



universidad
de León
Facultad de Ciencias
Económicas y Empresariales

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Universidad de León

Grado en FINANZAS
Curso 2021 / 2022

APROXIMACIÓN TEÓRICA Y EMPÍRICA A LAS
MONEDAS VIRTUALES, SU ENTORNO, Y SU
ADOPCIÓN

THEORETICAL AND EMPIRICAL APPROACH TO
VIRTUAL CURRENCIES, THEIR ENVIRONMENT, AND
ITS ADOPTION

Realizado por el Alumno D. Jorge Mallo Maes

Tutelado por el Profesor Dña. Laura Valdunciel Bustos

18/julio/2022

MODALIDAD DE DEFENSA PÚBLICA:

Tribunal Póster

ÍNDICE

RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
1. INTRODUCCIÓN	8
2. METODOLOGÍA	11
3. ENTORNO FINANCIERO VIRTUAL Y ESTUDIOS PREVIOS	13
3.1. BLOCKCHAIN.....	13
3.2. ALGORITMOS DE CONSENSO	15
3.2.1. Poorf of Work.....	15
3.2.2. Proof of Stake.....	18
3.3. TRILEMA	19
3.4. SMART CONTRACTS Y DECENTRALIZED FINANCE	20
3.5. REVISIÓN DE LA LITERATURA	21
4. APLICACIÓN EMPÍRICA: DETERMINANTES DE LA ADOPCIÓN DE MONEDAS VIRTUALES.....	25
4.1. MODELO SIN ESTIMAR Y CUMPLIMIENTO DE SUPUESTOS.....	26
4.1.1. Ausencia de error de especificación.....	27
4.1.2. Linealidad.....	27
4.1.3. Ausencia de multicolinealidad entre las variables independientes.....	28
4.1.4. Normalidad.....	29
4.1.5. Homocedasticidad o igualdad de varianza de los términos error	31
4.1.6. Ausencia de autocorrelación o independencia de los términos de error	32
4.2. MODELO FINAL Y SU ESTIMACIÓN	33
4.3. EVALUACIÓN DEL MODELO.....	35
5. CONCLUSIONES	39
BIBLIOGRAFÍA.....	41
ANEXO.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Transacciones por segundo en monedas virtuales seleccionadas.....	20
Tabla 4.2. Pruebas de normalidad, estadístico K-S.....	31
Tabla 4.3. Estadístico Durbin-Watson	33
Tabla 4.4. Variables incluidas en el modelo 1	34
Tabla 4.5. Coeficientes del modelo y su significatividad.....	34
Tabla 4.6. Validez global del modelo a través del estadístico F y su significatividad	35
Tabla 4.7. Bondad del ajuste del modelo	36
Tabla 4.7. Casos atípicos del modelo.....	37
Tabla 4.8. Coeficientes del nuevo modelo y su significatividad.....	37
Tabla 4.9. Bondad del ajuste del nuevo modelo.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Esquema regresión múltiple..... **12**

Figura 3.1. Esquema de transacciones en una Blockchain usando algoritmos hash y PKC **13**

Figura 3.2. Solución al problema del doble gasto a través del timesatmping **14**

Figura 3.3. Funcionamiento del Proof of Work en la blockchain de bitcoin **16**

Figura 3.4. Ejemplo de bloque que ha pasado la PoW..... **16**

Figura 3.5. Esquematización de la UTAUT **22**

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1. Histograma de residuos **30**

Gráfico 4.2. Gráfico P-P normal de regresión residuo estandarizado **30**

Gráfico 4.3. Gráfico de dispersión **32**

RESUMEN

Hoy más que nunca, se evidencia el proceso de financiarización que afecta a todos los países del mundo y por el cual, el mercado financiero ejerce su dominio sobre el resto de los sectores en la economía global. Sin embargo, una revolución se lleva gestando dentro de las finanzas internacionales desde hace ya más de una década, dicha revolución, su impacto, y su acogida en el mundo, se tratarán a lo largo de este trabajo junto a diversas técnicas empíricas.

Los dos aspectos clave de este trabajo, y sobre los cuales se emplearán diversos métodos cuantitativos y teóricos para determinar su impacto económico en las finanzas internacionales son las monedas virtuales, y su grado de adopción en determinados países.

Palabras clave: financiarización, mercados financieros, impacto económico, monedas virtuales, finanzas descentralizadas, adopción.

ABSTRACT

Nowadays more than ever, there is evidence of the financialization process that affects all the countries of the world and by which, the financial market exercises its dominance over the rest of the sectors in the global economy. However, a revolution has been brewing within international finance for more than a decade, this revolution, its impact, and its reception in the world, will be discussed throughout this work together with various empirical techniques.

The two most important aspects of this work, and on which various quantitative and theoretical methods will be used to determine their economic impact on international finance, are virtual currencies, and their degree of adoption in certain countries.

Keywords: financialization, financial markets, economic impact, virtual currencies, decentralized finance, adoption.

1. INTRODUCCIÓN

“El dinero es un artefacto social que evolucionó para facilitar el comercio de mercado entre agentes individuales que no estaban unidos por lazos familiares, tribales o sociales que hiciera innecesario un intercambio inmediato de valores equivalentes en el comercio” (Goodhart, 1989, p.22)

Desde los albores de la civilización humana, el comercio ha ido evolucionando y empleando diversos sistemas monetarios, pasando del trueque de útiles con un valor abstracto semejante o equivalente, a unidades monetarias basadas en productos esenciales como la cebada, la sal, la carne, etc. Posteriormente en las diferentes sociedades, se implantó de manera independiente un sistema de monedas metálicas con su propio valor intrínseco, las cuales eran capaces de representar el valor subjetivo de las mercancías que se emplearían en un intercambio.

Ya en la era contemporánea, dos grandes sistemas han existido: el primero de ellos, el patrón oro, a partir del cual, una divisa emitida por una autoridad central -estado- tenía su respaldo en oro y era convertible a este por el poseedor de dicha divisa. El segundo sistema surge de la extinción del primero anteriormente comentado en el año 1971, y cuya principal característica es que el papel moneda ya no es respaldado por ninguna reserva de oro o metal precioso, sino que el estado, a través de su poder legislativo, decreta el uso obligatorio de dicha divisa en su territorio, y le otorga el estatus de moneda de curso legal.

Actualmente impera el dinero fiat o fiduciaria, y sin adentrarnos demasiado en las diferentes teorías económicas que exponen distintas visiones acerca del sistema monetario -TMM¹, Cartalismo², Teoría monetarista³, Teoría Keynesiana⁴...- podemos afirmar que existen diversos factores que influyen en mayor o menor medida en el valor de las divisas, como por ejemplo la oferta y la demanda monetaria en los mercados internacionales, la situación geopolítica y la predisposición del gobierno a afrontar sus

¹ Teoría Monetaria Moderna.

² El Cartalismo afirma es el medio de intercambio que acepta el Estado como pago de impuestos.

³ La Teoría Monetarista sostiene que un aumento en la oferta monetaria provocaría un aumento en la producción a c/p y un aumento en la inflación a l/p.

⁴ La Teoría Keynesiana propone estímulos económicos en momentos de contracción en la demanda, así como medidas de regulación en los momentos de expansión de esta

compromisos de pago, y de manera más influyente aún, las políticas económico-financieras desarrolladas por los diversos bancos centrales emisores de dichas divisas.

Se hace necesario mencionar también las funciones del dinero, y las formas que puede adoptar este.

En lo referente a sus funciones, se manifiestan (Vargas Sánchez, 2006), (Krugman et al., 2011), (Mankiw & Scarth, 2011) y (Froyen, 2013) atribuyéndole tres características esenciales, las cuales harían al dinero, ser propiamente dinero, dichas funciones son: ser un método de pago, ser un depósito de valor y ser una unidad de cuenta. No obstante, otra función adicional ha sido discutida y a veces propuesta por diversos economistas como (Roger & VanHoose, 2005) los cuales manifiestan que también el dinero posee la cualidad de ser patrón de pagos diferidos.

En cuanto a las formas que adopta el dinero (Vargas Sánchez, 2006) propone cuatro formas, muy relacionadas con la evolución del sistema monetario que hemos comentado con anterioridad, dichas formas son: dinero mercancía, papel moneda convertible, dinero fiduciario, y dinero pagaré

No obstante, pese a la premisa anteriormente comentada acerca del dominio del dinero fiduciario como pilar del sistema financiero, en esta última década se ha hecho patente la existencia y la importancia de las monedas digitales o virtuales, así como de los diversos instrumentos financieros que se han estructurado entorno a estas divisas virtuales y que replican e incluso mejoran los instrumentos financieros clásicos ofertados por las diferentes entidades de crédito.

Hechas estas aclaraciones, el trabajo tratará de arrojar luz no solo sobre las monedas virtuales en sí mismas, sino también sobre todo el ecosistema financiero que los rodea y el desempeño tecnológico que hay detrás de él, así como su encaje en las afirmaciones anteriormente realizadas.

El desarrollo de este trabajo vendrá dado en dos grandes bloques: el primero de ellos versará sobre las cuestiones financieras y tecnológicas que hacen de soporte a las monedas virtuales y a los productos financieros ligados a ellas, y el segundo bloque estará basado en un análisis empírico.

Para concretar un poco más, en el primer bloque se analizará y describirá el soporte

criptográfico y técnico necesario para mantener una red *Blockchain*; se analizarán también los protocolos de validación de transacciones *Proof of Work*, y *Proof of Stake*; para continuar exponiendo el trilema de las divisas virtuales -escalabilidad, descentralización, y seguridad-. En último lugar explicaremos con detalle los denominados *Smart Contracts* y las *DeFi* o *Decentralized Finance*, así como los instrumentos financieros que podemos encontrar en ellas.

Por otro lado, el segundo bloque, estará enfocado en establecer un modelo de regresión múltiple en el cual trataremos de determinar el grado de adopción -expresado en porcentaje de población sobre el total de esta- por país que tienen las divisas virtuales a través de diversas variables explicativas de índole macroeconómica.

Para llevar a cabo este segundo bloque, emplearemos el programa estadístico SPSS

Con este trabajo se pretenden lograr dos objetivos:

- El primero de ellos es explicar a grandes rasgos el funcionamiento de una divisa virtual el entorno que la rodea, y como se ha desarrollado a lo largo de esta última década, relacionándolo con las finanzas descentralizadas y sus potenciales usos en el futuro cercano
- En segundo lugar, queremos determinar que variables o aspectos de índole macroeconómica determinan que las monedas virtuales tengan una mayor o menor adopción por país, esto se conseguirá a través de la realización de una regresión múltiple

2. METODOLOGÍA

En el primer bloque el cual está dedicado a la explicación teórica del entorno financiero virtual, se tratarán a través de una extensa revisión bibliográfica, aquellos aspectos tecnológicos y financieros que son claves dentro del mundo de las divisas virtuales. A mayores se realizará una revisión de la literatura de los principales trabajos que han tratado de explicar la adopción de monedas virtuales a través de diferentes técnicas estadísticas

Para el segundo bloque y gracias a la base de datos *Statista* se ha podido recoger información sobre los 56 países que tienen una mayor adopción de divisas virtuales entre su población durante el año 2021. *Statista* ha recogido esta información a través de un cuestionario realizado a 12000 personas por país, dando una muestra total de 672.000 personas. No obstante, nosotros solo vamos a tener en cuenta los 51 países con mayor adopción de criptodivisas, ya que son los países de los cuales se han podido recabar todos los datos de las diferentes variables empleadas, lo que supondría un tamaño muestral global de 600.000 personas.

Para determinar qué factores macroeconómicos inciden de manera clave en el porcentaje de población de los países seleccionados que ha adoptado las monedas virtuales, se llevará a cabo un análisis de regresión múltiple en el que se han dispuesto 7 variables exógenas macroeconómicas, las cuales son la población total de cada país de estudio, su PIB en millones de euros, el índice de Desarrollo Humano de cada país, el índice de Precios al Consumo expresado en porcentaje, los el Tipo de Interés de cada país expresado también en porcentaje, la tasa de paro, y por último el índice de desigualdad .

Tras plantear el modelo, se deberá comprobar que se cumplen con las hipótesis básicas de una regresión lineal, condición *sine qua non* para que el modelo no sea invalidado. Dichas hipótesis se desarrollarán más adelante en la parte empírica de este estudio.

Una vez se ha corroborado el cumplimiento de los supuestos básicos, se procede a la obtención de los coeficientes de la regresión, es decir, los coeficientes de las variables aceptadas en modelo, así como el grado de significatividad de cada uno de ellos.

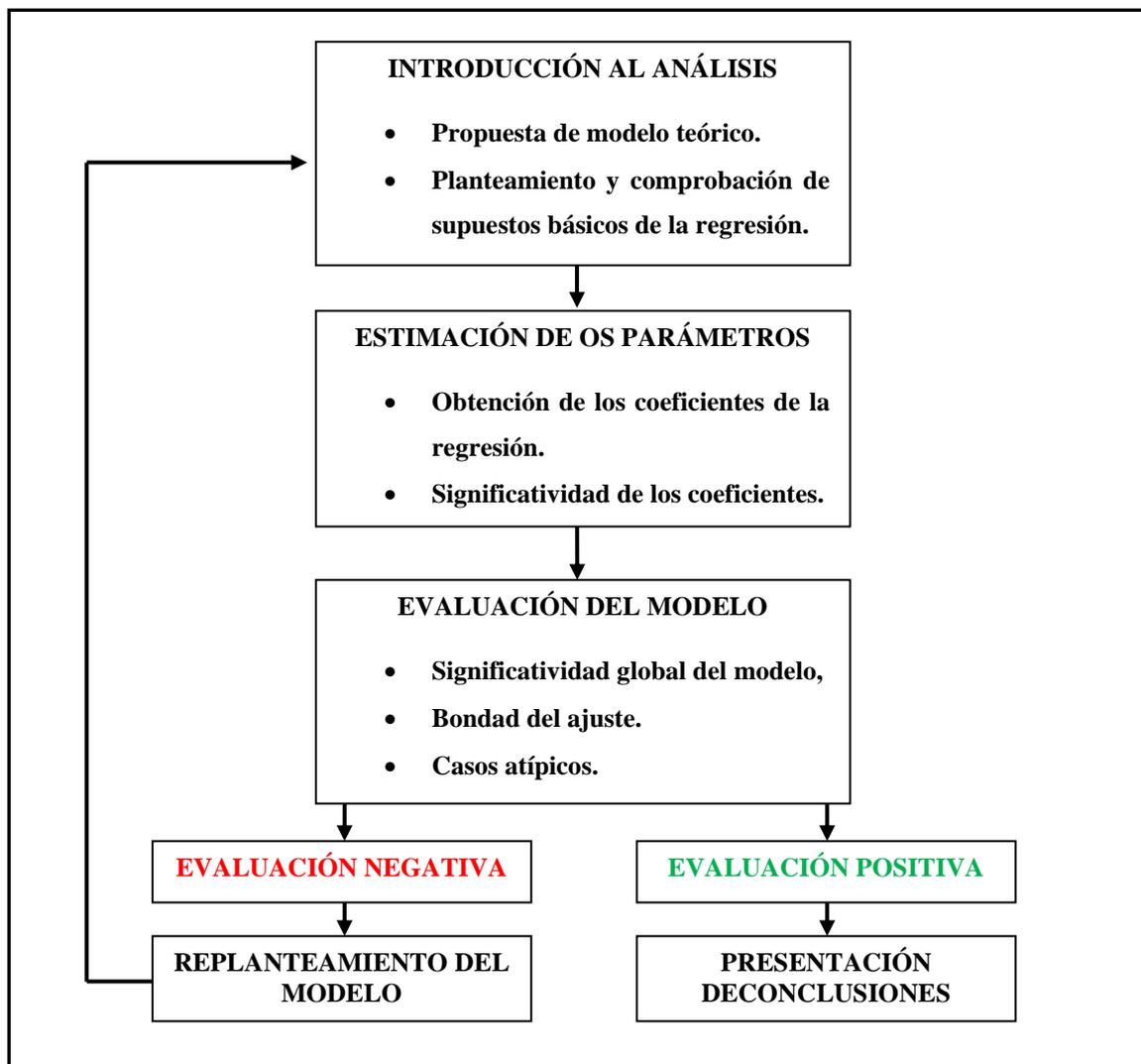
Asimismo, será necesario determinar la validez global del modelo, así como la bondad del ajuste de este, siendo necesaria también la detección de casos atípicos y la

comprobación de su influencia en el modelo a través de su eliminación y la reestimación de dicho modelo.

