



Estrategias conjuntas de Fintech y Escos para el desarrollo sostenible.

Joint strategies of Fintech and ESCOs for sustainable development.

Doris Edith Soto-Durán¹, Miryam del Pilar Soto-Durán², Claudia María García-Mazo³
 Darío Enrique Soto-Durán⁴, Carlos Alberto Chica-Salgado⁵
¹*Corporación Universitaria Minuto de Dios, Medellín - Colombia*
^{2,3,5}*Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín - Colombia*
⁴*Tecnológico de Antioquia, Medellín - Colombia*

Recibido: 27 de febrero de 2025.

Aceptado: 28 de julio de 2025.

Publicado: 01 septiembre de 2025.

Resumen- La transición climática, la progresiva digitalización de bienes y servicios y los desafíos en la obtención de financiación que las pequeñas y medianas empresas (Pymes) en Colombia, definen el panorama global y nacional. Por tal motivo, esta investigación busca explorar cómo las tecnologías financieras (Fintech) y las empresas de servicios energéticos (ESCOs) pueden colaborar en conjunto para superar los obstáculos financieros que las Pymes colombianas enfrentan, mientras cooperan en los esfuerzos de mitigación del cambio climático. En los resultados, se identificaron que las ESCOs pueden tener un papel vital en la implementación de proyectos de energía limpia, eficiencia energética y energías renovables, especialmente en las Pymes, aunque su capacidad para lograrlo está restringida por dificultades financieras. Paralelamente, se observó que el sector Fintech en Colombia ha experimentado un incremento significativo, particularmente en el ámbito del crowdfunding, proporcionando alternativas financieras innovadoras que podrían asistir a las Pymes y a las ESCOs a superar sus dificultades financieras. Una de las conclusiones es que el sector Fintech, a través del crowdfunding, tiene el potencial de jugar un papel catalizador en la superación de las barreras financieras que las Pymes y las ESCOs en Colombia enfrentan. Esto podría facilitar un mayor desarrollo e implementación de proyectos de eficiencia energética y energía renovable, contribuyendo así a los esfuerzos del país para la mitigación del cambio climático.

Palabras clave: cambio climático, crowdfunding, digitalización, empresas de servicios energéticos (escos), tecnologías financieras (fintech).

Abstract— The climate transition, the progressive digitization of goods and services, and the challenges in obtaining financing for small and medium-sized enterprises (SMEs) in Colombia define the global and national landscape. Therefore, this research aims to explore how financial technologies (Fintech) and energy service companies (ESCOs) can collaborate to overcome the financial obstacles Colombian SMEs face while cooperating in climate change mitigation efforts. The results identified that ESCOs could play a vital role in implementing clean energy projects, energy efficiency, and renewable energy, especially in SMEs. However, their capacity to do so is restricted by financial difficulties. Simultaneously, it was observed that the Fintech sector in Colombia had experienced a significant increase, particularly in crowdfunding, providing innovative financial alternatives that could assist SMEs and ESCOs in overcoming their financial challenges. One of the conclusions is that the Fintech sector, through crowdfunding, has the potential to play a catalytic role in overcoming the financial barriers faced by SMEs and ESCOs in Colombia. It could facilitate further development and implementation of energy efficiency and renewable energy projects, thus contributing to the country's efforts in climate change mitigation.

Keywords: climate change, crowdfunding, digitization, energy service companies (escos), financial technologies (fintech).

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: dsoto@tdea.edu.co (Darío Enrique Soto Durán).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Como citar este artículo: D. E. Soto-Durán, M. P. Soto-Durán, C. M. García-Mazo, D. E. Soto-Durán y C. A. Chica-Salgado, "Estrategias conjuntas de Fintech y Escos para el desarrollo sostenible", Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 13, no. 3, pp. 01-10 2025, doi: [10.15649/2346030X.5280](https://doi.org/10.15649/2346030X.5280)

I. INTRODUCCIÓN

La electricidad es un pilar esencial para el desarrollo industrial y económico de cualquier país. Históricamente, la industria eléctrica se ha caracterizado por ser un monopolio, donde predomina, tanto empresas estatales como privadas, que son reguladas por el gobierno. Sin embargo, a lo largo del tiempo, los gobiernos de diferentes países (Chile, Inglaterra, Colombia, entre otros) vieron la necesidad de reformar el sector eléctrico, debido a factores como la insuficiencia de financiación para la expansión del sistema por alta deuda pública (Argentina, India, Sudáfrica), falta de acceso eléctrico a la población (Ghana) y la dependencia de un solo recurso para la generación (Ghana). Estas reformas buscaban la participación de nuevos actores, especialmente del sector privado, para mejorar la eficiencia de los sistemas eléctricos [1].

Esta restructuración implicó la desintegración vertical y horizontal de la industria eléctrica, separando las actividades de generación, transmisión y distribución. En este nuevo panorama, se propició la creación de un mercado competitivo. En este entorno, las empresas eléctricas buscan diseñar estrategias de inversión acordes a sus capacidades económicas y objetivos establecidos, optimizando el uso de recursos y maximizando sus ingresos.

En relación con la economía global ha experimentado un rápido desarrollo tecnológico, económico en las últimas décadas. Por ejemplo, el PIB mundial pasó de US\$22,63 billones en 1990 a US\$33,62 billones en 2000, y a US\$87,78 billones en 2019 (Banco Mundial, 2020) (ver figura 1). Según Nong et al. [2] señala que este crecimiento demanda grandes cantidades de recursos en materias primas y energéticos para asegurar el funcionamiento de actividades como transporte, producción y alumbrado, tanto industrial como residencial. Estas actividades socioeconómicas han generado impactos negativos en el medio ambiente, debido a las altas emisiones de gases de efecto invernadero, como se puede observar en la figura 2. Esta situación conlleva a que se presente alteración en el clima y daños en los ecosistemas, agricultura, turismo, entre otros.

Ante esta situación, las Naciones Unidas han organizado diversas reuniones para intentar estabilizar las emisiones a niveles seguros. La más exitosa, indica [4], fue el Acuerdo de París en 2015, donde 195 países se comprometieron a intensificar acciones para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbón y de esta manera contribuir al mejoramiento del cambio climático.

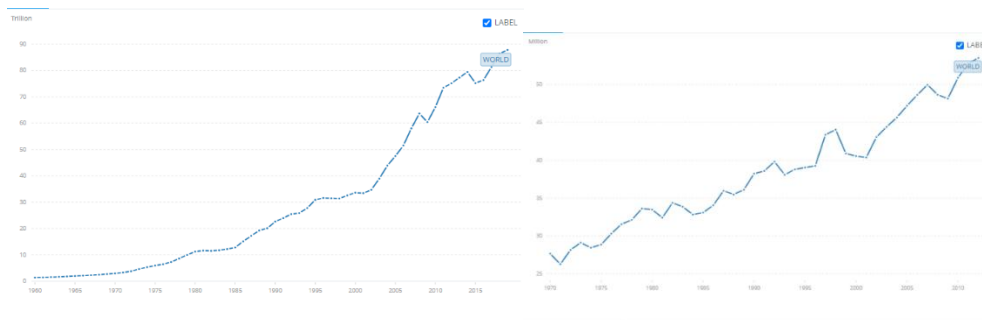


Figura 1: PIB Mundial.
Fuente: The World Bank [3].

