

43 Jornadas Nacionales de Administración Financiera
Septiembre 21 y 22, 2023

Las CBDC o monedas digitales de los bancos centrales

Una categorización sobre los elementos claves de diseño

Can Bilgen

Universidad de Ciencias Aplicadas de Kaiserslautern

Martín Dutto

Patricia Gomila

Universidad Nacional del Litoral

SUMARIO

1. Introducción
2. Marco teórico
3. Metodología
4. Resultados
5. Análisis
6. Conclusiones

Para comentarios:
mardutto@gmail.com

Resumen

En el siglo XXI, la convergencia de la innovación tecnológica, la recesión global y la pandemia por el covid-19, han estimulado la evolución de las monedas digitales, con particular énfasis en las monedas digitales de bancos centrales o CBDC (*central bank digital currency*). A pesar de que los estudios sobre estos activos eran prácticamente inexistentes antes de 2016, en 2021 más de 85 % de los bancos centrales a nivel mundial habían reportado estar explorando el concepto de CBDC. Sin embargo, la mayoría de los estudios disponibles se han focalizado predominantemente sobre los aspectos fundamentales de estos activos digitales, incluyendo su innovación tecnológica, potenciales ventajas y desventajas, impacto sobre la política monetaria y requerimientos legales, con una limitada perspectiva complementaria.

El presente estudio aborda la necesidad de una evaluación amplia del estado del arte sobre estos activos digitales y el desarrollo de una taxonomía profunda sobre su diseño. Para lograr esto se realiza una revisión sistemática de literatura, analizando 57 artículos académicos con foco en tres niveles: consideraciones, opciones y tipos de diseño. El análisis reveló que un enfoque interdisciplinario y holístico es vital para la implementación de CBDC, a pesar de la existencia de patrones de diseño distintivos en diferentes países y contextos. Se identificaron tres únicas consideraciones de diseño con 10 subconsideraciones, 32 opciones de diseño y 67 tipos de diseño en la literatura existente. En respuesta a los vacíos identificados en la literatura, se elaboró un marco de diseño amplio, denominado *árbol de CBDC*.

1. Introducción

Ante la perspectiva de un aumento en los pagos electrónicos, alcanzando 708 millones en 2019 (Taskinsoy, 2021), el dinero y las finanzas se han estado transformando debido a la pandemia, innovaciones tecnológicas y las cambiantes preferencias del consumidor. Los bancos centrales de todo el mundo están explorando las llamadas monedas digitales de bancos centrales (*central bank digital currencies*, CBDC) para asegurar el acceso público a la moneda de uso legal en este mundo cada vez más digital (Bilotta & Botti, 2021; Roggeveen & Sethuraman, 2020). La creciente prominencia de CBDC, impulsada por las fuerzas competitivas de las naciones más financieramente innovadoras como China, Estados Unidos y la Unión Europea (Slawotsky, 2020), requiere un mejor conocimiento de las implicaciones de diseño, teniendo en cuenta que las requerimientos de las monedas digitales de bancos centrales difieren según las específicas políticas de cada banco central (Engert & Fung, 2017; Li *et al.*, 2021). La escasa investigación sobre el diseño de las monedas digitales de bancos centrales ha llevado a una confusión y a una falta de clasificación, enfatizándose la necesidad de de diseños creativos y de vanguardia durante la rápida evolución de estos activos digitales (Lee *et al.*, 2021; Shapoval, 2020; Yao, 2018).

Estas monedas digitales de bancos centrales recientemente han acaparado la atención como una herramienta potencial para modernizar y potenciar la eficiencia del sistema financiero (Wang *et al.*, 2022). Esta atención ha llevado a un surgimiento de la literatura que examina consideraciones de diseño de estos activos (Kumhof & Noone, 2021). Adicionalmente, se han

identificado distintas motivaciones de los bancos centrales para considerar estos activos digitales, en las que influyen los flujos de capitales, la transición a una sociedad sin efectivo (Engert & Fung, 2017), el incremento de la competencia en servicios de pago, la reforma de las políticas de tipo de cambio (Mancini-Griffoli *et al.*, 2019) y la promoción de la estabilidad financiera y la inclusión (Viñuela *et al.*, 2020; Adrian & Mancini-Griffoli, 2021). Sin embargo, dada la distinta dinámica interna y externa de los países, los bancos centrales tienen diversas necesidades y, en consecuencia, diferentes enfoques (Ward & Rochemont, 2019). Una gran limitación de los estudios existentes es la falta de investigación sobre las amplias consecuencias de las consideraciones de diseño de estos activos digitales (Bech & Garratt, 2017).

Adicionalmente a estas consideraciones, los bancos centrales enfrentan numerosas opciones de diseño al desarrollar estos activos digitales, incluyendo decisiones respecto a la forma, la accesibilidad y el anonimato (Ward & Rochemont, 2019; Kumhof & Noone, 2021). Sin perjuicio de que existen varias categorizaciones en la literatura, se requiere un estudio adicional para entender completamente los intercambios y desafíos que involucran estas opciones, tal como el balance entre accesibilidad y seguridad (Bech & Garratt, 2017; Löber & Houben, 2018).

Además de estas consideraciones y opciones, estos activos digitales pueden adoptar múltiples formas según el tipo de diseño priorizado como un tercer nivel de elementos de diseño, incluyendo diferencias o distinciones entre minorista y mayorista, o doméstico e internacional, para lo que se observa un escaso ordenamiento sistemático así como solapamientos (Juskaite, Siaudinis & Reichenbachas, 2019; Boar & Wehrli, 2021; Agur *et al.*, 2021). El balance entre riesgos y beneficios de estos activos digitales es crítico y puede influenciar la estabilidad del sistema financiero, y la macroeconómica en general (Bordo, 2022; Cukierman, 2019; Gross & Siebenbrunner, 2019; Ozili, 2022). Sin embargo, existe un vacío de un marco general sobre el diseño ideal de estos activos y cómo definir claramente y distinguir aquellos basados en elementos de diseño y características tecnológicas (European Central Bank, 2019).

Existen ciertos vacíos en nuestra comprensión de estos activos digitales, particularmente en lo concerniente a la evidencia empírica sobre sus efectos reales y consecuencias. En tanto, están en proceso varios proyectos pilotos y experimentos con estos activos digitales, tales como el proyecto Jasper del Banco de Canadá y el e-krona del banco sueco, aunque son limitados los datos sustanciales sobre sus operaciones prácticas e impactos en la sociedad (Whited, Wu & Xiao, 2022; Boar & Wehrli, 2021).

Esta falta de evidencia empírica complica el trabajo de los hacedores de política pública y funcionarios de bancos centrales, impidiendo la toma de decisiones con información en relación a la implementación (Han *et al.*, 2019). La literatura actual está notablemente fragmentada, con la mayoría de los estudios focalizando en aspectos individuales de diseño antes que en proporcionar un análisis holístico de los numerosos elementos de diseño. Permanecen con escaso desarrollo los marcos amplios para evaluar el rango de opciones de diseño (Alonso *et al.*, 2021; Auer & Böhme, 2020b).

Por otro lado, las limitaciones geográficas son evidentes en la literatura, con un énfasis en el diseño e implementación en países desarrollados y analizando frecuentemente de un modo superficial los desafíos y oportunidades únicos en el contexto de las naciones en desarrollo (Gnan *et al.*, 2018; Alonso *et al.*, 2021; Killingland & Dahl, 2018).

Finalmente, mientras que los estudios existentes proporcionan información importante sobre los proyectos de implementación actuales o a corto plazo, tienden a explorar solo superficialmente las implicancias de largo plazo de estos activos (Auer & Böhme, 2020a; Alonso *et al.*, 2021; Aragão, 2021).

Dados estos vacíos en la literatura, resulta clara la necesidad de un estudio más abarcativo, inclusivo y orientado al futuro sobre el diseño de las monedas digitales de bancos centrales y su potencial para dar una nueva forma al paisaje financiero global.

Este estudio busca un aporte en los vacíos de investigación sobre el diseño de estos activos digitales, sintetizando y analizando la literatura existente, enfocando los elementos de diseño distintivos (consideraciones, opciones, equipos) para lograr un amplio entendimiento en la temática. Este enfoque permite medir su prevalencia en las publicaciones, identificando entonces las áreas claves. El propósito también es delinear las conexiones entre estos elementos de diseño mediante un método cualitativo de mapeo de estas relaciones. Se puede desarrollar un marco de diseño abarcativo para evaluar las distintas estrategias de diseño, permitiendo en consecuencia un enfoque más sistemático y holístico apropiado para contextos y propósitos específicos.

2. Marco teórico

2.1 La historia de las monedas digitales y el surgimiento de las CBDC

Le evolución de las transacciones digitales comenzó en 1972 con la primera transacción en arpa net, dando nacimiento posteriormente a las criptomonedas tales como bitcoin en 2008 y el surgimiento de los contratos autoejecutables o contratos inteligentes en 2014 (Buterin, 2014; Grabowski, 2019; Tikhomirov *et al.*, 2020). Esta tendencia a la digitalización alcanzó su clímax en países como El Salvador, República Central Africana y Panamá, reconociendo al bitcoin como moneda de curso legal, persiguiendo impedir la evasión impositiva, reducir la economía informal y asegurar la libertad monetaria (Lisovskyi, Kyryndas & Rochenovich, 2023; Alvarez, Argente & Van Patten, 2022; Read, 2022; Kshetri, 2022a). Los investigadores argumentan que estos procesos de transición son fundamentales, proporcionando valiosos conocimientos sobre las futuras oportunidades y experiencias de digitalización, a pesar de los desafíos legales y técnicos asociados a las monedas digitales (Katterbauer, Syed & Cleenewerck, 2022; Gorjón, 2021).

El surgimiento de las *stablecoins*, que son monedas digitales adosadas a monedas de curso legal, ha ocasionado que instituciones como Facebook y J.P. Morgan Chase desafíen los controles del gobierno sobre la oferta de dinero, un factor clave para la estabilidad económica y la política internacional (Buckley *et al.*, 2021; Omarova, 2020; Chen & Siklos, 2022). En respuesta, los bancos centrales han introducido la idea de emitir activos digitales, un concepto inicialmente propuesto por el Banco de Inglaterra en 2015 (Bank of England, 2015). Estos CBDC son esencialmente activos digitales que replican las monedas físicas, ofreciendo dinero electrónico, emitido por un Banco Central, persona a persona, universalmente accesible (Bordo & Levin, 2017; Bech & Garratt, 2017; Meaning *et al.*, 2021).