Por último, una vez concluidos todos los pasos anteriores y siendo la evaluación del modelo, positiva, incluso habiendo eliminado los casos atípicos sin observarse ninguna modificación sustancial del modelo, se puede, por tanto, dar por concluido el análisis, y extraer y analizar las conclusiones arrojadas por esta técnica.

De manera esquemática se puede explicar la técnica de la siguiente manera:

Figura 2.1. Esquema regresión múltiple



Fuente: elaboración propia

3. ENTORNO FINANCIERO VIRTUAL Y ESTUDIOS PREVIOS

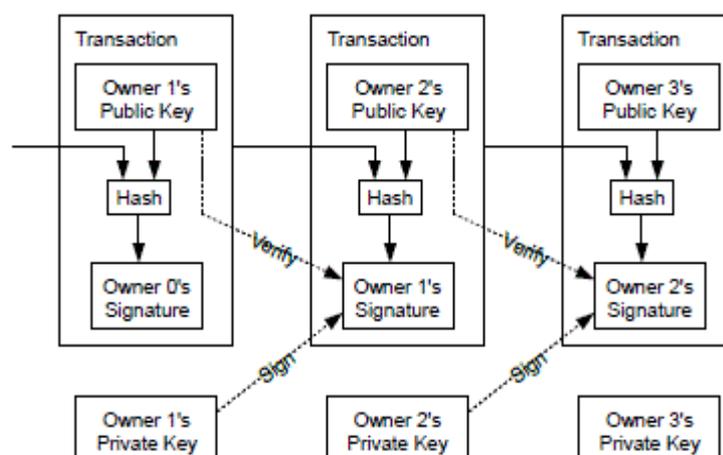
Como se ha comentado anteriormente, de los dos objetivos principales en este trabajo, el primero de ellos consiste en arrojar luz sobre el entorno virtual y las bases que sustentan las criptomonedas y las finanzas descentralizadas.

Para ello se explicará el funcionamiento de la cadena de bloques o *Blockchain*, así como los dos protocolos más empleados en las monedas virtuales para el consenso y la validación de la información contenida en los bloques de la red, también se explicarán las tres características principales a las que cualquier red virtual basada en el *Blockchain* necesita alcanzar, y por último se explicarán los contratos inteligentes o *Smart Contracts*, y sus posibles usos en las finanzas descentralizadas.

3.1. BLOCKCHAIN

La primera red de bloques usable como soporte para divisas virtuales, y en general la primera aplicación basada en la red *Blockchain* fue la red de Bitcoin, teorizada en 2008 por la persona o grupo de personas denominadas bajo el pseudónimo de Satoshi Nakamoto y que recogía y mejoraba las ideas propuestas tanto por (Chaum, 1982), como por (Haber & Scott Stornetta, 1991)

Figura 3.1. Esquema de transacciones en una Blockchain usando algoritmos hash y PKC

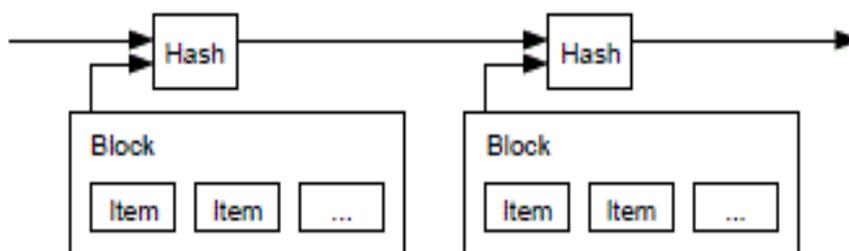


Fuente: *A Peer-to-Peer Electronic Cash System* (Nakamoto, 2008)

En el esquema anterior, se muestra que haciendo uso de encriptación asimétrica (*PKC*)⁵ y de funciones criptográficas *Hash*⁶, empleándose el algoritmo de hasing *SHA-256*⁷ se consiguen tres objetivos fundamentales en una red *Blockchain*, que son, la integridad de la información, autenticidad de esta, y el no repudio por parte de los nodos que conforman la red.

Uno de los mayores problemas que presentaban las redes de bloques propuestas con anterioridad a la de Bitcoin, era la imposibilidad del tenedor de un activo virtual de verificar si dicho activo había sido doblemente gastado⁸, por lo tanto, se requería de una autoridad central que se encargara de verificar las transacciones. Esto nos llevaría al sistema que tenemos actualmente, en el que la emisión y control de la cantidad de divisas en circulación corre a cargo de una única autoridad -Bancos centrales-.

Figura 3.2. Solución al problema del doble gasto a través del *timestamping*



Fuente: *A Peer-to-Peer Electronic Cash System* (Nakamoto, 2008)

No obstante (Nakamoto, 2008) manifiesta que el problema del doble gasto se puede solucionar a través de firmas de tiempo, es decir, que de cada nuevo bloque de información de la *Blockchain* que surja, se recoge su información criptográfica a través de un hash, el cual es “sellado” con la firma temporal de la transacción realizada, para posteriormente ser publicado en una lista pública -libro contable- en la que los diversos

⁵ Public Key Cryptography: también llamada criptografía asimétrica, permite emplear pares de claves privada-pública para el cifrado de información

⁶ Hash: algoritmo matemático que transforma una serie de datos en una combinación de nuevos caracteres de longitud fija.

⁷ SHA-256: Algoritmo hash empleado en la mayoría de las monedas virtuales y que codifica cualquier serie de datos en una cadena de 64 letras y números

⁸ Doble gasto: defecto potencial del dinero digital por el que una misma moneda podría llegar a gastarse más de una vez

nodos de la red verifican que dicho hash, su bloque, y su transacción subyacente han ocurrido y que por lo tanto el activo usado en esa transacción no pueda ser doblemente gastado.

Sin embargo, puede surgir un problema con la verificación temporal de estos bloques, y es que dos o más nodos pueden haber verificado de manera legítima dos bloques diferentes al mismo tiempo, esto obviamente genera un problema de consenso, ya que el “libro contable” que es la *Blockchain*, no puede tener bifurcaciones. La solución propuesta por Satoshi Nakamoto a este problema de consenso es la denominada *Proof of Work* o prueba de trabajo, la cual se comentará más adelante, pero que, a grandes rasgos, permite alcanzar una única solución para todos los nodos a través del poder computacional de los mismos.

3.2. ALGORITMOS DE CONSENSO

Dentro de una cadena de bloques destinada a dar soporte a una divisa virtual, debe existir una única contabilidad de todas las transacciones que se han llevado a cabo, es decir, solo puede existir una versión con un orden único de transacciones para todos los nodos implicados en la red.

Una vez se han salvado los problemas de autenticidad, integridad y no repudio de la información de los bloques, llega el momento de hacerlos constar en la cadena de bloques, de sellarlos temporalmente y por lo tanto de hacer pública e inmutable la información contenida en el bloque. Esto se realiza a través de los algoritmos de consenso, siendo los más importantes el *PoW* y el *PoS*

3.2.1. Proof of Work

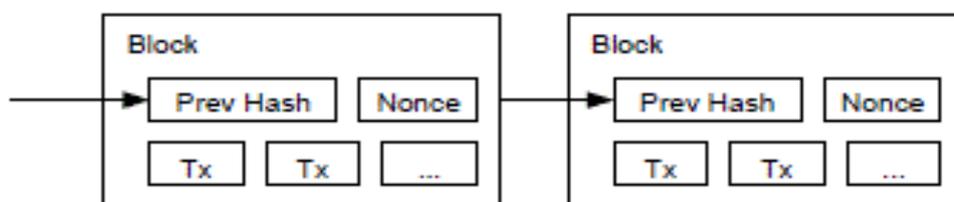
La prueba de trabajo está basada en la resolución de problemas matemáticos o puzzles criptográficos, los cuales necesitan de una altísima capacidad de computación para ser resueltos

(Jakobsson & Juels, 1999) fueron los primeros en emplear el término “prueba de trabajo” para referirse a los costes computacionales de realizar una determinada tarea en la red, no

obstante (Back, 2002) ⁹, y (Dwork & Naor, 1992) ya habían teorizado en ensayos anteriores, la posibilidad de que las comunicaciones a través de correo electrónico tuvieran asociadas tareas de procesamiento de datos computacionalmente costosas para evitar el envío masivo de correos no deseado

En lo referente a la red *Blockchain* de Bitcoin, desarrollada por Satoshi Nakamoto, la prueba de trabajo consiste en la creación de un bloque cuyo hash contenga X transacciones, el hash del bloque anterior, y un término aleatorio denominado Nonce¹⁰. La prueba solo puede ser pasada si el hash resultante de la combinación de los tres elementos anteriores comienza con un total de 19 ceros.

Figura 3.3. Funcionamiento del Proof of Work en la blockchain de bitcoin



Fuente: *A Peer-to-Peer Electronic Cash System* (Nakamoto, 2008)

Tomando como ejemplo el bloque número 734.591, ordenado según su altura en la *Blockchain* de la red de bitcoin y minado ¹¹ el día 2 de mayo de 2022 a las 5:53 PM GMT +02:00 observamos lo siguiente:

Figura 3.4. Ejemplo de bloque que ha pasado la PoW

Hash	000000000000000000000005515eed2d934a4aa4acba423434d518584d506303907
Confirmaciones	2
Sello de tiempo	2022-05-02 17:53
Altura	734591
Volumen de transacciones	7642.08481884 BTC
Recompensa de bloque	6.25000000 BTC

Fuente: *Blockchain.com*

⁹ Hash-Cash: anunciado en 1997 y publicado en 2002

¹⁰ Nonce: Number that can be only used once, es decir, un número aleatorio que solo se puede usar una única vez en una comunicación criptográfica

¹¹ Minado de bloques: Proceso de validación de las transacciones contenidas en un bloque a través de una prueba de trabajo

El bloque ha pasado la prueba de trabajo ya que el hash resultante de las transacciones de dicho bloque, más el hash del bloque anterior, más el termino *nonce*, arrojan un hash de 64 dígitos comenzando con 19 ceros.

También se puede observar el sello temporal del bloque, lo que permitirá que sea compartido con el resto de los nodos de la red y adjuntado a la cadena de bloques -libro contable de bitcoin- en ese preciso momento, quedando su información plasmada de manera permanente e inmutable.

Por último, cabe resaltar la recompensa de 6.25 bitcoins que ha recibido el nodo encargado de resolver el bloque, y de aportar su potencia computacional para la validación de las transacciones contenidas en el, ya que es necesario remarcar el hecho de que el mantenimiento y procesamiento de datos de estas redes descentralizadas suponen un coste que se asume entre los diversos nodos, pero que es recompensado por la propia red con este tipo de comisiones.

Esta recompensa no solo proviene de las comisiones cobradas a los usuarios por hacer transacciones, sino que en los algoritmos de consenso *PoW*, se establece un protocolo de creación de moneda cada *X* tiempo ¹², la cual se distribuye a los nodos que han conseguido resolver la prueba de trabajo.

Usualmente la cantidad de nuevas monedas que se pueden acuñar empleando este algoritmo de consenso son limitadas, en bitcoin por ejemplo esta cantidad está limitada a 21 millones lo que provoca que la masa monetaria en circulación no dependa de políticas monetarias de ningún tipo, lo que en mayor o menor medida favorece que estos activos sean usados como valor refugio en caso de inflación. “...nuestros resultados sugieren que Bitcoin puede actuar como cobertura contra la inflación esperada” (Blau et al., 2021, p.5)

La posibilidad de acuñación de nuevas monedas a través de los protocolos de consenso es posible gracias al uso de los denominados *Smart Contracts* o contratos inteligentes, los cuales se tratarán más adelante.

¹² Proceso denominado “Minting”

3.2.2. Proof of Stake

El segundo protocolo de consenso más usado detrás del *PoW*, es el *PoS* o prueba de participación. “La prueba de participación se basa en la antigüedad de la moneda y la genera cada nodo a través de un esquema hash” (King & Nadal, 2012, p.1)

En este protocolo tanto las transacciones, como su verificación así como la construcción de bloques son prácticamente iguales a las del protocolo *PoW*, no obstante, la diferencia radica en que la adhesión de un nuevo bloque a la *Blockchain* no tiene que pasar por una tarea computacionalmente costosa en la que varios nodos compiten por resolverla y ganar la recompensa, sino que el nodo encargado de verificar el bloque se elige aleatoriamente, teniendo más posibilidades aquellos nodos que posean una mayor cantidad de divisas y aquellos que las hayan mantenido en su posesión durante más tiempo, introduciendo así el concepto *coin's age*¹³

La prueba de participación tiene ciertas ventajas con respecto de la prueba de trabajo, algunas de ellas son:

- Mayor velocidad y escalabilidad, al rebajar los requisitos computacionales para verificar y añadir un nuevo bloque a la red, lo cual permite que las transacciones contenidas en cada uno de esos bloques sean verificadas y anotadas la *Blockchain* con mayor rapidez
- Mayor descentralización, ya que en el *PoW* diversos nodos pueden unirse para generar mayor poder computacional, y por lo tanto tener demasiado peso en la cadena, lo que además podría llevar a que nodos maliciosos llegasen a controlar el 51% de la red y pudieran modificar la contabilidad de la red. En cambio, gracias al algoritmo *PoS*, los nodos no pueden sumar su poder de participación, es decir, su cantidad de monedas virtuales, lo que hace muy improbable que un solo nodo se haga con el control del 51% de las divisas virtuales en circulación
- Menores costes energéticos, ya que, al no requerirse la resolución de ninguna prueba, el consumo energético disminuye drásticamente.

¹³ Coin age: tiempo que una moneda virtual ha permanecido inactiva en posesión de un mismo usuario

Para concluir con el funcionamiento a grandes rasgos de este algoritmo o protocolo de consenso, es necesario hablar de cómo se acuña o genera nueva moneda.

Ya vimos como en el protocolo *PoW* la creación de nueva moneda se realizaba a través de *Smart Contracts* y era puesta en circulación en forma de recompensas a los nodos que hubieran verificado y añadido a la *Blockchain* un nuevo bloque. La creación de moneda en el protocolo *PoS* es básicamente la misma, con la diferencia de que no hay un número limitado de monedas que se puedan crear, sino que a través de la *coin age* o edad de la moneda que se gaste en cada transacción se genera o acuña nueva divisa, la cual se reparte entre los validadores del bloque.