Figura 2: Emisiones de Metano.
Fuente: The World Bank [3].

Para enfrentar un futuro sostenible con menos emisiones de gases de efecto invernadero, se necesita incrementar el uso de energías renovables en la generación de electricidad, por lo que las empresas de servicios energéticos (ESCOs) juegan un papel vital para lograr estos objetivos. ESCOs son compañías que se responsabiliza de planificar, establecer, poner en marcha y proveer los recursos financieros para una solución relacionada con energía, para proyectos de menor escala. Además, estas empresas se hacen cargo de los riesgos técnicos y del rendimiento del proyecto.

Las energías, provenientes de fuentes naturales inagotables (el agua, el viento y el sol) y amigables con el medio ambiente, ofrecen ventajas como bajos costos de mantenimiento, estos recursos no están afectados por la volatilidad de los combustibles fósiles, en términos de precio y disponibilidad. Además, la generación de energía renovable puede implementarse de manera rápida y modular, ideal para zonas rurales con poco o ningún acceso a la red eléctrica [4].

Sin embargo, las energías renovables presentan desafíos, como menor disponibilidad en comparación con las tecnologías convencionales, dificultad en su predicción [4], [5], requieren una alta inversión inicial [6], [7]; y son tecnologías intermitentes [8], [4], [5]. A pesar de su intermitencia, existen países que han logrado generar casi todo su suministro eléctrico a partir de estas fuentes, como Islandia, Uruguay, Costa Rica y Noruega. Por otro lado, la regulación y seguridad del sistema eléctrico se ha convertido en un gran desafío, especialmente con el incremento de las energías renovables variables.

Como se ha mencionado anteriormente, energías renovables requieren de altas inversiones, por lo que, en la mayoría de las veces, se requiere fuentes de financiamiento con tasas de interés razonables. No obstante, para estas Pymes conseguir el dinero para desarrollar sus proyectos es el mayor desafío, puesto que a menudo carecen del historial crediticio y las garantías que suelen pedir los bancos tradicionales son altas. Además de esto, tasas de interés poco competitivas conlleva que los créditos sean restringidos en cuanto a su monto y cobertura, en la mayoría de los casos a corto y mediano plazo y con poca capacidad de negociación por parte de los empresarios.

El crédito bancario ha sido considerado como la primera, y en muchos casos, como la única fuente de financiamiento por parte de los empresarios. La Gran Encuesta a las Microempresas (GEM) [9] correspondiente al primer semestre del 2020, así lo demuestra en los diferentes sectores económicos: industria (43% en 2019-II - 52% en 2018-II), comercio (53% - 67%) y servicios (50% - 42%). Las otras fuentes de crédito populares fueron los familiares-amigos (31% industria, 30% comercio y 14% servicios) y prestamistas informales (23% industria, 7% comercio y 10% servicios).

En relación con las Pymes del sector eléctrico en Colombia también enfrentan barreras en lo que respecta a obtener financiación a través de los bancos convencionales, puesto que no tienen suficiente flujo de caja para respaldar la deuda o las altas tasas de interés haciéndolas inviables en su modelo financiero. Aunque se aprecian los esfuerzos del gobierno en crear leyes, como Ley 1715 de 2014, subastas, para el desarrollo de proyectos. Según Moreno [10] estos programas exigen un procedimiento detallado de formalización, justificación y documentación para acceder a los beneficios, lo cual puede llevar un buen tiempo en concretarse. Los fondos de ayuda internacional y privados tampoco solucionan el problema financiero, pues operan a través de bancos comerciales o establecen montos mínimos de inversión que equivalen a proyectos de gran magnitud.

Un acontecimiento que marcó a los países, a nivel mundial, fue la pandemia COVID-19. Esta situación conllevó a que los países se pudieran adaptar a diversos retos, entre ellos, la transformación digital de las empresas. Por ejemplo, en Colombia, según la Cámara de Comercio de Medellín [11], el 80% de los trámites que gestionan los empresarios es a través de plataformas virtuales. Por tanto, las empresas, especialmente las Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes), enfrentan un desafío importante en la competitividad de la región. Por tanto, el gobierno debe dirigir sus esfuerzos hacia el mejoramiento progresivo del acceso a Internet, dado que es allí, donde se gestionan los negocios de la economía global.

Ante el surgimiento de nuevos proyectos empresariales, junto con la creciente necesidad de financiamiento y servicios financieros, en Colombia se ha fomentado el nacimiento exitoso de modelos y empresas que se ajustan a esta demanda en aumento. Fintech (finance y technology) la cual es una asociación formada por compañías colombianas, establecida en marzo de 2017, con el fin de fomentar un ambiente dinámico para el desarrollo de operaciones comerciales en el país. Esta tiene la característica de que vincula la tecnología para el beneficio del sector financiero.

En Colombia, Fintech ha surgido con la intención de transformar la función de los bancos tradicionales, cubrir las necesidades financieras de los inversionistas, fomentar la inclusión financiera, mitigar la disparidad financiera en el país y contribuir a una Colombia más integrada y accesible. No obstante, a pesar de su creciente influencia en los últimos años, y en particular tras la pandemia, es claro que deben seguir innovando en sus operaciones para atender las nuevas exigencias de los usuarios de servicios bancarios.

De manera similar, están los crowdfunding, según Asobancaria [12], es un sistema que implica la obtención de fondos mediante plataformas en línea, donde inversionistas y empresas aportan recursos económicos a proyectos, empresas o actividades individuales, mediante donaciones, inversiones o préstamos provenientes de varias personas.

Dado lo anterior, el cambio climático, la creciente digitalización de productos de bienes y servicios y las barreras que enfrentan las Pymes colombianas para obtener financiamiento, esta investigación busca explorar cómo las tecnologías financieras (Fintech) pueden convertirse en alternativas de financiación para las empresas de servicios energéticos (ESCOs) orientadas a proyectos de energía renovable, los cuales se enmarcan en el contexto del objetivo 7 de los ODS, que refieren a garantizar para la población el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna; que se considera clave para el desarrollo de la agricultura, las empresas, las comunicaciones, la educación, la sanidad y el transporte.