Una encuesta del 2021 mostró que 86 % de los bancos centrales están explorando estos activos digitales, con 60 % probando la tecnología y 14 % iniciando proyectos pilotos, apuntando a un futuro donde los activos digitales jueguen un rol central (Auer & Böhme, 2020a; Ozili, 2021; Viñuela *et al.*, 2020). Sin embargo, y con desafíos de diseño únicos debido a las diversas necesidades y políticas, la literatura revela una falta de estudios amplios sobre los elementos de diseño de estos activos, llevando a una confusión y a una falta de clasificación estándar (Shapoval, 2020). Adicionalmente, la tecnología de acceso y los componentes relacionados con la privacidad demandan una exploración más intensa en los campos académicos e sectoriales, enfatizándose la necesidad de entender más profundamente las funciones y beneficios de estos activos digitales (Lee *et al.*, 2021).

2.2 Explorando los elementos de diseño: consideraciones, opciones y tipos

La investigación sobre CBDC, un campo de desarrollo reciente e interdisciplinario, cubre variadas temáticas (Florian & Pernice, 2022). De acuerdo a Auer & Böhme (2020a), los elementos de diseño podrían ser explorados a tres niveles: consideraciones, opciones y tipos (Auer & Böhme, 2020a). El diseño de estos activos requiere abordar consideraciones multifacéticas y complejas, que incluyen factores técnicos, legales, económicos y sociales, todos los cuales podrían influir en sus funcionalidades, efectividad e implicancias sociales (Bordo & Levin, 2017; Ward & Rochemont, 2019; Kumhof & Noone, 2021; World Bank, 2020). El balanceo de estas consideraciones podría ser un desafío debido a los potenciales *trade-offs*, con ciertos aspectos posibles de ser priorizados por el contexto y los objetivos de los bancos centrales (Bordo & Levin, 2017; Kumhof & Noone, 2021). Entre las cruciales consideraciones técnicas que afectan estos activos se incluye la interoperacionalidad, la seguridad y la escalabilidad (Ward & Rochemont, 2019; Kumhof & Noone, 2021; Dupuis, Gleason & Wang, 2021).

La interoperacionalidad se relaciona con la habilidad de estos activos de funcionar con regularidad junto a otros sistemas de pagos y tecnologías, tales como dispositivos móviles y máquinas de puntos de venta, mientras que la seguridad refiere a la resistencia al fraude, hackeo y otros abusos. Además, la elección de la infraestructura técnica, ya sea tecnología de mayor distribuido o diferentes bases de datos, es importante debido a que impacta en la funcionalidad, la seguridad y la escalabilidad, y conlleva implicaciones potenciales legales (regulaciones de protección de datos), económicas (costos y tasas de interés) y culturales (privacidad) (Bjerg, 2017; Kshetri, 2022b).

Adicionalmente, los bancos centrales se preocupan acerca del cumplimiento de las leyes existentes y regulaciones, protección al consumidor y clasificaciones legales. El cumplimiento de las leyes existentes y regulaciones es clave para asegurar la legitimidad y la aceptabilidad de estos activos, específicamente en relación a la estabilidad financiera, la política monetaria y la clasificación legal (Bossu *et al.*, 2020). Más allá de estas consideraciones legales, el diseño de estos activos digitales involucra factores económicos significativos, tales como los impactos en la política monetaria, la estabilidad financiera y la eficiencia económica (Bordo & Levin, 2017; Auer, Cornelli & Frost, 2020; Wierds & Boven, 2020; Hoang, Ngo & Vu, 2023). Además, el diseño puede afectar el riesgo de corridas y pánico así como de la resiliencia del sistema de

pagos, agregándose a las consideraciones económicas (Auer, Cornelli & Frost, 2020; Wierts & Boven, 2020).

Las opciones de diseño claves que se exploran en la literatura involucran la forma, la accesibilidad y el anonimato (Kshetri, 2022b). Opciones adicionales incluyen el modelo de emisión, el respaldo de estos activos y la estructura de gobernanza (Boar & Wehrli, 2021). Estas elecciones pueden afectar los casos de uso, la base de usuarios, el impacto distribucional de estos activos y los desafíos regulatorios y técnicos involucrados en su implementación (Cheng, 2022). También, la interacción entre diferentes opciones de diseño pueden crear *trade-offs* y sinergias que deben ser criteriosamente evaluadas durante el proceso de diseño (Zhou *et al.*, 2023). Otro factor importante es si estos activos generan intereses, en tanto que esto puede afectar los casos de uso, las implicaciones económicas, la política monetaria y la demanda y oferta de dinero en la economía (Garratt, Yu & Zhu, 2022; Agur *et al.*, 2019). Además, el grado en que estos activos se integran con la infraestructura financiera existente puede afectar significativamente su adopción y uso. Específicamente, la integración con sistemas de pagos establecidos, bancos e instituciones financieras puede mejorar la interoperabilidad y la conveniencia de estos activos, haciéndolos más atractivos para los usuarios y aumentar potencialmente su adopción (Terták & Kovács, 2022).

Además, la literatura examina las opciones legales de diseño, tales como regulaciones y medidas para impedir el lavado de dinero, incluyendo el marco legal en la adopción de estos activos en función de la confianza (Cheng *et al.*, 2021). La seguridad es vital para la confianza en estos activos, señalándose medidas contra los ciberataques, criptografía de las transacciones y planes de recuperación robustos (Jiang, 2020; Minwalla, 2020). Esencialmente, el diseño modificado por las diversas opciones impacta en la accesibilidad, la seguridad y la funcionalidad. Los bancos centrales deben evaluar estas opciones considerando los contextos sociales, legales y económicos, asegurando que estos activos se alinean con los objetivos específicos. La continua evolución de estos activos demanda comprender el vínculo entre las opciones de diseño y los tipos resultantes de estos activos digitales.

Algunos tipos surgen debido a consideraciones de diseño (técnicas, legales, económicas y sociales) y opciones de diseño (forma, accesibilidad y anonimato). Estos tipos de diseño pueden estar basados en cuentas o en tokens (tipos o formas de opciones de diseño) (Terracciano & Somoza, 2020). En relación a la accesibilidad, los activos pueden ser definidos como nacionales, multinacionales, internacionales y supranacionales (Bokovnya *et al.*, 2020). Otros tipos de diseño se refieren principalmente a la forma. Las opciones de diseño incluyen si estos activos digitales pagan intereses, su funcionalidad *offline*, su integración con la infraestructura financiera y su seguridad, y la experiencia del usuario. La elección de estos tipos de diseño pueden tener implicaciones significativas para la funcionabilidad, la usabilidad y el impacto de estos activos y existe actualmente un debate e investigaciones sobre las estrategias de diseño más apropiadas y efectivas (Ward & Rochemont, 2019; Zhou *et al.*, 2023).

Los CBDC se categorizan primariamente en formas mayoristas y minoristas. Los mayoristas están dirigidos a instituciones financieras y participantes del mercado mayoristas para transacciones entre bancos y similares (Sethaput & Innet, 2023), mientras que toman la forma minorista cuando persiguen el uso por consumidores individuales y negocios de menor tamaño para transacciones generales (Löber & Houben, 2018; Bech & Garratt, 2017). En cuanto al diseño de la infraestructura técnica, los bancos centrales tienen varias alternativas. Pueden optar por un sistema basado en cuentas donde el banco central mantiene las cuentas para los tenedores

de estos activos digitales, similar a los bancos tradicionales, o un sistema basado en tokens, que crea tokens digitales mediante un sistema de libro mayor distribuido (Lee *et al.*, 2021).

La literatura establece varios tipos para estos activos digitales, distinguiéndolos según su alcance y grado de centralización. Estos activos toman la forma nacional cuando sean emitidos por un único banco central para uso doméstico, mientras que la forma multinacional se da cuando son emitidos conjuntamente por varios bancos centrales para uso regional (Wang, 2022). La forma internacional busca el uso global, mientras que la forma supranacional, como los derechos especiales de giro del Fondo Monetario Internacional, es usada entre países miembros (Bokovnya *et al.*, 2020; Gross & Schiller, 2021). Asimismo, estos activos pueden ser centralizados, parcialmente descentralizados, o plenamente descentralizados, dependiendo de la autoridad que los emite y la base de datos o libro Mayor usado para las operaciones (Urbinati *et al.*, 2021; Kiff *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2021).

2.3 Marcos de diseño

Uno de los estudios más amplios en la literatura es el de Killingland & Dahl (2018), que identifica 19 criterios que podrían potencialmente impactar en las consideraciones de diseño de estos activos digitales. El estudio, que contiene datos de 28 bancos centrales pertenecientes a un abanico de países desde los de más altos ingresos a los de más bajos, muestra diferentes necesidades de diseño basados en diferentes contextos para estos bancos. Sin embargo, el estudio carece de un marco amplio que permita diferenciar entre estos diseños. Las estrategias de diseño de estos activos varían significativamente entre las naciones, generándose entonces la necesidad de clasificar estas decisiones primarias de diseño e identificar áreas de divergencia.

Auer & Böhme (2020b) proponen una pirámide para categorizar las estrategias de diseño, comenzando con la identificación de los requerimientos que estos activos podrían satisfacer para un consumidor, considerando los correspondientes *trade-offs* en cuanto al diseño técnico, y así inferir las decisiones de diseño. Esta estructura de opciones de diseño forma una jerarquía en la cual los niveles fundacionales que se encuentran en la base influyen en las decisiones superiores y más avanzadas, lo que configura una pirámide. Si bien este método proporciona una categorización para los tipos de opciones de diseño, carece de un abordaje amplio de las consideraciones de diseño.

Aragão (2021) establece que las categorizaciones de diseño debería fundamentarse en la dinámica macroeconómica histórica y las tres funciones fundamentales del dinero: medio de intercambio, depósito de valor y unidad de cuenta. La función del dinero como medio de intercambio es frecuentemente citado como un incentivo primario para su uso (Lane & Mueller, 2020), apoyado por las características que mejoran su habilidad transaccional, tales como aceptabilidad social (I Aceptabilidad), conveniencia personal en el manejo, almacenamiento, transporte y mantenimiento seguro a un costo mínimo o erosión de valor (II Conveniencia), bajo costo operacional en relación al valor intercambiado (III Costo de operación) y fácil transferencia (IV Transferibilidad) (Vaz *et al.*, 2022; Popli & Jain, 2016).

