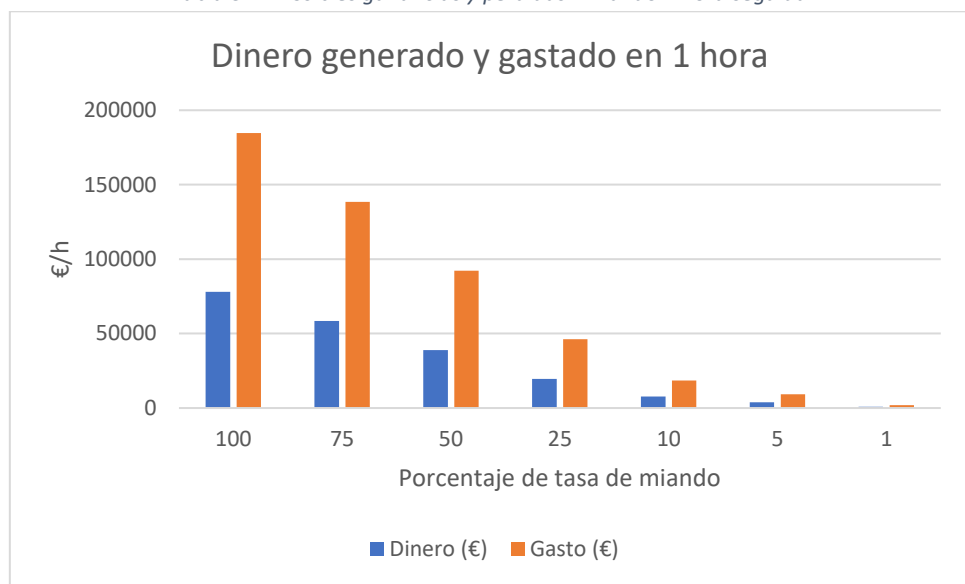


Ilustración 5.38 € generados y gastados en 1 hora de minado según el porcentaje de tasa

5.3.3 Coste del minado en un pool

Tal y como se explicó en el capítulo 3, se calculó todo a partir del dinero ganado en una hora en Unmineable, que fue 0,01788178 DOGE. La tasa usada fue la del ordenador con que se generó, el ordenador gaming, cuya tasa de minado es 25 KHz/s. Con estos datos, se obtuvo los siguientes resultados:

Aparato	Posible DOGE ganados	Dinero (€)	Gasto (€)	Ganancias (€)
Antminer L3+[40]	132,32	17,20	0,06	17,13
Goldshell Mini-DOGE Pro[41]	360,49	46,86	0,22	46,63
Antminer L7[42]	146,63	19,06	0,06	18,99
Antminer L3++[43]	6795,07	883,35	0,97	882,38
Innosilicon A6+[44]	414,85	53,93	0,26	53,66
Goldshell LT5[45]	1573,59	204,56	0,59	203,96
Goldshell LT5 Pro[46]	1466,30	190,61	0,59	190,02
Antminer L3+[40]	1755,99	228,27	0,88	227,39
BW L21[47]	393,39	51,14	0,27	50,87
Goldshell LT6[48]	2396,15	311,50	0,91	310,58
Innosilicon A4+[49]	443,46	57,65	0,21	57,43

ZeusMiner Volcano[58]	214,58	27,89	0,28	27,61
FusionSilicon X6[50]	615,13	79,96	0,91	79,05
Innosilicon A6[51]	615,13	79,96	0,33	79,63
Goldshell XS6[52]	1273,18	165,51	0,42	165,08
Goldshell X5S[53]	972,76	126,45	0,64	125,81
Goldshell X5[54]	607,98	79,03	0,52	78,50

Tabla 5.28 Dinero generado con Dogecoin minando en Unmineable

Para mejor visualización, se muestra una gráfica comparando el gasto eléctrico y las ganancias.



Ilustración 5.39 Ganancias y pérdidas minando en Unmineable con cada ASIC

6. PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTO

6.1 Planificación

Para poder realizar este trabajo a tiempo, se planteó un horario y plan a seguir para poder realizar el trabajo a tiempo y sin prisas, además de tener tiempo de margen en el caso de que pudiera suceder algo.

Por ello, se empezó a realizar el 1 de enero, terminando en junio. Para realizarlo, además se decidió hacer tres horas diarias. Una por la mañana, otra por la tarde a las 5 y otra por la noche a las 8. De esta manera se calculó que en el tiempo establecido daría tiempo a realizarlo todo con un margen de error en caso de que hubiese que rehacer partes del proyecto, como malamente paso a medio proyecto.

Por supuesto, en estas tres horas diarias no se incluye las veces que se dejó el código funcionando para recopilar datos o hacer pruebas, ya que estás podían estar durante varios días antes de lograr obtener todos los datos.

Con este horario, se estableció un plan a seguir.

En primer lugar, se dedicó el mes de enero a investigar sobre Dogecoin. Como funcionaba, su comunidad y sus diferencias con Bitcoin y Litecoin. Esto se hizo para tener una base a partir de la que trabajar y saber de qué se podía partir.

Con esto hecho se decidió hacer los objetivos en orden, ya que cada uno necesitaba al anterior para poder hacerse.

Por ello, se decidió empezar por el gasto personal, luego la red entera y finalmente con estos dos gastos eléctricos, ver si era rentable.

Para hacerlo, se dividió cada objetivo en partes.

El primero, en ordenadores personales, ASIC y granjas de minado, queriendo escalar en nivel de dispositivos y electricidad.

El segundo, primero se buscó un pool del que poder extraer datos y poder hacer un ensayo del gasto, pudiendo después escalar a toda la red.

Con el último, se dividió en dos, queriendo ver el coste en solitario y el coste en un pool y luego comparar.

Finalmente, se decidió hacer la memoria al final cuando todo estuviese realizado y no hubiese que hacer más cambios, tan solo cuadrar y explicar todo lo realizado.

Se dejó para toda la investigación Enero, calculando un mes para el primer objetivo, entre búsqueda de información y cálculos; para el segundo entre un mes y dos debido a su complejidad y la carga de cálculos y programación y para el último una semana. Para la memoria se estimó un tiempo de dos a tres semanas, pudiendo alargarse a un mes si era necesario debido a coincidencias con exámenes finales. Esto dejaba un mes de margen de error.

6.2 Presupuesto

Para este trabajo se tenía un presupuesto dado por la beca del ministerio, que constaba de 800€. Con este dinero, no se pudo comprar ASIC, ya que el más barato costaba 899\$, saliéndose del presupuesto. A esto se le debe sumar que la energía consumida aumentaría la factura de la luz.

Por ello, para realizar la minería se contó con los ordenadores ya presentes en la casa, que fueron un ordenador de sobremesa, un ordenador gaming de sobremesa y un portátil.

Con este presupuesto lo que se compró fue un medidor de potencia para poder ver el gasto eléctrico de los diversos aparatos. Este aparató costó 30€, siendo lo único que se compró.

Respecto a programas utilizados, se ha usado para la redacción de la memoria Word[68], habiendo usado del mismo paquete de Office Excel[27]. Este programa se usó para la realización de gráficas y de cálculos del proyecto. El último programa utilizado fue Visual Studio[62], usándolo como entorno de programación. Aunque debido a problemas con él al realizarse mal una actualización que impedía ejecutar los códigos se desinstaló y pasó a usar un segundo editor, Atom[69]. Para la búsqueda de información se han usado los buscadores Ecosia[70] y DuckDuckGo[71], habiendo usado de navegador Opera GX[72] y Vivaldi[73].

Para guardar los archivos se usó el servicio de Google Drive[74], guardando en él en diversas carpetas todos los archivos y programas generados durante la realización del proyecto. Dichos programas fueron todos realizados en el lenguaje de programación de código abierto Ruby[3]. Además del servicio de almacenamiento se usó la herramienta y página Draw.io[75] para realización de todos los diagramas de flujo. A modo resumen, se deja la siguiente tabla:

Tipo	Nombre
Ordenador	Ordenador de sobremesa
Ordenador	Ordenador de sobremesa gaming
Ordenador	Portátil personal
Programa	Word
Programa	Excel
Entorno de programación	Visual Studio
Entorno de programación	Atom
Buscador	Ecosia
Buscador	Duck Duck Go
Navegador	Opera GX
Navegador	Vivaldi
Entorno de almacenamiento	Google Drive
Lenguaje de programación	Ruby

Tabla 6.1 Equipo usado en el proyecto

7. IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO

En este capítulo se van a explorar las implicaciones de este trabajo en distintos niveles de la sociedad, queriendo mostrar todo lo que puede aportar o significar. Este trabajo no pretende ser una gran revolución, tan solo un aporte más al gran debate de las criptomonedas; pero aún así podrá afectar a la sociedad.

Las consecuencias del trabajo se van a dividir en dos. Las socioeconómicas y las medioambientales. Esta división se hace debido a la importancia que se cree que tienen estos dos aspectos, mereciéndose verse por separado.

7.1 Entorno socioeconómico

En este epígrafe se va a centrar en el impacto que este trabajo puede hacer en la sociedad, concretamente a niveles económicos e individual para las personas, viendo cómo puede afectar a las diversas personas y grupos sociales.

Así, este trabajo de investigación pretende aportar al debate de si las criptomonedas son mejores o peores que el dinero FIAT, sobre si son contaminantes o no y sobre sus ventajas y desventajas; nuevos argumentos y pruebas. Con los datos eléctricos recabados y el análisis realizado, este trabajo puede dar nuevos puntos de vista sobre el gasto eléctrico y la importancia de los pools, dando pruebas sobre el problema que suponen las granjas de ASIC y la gran cantidad de energía que suponen las monedas que usan PoW.

Así, se puede usar este trabajo para dar justificación de porqué Dogecoin está transicionando de PoW a PoS y porqué el resto de monedas que usan PoW deberían pasarse a otro sistema de verificación. Este no es un trabajo de defensa de PoS, tan solo una prueba de que PoW no es un sistema energéticamente eficiente para verificar y que las monedas que lo usan, deberían pasarse a otros sistemas.

Además, en el lado personal, un minero puede ver cuánto gastan sus actividades y entender el porqué, además de los efectos de sus acciones para poder hacer cambios.

De igual manera, una persona que quisiera ser minero de Dogecoin podría en el apartado de gasto personal ver cuanta electricidad podría costarle y las diferentes opciones. Aunque la parte que más le afectaría sería la de rentabilidad. En ella puede ver las opciones que hay y cuales le convienen más. De esta forma, antes de comenzar a gastar dinero en ASIC o intentar meterse en un pool, podría leer este trabajo y ver cuáles son las mejores opciones para poder ganar dinero; además de ver cuáles son las consecuencias eléctricas.

7.2 Impacto medioambiental

En este epígrafe se va a centrar solamente en el tema del medioambiente, hablando sobre el impacto ecológico y medioambiental que este trabajo podía causar con sus descubrimientos y resultados obtenidos.

Este trabajo es una prueba más entre las ya existentes de que la Prueba de Trabajo como método de validación es contaminante, por pequeña que sea la moneda. En él se muestra que los ASIC, concretamente las granjas de minado, son un grave problema energético y medioambiental debido a su gran gasto eléctrico.

De este modo, se pretende con este trabajo aportar al debate sobre si PoW es problemático o no y en el debate de la contaminación de criptomonedas.

En el primer debate, se espera dar una prueba más a favor de la tesis de que PoW es muy contaminante y que es muy recomendable pasar a otro sistema de verificación que ya se ha probado que son menos contaminantes. Como se indicó en el estado del arte, hay varios trabajos sobre moneda que usan este sistema y que muestran que gastan tanta energía como grandes países.