La sostenibilidad energética de las Pymes en Colombia enfrenta múltiples desafíos, entre ellos el acceso a financiamiento y la implementación de tecnologías limpias. En este contexto, las empresas de servicios energéticos (ESCOs) representan una alternativa viable para impulsar proyectos de eficiencia energética, pero su capacidad de expansión suele estar limitada por restricciones financieras. Es aquí donde las Fintech, especialmente a través de mecanismos como el crowdfunding, pueden actuar como facilitadores clave al ofrecer nuevas formas de financiamiento colectivo que reduzcan barreras de entrada y promuevan la inversión en energías renovables. Esta propuesta investigativa analiza cómo la sinergia entre estos dos actores puede incidir positivamente en la transición energética del sector Pyme colombiano.

En este contexto, la presente propuesta investigativa se orienta a responder la siguiente pregunta de investigación;

¿La evolución del desarrollo de proyectos de energías renovables en Colombia, junto con las restricciones financieras identificadas para Pymes y ESCOs, evidencia la necesidad de mecanismos alternativos de financiación como los promovidos por el ecosistema Fintech?

Además tuvimos en cuenta para dar respuesta a la pregunta de investigación, la contrastación de las siguientes hipótesis;

Hipótesis 1 - H1. Existe un crecimiento estadísticamente significativo en el número de proyectos de generación de energía solar registrados en Colombia durante el periodo 2015-2023.

Hipótesis 2 - H2. La media anual de proyectos solares es significativamente mayor que la media anual de proyectos eólicos e hídricos durante el periodo de tiempo analizado.

Hipótesis 3 - H3. Las restricciones financieras identificadas en la literatura especializada y en estudios sectoriales recientes constituyen una barrera estructural que limita la implementación y el avance de proyectos energéticos desarrollados por Pymes y ESCOs en Colombia.

Esta propuesta investigativa está dividida en cuatro (4) secciones. La sección 1 presenta el Fintech, crowdfunding en Colombia, los ESCOs y el mercado eléctrico en Colombia. La sección 2 muestra la metodología. La sección 3 los resultados son presentados y finalmente se dan las conclusiones.

II. MARCO TEÓRICO

a. *Fintech en Colombia.*

Fintech, un término derivado de las palabras "finanzas" y "tecnología" en inglés, se refiere a cómo la tecnología de la información e innovación facilitan la provisión de servicios financieros. Aunque Fintech fue inicialmente destinada a fomentar la colaboración tecnológica abierta, en la década de los noventa como parte de un proyecto de Citicorp, el uso de tecnologías en el ámbito financiero inicia desde 1838 con la aparición comercial del telégrafo [13].

En Colombia Fintech es una asociación con más de cuatro (4) años de trayectoria, reuniendo aproximadamente 322 empresas que conforman el panorama de innovación financiera en Colombia. Su misión principal es dinamizar los servicios financieros digitales por medio de estrategias enfocadas en mejorar su posicionamiento y potenciar sus relaciones para atraer capital. Fintech se dirige principalmente hacia tres ejes: inversión, fomento del talento y promoción de la inclusión financiera digital.

Esta asociación ha presentado un incremento del 74% en sus ingresos comparando los años 2019 y 2021. Esta cifra representa el 0,31% del PIB colombiano [14]. Además, el 76% de la población que está activa digitalmente emplea estas soluciones. Esto es un dato relevante que muestra cómo las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) están cada vez más asociadas con los procesos digitales, fomentando la innovación y el acceso al crédito. Sin embargo, a pesar de estos logros alcanzados por esta asociación, la regulación de las Fintech en Colombia aún no es clara, pues, aunque no existe una regulación específica, deben cumplir con diversas disposiciones legales, cerca de 50, en varios ámbitos [14].

Fintech presenta varios servicios. En la tabla 1 presenta una descripción de estos tipos de negocios.

Tabla 1: Servicios ofrecidos en Fintech.

Servicios	Definición	Características	Aspectos Positivos	Aspectos Negativos
Pagos y remesas	Servicios de pagos en línea.	Múltiples canales de pago, incluyendo criptomonedas.	Menor costo y mayor agilidad.	Dependencia de la tecnología - conexión a internet.
Préstamos	Plataformas de préstamos P2P y P2B.	Tasas de interés bajas, sin intermediarios.	Acceso a financiamiento para personas y empresas.	Riesgo de impago.
Gestión de finanzas personales	Startups que ofrece asistencia en la toma de decisiones financieras.	Apoyo en la toma de decisiones financieras.	Ayuda a las personas a administrar su dinero de manera eficiente.	No hay un asesor (humano).
Gestión de finanzas empresariales	Herramientas orientadas a la gestión empresarial.	Contabilidad digital.	Libera a las empresas para concentrarse en tareas de crecimiento y valor.	Dependencia de terceros.
Puntaje alternativo, identidad y fraude	Prevención de fraude mediante la verificación y autenticación de las personas.	Medidas preventivas de seguridad y soluciones para medición de riesgo crediticio.	Mejora la seguridad y previene el fraude.	Posibles falsos positivos o identificaciones erróneas.
Tecnologías para instituciones financieras	Empresas Fintech orientadas a soluciones e innovaciones a instituciones financieras.	Ampliación del alcance, relacionamiento con usuarios y alternativas que apoyan sus procesos.	Moderniza y mejora la eficiencia de los servicios bancarios e instituciones financieras.	Los costos y desafíos de la implementación de tecnología nueva.
Seguros	Emprendimientos tecnológicos para aplicación en el sector seguros.	Calculo del riesgo a través de datos y mejorar las comunicaciones entre las aseguradoras y sus clientes.	Mejora la eficiencia y la comunicación en el sector de seguros.	Potencial falta de toma de decisiones humanas en el proceso.
Trading y mercados capitales	Compra y venta de activos financieros en el mercado de capitales.	Facilita transacciones de otros tipos de activos financieros.	Hace que el trading y las inversiones sean más accesibles y eficientes.	Riesgo de pérdida financiera y volatilidad del mercado.
Gestión patrimonial	Asesorías especializadas mediante algoritmos e para ofrecer portafolios de inversión.	Asesoramiento basado en la preferencia de los usuarios.	Proporciona asesoramiento personalizado para inversiones y gestión de activos.	La tecnología puede no ser capaz de prever todas las variables del mercado.
Banca digital	Soluciones digitales a un nivel del 100%.	Ofrece soluciones completamente digitales.	Facilita el acceso y la gestión de las finanzas bancarias.	Posibles problemas de seguridad y privacidad.
Crowdfunding	Financiación de ideas, proyectos o productos a través de un conjunto de personas o entidades.	Donaciones, bienes raíces, recompensa, capital y deuda.	Facilita la financiación de proyectos e ideas.	Riesgo de no alcanzar la meta de financiación y pérdida de inversión.

Fuente: Elaboración propia adaptada de Moreno [10].

b. El Crowdfunding

El "crowdfunding" o financiamiento colectivo es una estrategia de recaudación de fondos que conecta directamente a personas dispuestas a aportar recursos financieros con aquellas que necesitan fondos para desarrollar un proyecto específico. Este tipo de intercambio de dinero generalmente se realiza a través de convocatorias públicas en Internet.