Sin embargo, este marco es también deficiente ya que no incorpora los desarrollos más recientes, tales como los aspectos técnicos y sociales relacionados con estos activos digitales. Éstos son un campo relativamente nuevo y que evoluciona rápidamente, acumulando nuevas investigaciones, lo que resalta la necesidad de un marco de diseño que incluya los avances más recientes. Si bien los estudios previos proporcionan un amplio basamento académico para tal

marco, es claro que aún existe un vacío. Esto podría ser solucionado con una revisión de la literatura sistemática, ofreciendo de esa manera un camino para permanecer al tanto de los desarrollos en el campo, y así incorporar estudios futuros.

La literatura sobre estos activos digitales es aún relativamente nueva y dispersa debido a diferentes factores. En primer lugar, estos activos han ganado atención recientemente por parte de los bancos centrales y los hacedores de política pública en la última década, llevando a un creciente, aunque aún fragmentado, cuerpo de conocimiento (Boar & Wehrli, 2021). La complejidad del diseño, que requiere una multifacética consideración de aspectos técnicos, legales, económicos y sociales, contribuye con más fuerza a esta fragmentación (Ward & Rochemont, 2019; Zhou *et al.*, 2023). Finalmente, uno de los desafíos políticos regulatorios resultantes de la implementación de estos activos es la limitada disponibilidad de datos, lo que impide un conocimiento amplio sobre el diseño. En consecuencia, se considera necesario un desarrollo adicional en la literatura.

A fin de abordar los vacíos existentes en cuanto a investigación, este estudio persigue diseccionar cada criterio de diseño (consideraciones, opciones y tipos) de estos activos digitales y explorar sus interrelaciones. En primer lugar, los objetivos de la investigación incluyen entender por qué los bancos centrales inician proyectos de moneda digital, evaluar las consideraciones existentes respecto al diseño y sugerir una categorización para futuros estudios. También busca descubrir las opciones de diseño que los bancos centrales evalúan durante el desarrollo y proponer un marco para futuras investigaciones. Para finalizar, se intenta analizar los tipos de diseño existentes en la literatura, relacionándolos con consideraciones clave para sugerir un marco de diseño amplio.

Esta investigación se orienta a beneficiar a un amplio rango de individuos o grupos con intereses, incluyendo bancos centrales que están considerando implementar o ya han implementado estos activos, investigadores que estudian el diseño e implementación de estos activos, hacedores de política pública buscando entender los impactos e implicaciones de estos activos y gobiernos y agencias regulatorias que consideran la adopción de estos activos digitales. Adicionalmente, este estudio interesará a consumidores y miembros del público general interesados en usar estos activos, o entender sus posibles impactos, así como tecnólogos y desarrolladores que estén trabajando en proyectos o tecnologías relacionados con estos activos digitales. Las instituciones financieras y grupos de interés están interesados en entender los posibles impactos de estos activos digitales sobre la economía. El sistema financiero en general también aprovechará esta investigación así como otros grupos de interés, tales como proveedores de servicios de pago, comerciantes, inversores, quienes pueden ser afectados por la adopción de estos activos.

3. Metodología

3.1 Diseño de investigación

El principal diseño de investigación para este proyecto es cualitativo, en tanto que la revisión sistemática de literatura persigue identificar y sintetizar la investigación existente sobre la moneda digital de bancos centrales, a fin de determinar sistemáticamente las diferentes necesi-

dades, objetivos y preocupaciones de los bancos centrales. Los métodos de investigación cualitativa priorizan la importancia del contexto, la interpretación subjetiva y relaciones, diferenciándose de los métodos cuantitativos que enfatizan los datos numéricos y análisis estadístico (Ormston *et al.*, 2014; Stake, 2010). Adicionalmente, mediante el uso de un diseño de investigación descriptivo, se obtuvo un marco amplio sobre el estado del arte en este tema, lo cual facilitó la identificación de vacíos en la literatura y futuras direcciones de investigación (Rubin & Babbie, 2016). Sobre esto, las preguntas de investigación de este estudio son las siguientes:

Pregunta uno: Consideraciones de diseño para las CBDC.

- A. ¿Cuáles consideraciones de diseño para estos activos digitales son discutidos en la literatura?
- B. ¿Hasta qué punto pueden ser esas consideraciones de diseño sistemáticamente clasificadas?

Pregunta dos: Opciones de diseño de las monedas digitales de Banco Central.

- A. ¿Cuáles son las opciones de diseño analizadas en la literatura?
- B. ¿De qué manera pueden las opciones anteriores ser clasificadas teniendo en cuenta las consideraciones de la pregunta uno?

Pregunta tres: Tipos de diseño de las monedas digitales de bancos centrales.

- A. ¿Cuáles tipos de diseño de estos activos digitales están determinados en la literatura existente?
- B. De qué manera pueden ser clasificados los tipos de diseños de la pregunta anterior en cuenta las consideraciones de la pregunta uno y las opciones de la pregunta dos.

3.2 Variables

Las consideraciones de diseño (categorización o clasificación) son aspectos cruciales para el diseño del sistema y sus componentes, los cuales afectan notablemente las necesidades generales y objetivos del sistema. El reconocimiento de estas consideraciones para un producto multifacético permite a los diseñadores concentrarse en los parámetros vitales de diseño durante el proceso y, en este contexto, las consideraciones de diseño significan los criterios teóricos y parámetros que los bancos centrales usan al diseñar estos activos digitales.

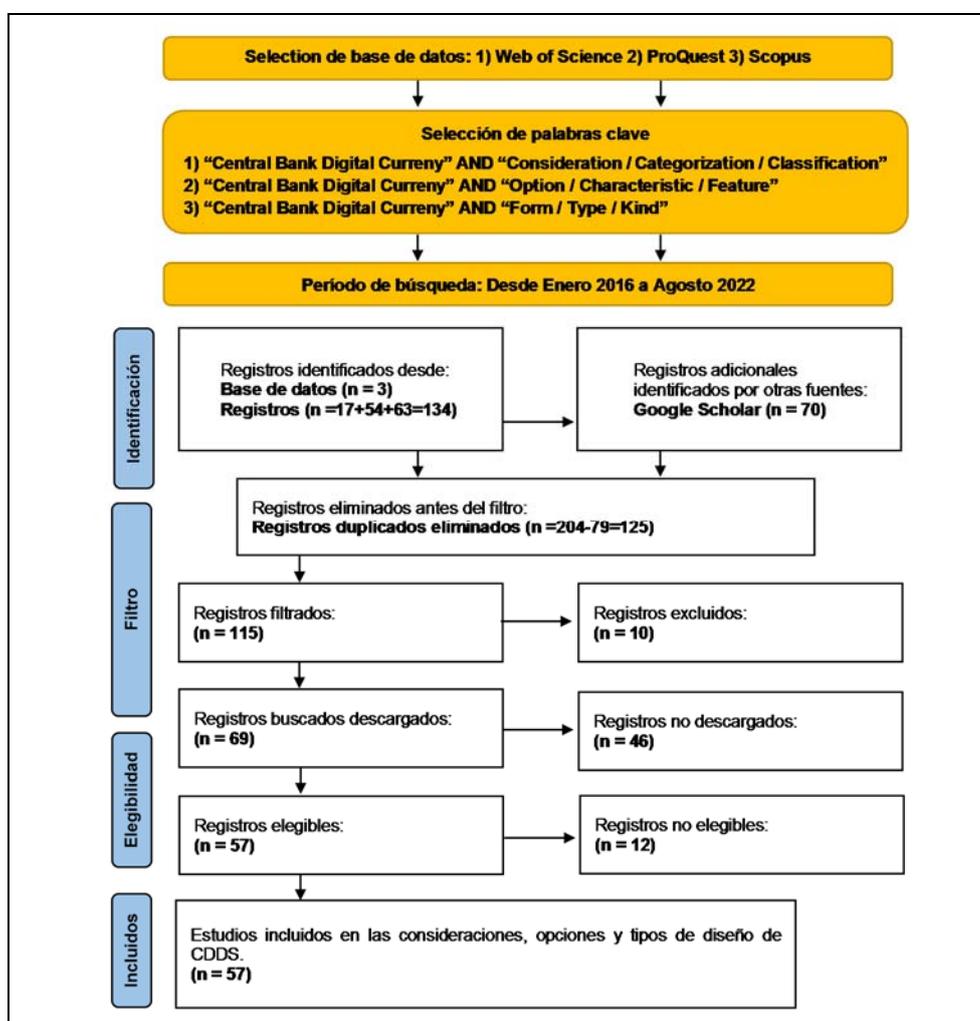
Ferrari, Mehl & Stracca (2022) usan el término opciones de diseño (características, elecciones, o distintivos) para encontrar una clase específica de diseño que satisfaga las necesidades de un banco central al crear estos activos digitales. Debido a las diferentes necesidades políticas de los bancos centrales, sus diseños son también variados. Modelos de opciones de diseño diferentes pueden ser creados con diferentes perspectivas. De acuerdo a la literatura existente, las opciones de diseño son usadas por los investigadores cuando se consideran todos los posibles escenarios, agrupados sistemáticamente y tratando de crear una hoja de ruta para los bancos centrales.

Bech & Garratt (2017) mencionan los tipos de diseño de estos activos digitales (clase o forma) como una solución final y aplicable prácticamente a elección de los bancos centrales. Por ejemplo, un banco central puede usar tecnología de libro mayor convencional, mientras que otro puede elegir tecnología de mayor distribuido.

3.3 Búsqueda de literatura y recopilación de datos

PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) es la guía metodológica utilizada para esta revisión sistemática de literatura. Esta guía incluye definir la pregunta de investigación y el criterio de inclusión, la búsqueda de estudios relevantes, la selección y evaluación de los estudios para su inclusión, la extracción de datos de los estudios seleccionados y la síntesis de los descubrimientos. De acuerdo a esta guía, la investigación se hace en cuatro pasos: identificación, filtración, elegibilidad y criterio de inclusión (ver ilustración 1).

Ilustración 1: Diagrama de flujo prisma de la metodología



a) *Identificación*. Como un primer paso del proceso de identificación, se seleccionaron tres bases de datos académicas, teniendo en cuenta el criterio de contener estudio relevantes en inglés: Web of Science, ProQuest y Scopus. En el siguiente paso, las bases de datos son investigadas usando una estrategia de búsqueda predefinida que consiste en tres cluster de términos usando los operadores booleanos “and” y “or” y simbolizando las consultas de investigación de la siguiente forma:

- "Central Bank Digital Currency" AND "Design" AND "Consideration" OR "Categorization" OR "Classification"
- "Central Bank Digital Currency" AND "Design" AND "Option" OR "Characteristic" OR "Feature"
- "Central Bank Digital Currency" AND "Design" AND "Form" OR "Type" OR "Kind".

