

tono

Revista Científico-Técnica de la Empresa
de Telecomunicaciones de Cuba S.A.



Publicación Semestral Vol.21 - No. 1 - 2025

RNPS: 0514 ISSN: 2224-6274

Tono, Revista Científico-Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A.

Las opiniones de los autores expresadas en los artículos reflejan sus puntos de vista, pero no necesariamente coinciden con los criterios del consejo editorial.

Los artículos en esta publicación han sido sometidos a revisión por pares a doble ciego.



Portada:
IA

Contáctenos

Dirección de Vigilancia e Información Científico-Técnica de ETECSA

Dirección: Centro de Negocios Miramar, calle 3ra, e/ 76 y 78, Edificio Beijing, 4to Piso, oficina 404. Playa, C.P.: 11300. La Habana, Cuba.

Teléfono : (53) 7266-8453

Correo electrónico: tono@etecsa.cu

Sitio web: www.revistatonoetecsa.cu



Comité científico asesor

MSc. Melissa Saltiel Delgado

MSc. Mirta Julieta García García

MSc. María del Pilar Caso Álvarez

MSc. Alberto García García

MSc. Fidel Mirabal Puig

Consejo Editorial

Director/a de la revista

MSc. Grisel Ojeda Amador

Editor(a) ejecutivo

Lic. Alena Bastos Baños

Editor(a) de sección

Lic. Inés María León Martínez

Corrección

Lic. Mirta Ulloa Ferreiro

Traducción

Lic. Armando Camejo Hernández

Lic. Luis Mario Caso González

Diseño y maquetación

Di. Marcel Mazorra Martínez

Asistencia técnica y programación

Ing. Maritza de la C. Menéndez Figueredo

Revisión de datos

Lic. Alejandra Alpízar Carracedo

Ing. Darian Díaz García

Árbitros

Dr.C. Glauco Antonio Guillén Nieto, LACETEL

Dr.C. Osvaldo Andrés Pérez García, CENATAV

MSc. Sandra Almodóvar Núñez, CPNNA

Dr.C. Alain Garófalo Hernández, CUJAE

Dr.C. Caridad Anías Calderón, CUJAE

MSc. Ana Margarita Méndez Ramos, ETECSA

MSc. Ing. Alberto Javier García García, ETECSA

MSc. Ing. Fidel Mirabal Puig, ETECSA

Ing. Joel Pérez Hernández, ETECSA

Ing. Juan Enrique Pretel Lemes, ETECSA

Ing. Kevin Castro Rodríguez, ETECSA

MSc. Arelys Emiliana Ramos Fleites, UCLV

Dr.C. Félix Álvarez Paliza, UCLV

Dr.C. María Matilde García Lorenzo, UCLV

Dr.C. Arturo César Arias Orizondo, UCI

Dr.C. Omar Correa Madrigal, UCI

Dr.C. Lindsay Alonso Gómez Beltrán, Univ. Camagüey

Dr.C. José Raúl Vento Álvarez, UPR

Dr.C. Gregory Randall, Univ. de la República, Uruguay



Estimados lectores:

Con gran satisfacción se presenta este nuevo número de la revista *Tono*, que refleja como ninguno la vitalidad y el ingenio de la comunidad científico-técnica. Cada artículo aquí reunido demuestra una vez más que la innovación en Cuba se nutre de una poderosa combinación: la comprensión de las tendencias globales y la capacidad creativa para aplicarlas a nuestro contexto con soluciones prácticas de alto impacto.

El hilo conductor de este número es, sin dudas, la transformación digital que se ha venido dando desde comienzos del siglo. Se abordará ese fenómeno desde sus cimientos con el análisis propuesto en el artículo “Redes para la Inteligencia Artificial e Inteligencia Artificial para las redes”. Este trabajo establece el diálogo con una de las temáticas más recurrentes en el ámbito científico en los últimos años: la Inteligencia Artificial (IA). El enfoque teórico de este primer artículo se complementa con las otras investigaciones ofrecidas en este número. Un excelente ejemplo de lo anterior es “Herramientas sobre *Python* para estudios de comportamiento de los *Pools* Ips en los BRAS”, que emplea *software* libre para optimizar y diagnosticar nuestra red existente. Es una muestra más de inteligencia práctica que resuelve problemas concretos con recursos al alcance de la mano.

La misma vocación por la eficiencia plasma el artículo “Evaluación dinámica de KPIs empresariales optimizando la gestión territorial mediante *DashBoard*”. En un país, donde la racionalización de los recursos es crucial para el desarrollo, esta propuesta pone la data al servicio de la decisión estratégica, permitiendo una gestión visual, ágil y basada en evidencias para mejorar el desempeño colectivo.

En el plano de la infraestructura física, la “Implementación de un sistema de antenas inteligentes con haz conmutado” promete un salto cualitativo en el uso eficiente del espectro radioeléctrico, mejorando la calidad de servicios para los usuarios. Asimismo,

el “Control Inalámbrico de plataformas pesadas basado en Arduino y módulo Xbee” prueba que la automatización de procesos industriales complejos es posible con soluciones *hardware* abierto, accesibles y desarrolladas localmente.

Cerramos este recorrido con una celebración: “Transfermóvil, 10 años con nosotros”. Más que una aplicación, es un símbolo de lo que se puede lograr con el conocimiento de los especialistas cubanos. Su historia es un recordatorio de que la tecnología, cuando se concibe con un propósito de servicio público, puede integrarse en la vida de los cubanos y transformar los hábitos más arraigados de una nación.

Este número es, en síntesis, un testimonio de soberanía tecnológica. El colectivo de la revista agradece a cada autor y colaborador por compartir sus trabajos y enriquecer la ciencia y la técnica nacional.

**Grupo Editorial
Revista Científico-Técnica Tono**

COLABORACIÓN

Redes para la Inteligencia Artificial e Inteligencia Artificial para las Redes: Implicaciones para las Telecomunicaciones

Networks for Artificial Intelligence and Artificial Intelligence for Networks: Consequences for Telecommunications Industry

Sra. Maryleana Méndez Jiménez, MSc. Luis Mauricio Torres Alcocer

8

INVESTIGACIÓN

Herramienta sobre Python para estudios de comportamiento de los Pool IPs en los BRAS

BRASPython tool for studying IP pool behavior in BRAS

MSc. Elio Ramón Ávila Rodríguez

27

Evaluación dinámica de KPIs empresariales optimizando gestión territorial mediante Dashboard

Dynamic Assessment of Business KPIs: Optimizing Territorial Management Through a Dashboard

Ing. Reidel Rodríguez Perdigón, MSc. Yaribey Alfonso Pérez

39

Implementación de un sistema de antenas inteligentes con haz conmutado

Implementation of a switched beam antenna system

Ing. Alexander Rogelio Ramírez Zaldívar, Ing. Yunior Ibarra Guerra, Dr.C.T. Noslen Rojas Ramírez

50

Control inalámbrico de plataformas pesadas basado en Arduino y módulos XBee

Wireless control of heavy rotating platforms based on Arduino and XBee modules

Ing. Jorge H. Vázquez Leiva, MSc. Yordany Vélez Rodríguez, Ing. Randy Ing. Mustelier Rivero, Ing. Michel Buzón Tur

66

CRONOLOGÍA

Transferrmóvil, 10 años con nosotros

Transferrmóvil, 10 years with us

MSc. Julio Antonio García Trápaga

81

Redes para la Inteligencia Artificial e Inteligencia Artificial para las Redes: Implicaciones para las Telecomunicaciones

Networks for Artificial Intelligence and Artificial Intelligence for Networks: Consequences for Telecommunications Industry

Sra. Maryleana Méndez Jiménez^{1*}, MSc. Luis Mauricio Torres Alcocer²

Recibido: 07/2025 | Aceptado: 07/2025 | Publicado: 08/2025

Resumen

El desarrollo y masificación de herramientas y soluciones de IA abre oportunidades con importantes efectos positivos para virtualmente todos los sectores económicos, sociales y de gobierno. Para la industria de las telecomunicaciones la transición a la IA representa un reto, pero también una oportunidad. Por un lado, las telecomunicaciones son un habilitador de la IA, pero la intensificación del uso de servicios en línea basados en ella será un factor adicional de presión sobre las redes de conectividad, sus costos, su gestión y la sostenibilidad de las inversiones necesarias para mantenerlas y expandirlas. Por el otro, la integración exitosa de IA en la optimización y gestión de la cadena de valor de las telecomunicaciones representa una oportunidad

^{1*} Secretaria General de la Asociación Interamericana de Empresas de Telecomunicaciones (ASIET) y Directora del Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina (cet.la). maryleana@tel.lat

² Coordinador del Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina (cet.la). luismauricio@tel.lat

para generar eficiencias que impacten en la rentabilidad del negocio, así como diseñar propuestas de valor para usuarios finales y clientes industriales.

Palabras clave: IA, Telecomunicaciones, Redes, Conectividad, Ecosistema digital

Abstract

The development and expansion of AI tools and solutions creates opportunities with significant positive effects for nearly all economic, social, and governmental sectors. For the telecommunications industry specifically, the transition to AI presents not only challenges but also opportunities. On the one hand, telecommunications enable AI; however, the increased use of online services based on AI will put additional pressure on connectivity networks, their costs, management, and the sustainability of investments required to maintain and expand them. On the other hand, successfully integrating AI into the optimization and management of the telecommunications value chain creates opportunities to increase business profitability and design value propositions for end users and industrial customers.

Keywords: AI, Telecommunications, Networks, Connectivity, Digital Ecosystem

Introducción

El desarrollo de herramientas y soluciones de IA generan un impacto positivo en todos los sectores, aunque es importante atender a los riesgos asociados a su uso. La transformación es relevante para los sectores relacionados con la conectividad, infraestructura y sistemas digitales. En específico, para la industria de las telecomunicaciones la transición a la adopción de IA representa un reto, pero también una oportunidad.

Por un lado, las telecomunicaciones son un habilitador de la IA, pero la intensificación del uso de servicios en línea basados en ella será un factor adicional de presión sobre las redes de conectividad, sus costos, su gestión y la sostenibilidad de las inversiones necesarias para mantenerlas y expandirlas. Por el otro, la integración

exitosa de IA en la optimización y gestión de la cadena de valor de las telecomunicaciones representa una oportunidad para generar eficiencias que impacten en la rentabilidad del negocio, así como diseñar propuestas de valor para usuarios finales y clientes industriales. Adicionalmente, la IA puede ser un habilitador y catalizador de la transición de las empresas de telecomunicaciones a empresas proveedoras de soluciones tecnológicas apalancadas en capacidades y recursos relacionados con la infraestructura y gestión de redes de conectividad.

La Revolución de la IA comienza

Los avances de la IA en los últimos años la posicionan como una de las tecnologías con mayor capacidad para transformar a la economía y la sociedad al automatizar tareas a escala, toma de decisiones y generar capacidades organizacionales a la medida (Basso et al, 2025). El potencial esperado del uso de IA radica en su capacidad de procesar información y automatizar procesos complejos, y generar eficiencias e innovación en las economías y las sociedades digitales modernas. Y aunque existen obstáculos para su despliegue, masificación y escalamiento a corto plazo, su adopción es inminente. La tecnología se convierte rápidamente en una capa fundamental de los procesos de creación de valor público y económico, así como en las experiencias de usuarios de servicios y sectores productivos en el ecosistema digital que la empleen.

No es sencillo definir con claridad qué es la IA. En general, la diversidad de definiciones se centra sobre su intención o capacidad de cumplir con objetivos y realizar funciones relacionadas con, o al menos, imitando a las habilidades e inteligencia humanas: percibir, razonar, tomar decisiones, reaccionar y relacionarse con el entorno, así como interiorizar procesos de entendimiento, aprendizaje y retroalimentación (Sheikh et al, 2023). El Grupo de Expertos de alto nivel sobre IA de la Comisión Europea la define como sistemas que demuestran un comportamiento inteligente al analizar su entorno y tomar acciones, con cierto grado de autonomía, para alcanzar objetivos específicos (Comisión Europea, 2018). También categoriza a la tecnología en dos

tipos básicos, aquellos sistemas basados puramente en software, actuando en el mundo virtual (asistentes de voz, software de análisis de imágenes, motores de búsqueda, sistemas de reconocimiento de voz y de rostros), y los que pueden estar integrados en dispositivos físicos (como robots avanzados, vehículos autónomos, drones o aplicaciones del Internet de las Cosas).

Otra tipología útil para clasificar a la IA es de acuerdo con sus aplicaciones prácticas (Sheikh et al, 2023). Existen al menos cinco tipos generales para el uso cotidiano: *Machine Learning*, *Computer vision*, *Natural language processing* (procesamiento de lenguaje natural), *Speech recognition* (reconocimiento de lenguaje natural) y Robótica. Existen también aplicaciones que combinan diversas funcionalidades de estos tipos como la IA generativa (Gen AI) para creación de contenido o el Edge AI o IA en el borde, que realiza procesamiento de inteligencia artificial localmente en dispositivos y no en la nube (Anexo 1). Todos ellos con diversas características y usos potenciales que en su conjunto comienzan a revolucionar la economía y sociedad digital, y la operación de las redes.

La IA requiere de tres capas de habilitadores fundamentales para su despliegue y escalamiento: (1) el acceso a grandes volúmenes de datos para entrenar y operar modelos, (2) infraestructura de datos como *data centers* y plataformas de nube para el almacenamiento y procesamiento computacional de datos y (3) redes de comunicación electrónica para el intercambio de datos y las operaciones distribuidas de IA (Stryker, 2024).

Los sistemas inteligentes se incrustan en la infraestructura y procesos relacionados con la transformación digital de servicios públicos y privados, así como de usos industriales en una amplia gama de sectores. Además, la IA generativa se vuelve una herramienta digital al alcance de cada vez más personas y trabajadores. Su aceptación y uso masivo redefinirá la manera en que la gente y las empresas se relacionan con los entornos digitales y físicos, lo cual tiene importantes implicaciones para el ecosistema digital en general y las telecomunicaciones en lo particular.

Redes para la IA - IA para las redes: implicaciones para el ecosistema digital y las telecomunicaciones

Las telecomunicaciones se posicionan en una intersección clave ante el avance de la era de la IA: las redes como elemento clave para el desarrollo y aprovechamiento de la IA, y la IA como recurso estratégico para el mejoramiento de las redes y los modelos de negocio en las telecomunicaciones (Jarich, 2025). Por un lado, las redes soportan las tareas computacionales, comunicaciones e intercambio de datos necesarios para el desarrollo, entrenamiento y despliegue de aplicaciones de IA. De igual manera que en anteriores auges de la digitalización, las redes serán el principal habilitador del desarrollo de tecnologías digitales como la IA.

Sin embargo, la IA será igualmente una tecnología disruptiva y su impacto avanzará rápidamente entre sectores productivos y arenas sociales (Ericsson, 2022; Jarich, 2025). Las aplicaciones de IA para consumidores finales se democratizan y atraen a cada vez más usuarios. La innovación se dispara en los casos de uso y aplicaciones, generales e industriales, así como en las estrategias competitivas en economías, mercados, negocios y organizaciones para aprovechar la IA. Todo en un contexto de alta complejidad para los entornos digitales y las telecomunicaciones. Las operaciones de las telecomunicaciones se diversifican de la voz, texto y datos a soluciones de redes inteligentes que requieren ser entregadas de manera simultánea. Se prioriza la necesidad de mayor capacidad para sostener el creciente tráfico de datos generado por nuevas aplicaciones y se multiplican los dispositivos conectados en especial en entornos de Internet de las Cosas (IoT). Los riesgos de seguridad se vuelvan más difíciles de gestionar. Los clientes demandan experiencias de usuarios de calidad emparejadas con sus expectativas de uso de entornos digitales y los sectores productivos buscan nuevos servicios de conectividad que los ayude a crear oportunidades de negocio.

Por el otro lado, la IA promete oportunidades para las economías y los negocios, lo que representa una ventana para su uso en las redes y operaciones de las telecomunicaciones. Al igual que otros sectores e industrias, las telecomunicaciones avanzan en la adopción de soluciones de

IA en diversos segmentos de la cadena de valor para mejorar su oferta de valor, generar eficiencias, incrementar la rentabilidad y productividad, así como permanecer competitivos en un contexto sectorial complejo.

El futuro de la conectividad y las redes de telecomunicaciones en la era de la IA

La masificación soluciones de IA entre sectores productivos, usuarios finales del ecosistema digital y plataformas públicas impactará en el tráfico de datos sobre las redes, la demanda por infraestructura y servicios de conectividad, y también en nuevos requerimientos y capacidades en los procesos de gestión de las redes que soportan la totalidad del ecosistema digital. Lo anterior implica un reto para el mantenimiento y la expansión de infraestructura, al igual que la sostenibilidad de las inversiones en redes. En primer lugar, es muy probable que en los siguientes años las redes experimenten un crecimiento significativo de tráfico y necesidades de intercambio de datos relacionados con IA. De acuerdo con análisis de Omdia, en 2024 el 8% del tráfico en las redes estaba relacionado con tráfico nuevo de Inteligencia Artificial, tanto en software o soluciones nativas de IA (casos de uso que no existirían sin la IA) o de programas con funcionalidades aumentadas con IA (servicios que existían antes de la IA pero que ahora se mejoran algunas funcionalidades con su incorporación) (Korolov, 2025). En paralelo, el 27% del tráfico se concentró en las funcionalidades de software y aplicaciones que no están relacionadas con IA (aunque las aplicaciones tengan funcionalidades de ese tipo). El tráfico convencional, es decir de aplicaciones sin ninguna funcionalidad de IA, representó el 66% del total. Se espera que los 39 exabytes de tráfico relacionado con IA registrados en 2024 lleguen hasta los 79 exabytes en 2025. Además de proyectarse que el ritmo de crecimiento del tráfico de IA sea superior al crecimiento del tráfico convencional (Holma, 2024). Hacia 2030 es posible que más de dos tercios del tráfico en las redes involucrará IA, especialmente en contenidos de video e imagen (Shrivastava et al, 2025; Javaid y Zerbib, 2024).

Lo anterior se atribuye a casos de uso masivos como la IA generativa, chatbots, experiencias inmersivas de realidad virtual/aumentada, videojuegos y streaming generado por IA. Pero también su uso para optimización de soluciones y plataformas digitales, enlaces de comunicaciones (*uplink* y *downlink*), comunicación entre dispositivos, sensores y procesamiento de datos (máquina a máquina), plataformas y sistemas industriales en tiempo real. Los servicios de nube impulsados por IA requieren intercambio de datos: subida de datos e información para análisis, procesamiento, entrega de resultados de las aplicaciones IA y sensores de IoT que entregan datos a motores de IA.

En segundo lugar, existirán nuevos requerimientos en las redes y dispositivos de la infraestructura para soportar aplicaciones centradas en IA. Es decir, no únicamente se registrará un aumento del tráfico sobre las redes, sino que la capacidad de estas tendrá que ser superior para transportar paquetes más grandes, y mantener continuidad y calidad en el servicio de conectividad. Lo anterior incluye la necesidad de disponer de más espectro para banda ancha móvil, especialmente en bandas medias para 5G, antes de lo esperado para cumplir con la demanda de conectividad. Sin más oferta de espectro a precios asequibles ante las condiciones de los mercados locales se corre el riesgo de experimentar congestión, reducción en calidad de servicio y falta de capacidades para el desarrollo de nuevos casos de uso de IA (Accenture, 2025). Para operadores puede significar también la necesidad de implementar medidas de eficiencia para uso y asignación de espectro, *refarming* o la reasignación de bandas de frecuencia de espectro 2G/3G a 5G para impulsar la capacidad.