Aunque el concepto de reunir dinero de un grupo de personas para apoyar una causa o iniciativa no es algo nuevo, lo que distingue al crowdfunding es su uso de Internet y plataformas web especializadas para presentar proyectos al público y facilitar transacciones en línea. Además, las plataformas de crowdfunding funcionan como medios de comunicación y herramientas de marketing vinculadas a las redes sociales, lo que permite promocionar nuevos negocios e integrar participantes con diversos perfiles, capacidades de inversión y tolerancias al riesgo.

Estas plataformas promueven la transparencia al permitir que los posibles inversores o donantes interactúen en línea con quienes proponen los proyectos, participen activamente y hagan un seguimiento de las campañas en sus diferentes etapas. Esto aporta un elemento adicional de seguridad y confianza al proceso de financiación colectiva.

La tabla 2 presenta varios modelos de crowdfunding, cada uno con sus propias características, riesgos y tipo de empresas que los solicitan.

Tabla 2: Modelos de Crowdfunding.

Modelo de Financiamiento	Definición	Características	Aspectos Positivos	Aspectos Negativos	Empresa Solicitante
Donación	Donaciones para causas sociales, sin ánimo de lucro.	Filantrópico, No requiere retorno.	Beneficio social, Alcance global.	Sin beneficio financiero, Riesgo de fraude.	Emprendimientos sociales, artísticos o educativos.
Recompensa	Beneficio no financiero.	No monetario, puede ser un obsequio.	Retroalimentación temprana.	Bajo retorno financiero, Riesgo de no entregar.	Startups que requieren capital.
Préstamo	Devuelve el capital más intereses, en el plazo establecido.	Basado en deuda, Plazo y tasa de interés preestablecidos.	Tasas de interés predecibles, Facilita el acceso al capital.	Riesgo de impago, Deuda acumulativa.	Empresas en operación con flujo de caja positivo.
Patrimonio	Participación mediante acciones, en empresas privadas.	Basado en equidad, Potencial de alta recompensa.	Posible alto retorno financiero, Participación en la empresa.	Alto riesgo, Posible pérdida de inversión.	Empresas en operación con proyecto para implementar.
Bienes raíces	Financiamiento o participación en proyectos de bienes raíces.	Inversión en propiedades, Medio riesgo.	Posible buen retorno, Diversificación de cartera.	Riesgo de mercado inmobiliario, Depende de constructora.	Constructoras buscando financiamiento económico.
Préstamo convertible	Préstamos a corto plazo que se convierten en acciones.	Basado en deuda, Conversión en equidad.	Potencial alto retorno, Participación temprana en startup.	Alto riesgo, Posible pérdida de inversión.	Startups que necesitan capital para el avance de proyecto.

Fuente: Elaboración propia basada en la propuesta de Moreno [10].

En Colombia, el crowdfunding se rige por el Decreto 1357 de 2018. Este decreto se estableció en consonancia con los esfuerzos del Gobierno Nacional para fomentar la inclusión financiera en los últimos años, enfocándose en facilitar el acceso a las opciones de financiamiento para ciertos sectores de la economía con necesidades específicas en este ámbito, como Pymes. Además, el decreto tiene como objetivo establecer un marco normativo para la financiación colaborativa de proyectos productivos mediante valores.

c. Empresas de servicios energéticos (Esco) en Colombia

Las empresas privadas que se dedican a la estructuración técnica y financiera, implementación y operación de proyectos de eficiencia energética y de fuentes no convencionales de energía renovable son conocidas en el mercado como ESCOs (Energy Services Companies). Cada ESCO tiene una capacidad financiera y un modelo de negocio únicos, y generalmente participan en el desarrollo de sistemas de generación solar a pequeña escala (menos de 1 MW), mini-centrales hidroeléctricas y sistemas de cogeneración de energía.

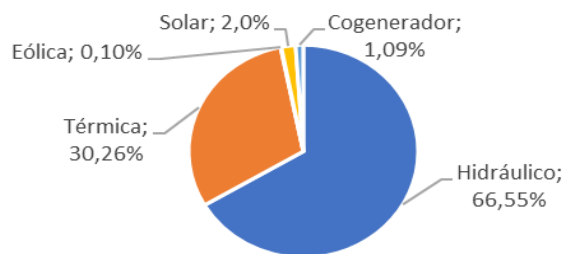
En Colombia, las ESCOs juegan un papel crucial en el desarrollo de proyectos de energía renovable. Pymes que tienen potencial para el desarrollo de proyectos solares, a menudo carecen de los conocimientos técnicos o tienen el músculo financiero suficiente para el desarrollo de los proyectos. En este contexto, las ESCOs proporcionan una solución integral, que incluye auditorías estudios de pre-factibilidad, diseño, suministro, instalación, operación y mantenimiento de proyectos. Además, ofrecen esquemas de financiación flexibles, con diferentes modalidades de contratos que pueden personalizarse según la medida de cada proyecto.

d. Mercado eléctrico en Colombia

A inicios de los años 90, el sector eléctrico de Colombia sufrió un deterioro en su rendimiento debido a la escasez de lluvias, conocida como fenómeno de El Niño y deficiencias operativas de las plantas térmicas. Esto resultó en un racionamiento significativo de energía. Durante este periodo, el gobierno impulsó la renovación y construcción de nuevas plantas de generación, añadiendo 400 MW a la capacidad existente y posteriormente, entre 1995 y 1999, otros 1950 MW.

Para incentivar la inversión en la capacidad de generación, el sector eléctrico se reestructuró hacia un mercado competitivo e implementó incentivos como el "Cargo por Capacidad". Este sistema fue sustituido en 2007 por el "Cargo por Confiabilidad", una estrategia de remuneración diseñada para garantizar la inversión en generación eléctrica necesaria para cubrir la demanda en situaciones críticas de abastecimiento. Estos cambios condujeron a un incremento considerable en la capacidad de generación térmica y al desarrollo de nuevas plantas de generación, especialmente hidroeléctricas.

Sin embargo, la dependencia de Colombia en la generación hidroeléctrica (ver figura 3) ha dejado al sistema vulnerable a los ciclos hidrológicos, contribuyendo a la volatilidad de los precios de oferta de los generadores [15]. Esto quedó evidente durante el fenómeno de El Niño en 2015-2016, que llevó a un incremento sin precedentes en los precios de la energía.



■ Hidráulico ■ Térmica ■ Eólica ■ Solar ■ Cogenerador

Figura 3: Canasta Energética del Mercado Colombiano.

Fuente: XM, 2023. [16].

Respecto a los incentivos para crear nuevos proyectos en energía renovables, en Colombia ya se han tomado medidas que pueden ayudar a la adopción de este tipo de energía. Por tal razón, el gobierno nacional implementa la Ley 1715 de 2014. Esta ley provee un nuevo esquema legal para promover la inversión, investigación, desarrollo y uso de la energía no convencional, incluyendo: viento, geotérmica, fotovoltaica y biomasa.