La búsqueda de artículos fue realizada el 1 de octubre de 2022 y tanto el título como el *abstract* fueron incorporados en los campos de búsqueda; se excluyeron los artículos no escritos en inglés. Los *abstracts* son elegidos para descargar el trabajo solo si se originaban de revistas científicas, reportes técnicos, artículos de congreso y capítulos de libros. Finalmente, el período de búsqueda es entre junio 2016 y agosto 2022.

b) Filtro. De acuerdo al criterio de inclusión y exclusión mencionado anteriormente, se detectaron 134 artículos en las tres bases de datos. También se incluyeron 70 artículos de Google académico como una base de datos adicional. Luego de eliminar duplicaciones quedaron 125 artículos. 10 de ellos fueron manualmente excluidos de acuerdo a los criterios pertinentes y 115 fueron seleccionados para revisión.

c) Elegibilidad. De los 69 artículos restantes, no se podía conseguir el texto completo en 12 de ellos. A fin de asegurar que se cumpla el criterio de inclusión, 57 artículos fueron considerados en detalle para la elegibilidad basándose en títulos, abstracts, métodos, resultados y discusiones.

3.4 Análisis

Luego de codificar a los artículos, esos fueron utilizados para construir un marco de referencia que muestre para cada código los correspondientes estudios. La codificación comenzó con repetidas revisiones de los recursos seleccionados, considerando la relación potencial entre las preguntas de investigación, objetivos y metas. Para las tres consultas de investigación se crearon etiquetas usando palabras claves y frases de manera de encapsular la esencia en el diseño de los activos digitales. Basado en la investigación, se categorizaron conceptos claves similares para designar un marco de futuros estudios para cada pregunta investigación. El marco de codificación es actualizado continuamente a través del proceso de inducción.

3.5 Confiabilidad

La confiabilidad en los estudios sobre estos activos digitales es esencial para que los resultados sean consistentes y precisos. Para asegurar esto, los registros fueron mantenidos durante las búsquedas de literatura, incluyendo fuentes, términos de búsqueda y criterios de selección. A partir de la influencia de la guía prisma, se empleó un enfoque sistemático para minimizar el sesgo y mejorar la confiabilidad en la revisión. Sin embargo, el uso de un único codificador para el análisis genera un riesgo: incluir la interpretación de datos subjetiva del codificador influenciada por los sesgos personales (Callary, Rathwell & Young, 2015; Olson *et al.*, 2016). El uso de un único codificador puede también comprometer la confiabilidad intercódigos, incrementando la subjetividad del análisis (Nili *et al.*, 2020). Para solucionar esto, el codificador

describe con claridad la metodología de análisis de los datos, lo cual permite a otros investigadores entender y evaluar la validez y confiabilidad de los resultados.

4. Resultados

4.1 Análisis descriptivo de los estudios incluidos

La cantidad de publicaciones sobre el diseño de estos activos ha fluctuado a lo largo de los años, con un notable déficit en 2016 y 2017, señalando las etapas tempranas de la temática. Los estudios de diseño focalizados emergieron en 2018 y han ganado popularidad desde 2020, con una actividad significativa en los primeros ocho meses de 2022, observándose un persistente y potencial incremento del interés académico. En relación a los tipos de estudios, dominan los reportes técnicos con 56 %, frecuentemente de bancos centrales u otras organizaciones internacionales como el Fondo Monetario Internacional. Éstas son seguidas por los artículos de Journals con 33 % luego los artículos de conferencias y libros con 8,8 % y 1,8 % respectivamente.

El análisis geográfico revela que 64,9 % adoptan un enfoque global o sin especificar alguna región. Zonas desarrolladas como la Unión Europea con 7 %, el Reino Unido con 3,5 % y los Estados Unidos con 3,5 % representan los estudios referidos a regiones específicas. Notablemente, países emergentes como Brasil, Indonesia y desde una perspectiva más amplia Latinoamérica son referidos en estudios específicos, aunque con menos preeminencia. En relación al tipo de estudio, aproximadamente la mitad, 47,4 %, eran artículos de revisión, ofreciendo perspectivas generales de acciones y direcciones futuras, mientras que 45,6 % constituyen trabajos teóricos con desarrollos de hipótesis, introduciendo nuevos conceptos. En contraste los casos de estudio, que proporcionan incursiones profundas en experiencias reales sobre estos activos digitales, constituyen solamente 7 %.

El análisis categoriza el contenido en cuatro áreas claves: “técnicos“ abordando aspectos operativos son 22,8 %; “económicos“ que exploran impactos monetarios y macroeconómicos constituyen 24,6 %; “legales“ que focalizan en regulaciones y cumplimiento son 8,8 %; y “mixtos“ los cuales resaltan la interacción entre los aspectos técnicos legales y económicos son 43,8 %. En cuanto a los métodos de investigación la mayoría utilizan enfoques cualitativos (63,2 %), que consisten en la interpretación de datos no numéricos, mientras que 21 % adopta estrategias cuantitativas, enfatizando en patrones y basados en datos y tendencias. Los estudios cuantitativos generalmente se centran en temas que requieren datos numéricos como ciberseguridad, mientras que las investigaciones cualitativas abordan áreas como confianza del usuario. Un enfoque combinado cuali y cuantitativo es empleado en 15,8 % de los casos.

El foco de los trabajos de investigación sobre estos activos digitales es variado. Algunos artículos persiguen el estudio de un único diseño de elemento de diseño, en 40,9 % de los casos, tal como una consideración de diseño (1,5 %), una opción (9,1 %), o un tipo (30,3 %), otros combinan dos elementos de diseño (33,3 %), mientras que una porción notable (25,8 %) comprende los tres criterios de diseño: consideraciones, opciones y tipos.

4.2 Consideraciones de diseño de los CBDC

La primera pregunta de investigación examinó las consideraciones de diseño de estos activos digitales y hasta qué punto podían ser categorizadas sistemáticamente. Los 57 estudios incluidos fueron analizados sistemáticamente y asignados códigos relevantes (ver ilustración 1).

El análisis estableció que 38,6 % de las publicaciones abordaban directamente consideraciones de diseño. El análisis reveló que estas pueden ser agrupadas en tres amplias categorías: economía y negocios (32,7 %), sociopolítico y legal (34,6 %) y tecnología y operaciones (32,7 %). El hecho que hay una distribución pareja en las frecuencias de consideraciones de diseño sugiere que no hay un área más dominante o recesiva a que otra.

A fin de proporcionar una comprensión más detallada de estas consideraciones de diseño, se necesitó de una subcategorización adicional, definida como subconsideraciones de diseño, para analizar las consideraciones más amplias en detalle (ver tabla 1). La consideración economía y negocios, se subdividió en *economía* con 11,5 %, *pagos* con 10,3 %, y *finanzas* con 6,4 %. Dentro de la consideración sociopolítica y legal, se incluye la categoría *política* con 17,95 %, *cultural* con 7,69 %, y *legal* con 6,41 %. Finalmente, la consideración operación está dividida en cuatro categorías: *software* con 17,95 %, *operación* con 14,10%, *sistema* con 6,41 %, y *hardware* con 1,28 %.

Tabla 1: Número de publicaciones según consideraciones de diseño

CD	Frecuencia	%	SCD	Frecuencia	%
Economía y negocios	18	32,7	Economía	9	11,5
			Pago	8	10,3
			Finanzas	5	6,4
Socio político y legal	19	34,6	Político	14	18,0
			Legal	6	7,7
			Cultural	5	6,4
Tecnología y operación	18	32,7	Software	14	18,0
			Operación	11	14,1
			Sistema	5	6,4
			Hardware	1	1,2

4.3 Opciones de diseño de CBDC

En relación con la segunda pregunta, se analizaron y clasificaron las opciones de diseño de estos activos digitales. Los 471 códigos resultantes del análisis de los 57 artículos se examinaron con el método de codificación inductivo. Como resultado, 77,2 % de las publicaciones incluían opciones de diseño, que fueron categorizadas según las consideraciones y subconsideraciones de diseño (ver tabla 2).

Tabla 2: Número de publicaciones según opciones de diseño

CD	Economía y negocios										
SCD	Economía			Finanzas					Pago		
Opciones de diseño	Oferta de CBTC	Tasa de interés	Reserva de convertibilidad	Integración	Duración	Liquidez	Remodelación	Resiliencia	Área de uso	Función de pago	Proveedor de servicios de pago
Frecuencia	3	13	4	2	1	2	8	1	7	4	8
%	5,7	24,5	7,5	3,8	1,9	3,8	15,1	1,9	13,2	7,5	15,1
CD	Socio político y legal										
SCD	Legal					Cultural		Política			
Opciones de diseño	Limitación de tenencia	Uso legal	Opción de registración	Vigilancia	Capacidad de transferencia	Anonimato y privacidad	Transparencia y trazabilidad	Área de aplicación	Interconexión	Gobernanza del libro mayor	
Frecuencia	8	3	1	5	2	10	6	19	3	8	
%	12.3	4.6	1.5	7.7	3.1	15.4	9.2	29.2	4.6	12.3	
CD	Tecnología y operación										
SCD	Hardware	Sistema		Operación				Software			
Opciones de diseño	Billetera de acceso	Escalabilidad de la transacción	Ciber seguridad	Tecnología de acceso	Administración de cuenta	Disponibilidad operacional	Arquitectura operacional	Arquitectura del libro mayor	Infraestructura del libro mayor	Programabilidad	
Frecuencia	2	1	6	14	1	8	3	13	21	6	
%	2.7	1.3	8.0	18.7	1.3	10.7	4.0	17.3	28.0	8.0	

En la primera consideración, economía y negocios, se incluyó la subconsideración economía, con las siguientes opciones: tasa de interés con 24,5 %, reserva de convertibilidad con 7,5 % y oferta con 5,7 %. En la sub-consideración pago, se incluyen como más importantes: proveedor del servicio de pago con 15,1 %, área de uso con 13,2%, y función de pago con 7,5%. De manera similar, para la sub-consideración finanzas fueron identificadas, entre otras: remuneración con 15,1 %, liquidez con 3,8 %, duración con 1,9 % y resiliencia con 1,9 %.