En el segundo debate, se espera mostrar pruebas de que, a pesar de las ventajas y desventajas que puedan tener las criptomonedas; no se puede negar su enorme gasto energético y el problema que suponen. Al menos las que tienen asociada la prueba de trabajo y, por tanto, pueden tener grandes granjas de ASIC trabajando.

A esto se suma que este trabajo se pueda usar como justificación de porqué Dogecoin está transicionando de PoW a PoS y porque esto será beneficioso para todos, pudiendo en el futuro si alguien realiza un estudio sobre el gasto de Dogecoin en el nuevo sistema de PoS, tener este trabajo para comparar los nuevos gastos eléctricos con los antiguos. De esta manera tendría algo con lo que ver si de verdad es menos contaminante y ver cuanta ha sido la mejora energética. Así se podría demostrar si el cambio ha sido una ayuda para reducir el gasto eléctrico y por ende la contaminación generada y en cuanto ha ayudado al medio ambiente, o por el contrario si el problema no se ha solucionado o todavía tiene margen de mejora para ahorrar electricidad.

De la misma manera, alguien que lea este trabajo puede ver cuanta electricidad supone su actividad de minado de Dogecoin, pudiendo reflexionar sobre el gasto eléctrico que está realizando, y si está en un pool; el gasto eléctrico que está realizando el grupo. Así podrá hacer análisis de conciencia.

Igualmente, se pretende mostrar el por qué la gente dispone sus granjas de minado en ciertos países y no en estados ricos. Esto es debido a la rentabilidad, ya que el minado de Dogecoin solo es rentable en países que tengan un precio eléctrico inferior al suyo, y debido a que es tan pequeño; muy pocos países cumplen este requisito y, por tanto, solo es rentable minar en un pool y no montar granjas de minado para minar en solitario.

8. CONCLUSIONES

8.1 Objetivos cumplidos

En este apartado se va a ver si se han cumplido los objetivos y si se han probado o refutado las hipótesis planteadas. Para ello, se ha dividido este epígrafe en tres, uno por objetivo.

En todos ellos se discutirán los resultados obtenidos y lo que estos implican, viendo así si se han probado o refutado las hipótesis.

8.1.1 Coste de minería individual

Este primer objetivo quería ver lo costoso que es para una persona minar, además de si superaba el gasto de un ciudadano español promedio con su gasto energético de minado. Para verlo, igual que en el método y los resultados, se mirará por separado los ordenadores y los ASIC, además de las granjas de minado.

8.1.1.1 Ordenadores

Minar con ordenadores no es algo muy costoso. Esto debido a su bajo coste energético. Es cierto que hay casos de portátiles que han ardido o tarjetas gráficas rotas, pero quitando el coste de tener que reparar el ordenador, el coste de tener un ordenador o un ordenador y portátil minando no es muy grande eléctricamente.

Esto se puede ver al comparar el gasto con un ciudadano español en las ilustraciones 5.9, 5.10, 5.11 y 5.12, o en las ilustraciones 5.5, 5.6 y 5.7, donde se compara el gasto eléctrico de minar con otras tareas. Y aquí, es donde se ve que realmente minar con un ordenador, consume tanta electricidad como un videojuego. Concretamente un juego 3D AAA, gastando incluso un poco menos, dependiendo del videojuego.

Esto se debe a que minar, dependiendo del algoritmo usado; pone a trabajar al máximo posible a la CPU o a la GPU, haciéndolo hacer cálculos matemáticos sin parar. El videojuego en cambio usa ambas para poder correrlo. Esto es lo que hace que tengan un gasto parecido.

Es decir, una persona que jugase 4 horas diarias de videojuegos en su ordenador gastaría tanto como un minero de ordenador que mina 4 horas, pudiendo confundirse quién hace qué. Para ambos el coste de la factura subiría parecido, no superando en ninguno de los dos el coste de un español promedio. Esto se puede ver como ya se ha dicho en las ilustraciones 5.9, 5.10, 5.11 y 5.12. Minar con un ordenador no es un problema o un gran coste personal. Como máximo, minando 24 horas y tanto con el ordenador gaming con la GPU y el portátil llegaría al 0,38 de la factura.

Aunque se debe señalar que minar más de 4 horas diarias haría que al año, gastase más que una nevera, como se puede ver en la ilustración 5.4, “Gasto anual de un minero individual usando ordenadores dependiendo de las horas de minado diarias”. Estos son ya casos en los que vemos que, aunque económicamente no costará más que la factura; si están señalando un problema ecológico.

Las neveras son los electrodomésticos que más gastan por estar 24 horas encendidas todos los días del año, gastando en torno a 175 kWh/año. Depende de la marca y modelo. Tener un aparato que gaste tanto trabajando un sexto o tercio de las horas señala que, aunque el gasto no es grande, si es algo a tener en cuenta.

8.1.1.2 ASIC

En este apartado es cuando empiezan los problemas de gasto eléctrico. Como se ve en la tabla 3.2, El ASIC menos potente gasta ya más que la combinación más costosa de ordenadores, TG GPU y portátil, gastando 233 Wh. Y la más costosa, 3425 Wh, que comparado con el gasto más alto de ordenadores que es 147,12 Wh, es 23 veces mayor. La media calculada del gasto de un ASIC es de 1678,33 Wh, siendo comparado con el mayor gasto de ordenadores 11,4 veces más.

Esto ya nos muestra que los números van a salir muy superiores a los anteriores. Concretamente, si comparamos el gasto con un ciudadano solos dos ASIC no superan el coste de un ciudadano español, mientras que el resto está entre el doble de gasto y 9 veces más, gastando en un solo mes mucho más que una nevera en todo un año, siendo la nevera el electrodoméstico más costoso.

Un solo aparato es como si en realidad, fuesen varios electrodomésticos distintos, siendo un coste importante para la persona. Pero solo para esa persona. Tener un único ASIC sería como una persona teniendo otros electrodomésticos más costosos, como una secadora o poner la lavadora más de una vez a la semana. Es algo costoso, pero mientras solo sea un aparato es solamente un problema económico para esa persona. Aunque si lo hiciesen muchos, comenzaría a ser un problema.

8.1.1.3 Granjas de minado

Aquí es donde reside el verdadero problema. Las granjas de minado, donde en un día se puede gastar tanto como 11 o 772 personas, tal y como se puede ver en la ilustración 5.19, “Gasto proporcional a un ciudadano español de las granjas de minado en un mes”. Esto suponiendo que como máximo tienes 100 ASIC. Si alguien tuviese más, podría gastar tanto como una pequeña ciudad. Y esto, es un claro problema energético.

Para hacernos una idea, 772 personas son 4 personas más que las que viven en el municipio de Valquemada de Madrid, que son 768. Una sola persona estaría gastando tanto como todo un municipio.

En caso de tener menos, estaría gastando tanto como un bloque de vecinos o un bloque de oficinas, lo cual sigue siendo mucho. Estos mineros son los que más potencia de tasa tienen y los que más gastan y contaminan.

Esto se ve mejor si vemos que a partir de 100 máquinas supera los 1400 mWh/año, lo que equivaldría a 1,4 gWh/año. Este es un gasto superior al país de Barbados, como se puede ver en la ilustración 5.27, “Comparación de gasto de países y Dogecoin”. Que una persona gaste más que un país, aunque sea un país pequeño; es una alerta energética de que minar con prueba de trabajo no es solo costoso a nivel personal, si no contaminante.

Por supuesto, esto es solo en el caso de 100 ASIC, pero debido a que no hay datos públicos, los address que más porcentaje tiene de Dogecoin podrían ser grandes granjas de minado como las supuestas. Pero esto es ante todo una suposición. Tan solo se señala el hecho de que las granjas de minado son energéticamente muy costosas y contaminante.

8.1.2 Consumo eléctrico de la red

Para ver si el consumo dado por los cálculos era alto o bajo, se miró las comparaciones hechas con países en la ilustración 5.27, “Comparación de gasto de países y Dogecoin”; viendo que

efectivamente gasta tanto como un país. En el mejor de los casos, suponiendo el coste dado por ASICs grandes; gasta un poco más que Montenegro. En el peor caso, usando ASIC pequeños; tiene un gasto entre Estonia y Armenia, que son países del este de Europa. Pequeños, pero países, al fin y al cabo.

Este consumo se considera muy grande para simplemente validar transacciones, siendo un gran gasto energético, una gran cantidad de energía que podría usarse para otras cosas. No es tan grande como el de otras monedas, como Bitcoin, pero es un gasto muy grande que debería reducirse para reducir nuestra huella de carbono y rebajar parte del peso de la crisis energética. Habiendo otros sistemas de validación menos costosos, se debería usar otro.

La hipótesis era si consumía tanto como un país pequeño y se ha visto que se cumple. Todos los países en torno a los que ronda son pequeños, al igual que su gasto eléctrico comparado con el resto de países. Aunque para una red de ordenadores, es bastante grande.

8.1.3 Rentabilidad del minado en España

En primer lugar, se mirará sobre la diferencia entre el precio de Dogecoin y la electricidad. Este precio, tal y como se puede observar en la ilustración 5.32, “Comparación precio electricidad y precio Dogecoin”, el precio de la electricidad es un poco más del doble. Esto implica que, solo para igualar los costes de electricidad; se deben ganar el doble de DOGEs que kWh consumidos.

Por tanto, para que sea rentable, necesitamos ganar más del doble de DOGEs que kWh consumidos. De otra forma, tan solo generaríamos pérdidas.

Junto a esto, tenemos lo que gastan los ASIC. Como se puede ver en la ilustración 5.33 y 5.34; solo hay dos ASIC que al menos gastan menos que un ciudadano. El Goldshell Mini-DOGE[39] y el Goldshell Mini-DOGE Pro[41]. El resto gastan tanto como varios ciudadanos españoles al mes, lo que implicaría ganar muchas DOGEs. El problema es que todos los ASIC, teniendo solo uno, tienen una probabilidad de minado inferior al 1% e inferior al 0,01%, lo que hace muy difícil poder amortizarlos. Esto se puede ver en la tabla 5.24, “Coste del uso de ASIC minando 24 horas diarias”, donde la probabilidad más alta de minado es de 0,0019%, perteneciendo al Antminer L7[42], que es el que tiene la tasa de minando más alta. 9,5Ghs/s. Y también un coste eléctrico diario de 23,5€. Gastando 3,425 kWh y un gasto eléctrico diario de 82,2 kWh, necesitaríamos ganar siguiendo lo marcado antes, al menos 164,4 DOGE para amortizarlo. Lo cual sería minar un bloque. Y hacerlo todos los días mínimo uno, o ese día perderíamos dinero.

8.1.3.1 Rentabilidad del minado en solitario

Para este apartado, nos fijamos en las tablas 5.36, 5.37 y 5.38, las llamadas “€ generados y gastados en X horas de minado según el porcentaje de tasa”, las cuales muestran el dinero que se ganaría, el que cuesta generarlo, las ganancias a partir de ellos.

Como se puede ver, las ganancias en las tres tablas son negativas, necesitando muchos más DOGEs de los generados, incluido el caso del 100%. Ni con todas las Dogecoin del día se puede amortizar, por lo que es inviable minar en solitario.

Esto se puede ver mejor en las ilustraciones 5.36, 5.37 y 5.38, las llamadas “€ generados y gastados en X horas de minado según el porcentaje de tasa”. En todas ellas la barra del gasto siempre es mayor que la de las ganancias.