La ley crea incentivos donde se estimula y promueve este tipo de tecnologías a través de incentivos tributarios, la aplicación de depreciación acelerada de los activos a cinco años, se eximen del IVA los elementos, equipos, maquinaria para la ejecución de estos proyectos.

En la actualidad, el gobierno nacional colombiano ha discutido sobre la importancia de la integración de energías renovables en la matriz energética, un enfoque que está en consonancia con el objetivo que es la descarbonización de la economía. En años anteriores, el país ha facilitado una serie de subastas tanto a largo plazo como de confiabilidad para proyectos relacionados con las “Fuentes de Energía Renovable” con el fin de incrementar la generación de energía a partir de proyectos eólicos y solares.

A partir de la revisión teórica y del análisis de las restricciones financieras que enfrentan las Pymes y las ESCOs en el sector energético colombiano, en la figura 4 se propone el siguiente modelo conceptual de articulación Fintech-Esco-Pyme. El modelo conceptual sirve como base para la formulación de las hipótesis planteadas y orienta la estrategia metodológica adoptada en el estudio. Este esquema integra los elementos estructurales que condicionan la inversión en energías renovables y el potencial rol catalizador de los mecanismos Fintech como alternativa de financiación complementaria al sistema bancario tradicional.

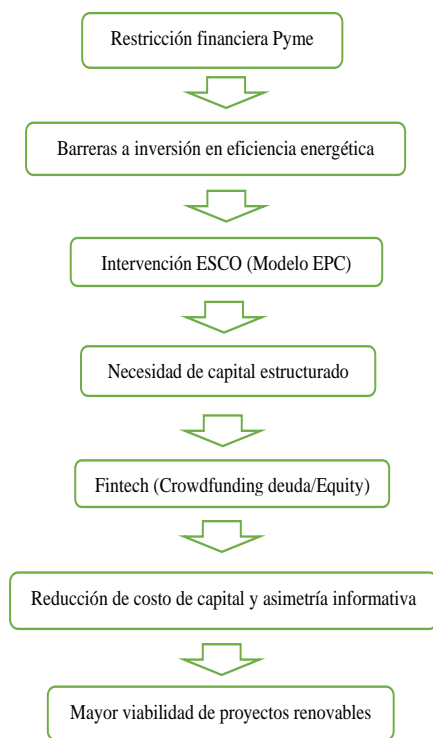


Figura 4: Modelo conceptual de articulación Fintech-ESCO-Pyme.
Fuente: los autores.

El modelo sugiere que las restricciones financieras constituyen una barrera inicial que limita la ejecución de proyectos energéticos. Las ESCOs actúan como estructuradores técnicos y financieros, pero requieren fuentes de capital flexibles. En este contexto, los mecanismos Fintech (especialmente el crowdfunding) pueden reducir asimetrías de información y ampliar el acceso a capital, lo cual podría contribuir a mejorar la viabilidad financiera de proyectos renovables en el segmento Pyme.

III. METODOLOGÍA

Esta investigación de naturaleza cualitativa y cuantitativa permite según su proceso metodológico el análisis de la información de los proyectos de generación de electricidad presentados y vigentes, los cuales accedieron a financiación para su ejecución a través de tecnologías financieras. Se precisa que, aunque el enfoque predominante es cuantitativo, también se consideraron elementos cualitativos, lo cual nos permitió adoptar para la investigación un enfoque mixto.

En la dimensión cuantitativa, se realizó un análisis de datos secundarios provenientes de fuentes oficiales como la UPME y el Ministerio de Minas y Energía, centrado en la evolución de los proyectos de energías renovables en Colombia durante el periodo 2015-2023. En el componente cualitativo, se tuvo en cuenta el resumen de entrevistas aplicadas en otras investigaciones, con actores del ecosistema como el caso de las ESCOs, Pymes y expertos en sostenibilidad para identificar barreras financieras y percepciones sobre la viabilidad de implementar modelos de financiamiento colaborativo. Esta información cualitativa se incorporó en forma de síntesis en la discusión y conclusiones del trabajo de nuestra investigación.

La metodología propuesta se estructuró bajo los siguientes componentes:

- Fase 1. Análisis y revisión documental complementaria de estudios académicos y reportes institucionales sobre el ecosistema Fintech en relación con el panorama del crowdfunding en Colombia, especialmente en el sector energético. Aunque los datos cuantitativos principales provienen de fuentes como la UPME, también se consideraron estudios de la Cámara Colombiana de Fintech y artículos recientes que analizan las tendencias de plataformas de financiación colaborativa con enfoque sostenible.
- Fase 2. Acceso, análisis e interpretación de la información de los estudios y publicaciones de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) adscrita al Ministerio de Minas y Energía.
- Fase 3. Análisis e interpretación del informe del registro de proyectos de generación de electricidad, para fuentes de biomasa, eólica, geotérmica, hidráulica, solar o térmica; que incluyen el número de proyectos presentados en un espectro temporal de ocho (8) años.
- Fase 4. Análisis e interpretación del informe del registro de proyectos de generación de electricidad, con corte al primer trimestre del año 2023 que incluye el número de proyectos vigentes de generación de electricidad de fuentes eólicas, hidráulicas, solares y térmicas.

La siguiente fue la estrategia para el análisis estadístico;

- El periodo de análisis de la información comprende de los años de 2015-2023. Teniendo un $n = 9$ observaciones anuales. Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando Microsoft Excel.
- Se trabajaron dos pruebas de contrastación de hipótesis para los datos cuantitativos y una prueba para la información cualitativa.
- Prueba de hipótesis 1. Para contrastar la hipótesis H1, se aplicó una prueba t de Student para muestras relacionadas, comparando el número anual de proyectos solares registrados ante la UPME en dos periodos: 2015-2018 y 2020-2023. Se excluyó el año 2019 por considerarse un periodo de transición que podría introducir distorsiones estructurales asociadas a cambios regulatorios y coyunturales. Para la prueba t pareada, el tamaño efectivo de muestra fue $n = 4$ pares de observaciones, derivados del emparejamiento de los subperiodos definidos. Se verificaron los supuestos de normalidad de las diferencias mediante la prueba de Shapiro-Wilk y se asumió independencia estructural entre observaciones anuales, dado el carácter agregado y administrativo de los registros. El nivel de significancia adoptado fue $\alpha = 0.05$ y se calcularon intervalos de confianza al 95%. Asimismo, se estimó el tamaño del efecto mediante el estadístico Cohen's.
- Prueba de hipótesis 2. Para evaluar diferencias significativas en el número promedio anual de proyectos entre fuentes de generación (solar, eólica e hidráulica), se aplicó un análisis de varianza de un factor (ANOVA). Previamente se verificaron los supuestos de normalidad por grupo mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. En caso de encontrarse diferencias globales significativas, se aplicó la prueba post hoc de Tukey para identificar comparaciones específicas entre fuentes. El tamaño del efecto se estimó mediante eta cuadrado (η^2).
- Prueba de hipótesis 3. Para contrastar la hipótesis H3, se realizó un análisis cualitativo de carácter exploratorio-interpretativo basado en la revisión temática de entrevistas semiestructuradas previamente aplicadas en investigaciones relacionadas. La muestra estuvo conformada por siete actores clave del ecosistema energético-financiero colombiano, seleccionados mediante muestreo intencional por criterio: tres expertos del sector, dos representantes de ESCOs y dos empresarios Pyme. El análisis se orientó a identificar patrones discursivos relacionados con barreras financieras, restricciones de acceso al crédito y percepciones sobre la viabilidad de mecanismos de financiamiento colaborativo. La información fue categorizada mediante análisis temático, permitiendo triangular los hallazgos cuantitativos con evidencia cualitativa contextual. El análisis temático siguió un proceso de codificación abierta, agrupación en categorías y contraste con los hallazgos cuantitativos.