Habrá un incremento en la demanda por ancho de banda y *backhaul* de fibra óptica para aplicaciones intensivas en paquetes de datos (video, IA generativa, aplicaciones en tiempo real, etc.). Otra consideración necesaria será vinculada con las soluciones de IA que requieren de baja latencia (atendible con 5G) por su sensibilidad a la inconsistencia y variabilidad en la transmisión de datos (Houpis et al, 2024). Algunas de estas aplicaciones de IA son las utilizadas en soluciones industriales de IoT, realidad virtual/aumentada (AR/VR) y servicios en tiempo real como traducciones, videojuegos, vehículos autónomos, o más aún la telemedicina con intervenciones médicas robóticas remotas.

La segmentación de red (*network slicing*) puede ayudar a satisfacer las demandas impulsadas por la IA (Jarich, 2025), mediante la partición de las redes para adaptar cada segmento a las necesidades específicas y diferenciadas de latencia, ancho de banda, parámetros técnicos y priorización en la red. Lo cual ayudaría a gestionar, garantizar el servicio y priorizar la complejidad del tráfico y generado en un ecosistema digital con IA. Sin embargo, las necesidades de inversión para su implementación, la complejidad operativa y la inmadurez de algunos modelos de negocio para su aplicación dificultan el panorama para su desarrollo. Las funcionalidades de IA que necesiten baja latencia podrían dirigir a la descentralización de la distribución de centros de datos para el procesamiento de información, el rediseño de redes y la integración de componentes con nuevas especificaciones de hardware (por ejemplo, con chips de procesamiento) (*Body of European Regulators for Electronic Communications* [BEREC], 2023). Esto traerá dificultades para la inversión en equipos, la integración con sistemas de hardware y software legados y la implementación de esquemas OpenRAN en el contexto de cambios técnicos de equipos (Uitto, 2024).

Finalmente, en tercer lugar, se encuentra la necesidad de transformar el diseño y funcionamiento de la infraestructura (Javaid y Zerbib, 2024; Pearson, 2024). En este sentido, el *Edge Computing* en las redes para acortar las distancias de intercambio de datos al acercar el procesamiento cerca de los dispositivos, sería de utilidad para complementar los esfuerzos por cubrir los requerimientos de una red influida por la IA y reducir la dependencia en los segmentos *backhaul* de las redes (BEREC, 2023). De igual manera, los operadores deberán priorizar las inversiones para aumentar la capacidad de la Red de Acceso Radioeléctrico (*Radio Access Network*, RAN) (Jarich, 2025; Holma, 2024). Esta parte de la red es fundamental para entregar velocidad y capacidad en la última milla a usuarios.

Es importante mencionar la relevancia que tiene el acceso a energía y centros de datos en arenas adyacentes de la cadena de valor de las telecomunicaciones para el funcionamiento eficiente de las soluciones de IA.

Los retos que impone la IA en el mercado de las telecomunicaciones

Las redes de telecomunicaciones son la columna vertebral de la transformación digital. Sobre ellas sucede el tráfico de datos necesario para la provisión de servicios en línea y han permitido el desarrollo de un ecosistema digital global. En olas anteriores de digitalización, la infraestructura de conectividad ha soportado y habilitado tráfico generado por plataformas de servicios digitales y consumido por usuarios finales e industriales para su aprovechamiento. Las redes han permitido la transición de servicios de telefonía y mensajería al proveedor de Internet e infraestructura de redes, así como el surgimiento de la revolución digital impulsada por la masificación de los dispositivos móviles inteligentes y *smartphones*.

Sin embargo, las empresas de telecomunicaciones no han logrado capturar ingresos de manera proporcional al crecimiento del tráfico global asociado al surgimiento de tecnologías disruptivas como la introducción de los teléfonos inteligentes (*smartphones*), plataformas y servicios digitales, así como el tráfico por *streaming* de video y consumo masivo de redes sociales. Entre 2010 y 2023 el tráfico de datos móviles a nivel global creció más de 60%, mientras que los ingresos totales de las telcos se mantuvieron casi constantes con un crecimiento de apenas 1% (Shrivastava et al, 2025). En América Latina, desde 2015 hasta 2023 el ingreso promedio por usuario (ARPU) en términos reales ha caído hasta en 40% para algunos operadores en la región, y la rentabilidad de las inversiones se mantiene también a la baja (cet.la y NERA, 2025).

Además, los requerimientos de inversión necesarios para hacerle frente a los retos de tráfico y presión sobre las redes imponen desafíos para la sostenibilidad de la infraestructura. El Centro de Estudios de Telecomunicaciones y NERA estiman que hasta 2030 serán necesario invertir 49.100 millones de dólares, adicionales a los previstos para las operaciones de redes: 17.000 millones de dólares para cerrar las brechas digitales y modernizar las redes, y otros 32.000 millones de dólares para ampliar la capacidad de las redes para poder cursar el aumento del tráfico (et.al y NERA, 2025). Los montos anteriores

pueden subestimar el impacto y crecimiento de las funcionalidades de IA: algunas estimaciones indican que la Inteligencia Artificial agregará entre 20% y 80% de tráfico a las redes móviles, adicionales a lo previamente proyectado (Powell y Hatt, 2025).

El despliegue y masificación de la IA en los entornos digitales impone retos para los operadores: el incremento en la demanda por conectividad y tráfico de datos, así como una mayor complejidad de la operación de las redes. El crecimiento exponencial del tráfico en las redes, el estancamiento de los ingresos, la intensa regulación y competencia en el ecosistema digital, las dificultades para incrementar la rentabilidad y los altos requerimientos de inversión en infraestructura representan tendencias de la industria de telecomunicaciones que amenazan su desarrollo.

La pregunta crítica para el negocio de las telecomunicaciones es si la adopción de IA en la industria y la economía en general se traducirá en una oportunidad para generar valor e incrementar los ingresos necesarios para dar sostenibilidad a la inversión en redes, o si por el contrario la disrupción de la IA generará únicamente costos para la infraestructura de redes. La respuesta puede estar en la IA misma, que tiene el potencial de ser utilizada como un recurso y una capacidad tecnológica que ofrezca oportunidades al sector de las telecomunicaciones para habilitar su competitividad.

Integración de la IA a la propuesta y cadena de valor de las telecomunicaciones

La IA representa también una oportunidad para la optimización de operaciones internas de la industria de telecomunicaciones, tanto en operadores como en otros sectores relacionados con la cadena de valor de la conectividad. Es decir, no solo redes para la IA, sino IA para las redes. De hecho, en 2024 a nivel global la industria telecom es en la que más ha crecido el gasto en plataformas de IA y también el sector que más invierte como porcentaje de los ingresos (Basso et al, 2025). Una investigación de Ericsson señala que, ya en 2022, 66% de los operadores encuestados contaban con algún tipo de despliegue de IA implementado o en desarrollo (Ericsson, 2022).

Algunos estudios de mercado señalan que en 2024 cerca del 90% de los operadores habían integrado soluciones de IA en sus operaciones, con 48% en fases piloto y 41% con despliegues activos (Market Growth Reports, 2025). De acuerdo con una encuesta de BEREC las empresas de telecomunicaciones consideran que su adopción en procesos operacionales será la norma hacia 2030 (2023).

La implementación de soluciones de IA incluye casos de uso y aplicaciones en virtualmente todos los segmentos y procesos organizacionales de la cadena de valor de las telcos (Wall, 2024). Por ejemplo, en materia de gestión administrativa y corporativa sus aplicaciones se relacionan con la eficiencia, reducción de costos y la automatización de procesos y sistemas que dan soporte a las operaciones corporativas internas. Estas áreas comprenden recursos humanos, finanzas, sistemas de monitoreo, procesos de marketing y ventas, así como manejo administrativo y legal. Esto puede incluir también el desarrollo y gestión de aplicaciones para las operaciones de TI, software y capacidades tecnológicas relacionadas con la redacción de código, optimización de sistemas y desempeño de sistemas de información internos (órdenes de compra y entrega de servicios, cobros, facturación, etc.). Sin embargo, el apoyo de IA para funciones administrativas es una capacidad que se habilitará transversalmente entre sectores económicos.

Fuera del ámbito administrativo, los objetivos de la integración de esta tecnología en las operaciones estratégicas de las telecomunicaciones se centran en explotar la experiencia de los operadores con IA predictiva, así como el uso de IA generativa para impulsar eficiencias, mejorar la experiencia del cliente y automatizar procesos complejos, repetitivos y la gestión de las redes (Market Growth Reports, 2025). Esto permitiría aprovechar las soluciones tecnológicas para optimizar y generar eficiencias en procesos y desarrollar propuestas de valor para sus usuarios, clientes y beneficiarios de servicios

Los operadores tendrán que priorizar cuatro objetivos estratégicos para atender aspectos críticos como la complejidad operacional,

la debilidad de los ingresos y la transformación de las telcos en un entorno volátil: reducción de costos, diferenciación en servicio y experiencia de usuarios, operaciones seguras y confiables, y crecimiento de ingresos (Foro Económico Mundial y Accenture, 2025).

Reducción de costos

Los costos operativos de las telcos se mantienen globalmente en entre 65% y 70% de los ingresos (Gabriel y Venturelli, 2022 como se citó en Foro Económico Mundial y Accenture, 2025). La encuesta anual de NVIDIA muestra que en 37% de los operadores la IA puede estar reduciendo costos en más del 5%, y 40% de ellos menciona reducciones positivas pero de menos de 5% (NVIDIA, 2025). En 2022 el 63% de los operadores consultados para una encuesta mencionaron a la optimización de operaciones de red como uno de los principales beneficios de la incorporación de IA a sus negocios, sobre todo en aspectos como optimización y mejoramiento del desempeño y eficiencia de las redes y la detección de anomalías (Ericsson, 2022). La IA puede ayudar en la creación de diseños de redes costo efectivas, automatizar la integración de componentes de múltiples vendedores, así como monitorear el desempeño, y realizar mantenimiento predictivo. Adicionalmente, se impulsa la transición de infraestructuras de red con arquitecturas monolíticas a arquitecturas de capas desagregadas de hardware y software necesarias para la automatización de las redes (Foro Económico Mundial y Accenture, 2025).

La inversión en soluciones de IA para la optimización de operaciones de redes trae diversos beneficios para la continuidad, estabilidad y calidad del servicio, al igual que para la velocidad, eficiencia y adaptabilidad de las operaciones. Ante las presiones sobre la operación de las redes, la IA se convierte en una herramienta para mantener los costos de gestión bajos y rentabilizar mejor las inversiones. En el tema de gestión de redes inteligentes, que involucra la planeación, diseño, evolución, despliegue de infraestructura, operación y gestión de redes, el potencial es significativo. Algunos casos de uso relevantes son el desarrollo de arquitecturas e infraestructura de redes, patrones de despliegue de antenas y fibra, proyecciones y optimización de tráfico y demanda, automatización de despliegue de soluciones,

mantenimiento, monitoreo, optimización y reconfiguración de parámetros y recursos en tiempo real, funcionalidades de virtualización de redes, así como calidad de servicio, uso de energía, ciberseguridad y acceso dinámico a espectro (GSMA, 2019; Pearson, 2024).

Además, permite el monitoreo de desempeño, la detección de fallas, así como el mantenimiento predictivo, preventivo y ajustes en tiempo real de redes, equipo y funcionalidades. También incluye la gestión del tráfico/demanda, mejora, integración y automatización de operaciones de equipos y los Centros de Operaciones de Red (*Network Operations Centers*). La IA puede ser esencial para gestionar redes complejas de fibra óptica, 5G y 6G, mientras que también acelera la trayectoria a una mayor autonomía de gestión de estas. Del mismo modo esta tecnología incrementa el valor de las ofertas y soluciones de *Edge Computing* para robótica industrial, videovigilancia, vehículos autónomos, servicios de RA/RV, mantenimiento y monitoreo de redes (Hatt y Jarich, 2025).

Diferenciación en servicio y experiencia de cliente

Más del 70% de los encuestados por Ericsson mencionaron a este rubro como uno de los más importantes beneficios de la IA para sus negocios, incluyendo manejo y soluciones de atención a clientes (Ericsson, 2022). Esto permitiría una diferenciación en sus servicios frente a competidores y revertir la caída en ingresos. Los operadores que implementan soluciones de Inteligencia Artificial reportan incrementos sustantivos en la satisfacción del cliente (Market Growth Reports, 2025).

En este grupo de soluciones entran las relaciones con clientes, calidad y personalización en atención, canales de contacto, y en general, las interacciones habilitadas por IA para la atracción y retención del usuario. Los chatbots, asistentes virtuales y plataformas digitales de autoservicio son aplicaciones clave en la adopción de IA. Las funcionalidades se extienden también al monitoreo y análisis de datos de experiencia de cliente, calidad de servicio, predicción de *churn* y retención proactiva. Y para usuarios en el segmento de negocios y aplicaciones industriales permite ofrecer mejores servicios de empresa a empresa (B2B)

como portales para usuarios corporativos diseñados para gestionar sus recursos de telecomunicaciones de manera dinámica, con capacidad de autoservicio, para la provisión de dispositivos IoT en la red o solución de problemas de conectividad en sitio.

Operaciones seguras y confiables

Dentro de estas funciones administrativas se encuentran áreas especializadas de alta prioridad como la seguridad de las redes y sistemas tecnológicos que podrían apalancarse en la IA para detección y atención de amenazas a la infraestructura crítica y las plataformas operativas propias y de servicio a clientes. El nuevo panorama de riesgos en los entornos digitales requiere que las telcos se adapten a nuevas amenazas, pero también oportunidades, que trae la introducción de IA en los temas de ciberseguridad. Esta tecnología funciona para identificar y corregir vulnerabilidades, y analizar incidentes de seguridad en tiempo real o prevenir el fraude. Por último, otras áreas de influencia como el cumplimiento regulatorio relacionado con las especificaciones y requerimientos en servicio, protección e infraestructura.

Crecimiento de ingresos

Aproximadamente el 25% de las empresas de telecomunicaciones mencionan que la aplicación de soluciones de IA en sus operaciones contribuye con un incremento más de 5% en ingresos (NVIDIA, 2025). Algunas iniciativas específicas para el crecimiento de los ingresos se relacionan con marketing, ventas y desarrollo de producto. En esta área se pueden transformar los procesos de gestión del ciclo de vida de los productos, rediseño de las estrategias de adquisición y retención de clientes, segmentación de mercado, recorridos del cliente (*Customer journeys*) que anticipan al usuario, focalización de marketing y publicidad, estrategias de precio, ofertas y programas de lealtad. Para servicios B2B se puede apalancar la infraestructura mejorada con capacidades de IA, ofrecer servicios de centros de datos con soluciones de nube, Edge y conectividad (Foro Económico Mundial y Accenture, 2025; Shrivastava et al, 2025).

En el futuro el uso de IA no solo podría generar eficiencias en los procesos actuales de operadores de telecomunicaciones, sino que

podría acelerar y hacer más rentable la transición a nuevos modelos de negocio que lleven a las empresas de la industria de ser únicamente telcos a ser techcos, o proveedoras de conectividad y soluciones tecnológicas en verticales adyacentes al negocio nuclear, pero apalancados en las capacidades y recursos obtenidos en la entrega de sus servicios. Esta transición requiere el replanteamiento de los modelos operativos y de negocio, así como de las capas tecnológicas necesarias. La diversificación y la transición a techcos tiene el potencial de incrementar los ingresos y transitar a otros eslabones de la cadena de valor apalancados en la IA para responder a las necesidades de usuarios de manera dinámica (Foro Económico Mundial y Accenture, 2025).

Conclusiones

Las telecomunicaciones se encuentran en una intersección estratégica en la era de la IA. Por un lado, las redes de conectividad son habilitadoras del desarrollo de la IA en los ecosistemas de la economía, industria y sociedad digitales. Sin embargo, el aumento de la demanda y requerimientos de infraestructura de conectividad detonados por el uso de soluciones basadas en IA impone retos importantes para la sostenibilidad de las inversiones en infraestructura. Por otro lado, la integración de IA a las operaciones de las telecomunicaciones abre oportunidades para generar eficiencias y nuevos modelos de servicio y negocio más allá de los esquemas de conectividad tradicionales. Esto podría detonar una nueva era de telecomunicaciones impulsadas por IA.

Es necesario abordar el riesgo de que ante el surgimiento de la IA y la masificación de su uso por parte de consumidores y sectores productivos sigamos la misma tendencia que en olas anteriores: intensificación de los requerimientos de uso de las redes, imposibilidad de balancear la compartición de costos y beneficios en el ecosistema, y mayor fragilidad financiera para sostener la expansión y mantenimiento de infraestructura.

Las implicaciones de esta tendencia en los entornos digitales deben ser atendidos por todos los actores del ecosistema. Los operadores con una visión estratégica para rentabilizar la revolución de la IA. Las autoridades para modernizar el entorno regulatorio y de política pública en el sector. Y otros actores para reconocer la relevancia de

la sostenibilidad de las redes y servicios de conectividad, en función del soporte que ofrecen al conjunto del ecosistema digital. En este contexto el sector tendrá que evolucionar para ofrecer servicios de conectividad para personas, dispositivos, servicios y plataformas de manera inteligente y sostenible. Asimismo, la política pública y regulatoria deberá avanzar para habilitar ofrecer certidumbre en la adopción, gestión y desarrollo de soluciones IA en la cadena de valor de las telecomunicaciones.

Referencias bibliográficas

Accenture (2025). The Looming Spectrum Crisis. CTIA U.S. *Wireless communications industry*. Disponible en: <https://www.ctia.org/news/the-looming-spectrum-crisis>

Basso M., Capaccio F., Hoang J., White K. y O'Regan K. (2025). AI in Action: Beyond Experimentation to Transform Industry. *Foro Económico Mundial (WEF) y Accenture. Flagship White Paper Series*. [https://reports.weforum.org/docs/WEF AI in Action Beyond Experimentation to Transform Industry 2025.pdf](https://reports.weforum.org/docs/WEF_AI_in_Action_Beyond_Experimentation_to_Transform_Industry_2025.pdf)

Body of European Regulators for Electronic Communications, BEREC (2023). BEREC Report on the impact of Artificial Intelligence (AI) solutions in the telecommunications sector on regulation. *BoR (23) 93*. Disponible en: <https://www.berec.europa.eu/en/document-categories/berec/reports/berec-report-on-the-impact-of-artificial-intelligence-ai-solutions-in-the-telecommunications-sector-on-regulation>

Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina, cet.la y NERA (2025). Contribución del conjunto del ecosistema digital al desarrollo sostenible de infraestructura de telecomunicaciones. Disponible en: <https://cet.la/estudios/cet-la/contribucion-del-conjunto-del-ecosistema-digital-al-desarrollo-sostenible-de-infraestructura-de-telecomunicaciones/>

Comisión Europea (2018). A definition of AI: main capabilities and scientific disciplines. Directorate-General for Communication, High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. Disponible en: https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/ai_hleg_definition_of_ai_18_december_1.pdf

Ericsson (2022). *AI business potential: understanding the value of AI for telecom operations*. Disponible en: <https://www.ericsson.com/4ac6ca/assets/local/reports-papers/further-insights/doc/ai-business-potential.pdf>

Foro Económico Mundial y Accenture (2025). Artificial Intelligence in Telecommunications. *World Economic Forum (WEF) Whitepaper*. Disponible en:

[https://reports.weforum.org/docs/WEF AI in Action Beyond Experimentation to Transform Industry 2025.pdf](https://reports.weforum.org/docs/WEF_AI_in_Action_Beyond_Experimentation_to_Transform_Industry_2025.pdf)

Gabriel, C. y M. Venturelli. (2022). Telecoms opex: worldwide trends and forecast 2020-2027. *Analysys Mason*. Disponible en: <https://www.analysismason.com/research/content/reports/opex-forecast-2022-rdns0/>.