En la consideración socio política y legal, la sub-consideración política incluyó los siguientes tipos: área de aplicación con 29,2 %, gobernanza del libro mayor con 12,3 % e interconexión con 4,6 %. En la sub-consideración legal se incluyen entre las opciones de diseño: limitación

de tenencia con 12,3 %, vigilancia con 7,7 %, curso legal con 4,6 %, capacidad de transferencia con 3,1 %, y opción de registración con 1,5%. En la sub-consideración cultural se identificaron dos opciones de diseño: anonimato y privacidad con 15,4 % y transparencia y trazabilidad con 9,2 %.

En relación a la consideración tecnología y operaciones, la sub-consideración hardware incluyó una sola opción de diseño, la billetera con 2,7 %. La sub-consideración sistema incluye dos opciones de diseño: ciberseguridad con 8,0 % es la más frecuente. En la sub-consideración operación fueron identificadas cuatro opciones de diseño, siendo tecnología de acceso con 18,7 % y disponibilidad operacional con 10,7 % las más frecuentes. En la subconsideración software se incluyen arquitectura del libro mayor con 17,3 %, infraestructura del libro mayor con 28 % y programabilidad con 8%.

4.4 Tipos de diseño de CBDC

En relación con la última pregunta investigación, 96,5 % de las publicaciones habían incluido los tipos de diseño de estos activos digitales. En una perspectiva más amplia, se detectaron 68 tipos único de diseños, con la siguiente distribución según las consideraciones de diseño: tecnología y operaciones con 42,6 %, economía y negocios con 29,4 %, y socio político y legal con 27,9 %.

En primer lugar, en la consideración economía y negocios pueden identificarse siete tipos de diseño dentro de la sub-consideración economía. Mientras que la frecuencia total de esta sub-consideración es 44 casos, los tipos de diseño relacionados con la tasa de interés están más focalizados con CBDC que generan interés, 34,1 %, y que no generan intereses con 34,1 %, es decir, están igualmente representados. La sub-consideración relacionada con pago incluye seis tipos de diseño, distribuidos entre tres opciones de diseño con una frecuencia total de 28. La función pagos incluye 6 tipos de diseño, con CBDC equiparables a efectivo, 32,2%, y equiparables a depósitos en un 25%. En la sub-consideración finanzas, reflejando diversos enfoques, se observaron siete tipos de diseños únicos en las tres opciones de diseño con una frecuencia total de 21. En 42,9 % de los casos se trataba de CBCD remunerados y en 33,3 % de los casos no remunerados.

De acuerdo con el análisis de la sub-consideración de diseño política, se incluyeron siete tipos de diseños entre las tres principales opciones de diseño. La categoría área de aplicación incluye tres tipos de diseño, con CBDC a nivel mayorista apareciendo en 31 publicaciones (34,5%), minorista en 37 (41,1%), y una combinación de ambos en cuatro (4,4 %). En la sub-consideración de diseño legal, nueve tipos de diseño se observan con una frecuencia total de 19. La limitación de la tenencia incluye dos tipos diferentes de diseño: tenencia limitada de CBDC (ocho casos; 42,1%) e ilimitada (cuatro casos; 21%). A pesar de que la sub-consideración cultural fue examinada en 11 diferentes publicaciones y habiéndose identificado tres tipos de diseño, todos estos tipos sólo están relacionados con la opción de diseño transparencia y trazabilidad: CBCD plenamente transparente (10 casos, 38,4 %), no transparente u opaco (ocho casos, 30,8 %) y semitransparente (ocho casos, 30,8 %).

De acuerdo con el análisis de los tipos de diseño en la sub-consideración software, emergen tres principales categorizaciones: 11 casos en programabilidad (10,8 %), 51 casos en infraestructura de mayor (50 %), y 40 casos en arquitectura de mayor (39,2 %). Programabilidad incluye dos tipos de diseño: CBCD programable (6 casos, 5,9 %) y no programable (5 casos, 4,9

%). La categoría infraestructura de mayor incluye cuatro tipos de diseño: libro mayor centralizado (21 casos, 20,6 %), semicentralizado (tres casos, 2,9 %), descentralizado (10 casos, 9,8 %) y libro mayor distribuido (17 casos, 16,7 %). Y la categoría arquitectura del libro mayor también incluye cuatro tipos de diseño: CBDC directo (nueve casos, 8,8 %), indirecto o intermediado (10 casos, 9,8 %), híbrido con 10 casos y sintético con 11 casos. Para finalizar, los tipos de diseño relacionados con la sub-consideración hardware no han sido suficientemente estudiados en comparación con los otros tipos. Se identificaron cuatro tipos de diseño diferentes en solo tres artículos en relación a acceso billetera: CBDC basado en una aplicación o app (3 casos, 33,4 %), basado en hardware portable (2 casos, 22,2 %), basado en tarjeta (2 casos, 22,2 %) y basado en página web (2 casos, 22,2 %).

Para analizar la subconsideración relacionada con el sistema o diseño de los CBDC, el foco es en dos categorías principales: escalabilidad de transacción (2 casos, 28,6 %) y ciberseguridad (2 casos, 71,4 %). Para escalabilidad de transacción, se identificaron dos tipos de diseños: limitado (1 caso, 14,3 %) y universal (1 caso, 14,3 %). Por otro lado, en cuanto a ciberseguridad se muestran tres tipos de diseños distintivos: cálculo estándar (2 casos, 28,6 %), módulos de seguridad dedicados (1 caso, 14,3 %) y capacidades de entorno de ejecución confiable (2 casos, 28,6 %).

El análisis de la subconsideración de diseño relacionada a las operaciones como un nivel de tipo de diseño mostró que se definieron 10 diferentes tipos de diseño en cuatro opciones de diseño únicas. Siguiendo a arquitectura operacional (10 casos, 12 %), compartían la escena CBDC de un solo nivel (4 casos, 4,8 %), dos niveles (3 casos, 3,6 por ciento) y multinivel o basado en plataformas (3 casos, 3,6 %). Tecnología de acceso (58 casos, 69 %) se dividió entre basado en tokens (28 casos, 33,3 %) y basado en cuentas (30 casos, 35,7 %) como tipos predominantes. Mientras tanto, la disponibilidad operacional (13 casos, 15,5 %) se clasificó entre offline CBDC (8 casos, 9,5 %) y online CBDC (5 casos, 6 %).

Y en cuanto a administración de la cuenta o identidad (3 casos, 3,6 %) se divide entre biométrica (1 caso, 1,2 %), chequeado en persona (1 caso, 1,2 %), y chequeado online (1 caso, 1,2 %), resultando la importancia de los métodos de verificación de identidad.

5. Análisis

5.1 Interpretación de los artículos recopilados

El predominio del análisis cualitativo sugiere que el contexto y los aspectos subjetivos del diseño de estos activos digitales son considerados como muy importantes en la literatura actual. La diversidad de métodos de análisis y sus resultados en la literatura tiende a incrementar la fragmentación, debido a que no existe un marco unificado, como se dijo anteriormente. Mientras se avanzaba en este estudio se decidió que, en lugar de considerar el proceso de diseño de CBDC como un todo, debería ser dividido en partes tales como consideraciones, opciones y tipos en diferentes niveles de acuerdo al criterio de decisión. Los resultados confirman esta decisión, porque el foco y el énfasis de los estudios en la literatura también cambian de acuerdo con estos niveles. Hay un notable énfasis en la literatura sobre tipos de diseño, posiblemente

debido a sus implicancias directas en la implementación de CBTC. Las consideraciones de diseño y opciones son frecuentemente menos estudiadas, sugiriendo que esas podrían ser áreas secundarias en la actual literatura.

5.2 Agrupación de las consideraciones de diseño

Del análisis de las consideraciones de diseño surgieron tres temáticas primarias: *economía y negocios*, *socio político y legal* y *tecnología y operación*, reflejando cada una la profundidad y el alcance en la literatura. Dentro de la temática economía y negocios surgen las subconsideraciones economía, finanzas y pagos, delineando la funcionalidad del banco central, los estilos de operaciones de las instituciones financieras y las actividades comerciales, respectivamente. La temática tecnología y operaciones se clasifica entre lo relacionado con el hardware (métodos de transacción física de usuarios), el software (transacciones de almacenamiento), operaciones (relaciones técnicas en la transferencia de activos digitales) y sistema (alcance del sistema y ciberseguridad). Para finalizar, en el paraguas sociopolítico y legal surgieron consideraciones culturales a partir de las preferencias del usuario de las monedas, consideraciones políticas relacionadas con discusiones de la soberanía de la autoridad central y consideraciones legales que se enfocan en la integración de los sistemas con el marco legal e infraestructura.

5.3 Clasificación de las opciones de diseño de los CBDC

Cuando se analizan las opciones de diseño de estos activos digitales es evidente que inicialmente se alinean con los principios fundacionales de los bancos centrales. Adicionalmente, el complicado ámbito de la dinámica financiera —que abarca un espectro desde la resiliencia financiera a la inclusión— ofrece un marco de categorización para el diseño, con pilares como la resiliencia, la liquidez y la remuneración. Y los elementos como área de uso y función de pagos se relacionan con la establecida narrativa del *ecosistema de pagos*.

La relación entre el diseño y las consideraciones sociopolíticas y legales replica las actuales complejidades del sistema de moneda de curso legal, envuelta en restricciones globales legales. Los CBDCs necesitan control del banco central para detectar actividades ilícitas, resumidas bajo las categorías *limitaciones de mantenimiento* y *capacidad de transferencia*. Los aspectos culturales e idiosincrásicos modelan la confianza en la moneda, existiendo algunas sociedades proclives al uso del efectivo y otras moviéndose hacia la digitalización, destacándose aquí aspectos como anonimato y transparencia. El marco político también influye en las estructuras para estos activos digitales: las democracias se inclinan hacia una mayor transparencia e innovaciones lideradas desde el sector privado, mientras que las autocracias podrían adoptar un enfoque más centralizado, resaltándose aquí entonces aspectos como naturaleza de aplicación de estos activos digitales, interconexión y gobernanza.