Por ejemplo, si X persona tiene 100 monedas durante un periodo de 10 días, y se establece que se creará una nueva unidad de moneda por cada diez días de *coin age*, eso significaría que cuando el sujeto X emplee sus 100 monedas al décimo día, se creará una moneda adicional, quedando 101 monedas, y reiniciándose la *coin age* de esas monedas a 0 días, yendo esa moneda recién creada al nodo verificador del bloque.

3.3. TRILEMA

Los bancos centrales (BCE, Reserva Federal de los EE. UU., Bank of England...) actúan como garantes de la estabilidad de una determinada divisa a través de diversas políticas monetarias (restrictivas o expansivas). En cuanto a la seguridad de las transacciones, las cajas, los bancos, y las entidades de crédito junto con entidades estatales como el Banco de España o el Sepblac se encargan de tratar y examinar los datos relativos a transacciones bancarias, para asegurar así la legitimidad de estas.

En las redes descentralizadas no existen instituciones centrales por las que pasen cada una de las transacciones realizadas y se puedan verificar, por lo que es cada uno de los nodos participantes los que realizan esa labor, no obstante, una red de este tipo en pleno auge tiene que poder soportar el aumento en el número de transacciones manteniendo la velocidad de las mismas y un rendimiento óptimo de la cadena, esto se puede lograr con la adhesión a la red de un mayor número de nodos, los cuales se encargarían de aportar poder computacional o simplemente soporte técnico para la validación de bloques. Ahora bien, un mayor número de transacciones y por lo tanto de nodos para verificarlas incrementaría número de probabilidades que nodos maliciosos entren a la cadena de

bloques y perviertan la red y la contabilidad de una determinada divisa virtual.

Por lo tanto, los desarrolladores suelen prestar más atención a dos de los tres aspectos mencionados, normalmente el centro de atención se sitúa en la seguridad y descentralización, dejando de lado la capacidad de escalar la red, y por lo tanto de realizar más transacciones.

Tabla 3.1. Transacciones por segundo en monedas virtuales seleccionadas

Cryptocurrency Name	Protocol	TPS
Bitcoin	PoW	7
Ethereum	PoW	15
Ripple	RPCA	1500
Bitcoin Cash	PoW	60
Cardano	PoS	7
Stellar	SCP	1000

Fuente: *Comparative analysis of blockchain consensus algorithms.* (Bach et al., 2018)

Como Podemos observar, la *Blockchain* de la moneda virtual más conocida, solo puede verificar 7 transacciones por segundo, lo que suponen unas 600.000 transacciones al día, mientras que otros proveedores de servicios de pago como visa pueden soportar hasta 24.000 transacciones por segundo.

Pese a lo anterior, ya existen diversas soluciones, o, mejor dicho, “parches” que, si bien no solucionan de raíz el problema de la escalabilidad, sí que aumentan en varias magnitudes el grado de transacciones que puede validar una red de bloques. Un ejemplo de esto es *Lightning Network* en la *Blockchain* de *Bitcoin*, la cual permitiría superar el millón de transacciones por segundo.

3.4. SMART CONTRACTS Y DECENTRALIZED FINANCE

Una parte fundamental del ecosistema de divisas virtuales son los contratos inteligentes y su aplicación a las finanzas descentralizadas.

Es más conveniente comenzar explicando lo que son las finanzas descentralizadas, las cuales se pueden definir como aquella rama de las finanzas que no depende de ninguna institución central pública o privada y que está profundamente ligada a las nuevas tecnologías.

Dentro de esta rama “experimental” de las finanzas se pueden encontrar una gran variedad de productos y servicios financieros (prestamos, créditos, depósitos, compraventa de activos digitales, plataformas de pago, plataformas de gestión de activos...)

El pilar fundamental que sustenta el campo de las finanzas descentralizadas son los contratos inteligentes, los cuales son protocolos e instrucciones almacenadas en forma de código, normalmente en la *Blockchain* de una determinada divisa, y que se encargan de ejecutarse de manera automática, sin intervención de ninguna persona, haciendo así que uno o varios acuerdos entre dos o más o más partes sean cumplidos de manera eficaz, permanente e inmutable.

El mejor ejemplo de las finanzas descentralizadas sustentadas en contratos inteligentes son los Exchanges Descentralizados o *DEX* por sus siglas en inglés, los cuales permiten a las diferentes partes de una misma red *Blockchain* hacer intercambios de divisas virtuales propias de esa red sin tener que recurrir a una figura central que medie en el proceso. Esto provee a los usuarios gran confiabilidad, seguridad, y anonimato.

3.5. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El campo de las finanzas descentralizadas y las monedas virtuales apenas ha tenido una década para desarrollarse, por lo tanto, no existe un gran abanico de estudios o tesis que avalen algunas de las hipótesis que se abordan en este trabajo empleando la metodología que aquí se ha usado.

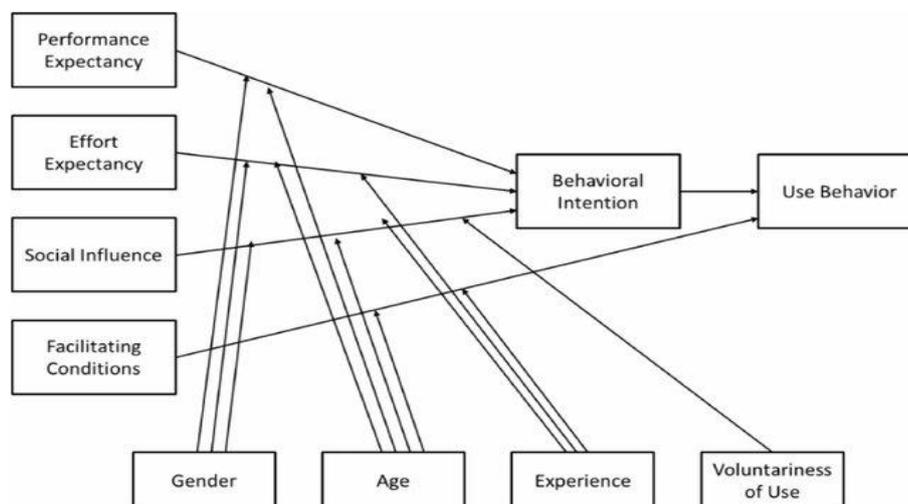
(Venkatesh et al., 2003) desarrolló la teoría unificada de aceptación y uso de la tecnología, o *UTAUT*¹⁴ por sus siglas en inglés. Esta teoría se basa en cuatro variables determinantes clave o “constructos” los cuales son la expectativa de rendimiento, la expectativa de esfuerzo, la influencia social, y las condiciones facilitadoras. Dichos constructos a su vez están influenciados por cuatro factores que son la edad, el género, la experiencia con la tecnología, y la predisposición al uso.

Estas 8 variables aunadas, consiguen determinar qué aspectos son determinantes para los usuarios en lo referente a la aceptación y la adopción de nuevas tecnologías.

¹⁴ Unified Theory of Acceptance and Use of Technology

De manera esquemática, la teoría anteriormente expuesta se puede representar de la siguiente forma:

Figura 3.5. Esquemática de la UTAUT



Fuente: *Mobile Learning Adoption: An empirical investigation for engineering education*. (Huan et al., 2015)

Esta teoría tiene en cuenta factores sociales, la complejidad de la tecnología en adopción, la usabilidad y utilidad percibida en dicha tecnología, y la motivación por parte de los usuarios ante la novedad que suponga la implementación de dicha tecnología en sus vidas. No obstante, no tiene en cuenta factores macroeconómicos ni financieros, también ha recibido críticas por en lo referente a su demostración empírica como las manifestadas por (Bagozzi, 2007) en las que afirma que si bien la UTAUT es una teoría bien intencionada, está respaldada por un modelo con demasiadas variables independientes, lo cual genera que el aporte general de cada una de ellas a la explicación de la usabilidad de una nueva tecnología sea relativamente baja

A través de modelos *PLS*¹⁵, modelos multivariantes, y modelos de regresión múltiple, la teoría UTAUT ha conseguido realizar una aproximación a la adopción de las criptomonedas en diferentes regiones que normalmente han presentado aspectos sociales y económicos notablemente inferiores a los del resto de países.

(Gunawan & Novendra, 2017) demuestran en su estudio realizado en Indonesia a través de un modelo de regresión multivariante que los principales motivos que empujan a las personas al uso de las monedas virtuales y la tecnología *Blockchain*, son las expectativas de rendimiento (seguridad, anonimato...) y una fácil usabilidad.

¹⁵ Partial Least Squares: Regresión de mínimos cuadrados parciales

Por otro lado (Nseke, 2018) aplica la metodología de la UTAUT en su estudio sobre la adopción de divisas virtuales en países africanos añadiendo el hábitat, y el precio-coste como nuevos constructos en su modelo. Las conclusiones alcanzadas en este estudio van en la línea con lo manifestado por (Gunawan & Novendra, 2017), es decir, el rendimiento (seguridad y anonimato), además de la influencia social, y las expectativas de esfuerzo (lo que cuesta adaptarse) son claves en la adopción de las monedas virtuales, recalcando además que los mayores impedimentos en su adopción son la volatilidad de estos activos, su uso en actividades criminales, y su posible complejidad a la hora de realizar pagos.

Desde una perspectiva menos social y más económica y financiera, se han desarrollado diversos trabajos que explicarían la adopción de monedas virtuales, como las conclusiones alcanzadas por (Sas & Khairuddin, 2017) en su estudio llevado a cabo en Malasia, en el que exponen como una de las motivaciones principales de los usuarios a la hora de usar el bitcoin u otra moneda virtual, es su capacidad de actuar como reserva de valor de su riqueza.

La estabilidad en el precio de un activo virtual, la aceptación como método de pago, unas leyes claras, así como una regulación concisa, son factores que de acuerdo con (Presthus & O'Malley, 2017) son fundamentales para explicar la incorporación de nuevos usuarios al uso de activos virtuales.

Tal y como resumen (Alzahrani & Daim, 2019) en su trabajo, en el que analizan una extensa bibliografía sobre el bitcoin, las criptomonedas y su adopción, existen ciertos factores económicos que actúan de manera decisiva en la adopción de activos virtuales, algunos de ellos son:

- Oportunidad de inversión: tanto para los inversores a corto plazo que se aprovechan de la volatilidad del mercado, como para los inversores a largo plazo que confían en que se mantenga la tendencia alcista que han llevado estos activos a lo largo de los años. De hecho (Glaser et al., 2014) demuestran que los nuevos usuarios que entran al mundo de los activos virtuales lo hacen con fines mayormente especulativos, y no tanto para reemplazar el dinero convencional como medio de pago
- Sistema bancario alternativo: Como ya se ha comentado anteriormente, una de las características principales de las divisas virtuales es su capacidad de operar de

manera descentralizada, no obstante, su descentralización no es su única ventaja con respecto del resto de sistemas bancarios. Tal y como se demuestra en diversos estudios (Darlington, 2014), y (Folkinshteyn & Lennon, 2017), en países con un sistema financiero inestable es más probable que exista una mayor predisposición al uso de monedas virtuales, sobre todo como depósito de valor de las riquezas personales.

- Límite en el suministro-acuñaación de divisas: Para el inversor en particular, y para el mercado en general, tener conocimiento de cuanta cantidad de algo esta disponible para realizar intercambios resulta clave para determinar el valor de ese algo. Usualmente aumentos en la masa monetaria tienden a devaluar dicha moneda, por eso, uno de los grandes atractivos de las monedas virtuales es la nula, o mínima emisión de nueva moneda, lo que genera que sea fácil de determinar cuántas unidades de una determinada divisa hay en circulación, y que no se vean afectadas por fuerzas inflacionarias arbitrarias (Bohr & Bashir, 2014) debido a indebidas políticas monetarias, no obstante, la utilidad de las criptomonedas como cobertura frente al riesgo no ha sido lo suficientemente probada (Conlon et al., 2021)

Por último, cabe resaltar la aportación de (Deniz & Teker, 2020) en la cual consideran que los factores macroeconómicos son claves para entender el precio, y por tanto la adopción de las monedas virtuales. Así como lo expuesto por (Corbet et al., 2018) quienes manifiestan variables como los bienes duraderos o la tasa de desempleo si tienen una relación significativa con lo retornos ofrecidos por algunas criptodivisas como el bitcoin, mientras que otros como el PIB o el IPC no son tan relevantes, no obstante, nuestros resultados posteriores sugieren lo contrario.

4. APLICACIÓN EMPÍRICA: DETERMINANTES DE LA ADOPCIÓN DE MONEDAS VIRTUALES

A continuación, se procede a llevar a cabo la realización de un modelo de regresión múltiple, con el que trataremos de explicar que variables macroeconómicas y sociales, influyen en la adopción de criptomonedas.

Tras la comprobación de las hipótesis pertinentes se obtendrán dos modelos, los cuales se explicarán detalladamente en las conclusiones.

En concreto se analizará el efecto que tienen diversas variables sobre el grado de adopción de las monedas virtuales en los 51 países que más las utilizan, dicha adopción viene definida por las siguientes variables independientes:

- *POBLACIÓN*: Representa el número de habitantes por cada país de estudio
- *PIB*: Representa el producto interior bruto de cada uno de los 51 países
- *IDH*: Índice de Desarrollo Humano, el cual es un índice formado a partir de varias medidas, y que cuantifica la calidad de vida.
- *IPC*: Representa el Índice de Precios al Consumo
- *TI*: Representa los tipos de interés de los países de estudio
- *PARO*: Representa la tasa de población desempleada por cada región de estudio
- *GINI*: Representa el grado de desigualdad salarial por cada región de estudio
- *SALMED*: Es el salario medio de cada uno de los 51 países expresado en dólares

La variable dependiente *ADOPCIÓN* y las variables independientes *IPC*, *IDH*, *TI*, *PARO*, y *GINI*, vienen expresadas en tantos por cien.

La importancia en la selección de estas variables reside principalmente en los factores que, de manera más directa, podrían condicionar favorablemente un aumento de la adopción de monedas virtuales y de las finanzas descentralizadas en su conjunto.

- Las variables *PIB*, *IPC*, y *TI*: son variables de tipo macroeconómico, y tratan de reflejar la situación en esos términos de cada región de estudio, con ellas trataremos de evaluar cuantitativamente como afectan las políticas

macroeconómicas y la evolución general de la economía en el grado de adopción de las monedas virtuales.

- Las variables *POBLACIÓN*, *IDH*, *GINI*, y *SALMED*: son variables de ámbito social, encaminadas a estudiar la relación existente entre la desigualdad de un país, el tamaño de población de este, su calidad de vida y su salario medio, con la adopción de criptomonedas.

La selección de estas variables no ha sido aleatoria, sino que se quiere probar la relación existente entre las economías menos desarrolladas y más desiguales que presentan un mayor grado de adopción en lo referente a monedas virtuales como vía de escape a la inestabilidad económica y social de dichos países.