Esto es debido al alto precio de la electricidad en España, que como se ha dicho en el epígrafe anterior, es más del doble. Si el precio fuese menor, si podría ser rentable minar Dogecoin. Es por eso que las granjas de minando se sitúan en países de electricidad barata, para poder amortizar los ASIC, que gastan muchísima electricidad.

Usando globalPetrolPrices[76], se han buscado precios menores al precio de Dogecoin usado durante el estudio de rentabilidad, 0,13€. Así, se han encontrado los siguientes países candidatos para poder minar de forma rentable.

Entre la lista de países, había 77 países que tenían un precio de electricidad menor que 0,13€, yendo de 0,129€, Mauricio; a 0,001€, Sudán. Estos países son todos candidatos a minar en ellos, ya que su bajo precio, algunos mucho menor que el de Dogecoin; permitirán amortizar el gran gasto eléctrico. Se muestra a continuación una tabla con ellos.

País	Precio	País	Precio	País	Precio	País	Precio
Sudán	0,001	Omán	0,024	Afganistán	0,039	Malasia	0,047
Libia	0,004	Uzbekistán	0,025	Sri Lanka	0,039	Trinidad y Tobago	0,048
Irán	0,005	Angola	0,026	Egipto	0,041	Turquía	0,052
Líbano	0,005	Kuwait	0,027	Laos	0,041	Ucrania	0,053
Etiopía	0,006	Cuba	0,028	Kazajistán	0,042	Nigeria	0,053
Kirguistán	0,01	Qatar	0,029	Pakistán	0,043	Paraguay	0,054
Zimbabwe	0,012	Myanmar	0,03	Bahréin	0,044	Belarús	0,057
Bután	0,015	Zambia	0,03	Ghana	0,044	Bangladesh	0,059
Suriname	0,015	Argelia	0,034	Argentina	0,045	Nepal	0,062
Iraq	0,022	Azerbaiyán	0,038	Arabia Saudita	0,045	Túnez	0,064
Georgia	0,064	Armenia	0,083	Lesoto	0,093	Marruecos	0,11
Rusia	0,069	Rep., Dominicana	0,086	Taiwán	0,094	Côte d'Ivoire	0,111
India	0,072	Macedonia del norte	0,087	Albania	0,094	Sierra Leona	0,114
Moldova	0,074	Serbia	0,087	Hungría	0,095	Namibia	0,122
Vietnam	0,075	Ecuador	0,089	Botswana	0,098	Bulgaria	0,123
Emiratos Árabes Unidos	0,075	Corea del Sur	0,09	Tailandia	0,103	Malawi	0,126
Camerún	0,076	Bosnia	0,091	Costa Rica	0,103	Mauricio	0,129
Congo Democrático	0,077	Indonesia	0,092	Suazilandia	0,105		
China	0,078	Tanzania	0,092	Canadá	0,108		
México	0,081	Jordania	0,093	Bolivia	0,109		

Tabla 8.1 Países con precio de electricidad menor que Dogecoin en el momento del estudio

Por tanto, no es rentable minar en España en solitario, pero si en otros países.

8.1.3.2 Rentabilidad del minado en un pool

Al contrario que la anterior situación, esta si es rentable, logrando ganar más dinero del gastado en electricidad. Esto se ve muy bien en la ilustración 5.39, “Ganancias y pérdidas minando en Unmineable con cada ASIC”; donde las barras que corresponden a los gastos son tan pequeñas en comparación a las ganancias que ni siquiera aparecen en la gráfica. Y esto minando durante 1 hora. Si se minase durante más tiempo, podría ser muy rentable. Sobre todo, si se fuese a un pool mayor.

Por ejemplo, F2Pool; que como se ve en la ilustración 5.29, “Porcentaje de bloques extraídos de F2Pool en diferentes periodos de tiempo”; su porcentaje de minado está entre el 13 y el 16% del total de bloques minados. Por supuesto, esto es solo una hipótesis, ya que no se ha podido minar en este pool, pero teniendo en cuenta sus ganancias, es muy probable que recibamos recompensas cada poco tiempo. A esto hay que sumarle que el pool mina Litecoin y Dogecoin a la vez, y el precio de Litecoin es muy superior al de Dogecoin. A 2 de junio de 2022, el precio de Dogecoin está en 0,081\$, mientras que Litecoin está en 63,13\$.

De todas formas, volviendo a Unmineable; es totalmente rentable minar Dogecoin haciéndolo en este Pool. Aunque haya que esperar a tener 30 o más DOGE para que el pool te dé las DOGE, pero eso no quita que sea rentable ni que lo vayas a poder cambiar a €.

Por tanto, viendo que los costes son muy inferiores a las ganancias, minar con un pool Dogecoin es rentable, siempre que el pool consiga minar bloques regularmente como es el caso de Unmineable. Y, por tanto, es rentable minar en España Dogecoin.


8.2 Líneas futuras de trabajo

Para tener más información de la red, lo ideal sería hacerse con un ASIC con el que poder minar Litecoin y Dogecoin. De esta manera se podría matizar y ampliar la cuestión de si es o no rentable minar en España. Litecoin tiene un precio mayor que Dogecoin, 85,05\$ en el momento de redactar este apartado. Sería interesante poder minarlo y ver si aumenta o baja la posibilidad de rentabilidad de minado de Dogecoin gracias a que pueden minarse conjuntamente debido a la Prueba de Trabajo Auxiliar.

Además, con un ASIC se podría minar dentro de F2Pool, por lo que se podría ver si es más rentable que Unmineable.

Todo esto mientras Dogecoin siga en PoW. Cuando termine de hacer la transición a PoS, sería bueno repetir el estudio para ver cuanto a mejorado energéticamente. La idea sería ver si de verdad con PoS gasta menos y cuanto es menos, pudiendo comparar con él mismo y ver la mejora.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]D. Doge4Water. "Muro". Facebook. <https://www.facebook.com/Doge4Water/> (acceso: 07/06/2022).
- [2]AS Alex Serna. "Comunidad de Dogecoin reúne más de \$30,000 USD para equipo olímpico jamaicano". Qore. <https://www.qore.com/noticias/14753/Comunidad-de-Dogecoin-reune-mas-de-30000-USD-para-equipo-olimpico-jamaicano/pagina/1> (acceso: 07/06/2022).
- [3]Ruby. "Ruby EL MEJOR AMIGO DE UN DESARROLLADOR". Ruby. <https://www.ruby-lang.org/es/> (acceso: 07/06/2022).
- [4]Dogechain. "Blockchain API". Dogechain. <https://dogechain.info/api/> (acceso: 07/06/2022).
- [5]Ministerio de Hacienda y Función Pública*, "Boletín Oficial del Estado", Gobierno de España, España, BOE, 2022 [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2022/03/18/pdfs/BOE-A-2022-4296.pdf>
- [6]CoinMarketCap. "Todas las Criptodivisas. CoinMarketCap <https://coinmarketcap.com/es/all/views/all/> (acceso: 07/06/2022)
- [7] B.M Bruno Martín, "El coste oculto de las criptomonedas", *El País*, 10/07/2018 [En línea]. Disponible en: https://elpais.com/elpais/2018/11/08/ciencia/1541673592_243753.html. Acceso: 07/06/2022
- [8]J. Jonathan "Will Cryptocurrencies Replace Fiat Money? Not the Perennial Question Anymore". Cryptogeek. <https://cryptogeek.info/es/blog/will-cryptocurrencies-replace-fiat-money> (acceso: 07/06/2022).
- [9]Ramiro Guerra.  *Cómo ganar dinero con CRIPTOMONEDAS (Multiplica tu dinero EN AUTOMÁTICO - Bitcoin / Ethereum)*. (09/11/2021). Acceso: 07/06/2022. [Video en línea]. Disponible en: <https://youtu.be/idZGmwH91jw>
- [10] Crypto Crew University *WARNING: Bitcoin Just Did Something For The FIRST TIME IN YEARS (be ready)*. (28/04/2022) Acceso: 07/06/2022. [Video en línea]. Disponible en: <https://youtu.be/KWTBzOk3r4I>
- [11]J.A.F, "Los sorprendentes usos del 'blockchain' más allá de bitcoin", *El País*, febrero 2021[En línea]. Disponible en: <https://elpais.com/economia/el-observatorio-vodafone-de-la-empresa/2021-02-16/los-sorprendentes-usos-del-blockchain-mas-alla-de-bitcoin.html> Acceso: 07/06/2022.
- [12]B3i. "DRIVING CHANGE IN INSURANCE". B3i. <https://b3i.tech> (acceso: 07/06/2022)
- [13] L.D Luis Doncel, "La fiebre por minar bitcoins conquista Islandia", *El País*, mayo 2018 [En línea]. Disponible en: https://elpais.com/economia/2018/05/24/actualidad/1527176354_921493.html Acceso: 07/06/2022.
- [14] CBECI, "Cambriedge Bitcoin Electricity Consumption", Proyecto fin de carrera, Cambridge Centre for Alternative Finance, Cambriedge, Cambriedge, Reino Unido, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://ccaf.io/cbeci/index>

- [15] Solana, "Solana's Energy Use Report: November 2021", Solana [En línea]. Disponible en: <https://solana.com/news/solana-energy-usage-report-november-2021>
- [16] P.V Pol Vendrel. "¿Cuánta energía consume minar criptomonedas en casa?". Compañías de Luz Papernest. <https://www.companias-de-luz.com/noticias/minar-criptomonedas-en-casa/> (acceso: 07/06/2022).
- [17] M.J.K Max J. Krause y T.T Thabet Tolaymat, "Quantification of energy and carbon costs for mining cryptocurrencies", *Nature sustainability*, 1, 711-718, noviembre 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.nature.com/articles/s41893-018-0152-7.epdf?sharing_token=QEaCdArnQv6BLG6nbtnHldRgN0jAjWel9jnR3ZoTv0NdJEcpPQZqiP9V_5sRM6OFxFiXlrEiqGJgeMqL0bBy3IRd_KHWclGJz2smFT66lrE0zDk1xiPrs4478vDBNEzzwL0by_8YT FneKhpNZ1o2smHeDaWgXWUcGLnItKVUX-tcsquK1h5d-Ta83_LRzMpWSR5IFQYI-y2yDTOb_G4Fg%3D%3D&tracking_referrer=elpais.com URL del recurso. Acceso: 07/06/2022
- [18] T.B Teunis Brosens. "Why Bitcoin transactions are more expensive than you think". ING. <https://think.ing.com/opinions/why-bitcoin-transactions-are-more-expensive-than-you-think> (acceso: 07/06/2022).
- [19] E. Ethereum. "Un futuro digital a escala global". Ethereum. <https://ethereum.org/es/upgrades/vision/> (acceso: 07/06/2022).
- [20] MC Mercury Cash. "La implementación de PoS reducirá el consumo eléctrico de Ethereum". Mercury Cash. <https://blog.mercury.cash/es/2021/06/21/la-implementacion-de-pos-reducira-el-consumo-electrico-de-ethereum/> (acceso: 07/06/2022).
- [21] D.F Dogecoin Foundation. "DOGECOIN TRAILMAP: PROLOGUE". Dogecoin Foundation. <https://foundation.dogecoin.com/trailmap/prologue/> (acceso: 07/06/2022).
- [22] Uponly Vitalik Buterin on Ethereum and immortality. (20/01/2022). Acceso: 07/06/2022. [Video en línea]. Disponible en: <https://uponly.tv/vitalik-buterin-on-ethereum-and-immortality/>
- [23] Unmineable. "Unmineable coins". Unmineable. <https://unmineable.com/coins> (acceso: 07/06/2022).
- [24] Aikapool. "Dogecoin Doge script". Aikapool. <https://aikapool.com/doge/index.php?page=statistics&action=pool> (acceso: 07/06/2022).
- [25] pooler. "An (even more) optimized version of cpuminer (pooler's cpuminer, CPU-only)" Bitcointalk. <https://bitcointalk.org/index.php?topic=55038.msg654850#msg654850> (acceso: 07/06/2022).
- [26] cbuchner1. "[ANN] cudaMiner & ccMiner CUDA based mining applications [Windows/Linux/MacOSX]" Bitcointalk. <https://bitcointalk.org/index.php?topic=167229.0> (acceso: 07/06/2022).
- [27] Microsoft Excel. "Microsoft Excel Obtener ahora con una suscripción a Microsoft 365". Microsoft. <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/excel> (acceso: 08/06/2022).
- [28] Stardew Valley. "Home". Stardew Valley. <https://www.stardewvalley.net> (acceso: 08/06/2022).