IV. RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

A partir del año 2016 se puede colegir que la generación de energía ha registrado un número de proyectos fundamentados en la fuente solar, que corresponde al 74,1% de la totalidad de proyectos presentados durante el espectro temporal de análisis. Para el año 2022 se presentaron 223 proyectos, de los cuales la fuente solar corresponde al 67,3% (ver figura 5).

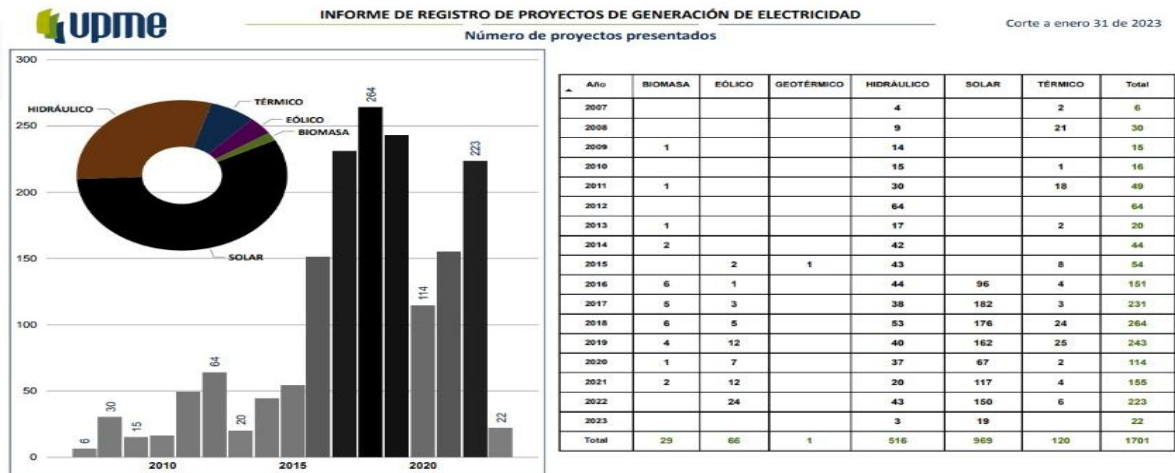


Figura 5: Número de proyectos presentados.
Fuente: UPME [15].

En cuanto refiere a la contrastación de la prueba de hipótesis H1, la prueba t para muestras relacionadas no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre el número promedio de proyectos solares registrados en los periodos 2015–2018 y 2020–2023, $t(3 \text{ g.l.}) = 0,52$ $p = 0,638$. El tamaño del efecto fue pequeño ($d = 0,26$), lo que sugiere que, aunque existe una variación promedio entre periodos, esta no alcanza significancia estadística bajo el nivel $\alpha = 0,05$.

En consecuencia, no se encontró evidencia suficiente para afirmar un crecimiento estadísticamente significativo en el número de proyectos solares durante el periodo analizado. Si no hay crecimiento estadísticamente sólido en proyectos solares, entonces se colige que persisten limitaciones estructurales por lo que se justifica explorar mecanismos alternativos (Fintech-ESCO).

La Figura 6 muestra que, para el corte del primer trimestre del año 2023, existen 278 proyectos en curso. De estos, el número más significativo corresponde a los proyectos solares, con 196 en total, correspondientes al 70,5%. Siguen en orden de magnitud, 55 proyectos de tipo hídrico que representan el 19,8%. Durante el periodo de análisis para esta tipología de proyectos en promedio se ejecutaron y colocaron en marcha 35 proyectos. De igual manera, se tienen 21 proyectos de tipo eólico que corresponden al 7,6%, de los cuales 10 están ubicados mar adentro, correspondiente al 47,6%. Durante el periodo de análisis en promedio se ejecutaron y colocaron en marcha 9 proyectos de energía eólica, además, se registran 6 proyectos térmicos que corresponden al 2,1%.

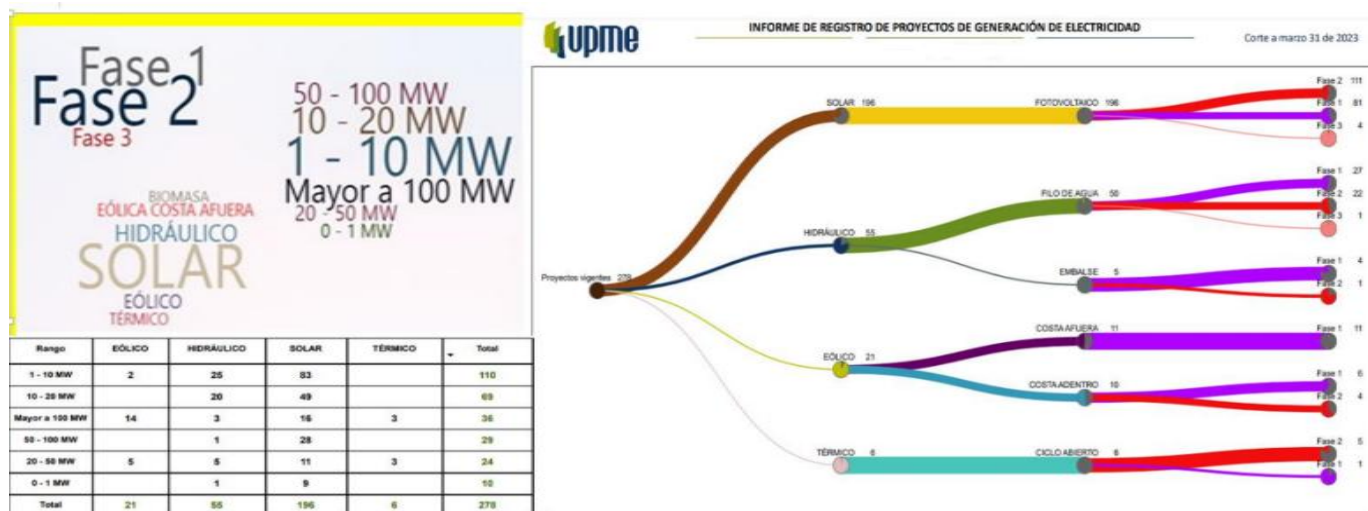


Figura 6: Número de proyectos de generación de electricidad vigentes.