4.1. MODELO SIN ESTIMAR Y CUMPLIMIENTO DE SUPUESTOS

Una vez hemos definido cual va a ser nuestra variable dependiente o endógena, y cuáles van a ser las variables independientes o exógenas, se plantea el modelo sin estimar, el cual posee la siguiente forma:

$$ADOPCIÓN = \beta_0 + \beta_1 POBLACIÓN + \beta_2 PIB + \beta_3 IDH + \beta_4 IPC + \beta_5 TI + \beta_6 PARO + \beta_7 GINI + \beta_8 SALMED$$

Una vez realizados todos los supuestos del modelo de regresión múltiple por pasos a través del programa *SPSS* se han obtenido dos modelos los cuales provienen de tamaños muestrales diferentes, y que más adelante se explicará el porqué de esto.

$n=51$

$$ADOPCIÓN\% = \beta_0 + \beta_1 IDH\% + \beta_2 IPC\%$$

$n=47$

$$ADOPCIÓN\% = \beta_0 + \beta_1 IPC\% + \beta_2 PARO\% + \beta_3 GINI\%$$

Una vez que tenemos el modelo sin estimar con todas las variables explicativas, y los modelos resultantes con las que finalmente han sido incluidas, es necesario verificar una serie de supuestos o hipótesis clave, sin las cuales no se podría desarrollar el análisis de regresión múltiple y sin las cuales tanto los modelos como las variables que lo conforman, carecerían de validez, y por lo tanto, no podríamos explicar la variable dependiente a través de las variables independientes que hemos propuesto

4.1.1. Ausencia de error de especificación

Tanto la inclusión de variables poco relevantes, como la omisión de variables relevantes podrían poner en peligro la validez del modelo, es por eso que se ha tratado de escoger las variables necesarias para que de manera precisa puedan explicar el modelo. La decisión de la inclusión o no de determinadas variables ha estado marcada por los diferentes estudios y trabajos previos que se han consultado para llevar a cabo este trabajo.

4.1.2. Linealidad

Para validar una regresión múltiple, es necesario que la relación entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes sea lineal, es decir, que cualquier cambio unitario en cualquiera de las variables independientes afecta de la misma forma (que no valor) a la variable dependiente.

Para el desarrollo de este supuesto se dan dos hipótesis:

H_0 : La relación entre la variable dependiente y la independiente es lineal.

H_1 : La relación entre la variable dependiente y la independiente no es lineal.

Para comprobar que hipótesis se cumple, tenemos que remitirnos a los datos obtenidos por el programa SPSS, en concreto a los gráficos de regresión parcial y de residuos.

- Si observamos los gráficos de regresión parcial (*ambos en el anexo*) de cada variable independiente con la dependiente podemos observar que tanto la variable *IDH* como la de *IPC*, no muestran una linealidad clara, es por eso por lo que debemos remitirnos al gráfico de valores predichos y residuos tipificados.
- En cuanto al gráfico de residuos (*anexo*), nos muestra el efecto de las dos variables predictivas del modelo con respecto a la variable dependiente, es por eso por lo que podemos observar una nube de puntos distribuida de manera aleatoria alrededor del valor 0 del eje de ordenadas, lo cual nos confirma la linealidad de las dos variables, *IDH* e *IPC*, y por lo tanto del modelo que hemos desarrollado.

4.1.3. Ausencia de multicolinealidad entre las variables independientes

Este supuesto implica la independencia lineal entre las variables explicativas del modelo, es decir, las variables predictoras no pueden ser fruto de la combinación lineal entre ellas

Para el desarrollo de este supuesto se dan dos hipótesis:

H_0 : Las variables explicativas son linealmente independientes entre sí

H_1 : Las variables explicativas son linealmente dependientes entre sí

Existen tres maneras de detectar la multicolinealidad entre las variables explicativas:

1. Matriz de correlaciones: Nos muestra el grado de correlación entre la variable dependiente con cada una de las explicativas. Valores altos superiores a 0,75 pueden ser un indicador de multicolinealidad, sin embargo, pese a obtener coeficientes bajos podría seguir existiendo multicolinealidad entre grupos de variables
2. Tolerancia ¹⁶: Indica la cantidad de variabilidad de la variable independiente que no es explicada por las otras variables independientes, si obtenemos valores entre 0,10 y 0, podría ser un indicador de multicolinealidad
3. Factor de Inflación de la Varianza ¹⁷: nos indica lo que aumenta la varianza del coeficiente de regresión de la variable. A través de la realización de regresiones parciales y de la aplicación de la formula del FIV, obtendremos un valor, el cual si supera la frontera de 10 significaría la existencia de multicolinealidad

Para nuestro modelo se han obtenido las siguientes tablas:

- Tabla de correlaciones (anexo) realizada de manera individual, para determinar no solo el grado de correlaciones entre las variables, sino también para determinar sus significatividades. Es por eso por lo que los datos que se muestran nos dejan ver que la variable dependiente *ADOPCIÓN* tiene correlaciones significativas con *IDH*, *SALMED*, *GINI*, *PARO*, *IPC* y *T/I*, estando estas en orden de correlación y

¹⁶ Tolerancia de $x_j = 1 - R_j^2$

¹⁷ FIV de $x_j = \frac{1}{\text{Tolerancia de } x_j}$

significatividad, es decir *IDH* es la variable significativa más correlacionada con el porcentaje de adopción, y *GINI* es la variable significativa menos correlacionada con el porcentaje de adopción. Dicho esto, podemos ver en las siguientes filas de la misma tabla, como todas las variables anteriormente mencionadas poseen demasiada correlación con *IDH*, nuestra mejor variable explicativa, todas menos *IPC*, por lo que, para evitar problemas de colinealidad, el modelo ha aceptado la variable con mayor correlación con *ADOPCIÓN*, es decir *IDH*, y la siguiente variable más correlacionada con *ADOPCIÓN* que no estuviera significativamente correlacionada con *IDH*, es decir, *IPC*

- Tabla de coeficientes, la cual se muestra a continuación y nos deja constatar que las variables aceptadas por el modelo presentan una tolerancia superior a 0,10 y un VIF -Factor de Inflación de la Varianza inferior a 10

Tabla 4.1. Tolerancia y VIF del modelo 1

Coeficientes								
Modelo	Coeficientes no estandarizados			Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Estadísticas de colinealidad	
	Variable	B	Desv. Error	Beta			Tolerancia	VIF
1	(Constante)	39,737	6,061	-	6,557	0,000	-	-
	IDH	-0,306	0,072	-0,519	-4,249	0,000	1,000	1,000
2	(Constante)	35,871	5,804	-	6,181	0,000	-	-
	IDH	-0,281	0,068	-0,477	-4,159	0,000	0,984	1,016
	IPC	0,219	0,076	0,333	2,900	0,006	0,984	1,016

Fuente: elaboración propia a través del programa SPSS

Con estos datos confirmamos la hipótesis de ausencia de multicolinealidad del modelo y, por lo tanto, de linealidad independiente en las variables explicativas.

4.1.4. Normalidad

La normalidad de un modelo hace referencia a la correspondencia de los datos (de la variable dependiente y de las independientes) con la normalidad en la distribución de los residuos, esto quiere decir que el error o perturbación del modelo se distribuye siguiendo una normal.

Para comprobar este supuesto se plantean dos hipótesis:

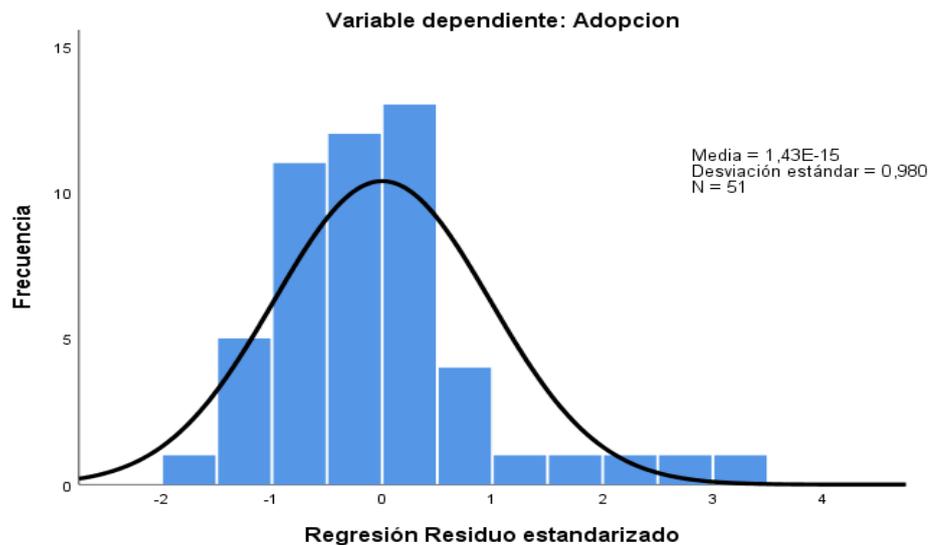
H_0 : Los residuos siguen una distribución normal

H_1 : Los residuos no siguen una distribución normal

La comprobación de esta hipótesis se puede hacer de tres maneras diferentes:

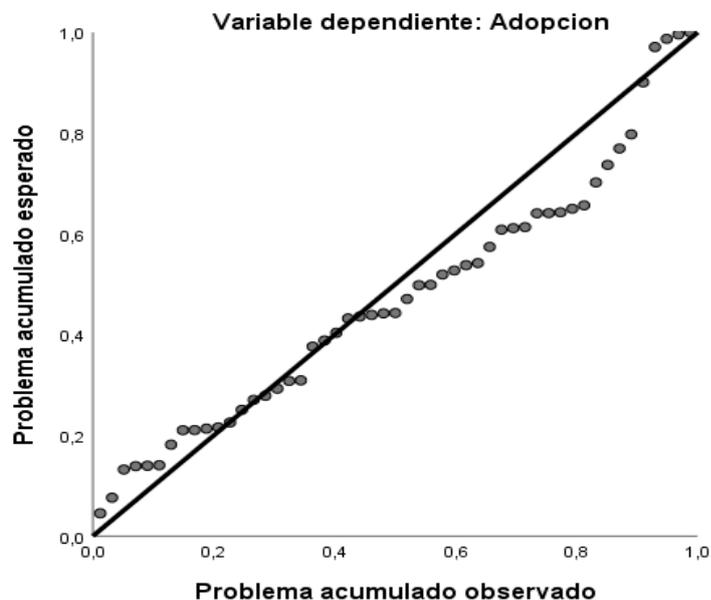
1. Histograma de residuos: nos muestra los residuos de manera estandarizada frente a las frecuencias de la variable. Los residuos deben seguir una distribución normal con forma de campana de Gauss y distribución simétrica con media 0 y desviación típica 1

Gráfico 4.1. Histograma de residuos



2. Gráfico de probabilidad normal (*P-P*), en este gráfico los residuos estandarizados deben seguir una recta ascendente de 45°

Gráfico 4.2. Gráfico *P-P* normal de regresión residuo estandarizado



3. Estadístico Shapiro-Wilk para muestras inferiores a 50 individuos, y estadístico Kolmogórov-Smirnov para muestras superiores a 50 individuos, que es el que usaremos en nuestro caso para poner a prueba la hipótesis nula de normalidad de los residuos. Para aceptar dicha hipótesis será necesario que la significatividad del estadístico K-S sea superior al 0,05¹⁸ (95% confianza), en nuestro caso la significatividad del estadístico K-S ha sido de 0,002

Tabla 4.2. Pruebas de normalidad, estadístico K-S

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Unstandardized Residual	0,164	51	0,002	0,894	51	0,000

Fuente: elaboración propia a través del programa SPSS

A la vista de los resultados obtenidos en los tres diferentes métodos empleados para determinar la normalidad de los residuos podríamos tener ciertas dudas sobre la normalidad de los residuos, no obstante, gracias al teorema central del límite es posible corroborar la hipótesis nula de normalidad de los residuos sin necesidad de haber superado las pruebas anteriores, ya que varios autores como (Pólya, 1920), (Feller, 1937), y (Lévy, 1940), demuestran que para muestras suficientemente grandes, su función de distribución se asemeja bastante a una distribución normal. Siendo más específicos, (Canal Díaz, 2016) manifiesta que para muestras con $n > 30$, siendo n el número de observaciones, es altamente probable, por no decir casi seguro, que cualquier variable se distribuya tal y como lo haría una normal, y en nuestro caso la muestra es de 51 individuos.

4.1.5. Homocedasticidad o igualdad de varianza de los términos error ¹⁹

Este supuesto implica que la varianza de los valores de la variable dependiente sea igual en cada uno de los valores de las variables independientes, esto quiere decir que los errores de estimación son constantes a lo largo de las observaciones dado que presentan casi la misma dispersión. El caso contrario a la homocedasticidad sería la heterocedasticidad

¹⁸ p-valor del 0,05 para un intervalo de confianza del 95%

¹⁹ $Var = \left(\frac{y_1 - \hat{y}_1}{x_1} \right) = Var \left(\frac{y_2 - \hat{y}_2}{x_2} \right) = Var \left(\frac{y_n - \hat{y}_n}{x_n} \right) = \sigma^2$

Para comprobar este supuesto se plantean dos hipótesis:

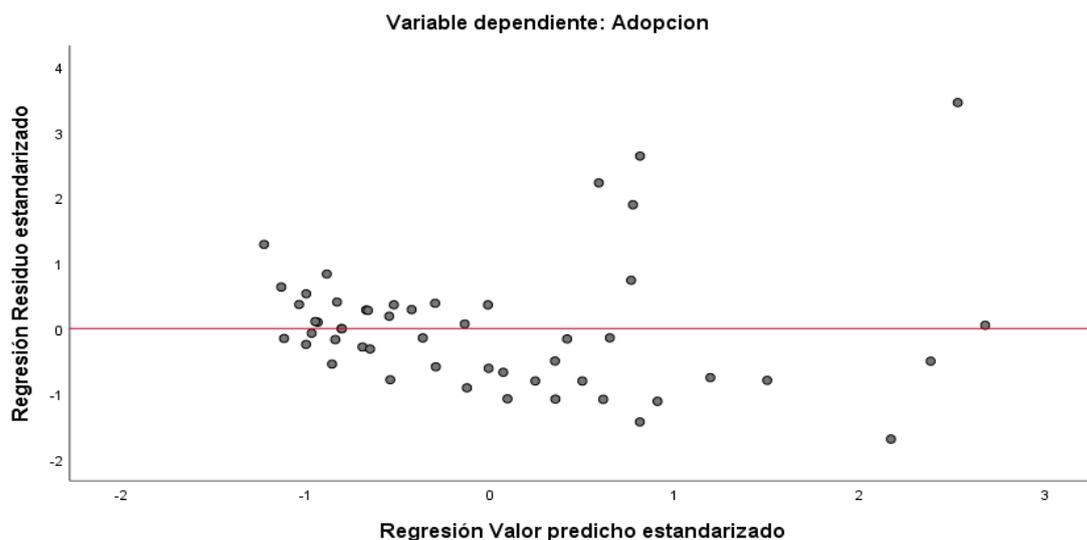
H_0 : Existe homocedasticidad

H_1 : No existe homocedasticidad (por lo que existe heterocedasticidad)

La presencia o ausencia de homocedasticidad se puede determinar a partir del gráfico de residuos frente a los valores pronosticados, ambos dos estandarizados. La distribución de la nube de puntos alrededor del eje de abscisas nos confirmaría que el modelo presenta homocedasticidad.