- [29]gearbox publishing. "Torchlight III". Gearbox publishing <https://www.torchlight3.com/en/about/> (acceso: 08/06/2022).
- [30]Microsoft XBOX. "La Tierra Media™: Sombras de Guerra™". XBOX. <https://www.xbox.com/es-ar/games/store/la-tierra-media-sombras-de-guerra/9mw4tz50746t> (acceso: 08/06/2022).
- [31]Bandai Namco. "Elden Ring". Bandai Namco Ent. <https://es.bandainamcoent.eu/elden-ring/elden-ring> (acceso: 08/06/2022).
- [32]F2Pool. "Calculadora de Ingresos de Minado" https://www.f2pool.com/calculator?miner_id=261230¤cy=ltc (acceso: 08/06/2022).
- [33]Red eléctrica Española. "Red eléctrica". REE. <https://www.ree.es/es> (acceso: 08/06/2022).
- [34] Unmineable. "How do you allow non-mineable coins to be mineable?". Unmineable. <https://support.unmineable.com/how-do-you-allow-non-mineable-coins-to-be-mineable/> (acceso: 08/06/2022).
- [35]Dogechain. "Dogechain". Dogechain Info. <https://dogechain.info> (acceso: 08/06/2022).
- [36] F2Pool. "f2pool Disfruta de la nueva experiencia minera". F2Pool. <https://www.f2pool.com> (acceso: 08/06/2022).
- [37]F2Pool. "Does f2pool provide Dogecoin (DOGE) mining?". F2Pool. <https://f2pool.zendesk.com/hc/en-us/articles/360060018891-Does-F2Pool-provide-Dogecoin-DOGE-mining-> (acceso: 08/06/2022).
- [38] F2Pool. "Tools". F2Pool. <https://www.f2pool.com/tools> (acceso: 08/06/2022).
- [39] GoldShell. "Goldshell Mini-Doge". GoldShell. <https://shop-goldshell.com/product/goldshell-mini-doge/> (acceso: 08/06/2022).
- [40] ASIC Miner Value. "Bitmain Antminer L3+ (504Mh)". ASIC Miner Value. <https://www.asicminervalue.com/miners/bitmain/antminer-l3-504mh> (acceso: 08/06/2022).
- [41] GoldShell. "Goldshell Mini-Doge Pro". GoldShell. <https://shop-goldshell.com/mini-doge-pro/> (acceso: 08/06/2022).
- [42]Bitmain. "A Multitude of Power, A Great Leap of Computational Supremacy". Bitmain. <https://antminer-l-7.com> (acceso: 08/06/2022).
- [43] ASIC Miner Value. "Bitmain Antminer L3++ (580Mh)". ASIC Miner Value. <https://www.asicminervalue.com/miners/bitmain/antminer-l3-580mh> (acceso: 08/06/2022).
- [44] Innosilicon. "Innosilicon A6+ LTC Master". Innosilicon. <https://www.innosilicon.com/html/a6+-miner/index.html> (acceso: 08/06/2022).
- [45] Goldshell. "Goldshell LT5 Miner Woof, Woof, Woof Dogecoin + Litecoin 2.05GH/s 2080W". Goldshell <https://goldshell-lt5.com> (acceso: 08/06/2022).
- [46]Goldshell. "Goldshell LT5 pro". Goldshell. <https://goldshell.cm/lt5-pro-doge-ltc-miner-en/> (acceso: 08/06/2022).
- [47] ASIC Miner Value. "BW L21". ASIC Miner Value. <https://www.asicminervalue.com/miners/bw/l21> (acceso: 08/06/2022).

- [48] GoldShell. "Goldshell LT6". GoldShell. <https://shop-goldshell.com/goldshell-lt6/> (acceso: 08/06/2022).
- [49] ASIC Miner Value. "Innosilicon A4+ LTCMaster". ASIC Miner Value <https://www.asicminervalue.com/miners/innosilicon/a4-ltcmaster> (acceso: 08/06/2022).
- [50] Fusionsilicon. "Fusionsilicon X6+". Fusionsilicon. <https://fusionsiliconminers.com/product/fusionsilicon-x6-plus/> (acceso: 08/06/2022).
- [51] Innosilicon. "Innosilicon A6 LTCMaster". Innosilicon. <https://www.innosilicon.com/html/a6-miner/index.html> (acceso: 08/06/2022).
- [52] Ultramining. "ASIC MINER PROFITABILITY RANKING". Ultramining. <https://ultramining.com/en/hardware/goldshell-xs6/> (acceso: 08/06/2022).
- [53] ASIC Miner Value. "Goldshell X5S". ASIC Miner Value. <https://www.asicminervalue.com/miners/goldshell/x5s> (acceso: 08/06/2022).
- [54] ASIC Miner Value. "Goldshell X5". ASIC Miner Value. <https://www.asicminervalue.com/miners/goldshell/x5> (acceso: 08/06/2022).
- [55] Aikapool. "Getting Started Guide". Aikapool. <https://aikapool.com/doge/index.php?page=gettingstarted> (acceso: 08/06/2022).
- [56] Aikapool. "Statistics". Aikapool. <https://aikapool.com/doge/index.php?page=statistics&action=pool> (acceso: 08/06/2022).
- [57] Ropesta. "ZEUSMINER VOLCANO 300MH/S@1000W" ROPESTA The Best of Bitcoin Miners Store <https://ropestamining.github.io/zeusminer/zeusminer-volcano-300mhs1000w.html> (acceso: 08/06/2022).
- [58] F2Pool. "DOGE-Dogecoin". F2Pool <https://www.f2pool.com/coin/dogecoin> (acceso: 08/06/2022).
- [59] minerstart. "Calculadora de minería de Dogecoin". Minerstart <https://minerstat.com/coin/DOGE?lang=es> (acceso: 08/06/2022).
- [60] CoinWarz. "Dogecoin Hashrate Chart". CoinWarz <https://www.coinwarz.com/mining/dogecoin/hashrate-chart> (acceso: 08/06/2022).
- [61] Aikapool. "Blocks". Aikapool. <https://aikapool.com/doge/index.php?page=statistics&action=blocks> (acceso: 08/06/2022).
- [62] Visual Studio Code. "Code editing. Redefined.". Visual Studio Code. <https://code.visualstudio.com> (acceso: 08/06/2022).
- [63] Khan Academy. "Overview of quicksort". Khan Academy. <https://www.khanacademy.org/computing/computer-science/algorithms/quick-sort/a/overview-of-quicksort> (acceso: 08/06/2022).
- [64] K.I Kraken Intelligence, "Bitcoin's True Hashrate", Kraken Intelligence, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://kraken.docsend.com/view/gvyiece7hzwvds94>

- [65] Datos Macro. “Consumo de electricidad”. Datos Macro. <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-consumo> (acceso: 08/06/2022).
- [66] Enerdata. “Consumo Nacional de Electricidad”. Enerdata <https://datos.enerdata.net/electricidad/datos-consumo-electricidad-hogar.html> (acceso: 08/06/2022).
- [67] Selectra. “¿Cuánto cuesta el kilovatio hora de luz (kWh) en España?”. Tarifa luz hora. <https://tarifaluzhora.es/info/precio-kwh#precio-mercado-regulado> (acceso: 08/06/2022).
- [68] Microsoft Word. “Microsoft Word Obtener ahora con una suscripción a Microsoft 365”. Microsoft. <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/word> (acceso: 08/06/2022).
- [69] Atom. “A hackable text editor for the 21st Century”. Atom <https://atom.io> (acceso: 08/06/2022).
- [70] Ecosia. “El motor de búsqueda que planta árboles.” Ecosia. <https://www.ecosia.org> (acceso: 08/06/2022).
- [71] DuckDuckGo. “La privacidad, simplificada. ¡Ayuda a difundir DuckDuckGo!”. DuckDuckGo. <https://duckduckgo.com/?t=opera> (acceso: 08/06/2022).
- [72] Opera GX. “El navegador para jugadores”. Opera GX. <https://www.opera.com/es/gx> (acceso: 08/06/2022).
- [73] Vivaldi. “Navegador Vivaldi”. Vivaldi. <https://vivaldi.com/es/> (acceso: 08/06/2022).
- [74] Google. “Acceso sencillo y seguro a tu contenido”. Google Drive <https://www.google.es/drive/> (acceso: 08/06/2022).
- [75] Draw.io. “Untitled Diagram”. Draw.io. <https://app.diagrams.net> (acceso: 08/06/2022).
- [76] Global Petrol Prices. “Electricity prices”. Global Petrol Prices. https://es.globalpetrolprices.com/electricity_prices/ (acceso: 08/06/2022).

ANEXOS

A continuación, se incluye material que se considera relevante para este trabajo pero que no se ha podido poner en la memoria por su extensión. Este es vocabulario importante, el código realizado durante el trabajo y datos de electricidad utilizados. Junto a esto se incluye un resumen en inglés para aquellos que no hablen español puedan tener un acceso al trabajo.

ANEXO A. SUMMARY

The world is suffering an energy and ecological crisis in addition to a health problem. This is partly due to the large expenditure of energy that can exceed the supply and the methods of obtaining electricity, which comes from non-renewable and polluting sources.

Part of this problem, as demonstrated in other works such as Cambriegde's, is cryptocurrencies. Specifically, those that use Proof of Work, or PoW. This method requires many computers connected to the power grid and the cryptocurrency constantly performing powerful mathematical calculations and solving cryptographic puzzles. While this is a safe and very effective system in terms of privacy and security, it is not electrically.

Among the currencies that use Proof of Work is Dogecoin. This is because it comes from Litecoin, which in turn comes from Bitcoin, the first cryptocurrency. Bitcoin laid the foundations, including this transaction verification system.

Dogecoin is not a serious currency like Bitcoin, being a so-called "meme currency" and having a very unstable, volatile and low market value. That is why the study focused on it, wanting to see if this currency was also an energy problem like its peers. Dogecoin uses Proof of Work, but it is planning and preparing to move to Proof of Stake, or PoS. To give more reasons or explanations as to why this is the case, this study has been carried out on its energy expenditure.

This work would thus be further evidence for or against -depending on the results- the theory that the Proof of Work system is energetically very costly and therefore very polluting.

Thus, three objectives were set to study Dogecoin, each with an associated hypothesis that was to be tested over the course of the project with the data obtained, to see if it was disproved or proven.