Fuente: (UPME [18]).

En relación a la contratación de H2, podemos concluir que el análisis de varianza de un factor (ANOVA) evidenció diferencias estadísticamente significativas en el número promedio anual de proyectos entre las fuentes de generación solar, eólica e hidráulica ($F(2,24) = 12,04$; $p < 0,001$). El tamaño del efecto fue alto ($\eta^2 = 0,50$), lo que indica que aproximadamente el 50% de la variabilidad en el número de proyectos se explica por el tipo de fuente energética. Estos resultados confirman que la media anual de proyectos solares es significativamente superior a las demás fuentes analizadas. La prueba post hoc de Tukey reveló que la media anual de proyectos solares es significativamente superior tanto a la eólica como a la hidráulica ($p < 0,05$). No obstante, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las fuentes eólica e hidráulica.

Estos resultados permiten aceptar parcialmente la hipótesis H2, en el sentido de que la fuente solar presenta una media anual significativamente mayor que las demás fuentes analizadas.

De acuerdo con los datos presentados en la UPME [18] se evidencia una tendencia alcista en el desarrollo de proyectos de energía renovable, siendo el de mayor cantidad los proyectos de tipo solar. De igual manera y según la información divulgada por UPME [19] en este año, hasta julio se habían asignado 16000 megavatios (MW) para iniciar la generación de energía, incluyendo fuentes hidroeléctricas, térmicas y biomasa. De este total, la asignación más relevante corresponde a la solar, que representa el 62% de la capacidad total.

Después de haber realizado en el colectivo de investigación un análisis del resumen de las entrevistas aplicadas en otras investigaciones, a los diferentes actores del ecosistema, encontramos que estos coinciden en que el principal obstáculo para la implementación de proyectos de eficiencia energética en Pymes es el acceso a fuentes de financiamiento flexibles. Las ESCOs señalan una falta de incentivos y garantías suficientes por parte del Estado, mientras que las Pymes evidencian desconocimiento sobre nuevas formas de financiación. El crowdfunding es percibido como una herramienta prometedora, pero aún poco conocida entre los empresarios. Se identificó interés en modelos colaborativos que incluyan formación, acompañamiento técnico y marcos regulatorios más claros para incentivar la inversión en sostenibilidad [17].

De igual manera encontramos otros diversos aspectos al respecto del resumen de las entrevistas como:

- Las regiones Caribe y Andina concentran la mayoría de las iniciativas energéticas sostenibles.
- El acceso a financiamiento sigue siendo una barrera crítica para muchas ESCOs.
- El crowdfunding emerge como una alternativa de alto potencial para proyectos energéticos de pequeña escala.

Mediante análisis temático cualitativo con triangulación contextual, en relación con la hipótesis H3 el análisis cualitativo permitió identificar de manera recurrente que las restricciones financieras constituyen una barrera estructural para la implementación y escalabilidad de proyectos de energía renovable en el segmento Pyme colombiano. Los actores entrevistados coincidieron en señalar:

- Dificultades de acceso al crédito bancario tradicional.
- Exigencias elevadas de garantías reales.
- Tasas de interés que comprometen la viabilidad financiera de los proyectos.
- Limitaciones en montos y plazos de financiación.
- Procesos administrativos extensos para acceder a incentivos públicos.

Estos elementos configuran un entorno de restricción estructural que afecta tanto a las Pymes como a las ESCOs, particularmente en proyectos que requieren alta inversión inicial y presentan periodos de recuperación extendidos.

Por otro lado, de los proyectos presentados y que actualmente avanzan sin ningún problema, periodo 2023-2024, es del 35%. Dentro de las causas analizadas, se encuentra que los proyectos que no han podido avanzar, es por cuestiones de trámite especialmente ambiental, dificultad en la adquisición de préstamos bancarios debido a los altos costos financieros, insolvencia de los contratistas, manejo inadecuado de los anticipos, volatilidad de las variables macroeconómicas, incrementos en los costos financieros, entre otros aspectos analizados UPME [20].

V. CONCLUSIONES

La expansión y desarrollo de electricidad de un país está estrechamente ligada a su capacidad para satisfacer la creciente demanda energética. El gobierno enfrenta el desafío de equilibrar las necesidades de la población con los intereses económicos, legales, ambientales y sociales, al ampliar la capacidad de generación eléctrica. Las tecnologías financieras, como las empresas de servicios energéticos (ESCO) y el crowdfunding, desempeñan un papel para financiar las Pymes orientadas a proyectos de energía renovable. La ruta hacia la sostenibilidad energética requiere no solo tecnología, sino también alianzas estratégicas entre actores del ecosistema económico y financiero.

En relación con la hipótesis H1, la prueba t para muestras relacionadas no evidenció diferencias estadísticamente significativas en el periodo de análisis respecto con el número anual de proyectos solares. El análisis temporal no evidenció un crecimiento estadísticamente significativo entre los periodos comparados. Esto sugiere que, si bien la fuente solar domina estructuralmente el registro de proyectos, su comportamiento durante el periodo 2015-2023 ha sido fluctuante, con fases de expansión y contracción. En consecuencia, los resultados indican que el liderazgo de la energía solar en Colombia responde más a una condición estructural de preferencia tecnológica y dinámica de mercado que a una tendencia sostenida y estadísticamente significativa de crecimiento intertemporal. En conclusión el número de proyectos de generación solar en el país, no está presentando un crecimiento estadístico sostenido (t no significativa).

Por otra parte, la hipótesis H2 sí encontró respaldo empírico. La prueba posthoc de Tukey confirmó que la energía solar presenta una media anual significativamente superior a la eólica e hidráulica, mientras que estas dos últimas no difieren estadísticamente entre sí. Este resultado pone de manifiesto que la energía solar ocupa una posición dominante dentro del registro de proyectos de generación en el país durante el periodo estudiado. Podemos colegir que la energía solar domina estructuralmente el mercado (ANOVA significativo).

La integración de H1 y H2 nos permite concluir que aunque la energía solar lidera estructuralmente el número de proyectos registrados, dicho liderazgo no se traduce en una tendencia de crecimiento estadísticamente sostenida. Es decir, existe una supremacía estructural, pero no una dinámica de expansión continua.