Como podemos observar en el gráfico de abajo, en nuestro caso la mayoría de los puntos se sitúan alrededor del eje de abscisas exceptuando algunos valores atípicos que podemos obviar. Atendiendo a estos resultados, aceptamos la hipótesis nula H_0 por lo que existe homocedasticidad

Gráfico 4.3. Gráfico de dispersión



4.1.6. Ausencia de autocorrelación o independencia de los términos de error ²⁰

Con este supuesto nos hacemos referencia a la necesidad de que los términos de error no estén correlacionados entre sí, esto significa que el valor que tome la variable dependiente en cada caso concreto sea independiente al del resto de valores observados en otros elementos de la muestra

²⁰ $E(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0 \quad \forall i \neq j$

Para comprobar este puesto se realizan dos hipótesis:

H_0 : No existe correlación entre los términos de error

H_1 : Existe correlación entre los términos de error

Existen dos maneras de comprobar la ausencia de correlación:

1. A través del gráfico de dispersión de residuos, en el que ya vimos anteriormente como los residuos se distribuyen de manera aleatoria alrededor del 0, lo que implica ausencia de correlación
2. A través del estadístico Durbin – Watson ²¹, el cual oscila entre los valores 0 y 4 indicando correlación positiva cuando más próximo a 0 esté el estadístico, y correlación negativa cuanto más se aproxime a 4. Una aproximación a 2 indicaría que los residuos son independientes

Es por eso que para nuestro caso observando el gráfico de dispersión de los errores podríamos afirmar que al estar aleatoriamente distribuidos no existe correlación alguna, pero para concretar más nos remitiremos al estadístico de Durbin-Watson

Tabla 4.3. Estadístico Durbin-Watson

Resumen del modelo					
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,519 ^a	0,269	0,254	5,53459%	-
2	,615 ^b	0,378	0,352	5,15831%	1,891

Fuente: elaboración propia a través del programa SPSS

Como podemos observar, el estadístico Durbin - Watson toma un valor entre 1,5 y 2,5; en concreto de 1,891, por lo que podemos afirmar la ausencia de correlación entre los términos de error, aceptando así la hipótesis nula H_0

4.2. MODELO FINAL Y SU ESTIMACIÓN

Al principio partíamos de un modelo con una variable dependiente y ocho variables independientes o explicativas, una vez realizados todos los supuestos del modelo de regresión múltiple y habiendo comprobado que todos ellos se cumplen, hemos obtenido

$$^{21} d = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}$$

un modelo resultante con una variable dependiente y dos variables independientes o explicativas. Dichas variables explicativas como se puede ver en la tabla de abajo son *IDH* e *IPC*, ambas expresadas en porcentaje, al igual que la variable dependiente *ADOPCIÓN*

Tabla 4.4. Variables incluidas en el modelo 1

Variables entradas/eliminadas			
Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	IDH		Por pasos (Criterios: Probabilidad-de-F-para-entrar \leq ,050, Probabilidad-de-F-para-eliminar \geq ,100).
2	IPC		Por pasos (Criterios: Probabilidad-de-F-para-entrar \leq ,050, Probabilidad-de-F-para-eliminar \geq ,100).

Fuente: elaboración propia a través del programa SPSS

A continuación, se muestran los coeficientes de las dos variables aceptadas en el modelo *IDH* e *IPC*, así como el estadístico T y su significatividad con $\alpha = 0,05$, es decir, un nivel de confianza del 95%

H_0 : el parámetro β es nulo

H_1 : el parámetro β no es nulo

Tal y como observamos en la tabla de abajo, la significatividad obtenida en el estadístico *T* en ambas variables nos lleva a la conclusión de que ambos parámetros no son nulos, y, por lo tanto, son válidos y significativos para explicar la dependiente.

Tabla 4.5. Coeficientes del modelo y su significatividad

Coeficientes								
Modelo	Coeficientes no estandarizados			Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Estadísticas de colinealidad	
	Variable	B	Desv. Error	Beta			Tolerancia	VIF
1	(Constante)	39,737	6,061	-	6,557	0,000	-	-
	IDH	-0,306	0,072	-0,519	-4,249	0,000	1,000	1,000
2	(Constante)	35,871	5,804	-	6,181	0,000	-	-
	IDH	-0,281	0,068	-0,477	-4,159	0,000	0,984	1,016
	IPC	0,219	0,076	0,333	2,900	0,006	0,984	1,016

Fuente: elaboración propia a través del programa SPSS

Tras comprobar la significatividad individual de ambas variables aceptadas, se muestra el modelo resultante, con los respectivos coeficientes que nos indicarán de qué manera y en qué cantidad afectan las dos variables independientes, a la variable dependiente.

$$ADOPCIÓN\% = 35,871 - 0,281 IDH\% + 0,219 IPC\%$$

Analizando los coeficientes, podemos ver cómo como la variable *IDH* tiene una relación negativa con la variable dependiente *ADOPCIÓN*, esto quiere decir que, si el índice de Desarrollo Humano de un país sube un 1%, entonces la adopción de monedas virtuales desciende un 0,281%. En cuanto al *IPC*, vemos como mantiene una relación positiva con la variable *ADOPCIÓN*, esto significa que, si el IPC aumenta un 1%, la adopción de criptomonedas aumentaría un 0,219%.

Estos resultados se desarrollarán más adelante en las conclusiones del estudio.

4.3. EVALUACIÓN DEL MODELO

Una vez realizados los supuestos del modelo, y comprobado la significación individual de cada variable del modelo, se procederá a estudiar la significatividad de este en su conjunto, utilizando para ello el estadístico F.

Para ello se plantean dos hipótesis:

H_0 : El modelo no es globalmente valido

H_1 : El modelo es globalmente valido

Tabla 4.6. Validez global del modelo a través del estadístico F y su significatividad

ANOVA						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	553,088	1	553,088	18,056	,000 ^b
	Residuo	1500,952	49	30,632	-	-
	Total	2054,039	50	-	-	-
2	Regresión	776,848	2	388,424	14,598	,000 ^c
	Residuo	1277,191	48	26,608	-	-
	Total	2054,039	50	-	-	-

Fuente: elaboración propia a través del programa SPSS

La tabla ANOVA del modelo con las 2 variables, el cual tiene en cuenta las dos variables aceptadas *IDH* e *IPC*, arroja una significatividad igual a cero para el estadístico F de Snedecor, lo cual nos permite rechazar la hipótesis nula de no validez global del modelo, y, por lo tanto, aceptar la hipótesis alternativa que afirma la validez global del mismo.

En la misma tabla y modelo, se observa también que la suma cuadrática arroja un total de 50 grados de libertad, correspondientes a las 51 observaciones menos 1.

Dichos grados de libertad se distribuyen de tal manera que la suma de cuadrados de la regresión posee 2 grados de libertad (coincidiendo con el número de variables predictoras del modelo), y la suma del cuadrado de los residuos 48.

A continuación, uno de los últimos pasos del análisis de regresión múltiple es la valoración de la bondad del ajuste del modelo a través del coeficiente del estadístico R^2

Tabla 4.7. Bondad del ajuste del modelo

Resumen del modelo					
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,519 ^a	0,269	0,254	5,53459%	-
2	,615 ^b	0,378	0,352	5,15831%	1,891

Fuente: elaboración propia a través del programa SPSS

Observamos que el R^2 para el modelo 2 que es el que tiene en cuenta las dos variables explicativas, da un valor de 0,378 por lo que podemos afirmar que dicho modelo consigue explicar un 37,8% de la varianza de la variable dependiente. Lo cual podría hacernos pensar en replantear el modelo para obtener una mayor bondad del ajuste.

Este indicador adimensional arroja valores comprendidos entre 0 y 1, siendo los más próximos a 1 los que corroborarían un mayor ajuste del modelo, y los más cercanos a cero, un escaso ajuste de este.

Pese a haber obtenido un R cuadrado de 0,375 no podemos descartar la validez de este modelo basándonos únicamente en este resultado, ya que no podemos obviar que nuestros dos parámetros aceptados (*IDH%*, e *IPC%*) han resultado claramente significativos para explicar cómo varía el porcentaje de adopción por país.

En este aspecto se manifiesta (Toole, 2006) dejando claro que en valores superiores a 0,25 en el coeficiente del R cuadrado ajustado, sirven para dar validez al ajuste del modelo de regresión múltiple en campos relacionados con las ciencias sociales. En nuestro caso el R cuadrado ajustado es de 0,352, por lo que al ser mayor a 0,25 podemos decir que nuestro modelo tiene un ajuste adecuado para considerarlo válido.

Por último y para concluir con la evaluación del modelo, es necesario identificar los casos atípicos, es decir, aquellos casos en los que el valor estimado difiere sustancialmente del valor observado. Como podemos observar en la tabla de abajo, el caso número 29, correspondiente a Nigeria.

Tabla 4.7. Casos atípicos del modelo

Diagnósticos por casos				
Número del caso	Desv. Residuo	Adopción	Valor pronosticado	Residuo
29	3,457	42,00%	24,1664%	17,83357%

Fuente: elaboración propia a través del programa SPSS

Si procedemos a eliminar este caso y a reestimar el modelo de nuevo, entraremos en una concatenación de casos atípicos, que se resuelve tras eliminar 4 de los 51 casos con los que partíamos, dichos casos son Nigeria, Vietnam, Filipinas, y Tailandia.

El modelo reestimado que tomaría únicamente a los 47 países restantes cumpliría **todas** las hipótesis del modelo de regresión múltiple, así como con las etapas de validación, tal y como se observa en las tablas y gráficos del anexo (algunas de ellas se cumplen mejor en este modelo que en el anterior, ej: normalidad, bondad del ajuste...), obteniendo además nuevos regresores significativos diferentes a los del primer modelo

Tabla 4.8. Coeficientes del nuevo modelo y su significatividad

Coeficientes ^a								
Modelo	Coeficientes no estandarizados			Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Estadísticas de colinealidad	
	Variable	B	Desv. Error	Beta			Tolerancia	VIF
1	(Constante)	10,929	0,505	-	21,628	0,000	-	-
	IPC	0,216	0,039	0,631	5,460	0,000	1,000	1,000
2	(Constante)	9,638	0,586	-	16,445	0,000	-	-
	IPC	0,205	0,035	0,601	5,786	0,000	0,993	1,007
	PARO	0,168	0,048	0,361	3,471	0,001	0,993	1,007
3	(Constante)	6,617	1,522	-	4,346	0,000	-	-
	IPC	0,194	0,035	0,567	5,605	0,000	0,969	1,032
	PARO	0,122	0,051	0,263	2,392	0,021	0,821	1,218
	GINI	0,097	0,045	0,238	2,136	0,038	0,801	1,249

Fuente: elaboración propia a través del programa SPSS

$$ADOPCIÓN\% = 6,617 + 0,194 IPC\% + 0,122 PARO\% + 0,097 GINI\%$$

Analizando los coeficientes, podemos ver cómo como las variables *IPC*, *PARO*, y *GINI*, tienen una relación positiva con la variable dependiente *ADOPCIÓN*, esto quiere decir que, si dichas variables aumentan un 1%, entonces la adopción de monedas virtuales aumenta un 0,194%, 0,122% y 0,097% con respecto de cada variable anteriormente mencionada

Tabla 4.9. Bondad del ajuste del nuevo modelo

Resumen del modelo					
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,631 ^a	0,399	0,385	2,67714%	-
2	,727 ^b	0,528	0,506	2,39883%	-
3	,757 ^c	0,573	0,543	2,30721%	2,228

Fuente: elaboración propia a través del programa SPSS

Por último, en lo referente al modelo reestimado, cabe resaltar que su bondad del ajuste es del 57,3%, la cual es superior al primer modelo, por lo que los valores predichos se asemejan más a los valores observados.

No obstante, pese a haber hecho esta reestimación, ambos modelos son válidos, y poseen la capacidad de predecir la adopción de divisas virtuales en determinados países, por lo que más adelante en las conclusiones se detallará de manera más exhaustiva la utilidad de cada uno.

5. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos por ambos modelos, sería factible aseverar que en general aquellos países con unos estándares de vida inferiores, y con una economía débil, son más propensos a la utilización de la tecnología *Blockchain*, y al uso de monedas virtuales.

En el primer modelo estimado con 51 países, el IDH y el IPC, fueron las dos variables que consiguieron explicar la adopción de las criptomonedas, sin embargo, en el segundo modelo con 47 países, las variables explicativas fueron la tasa de paro, el grado de desigualdad (Gini), y nuevamente el IPC.

La explicación de estos resultados pasa por examinar cuatro países de la muestra original, los cuales poseían un IDH extremadamente bajo, lo cual hizo que dicha variable cobrara más relevancia y tuviera una clara significatividad con el porcentaje de adopción

No obstante, tras eliminar esos cuatro países, vemos como el IPC es determinante en la adopción de monedas virtuales, al igual que lo fue en el primer modelo, consolidándose como la variable que consigue explicar en mayor medida las variaciones en la adopción, y además entran en juego otras variables de índole más socioeconómico y menos financiero, como son la tasa de paro y el grado de desigualdad.

Tal y como se comentó anteriormente en este trabajo haciendo referencia a lo manifestado por tanto por (Blau et al., 2021) como por (Sas & Khairuddin, 2017) en lo referente al uso de monedas virtuales como cobertura frente a la inflación, es más que probable que aquellos países con índices de precios al consumo elevados, vean a las criptomonedas como un instrumento de reserva de valor al que pueden convertir su moneda de curso legal para así no sufrir los efectos de la subida generalizada de precios ni la consecuente devaluación de la moneda de uso habitual.

También es posible establecer una relación entre lo suscrito por (Glaser et al., 2014) y nuestros resultados, en los que se observa como la tasa de paro y la desigualdad salarial juegan un papel clave en la adopción de las criptomonedas en tanto que dichas divisas virtuales son consideradas como una oportunidad de inversión tanto a corto como a largo plazo, lo cual haría de este activo digital una posible fuente viable de ingresos para aquellas personas desempleadas o en situaciones económicamente precarias.

Estos resultados manifiestan que hay diversas zonas geográficas en las cuales debido a sus bajos estándares económicos y sociales han desarrollado una mayor predisposición al empleo de tecnologías que palien esas carencias, dichas zonas son África, Latinoamérica, y el sudeste asiático.

A modo de opinión personal, considero que las aplicaciones de esta tecnología en lo referente a su uso como activos refugio, sistema anónimo de pagos, o simplemente como vehículo de inversión, serán claves un futuro muy próximo no solo para países poco desarrollados, sino también para todo el mundo, simplificando y ofreciendo al usuario nuevas posibilidades para preservar y aumentar su patrimonio, así como un nuevo método efectivo pago para el comercio a pequeña y gran escala que evite la participación de intermediarios innecesarios.