GSMA (2019). *AI in Network Use Cases in China*. Disponible en: <https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/wp-content/uploads/2019/10/AI-in-Networks-Use-Case-V.03-231019-Document.pdf>

Hatt, T. y Jarich, P. (2025). *Distributed inference: how AI can turbocharge the edge*. *GSMA Intelligence*. Disponible en: <https://www.gsmaintelligence.com/research/distributed-inference-how-ai-can-turbocharge-the-edge>

Holma, Harri (2024). *The AI revolution: Preparing for a surge in 5G uplink traffic*. *Nokia*. Disponible en: <https://www.nokia.com/blog/the-ai-revolution-preparing-for-a-surge-in-5g-uplink-traffic/>

Houpis G., Kenny C. y Ovington T. (2024). The impact of artificial intelligence on the telecoms sector. *Frontier Economics*. Disponible en: <https://www.frontier-economics.com/uk/en/news-and-insights/articles/article-i20841-the-impact-of-artificial-intelligence-on-the-telecoms-sector/>

Jarich, Peter (2025). *The mobile AI era: what it means for mobile networks*. *GSMA Intelligence*. Disponible en: <https://www.gsmaintelligence.com/research/the-mobile-ai-era-what-it-means-for-mobile-networks>

Javaid, U. y Zerbib, B. (2024). *AI needs a new networking core: Are we ready for it?* Disponible en: <https://inform.tmforum.org/features-and-opinion/ai-needs-a-new-networking-core-are-we-ready-for-it>

Korolov, Maria (2025). *AI workloads set to transform enterprise networks*. Disponible en: <https://www.networkworld.com/article/3963141/ai-workloads-to-transform-enterprise-networks.html>

Market Growth Reports (2025). *AI in Telecommunication Market [...]*. Disponible en: <https://www.marketgrowthreports.com/market-reports/ai-in-telecommunication-market-100015>

NVIDIA (2025). *State of AI in Telecommunications: 2025 Trends*. *Survey Report*. Disponible en: <https://resources.nvidia.com/en-us-ai-in-telco/telco-report-state-o>

Pearson, Chris (2024). *How Generative AI Could Impact Network Planning, RAN Configuration, and Spectrum Management*. *5G Americas*. Disponible en:

<https://www.5gamericas.org/how-generative-ai-could-impact-network-planning-ran-configuration-and-spectrum-management/>

Powell L. y Hatt T. (2025). *Distributed inference: AI adds a new dimension at the edge*. GSMA. Disponible en: <https://www.gsma.com/newsroom/article/distributed-inference-ai-adds-a-new-dimension-at-the-edge/>

Sheikh, H., Prins, C., Schrijvers, E. (2023). *Artificial Intelligence: Definition and Background*. In: *Mission AI. Research for Policy*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21448-6_2

Shrivastava A., Gaffey B., Grundin G. Cubela S. y Lajous T. (2025). *AI infrastructure: A new growth avenue for telco operators*. McKinsey & Company. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/ai-infrastructure-a-new-growth-avenue-for-telco-operators>

Stryker, Cole (2024). *What is an AI stack?* IBM. Disponible en: <https://www.ibm.com/think/topics/ai-stack>

Uitto, Tommi (2024). *Advanced automation for advanced networks*. Nokia. Disponible en: <https://www.nokia.com/blog/advanced-automation-for-advanced-networks/>

Wall, Mathew (2024). *How Mobile Phone Networks are Embracing AI*. GSMA. Disponible en: <https://www.gsma.com/get-involved/gsma-foundry/content-type/news/how-mobile-phone-networks-are-embracing-ai/>

Anexo 1

Inteligencia Artificial:

Esta tecnología parte de los fundamentos básicos de los algoritmos como instrucciones para la resolución de problemas, pero abarca un espectro amplio de tareas y funciones que no son equiparables con los algoritmos o métodos de cálculo complejos tradicionales. También podría argumentarse que más que una tecnología es un conjunto de aproximaciones, técnicas y capacidades para el desarrollo de soluciones tecnológicas avanzadas.

Machine Learning (y otras técnicas de aprendizaje automático), en la cual su objetivo principal es la de generar predicciones basadas en análisis de datos, algoritmos, aprendizaje de patrones y son utilizados en modelos de pronósticos y optimización.

Computer vision (visión informática), utilizada para funciones de observación, análisis y reconocimiento visual de información e imágenes. Natural language

processing o Procesamiento de lenguaje natural, para el entendimiento, interpretación y procesamiento del lenguaje humano y de uso masivo en chatbots, análisis de texto y transcirpciones, por ejemplo.

Speech recognition (reconocimiento de voz) como IA para procesamiento de lenguaje hablado en asistentes controlado por voz. Robótica, mediante la combinación de capacidades de IA con funcionalidades físicas en hardware y robots. Adicionalmente, existen aplicaciones que combinan diversas funcionalidades de estos tipos como la IA generativa (Gen AI) para creación de contenido o el Edge AI que realiza procesamientos de inteligencia artificial localmente en dispositivos y no en la nube.



Herramienta sobre Python para estudios de comportamiento de los Pool IPs en los BRAS

BRASPython tool for studying IP pool behavior in BRAS

MSc. Elio Ramón Ávila Rodríguez¹

Recibido:05/2025 Aceptado: 06/2025 Publicado: 08/2025

Resumen

La puesta en servicio de la modalidad pospago en los sitios WiFi Interoperabilidad de los hoteles a lo largo del país, con la posibilidad de conectar hasta 3 dispositivos con la misma cuenta, así como la ampliación de la cobertura en las instalaciones hoteleras y el incremento de sus niveles de ocupación, han traído consigo un mayor uso de direcciones IPs. A raíz de esto, la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S. A. (ETECSA) ha experimentado un incremento de las solicitudes para el aumento de los rangos de direcciones IPs en dichos sitios WiFi, los cuales se basan en cálculos empíricos a partir de los estimados del número de huéspedes y del uso del servicio. El hecho de no contar con herramientas que faciliten estadísticas precisas del uso de las direcciones IPs dificulta la realización de estudios de comportamiento que permitan escoger el Pool óptimo. Esto puede provocar afectaciones del servicio e insatisfacciones, tanto a clientes como a ETECSA. En los primeros, por ocurrir agotamiento de direcciones, y en los segundos por un uso ineficiente de los recursos de red. Lo anterior constituyó el problema a resolver en esta investigación, que motivó el

¹ ETECSA. elio.avila@etecsa.cu

desarrollo de un utilitario programado sobre *Python*, con el cual fuera posible coleccionar la información necesaria para realizar los estudios correspondientes. En este documento se describe el trabajo realizado y los resultados obtenidos con la herramienta elaborada, que contribuye a brindar un mejor servicio de la Empresa al sector turístico y a hacer un uso más eficiente de los recursos de red.

Palabras clave: Python, Netmiko, Automatización de Redes, WiFi

Abstract

The deployment of postpaid services at interoperable hotel Wi-Fi sites nationwide—allowing up to three devices per account—alongside expanded coverage and higher occupancy, has increased IP address utilization. Consequently, the Telecommunications Company of Cuba S. A., ETECSA has experienced an increase in terms of requests for IP address ranges at these sites, currently allocated via empirical calculations based on estimated guest numbers and service usage. The absence of tools providing accurate IP address usage statistics hinders behavioral studies to determine optimal pool sizing. This may cause service disruption and dissatisfaction for both customers experience address exhaustion, while ETECSA faces inefficient network resource allocation. To address this, a Python-based utility was developed to collect data for behavioral analysis. This tool was developed so as to solve the this problem. This paper describes the work performed and the results obtained with this tool, contributing to our Company enhancing tourism-sector service delivery and optimizing network resource efficiency.

Keywords: Python, Netmiko, Network Automation, WiFi

Introducción

El servicio conocido como WiFi Interoperabilidad constituye una de las posibles formas de acceso a Internet que brinda ETECSA, como proveedor de servicios en hoteles, campismos, restaurantes, hospitales, universidades, terminales, entre otros muchos lugares. En la arquitectura de red de este servicio, que utiliza una solución IPoE con autenticación Web (Figura 1), el tráfico de los clientes se transporta por capa desde los

Puntos de Acceso (AP) de la red WiFi desplegada en cada lugar, hasta los equipos ME60, que hacen la función de Servidores de Acceso de Banda Ancha (BRAS, por sus siglas en inglés) en la red IP/MPLS. Para ello, se traza convenientemente las VLANs de servicio por los conmutadores de acceso y los equipos de tránsito de las redes de transporte/agregación, que terminan en las subinterfaces BAS correspondientes en dichos BRAS. En estos últimos equipos se garantiza el control de usuario a través de la interacción con los demás elementos del sistema, tales como: Control de Sesiones, Portal Cautivo, AAA y DNS. Los BRAS funcionan además como los servidores DHCP hacia los clientes, que asignan dinámicamente las direcciones IPs a sus estaciones (STA) o equipos terminales. Para ello es necesario configurar un Pool de direcciones IPs privadas, exclusivo para cada sitio en particular. ETECSA, como proveedor de servicios administra y gestiona estos rangos, y su dimensionado se realiza sobre la base de la información brindada por el personal donde se instale el servicio, que incluye la cantidad estimada de clientes concurrentes, calculada a partir del número de APs instalados y la ocupación prevista de las instalaciones, elementos que pueden variar con el tiempo.

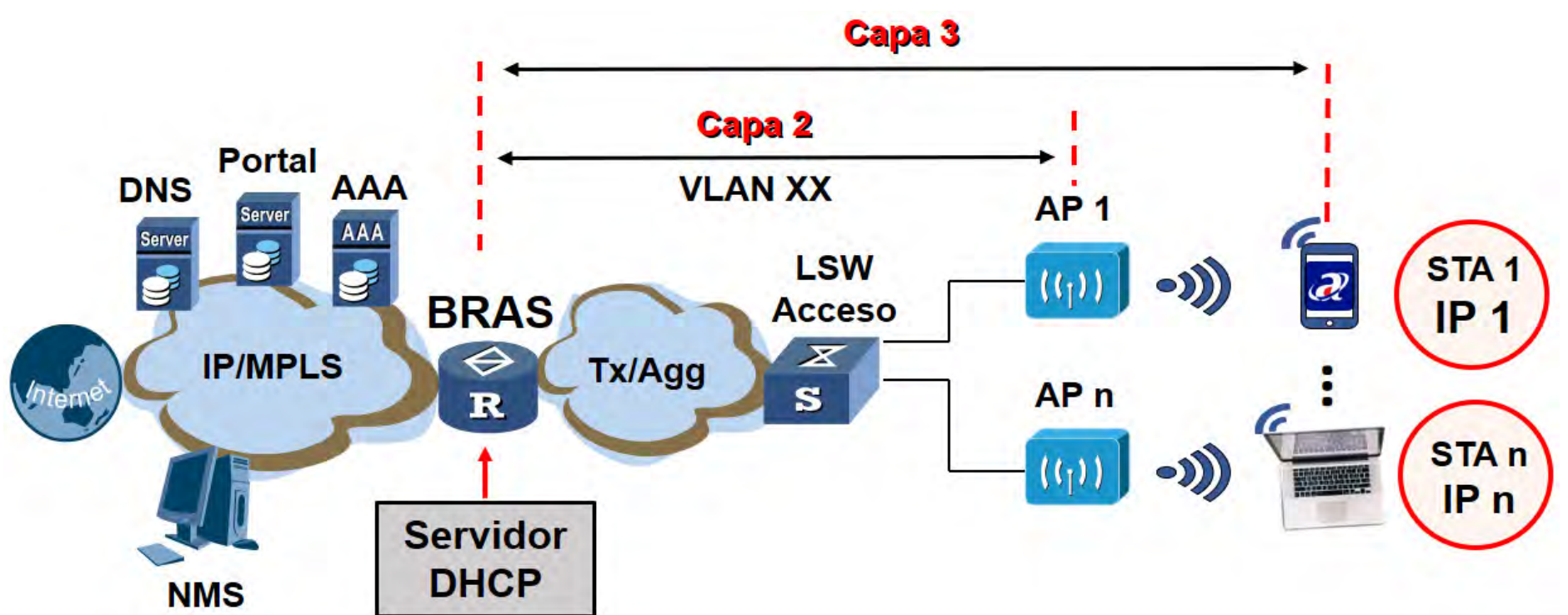


Figura 1. Esquema resumido del servicio WiFi Interoperabilidad

En la asignación de los Pool IPs antes mencionados pueden ocurrir los siguientes casos:

1.- Pool subdimensionado: Queda por debajo de las necesidades reales. Puede ocurrir que un número de dispositivos de clientes solicite las IPs y no queden direcciones disponibles para asignarle

(ocurre agotamiento del rango configurado en el servidor). Esto provoca afectación del servicio en aquellos clientes que no logren obtener las direcciones IPs.

2.- Pool sobredimensionado: Queda por encima de las necesidades reales. Provoca un uso ineficiente de recursos de red (IPs) en detrimento del proveedor, que, en caso extremo, puede quedar sin rangos libres para su operación.

3.- Pool correctamente dimensionado: Acorde a las necesidades reales. Sin afectación de clientes ni proveedor.

Como parte de la atención priorizada de la Empresa al sector turístico, se trabaja continuamente en la mejora del servicio WiFi en los hoteles y en la solución a sus demandas. Fruto de esto surgió la modalidad de WiFi Interoperabilidad denominada Billetera Pospago, que se aplica con buenos resultados desde el año 2022, esta comenzó por La Habana y se ha extendido a lo largo de todo el país. Seguidamente, se mencionan algunas novedades de este servicio:

1.- Facturación por tráfico total cursado y no por el crédito consumido de las cuentas activas.

2.- Creación de las cuentas de clientes desde el propio hotel, con acceso a la plataforma GESNAUTA.

3.- Posibilidad de conexión de hasta 3 dispositivos por cada cuenta.

4.- Necesidad de permanencia de las cuentas conectadas el mayor tiempo posible una vez autenticadas. Para lograrlo se deshabilitó en los BRAS la desconexión por bajo tráfico y por inactividad. En el caso particular de los hoteles de la cadena Gaviota, esta última opción quedó configurada para la desconexión a los 15 minutos.

En esta modalidad de pospago, las cuentas de los clientes pueden permanecer activas hasta el cierre de sesión, desconexión que envía el AAA a las 12 horas de estar autenticadas. Esto, unido a la expansión del servicio WiFi en las instalaciones hoteleras, con cobertura prácticamente en todas sus áreas y al incremento de los niveles de ocupación, ha traído consigo un mayor uso de las direcciones IPs, y con ello, la necesidad de ampliar el Pool en aquellos lugares donde así lo requieran. En este contexto, se han incrementado las demandas de

ampliación de los Pool IP por parte del personal técnico y administrativo de los hoteles, que realizan un estimado a partir del número de huéspedes por las capacidades habitacionales, multiplicado por los 3 dispositivos posibles de conectar por cuenta, siendo elevado el número de direcciones IPs solicitadas (mayoritariamente rangos /22 y /21).

Por otra parte, el sistema de gestión NCE del proveedor brinda indicios de agotamiento de direcciones IPs de los Pool, al mostrar alarmas del uso por encima del 80% de las direcciones IPs (valor configurable, tiene fijado el que trae por defecto), pero no brinda en una línea de tiempo los valores específicos que alcanza, sino solo cuando rebasan el valor de umbral configurado. Es por ello que, en los casos objeto de análisis, la información requerida se obtenía puntualmente, encuestando de forma manual al BRAS donde estuviera configurado el servicio en particular.

Lo anterior resulta un inconveniente para el seguimiento preciso del uso de direcciones IPs, lo que dificulta la realización de estudios de comportamiento, que permitan escoger el Pool óptimo y sirvan de evidencia a mostrar ante la demanda de los clientes. Esto puede provocar afectaciones del servicio e insatisfacciones, tanto a clientes como a nuestra Empresa, hecho que constituyó el problema a resolver en nuestro caso y que motivó el desarrollo de un utilitario programado sobre Python, con el cual fuera posible coleccionar la información que se necesita para realizar los estudios y análisis correspondientes de los Pool IPs.

Python es tendencia en el mundo de la automatización de redes de datos (Damien, 2020), hecho dado por su sencillez, versatilidad, modularidad, el procesamiento de bases de datos, el manejo de archivos e interfaces gráficas para la visualización de la información, así como por las múltiples y poderosas bibliotecas que dispone para la conexión a equipos de diversos fabricantes, como es el caso de Netmiko (Byers, 2024), utilizada en este trabajo. Además, cuenta con una amplia comunidad internacional de desarrolladores, que es activa, participativa y colaborativa. Estos elementos, así como el tener una experiencia previa de su uso, fueron decisivos a la hora de escoger el lenguaje de

programación utilizado. En este documento se describe el trabajo realizado y los resultados obtenidos con la herramienta computacional elaborada.

Materiales y métodos

Este trabajo se desarrolló bajo un enfoque de ingeniería aplicada e investigación para el desarrollo (I+D). La metodología se estructuró en tres fases secuenciales para abordar el problema central de la falta de datos precisos sobre el uso de direcciones IP en el servicio WiFi Interoperabilidad. La fase I consistió en el análisis de los comandos posibles de utilizar sobre los BRAS ME60, que permitieran coleccionar la información necesaria. La fase II se centró en el análisis de las herramientas disponibles para la automatización de redes, que permitieran gestionar los BRAS de forma remota a través del protocolo SSH, la fase III consistió en el desarrollo e implementación de un utilitario para la recolección automatizada, el procesamiento y la presentación de los datos. A continuación, se describen estas fases.

Estudio de los comandos posibles para obtener la información requerida

Como primera tarea se realizó un estudio de la información técnica, que permitiera conocer los comandos disponibles y escoger el adecuado para los propósitos definidos. Entre ellos se escogió el comando *disp ip-pool pool-usage pool-name* (nombre del Pool), cuya salida brinda de forma simple y explícita la información que se requiere, la cual es: rango de direcciones del Pool, IPs en uso (incluye las asignadas, en conflicto y las bloqueadas) y el porcentaje de utilización que estas representan.

Automatización de red con la biblioteca Netmiko de Python

Como segundo paso se estudiaron las posibles herramientas para coleccionar la información requerida, se escogió para ello la biblioteca Netmiko de Python. Esta biblioteca fue desarrollada por Kirk Byers como una versión mejorada de Paramiko y está diseñada para facilitar la interacción automatizada con dispositivos de red de múltiples fabricantes, como son: Cisco, Juniper, Arista, y muchos otros (Byers, 2024). Netmiko utiliza varias tecnologías de comunicación, siendo la más importante el protocolo

SSH (*Secure Shell*), que encripta la información de gestión transmitida logrando así una comunicación más segura. SSH está disponible en la mayoría de los dispositivos de telecomunicaciones para su acceso remoto, siendo este el método más utilizado a la hora de aplicar la automatización al campo de las redes de telecomunicaciones (Damien, 2020). Esta biblioteca ayuda a los operadores de redes a enviar comandos a equipos como conmutadores, enrutadores, *firewalls*, entre otros, en una forma programática y repetible, y ofrece una manera simple y coherente de automatizar tareas de gestión de dispositivos de red (Figura 2). Lo anterior minimiza la intervención manual de los operadores y reduce el margen de error humano. Esto, unido a las potencialidades que ofrece Python en múltiples áreas, fueron las razones por las cuales se decidió por esta herramienta, a la hora de escoger un método eficaz de automatización de red.