The first objective was to see how much an individual Dogecoin miner spends depending on his mining time and devices used. This objective was coupled with the hypothesis that he/she spent more than a Spanish citizen.

The second objective was to look at the electricity consumption of the entire Dogecoin network, looking at its current power and the power consumed in a year. To this objective was added the hypothesis that it spent more than a first world country. In order to see this hypothesis, it was necessary to see the expenditure in one year.

The third and last objective was to see if it was profitable to mine in Spain. That is, if the Dogecoin gains exceeded the individual electricity costs generated by mining them. To this objective we added the hypothesis that it is not profitable to mine Dogecoin in Spain.

As there were three objectives, the work was divided into three methods to obtain the results and to be able to prove or disprove the hypotheses. Moreover, they had to be carried out in the

order described, since the data obtained in one objective were necessary to be able to carry out the next one.

The first objective was split into three parts by identifying three ways to mine Dogecoin. With a computer, with an ASIC or with a mining farm, which is what many ASICs working together are called, ranging from 4 to entire warehouses.

I did not have ASICs or the budget to buy one, so I searched for the most used ones, using the 16 ASICs given by the F2Pool pool, one of the largest Dogecoin pools. A seventeenth was added to these 17, which was needed to perform the calculations for the second objective.

To see the electricity spent, the specifications given by the manufacturer were used in the case of the ASICs, while for the computers, mining software was installed on three: a personal laptop, a desktop computer and a gaming desktop computer. All of them had different computing powers, with the first two not supporting GPU mining. On the other hand, the gaming computer did support it.

Using an electricity measuring device, measurements were taken on all three devices. As it kept changing, an average was made to get the range in which the frequencies were moving, thus having all the expenditure numbers in one hour.

This was used to calculate a miner's daily, monthly and annual expenditure, assuming that he/she mines 1, 2, 4, 8, 12, 16 or 24 hours, with an average representing the fact that each day he/she mines different hours. With this data, a comparison axis was sought. In this way it could be seen whether the expenditure was too much or too little.

To do this, expenditure was compared with common household appliances, measuring in my own house those whose socket was easily reached. The inaccessible ones - the washing machine, dishwasher and refrigerator- were measured using the specifications and calculations made by the manufacturer. With these numbers, all computer/laptop combinations and each individual appliance were compared, so that their comparative cost could be seen. To this was added the cost when the computers have only a mild background activity. In this case a video posted on the internet was used with nothing else running.

In addition to this, to see if the cost of mining was the biggest cost of the computer, it was compared with the electrical cost of running video games on them, as this is the other program that uses the most power when using both CPU and GPU. As each computer has different power, different video games were used. The same Pixel Art game, Stardew Valley, was used for all of them, as they could all play it. On the other hand, for the 3D game, Torchlight III was used for the laptop, Middle-earth: Shadows of War for the desktop and finally, Elden Ring for the gaming desktop. In this way it was hoped to see if mining on a computer was really a problem or just another process you can do on a computer.

Furthermore, it was compared with the expenditure of an average Spanish citizen, according to calculations made by Red Eléctrica Española. In this way it would be seen how the bill rises and for how many people a single appliance can spend. To get a clearer picture, the ratio was compared, so that if it was less than 1, they would spend less than one citizen; but if it was greater than 1, for how many citizens each appliance would spend.

For the annual cost, a refrigerator was used as a comparison, as it is the most energy-consuming appliance. This is due to the fact that it is on 24 hours a day and every day of the year. In this way it could be seen by how much the appliance consumes and if the consumption is too high.

With the farms, no appliances were used, as the expenditure was not visible in the graph, using only the expenditure of Spanish citizens as a comparison. This is because the farms were tested with 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 40 and 100 ASICs. The aim was to see how much money they could generate by having more mining power.

For the second objective, two approaches were made, finally using the second one. For both, a pool was needed from which to extract rate or block mining data, both of which had to have an electricity cost from the pool.

The first approach was based on the percentage of mining. The mining percentage of a pool is based on the percentage of the mining rate it has of the total network, so by knowing its mining percentage and the electricity cost it has, you can calculate the electricity cost of 100%, which is the Dogecoin network.

It was first tried with Unmineable, but it did not provide the necessary data, as well as mining other coins that were not Dogecoin but gave Dogecoins. This is because these coins were passed to Bitcoin and from there to Dogecoin. That is why there was no mining rate in Dogecoin.

Next, F2Pool was tested, which according to the graph on Dogechain, the official blockchain of Dogecoin, had between 10 and 15% of the mining rate. The problem was again that it did not provide the necessary data to make the calculations. As the data was not public, it was not possible to speculate or calculate. Secondly, the pool did not allow mining Dogecoin with CPU and GPU, so no computer could be used. They only had mining software for ASICs, which was not available, so it was not possible to mine or try to see the numbers. Therefore, it was not possible to calculate how much electricity it was using.

After this, the Aikapool pool was found. This pool made all its data public: number of miners, mining rate and it showed the top fifteen miners at any given time, giving their mining rate and number of machines. Therefore, it had all the necessary data to calculate its electricity.

But first, the data had to be collected, as they changed over time. The fifteen best miners, called visible miners in this study, changed from time to time, so every half hour data was taken from the fifteen best miners. In this way it was possible to have data from more than twenty miners with which to make calculations, seeing that these miners had a total of 90 or 95% of the pool's mining rate, depending on the time. The other 5% was part of the so-called non-visible miners. Seeing the percentage of the rate that was not covered and knowing the number of miners, we obtained an average rate that they should have, seeing that it corresponded to a very small ASIC or a Gaming computer.

Thus, only the data of the visible miners remained. To do this, their rate was divided by the number of machines they had. In this way, and knowing the most used ASICs, a hypothetical ASIC could be assigned to each one, the one that most closely matched their mining rate. There was only one that did not fit as it had 300Mhs, looking for the seventeenth ASIC mentioned above.

With this data, an average cost of the pool could be estimated and, thanks to the calculations performed on it, the four methods for measuring the electricity of a mining network using Proof of Work could be devised.

The problem is that the percentage of the mining network was very small, with no blocks mined in two months. Therefore, it was not possible to correctly estimate the electricity consumption of the network.

It was also not known whether a higher rate would be preserved over time, so it was decided to do an experiment. Knowing that F2Pool had a high daily mining rate thanks to Dogechain and also its address, it was possible to go back 1 week, 30 days and up to 70 days- which is the maximum time that was deemed convenient for this study- to see if the rate remained stable.

Three programmes were designed for this purpose. The first one collected all the miners of the last X days, this being a number to be determined. The second, a program that sorted the miners obtained, so that they could be grouped and treated correctly in the last program. It calculated the proportion of mined blocks with respect to the total. In this way, it was possible to know how the Dogecoin rate was divided and to see if this thesis was correct.

Whether or not it was true, this approach did not work, so it was decided to try the second approach: the calculation from the mining rate of the pool. This data was available from Aikapool, and thanks to experimentation to obtain the electricity it consumed, 4 methods were obtained to calculate the cost of a mining network that mines Dogecoin. Whether it is a pool, or the Dogecoin network itself.

The first is assuming that all miners use large ASICs. ASICs with a mining rate equal to or greater than 2Ghs/s were so called. For this method, the network rate is divided by a calculated average large ASIC. From those that are necessary to cover its rate and knowing the electricity used by this ASIC, the electricity cost is calculated.

The second method is to assume that all miners use small ASICs. ASICs that had a mining rate equal to or less than 1Ghs/s were called small ASICs. For this method, the network rate is divided by a calculated average small ASIC. Based on the number of ASICs needed to cover its rate and knowing the electricity used by that ASIC, the electricity cost is calculated.

The third method is to take into account that there will be large ASICs and small ASICs. So what I did was to calculate the average of the result given by large ASICs and the result given by small ASICs. This way you have an intermediate cost in which both types of miners are taken into account.

The fourth and final method is done by scaling from Aikapool. Knowing the cost of Aikapool at what mining rate, a relation can be made with the mining rate of Dogecoin, so that its electrical cost can be calculated.

With these four methods it was possible to effectively calculate the Dogecoin expenditure, having all but one piece of data: the mining rate of the Dogecoin network. At this point the second phase of this objective began, which is to obtain a method to calculate the Dogecoin rate.

Upon investigation, it was found that numerous sites used the difficulty of the current block at the time to calculate the rate, not saying what their method was; and worse still, all giving a different number.

For this reason, we looked for our own method based on the difficulty. What this does is to maintain the rate of block mining around the rate set by the network, which is one minute. To do this, depending on the mining power of the network, the difficulty goes up or down, adjusting itself to try to keep the verification time within the established minute.

Therefore, based on the mining time between blocks and the difficulty, the network rate could be established.

This was also something that Kraken Intelligence did for Bitcoin, creating a formula that calculates the average rate of the last 24 hours. After reading the work, it was clear that I could use the parameters it used, just by changing the constants to those of Dogecoin.

This could be done because they both use the same verification process -Proof of Work- and the same encryption algorithm - SHA-256. Dogecoin actually uses Scrypt, but this algorithm is just SHA-256 adding noise to the computer's memory, so the number of possible combinations is the same.

Only the time parameters had to be changed. Bitcoin mines fewer blocks by having a verification time of 10 minutes, ten times longer than Dogecoin.

With the formula adapted, only one piece of information was missing. The average difficulty over the course of the day and the number of blocks mined in the last 24 hours to see their proportion to those expected to have been mined. To obtain this data, a fourth programme was created.

It went through the blocks one by one from the last mined block until it found the block that marked the last 24 hours. When it did so, it saved the difficulties and could then calculate the average. To see which was the last block in the last 24 hours, one of the block parameters was used. They do not have a date, but a number of seconds. Subtracting this number of seconds, I can have the time elapsed between two blocks. Knowing the number of seconds in a day, as soon as this number was equal or higher, the desired block would have been reached.

After having this program and testing it, the rate was already calculated. Then a second part was added to the program. This part calculated the electricity cost from the four methods described above. In this way, the calculation was automated and did not have to be done separately. Thus, the immediate expenditure was calculated for each method and the expenditure over a year, so that an overall view could be obtained.

Along with this, a third function was added. This one compares the annual expenditure with the expenditure of countries, as they give their expenditure not instantaneously, but on an annual basis, thus making it possible to see whether or not the second hypothesis was fulfilled.

For this purpose, electricity data for countries in the last two years was searched. We did not go further back because COVID-19 changed the entire electricity expenditure and economic situation, and therefore the data might not correspond to the current data. Therefore it was decided not to go back further.

Once the data was available, it was saved in a file, creating a fourth function in the programme: comparing expenditure to give each method two country boundaries. The country with the immediately higher expenditure and the one with the immediately lower expenditure.

With this, the programme was complete, adapting it to be able to run numerous tests in a row throughout the day while keeping a record of the data. All the code was put into two different methods of the same class, calling them in a loop whose iterations were the number of tests to be performed. Since the program takes between twenty and thirty minutes, it allowed time for the rate to vary, so that we could have the data throughout the Dogecoin's time and which countries it was identified with each time.

This way it was possible to move on to the last objective of the work, which was to see the profitability of mining in Spain. Having the global rate of the Dogecoin network, the expenditure made by a single miner alone and the profits obtained in a pool, this objective could now be achieved.

This was divided into two situations. On the one hand, a miner who mines alone and on the other hand a miner who is in a pool, in order to see if either situation was profitable. However, a prior calculation had to be made for both of them: the price of electricity in Spain.