Dentro de las consideraciones *tecnología y operaciones* incluimos a las subconsideraciones software, hardware y sistema. Dentro de los componentes esenciales de software se incluyen la programabilidad para contratos inteligentes, la infraestructura de mayor para la integridad de la transacción y la arquitectura del mayor para la escalabilidad. El elemento de hardware enfatiza el acceso a billetera, asegurando inclusividad entre varios tipos de usuarios en cuanto a demografía y competencias tecnológicas. Dentro del área sistema, la ciberseguridad garantiza segu-

ridad transaccional, mientras que la escalabilidad asegura la adaptabilidad del sistema a distintos volúmenes de transacción. Dentro de los aspectos de operaciones se incluye la arquitectura funcional para la administración del sistema, la tecnología de acceso para el usuario y la administración de cuentas para el manejo de cuentas por el usuario, resaltándose aquí la facilidad de uso y la eficiencia.

5.4 Categorización de los tipos de diseño de CBDC

Una notable discrepancia en la investigación sobre estos activos digitales es la variación en el número de tipos de diseño incluidos bajo cada opción específica en los diferentes estudios. Por ejemplo, mientras que alguna literatura clasifica arquitectura de mayor e infraestructura en cuatro tipos de diseños distintos, otros podrían detallar solo tres o dos tipos. Esta inconsistencia es atribuible a los rápidos avances en esta materia, haciendo parecer que los marcos antiguos o anteriores son demasiado simplificados con respecto a los estándares actuales. El valor único de este estudio reside en presentar la versión más detallada y contemporánea. Una característica distintiva de esta investigación es la interrelación mencionada entre las consideraciones, opciones y tipos. Sorprendentemente algunas opciones de diseño carecen de tipos de diseño subyacente, revelando no solo deficiencias en la literatura existente sino también destacando caminos a futuro para profundizar la exploración.

Bajo la subconsideración economía, las opciones de diseño en cuanto a oferta de CBDC se dividen en cantidad limitada y elástica, señalando cómo los bancos centrales modulan el volumen de estos activos digitales de acuerdo con sus objetivos económicos. La opción tasa de interés –que influye indirectamente en la oferta de estos activos digitales– impacta en el crecimiento de la actividad económica. Ha sido categorizada como generadora y no generadora de intereses, siendo el primero un factor que permite a los bancos centrales controlar la trayectoria económica. En la esfera financiera, la remuneración de CBDC centra la discusión entre los gastos del usuario, distinguiendo entre CBDC remunerados y no remunerados. El área de uso de estos activos digitales difiere entre ilimitado y universal, abordando la interoperabilidad en los pagos. Para finalizar, en cuanto estos activos pueden asimilarse a efectivo o a depósitos, se explora la dinámica entre transacciones persona a persona e intermediarios de pago.

Existen siete tipos de diseño en la subconsideración política agrupados en tres áreas. Por ejemplo, la gobernanza del mayor determina el acceso de la transacción, pudiendo consistir desde acceso solo por el banco central fundado en cuestiones de seguridad, y acceso múltiple para garantizar la transparencia. Las áreas de aplicación incluyen CBDC mayorista destinado a asegurar la eficiencia de las transacciones bancarias, minorista para garantizar al público la inclusión financiera, y una combinación de ambos tendiente a una mejora del sistema monetario general. En cuanto a la subconsideración legal, la tenencia de estos activos puede ser limitada, restringiendo la propiedad para asegurar el control, o ilimitada, permitiendo cantidades no restringidas para asegurar la libertad financiera.

En la consideración de diseño tecnología y operación, y bajo la subconsideración software, los resultados indican que la opción de programabilidad distingue entre CBDC programables, (que permiten funcionalidades adicionales basadas en contratos inteligentes) y no programables (reflejan la moneda electrónica tradicional sin elementos extra).

La infraestructura de mayor especifica el diseño del mayor subyacente, contrastando entre uno centralizado, el cual centraliza todos los registros en una única autoridad, y los semicentralizados, descentralizados y mayor distribuido, reflejando los diferentes grados de descentralización y distribución de los registros en los nodos. La arquitectura de mayor determina el grado de involucramiento del banco central, distinguiendo entre CBDC directo, el cual involucra reclamos directos al banco central, con indirectos o intermediados, donde los reclamos son hechos vía intermediarios, híbridos –una mezcla de arquitectura directa e indirecta– y sintéticos –donde instituciones privadas emiten estos activos digitales respaldados por la reservas del banco central.

En las opciones de diseño de CBDC relacionadas con las operaciones, podrían considerarse varias características claves. Primero, la arquitectura operacional muestra como variantes la configuración en un *único nivel*, donde el banco central administra todas las operaciones técnicas con usuarios finales, en oposición a la de *dos niveles*, donde intermediarios intervienen en las operaciones minoristas, y *multinivel o basado en plataformas*, que se caracteriza por una más amplia participación de varias instituciones técnicas y financieras para garantizar el proceso operacional. En segundo lugar, la tecnología de acceso distingue entre los CBDC basados en tokens, los cuales representan equivalentes digitales al dinero, de los basados en cuentas, conectados directamente a las cuentas de los usuarios. En tercer lugar, la disponibilidad operacional contrasta los CBDC offline, los cuales pueden funcionar sin una conexión activa a internet, con aquellos online, que necesitan internet para las transacciones. Para finalizar, la administración de identidad de cuenta considera varios métodos para autenticar a los usuarios, con tipos de diseño tales como el biométrico, el chequeado en persona en el proceso de creación de la cuenta y el chequeado online, cada uno teniendo características y desafíos únicos en el proceso de verificación de la identidad.

En la subconsideración relacionada con el sistema, en este estudio basado en la literatura existente se exploran académicamente dos áreas primarias. La primera, escalabilidad de la transacción, compara los CBDC *limitados*, los cuales confinan el número de transacciones concurrentes que puede manejar, con los *universales*, designados para escalar y adaptarse a un número más significativo de transacciones simultáneas. La segunda área se relaciona con la ciberseguridad, particularmente en lo concerniente a la seguridad de la billetera. Este aspecto considera, por un lado, el sistema de cómputo estándar, el cual se apoya en medidas de ciberseguridad convencionales, y por otro los módulos de seguridad dedicados, los cuales utilizan hardware especializado para mejorar la seguridad, y las capacidades TEE, las cuales incorporan entornos de ejecución confiables para proporcionar espacios de ejecución aislados y aumentar la seguridad.

5.5 Árbol CBDC

Al explorar la naturaleza multifacética del diseño de estos activos, esta investigación llevó a una compleja interrelación entre consideraciones, subconsideraciones, opciones y tipos que finalizan formando una estructura coherente que ilumina el camino de la dinámica del diseño de los CBDC. Además de establecer claridad, esta exploración resalta los vacíos existentes en la literatura, delineando la necesidad de un marco más comprensivo. La culminación de esto se representa en un marco de diseño inclusivo denominado *Marco para el diseño de CBDC*. El modelo refleja su estructura bien definida y la profundidad de su alcance analítico. Este marco

novedoso también tiene su denominación más coloquial, *Árbol CBDC*, para facilitar la referencia y reconocimiento (ilustración 2).

El modelo árbol CBDC es una contribución novedosa a la literatura académica, trayendo una perspectiva fresca al diseño de estos instrumentos gracias a su estructura actualizada. La misma tiene en cuenta los rápidos avances en tecnología y la evolución de la dinámica del ecosistema financiero. Los modelos anteriores, beneficiosos en su momento, podrían no haber capturado adecuadamente la amplitud de las consideraciones, opciones y tipos del presente y futuro de estos activos digitales. El marco propuesto cubre este vacío mediante la incorporación de los últimos avances y ofreciendo una extensa y multinivel descomposición de los elementos de diseño de estos activos. Este marco, en consecuencia, sirve como estrategia para capturar la complejidad y diversidad del paisaje de los CBDC en una era digital que avanza rápidamente. Adicionalmente, puede ser usado como guía a futuro por diferentes *stakeholders*, como una herramienta durable y robusta que puede continuar evolucionando junto a la dinámica y rápidamente cambiante escena de estos activos.

5.6 Limitaciones

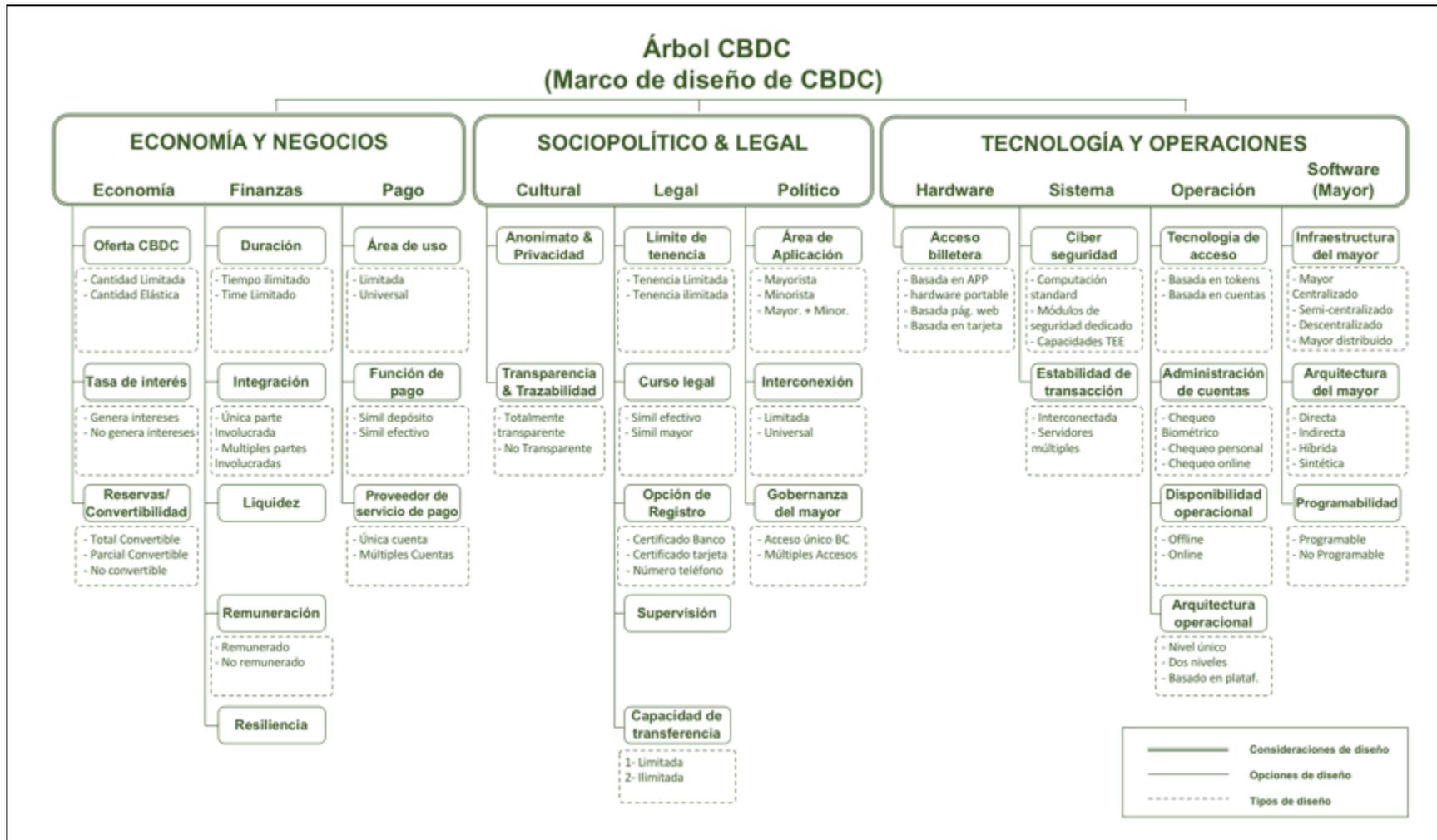
Este estudio tiene varias limitaciones. En primer lugar, la focalización solo en publicaciones en inglés estaría excluyendo de manera no intencionada valiosas contribuciones en otros idiomas. También se pueden haber omitido estudios pertinentes al usar como fuentes solo cuatro bases de datos. En segundo lugar, el alcance de la investigación está limitado hasta agosto de 2022. Dada la naturaleza dinámica de la temática, son cruciales las actualizaciones periódicas para mantener la relevancia del estudio. La formación de conexiones lógicas y la creación en sí misma del marco, al ser un proceso subjetivo, podría tener sesgos inherentes. Adicionalmente, un limitado número de casos estudio, especialmente aquellos por fuera de las Bahamas, limitan la profundidad de la aplicación práctica. En tanto que la implementación de estos activos digitales crezca, más casos de estudio serán cruciales para enriquecer nuestro entendimiento.