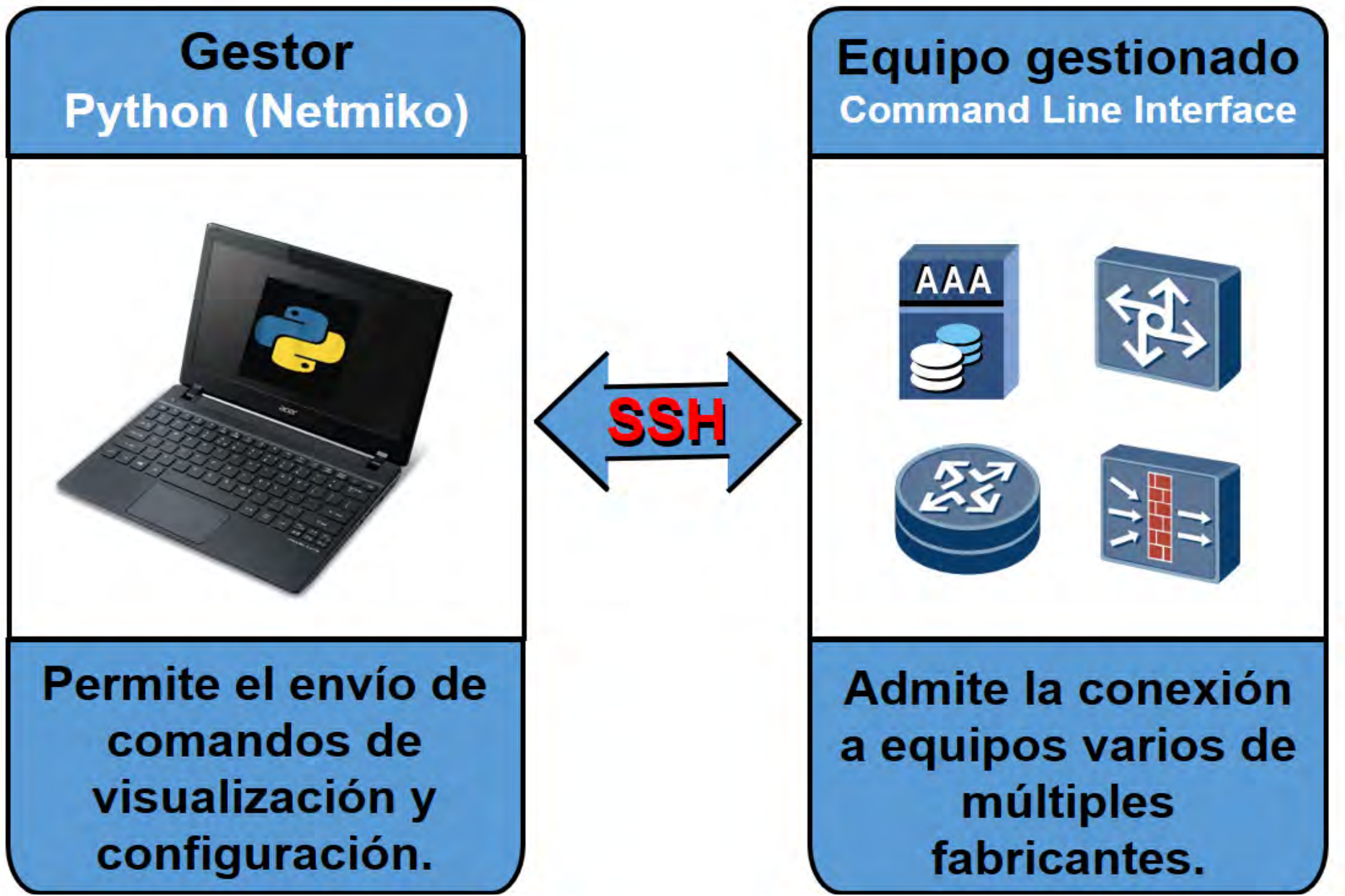


Figura 2. Automatización de redes con Netmiko

Estructura del programa elaborado sobre Python

Posteriormente, se elaboró un programa sobre Python que consta de dos módulos (Figura 3); el primero (izquierda) muestra una interfaz de usuario (GUI, del inglés *Graphical User Interface*), que permite introducir los parámetros necesarios para su ejecución, en su desarrollo se empleó

sobre todo en la biblioteca Tkinter. El segundo (derecha) cuenta a su vez de dos partes, una para la conexión periódica a los equipos vía SSH (utilizando las bibliotecas Netmiko y Schedule), donde se envía a los BRAS el comando escogido, descrito anteriormente, este permite interrogar uno o varios Pool IPs seleccionados y procesar convenientemente la información que este devuelve. La otra parte, luego de terminado el número de lecturas definidas, guarda los datos obtenidos en ficheros con extensión .csv, .txt y .pdf, en este último caso los muestra en forma gráfica. Para esta parte se emplearon las bibliotecas Pandas y Matplotlib.

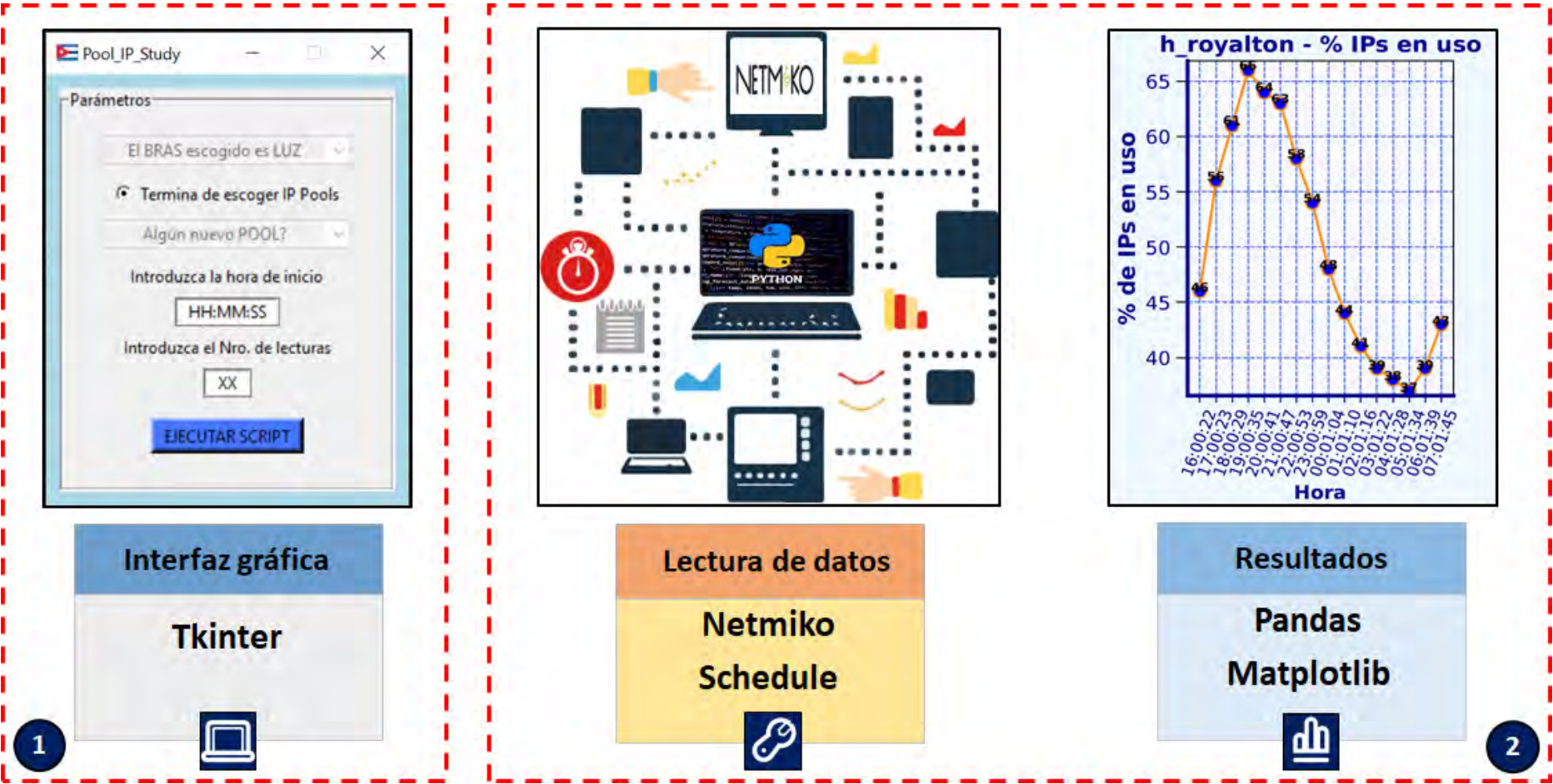


Figura 3. Estructura del programa elaborado en Python

Pasos de ejecución del programa

La ejecución del programa consta de cuatro pasos (Figura 4):

- 1.- Escoger el BRAS que se desee de una lista desplegable (Figura 4a).
- 2.- Escoger él (o los) Pool IPs objeto de análisis de una lista desplegable (los obtiene de forma automática, conectándose al BRAS seleccionado) (Figura 4b).
- 3.- Introducir la hora de comienzo para la toma de las lecturas y el número de estas a realizar (Figura 4c).
- 4.- Dar click sobre el botón ‘Ejecutar Script’ (Figura 4c).

Una vez hecho lo anterior, comienza a ejecutarse el módulo 2 a la hora introducida, este toma el número de lecturas deseadas y procesa la información obtenida.

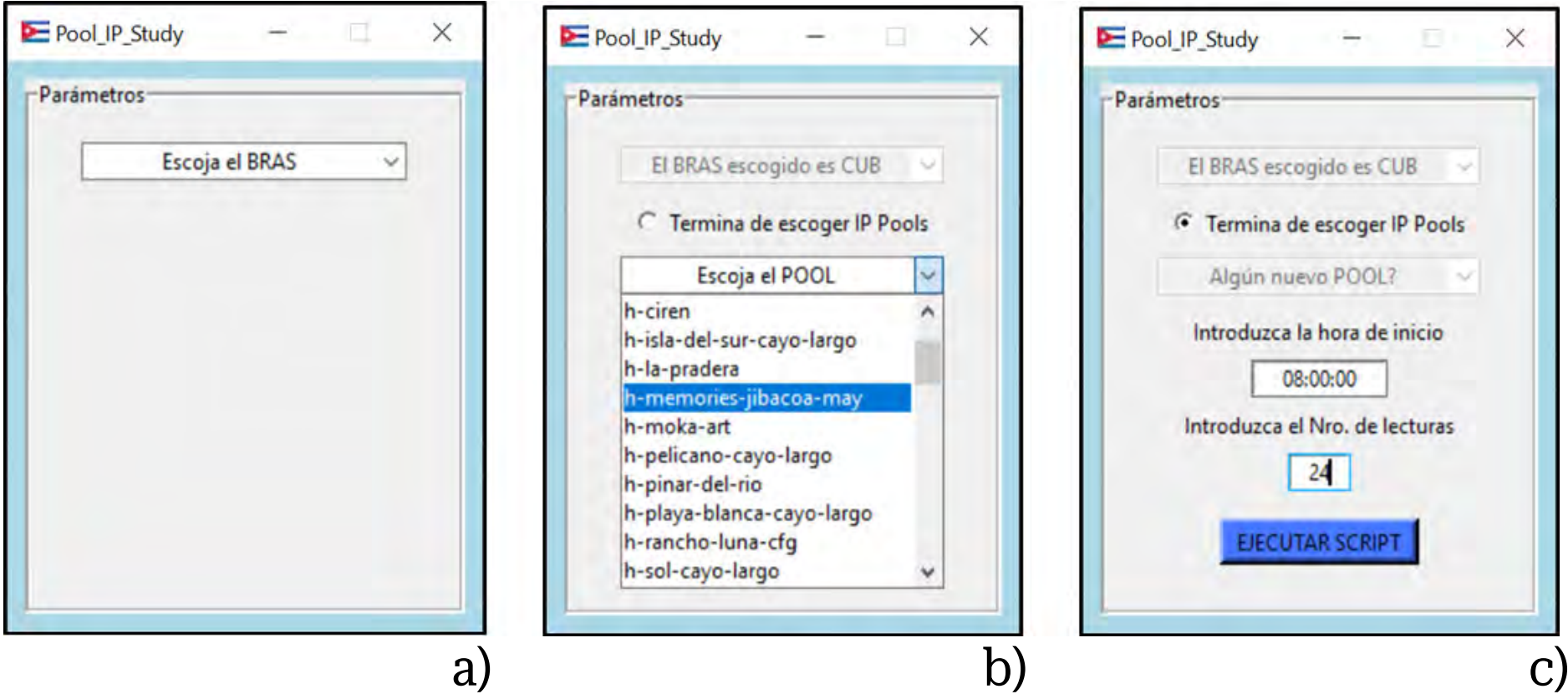


Figura 4. Pasos de ejecución del programa

Resultados y discusión

Una vez terminado el ciclo de ejecución del programa mostrado en el acápite anterior, la información con él obtenida se guarda en ficheros Excel y de texto, con extensión .csv y .txt (ejemplo de esto se muestra en las figuras 5a y b), en ese orden), así como gráficos con extensión .pdf.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D
1	,Fecha,Hora	Total	Usadas	Porciento
2	0,15/04/2024,16:00:22	509,346,67		
3	1,15/04/2024,17:00:23	509,377,74		
4	2,15/04/2024,18:00:29	509,466,91		
5	3,15/04/2024,19:00:35	509,428,84		
6	4,15/04/2024,20:00:41	509,401,78		
7	5,15/04/2024,21:00:47	509,461,90		
8	6,15/04/2024,22:00:53	509,508,99		
9	7,15/04/2024,23:00:59	509,509,100		
10	8,16/04/2024,00:01:04	509,504,99		
11	9,16/04/2024,01:01:10	509,484,95		
12	10,16/04/2024,02:01:16	509,477,93		
13	11,16/04/2024,03:01:22	509,484,95		
14	12,16/04/2024,04:01:28	509,484,95		
15	13,16/04/2024,05:01:34	509,475,93		
16	14,16/04/2024,06:01:39	509,493,96		
17	15,16/04/2024,07:01:45	509,509,100		

The screenshot shows a text file with the following data:

```
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
Fecha,Hora>Total,Usadas,Porciento
15/04/2024,16:00:22,509,346,67
15/04/2024,17:00:23,509,377,74
15/04/2024,18:00:29,509,466,91
15/04/2024,19:00:35,509,428,84
15/04/2024,20:00:41,509,401,78
15/04/2024,21:00:47,509,461,90
15/04/2024,22:00:53,509,508,99
15/04/2024,23:00:59,509,509,100
16/04/2024,00:01:04,509,504,99
16/04/2024,01:01:10,509,484,95
16/04/2024,02:01:16,509,477,93
16/04/2024,03:01:22,509,484,95
16/04/2024,04:01:28,509,484,95
16/04/2024,05:01:34,509,475,93
16/04/2024,06:01:39,509,493,96
16/04/2024,07:01:45,509,509,100
```

Figura 5. Ejemplo de ficheros Excel y de texto con la información

El caso de la Figura 6 es uno de aquellos que se le dio seguimiento a partir de las alarmas que se generan en el sistema de gestión NCE. Se pudo comprobar por la información obtenida con el utilitario sobre Python, que ocurría agotamiento de direcciones IPs (en los círculos en rojo momentos en que alcanza el 100% de su uso) y con ello, afectación a los clientes.

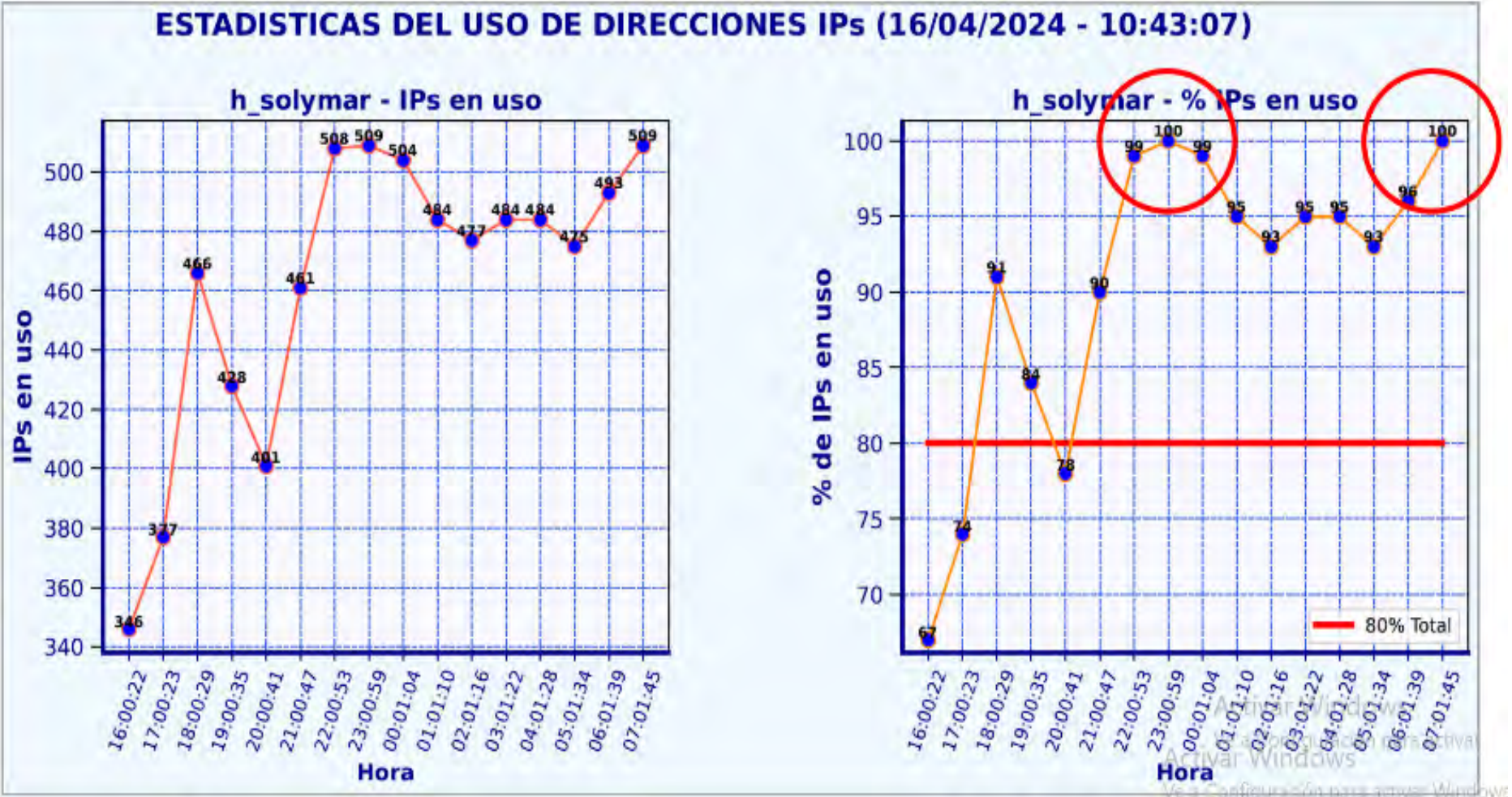


Figura 6. Comportamiento de un Pool IP sub-dimensionado

En la Figura 7 se muestra un caso al que se le aumentó el Pool IP a un /21, atendiendo a una demanda del hotel. Se puede observar en los gráficos obtenidos que no supera el 20% del uso de direcciones IPs, siendo un ejemplo de sobre dimensionamiento, con afectación para nuestra Empresa.