By comparing the costs of numerous companies and their tariffs, an average price in Spain was found. To get a first overview of the problem, this price was compared with the price of Dogecoin at the time. For this study to be valid, an assumption had to be made: the price of Dogecoin. There is an official and a real price, but it keeps changing, so it was established that this work was going to work under the hypothesis that this price was going to be between 0.1\$ and 0.2\$, making the whole study with a fixed price. This fixed price was the one that existed at the time of starting to make the calculations for this objective.

With this the price fixed, we proceeded to see how much it cost to mine with computers for one hour. This is because the price of electricity is measured in kWh. After this, I went on to calculate the individual cost of each ASIC. Due to their high electricity rate and the numbers seen during the first objective, here I calculated the cost in one month and one year.

For a better view of the real cost, the numbers obtained for the cost in one month were compared with the bill of an average Spanish citizen. With the price of electricity and knowing their monthly electricity expenditure, an average bill could be created and thus compare the expenditure with the ASICs. In order to be able to see it better, a graph was also made with the proportions, where less than 1 is less than one citizen, 1 is equal to one citizen and more than 1 is several citizens, indicating the number of citizens. Thus, we could see the personal cost and the money to be obtained in order to be able to cover the expenses.

After these previous calculations, I went on to calculate whether it was profitable on an individual level to mine alone. To do this, the Dogecoin earned was calculated depending on the total mining rate of the network and the hours mined per day. Three possible scenarios were assumed for this second parameter. 24 hours, 8 hours and 1 hour. With the calculated rate, it was possible to see the amount of electricity spent to achieve that rate. Assuming that a miner can earn as many Dogecoins as the percentage of the rate and knowing the price of both electricity and Dogecoin, the possible expenses and profits were calculated and subtracted to see the total profit.

This was followed by the second scenario, where the miner is part of a pool. By being part of a pool, you can earn money in two ways: by mining a block and taking the reward for it - except for the commission charged by the pool - or by giving your mining fee and taking your share of the commission in relation to the mining fee contributed.

Since no blocks were successfully mined, the commission charged was not known. Therefore, no calculations were made on the success of mining blocks, only on the money earned on the basis of commissions. Knowing how much money I earned in an hour and the mining power with which I mined, it was possible to calculate for each ASIC according to its mining rate how much money I could possibly earn. And since the power consumption of all ASICs is known, it was also possible to calculate the power consumption of each ASIC. As in the previous case, both values were subtracted, obtaining the possible earnings in the pool using a single ASIC for one hour.

After carrying out all the calculations explained and running all the programmes designed, it was possible to analyse the results obtained. And with them, we could see if the three hypotheses raised at the beginning of the project with each objective were refuted or proved.

The first hypothesis is that an individual miner spent more than a Spanish citizen. There were three possibilities: mining with a computer, mining with an ASIC or having a mining farm. Each one was looked at from one side.

It was found that the cost of a mining computer is less than half of a citizen's bill, spending less or the same as most household appliances. When looking at the cost of software, it became clear why. Mining on a computer spends the same or less than using a computer to play a high quality 3D game. This is because both use as much of the processor and graphics card as they can. Therefore, someone who spends all day playing video games is electrically indistinguishable from someone who spends all day mining on their computer.

On the other hand, the opposite was seen with the ASICs. Only two of them, the Mini DOGEs, spent less than a Spanish citizen. The rest of them, if they had been mining between 4 and 24, spent between 2 and 7 Spanish citizens. This is very expensive, as one person with one device is spending more than several people at the same time.

By these numbers, it was expected that mining farms, which are 2 or more ASICs mining together, would spend much more than one citizen. Especially since these farms are meant to mine 24 hours a day.

In this case, even farms with only 2 ASICs were already spending more in one day than a citizen spends in a month. This means that farms mining for a month spent as much as dozens of people. And the worst case, that of a farm of one hundred ASICs: they spent as much as a small municipality in Madrid, as it spent more than 700 people together.

This is what indicated that this is where the electrical problem lies with the coins. Not in the verification method, but in the ASICs. Computers use electricity, but not so much that it is noticeable. ASICs, on the other hand, are a serious problem. This is due to their high electricity consumption and that it is the most profitable way to obtain large mining rates that allow the miner to obtain a reasonable number of cryptocurrencies. And so, mining farms are born, the big problem of Proof of Work coins.

These farms full of ASICs use as much electricity as villages or blocks of buildings, being single-person farms. This is an unnecessary waste of electricity that we cannot afford in these ecologically sensitive times.

The problem with this is that miners are not going to stop using them if it is profitable for them, not shutting down these farms unless they can't use ASICs. And this way to stop using them, is for there to be no coins that allow them to use them. To do this, no currency would have to use Proof of Work or any system based on complicated mathematical calculations. In this way, ASICs would cease to be used and electricity costs would be greatly reduced.

The second hypothesis was whether the Dogecoin network spends as much as a country. To see this, two graphs were created from the data obtained. This way the four calculated expenses and the expenses of the countries could be compared. The first graph had the average expenditure of Dogecoin, generating a bar graph, while the other calculated the expenditure over time. As the expenditure is not available over time, a constant cost was assumed for the countries.

Once this was calculated, a comparison was made. It was found that with all four methods, they spent more than several small countries. Both the most optimistic and the worst-case scenario all spent more than one country.

In the best case, using only large ASIC, Dogecoin spends more than Montenegro and less than Brunei. In the worst case, using only small ASICs, Dogecoin spends more than Estonia but less than Armenia. In the intermediate cases, Aikapool and using all types of ASICs, spending is similar to Lithuania, Moldova and Estonia.

With the exception of two, these are European countries. First world countries with more or less large expenses. This is a very large expense for a cryptocurrency network, especially considering that it is a meme currency.

This electricity cost is not something we can afford, especially with the current energy and environmental crisis.

This huge expense can be explained by the large network of ASICs used to achieve the high mining rates along with the Pool. All this expense would not be necessary if Dogecoin were to change its verification system.

Luckily, this is something that Dogecoin is in the process of doing. With the help of the founder of Ethereum, Dogecoin is preparing to change its Proof of Work system to the Proof of Stake system. Bearing in mind that with this new system it is not possible to use ASICs as there is nothing to calculate and whoever has the most computational power wins the most, the expense would be considerably reduced.

The cost would change from thousands of ASICs to thousands of computers. It would no longer be necessary for each user to have several expensive electrical devices. Proof of Stake is verified by being connected to the network and having a minimum number of coins stored in the wallet.

Knowing the cost of computers running a simple program, an internet video, and taking into account the cost of ASICs, ten times higher in the case of the least powerful and thirty-four times higher in the case of the largest, it can be estimated that Dogecoin will reduce its electricity costs by around a tenth. It will go from spending as much as a European country to spending around

the size of a village or a community of neighbours. This is still a large expense, but it would not be as large as that of a whole country, and would be much more environmentally friendly.

Also, being computers only, they would spend as much as a video game player, or less. This would depend on the number of active hours checking. So, it would be as if instead of having a community of people playing games, we would have them mining, which is a change that won't be noticed and therefore won't overload the grid with a large demand for electricity.

Therefore, the second hypothesis was tested and not disproved by the data found.

Finally, only one last hypothesis remained: it is not profitable to mine in Spain.

To check this, the price of electricity was first compared with the price of Dogecoin. This turned out to be 2.2 times higher. This means that in order to amortise at least the electricity costs, at least twice as many Dogecoins must be earned as kWh spent.

But when looking at the calculated tables, it became clear that this was not the case. Not even by mining all the Dogecoin given as a reward in one day could the expenditure be amortised, being always much higher than the money generated and therefore always remaining in the red.

This was to be expected due to the high price of electricity and the low price of Dogecoin. Furthermore, looking at the price of the bill with the assumption of mining 24 hours a day for a month, only two of the ASICs did not outperform the Spanish citizen. The two Mini Doge. The rest doubled or multiplied by 7 the bill, being a very large economic expense.

Therefore, in order to mine alone or for an ASIC farm to be profitable, this must be done in a country that has a lower price than Dogecoin.

Using the price study and taking electricity prices from 77 countries, it was found that this could be done in many different countries. Most of them were developing or highly industrialised countries.

The price of electricity is the reason why there are many mining farms in poor countries or in China, or the case of the mining farm in Iceland that spent as much as a family. To profit from the money earned, you need electricity prices to be as low as possible, especially for a currency that is not even a dollar.

Therefore, it is not profitable to mine alone in Spain. In other countries may be, but not in Spain due to its high electricity prices.

On the other hand, it was found that it was profitable to mine in a pool. According to calculations, in one hour you earned much more than you spent on electricity. When a graph was made for comparison, the bars of expenditure were so small compared to those of profit that they could not be seen on the graph.

Unmineable may mine currencies other than Dogecoin, but the Dogecoins generated in the exchange are sufficient to pay for the electric cost. And this is only with the commissions, because in the case of managing to mine a block, the gains would be the mining reward as well as the commissions.

With this data, it was seen that a pool that manages to regularly mine blocks every day is a way to mine Dogecoin without suffering a loss. And although it could not be mined in F2Pool, its rate was calculated over 70 days, 30 days, one week and the last 24 hours. All four were between

17% and 15% of the blocks mined. This number is large enough to have a more or less constant flow of mined blocks. Between the commissions and the occasional blocks that were mined, enough money could be made to cover the electricity costs and also to make a profit.

But these are assumptions based on the data, because it was not possible to mine in F2Pool as it did not have ASICs. And all because the pool estimates that it is not profitable to mine Litecoin with a computer. And I say Litecoin, because F2Pool uses the Auxiliary Proof of Work, which allows mining Dogecoin and Litecoin at the same time.

Litecoin is worth more than \$20, which further increases the potential gains.

Therefore, mining in Spain is considered to be profitable if a pool is created that manages to mine blocks on a more or less regular basis every day.

After these three hypotheses, it can be said that Dogecoin effectively using Proof of Work has a significant electrical cost that should not be ignored. Besides, all of this is due to how expensive ASICs are electrically.

Before closing, there are a couple of issues that could usefully be addressed in a future study.

The first is to test the profitability of mining in F2Pool and to see if the hypotheses made are fulfilled, as well as to be able to study the advantages and disadvantages of the Proof of Work Auxiliary.

Secondly, when Dogecoin makes the change from Proof of Work to Proof of Stake, it would be useful to calculate the new electricity cost and compare it with the previous cost calculated in this work. Doing so it could be observed if, as estimated, the electricity cost has gone down because ASICs cannot be used for mining.

This could be a line of work for the future.

To conclude, the results of the present study are that the process of mining Dogecoin requires to spend as much energy as small European countries, and that it is an important electrical expense to be taken into account and should not be disregarded.

ANEXO B. VOCABULARIO

Altcoin: moneda nacida como bifurcación de Bitcoin.

Blockchain: libreta digital que contiene todas las transacciones de una moneda desde su creación. No puede borrarse ni sobrescribirse. Es pública y solamente se puede escribir nuevas transacciones.

Criptodivisa: termino alternativo a criptomoneda, refiere a una moneda digital con la que poder comprar bienes y hacer intercambios.

Criptomoneda: según la RAE, “Moneda virtual gestionada por una red de computadoras descentralizadas que cuenta con un sistema de encriptación para asegurar las transacciones entre usuarios.”

Meme: imagen graciosa de internet.

Minero: persona encargada de verificar transacciones de una criptomoneda. A cambio, se lleva una comisión y recompensa por bloque.

Pool: grupo de mineros que minan una misma criptomoneda, compartiendo así su poder de minado para poder obtener mayores recompensas.