6. Conclusiones

Respondiendo a las preguntas de investigación, el análisis concluye que las consideraciones de diseño de los CBDC caen en tres grandes categorías: economía y negocios, socio político y legal y tecnología y operaciones, con 10 subconsideraciones asociadas. En paralelo a estas subconsideraciones, las opciones de diseño focalizan en áreas claves como estabilidad económica, eficiencia de transacción e infraestructuras de mayor. Además, los tipos de diseño de estos activos digitales abarcan alternativas desde activos digitales que generan intereses, como las cuentas de depósitos, hasta tipos que no generan intereses similares al efectivo. Distinciones claves incluyen también las estructuras del mayor y el uso que se persigue, ya sea para minoristas o mayoristas.

Este estudio proporciona un marco consolidado que ofrece una perspectiva amplia en cuanto al diseño de estos activos en la literatura. La investigación resalta un surgimiento en el interés académico desde el 2020, incentivado por el crecimiento tecnológico y los cambios en las fi-

Ilustración 2: Marco de diseño de CBDC (design framework) o árbol CBDC



nanzas digitales. La multifacética naturaleza de estos activos y su diseño abarca áreas como tecnología, economía, aspectos sociales, legales y culturales. Geográficamente, mientras muchos estudios abordan estos activos desde una perspectiva global, la Unión Europea, China y los Estados Unidos dominan los estudios referidos a un país específicamente.

REFERENCIAS

- Alfonso, V., Kamin, S. & Zampolli, F. (2022). *Central bank digital currencies (CBDCs) in Latin America and the Caribbean*. Bank for International Settlements Working Papers 989.
- Andolfatto, D. (2020). *Assessing the impact of central bank digital currency on private banks*. *The Economic Journal*, 131 (634): 525-540.
- Antwi, S. K. & Hamza, K. (2015). *Qualitative and quantitative research paradigms in business research: A philosophical reflection*. *European Journal of Business and Management*, 7 (3): 217-225.
- Aragão, M. A. T. (2021). *A few things you wanted to know about the economics of CBDCs, but were afraid to model: A survey of what we can learn from who has done*. Central Bank of Brazil
- Auer, R. & Böhme, R. (2020a). *The technology of retail central bank digital currency*. *BIS Quarterly Review*, March 2020: 85-100.
- Auer, R. & Böhme, R. (2020b). *Central bank digital currency: The quest for minimally invasive technology*. *BIS Working Papers* 948.
- Auer, R., Cornelli, G. & Frost, J. (2020). *Rise of the central bank digital currencies: Drivers, approaches and technologies*. *BIS Working Papers* 880.
- Bank of England, *One bank research agenda*, 2015.
- Barontini, C. & Holden, H. (2019). *Proceeding with caution: A survey on central bank digital currency*. *BIS Paper* 101.
- Barrdear, J. & Kumhof, M. (2021). *The macroeconomics of central bank digital currencies*. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 142, 104148.
- Bartzsch, N. & Seitz, F. (2016). *Cash holdings in Germany and the demand for “German” banknotes: What role is there for cashless payments?* En Górká, J. (Ed), *Transforming Payment Systems in Europe*, Palgrave Macmillan, págs. 111-148.
- Bech, M. L. & Garratt, R. (2017). *Central bank cryptocurrencies*. *BIS Quarterly Review*, September 2017: 55-70.
- Benigno, P. (2019). *Monetary policy in a world of cryptocurrencies*. *Journal of the European Economic Association*. Einaudi Institute for Economics and Finance (EIEF), Working Papers Series 1905.
- Boar, C. & Wehrli, A. (2021). *Ready, steady, go?: Results of the third BIS survey on central bank digital currency*. *BIS Paper* 114.
- Bokovnya, A.Y., Khysamova, Z.Y., Vasyokov, V.F. & Begishev, I.R. (2020). *Assessment of potential risks of regional for global financial security*. *Cuestiones Políticas*, 38: 156-166.
- Bordo, M. D. (2022). *Central bank digital currency in historical perspective: Another crossroad in monetary history*. *Capitalism*, 3 (2): 421-442.
- Bossu, W., Itatani, M., Margulis, C., Rossi, A., Weenink, H. & Yoshinaga, A. (2020). *Legal aspects of central bank digital currency: Central bank and monetary law considerations*. *IMF Working Paper*, 20-254.

- Broby, D. (2022). *Central bank digital currencies: Policy implications*. Law and Financial Markets Review, 16 (1-2): 100-115.
- Buckley, R. P., Arner, D. W., Zetsche, D. A., Didenko, A. N. & Van Romburg, L. J. (2021). *Sovereign digital currencies: Reshaping the design of money and payments systems*. Journal of Payments Strategy & Systems, 15 (1): 7-22.
- Buterin, V. (2014). *A next-generation smart contract and decentralized application platform*. White paper 3(37), 2-1.
- Callary, B., Rathwell, S. & Young, B. W. (2015). *Insights on the process of using interpretive phenomenological analysis in a sport coaching research project*. The Qualitative Report, 20 (2): 63-75.
- Carapella, F. & Flemming, J. (2020). *Central bank digital currency: A literature review*. FEDS Notes, 2020-2790.
- Carey, M., Gath, E. G. & Hayes, K. (2014). *Frontiers in financial dynamics*. Research in International Business and Finance, 30 (C): 369-376.
- Centobelli, P., Cerchione, R., Chiaroni, D., Del Vecchio, P. & Urbinati, A. (2020). *Designing business models in circular economy: A systematic literature review and research agenda*. Business Strategy and the Environment, 29 (4): 1734-1749.
- Chan, A. C. (2021). *UTXO in digital currencies: Account-based or token-based? Or both?* arXiv.org.
- Chen, H. & Siklos, P. L. (2022). *Central bank digital currency: A review and some macro-financial implications*. Journal of Financial Stability, 60, 100985.
- Cheng, J., Lawson, A. K. & Wong, P. T. P. (2021). *Preconditions for a general-purpose central bank digital currency*. FEDS Notes, 2021-2839.
- Cheng, P. (2022). *Decoding the rise of central bank digital currency in China: Designs, problems, and prospects*. Journal of Banking Regulation, 24 (2): 156-170.
- European Central Bank ECB (2019). *Exploring anonymity in central bank digital currencies*. In Focus, 4, December 2019.
- European Central Bank ECB (2020). *Report on a digital euro*. October 2020.
- European Central Bank ECB (2021). *The international role of the euro*.
- Engert, W. & Fung, B.S.C. (2017). *Central bank digital currency: Motivations and implications*. Bank of Canada Discussion Paper, 17-16.
- Fabris, N. (2019). *Cashless society: The future of money or a utopia?* Journal of Central Banking Theory and Practice, 8 (1), 53-66.
- Fegatelli, P. (2019). *Central bank digital currencies: The case of universal central bank reserves*. Central Bank of Luxembourg Working Papers 130.
- Fernández-Villaverde, J., Sanches, D., Schilling, L. & Uhlig, H. (2021). *Central bank digital currency: Central banking for all?* Review of Economic Dynamics, 41: 225-242.
- Ferrari, M., Mehl, A. & Stracca, L. (2022). *Central bank digital currency in an open economy*. Journal of Monetary Economics, 127: 54-68.
- Florian, M. & Pernice, I. G. (2022). *A digital euro for the EU: A comment on potential impacts*. Weizenbaum Policy Paper 3.
- Fung, B. S. C. & Halaburda, H. (2016). *Central bank digital currencies: A framework for assessing why and how*. Bank of Canada Staff Discussion Paper 2016-22.
- Garratt, R., Yu, J. & Zhu, H. (2022). *How central bank digital currency design choices impact monetary policy pass-through and market composition*. Working paper.
- Ghosh, A. R. & Qureshi, M. S. (2016). *What's in a name? That which we call capital controls*. IMF Working Papers, 16-25.