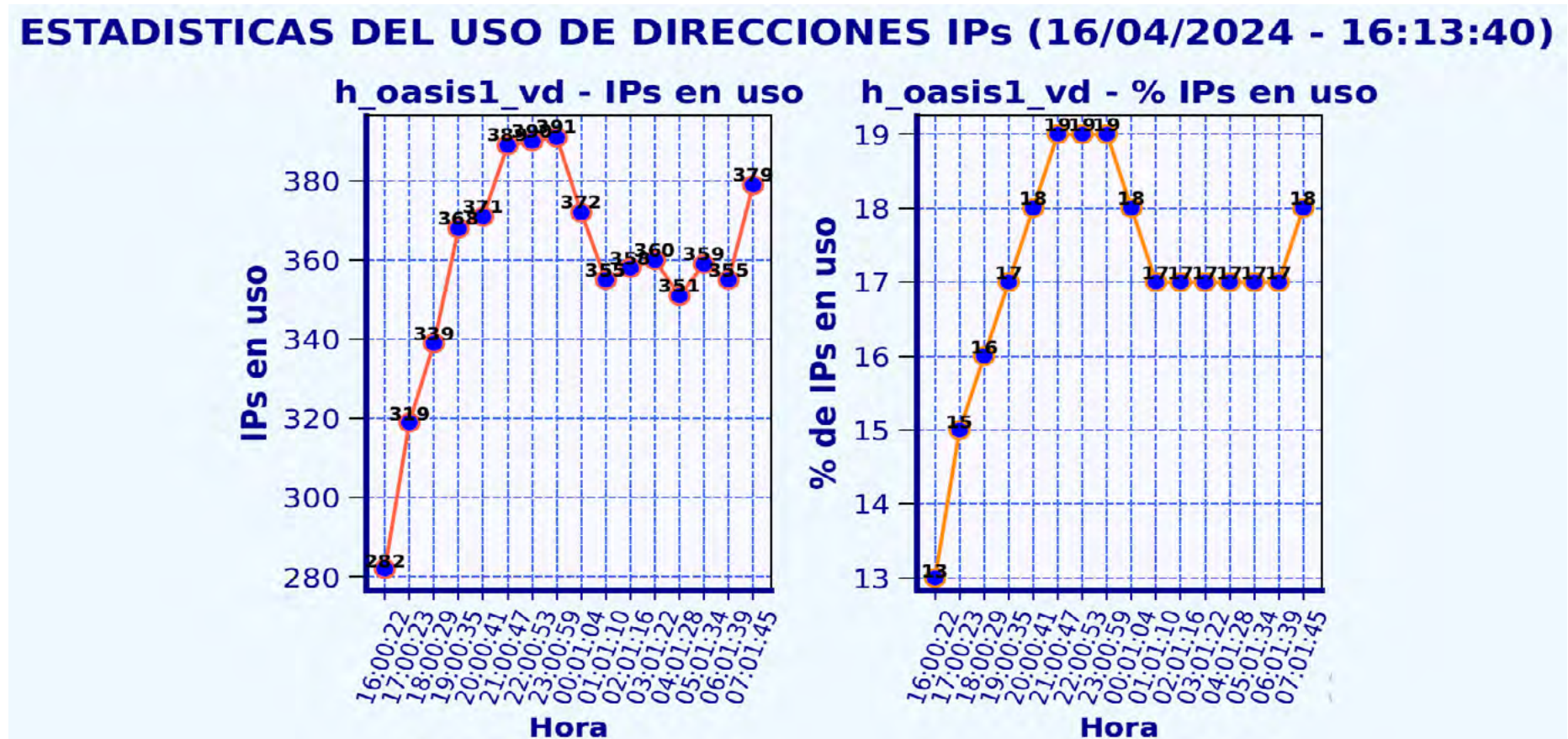


Figura 7. Comportamiento de un Pool IP sobredimensionado

En la Figura 8 se observa un caso correctamente dimensionado. Este en particular había solicitado ampliar su rango de direcciones IP, lo que no fue necesario hacer en ese momento, a partir de las estadísticas obtenidas y compartidas con el personal del hotel.

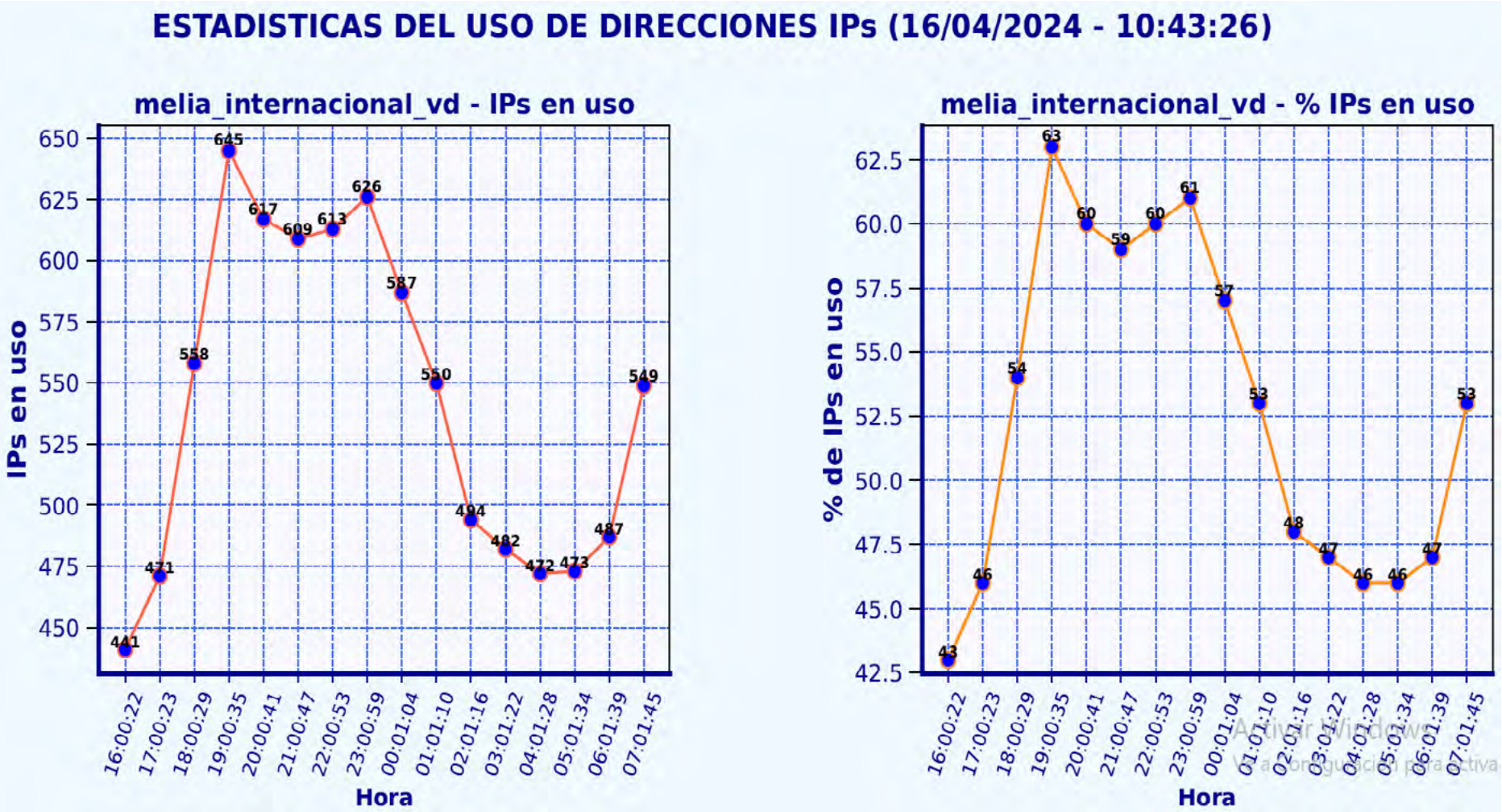


Figura 8. Comportamiento de un Pool IP correctamente dimensionado

Se debe mencionar que en todos los ejemplos mostrados existía un alto nivel de ocupación en los hoteles, que sugiere a su vez altos porcentos de utilización de direcciones IPs.

Conclusiones

Las conclusiones de este trabajo reflejan el impacto positivo de la implementación de una herramienta computacional en Python para el análisis y gestión de los Pool IP en la red de ETECSA. En primer lugar, se evidenció que dicha herramienta es una solución efectiva para superar la carencia de información precisa, permitiendo automatizar la recopilación y el procesamiento de datos relacionados con el comportamiento de los Pool IP, sobre todo en entornos donde los BRAS actúan como servidores DHCP. Esto facilitó la detección temprana de problemas, como el agotamiento de direcciones IP en hoteles, y permitió tomar acciones correctivas oportunas, como ampliar el rango de direcciones, evitando interrupciones en el servicio. Además, se comprobó que un correcto dimensionamiento de los Pool evita gastos innecesarios en la adquisición

de nuevas direcciones IP, contribuyendo a un uso más eficiente de los recursos. Las estadísticas generadas no solo mejoran la calidad del servicio WiFi para los usuarios, sino que también proporcionan evidencia valiosa para el personal técnico y administrativo, incrementando la satisfacción del cliente. Finalmente, aunque la herramienta fue diseñada inicialmente para el sector hotelero, su potencial de aplicación se extiende a otros servicios de Pool IP de la red, demostrando su versatilidad y utilidad en diferentes contextos de gestión de recursos de red en ETECSA.

Referencias bibliográficas

Garros, Damien (2020). NetDevOps Survey. <https://dgarros.github.io/netdevops-survey/reports/2020>

Byers, K. (2024). Biblioteca Netmiko. <https://github.com/ktbyers/netmiko>



Evaluación dinámica de KPIs empresariales optimizando gestión territorial mediante Dashboard

Dynamic Assessment of Business KPIs: Optimizing Territorial Management Through a Dashboard

Ing. Reidel Rodríguez Perdigón ^{1*}, MSc. Yaribey Alfonso Pérez²

Recibido: 06/2025 Aceptado: 07/2025 Publicado: 08/2025

Resumen

En el Centro de la Dirección Territorial en Sancti Spíritus de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. (ETECSA), la dispersión de los datos estadísticos de indicadores clave distribuidos en múltiples bases de datos, dificulta el análisis integral y la toma de decisiones. Para resolver esta limitación, se desarrolla un *Dashboard* en Excel que centraliza y unifica dicha información en un único archivo, que puede ser actualizado mensualmente. Esta herramienta consolida indicadores con cierres preliminares, valores mensuales y acumulados, ofreciendo una visualización dinámica mediante gráficos interactivos segmentados por períodos. El Tablero de Control permite generar reportes precisos y en tiempo real, facilitando la evaluación del desempeño con base en los Objetivos Empresariales anuales, agilizar la toma de decisiones directivas, al proporcionar una visión unificada de los KPIs establecidos por ETECSA y apoyar al Director Territorial en la supervisión de resultados, integrando datos de los Departamentos de Operaciones de

^{1*} Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A., ETECSA. Sancti Spíritus 60100. Cuba. reidel.rodriguez@etecsa.cu.

² Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A., ETECSA. Sancti Spíritus 60100. Cuba. yaribey.alfonso@etecsa.cu.

Red, Comercial, Logística y Servicios, Capital Humano e Inversiones. La solución se implementa utilizando Microsoft Excel en su versión avanzada, aprovechando: vínculos dinámicos entre bases de datos, macros en VBA —*Visual Basic for Applications*— para automatizar procesos de actualización y validación, además de gráficos interactivos configurados para reflejar tendencias mensuales y comparativas históricas. Toda la información procesada abarca desde el nivel divisional hasta el nacional, garantizando coherencia en los reportes. Este proyecto no solo optimizó la gestión de datos, sino que también permitió profundizar en el dominio de Excel como herramienta de Inteligencia Empresarial, demostrando su potencial para transformar procesos operativos en estratégicos.

Palabras clave: Dashboard, KPIs, VBA, Inteligencia Empresarial

Abstract

At ETECSA's Sancti Spíritus Territorial Management Center, dispersed statistical data on key indicators —distributed across monthly/yearly databases— hampers comprehensive analysis and decision-making. To address this limitation, an Excel dashboard was developed to centralizes and unifies this information into a single file, which can be updated monthly. This tool consolidates preliminary, monthly, and cumulative indicator values, enabling dynamic visualization via interactive period-segmented charts. The Dashboard generates accurate, real-time reports, to evaluate performance against annual business objectives; streamlines management decision-making by managerial decisions by unifying ETECSA's KPIs; and supports the Territorial Director in monitoring outcomes through integrated data from Network Operations, Sales, Logistics & Services, Human Resources, and Investments. The solution is implemented using Microsoft Excel in its advanced version, leveraging dynamic links between databases, VBA (Visual Basic for Applications) macros to automate update and validation processes, and interactive charts configured to reflect monthly trends and historical comparisons. All the information processed ranges from divisional to national levels, ensuring consistency in reporting. This project not only optimized

data management but also deepened the company's mastery of Excel as a Business Intelligence tool, proving its potential to transform operational processes into strategic ones.

Keywords: *Dashboard, KPIs, VBA, Business Intelligence*

Introducción

En la gestión empresarial moderna, el seguimiento dinámico de los *Key Performance Indicators* (KPIs) se ha convertido en un pilar fundamental para la toma de decisiones estratégicas. Sin embargo, las distintas unidades organizativas en las Divisiones Territoriales de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S. A., ETECSA, enfrentan desafíos particulares: la existencia de múltiples sistemas de información no integrados, formatos dispares de captura de datos y la carencia de mecanismos automatizados para el análisis comparativo temporal, lo que dificulta sustancialmente la evaluación del desempeño y la identificación oportuna de desviaciones. Este artículo presenta el desarrollo de un Dashboard interactivo diseñado para optimizar la evaluación de KPIs empresariales en la División Territorial, lo que permite a los directivos monitorear el cumplimiento de objetivos mediante visualizaciones gráficas dinámicas, tanto mensuales como acumuladas y agilizar el proceso evaluativo del desempeño institucional.

El estudio tuvo como objetivos principales el desarrollar una herramienta que centralice y automatice el análisis de KPIs en función de su cumplimiento, además de facilitar la visualización gráfica del comportamiento de los indicadores en períodos mensuales y acumulados; así como, optimizar el proceso de evaluación del desempeño de los cuadros y directivos en la División Territorial.

Investigaciones recientes han destacado el valor de los Dashboards en la Gestión Empresarial. Autores como Few (2006) y Eckerson (2010) establecieron las bases para el diseño de paneles de control efectivos, mientras que estudios más recientes Terreros (2023) y Pérez (2025) han demostrado su impacto en la mejora de la agilidad decisional. No obstante, pocos trabajos abordan soluciones específicas para la gestión territorial, donde la heterogeneidad de datos y la necesidad de contextualización local representan desafíos únicos.

Esta investigación se justifica por tres razones clave; la necesidad de unificar criterios en el análisis de KPIs dispersos en múltiples fuentes, la demanda de herramientas accesibles que automaticen la generación de reportes para directivos, así como, la carencia de soluciones adaptadas a la escala territorial, donde los indicadores requieren comparativas históricas y georreferenciación.

El presente trabajo contribuye al campo del *Business Intelligence* operativo al proponer una solución escalable, desarrollada con tecnologías ampliamente accesibles (Excel avanzado + VBA), que combina rigor analítico con utilidad para entornos gerenciales. Los resultados demuestran cómo la integración de visualizaciones interactivas y lógica de negocio puede transformar datos crudos en recomendaciones basados en datos, cerrando la brecha entre la información y la estrategia.

Materiales y métodos

La metodología implementada se basó en el uso de Microsoft Office Excel, aprovechando sus capacidades avanzadas de gestión y análisis de datos mediante el uso de VBA —*Visual Basic for Applications*— para la automatización de procesos, Alexander y Kusleika (2022). Este enfoque permitió establecer conexiones dinámicas con múltiples fuentes de datos generados por los departamentos de Operaciones de Red, Comercial, Logística y Servicios, Capital Humano e Inversiones, además permite estandarizar y consolidar los indicadores claves alineados con los Objetivos Empresariales anuales de ETECSA, así como, desarrollar un sistema de actualización automatizada que garantiza la integridad y temporalidad de la información. La elección de esta herramienta se justifica por su amplia adopción en entornos corporativos, su escalabilidad para procesar volúmenes significativos de datos operativos, y su capacidad para generar salidas personalizadas mediante programación avanzada, lo que la convierte en una solución costo-efectiva para la gestión estratégica de indicadores.

El diseño del tablero de control se concibe a partir de las necesidades demandadas por los directivos de la División Territorial, quienes requerían una forma visual de analizar el comportamiento de sus

indicadores claves transcurridos los meses. Para lograrlo, se creó un sistema que muestra la información mediante gráficos fáciles de entender (figura 1), los cuales permiten identificar rápidamente tendencias, comparar resultados y detectar posibles problemas. Cada área de la organización cuenta con su propio tablero personalizado, conectado directamente a sus bases de datos en Excel. Esto permitió reunir toda la información que llega al Centro de Dirección Territorial en un formato consistente y ordenado, facilitando el análisis conjunto sin perder la perspectiva específica de cada departamento.