Prueba de Trabajo/PoW: método usado por Bitcoin, Litecoin y Dogecoin entre otras monedas para verificar sus transacciones.

ANEXO C. CÓDIGO

En este anexo incluimos el código de todos los programas realizados en el proyecto. Se recuerda que el lenguaje utilizado es Ruby. Para crear un archivo con el código, se debe usar la terminación .rb.

B. 1 ExtraerMineros

#bibliotecas usadas

require 'net/http'

#####

VARIABLES

#####

#variables referentes a las urls usadas

url = "https://dogechain.info/api/v1/block/" #da un bloque y toda su informacion

url2 = "https://dogechain.info/api/v1/transaction/" #informacion de una
transacciontransaccion

html = ""

#variables de control del bucle

diferencia = 100000

max = Net::HTTP.get(URI("https://dogechain.info/chain/Dogecoin/q/getblockcount")) #altura
del ultimo bloque agregado a la blockchain

min = (max.to_i)-diferencia

min = 4141693

max = 4198784

fichero = "./Mineros2meses.csv" #donde guardamos los datos obtenidos

conseguido = false #si ha logrado conectarse a la red

extraido = false #si ha logrado extraer el bloque

#variables auxiliares para guardar datos temporales

cifrado = "" #guarda el hash de la primera transaccion del bloque

auxiliar = "" #guarda el resultado de la pagina

auxiliar2 = ""

addres = "" #guarda el addres extraido de una transaccion

```
contador = 0 # contar veces hemos fallado tratando de establecer conexion
fallo = false #false se ha logrado conectar al bloque, true no se ha logrado
inicio = Time.new
```

```
#este bucle va desde el bloque min hasta el bloque actual (se quiere ir desde el 2020 hasta la
fecha actual)
```

```
for bloque in(min..max.to_i)
```

```
  #OBTENER PRIMERA TRANSACCION DEL BLOQUE (la del minero)
```

```
  puts bloque
```

```
  min = bloque
```

```
  #generar url
```

```
  html = ""
```

```
  html = html.concat(url)
```

```
  html = html.concat(bloque.to_s)
```

```
  urlCompleta = URI(html)
```

```
  extraido = false
```

```
  fallo = false
```

```
  while !extraido
```

```
    #obtener informacion del bloque
```

```
    conseguido = false
```

```
    contador = 0
```

```
    while !conseguido && contador < 4 #si no lo consigo en 4 intentos, es que no se puede
acceder a este bloque
```

```
      begin
```

```
        puts "Intentando establecer conexion. #{Time.new}"
```

```
        auxiliar=Net::HTTP.get(urlCompleta)
```

```
        conseguido = true
```

```
      rescue
```

```
        puts "Ha habido un error en la conexion. Intentando otra vez. #{Time.new}"
```

```
        contador = contador + 1
```

```
        puts contador
```

```
      end
```

```
    end
```

```

if(contador <4)
    puts "Conexion establecida"
    fallo = false
else
    puts" Fallo al intentar extraer bloque. Saltando al siguiente"
    fallo = true
    extraido = true
end
contador = 0

#LEER BLOQUE OBTENIDO PARA EXTRAER HASH MINERO
#vamos poco a poco cortando el bloque hasta obtener lo que queremos
if !fallo
    begin
        cifrado = auxiliar.split("")
        cifrado = cifrado[1].split("")
        cifrado = cifrado[0].split(",")
        cifrado = cifrado[0].gsub(" ", "")
        cifrado = cifrado.gsub("\'", "'")
        cifrado = cifrado.gsub("\n", "")
        extraido = true
    rescue
        puts "Ha habido un error al extraer. Intentando de nuevo. #{Time.new}"
        extraido = false
    end
end
end

if !fallo
    puts "Extraido con exito bloque #{bloque}"

#OBTENER ADDRESS DEL MINERO
#generar url

```

```

html = ""
html = html.concat(url2)
html = html.concat(cifrado)
urlCompleta = URI(html)

#obtener addres
extraido = false
while !extraido
  conseguido = false
  while !conseguido
    begin
      puts "Intentando establecer conexion 2"
      auxiliar2=Net::HTTP.get(urlCompleta)
      conseguido = true
    rescue
      puts "Hay problemas en la conexion. Intentando otra vez. #{Time.new}"
    end
  end
end
puts "Conexion 2 establecida. #{Time.new} "
begin
  #LEER TRANSACCION PARA SACAR EL ADDRESS
  addres= auxiliar2.split("[")
  addres = addres[2].split("]")
  addres = addres[0].split(",")
  addres = addres[3].split(":")
  addres = addres[1].gsub(" ", "")
  addres = addres.gsub("}", "")
  addres = addres.gsub("\\"", "")
  extraido = true

  #quitar saltos de linea para ayudar en la escritura
  addres = addres.gsub("\n", "")
rescue
  puts "Fallo en segunda extracion. Intentando de nuevo"
end

```



```

        puts "Bloque: #{bloque}"
        extraido = false
    end
end

puts "Escribiendo bloque"

#GUARDAR MINERO EN FICHERO Y EL NUMERO DE BLOQUE QUE MINO
File.open(fichero, "a") do |file|
    file.write("#{adres};#{bloque}\n")
end

end

puts cifrado
puts adres
fin = Time.new

```

```

puts ("El codigo comenzo a: #{inicio}")
puts ("El codigo termino a: #{fin}")

```

B. 2 Implementación del algoritmo Quickshort

```

def quickshort (maxIzquierda,maxDerecha,contenido)
    izquierda = maxIzquierda
    derecha = maxDerecha
    pivote = contenido[((izquierda+derecha)/2)].split(";")[0]
    puts "Ciclo nuevo #{Time.new}"
    while (izquierda<=derecha)

        #buscamos elemento desordenado por la izquierda
        while ((izquierda<=maxDerecha) && ((contenido[izquierda].split(";")[0]<=>pivote)==-1))
            izquierda =izquierda + 1
        end

        #buscamos elemento desordenado por la derecha
        while ((derecha>=maxIzquierda) && ((contenido[derecha].split(";")[0]<=>pivote)==+1))

```

```

    derecha = derecha - 1
end

#si hay 2 elementos desordenados, los intercambiamos
if(izquierda<=derecha)
    auxiliar = contenido[izquierda]
    contenido[izquierda] = contenido[derecha]
    contenido[derecha] = auxiliar
    izquierda = izquierda + 1
    derecha = derecha - 1
end
end
puts "dividiendo"
if(maxIzquierda<derecha)
    quickshort(maxIzquierda,derecha,contenido)
end

if(maxDerecha>izquierda)
    quickshort(izquierda,maxDerecha,contenido)
end
end

destino = " "#ruta donde guardar los archivos
fichero = ""#ruta con datos a ordenar

ordenado = false
auxiliar = ""
csv = File.new(destino,"a")
#leemos contenido del fichero
contenido = File.read(fichero)
puts "fichero leído"

#dividimos el contenido en lineas

```

```
contenido = contenido.split("\n")
```

```
lineas = contenido.length()
```

```
inicio = Time.new
```

```
puts "comenzando a ordenar"
```

```
puts inicio
```

```
coso= lineas-1
```

```
#ordenar el fichero
```

```
quickshort(0,coso,contenido)
```

```
ordenar = Time.new
```

```
puts "escribiendo fichero"
```

```
puts ordenar
```

```
#Escribimos los datos ya ordenados
```

```
for i in (0..(lineas-1))
```

```
  csv.write(contenido[i]+"\\n")
```

```
end
```

```
fin = Time.new
```

```
#impresion tiempos
```

```
puts "Inicio #{inicio}"
```

```
puts "Fin ordenar #{ordenar}"
```

```
puts "Fin de programa #{fin}"
```

B. 3 Proporciones

```
#ficheros
```

```
origen=" "#poner ruta de fichero donde están los datos
```

```
destino=" "#poner ruta de donde queremos que se guarden los, incluido nombre fichero y tipo
```

```
#auxiliares
```

```
address=""
```

```
total=100.00#total de elementos
```

```
contador=1.0
```

proporcion=0.9999 #porcentaje minado. Numero entre 0 y 100

csv =File.new(destino, "a")

csv.write("address;bloques;porcentaje\n")

contenido = File.read(origen)

contenido=contenido.split("\n")

total=(contenido.length()-1)

inicio=Time.new

address=contenido[1].split(";")[0]

for i in (2..(total-1))

 if(address==contenido[i].split(";")[0])

 contador=contador+1

 else

 proporcion= ((contador)/total)*100

 csv.write(address+";"+(contador.to_i).to_s+";"+"proporcion.to_s+"\n")

 address=contenido[i].split(";")[0]

 contador=1.0

 end

end

fin=Time.new

puts("El programa comenzó a las "+inicio.to_s)

puts("El programa acabó a las "+fin.to_s)

B. 4 Calcular Gasto

require 'net/http'

class Dogecoin

 ASICgrandeH=3.03055556

 ASICgrandeW=2522.7777778

 ASICpequeñoH=517.1111111

 ASICpequeñoW=833.88888889

```

def compararGasto(gasto)

  fichero = File.read("./electricidadPequeña.csv")
  fichero=fichero.split("\n")

  comparado = ""
  menor = 0.0
  mayor = 0.0
  pais = ""
  paisMenor=""
  paisMayor=""
  for i in(0..(fichero.length()-1))
    comparado=fichero[i].split(";")[1]
    pais=fichero[i].split(";")[0]
    if(comparado.to_f<=gasto)
      if(comparado.to_f>menor)#menor<comparado<gasto
        menor=comparado.to_f
        paisMenor=pais
      end
    else
      if(comparado.to_f>gasto)
        if(i>0)
          if(comparado.to_f<mayor)#menor<comparado<gasto
            mayor=comparado.to_f
            paisMayor=pais
          end
        else
          mayor=comparado.to_f
          paisMayor=pais
        end
      end
    end
  end
end

```

```

puts "Gasta más que "+paisMenor+", que consume "+menor.to_s+"tWh/año"
puts "Gasta menos que "+paisMayor+", que consume "+mayor.to_s+"tWh/año"
end

def calcularTasa()
#####
#      VARIABLES      #
#####
previo=Time.new

#urls
url = "https://dogechain.info/api/v1/block/" #permite obtener informacion de un bloque
urlDificultadUltimoBloque="https://dogechain.info/chain/Dogecoin/q/getdifficulty"
#permite obtener dificultad actual

#parametros
bloquesEsperados=1440 #bloques se espera se minen en 24 horas
tiempoBloque=60 #tiempo tarda en minarse un bloque
combinaciones=(2**32) #cantidad posible de hashes
segundosDia=86400
unidad=10**12 #divisor para pasar a THs

bloqueActual=Net::HTTP.get(URI("https://dogechain.info/chain/Dogecoin/q/getblockcount"))
#ultimo bloque minado

bloqueFinal=(bloqueActual.to_i) #bloque termina el bucle
diferencia=0 #diferencia de tiempo entre dos bloques
tiempoBloqueActual=0 #momento se mino el bloque actual
tiempoBloqueFinal=0 #momento se mino el bloque queremos ver si es el primero
contador=2 #numero bloques recorridos
suma=0.0 #todas las dificultades del dia sumadas para hacer la media con contador

#####
#      OBTENCION PARAMETROS      #
#####
#obtener datos iniciales de tiempo y dificultad