- Gertler, M. & Kiyotaki, N. (2015). *Banking, liquidity, and bank runs in an infinite horizon economy*. The American Economic Review, 105 (7): 2011-2043.
- Gertler, M., Kiyotaki, N. & Prestipino, A. (2016). *Wholesale banking and bank runs in macroeconomic modeling of financial crises*. En Taylor, J. B. & Uhlig, H., *Handbook of Macroeconomics* vol 2, Elsevier, págs. 1345-1425.
- Gnan, E. & Masciandaro, D. (2018). *Do we need central bank digital currency? Economics, technology and institutions*. The European Money and Finance Forum SUERF Conference Proceedings, 2018/2.
- Jin, S. & Xia, Y. (2022). *CEV Framework: A central bank digital currency evaluation and verification framework with a focus on consensus algorithms and operating architectures*. IEEE Access, 10: 63698-63714.
- John, A. (2020). *Explainer: How does China's digital yuan work?* Reuters. October 19.
- Jones, B. (2018). *Central bank reserve management and international financial stability: Some post-crisis reflections*. IMF Working Paper: 18-31.
- Juskaite, A., Siaudinis, S. & Reichenbachas, T. (2019). *CBDC: In a whirlpool of discussion*. Bank of Lithuania Occasional Paper Series 29.
- Kahn, C. E. & Rivadeneyra, F. (2020). *Security and convenience of a central bank digital currency*. Bank of Canada Staff Analytical Note 2369-9639.
- Katterbauer, K., Syed, H. & Cleenewerck, L. (2022). *The impact of the legalization of bitcoin in the Central African Republic: A legal analysis*. Intergovernmental Research and Policy Journal: 1-7
- Keister, T. & Sanches, D. R. (2022). *Should central banks issue digital currency?* Review of Economic Studies, 90 (1): 404-431.
- Khiaonarong, T. & Humphrey, D. (2019). *Cash use across countries and the demand for central bank digital currency*. Journal of Payments Strategy & Systems, 13: 32-46.
- Kiff, J., Alwazir, J., Davidovic, S., Farias, A., Khan, A., Khiaonarong, T., Malaika, M., Monroe, H., Sugimoto, N., Tourpe, H. & Zhou, P. L. (2020). *A survey of research on retail central bank digital currency*. International Monetary Fund Working Papers 2020-104.
- Killingland, M. & Dahl, L. B. (2018). *Central bank digital currencies: Fad or the future? A framework for country level assessment of central bank digital currencies*. Tesis de maestría Norwegian School of Economics.
- Klabbers, J. (2009). *Terminological ambiguity*. Simulation & Gaming, 40 (4): 446-463.
- Kochergin, D. (2021). *Central banks digital currencies: World experience*. World Economy and International Relations, 65 (5): 68-77.
- Koopmans, R. & Statham, P. (2010). *Theoretical framework, research design, and methods*. En Koopmans, R. & Statham, P. (Ed), *The making of a European public sphere: Media discourse and political contention*, Cambridge Univ Press, págs. 34-59.
- Krippendorff, K. (2013). *Designing differences that make a difference*. Conference *The Relationships between Design and Society*, 1-11.
- Kshetri, N. (2021). *The economics of central bank digital currency*. IEEE Computer, 54 (6): 53-58.
- Kshetri, N. (2022a). *Bitcoin's adoption as legal tender: A tale of two developing countries*. IT Professional, 24 (5): 12-15.
- Kshetri, N. (2022b). *China's digital yuan: Motivations of the Chinese government and potential global effects*. Journal of Contemporary China, 32 (139): 87-105.
- Kumhof, M. & Noone, C. (2021). *Central bank digital currencies: Design principles for financial stability*. Economic Analysis and Policy, 71: 553-572.
- Kyngäs, H. (2020). *Qualitative research and content analysis*. En Kyngäs, H, Mikkonen, K & Kääriäinen, M. (Ed), *The application of content analysis in nursing science*, Springer, págs. 3-11.

- Lee, D.K.C., Yan, L. & Wang, Y. (2021). *A global perspective on central bank digital currency*. China Economic Journal, 14 (1): 52-66.
- Nili, A., Tate, M., Barros, A. & Johnstone, D. (2020). *An approach for selecting and using a method of inter-coder reliability in information management research*. International Journal of Information Management, 54: 102154.
- Olson, J.D., McAllister, C., Grinnell, L.D., Walters, K.G. & Appunn, F. (2016). *Applying constant comparative method with multiple investigators and inter-coder reliability*. The Qualitative Report, 21 (1): 26-42.
- Ormston, R., Spencer, L., Barnard, M. & Snape, D. (2014). *The foundations of qualitative research*. En Ritchie, J., Lewis, J., McNaughton Nicholls, C. & Ormston, R. (Ed). *Qualitative research practice: A guide for social science students and researchers*, Sage.
- Ozili, P. K. (2021). *Central bank digital currency can lead to the collapse of cryptocurrency*. MPRA Working Paper 111218.
- Ozili, P. K. (2022). *CBDC, fintech and cryptocurrency for financial inclusion and financial stability*. Digital Policy, Regulation and Governance, 25 (1): 40-57.
- Ozili, P. K. (2023). *Central bank digital currency research around the world: A review of literature*. Journal of Money Laundering Control, 26 (2): 215-226.
- Paul, J. & Criado, A.R. (2020). *The art of writing literature review: What do we know and what do we need to know?* International Business Review, 29 (4): 101717.
- Pocher, N. & Veneris, A. (2021). *Privacy and transparency in CBDCs: A regulation-by-design AML/CFT scheme*. IEEE Transactions on Network and Service Management, 19 (2): 1776-1788.
- Popescu, A.-D. (2020). *Decentralized finance (Defi): The lego of finance*. Social Sciences and Education Research Review, 7 (1): 321-348.
- Popli, G. S. & Jain, A. (2016). *Principles and Systems of Banking*. PHI Learning.
- Purnawan, M. E. & Riyanti, R. (2019). *Significant effect of the central bank digital currency on the design of monetary policy*. Jurnal Ekonomi Indonesia, 8 (1): 125-151.
- PricewaterhouseCoopers (2022). *PwC Global CBDC Index and Stablecoin Overview 2022*.
- Raghuveera, N. & Bray, D. (2020). *Design choices of central bank digital currencies will transform digital payments and geopolitics*. Atlantic Council blog, April 23.
- Read, C. L. (2022). *Bitcoin's global reach*. En Read, C.L., *The bitcoin dilemma: Weighing the economic and environmental costs and benefits*, Palgrave Macmillan, págs. 273-280.
- Rennie, E. & Steele, S. (2021). *Privacy and emergency payments in a pandemic: How to think about privacy and a central bank digital currency*. Law, Technology and Humans, 3 (1): 6-17.
- Richards, T., Thompson, C. & Dark, C. (2020). *Retail central bank digital currency: Design considerations, rationales and implications*. Reserve Bank of Australia in Bulletin, 2020-3.
- Ridder, H. (2017). *The theory contribution of case study research designs*. Business Research, 10 (2): 281-305.
- Rizk, A. (2022). *Central bank digital currency: Legal and regulatory issues*, Eliva Press.
- Rubin, A. & Babbie, E.R. (2016). *Research methods for social work*, Cengage Learning.
- Shapoval, Y. (2020). *Central bank digital currencies: Experience of pilot projects and conclusions for the NBU*. Economy and forecasting, 4: 97-115.
- Stake, R.E. (2010). *Qualitative research: Studying how things work*, Guilford Press.
- Terracciano, T. & Somoza, L. (2020). *Central bank digital currency: The devil is in the details*. LSE Business Review.
- Terták, E. & Kovács, L. (2022). *The motives for issuing central bank digital currency and the challenges of introduction thereof*. Pénzügyi Szemle, 67 (4): 491-505.

- Tikhomirov, S., Moreno-Sanchez, P. & Maffei, M. (2020). *A quantitative analysis of security, anonymity and scalability for the lightning network*. 2020 IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshops (EuroS&PW): 387-396.
- Tinmaz, H., Lee, Y., Fanea-Ivanovici, M. & Baber, H. (2022). *A systematic review on digital literacy*. Smart Learning Environments, 9 (21): 1-18.
- Tronnier, F., Recker, M. & Hamm, P. (2020). *Towards central bank digital currency: A systematic literature review*. 24th Pacific Asia Conference on Information Systems.
- Urbinati, E., Belsito, A., Cani, D., Caporrini, A., Capotosto, M., Folino, S. & Vita, A. (2021). *A digital euro: A contribution to the discussion on technical design choices*. Bank of Italy, Markets, Infrastructures, Payment Systems Paper 10.
- Underhill, G., Blom, J. & Mügge, D. (2010). *Global financial integration thirty years on: From reform to crisis*. Cambridge University Press
- Vaz, J., Milne, A., Brown, K. & Azmat, S. (2022). *The forms and functions of money*. Working paper.
- Viñuela, C., Sapena, J. & Wandosell, G. (2020). *The future of money and the central bank digital currency dilemma*. Sustainability, 12 (22): 9697.
- Wahyuni, D. (2012). *The research design maze: Understanding paradigms, cases, methods, and methodologies*. Journal of Applied Management Accounting Research, 10 (1): 69-80.
- Wang, H. (2022). *China's approach to central bank digital currency*. University of Pennsylvania Asian Law Review, 18 (1): 77-134.
- Wang, Y., Lucey, B. M., Vigne, S. A. & Yarovaya, L. (2022). *The effects of central bank digital currencies news on financial markets*. Technological Forecasting and Social Change, 180: 121715.
- Ward, O. & Rochemont, S. (2019). *Understanding central bank digital currencies (CBDC)*. Institute and Faculty of Actuaries Interim Paper.
- Whited, T. M., Wu, Y. & Xiao, K. (2022). *Central bank digital currency and banks*. Working paper.
- Wierst, P. & Boven, H. (2020). *Central bank digital currency: Objectives, preconditions and design choices*. DNB Occasional Studies 20-01.
- Williamson, S. D. (2021). *Central bank digital currency and flight to safety*. Journal of Economic Dynamics and Control, 142: 104146.
- World Bank (2021). *Central bank digital currencies for cross-border payments*.
- Yao, Q. (2018). *A systematic framework to understand central bank digital currency*. Science China Information Sciences, 61: 033101.
- Zams, B. M., Indrastuti, R., Pangersa, A. G., Hasniawati, N. A., Zahra, F. & Fauziah, I. S. (2020). *Designing central bank digital currency for Indonesia: The Delphi-analytic network process*. Buletin Ekonomi Moneter Dan Perbankan, 23 (3): 413-440.
- Zhang, J., Tian, R., Cao, Y., Yuan, X., Yu, Z., Yan, X. & Zhang, X. (2021). *A hybrid model for central bank digital currency based on blockchain*. IEEE Access, 9: 53589-53601.
- Zhang, T. & Huang, Z. (2021). *Blockchain and central bank digital currency*. ICT Express, 8 (2): 264-270.
- Zhou, C., Chen, Y., Wattenhofer, R. & Wang, Y. (2023). *Print your money: Cash-like experiences with digital money*. CHI EA '23, April 23-28, 2023, Hamburg.