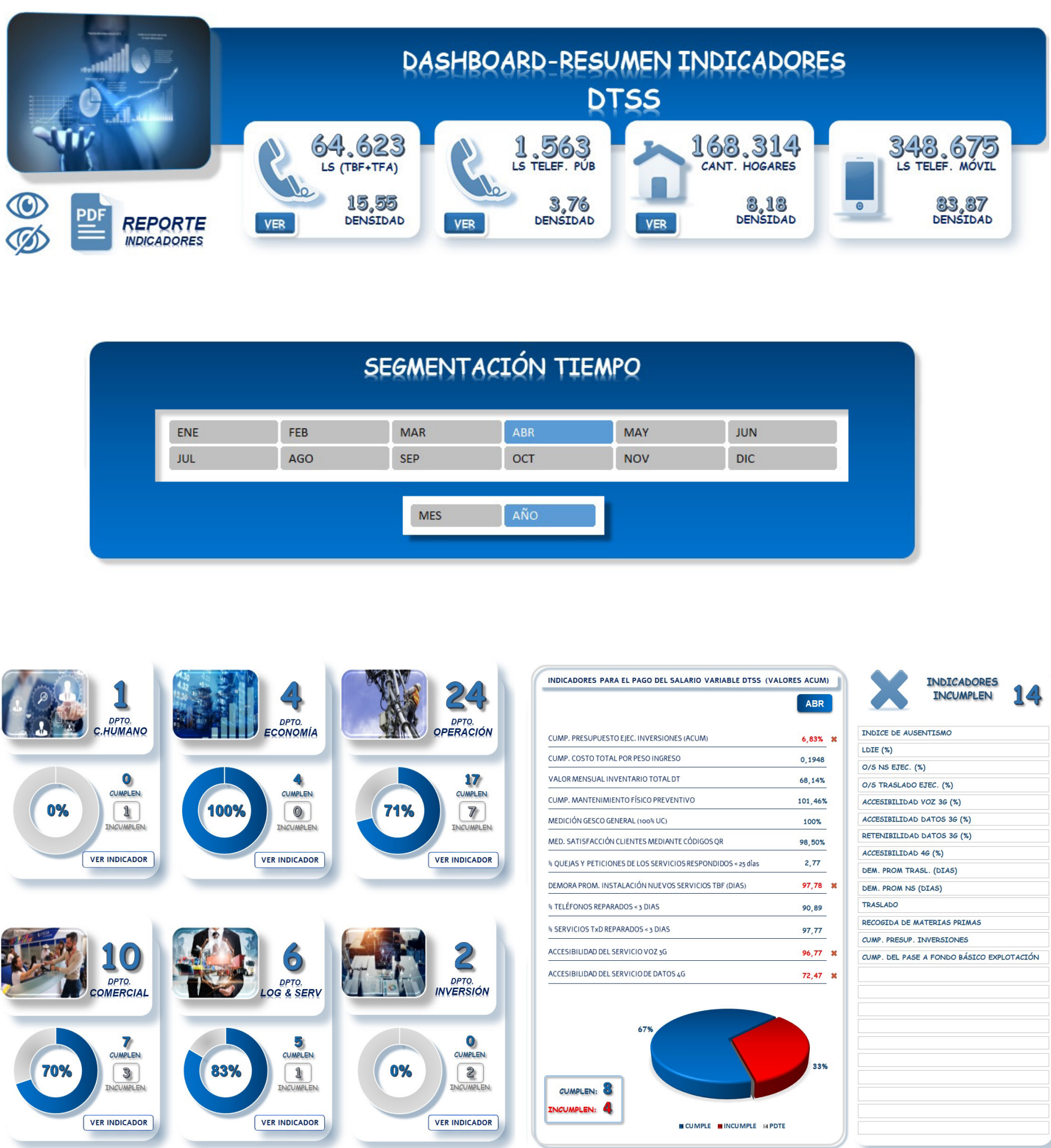


Figura 1. Pantalla principal del Dashboard para la gestión de KPIs empresarial en ETECSA

Para un mejor entendimiento, el Dashboard principal se organiza en secciones funcionales, comenzando por un módulo que presenta todas las unidades organizativas que reportan información al Centro de Dirección. Para cada unidad se muestra las cifras totales de indicadores analizados y el porcentaje de cumplimiento calculado mediante la fórmula: $\% \text{ Cumplimiento} = (\text{Valor Actual} / \text{Meta Planificada}) \times 100$, aplicable tanto para el análisis mensual como acumulativo. Los valores de los indicadores que no alcanzan sus metas se destacan mediante visualizaciones gráficas que detallan la frecuencia de incumplimientos mensuales. Esta funcionalidad se implementó mediante programación VBA que automatiza la actualización de datos, genera los gráficos dinámicamente y garantiza la consistencia de los cálculos.

En esta misma sección, se implementó la funcionalidad de visualizar tableros de control personalizados para cada departamento (Ver Indicadores), adaptados a las características específicas de sus indicadores. Los datos pueden presentarse tanto en formato gráfico como tabular, según las necesidades de análisis. Todos los Dashboard están interconectados mediante una segmentación de datos basado en tablas dinámicas y funciones avanzadas de Excel, que incluyen el uso de rangos dinámicos para optimizar el procesamiento de información. Esta solución técnica fue diseñada para garantizar un rendimiento fluido, incluso al manejar el alto volumen de datos generado en el año, asegurando una experiencia de usuario eficiente en todas las estaciones de trabajo.

El Dashboard principal incluye otra sección dedicada a los indicadores clave para la evaluación del desempeño de los directivos. Los valores utilizan formato condicional de Excel, que automáticamente resalta en rojo y con un ícono de alerta aquellos que no cumplen con los objetivos establecidos. La información se complementa con un gráfico circular que muestra de forma visual el porcentaje de cumplimiento o no y una tabla detallada que cuantifica el número exacto de indicadores cumplidos e incumplidos. Este diseño permite una identificación inmediata de áreas problemáticas, combinando la claridad de la visualización gráfica con la precisión de los datos tabulados.

El tablero contiene otra sección que muestra todos los indicadores que no han cumplido con sus metas. Lo más útil es que esta información se actualice de manera automática: al cambiar en la segmentación de tiempo la opción mes o año (acumulado), los números y la lista de indicadores con problemas se modifican al instante. Esto permite ver fácilmente si hay indicadores que se repiten cada mes o si se trata de situaciones puntuales, ayudando a enfocar mejor los esfuerzos de mejora.

En la sección superior del Dashboard principal se implementaron botones interactivos que muestran los valores de densidad de cuatro servicios clave: Telefonía Básica Fija (TBF), Telefonía Pública (TP), Nauta Hogar (NH) y servicio móvil. Para los tres primeros servicios, los botones despliegan, mediante formularios creados con VBA, tablas detalladas que desglosan los datos por centro de telecomunicaciones.

Adicionalmente, se incorpora una función específica para visualizar de manera personalizada todos los indicadores asociados a cada centro de telecomunicaciones, extrayendo los datos del tablero de control. Esta funcionalidad permite realizar análisis específicos con mayor rapidez, generar reportes en PDF automatizados mediante macros y optimizar el tiempo de trabajo de directivos, especialistas y técnicos al facilitar el acceso a datos precisos y segmentados.

Resultados y discusión

El método tradicional utilizado para la realización del reporte de cierre mensual de los KPIs en la División Territorial, está basado en la actualización manual de múltiples bases de datos en Excel y su consolidación en un único fichero PDF con tablas y gráficos, lo que presenta importantes limitaciones. Entre ellas destacan la falta de visibilidad histórica, ya que los gráficos no reflejan el avance acumulado anual desglosado por meses; la dispersión de la información en distintas hojas, que dificulta y retrasa la localización de datos; y la imposibilidad de personalizar los reportes para centros específicos cuando los directivos requieren análisis particulares. Estas restricciones afectan la eficiencia del proceso y la calidad de la toma de decisiones estratégicas.

Con la implementación de un Dashboard interactivo para la evaluación dinámica de KPIs empresariales en la gestión territorial permite obtener una visión integral del desempeño de las diferentes unidades organizativas en la División Territorial (figuras 2 y 3). Esta herramienta facilita el seguimiento inmediato de indicadores clave, centralizando la información y reduciendo los tiempos de reporte en comparación con el método tradicional. Además, permite la identificación temprana de desviaciones, lo que posibilita detectar rápido las tendencias negativas, permitiendo responder a las áreas metodológicas con intervenciones oportunas y personalizadas. La disponibilidad de información actualizada y visualmente intuitiva incrementa la toma de decisiones basada en datos, fortaleciendo la gestión territorial y mejorando los indicadores clave.



Figura 2. Dashboard personalizado para la gestión de KPIs en el área Comercial



Figura 3. Dashboard personalizado para la gestión de KPIs en el área Operación Red

Los resultados obtenidos demuestran que la evaluación dinámica de KPIs mediante un Dashboard representa una herramienta efectiva para la gestión territorial en el contexto empresarial, en particular en entornos donde la rapidez y precisión en la toma de decisiones son cruciales. La capacidad de visualizar el comportamiento de indicadores claves permite a los gestores detectar problemas, evaluar el impacto de las acciones implementadas y ajustar estrategias de manera ágil.

Además, la centralización y accesibilidad de los datos favorecen una gestión más colaborativa, promoviendo la alineación de objetivos y acciones en las diferentes unidades organizativas. La reducción en los tiempos de reporte y análisis contribuye a una mayor eficiencia operacional, optimizando recursos y potenciando la satisfacción

del usuario. La evaluación dinámica de KPIs mediante Dashboards no solo mejora la gestión territorial, sino que también impulsa la cultura de la toma de decisiones basada en datos, elemento fundamental para la competitividad en el entorno empresarial actual.

Conclusiones

La implementación de esta herramienta interactiva permite a los directivos de la División Territorial realizar un análisis exhaustivo de los indicadores empresariales. Esto se traduce en una mejor comprensión del desempeño de la organización a lo largo del año.

Posibilita visualizar de forma gráfica el comportamiento de los indicadores de manera mensual y acumulada, facilitando la identificación de tendencias, anomalías y oportunidades de mejora, contribuyendo así a la toma de decisiones más informadas y oportunas.

La herramienta proporciona a los directivos una base sólida sobre la cual fundamentar estrategias de mejora continua, al ofrecer datos actualizados y precisos sobre el cumplimiento de los indicadores. Esto ayuda a fomentar una cultura de evaluación constante y ajuste de procesos en la División Territorial.

El uso de esta herramienta permite una mejor alineación entre los objetivos estratégicos de la División Territorial y las acciones operativas, asegurando que todos los niveles de la organización trabajen en sinergia hacia el logro de resultados óptimos.

Referencias bibliográficas

- Alexander.M & Kusleika.R, (2022). *Excel VBA Programming For Dummies*, 4th Ed. John Wiley & Sons. <https://www.amazon.com/-/es/Excel-Vba-Programming-Dummies-4e/dp/1119077397>
- Eckerson, W. (2010). *Performance Dashboards: Measuring, Monitoring, and Managing Your Business*. 2 a Ed. Wiley & Sons <https://www.amazon.com/Performance-Dashboards-Measuring-Monitoring-Managing/dp/0470589833>
- Few, S. (2006). *Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data*. Editorial Academia. https://www.academia.edu/1380138/Information_dashboard_design_The_effective_visual_communication_of_data
- Pérez, N. (2025). *Implementación de Dashboard de gestión empresarial para mejorar el proceso de la toma de decisiones en la empresa minera, Andahuaylas*

(Tesis de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola). Perú. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/cf67796d-bb30-4e0f-ae55-785ac28b8606>

Terreros, D. (2023). *Qué es el análisis predictivo, tipos, ejemplos y herramientas.* HubSpot, Inc. <https://blog.hubspot.es/marketing/que-es-analisis-predictivo>



Implementación de un sistema de antenas inteligentes con haz conmutado

Implementation of a switched beam antenna system

Ing. Alexander Rogelio Ramírez Zaldívar^{1*}, Ing. Yunior Ibarra Guerra², Dr.C.T. Noslen Rojas Ramírez³

Recibido:03/2025 Aceptado: 06/2025 Publicado: 08/2025

Resumen

Las últimas décadas han sido marcadas por un incremento en el número de usuarios que emplean los diferentes servicios de comunicaciones desarrollados. Esto ha hecho necesario evolucionar las tecnologías utilizadas para asegurar una mejor satisfacción de las demandas actuales. El presente trabajo muestra la propuesta para el desarrollo de un arreglo de antenas inteligentes con conmutación del haz para su empleo en un sistema de comunicaciones. Utiliza como plataforma de implementación tarjetas de radiofrecuencia HSMC ARRadio acopladas a la placa de desarrollo TR4. El diseño propuesto permite el control dinámico de la dirección principal de siete patrones de radiación sintetizados digitalmente, garantizando la cobertura espacial de un sector angular de 100°. Con la realización del proyecto se abre una línea de trabajo aplicable en diferentes sistemas, capaz de

^{1*} Centro de Investigación y Desarrollo de Electrónica y Mecánica "CID MECATRONICS", Cuba, cid3@reduim.cu

² Centro de Investigación y Desarrollo de Electrónica y Mecánica "CID MECATRONICS", Cuba, cid3@reduim.cu

³ Centro de Investigación y Desarrollo de Electrónica y Mecánica "CID MECATRONICS", Cuba, cid3@reduim.cu

adaptarse con facilidad a geometrías de antenas complejas y con la posibilidad de incorporar algoritmos adaptivos para incrementar el rendimiento del formador digital de cada haz.

Palabras clave: Formador digital del haz, antenas inteligentes, haz conmutado

Abstract

The last few decades have witnessed a significant increase in users applying the diverse communication services. This necessitates evolving existing technologies to better meet current demands. This work proposes the development of an intelligent switched-beam antenna array to be used in a communication system. The HSMC ARRadio RF cards coupled to the TR4 development board are used as an implementation platform. The proposed design enables dynamic control of the main direction for seven digitally synthesized radiation patterns, ensuring spatial coverage across a 100° angular sector. Completing this project establishes a versatile framework applicable to diverse systems, adaptable easily to complex antenna geometries, and capable of incorporating adaptive algorithms to enhance digital beamformer performance for each beam.

Keywords: Digital beamforming, smart antenna, switched beam

Introducción

La posibilidad de controlar el patrón de radiación de una antena permite elevar el rendimiento de sistemas de radiocomunicaciones en los cuales la ubicación de los usuarios o las condiciones espectrales de trabajo varían con el tiempo. Las antenas inteligentes constituyen el elemento clave para dar solución a la problemática anterior. En estas, la combinación de un arreglo de unidades de radiación con bloques de procesamiento digital de señales, garantiza la formación dinámica del haz en función de las necesidades de trabajo reales (Ong, 2015).

En sus inicios, la utilización de antenas inteligentes se limitaba a aplicaciones de radar, sonar y comunicaciones militares. Sin embargo, el desarrollo alcanzado por los dispositivos de procesamiento

digital de señales ha posibilitado su incorporación en el mundo de las telecomunicaciones modernas (Zhai, 2017). Son la base de los enlaces satelitales con técnicas de acceso múltiple por división de espacio (SDMA, del inglés *Space Division Multiple Access*) e incorporadas en los estándares de telecomunicaciones IEEE802.11ac y LTE (del inglés *Long Term Evolution*) (Chen&Haas, 2015).

Los sistemas con haz conmutado constituyen una variante de implementación de antenas inteligentes. En estos son formados múltiples haces directivos fijos. En cada dirección se activa el sistema de recepción para identificar la presencia de señales. Al detectar una fuente de información útil es almacenada la identificación y ubicación del usuario para establecer la comunicación a través del diagrama de radiación predefinido que apunte en su dirección. Cuando la fuente se traslada se realiza la conmutación de los diagramas para mantener el enlace con la máxima ganancia de antenas posible (Sharma, Sarkar, Maity, & Bhattacharya, 2014).

Varios autores han tratado el desarrollo y empleo de esta tecnología. Rosa expone la implementación de una Red de Área Local con conmutación electrónica de ocho antenas dispuestas en una geometría cilíndrica (Rosa, Supriyanto, Rahman, Rahim, & Moradikordalivand, 2014). Almorabeti propone un diseño basado en la matriz de Butler para formar cuatro diagramas ortogonales, realiza su implementación sobre microcinta e incorpora un conmutador con diodos PIN (Almorabeti, Rifi, Terchoune, & Tizyi, 2018). Ahmed y Tiang analizan la utilización de conmutación de haces en sistemas de comunicaciones V2V (del inglés *Vehicle-to-Vehicle*) (Ahmed, Tiang, Mahmud, Gwo-Chin, & Do, 2023; Settawit Poochaya, 2016).

El presente trabajo muestra la implementación de un arreglo de antenas con formación digital de múltiples diagramas de radiación para un sistema con haz conmutado. Se basa en el empleo de tarjetas transceptoras HSMC ARRradio acopladas a la placa de desarrollo TR4. El objetivo principal es exponer una arquitectura de diseño aplicable a esta variante de sistema inteligente, capaz de adaptarse a geometrías de antenas complejas e incorporar algoritmos adaptativos para incrementar

el rendimiento del formador digital de cada haz. El desarrollo no incluye el algoritmo de búsqueda e identificación de señales, pero brinda la plataforma que garantiza la formación y conmutación de múltiples haces durante la recepción. El principal aporte del trabajo es la exposición de una variante de diseño para el desarrollo de antenas inteligentes en sistemas de telecomunicaciones.

Materiales y métodos

Para la implementación del sistema de antena inteligente con conmutación de haz se empleó una arquitectura hardware compuesta por una placa de desarrollo TR4 con FPGA Stratix IV EP4SGX230C2 como núcleo de procesamiento principal y cuatro tarjetas hijas HSMC ARRadio equipadas con transceptores AD9361 de Analog Devices, proporcionando un total de ocho canales de recepción independientes. El arreglo de antenas consistió en ocho dipolos de media onda dispuestos en configuración lineal uniforme con una separación entre elementos de 0.6λ a la frecuencia de operación de 2.412 GHz. La metodología experimental se estructuró en tres fases secuenciales: configuración hardware, programación del procesamiento de señales y validación metrológica. Inicialmente se configuraron los parámetros operativos de los RFICs AD9361 mediante un softcore NIOS II embebido en el FPGA, gestionando mediante interfaz SPI la frecuencia central, ancho de banda, ganancia y tasa de muestreo. El procesamiento digital de señales implementado en el FPGA incluyó la adquisición y demultiplexación de datos I/Q, seguido de un algoritmo de calibración en dominio de frecuencia basado en Transformada de Fourier Discreta para compensar desviaciones de amplitud y fase, y la síntesis de siete haces direccionales mediante la aplicación de pesos complejos precalculados. La validación experimental se realizó en cámara anecoica, utilizando una señal sinusoidal de referencia a 2.4121 GHz para caracterizar el rendimiento del sistema. Los patrones de radiación se midieron mediante barrido angular con posicionador rotatorio y los datos obtenidos se exportaron a MATLAB para análisis comparativo con las simulaciones teóricas, evaluando específicamente el nivel de lóbulos laterales y la precisión en el ángulo de radiación.

Formación digital del haz

En una antena convencional la contribución del campo electromagnético para diferentes direcciones en la zona lejana se encuentra determinada por la ley de distribución de corriente en su superficie del radiador. Por tanto, su característica direccional es condicionada por la geometría de la antena y el punto de alimentación (Stincer, 2001).

Un arreglo de antenas incluye unidades de radiación alimentadas de forma independiente. Al modificar la amplitud y fase de las señales en su entrada se establece una distribución de corriente equivalente por lo que se puede obtener la característica direccional deseada. Dicho proceso es conocido como formación del diagrama de radiación (Rodríguez, García, & Miller, 2017).

Un salto crucial para el desarrollo de los sistemas inteligentes es el empleo de formadores digitales del haz. En estos las señales adquiridas por los elementos son digitalizadas y enviadas a un procesador de señales. En su interior, se aplica a cada canal un factor de peso complejo para garantizar la síntesis del diagrama. Trabajar en el dominio digital brinda la posibilidad de conformar múltiples haces con características diferentes y dinámicas sin necesidad de modificar la estructura física del arreglo de antenas; cuestión aprovechada por los sistemas con haz conmutado (Bailleul, 2016).

Plataforma de recepción y procesamiento

El elemento inicial para la formación digital del haz es la adquisición y digitalización de las señales a la entrada de cada elemento. Para ello, Peter Delos propone el empleo de un Circuito Integrado de Radiofrecuencia (RFIC, por sus siglas en inglés) (Delos, 2017). En el trabajo (Delos, Frick, & Jones, 2020), se muestra un prototipo desarrollado sobre la base del transceptor de cuatro canales AD9061. Operar directamente con los RFIC disponibles requiere de una tecnología de montaje avanzada capaz de soportar diseños complejos. El integrado AD9361, por ejemplo, necesita la conexión de 144 pines en un área de 102 mm² (HSMC ARRADIO Daughter Car).

Una respuesta es el empleo de placas de evaluación que incluyen RFIC y los elementos de hardware necesarios para su funcionamiento.

En el presente trabajo se utiliza la tarjeta HSMC ARRadio. Esta puede ser acoplada a un dispositivo de manejo externo a través de la interfaz de alta velocidad HSMC (del inglés *High Speed Mezzanine Card*) y contiene como elemento base al RFIC de dos canales transceptores AD9361.

Las etapas de procesamiento en los formadores digitales se caracterizan por presentar una arquitectura híbrida (Yu, 2017). Predominan los DSP y FPGA (del inglés *Digital Signal Processor* y *Field Programmable Gate Array* respectivamente) para la realización de la formación digital del haz. La selección de uno u otro se encuentra condicionada por la aplicación específica a desarrollar, aunque la mayor parte de las bibliografías sobre el tema coinciden en el empleo de FPGA (Dikmese, Kucuk, Sahin, & Tangel, 2010).