En lo referente a la investigación llevada a cabo dentro del campo de las divisas virtuales cabría destacar la escasa madurez y el poco tiempo que se ha tenido para ahondar en las diversas ramas de esta tecnología (social, económica, financiera, tecnológica...) es por eso que sería conveniente una mayor difusión de trabajos académicos como el que aquí se expone con el fin de que sea revisado por la comunidad científica y académica, y que anime a otros estudiantes, docentes, investigadores, etc., a explorar, indagar y exponer sus conclusiones sobre las monedas virtuales y su ecosistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Alzahrani, S., & Daim, T. U. D. (2019). Analysis of the Cryptocurrency Adoption Decision: Literature Review. *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 1–11.
<https://doi.org/https://doi.org/10.23919/PICMET.2019.8893819>
- Bach, L. M., Mihaljevic, B., & Zagar, M. (2018). Comparative Analysis of Blockchain Consensus Algorithms. *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, 1545–1550. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23919/MIPRO.2018.8400278>
- Back, A. (2002). *Hashcash - A Denial of Service Counter-Measure*.
<http://www.hashcash.org/papers/hashcash.pdf>
- Bagozzi, R. P. (2007). The Legacy of the Technology Acceptance Model and a Proposal for a Paradigm Shift. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), 244–254. <https://doi.org/0.17705/1jais.00122>
- Blau, B. M., Griffith, T. G., & Whitby, R. J. (2021). Inflation and Bitcoin: A descriptive time-series analysis. *Economic Letters*, 203, 5.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.econlet.2021.109848>
- Bohr, J., & Bashir, M. (2014). Who Uses Bitcoin? An exploration of the Bitcoin community. *Twelfth Annual Conference on Privacy, Security and Trust (PST)*, 94–101. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1109/PST.2014.6890928>
- Canal Díaz, N. (2016). *Distribuciones de probabilidad. El teorema central del límite* (pp. 107–120).
https://formacion.seden.org/publicaciones_articulodet.asp?idioma=&pg=publicaciones_revistadet.asp&buscar=&id=122&idarticulo=1660&Datapageid=&intInicio=
- Chaum, D. (1982). *Blind Signatures for Untraceable Payments*.
<http://www.hit.bme.hu/~buttyan/courses/BMEVIHIM219/2009/Chaum.BlindSigForPayment.1982.PDF>
- Conlon, T., Corbet, S., & McGee, R. J. (2021). Inflation and cryptocurrencies revisited: A time-scale analysis. *Economic Letters*, 206.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.econlet.2021.109996>
- Corbet, S., Larkin, C. J., Lucey, B. M., Meegan, A., & Yarovaya, L. (2018). *The Volatility Generating Effects of Macroeconomic News on Cryptocurrency Returns*.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3141986>
- Darlington, J. K. (2014). *The Future of Bitcoin: Mapping the Global Adoption of World's Largest Cryptocurrency Through Benefit Analysis*.
https://trace.tennessee.edu/utk_chanhonoproj/1770/

- Deniz, E. A., & Teker, D. (2020). CRYPTO CURRENCY APPLICATIONS IN FINANCIAL MARKETS: FACTORS AFFECTING CRYPTO CURRENCY PRICES. *Global Business Research Congress*, 34–37.
<https://doi.org/http://doi.org/10.17261/Pressacademia.2020.1235>
- Dwork, C., & Naor, M. (1992). *Pricing via Procesing*.
<http://www.hashcash.org/papers/pvp.pdf>
- Feller, W. (1937). Über den zentralen Grenzwertsatz der Wahrscheinlichkeitsrechnung. II. *Mathematische Zeitschrift*, 42, 301–312.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF01160080>
- Folkinshteyn, D., & Lennon, M. M. (2017). Braving Bitcoin: A technology acceptance model (TAM) analysis. *Journal of Information Technology Case and Application Research*, 185(4), 220–249.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/15228053.2016.1275242>
- Froyen, R. T. (2013). *Macroeconomics. Theories and Policies* (10th ed.). Pearson Education. https://www.academia.edu/44387716/Macroeconomics_by_Richar
- Glaser, F., Zimmermann, K., Hferkorn, M., Weber, M. C., & Siering, M. (2014). Bitcoin - Asset or currency? Revealing users' hidden intentions. *ECIS 2014 Proceedings - 22nd European Conference on Information Systems*.
<https://ssrn.com/abstract=2425247>
- Goodhart, C. (1989). *Money, Information and Uncertainty* (2nd ed.). MACMILLAN EDUCATION LTD. <https://doi.org/978-0-333-47402-0>
- Gunawan, F. E., & Novendra, R. (2017). An Analysis of Bitcoin Acceptance in Indonesia. *ComTech Computer Mathematics and Engineering Applications*, 8(4), 241–247. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21512/comtech.v8i4.3885>
- Haber, S., & Scott Stornetta, W. (1991). How To Time-Stamp a Digital Document. *Journal of Cryptology*, 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF00196791>
- Huan, Y., Li, X., Aydeniz, M., & Wyatt, T. (2015). Mobile Learning Adoption: An Empirical Investigation for Engineering Education. *International Journal of Engineering Education*, 31(4), 1081–1091.
https://www.researchgate.net/publication/282711078_Mobile_Learning_Adoption_An_Empirical_Investigation_for_Engineering_Education
- Jakobsson, M., & Juels, A. (1999). Proofs of Work and Bread Pudding Protocols. In *Secure Information Network — The International Federation for Information Processing* (1st ed., Vol. 23, pp. 258–272). Springer Boston, MA.
https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-0-387-35568-9_18

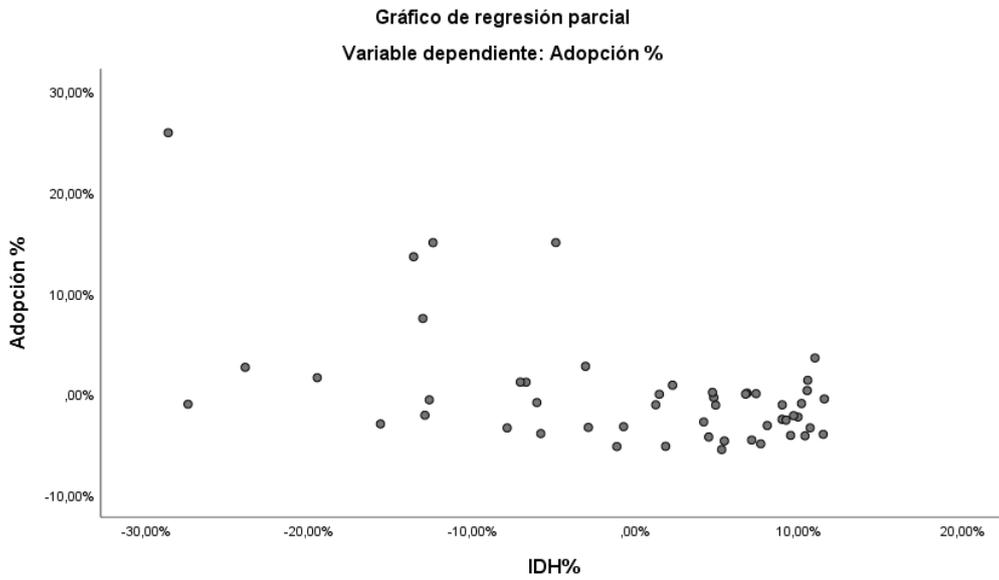
- King, S., & Nadal, S. (2012). *PPCoin: Peer-to-Peer Crypto-Currency with Proof-of-Stake*.
<https://people.cs.georgetown.edu/~clay/classes/fall2017/835/papers/peercoin-paper.pdf>
- Krugman, P., Wells, R., & Olney, M. L. (2011). *Introducción a la economía* (Spanish Ed). Reverté, S. A. <https://es.scribd.com/document/392708176/Introduccion-a-la-Economia-Krugman>
- Lévy, P. (1940). Sur certains processus stochastiques homogènes. *Compositio Mathematica*, 7, 283–339.
http://www.numdam.org/item/?id=CM_1940__7__283_0
- Mankiw, N. G., & Scarth, W. M. (2011). *Macroeconomics* (4th ed.). Worth Publishers.
https://www.academia.edu/16243349/Macroeconomics_4th_Canadian_Edition_by_Gregory_Mankiw_原版_
- Nakamoto, S. (2008). *A Peer-to-Peer Electronic Cash System*.
<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Nseke, P. (2018). How Crypto-Currency Can Decrypt the Global Digital Divide: Bitcoins a Means for African Emergence. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND ECONOMIC DEVELOPMENT*, 3(6), 61–70.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18775/ijied.1849-7551-7020.2015.36.2005>
- Pólya, G. (1920). Über den zentralen Grenzwertsatz der Wahrscheinlichkeitsrechnung und das Momentproblem. *Mathematische Zeitschrift*, 8, 171–180.
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.2307%2F2245503>
- Presthus, W., & O'Malley, N. O. (2017). Motivations and Barriers for End-User Adoption of Bitcoin as Digital Currency. *Procedia Computer Science*, 121, 89–97.
<https://doi.org/Procedia Computer Science>
- Roger, L. M., & VanHoose, D. D. (2005). *Macroeconomics: Theories, Policies, and International Applications* (3rd ed.). Cengage Learning.
- Sas, C., & Khairuddin, I. E. (2017). Design for Trust: An Exploration of the Challenges and Opportunities of Bitcoin Users. *CHI '17: Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 6499–6510.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1145/3025453.3025886>
- Toole, T. M. (2006). A Primer on Social Science Research Methods in Construction. *2nd Specialty Conference on Leadership and Management in Construction*, 300–310.
https://www.academia.edu/2225500/Preparing_contractor_organizations_for_implemting_lean_construction

- Vargas Sánchez, G. (2006). *Introducción a la teoría económica. Un enfoque latinoamericano*. (2nd ed.). Pearson Education.
https://www.academia.edu/22565560/Introduccion_a_la_teor%C3%ADa_economica_Un_enfoque_latinoamericano_de_Gustavo_Vargas_Sanchez
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
<https://doi.org/https://doi.org/10.2307/30036540>

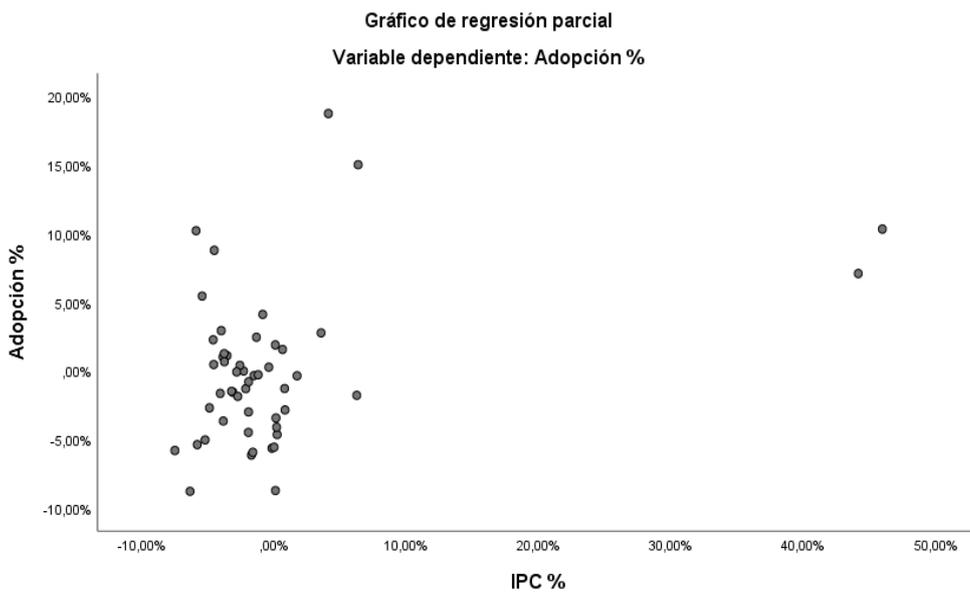
ANEXO

- Gráficos

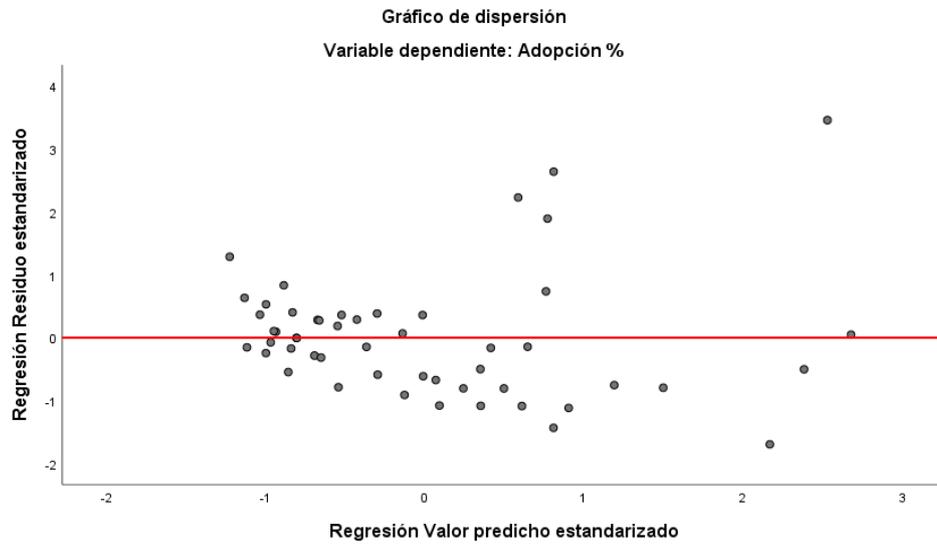
R. Parcial, Adopción-IDH - modelo1



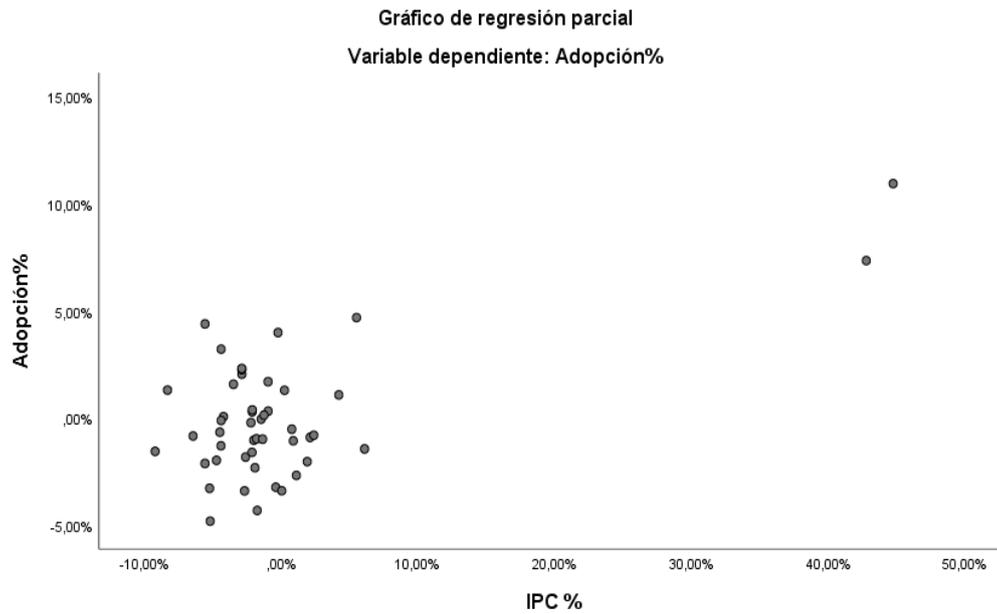
R. Parcial, Adopción-IPC - modelo1



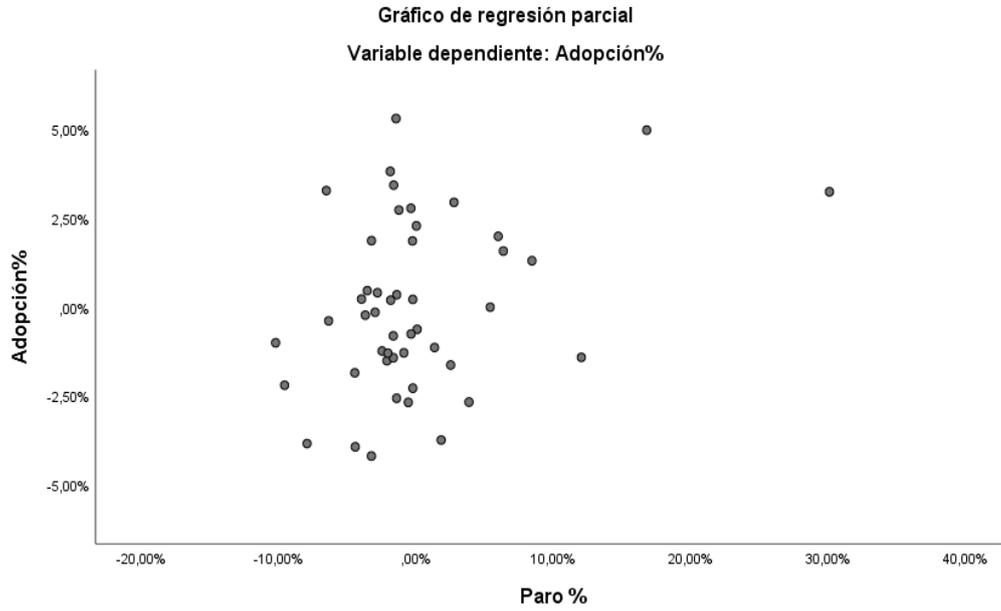
Dispersión residuo estandarizado-predicho estandarizado - modelo 1