Cuando se incorpora la evidencia cualitativa asociada a la hipótesis H3, los hallazgos cualitativos ofrecen una explicación contextual a los resultados cuantitativos. Si bien existe una preferencia tecnológica hacia la energía solar -reflejada en su mayor promedio anual- las restricciones financieras pueden estar limitando la consolidación de un crecimiento sostenido en el tiempo. En este sentido, los resultados del estudio respaldan la hipótesis H3 en la medida en que las restricciones financieras emergen como una barrera estructural que condiciona la evolución y escalabilidad de los proyectos energéticos en el segmento Pyme y ESCO.

Desde una perspectiva sistémica, la ausencia de crecimiento estadístico significativo (H1) no contradice el liderazgo estructural de la energía solar (H2); más bien revela la existencia de factores limitantes que afectan la continuidad de la expansión. La posibilidad de incorporar mecanismos Fintech, particularmente el crowdfunding, podría contribuir a mitigar las restricciones financieras identificadas, reducir asimetrías de información y ampliar el acceso a capital flexible, que operan como una barrera estructural limitando la continuidad y escalabilidad de los proyectos, condicionando la dinámica de inversión para favorecer una mayor estabilidad en la trayectoria de crecimiento de los proyectos de energías renovables en Colombia.

Una de las principales limitaciones metodológicas del componente cuantitativo radica en el tamaño reducido de la muestra efectiva utilizada para la prueba t pareada ($n = 4$ pares de observaciones), lo cual puede afectar la potencia estadística del contraste y limitar la capacidad para detectar diferencias significativas entre los subperiodos analizados. Si bien los datos corresponden a registros oficiales de carácter censal, la desagregación temporal restringe el número de observaciones disponibles para análisis inferencial paramétrico. En consecuencia, los resultados deben interpretarse con cautela y considerarse como evidencia exploratoria dentro del contexto del estudio. En este sentido, futuras investigaciones podrían ampliar el horizonte temporal o incorporar modelos econométricos con mayor número de observaciones que permitan robustecer los hallazgos aquí presentados.

VI. REFERENCIAS

- [1] The World Bank, *Reforming Power Markets in Developing Countries: What Have We Learned?*, Washington, DC: The World Bank, 2017.
- [2] D. Nong, D. B. Nguyen, T. H. Nguyen, P. Wang, and M. Siriwardana, "A stronger energy strategy for a new era of economic development in Vietnam: A quantitative assessment," *Energy Policy*, vol. 144, 111645, Sep. 2020. [En Línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111645>.
- [3] The World Bank, "GDP (current US\$)," World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files, 2020. [En Línea]. Disponible: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?end=2019&start=1960>.
- [4] S. Zapata, M. Castaneda, M. Jimenez, A. Julian Aristizabal, C. J. Franco and I. Dyrner, "Long-term effects of 100% renewable generation on the Colombian power market," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 30, pp. 183–191, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.10.008>.
- [5] E. M. Ländner, A. März, M. Schöpf and M. Weibelzahl, "From energy legislation to investment determination: Shaping future electricity markets with different flexibility options," *Energy Policy*, vol. 129, pp. 1100–1110, 2019. [En Línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.02.012>.
- [6] J. L. Christensen and D. S. Hain, "Knowing where to go: The knowledge foundation for investments in renewable energy," *Energy Research and Social Science*, vol. 25, pp. 124–133, 2017. [En Línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.12.025>.
- [7] M. Esmaili and M. Ahmadian, "The effect of research and development incentive on wind power investment, a system dynamics approach," *Renewable Energy*, vol. 126, pp. 765–773, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.04.009>.
- [8] S. Martinez Romero and W. Hughes, *Bringing variable renewable energy up to scale: options for grid integration using natural gas and energy storage*, The World Bank, 2015, pp. 1–96. [En Línea]. Disponible: <http://documents.worldbank.org/curated/en/2015/02/24141471/bringing-variable-renewable-energy-up-scale-options-grid-integration-using-natural-gas-energy-storage>.
- [9] ANIF-Centro de Estudios Económicos, *La gran Encuesta a los microempresarios*, Cámara de Comercio, 2020, pp. 1–76.
- [10] G. Moreno, "Evaluación del crowdfunding como alternativa de financiación para las Pymes colombianas del sector energético, que desarrollan proyectos de eficiencia energética y fuentes no convencionales de energía renovable," 2020, pp. 1–96. [En Línea]. Disponible: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/24421/Gianella_JuliaoMoreno_2020.pdf.
- [11] Cámara de Comercio de Medellín, *Informativo Cámara de Comercio*, Cámara de Comercio, 2023, pp. 1–52. [En Línea]. Disponible: https://www.camaramedellin.com.co/Portals/0/Documentos/2023/Informativo_Camara_2023.pdf.
- [12] Asobancaria, "Asobancaria," 2023. [En Línea]. Disponible: <https://www.asobancaria.com/>.
- [13] D. W. Arner, J. Barberis y R. P. Buckley, "The Evolution of Fintech: A New Post-Crisis Paradigm?," University of Hong Kong Faculty of Law Research Paper, No. 2015/047, Oct. 2015. [En Línea]. Disponible: <https://ssrn.com/abstract=2676553>.
- [14] Colombia Fintech, *Informe Económico Colombia Fintech*, Asociación Colombiana de Empresas de Tecnología e Innovación Financiera, 2022, pp. 1–37.
- [15] L. Gaudard and F. Romerio, "Reprint of 'The future of hydropower in Europe: Interconnecting climate, markets and policies'," *Environmental Science and Policy*, vol. 43, pp. 5–14, 2014. [En Línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.05.005>.
- [16] XM, "Informe del mercado eléctrico colombiano 2023," 2023. [En Línea]. Disponible: <https://www.xm.com.co>.
- [17] A. Tuesta, C. Porras y A. Lavigne, *Financiamiento colectivo para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: el potencial del crowdfunding*, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Washington, DC, 2020. [En Línea]. Disponible: <https://publications.iadb.org/es/financiamiento-colectivo-para-el-desarrollo-sostenible-en-america-latina-y-el-caribe>.
- [18] UPME, *Informe de Registro de Proyectos de Generación Inscripción según requisitos de las Resoluciones UPME No. 0520, No. 0638 de 2007 y No. 0143, Ministerio de Minas y Energía - UPME Subdirección de Energía Eléctrica*, 2023, pp. 1–37. [En Línea]. Disponible: http://www.siel.gov.co/Generacion_sz/Inscripcion/2021/Registro_marzo_2021.pdf.
- [19] UPME, *Informe De Avance Proyectos De Generación*, vol. 69, pp. 1–7, 2023. [En Línea]. Disponible: www.upme.gov.co.
- [20] UPME, "Informe de seguimiento a proyectos energéticos 2023–2024," Unidad de Planeación Minero Energética, Bogotá, Colombia, 2024. [En Línea]. Disponible: <https://www.upme.gov.co/informes/proyectos2023-2024.pdf>.