El RFIC AD9361 presenta dos buses de datos de 12 bits, a través de los cuales circulan entrelazadas las señales de transmisión y recepción (en banda base) de dos transceptores; un bus de control, para el manejo de la comunicación y una interfaz SPI (del inglés *Serial Peripheral Interface*) para la configuración de los parámetros de operación del sistema (Frecuencia, ancho de banda, tasa de muestreo, etc.). El ARRadio garantiza el acceso a todas las señales mencionadas a través del conector HSMC. El dispositivo empleado para el procesamiento digital de los datos debe garantizar la conexión con dicha interfaz.

La necesidad del empleo de múltiples tarjetas de adquisición, así como las cuestiones asociadas al control de estas conducen a la selección de la Placa de Desarrollo TR4. Esta presenta un total de 6 conectores HSMC para la conexión de tarjetas transceptoras y su núcleo de procesamiento es el FPGA EP4SGX230C2 de la familia Stratix IV.

Arquitectura del sistema

A partir de la plataforma de recepción y procesamiento seleccionada, se propone el esquema de conexión de la figura 1 para el sistema de antenas con haz conmutado. Incluye cuatro tarjetas HSMC ARRadio conectadas a la placa de desarrollo TR4. Con estas, es posible procesar las señales de ocho antenas para la formación digital de los múltiples diagramas de radiación.

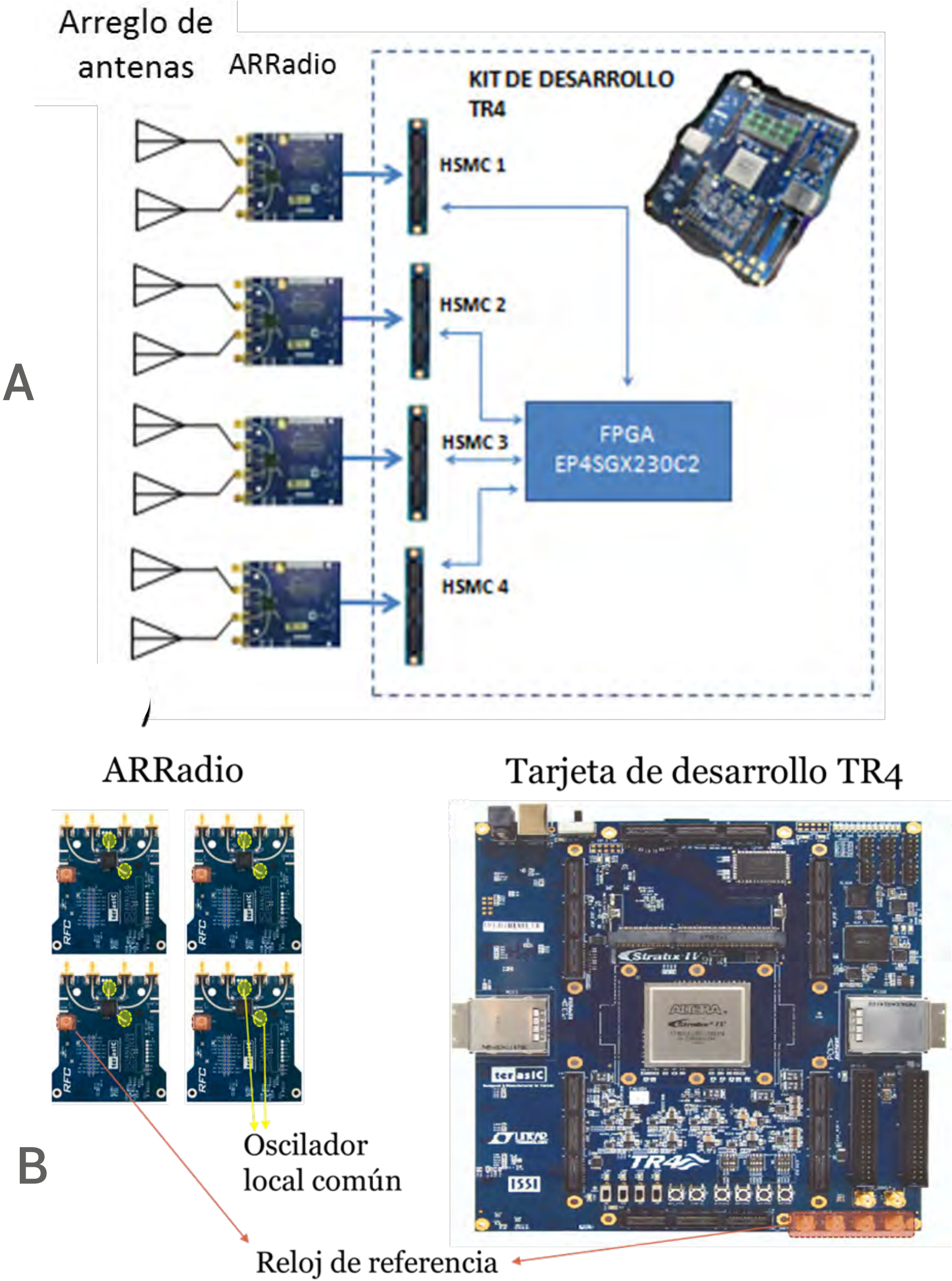


Figura 1. Esquema del arreglo de antenas inteligente. a) Conexión entre los transceptores y el sistema de procesamiento. b) Conexión de las señales para la coherencia multicanal

La imagen de la izquierda muestra la vía de comunicación entre los transceptores integrados y la tarjeta de desarrollo TR4. A través de las líneas de alta velocidad HSMC se enlazan los AD9361 con el FPGA donde tiene lugar el grueso del procesamiento. En la derecha se incluyen los puntos para conexión de un oscilador local para garantizar la coherencia en radiofrecuencia de las señales de cada canal y el modo de distribución del reloj para asegurar el sincronismo en banda base.

El FPGA cumple con tres funciones esenciales para el sistema: efectúa la configuración de las tarjetas transceptoras, garantiza la correcta recepción y calibración de las señales procedentes de los AD9361 y realiza la síntesis digital de los siete patrones de radiación formados digitalmente. El esquema funcional que muestra sus elementos fundamentales se representa en la figura 2.

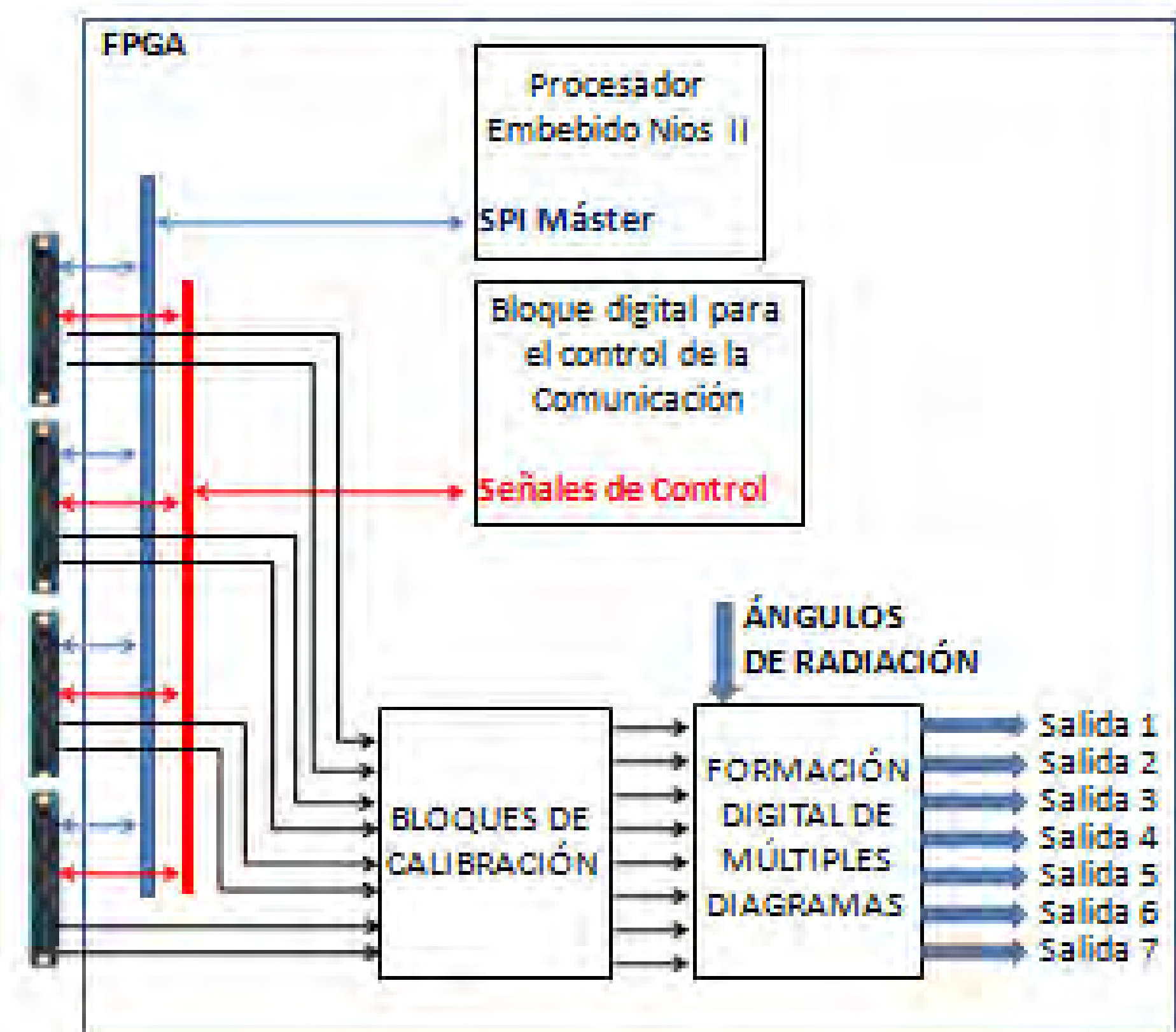


Figura 2. Esquema funcional del diseño en FPGA

Para la inicialización de los parámetros de funcionamiento de los AD9361, se emplea el Softcore desarrollado por la empresa Altera NIOS II, embebido en el FPGA. A través de la interfaz de comunicación SPI envía la secuencia de configuración que incluye:

- Habilitación de los dos canales receptores.
- Configuración del ancho de banda del receptor en radiofrecuencia.
- Configuración de la frecuencia central de trabajo.
- Configuración de las tasas de muestreo de las señales.
- Programación del filtro digital interno.

- Configuración de la ganancia manual.
- Calibración interna del *offset* de recepción y el balance de los canales en fase y cuadratura.

La lógica para el control de la comunicación se elabora a partir del protocolo de comunicación establecido por el fabricante del AD9361. Tomando como base el reloj de muestreo de los datos definidos durante la inicialización efectúa la recuperación de los datos de cada canal los cuales se encuentran entrelazados con la secuencia I1, Q1, I2, Q2, donde I y Q representan las componentes en fase y cuadratura de las señales, y la numeración indica el canal transceptor.

El primer bloque de procesamiento por el que circulan las señales adquiridas es el de calibración. Este comienza su funcionamiento durante la inicialización del sistema, donde emplea una señal de referencia generada por uno de los transmisores, y distribuida a todos los canales de recepción, para obtener las diferencias de amplitud y fase entre canales. Para ello emplea un algoritmo basado en la transformada de Fourier. Una vez determinadas las diferencias se elaboran los coeficientes de corrección, que son aplicados continuamente durante el funcionamiento del sistema.

Las señales calibradas son enviadas al bloque para la formación digital de los diagramas direccionales. Se encuentra formado por un total de siete subsistemas similares encargados de la síntesis de cada haz. Las direcciones de radiación deseadas son aplicadas a cada subsistema según corresponda. El cálculo de los pesos para la formación de cada haz, se realiza mediante un algoritmo convencional basado únicamente en la dirección de radiación introducida (S. Venkata Rama Rao, 2019).

Como circuito de conmutación se propone el esquema simple mostrado en la figura 3. En este, se configura un diagrama direccional fijo en los canales sintetizados con el fin de efectuar la lectura secuencial de las salidas de cada uno. Esta configuración es útil cuando las unidades de procesamiento de datos que siguen al arreglo de antenas no son capaces de manejar un número elevado de información. La plataforma desarrollada, permite implementar arquitecturas de

procesamiento complejas como son los sistemas adaptativos u otras donde cada haz opere de forma aislada conmutando secuencialmente.

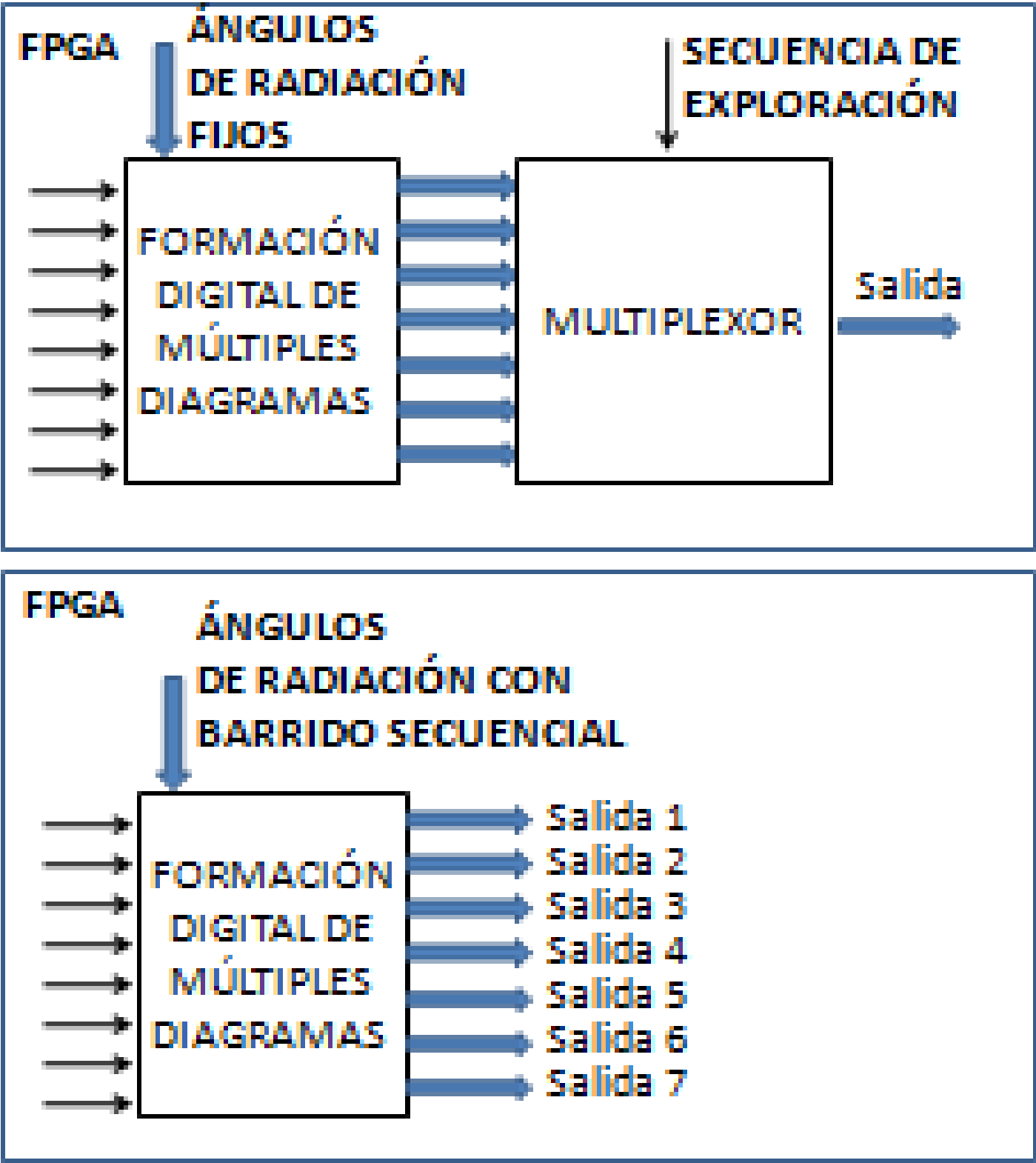


Figura 3. Sistema de conmutación del haz

Resultados y discusión

La tecnología propuesta en el presente trabajo para el desarrollo de antenas inteligentes con conmutación del haz fue validada con el objetivo de verificar las posibilidades reales de empleo. Para ello fue empleado un sistema de verificación compuesto por ocho líneas de recepción con antenas separadas a 0.6 veces la longitud de onda de trabajo. Las pruebas fueron realizadas en la frecuencia de 2.412 GHz correspondiente al primer canal de acceso wifi.

La calibración constituye un elemento clave para la correcta formación del diagrama direccional, por lo que fue el primer elemento comprobado. La figura 4 muestra los componentes en fase y cuadratura de las señales recibidas por los receptores antes y después de realizar este proceso.

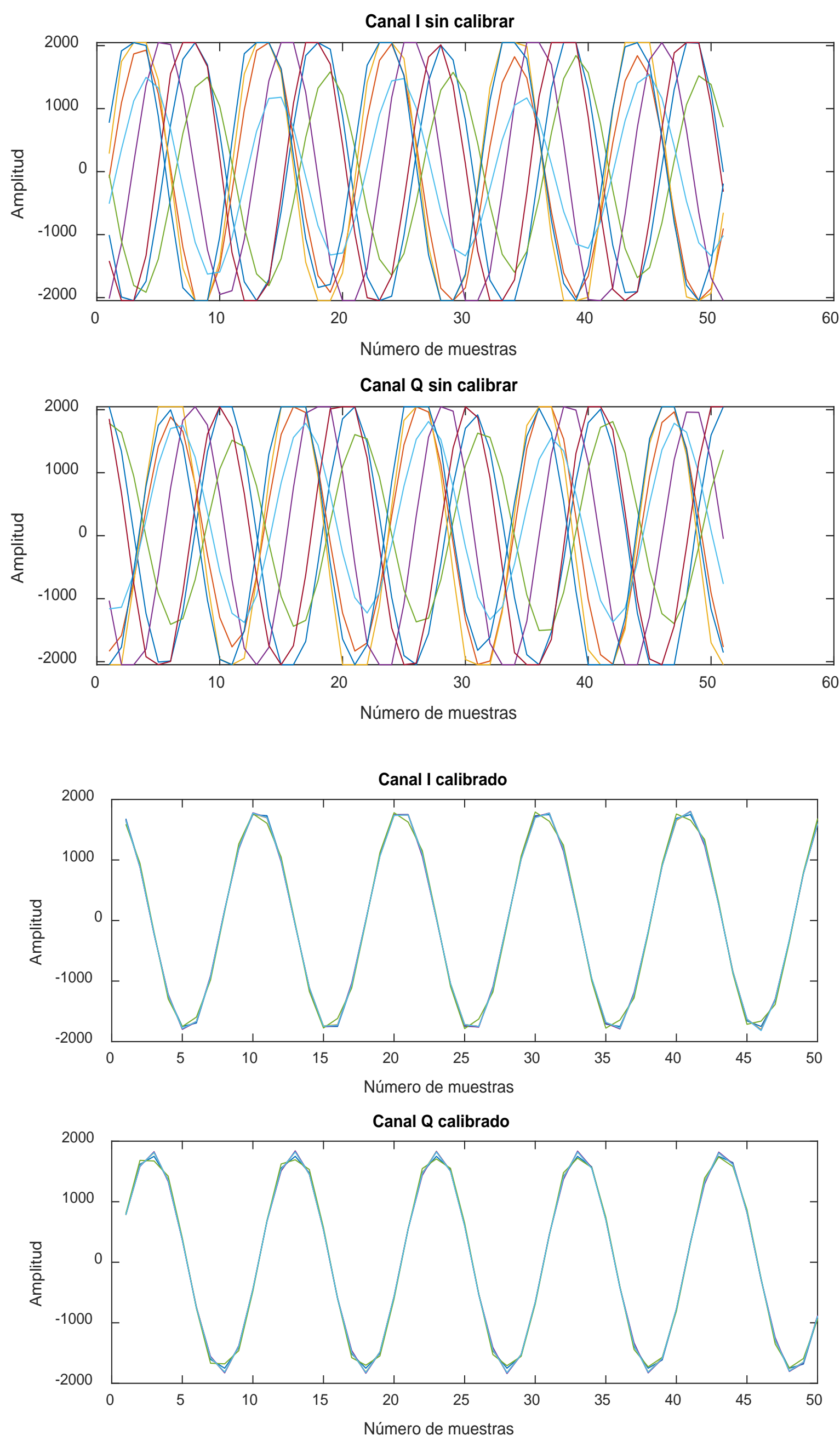


Figura 4. Señales recibidas antes y después de la calibración

Se aprecia la alineación de la fase de las señales y la compensación de la diferencia de amplitud entre los canales. Como referencia se utilizó una señal sinusoidal desplazada 0.1 MHz con respecto al centro de la frecuencia de trabajo.