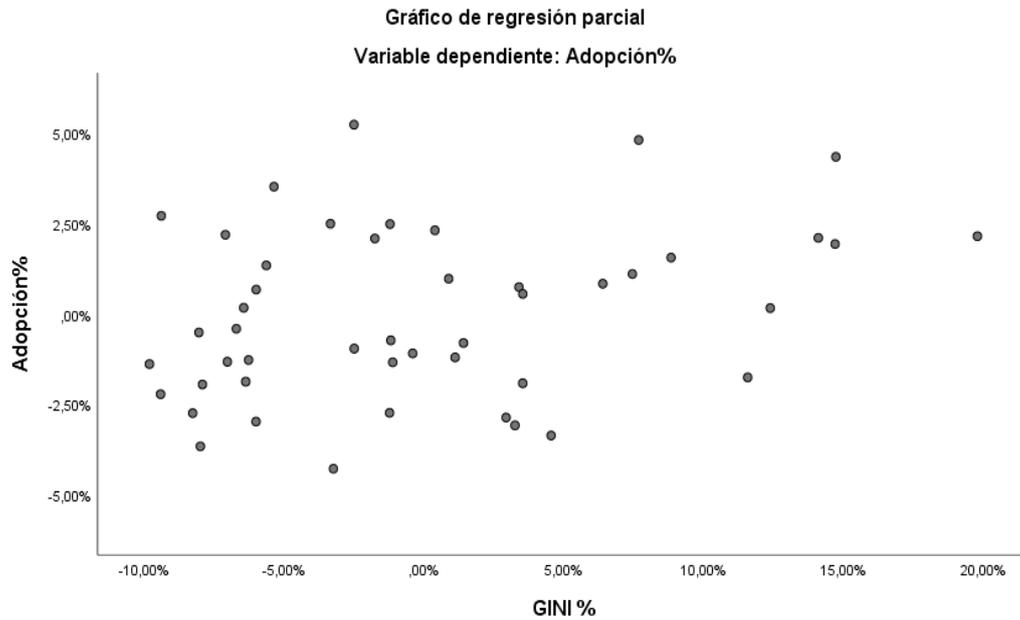
R. Parcial, Adopción-IPC - modelo2



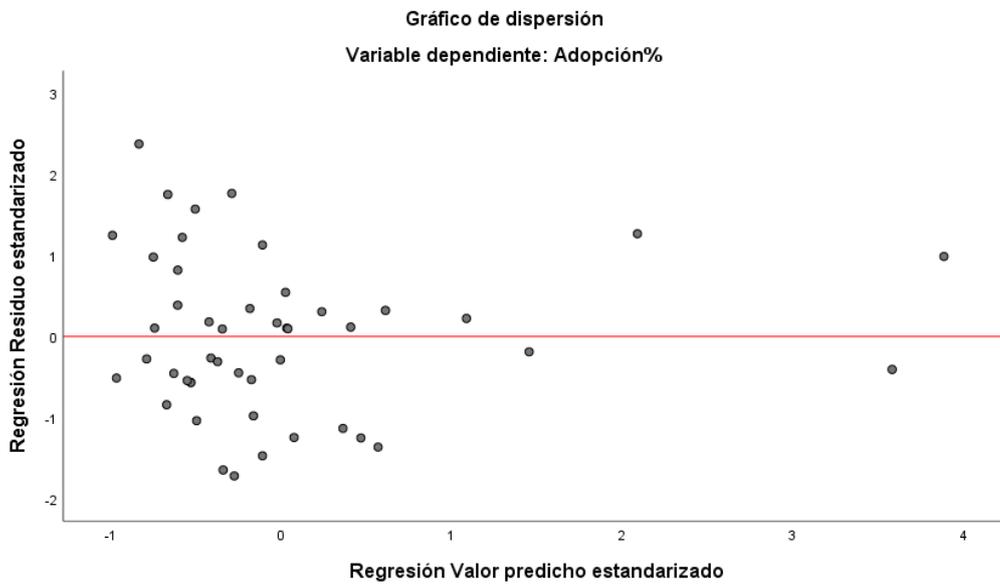
R. Parcial, Adopción-Paro - modelo2



R. Parcial, Adopción-GINI - modelo2



Dispersión residuo estandarizado-predicho estandarizado -modelo 2



Histograma de residuos - modelo 2

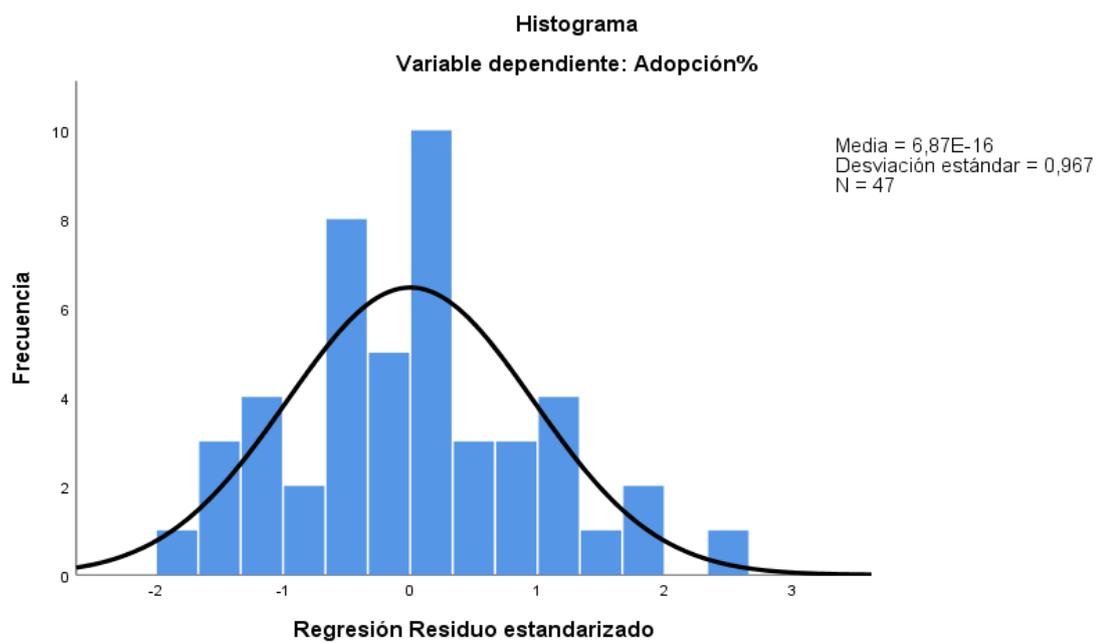
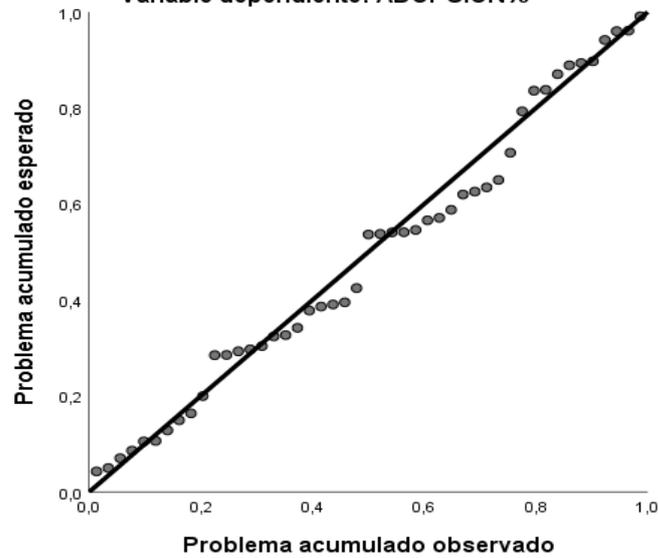


Gráfico de probabilidad normal (P-P)

Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado

Variable dependiente: ADOPCIÓN%



• Tablas

Datos 51 países - modelo 1

Pais	Adopcion	Poblacion	Pib millones	IDH	IPC	TI	Paro	GINI	Salmed	PRE modelo 1	RES modelo 1
Argentina	21.00%	45376763	340627	84.50%	52.30%	42.50%	8.50%	42.90%	410	23.58928	-2.38928
Australia	12.00%	25694000	1249204	94.40%	3.50%	0.10%	4.00%	34.40%	3599	10.11286	1.88714
Austria	10.00%	8922664	403270	92.20%	4.20%	0.00%	4.90%	27.00%	2777	10.88443	-0.88443
Belgium	10.00%	11566041	509650	93.10%	8.00%	0.00%	5.60%	25.40%	2779	11.46433	-1.46433
Brazil	16.00%	212559409	1263570	76.50%	10.80%	11.75%	13.20%	53.40%	600	16.74231	-0.74231
Canada	11.00%	38246108	1683644	92.90%	5.70%	0.50%	5.50%	33.30%	3082	11.01647	-0.01647
Chile	14.00%	19458000	221346	85.10%	7.70%	5.50%	7.30%	44.40%	1085	13.64646	0.35354
Colombia	15.00%	50372000	237746	76.70%	6.90%	4.00%	11.00%	51.30%	661	15.83142	-0.83142
Czechia	15.00%	10701777	238968	90.00%	11.10%	4.50%	2.20%	24.20%	2194	13.01476	1.98524
Denmark	11.00%	5840045	334527	94.00%	4.80%	-0.45%	4.70%	27.30%	5550	10.51015	0.48985
Dominican Republic	11.00%	10847904	69021	75.60%	9.00%	5.00%	14.20%	41.90%	794	16.60072	-5.60072
Egypt	12.00%	100878000	318022	70.70%	8.00%	9.25%	11.90%	31.50%	778	17.7584	-5.7584
Germany	10.00%	83155031	3570620	94.70%	5.10%	0.00%	3.10%	34.40%	3393	10.37921	-0.37921
Greece	13.00%	10682547	182830	88.80%	5.10%	0.00%	12.80%	31.40%	1407	12.03702	0.96298
Hong Kong	13.00%	7428000	303491	94.90%	2.40%	0.86%	4.30%	53.30%	3912	9.7313	3.2687
Hungary	9.00%	9730772	153537	85.40%	8.30%	4.40%	3.80%	28.00%	1876	13.69366	-4.69366
India	15.00%	1380004385	2332923	64.50%	5.20%	4.00%	10.80%	35.70%	1454	18.88688	-3.88688
Indonesia	12.00%	270204000	1002959	71.80%	2.10%	3.50%	7.10%	38.20%	850	16.15631	-4.15631
Ireland	13.00%	5006907	421529	95.50%	5.60%	0.00%	5.20%	28.70%	2916	10.264	-2.736
Israel	8.00%	9214000	407149	91.90%	3.50%	0.10%	6.00%	39.00%	2928	10.81532	-2.81532
Italy	8.00%	59257566	1781221	89.20%	5.70%	0.00%	8.80%	32.80%	2543	12.05612	-4.05612
Kenya	16.00%	53771300	89675	60.10%	5.10%	7.00%	40.00%	40.80%	986	20.1013	-4.1013
Lithuania	11.00%	2795680	55326	88.20%	14.00%	0.00%	7.30%	35.10%	2180	14.15607	-3.15607
Malaysia	16.00%	32939000	295379	81.00%	4.70%	1.75%	3.50%	41.10%	2195	14.14104	1.85896
Mexico	10.00%	127792000	952608	77.90%	7.30%	6.50%	3.70%	45.40%	1123	15.5819	-5.5819
Morocco	10.00%	36910558	100334	68.60%	3.60%	1.50%	9.20%	39.50%	1087	17.38419	-7.38419
Netherlands	15.00%	17475415	859166	94.40%	6.20%	0.00%	3.40%	28.20%	3458	10.70457	4.29543
New Zealand	11.00%	5087000	185020	93.10%	6.00%	1.00%	6.50%	32.50%	3050	11.02602	-0.02602
Nigeria	42.00%	206139587	375961	53.90%	15.70%	11.50%	18.20%	35.10%	455	24.16643	17.83357
Norway	9.00%	5391369	407755	95.70%	3.70%	0.50%	3.30%	25.30%	3394	9.79141	-0.79141
Pakistan	14.00%	208570000	229142	55.70%	11.50%	9.75%	15.00%	31.60%	747	22.74021	-8.74021
Peru	13.00%	32625948	179879	77.70%	7.00%	4.00%	6.50%	41.50%	791	15.57235	-2.57235
Philippines	28.00%	108800000	316852	71.80%	3.70%	6.75%	13.20%	42.30%	537	16.50696	11.49304
Poland	10.00%	37840001	570207	88.00%	8.60%	3.50%	2.80%	27.20%	1441	13.02884	-3.02884
Portugal	14.00%	10298252	211461	86.40%	4.20%	0.00%	6.00%	31.20%	1461	12.51415	1.48585
Romania	11.00%	219186201	239638	82.80%	8.50%	2.50%	5.70%	33.80%	1751	14.46805	-3.46805
Russia	9.00%	146171000	1292652	82.40%	8.40%	20.00%	4.30%	37.50%	1790	14.55853	-5.55853
Saudi Arabia	12.00%	35013000	612956	85.40%	8.00%	1.20%	5.90%	38.00%	3785	12.7513	-0.7513
Serbia	11.00%	6871547	53318	80.60%	8.80%	1.00%	19.20%	33.30%	1370	15.15197	-4.15197
Singapore	11.00%	5686000	297990	93.80%	4.30%	0.30%	1.80%	45.00%	6150	10.46677	0.53323
South Africa	21.00%	59622000	265600	70.90%	5.70%	4.75%	34.90%	63.00%	2990	17.19815	3.80185
South Korea	13.00%	51781000	1436668	91.60%	3.60%	1.75%	3.20%	31.40%	2182	10.92153	2.07847
Spain	14.00%	47326687	1202994	90.40%	7.60%	0.00%	12.70%	32.10%	2280	12.13533	1.86467
Sweden	9.00%	10279295	530357	94.50%	4.30%	0.00%	7.30%	26.90%	3112	10.26008	-1.26008
Switzerland	16.00%	8667088	687110	95.50%	1.50%	-0.75%	4.90%	31.20%	5000	9.36547	6.63453
Taiwan, province of China	10.00%	23561000	584973	88.50%	2.84%	1.38%	5.20%	33.60%	3602	11.62603	-1.62603
Thailand	31.00%	69799978	439628	77.70%	15.28%	0.50%	1.40%	34.90%	1397	17.38693	13.61307
Turkey	25.00%	83614362	685765	82.00%	54.40%	14.00%	11.20%	43.40%	1371	24.75196	0.24804
United Arab Emirates	13.00%	9282000	314191	89.00%	3.10%	1.80%	3.20%	26.00%	4302	11.54252	1.45748
United States	13.00%	329770000	19444914	92.60%	7.90%	0.25%	3.80%	41.40%	3600	11.5829	1.4171
Vietnam	27.00%	97338583	300397	70.40%	5.23%	4.00%	2.90%	35.70%	1388	17.23564	9.76436