```

```

html = ""
html = html.concat(url)
html = html.concat(bloqueActual.to_s)
urlCompleta = URI(html)
auxiliar=Net::HTTP.get(urlCompleta)

auxiliar=auxiliar.split("[")
auxiliar=auxiliar[0].split(",")

#obtener fecha se mino el bloque actual
tiempo=auxiliar[6].split(":")
tiempoBloqueActual=tiempo[1].gsub(" ", "")

#obtener dificultad bloque actual
dificultadBloque=auxiliar[5].split(":")
suma=dificultadBloque[1].to_f
dificultadActual=dificultadBloque[1].to_f
puts tiempoBloqueActual
puts suma

#####
#BUSQUEDA PRIMER BLOQUE ULTIMAS 24 HORAS#
#####
encontrado=false #tengo el primer bloque de las ultimas 24 horas
inicio=Time.new
puts "Previo "+previo.to_s #tiempo de control para depurado
puts "Empieza bucle "+inicio.to_s
while !encontrado
  bloqueFinal=bloqueFinal-1
  html = ""
  html = html.concat(url)
  html = html.concat(bloqueFinal.to_s)
  urlCompleta = URI(html)

```

```

conectado = false
extraido = false
retrocedido = false
while !extraido
  #evitar codigo pete por una mala conexion o demasiado tiempo esperando
  while !conectado
    #obtener datos del bloque
    begin
      auxiliar=Net::HTTP.get(urlCompleta)
      conectado=true
    rescue
      puts "Fallo en la conexion. Saltando uno."+Time.new.to_s
      if !retrocedido
        bloqueFinal=bloqueFinal-1
        retrocedido = true
        html = ""
        html = html.concat(url)
        html = html.concat(bloqueFinal.to_s)
        urlCompleta = URI(html)
      end

      conectado=false
    end
  end
end
#si lo que ha devuelto es un codigo de error, aqui peta,
#asi que tenemos que repetirlo
begin
  auxiliar = auxiliar.split("[")
  auxiliar = auxiliar[0].split(",")

  #obtener tiempo
  tiempo = auxiliar[6].split(":")
  tiempoBloqueFinal = tiempo[1]

```



```

#obtener dificultad
dificultadBloque = auxiliar[5].split(":")
suma = suma+dificultadBloque[1].to_f
contador = contador+1
extraido = true
rescue
  puts "Fallo al extraer. Conectando de nuevo."
  extraido= false
end
end

#comprobar si hemos llegado a ultimo bloque
diferencia=(tiempoBloqueActual.to_i)-(tiempoBloqueFinal.to_i)
if(diferencia>=segundosDia)
  encontrado=true
  puts "Bloque encontrado. Bloque: "+bloqueFinal.to_s
end
puts bloqueFinal
end

fin=Time.new

#####
#          CALCULOS          #
#####

aux=bloqueActual
html = ""
html = html.concat(url)
html = html.concat(bloqueActual)
urlCompleta = URI(html)
auxiliar=Net::HTTP.get(urlCompleta)

dificultadBloque=auxiliar.split("[")
dificultadBloque=dificultadBloque[0].split(",")
dificultadBloque=dificultadBloque[5].split(":")

```

```
dificultadActual=dificultadBloque[1].to_f
```

```
contador=contador+1
```

```
#calcular variables para formula de tasa
```

```
bloquesMinados=bloqueActual.to_i-bloqueFinal
```

```
dificultadMedia=(suma.to_f)/(contador).to_f
```

```
proporcion= bloquesMinados.to_f/bloquesEsperados.to_f
```

```
puts "Dificultad Media: "+dificultadMedia.to_s
```

```
puts "Bloques Minados: "+bloquesMinados.to_s
```

```
puts "Proporcion: "+proporcion.to_s
```

```
puts "Dificultad Actual: "+dificultadActual.to_s
```

```
tasa=((bloquesMinados.to_f/bloquesEsperados.to_f)*(dificultadMedia)*combinaciones/tiempoBloque)/unidad
```

```
puts "Tasa calculada: "+tasa.to_s+"Ths"
```

```
puts "El codigo empezo a: "+inicio.to_s
```

```
puts "El codigo acabo a: "+fin.to_s
```

```
#####
```

```
#    CALCULOS ELECTRICIDAD    #
```

```
#####
```

```
gigas = 10**3
```

```
megas = 10**6
```

```
gastoGrande=((tasa*gigas/ASICgrandeH)*ASICgrandeW)/megas
```

```
gastoAñoGrande=gastoGrande*24*365/megas
```

```
gastoPequeño=((tasa*megas/ASICpequeñoH)*ASICpequeñoW)/megas
```

```
gastoAñoPequeño=gastoPequeño*24*365/megas
```

```
gastoMedio=((gastoGrande+gastoPequeño)/2)
```

```
gastoAñoMedio=gastoMedio*24*365/megas
```

```
gastoAika = 61.05047917
```

```

potenciaAika = 40.606

gastoProporcional= (tasa*gigas*gastoAika/potenciaAika)/gigas
gastoProporcionalAño=gastoProporcional*24*365/megas


puts "Gasto de la red con ASIC grandes: "+gastoGrande.to_s+"mWh"
puts "Gasto de la red con ASIC grandes al año: "+gastoAñoGrande.to_s+"tWh/año"
compararGasto(gastoAñoGrande)
puts "\n"
puts "Gasto de la red con ASIC pequeños: "+gastoPequeño.to_s+"mWh"
puts "Gasto de la red con ASIC pequeños al año: "+gastoAñoPequeño.to_s+"tWh/año"
compararGasto(gastoAñoPequeño)
puts "\n"
puts "Gasto de la red con ASIC medios: "+gastoMedio.to_s+"mWh"
puts "Gasto de la red con ASIC medios al año: "+gastoAñoMedio.to_s+"tWh/año"
compararGasto(gastoAñoMedio)
puts "\n"
puts "Gasto de la red usando Aikapool de referencia: "+gastoProporcional.to_s+"mWh"
puts "Gasto al año de la red usando Aikapool de referencia: "+gastoProporcionalAño.to_s+"tWh/año"
compararGasto(gastoProporcionalAño)


fichero =File.new("Potencia.csv","a")

fichero.write(tasa.to_s+";"+gastoAñoGrande.to_s+";"+gastoAñoPequeño.to_s+";"+gastoAñoMedio.to_s+";"+gastoProporcionalAño.to_s+";"+bloqueActual.to_s+"\n")

fichero.close

end

end

#Main

doge=Dogecoin.new()

pruebas = 100#pruebas queremos realizar seguidas

```

```
for i in (0..pruebas)
  doge.calcularTasa()
end
```

ANEXO D. DATOS ELÉCTRICOS

País	Gasto gWh/año
Afganistán	1.063
Albania	5.176
Alemania	500.350
Argentina	137.791
Armenia	7.264
Austria	70.902
Bahamas	2.103
Barbados	1.020
Bélgica	86.293
Benín	0226
Bolivia	9.984
Botsuana	3.046
Brasil	622.006
Brunéi	4.637
Burkina Faso	1.727
Burundi	357
Bután	8.952
Cabo Verde	0.469
Canadá	630.152
Chile	80.117
Chipre	4.917
Corea del Sur	549.868
Dinamarca	28.457
Eslovaquia	27.774
Eslovenia	16.298
España	256.387
Estados Unidos	3.843.833
Estonia	5.902
Finlandia	66.996
Fiyi	1.113
Francia	472.699
Gabón	3.013
Grecia	40.572
Guinea	2.061
Guinea Ecuatorial	1.186
Haití	982
Hungría	32.994
Irlanda	33.088
Islandia	18.431
Italia	286.375
Letonia	5.458
Lituania	4.866

Luxemburgo	1.878
Madagascar	1.851
México	310.052
Moldavia	5.377
Montenegro	3.487
Noruega	153.669
Países Bajos	118.715
Polonia	146.215
Portugal	48.409
Reino Unido	289.688
República Centroafricana	151
República Checa	75.161
República del Congo	3.710
República Democrática del Congo	9.211
Suecia	158.680
Suiza	68.910
Taiwán	279.054
Turquía	293.823

Tabla D.1 Datos eléctricos usados en el estudio.

País	Precio	País	Precio	País	Precio
Sudán	0,001	Omán	0,024	Afganistán	0,039
Libia	0,004	Uzbekistán	0,025	Sri Lanka	0,039
Irán	0,005	Angola	0,026	Egipto	0,041
Líbano	0,005	Kuwait	0,027	Laos	0,041
Etiopía	0,006	Cuba	0,028	Kazajstán	0,042
Kirguistán	0,01	Qatar	0,029	Pakistán	0,043
Zimbabue	0,012	Myanmar	0,03	Bahrein	0,044
Bután	0,015	Zambia	0,03	Ghana	0,044
Suriname	0,015	Argelia	0,034	Argentina	0,045
Iraq	0,022	Azerbaiyán	0,038	Arabia Saudita	0,045
Malasia	0,047	Georgia	0,064	Armenia	0,083
Trinidad y Tobago	0,048	Rusia	0,069	Rep., Dominicana	0,086
Turquía	0,052	India	0,072	Macedonia del norte	0,087
Ucrania	0,053	Moldova	0,074	Serbia	0,087
Nigeria	0,053	Vietnam	0,075	Ecuador	0,089
Paraguay	0,054	Emir, Árabes Unidos	0,075	Corea del Sur	0,09
Belarús	0,057	Camerún	0,076	Bosnia y Herz,	0,091
Bangladesh	0,059	Congo Democrático	0,077	Indonesia	0,092
Nepal	0,062	China	0,078	Tanzania	0,092
Túnez	0,064	México	0,081	Jordania	0,093
Lesoto	0,093	Marruecos	0,11	Islandia	0,146
Taiwán	0,094	Côte d'Ivoire	0,111	Noruega	0,146
Albania	0,094	Sierra Leona	0,114	Colombia	0,148
Hungría	0,095	Namibia	0,122	Croacia	0,148
Botswana	0,098	Bulgaria	0,123	Camboya	0,15

Tailandia	0,103	Malawi	0,126	Hong Kong	0,15
Costa Rica	0,103	Mauricio	0,129	Macao	0,151
Suazilandia	0,105	Mozambique	0,141	Panamá	0,154
Canadá	0,108	Malta	0,144	Brasil	0,158
Bolivia	0,109	Madagascar	0,144	Estados Unidos	0,159
Romania	0,161	Honduras	0,179	Eslovenia	0,193
Israel	0,164	Uganda	0,18	Francia	0,199
Sudáfrica	0,165	Eslovaca	0,182	Nueva Zelanda	0,199
Letonia	0,168	Suecia	0,182	El Salvador	0,199
Senegal	0,17	Singapur	0,183	Lituania	0,201
Filipinas	0,17	Aruba	0,185	Gabón	0,202
Chile	0,172	Finlandia	0,185	Grecia	0,202
Nicaragua	0,174	Togo	0,19	Burkina Faso	0,203
Polonia	0,178	Estonia	0,19	Países Bajos	0,206
Perú	0,211	Cabo Verde	0,238	Bahamas	0,262
Kenia	0,212	Austria	0,238	Liechtenstein	0,268
Suiza	0,215	Venezuela	0,243	Reino Unido	0,276
Malí	0,215	República Checa	0,243	Chipre	0,28
Belice	0,221	Portugal	0,247	Barbados	0,289
Australia	0,225	Rwanda	0,252	Bélgica	0,314
Luxemburgo	0,229	Jamaica	0,257	Islas Caimán	0,34
Uruguay	0,229	Guatemala	0,26	Alemania	0,342
Italia	0,231	Irlanda	0,261	Dinamarca	0,356
Japón	0,237	España	0,261	Bermudas	0,37

Tabla D.2 Precios de electricidad en países, lista completa