Correlaciones bivariadas modelo 1

Correlaciones										
		Adopción	Población	Pib millones	IDH	IPC	TI	Paro	GINI	Salméd
Adopción	Correlación de Pearson	1	0,133	-0,060	-,519**	,393**	,326*	0,272	0,242	-,351*
	Sig. (bilateral)		0,353	0,674	0,000	0,004	0,019	0,054	0,087	0,012
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51
Población	Correlación de Pearson	0,133	1	0,274	-,409**	-0,002	0,105	0,097	0,096	-0,205
	Sig. (bilateral)	0,353		0,051	0,003	0,989	0,462	0,499	0,503	0,149
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51
Pib millones	Correlación de Pearson	-0,060	0,274	1	0,153	-0,024	-0,086	-0,129	0,078	0,170
	Sig. (bilateral)	0,674	0,051		0,284	0,868	0,549	0,368	0,588	0,234
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51
IDH	Correlación de Pearson	-,519**	-,409**	0,153	1	-0,125	-,354*	-,605**	-,344*	,706**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,003	0,284		0,380	0,011	0,000	0,013	0,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51
IPC	Correlación de Pearson	,393**	-0,002	-0,024	-0,125	1	,741**	0,084	0,163	-,342*
	Sig. (bilateral)	0,004	0,989	0,868	0,380		0,000	0,558	0,255	0,014
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51
TI	Correlación de Pearson	,326*	0,105	-0,086	-,354*	,741**	1	0,193	,285*	-,485**
	Sig. (bilateral)	0,019	0,462	0,549	0,011	0,000		0,174	0,042	0,000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51
Paro	Correlación de Pearson	0,272	0,097	-0,129	-,605**	0,084	0,193	1	,415**	-,368**
	Sig. (bilateral)	0,054	0,499	0,368	0,000	0,558	0,174		0,002	0,008
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51
GINI	Correlación de Pearson	0,242	0,096	0,078	-,344*	0,163	,285*	,415**	1	-0,223
	Sig. (bilateral)	0,087	0,503	0,588	0,013	0,255	0,042	0,002		0,115
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51
Salméd	Correlación de Pearson	-,351*	-0,205	0,170	,706**	-,342*	-,485**	-,368**	-0,223	1
	Sig. (bilateral)	0,012	0,149	0,234	0,000	0,014	0,000	0,008	0,115	
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51

Datos 47 países - modelo 2

País	Adopción	Población	Pib millones	IDH	IPC	TI	Paro	GINI	Salméd	PRE_modelo 2	RES_modelo 2
Argentina	21,00%	45376763	340627	84,50%	52,30%	42,50%	8,50%	42,90%	410	21,93988	-0,93988
Australia	12,00%	25694000	1249024	94,40%	3,50%	0,10%	4,00%	34,40%	3599	11,11156	0,88944
Austria	10,00%	8932664	403370	92,20%	4,20%	0,00%	4,90%	27,00%	2777	10,64118	-0,64118
Belgium	10,00%	11566041	506950	93,10%	8,00%	0,00%	5,60%	25,40%	2779	11,30823	-1,30823
Brazil	16,00%	21259409	1263570	76,50%	10,80%	11,75%	13,20%	53,40%	600	15,48813	0,51187
Canada	11,00%	38246108	1683644	92,90%	5,70%	0,50%	5,50%	33,30%	3082	11,61466	-0,61466
Chile	14,00%	19458000	221346	85,10%	7,70%	5,50%	7,30%	44,40%	1085	13,29601	0,70399
Colombia	15,00%	50372000	237746	76,70%	6,90%	4,00%	11,00%	51,30%	661	14,26051	0,73949
Czechia	15,00%	10701777	238968	90,00%	11,10%	4,50%	2,20%	24,20%	2194	11,37754	3,62246
Denmark	11,00%	5840045	334527	94,00%	4,80%	-0,45%	4,70%	27,30%	5550	10,76204	0,23796
Dominican Republic	11,00%	10847904	69021	75,60%	9,00%	5,00%	14,20%	41,90%	794	14,14885	-3,14885
Egypt	12,00%	100878000	318022	70,70%	8,00%	9,25%	11,90%	31,50%	778	12,66793	-0,66793
Germany	10,00%	83155031	3570620	94,70%	5,10%	0,00%	3,10%	34,40%	3393	11,31167	-1,31167
Greece	13,00%	10682547	182830	88,80%	5,10%	0,00%	12,80%	31,40%	1407	12,20623	0,79377
Hong Kong	13,00%	7428000	303491	94,90%	2,40%	0,86%	4,30%	53,30%	3912	12,76364	0,23636
Hungary	9,00%	9730772	153537	85,40%	8,30%	4,40%	3,80%	28,00%	1876	11,39805	-2,39805
India	15,00%	1380004385	2332923	64,50%	5,20%	4,00%	10,80%	35,70%	1454	12,39735	2,60265
Indonesia	12,00%	270204000	1002959	71,80%	2,10%	3,50%	7,10%	38,20%	850	11,58658	0,41342
Ireland	13,00%	5006907	421529	95,50%	5,60%	0,00%	5,20%	28,70%	2916	11,11359	1,86641
Israel	8,00%	9214000	407149	91,90%	3,50%	0,10%	6,00%	39,00%	2928	11,80091	-3,80091
Italy	8,00%	59257566	1781221	89,20%	5,70%	0,00%	8,80%	32,80%	2543	11,96937	-3,96937
Kenya	16,00%	53771300	89675	60,10%	5,10%	7,00%	40,00%	40,80%	986	16,43806	-0,43806
Lithuania	11,00%	2795680	55326	88,20%	14,00%	0,00%	7,30%	35,10%	2180	13,61702	-2,61702
Malaysia	16,00%	32939000	295379	81,00%	4,70%	1,75%	3,50%	41,10%	2195	11,93125	4,06875
Mexico	10,00%	127792000	952608	77,90%	7,30%	6,50%	3,70%	45,40%	1123	12,87552	-2,87552
Morocco	10,00%	36910558	100334	68,60%	3,60%	1,50%	9,20%	39,50%	1087	12,25953	-2,25953
Netherlands	15,00%	17475415	859166	94,40%	6,20%	0,00%	3,40%	28,20%	3458	10,96161	4,03839
New Zealand	11,00%	5087000	185020	93,10%	6,00%	1,00%	6,50%	32,50%	3050	11,71754	-0,71754
Norway	9,00%	5391369	407755	95,70%	3,70%	0,50%	3,30%	25,30%	3394	10,18438	-1,18438
Pakistan	14,00%	208570000	229142	55,70%	11,50%	9,75%	15,00%	31,60%	747	13,73447	0,26553
Peru	13,00%	32625948	179879	77,70%	7,70%	4,00%	6,50%	41,50%	791	12,78207	0,21793
Poland	10,00%	37840001	570207	88,00%	8,60%	3,50%	2,80%	27,20%	1441	11,25664	-1,25664
Portugal	14,00%	10298252	211461	86,40%	4,20%	0,00%	6,00%	31,20%	1461	11,18189	2,81811
Romania	11,00%	19186201	239638	82,80%	8,50%	2,50%	5,70%	33,80%	1751	12,23004	-1,23004
Russia	9,00%	146171000	1293052	82,40%	8,40%	20,00%	4,30%	37,50%	1790	12,39764	-3,39764
Saudi Arabia	12,00%	35013000	612956	85,40%	4,00%	1,20%	5,90%	38,00%	3785	11,78883	0,21117
Serbia	11,00%	6871547	53318	80,60%	8,80%	1,00%	19,20%	33,30%	1370	13,88876	-2,88876
Singapore	11,00%	5686000	297990	93,80%	4,30%	0,30%	1,90%	45,00%	6150	12,03563	-1,03563
South Africa	21,00%	59622000	265060	70,90%	5,70%	4,25%	34,90%	63,00%	2990	18,07924	2,92076
South Korea	13,00%	51781000	1436668	91,60%	3,60%	1,25%	3,20%	31,40%	3182	10,74297	2,25703
Spain	14,00%	47326687	1202994	90,40%	7,60%	0,00%	12,70%	32,10%	2280	12,74618	1,25382
Sweden	9,00%	10379295	530357	94,50%	4,30%	0,00%	7,30%	26,90%	3112	10,94403	-1,94403
Switzerland	16,00%	8667088	687110	95,50%	1,50%	-0,75%	4,90%	31,20%	5000	10,52434	5,47566
Taiwan, province of China	10,00%	23561000	584973	88,50%	2,84%	1,38%	5,20%	33,60%	3602	11,05284	-1,05284
Turkey	25,00%	83614362	685765	82,00%	54,40%	14,00%	11,20%	43,40%	1371	22,72498	2,27502
United Arab Emirates	13,00%	9282000	314191	89,00%	3,10%	1,80%	3,20%	26,00%	4302	10,12363	2,87637
United States	13,00%	329770000	19444914	92,60%	7,90%	0,25%	3,80%	41,40%	3600	12,617	0,383

Correlaciones bivariadas - modelo 2

Correlaciones										
		Adopción%	Poblacion	Pib millones	IDH	IPC %	TI %	Paro %	GINI %	Salmed
Adopción%	Correlación de Pearson	1	0,140	-0,011	-.294*	,631**	,469**	,411**	,450**	-0,217
	Sig. (bilateral)		0,348	0,944	0,045	0,000	0,001	0,004	0,002	0,143
	N	47	47	47	47	47	47	47	47	47
Poblacion	Correlación de Pearson	0,140	1	0,280	-.421**	-0,009	0,092	0,081	0,096	-0,194
	Sig. (bilateral)	0,348		0,057	0,003	0,951	0,540	0,587	0,520	0,191
	N	47	47	47	47	47	47	47	47	47
Pib millones	Correlación de Pearson	-0,011	0,280	1	0,142	-0,021	-0,082	-0,132	0,081	0,158
	Sig. (bilateral)	0,944	0,057		0,341	0,886	0,583	0,376	0,589	0,290
	N	47	47	47	47	47	47	47	47	47
IDH	Correlación de Pearson	-.294*	-.421**	0,142	1	-0,106	-.333*	-.639**	-.383**	,684**
	Sig. (bilateral)	0,045	0,003	0,341		0,479	0,022	0,000	0,008	0,000
	N	47	47	47	47	47	47	47	47	47
IPC %	Correlación de Pearson	,631**	-0,009	-0,021	-0,106	1	,758**	0,083	0,177	-.348*
	Sig. (bilateral)	0,000	0,951	0,886	0,479		0,000	0,580	0,234	0,017
	N	47	47	47	47	47	47	47	47	47
TI %	Correlación de Pearson	,469**	0,092	-0,082	-.333*	,758**	1	0,158	0,287	-.480**
	Sig. (bilateral)	0,001	0,540	0,583	0,022	0,000		0,290	0,051	0,001
	N	47	47	47	47	47	47	47	47	47
Paro %	Correlación de Pearson	,411**	0,081	-0,132	-.639**	0,083	0,158	1	,423**	-.366*
	Sig. (bilateral)	0,004	0,587	0,376	0,000	0,580	0,290		0,003	0,011
	N	47	47	47	47	47	47	47	47	47
GINI %	Correlación de Pearson	,450**	0,096	0,081	-.383**	0,177	0,287	,423**	1	-0,221
	Sig. (bilateral)	0,002	0,520	0,589	0,008	0,234	0,051	0,003		0,136
	N	47	47	47	47	47	47	47	47	47
Salmed	Correlación de Pearson	-0,217	-0,194	0,158	,684**	-.348*	-.480**	-.366*	-0,221	1
	Sig. (bilateral)	0,143	0,191	0,290	0,000	0,017	0,001	0,011	0,136	
	N	47	47	47	47	47	47	47	47	47

Coeficientes, estadístico T y significatividad, Tolerancia, y VIF - Modelo 2

Coeficientes ^a								
Modelo	Coeficientes no estandarizados			Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Estadísticas de colinealidad	
	Variable	B	Desv. Error	Beta			Tolerancia	VIF
1	(Constante)	10,929	0,505	-	21,628	0,000	-	-
	IPC %	0,216	0,039	0,631	5,460	0,000	1,000	1,000
2	(Constante)	9,638	0,586	-	16,445	0,000	-	-
	IPC %	0,205	0,035	0,601	5,786	0,000	0,993	1,007
	PARO %	0,168	0,048	0,361	3,471	0,001	0,993	1,007
3	(Constante)	6,617	1,522	-	4,346	0,000	-	-
	IPC %	0,194	0,035	0,567	5,605	0,000	0,969	1,032
	PARO %	0,122	0,051	0,263	2,392	0,021	0,821	1,218
	GINI %	0,097	0,045	0,238	2,136	0,038	0,801	1,249

Prueba de normalidad Shapiro-Wilk - Modelo 2

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Unstandardized Residual	0,090	47	,200*	0,977	47	0,464

Variables admitidas - Modelo 2

Variables entradas/eliminadas^a			
Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	IPC %		Por pasos (Criterios: Probabilidad-de-F-para-entrar <= ,050, Probabilidad-de-F-para-eliminar >= ,100).
2	PARO %		Por pasos (Criterios: Probabilidad-de-F-para-entrar <= ,050, Probabilidad-de-F-para-eliminar >= ,100).
3	GINI %		Por pasos (Criterios: Probabilidad-de-F-para-entrar <= ,050, Probabilidad-de-F-para-eliminar >= ,100).

Resumen del modelo: R cuadrado, estadístico Durbin-Watson - Modelo 2

Resumen del modelo					
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,631 ^a	0,399	0,385	2,67714%	-
2	,727 ^b	0,528	0,506	2,39883%	-
3	,757 ^c	0,573	0,543	2,30721%	2,228

ANOVA: estadístico *F* y su significatividad – modelo 2

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	213,695	1	213,695	29,816	,000 ^b
	Residuo	322,518	45	7,167		
	Total	536,213	46			
2	Regresión	283,019	2	141,510	24,592	,000 ^c
	Residuo	253,194	44	5,754		
	Total	536,213	46			
3	Regresión	307,315	3	102,438	19,244	,000 ^d
	Residuo	228,898	43	5,323		
	Total	536,213	46			