Para valorar el comportamiento de la calibración entre canales con el tiempo se efectuaron 40 capturas de las señales de salida, distribuidas en grupos de 10 realizaciones, separados entre sí por una hora. De esta forma, se obtuvo información durante las tres primeras horas de trabajo del sistema tras la calibración (el primer grupo de datos pertenece al momento en que se realizó la aplicación de los pesos). Estos datos fueron procesados en la herramienta computacional Matlab y se presentan en a tabla 1 los resultados obtenidos.

Tiempo (minutos)	Desviación estándar del error absoluto de fase (°)	Desviación estándar del error de amplitud relativo (%)
0	0.0351	0.0621
60	0.1473	0.2828
120	0.6828	0.3594
180	0.7538	0.3971

Tabla 1. Comportamiento de los errores de amplitud y fase entre los canales tras la calibración

Los valores mostrados en la tabla indican la tendencia a incrementar las desviaciones tras la calibración. Esto es resultado de las variaciones con la temperatura de los elementos del sistema transceptor. A pesar de ello, tanto los errores de amplitud como los de fase toman valores pequeños, incluso en el peor de los casos. Por tanto, es posible garantizar la formación del diagrama de radiación sin introducir errores significativos en los patrones sintetizados (Mailloux, 2018).

Seguidamente, se verificó la formación de la característica direccional para lo cual se empleó el esquema de medición mostrado en la figura 5. La comprobación fue realizada en una cámara anecoica donde se emularon las condiciones de espacio libre. Las señales resultantes de cada haz fueron enviadas a través de una interfaz de comunicación serie hacia una PC donde un programa desarrollado para la verificación del sistema se encarga de graficar la forma del diagrama direccional sintetizado digitalmente.

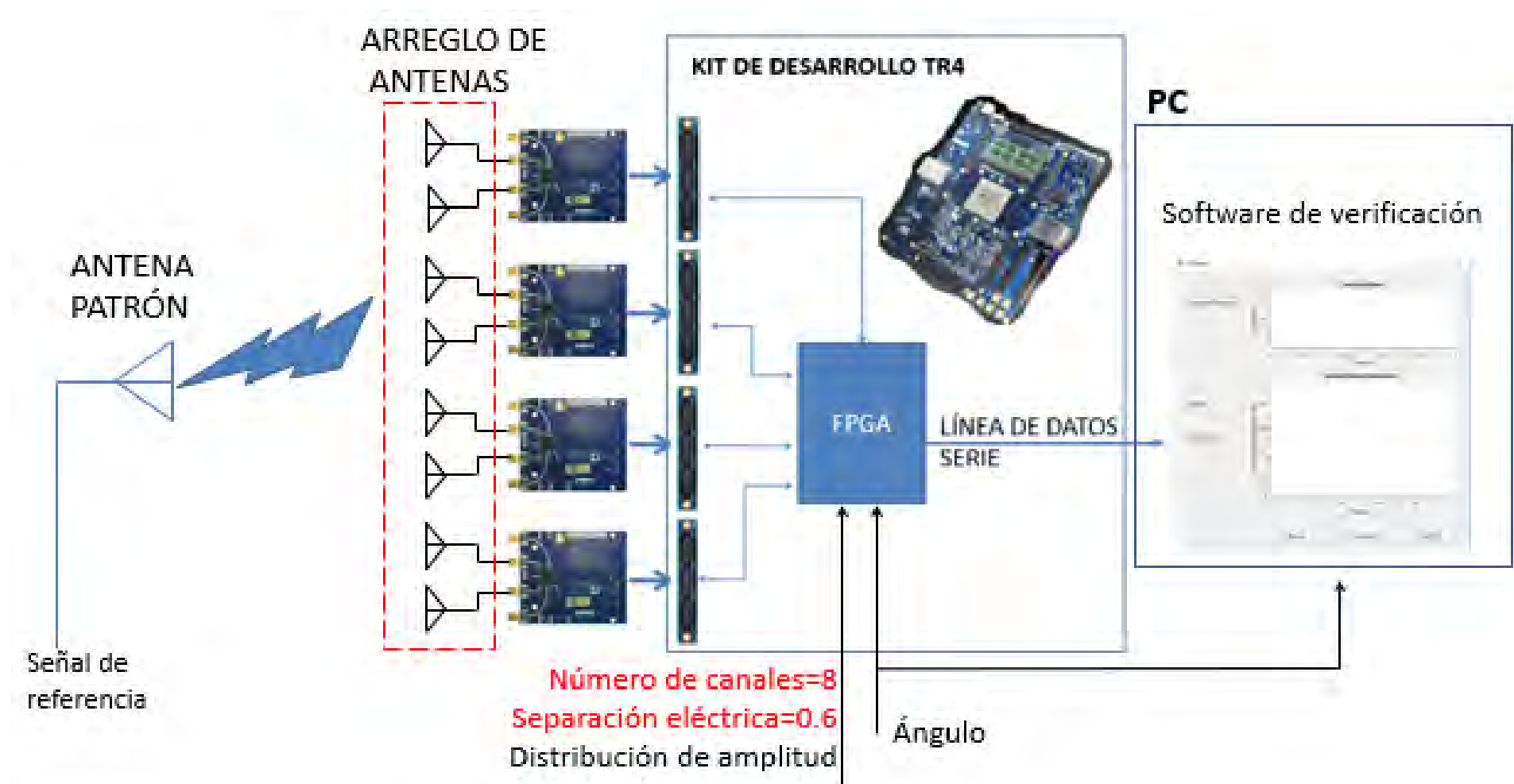


Figura 5. Esquema para la medición de la característica direccional

Como resultado se obtuvieron los patrones de radiación mostrados en la figura 6.

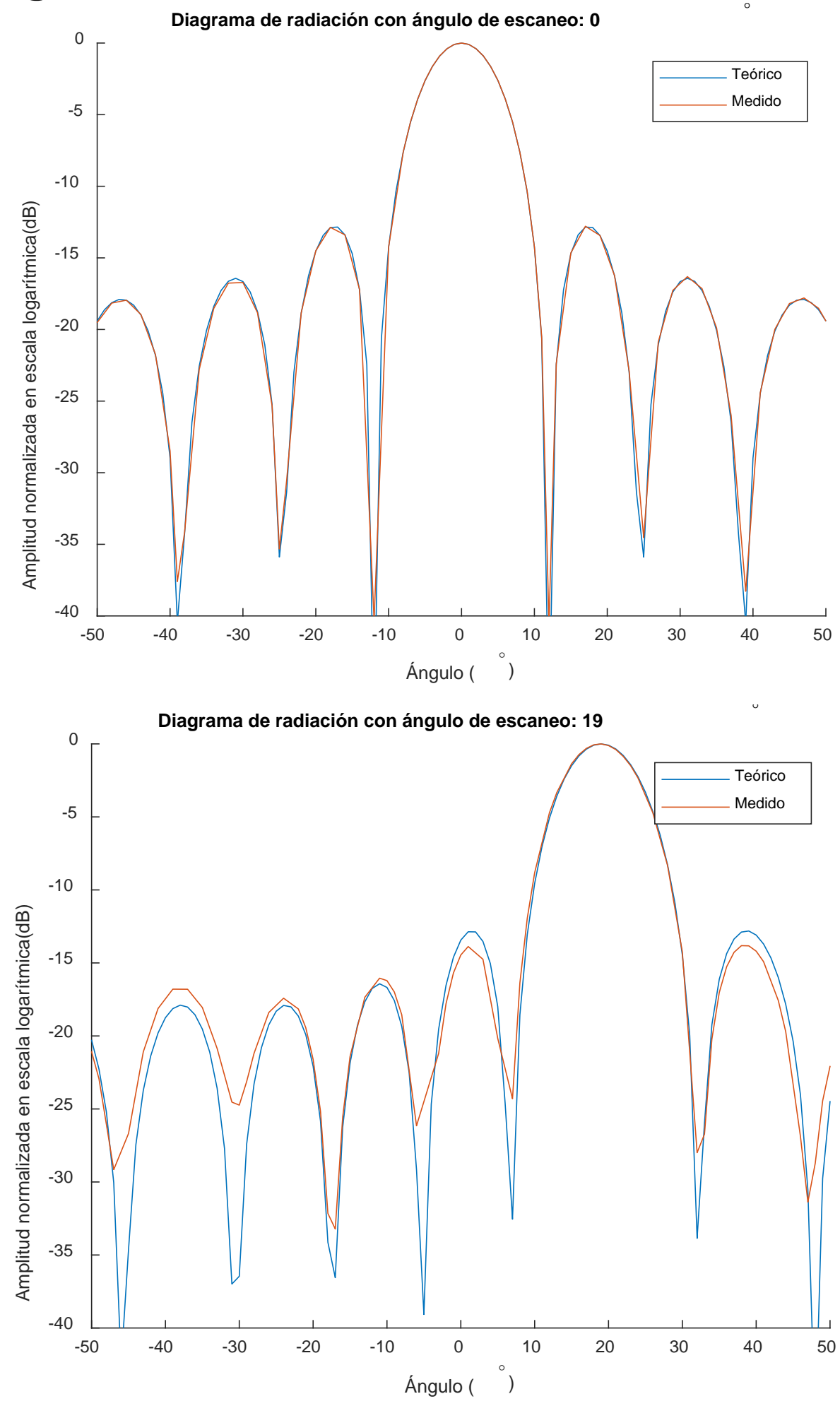


Figura 6. Diagramas de radiación formados digitalmente arriba 0 grados, abajo 19 grados

La figura 6 representa los diagramas medidos y simulados para dos de los canales del sistema de antenas con haz conmutado. Existe una correspondencia entre ambos con un error absoluto en el nivel de los lóbulos laterales inferior a 1.5 dB y en el ángulo de radiación de 0.39°. Las diferencias fundamentales entre ambos se manifiestan en la profundidad de los nulos de radiación y son una consecuencia directa de los errores de amplitud y fase presentes en el sistema. Con la geometría empleada utilizando siete diagramas direccionales es posible cubrir un sistema de exploración de 100° para el sistema de antenas con haz conmutado, como se muestra en la figura 7.

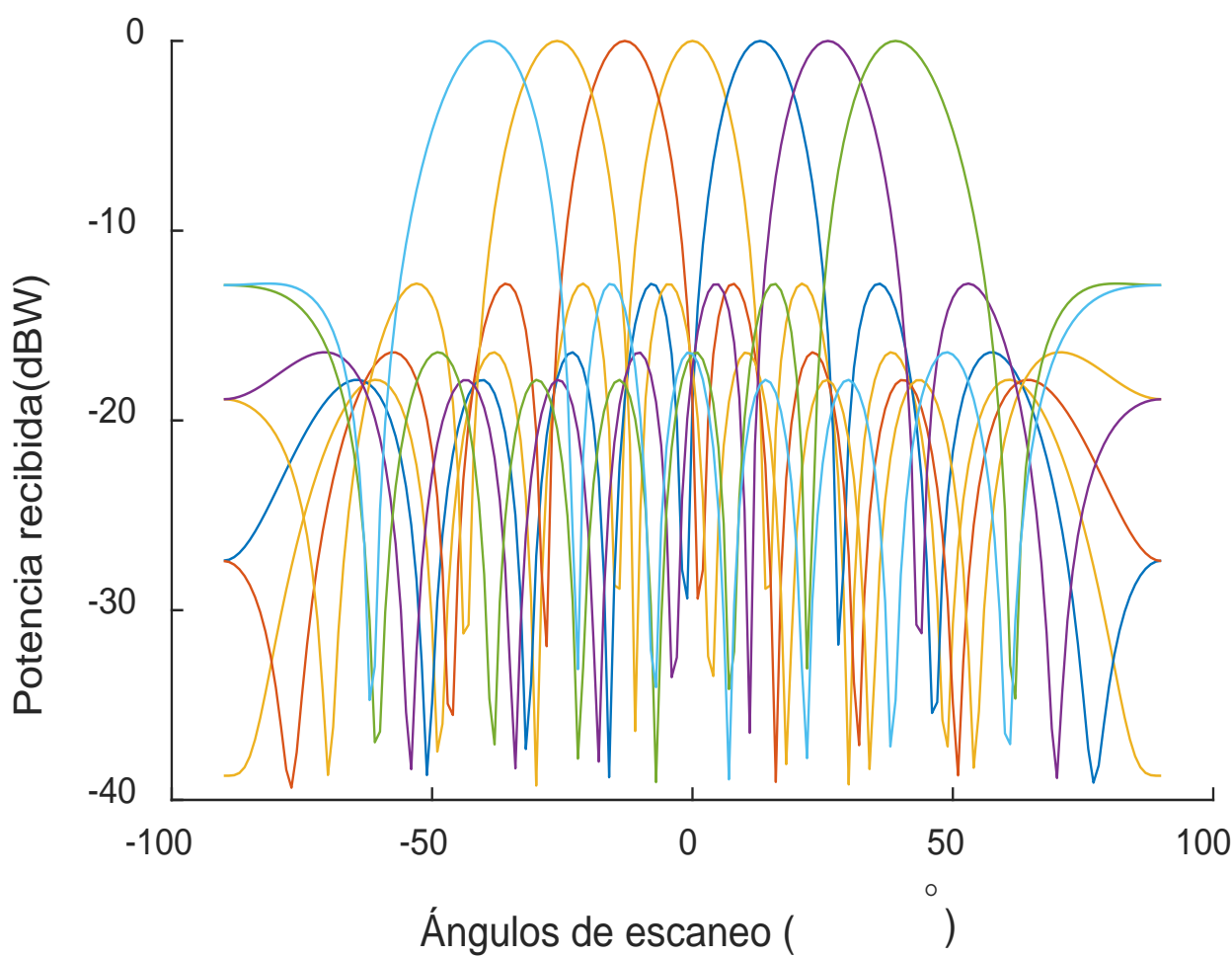


Figura 7. Característica direccional del sistema con múltiples haces

Conclusiones

El sistema implementado garantiza la formación de múltiples haces direccionales simultáneos de recepción por lo que puede ser empleado en un sistema con haz conmutado. En el trabajo se exponen los principales elementos tecnológicos que posibilitaron su desarrollo. La arquitectura de diseño propuesta además de ser aplicable a antenas inteligentes con conmutación del haz, es capaz de adaptarse a geometrías de antenas complejas pues, al formar el diagrama con técnicas digitales, solo necesita modificar la ecuación para la determinación de los pesos en el bloque de formación del haz. Esa misma razón hace que también sea posible el desarrollo de algoritmos adaptativos. Lo

anterior ratifica el cumplimiento del objetivo propuesto para la realización del trabajo.

En las mediciones realizadas se comprobó la correcta formación del diagrama de radiación. Los errores de amplitud y fase medidos en cada canal de recepción fueron inferiores a 0.3971% y 0.7538° respectivamente. Como consecuencia, las diferencias entre los haces medidos en la cámara anecoica y los simulados no superaron 1.5 dB para el nivel de los lóbulos laterales inferior y 0.39° en el ángulo de radiación.

Referencias bibliográficas

- Ahmed, T. H., Tiang, J. J., Mahmud, A., Gwo-Chin, C., & Do, D.-T. (2023). Evaluating the Performance of Proposed Switched Beam Antenna Systems in Dynamic V2V Communication Networks. *SENSORS*, 23(15), 1-20. doi:10.3390/s23156782
- Almorabeti, S., Rifi, M., Terchoune, H., & Tizyi, H. (2018). Design and Implementation of a Switched Beam Smart Antenna For Wireless Power Transfer System at 5.8 GHz. *Paper presented at the 2018 Renewable Energies, Power Systems & Green Inclusive Economy (REPS-GIE)*, Casablanca, Morocco.
- Bailleul, P. K. (2016). *A New Era in Elemental Digital Beamforming for Spaceborne Communications Phased Arrays*. 104, 623-632. doi:10.1109/JPROC.2015.2511661
- Chen, Z., & Haas, H. (2015). Space division multiple access in visible light communications. *Paper presented at the 2015 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, London, UK.
- Delos, P. (2017). *Digital beamforming techniques for phased array system* [Webcast]. Retrieved from <https://www.analog.com/en/education/education-library/webcasts/digital-beamforming-techniques-for-phased-array-system.html>
- Delos, P., Frick, C., & Jones, M. (2020). *Multichannel RF-to-Bits development Platform Enables Rapid Prototyping for Phased Arrays*. Retrieved from <https://analog.com/en/design-notes/multichannel-to-bits-development-platform.html>.
- Dikmese, S., Kucuk, K., Sahin, S., & Tangel, A. (2010). Digital signal processor against field programmable gate array implementations of space-code correlator beamformer for smart antennas. *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, 4(5), 593-599.
- HSMC ARRadio Daughter Car. Retrieved from <https://www.terasic.com.tw/cgi-bin/page/archive.pl?Language=English&CategoryNo=65&No=946&PartNo=1>

- Mailloux, R. J. (2018). *Phased Array Antenna Handbook* (3rd ed.): Artech House.
- Ong, L. T. (2015). Adaptive Beamforming Algorithms for Cancellation of Multiple Interference Signals. *Progress In Electromagnetics Research*, 43(M), 109-118. doi:10.2528/PIERM15061202
- Rodríguez, D. C., García, E., & Miller, R. B. (2017). Diseño e Implementación de un Beamformer Transmisor en una FPGA. 6. Retrieved from <https://silo.tips/download/una-antena-tipica>
- Rosa, S. L., Supriyanto, E., Rahman, T. A., Rahim, S. K. A., & Moradikordalivand, A. (2014). Switched Beam Smart Antenna for Wireless Local Area Network. *Paper presented at the International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI 2014)*, Yogyakarta, Indonesia.
- S. Venkata Rama Rao, A. M. P., Ch. Santhi Rami. (2019). Antenna Array Weight Synthesis for Low Side Lobe Levels using Window Functions. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(1), 8. doi:10.35940/ijeat.A1664.109119
- Settawit Poochaya, P. U. (2016). Beam Tracking in Switched-Beam Antenna System for V2V Communication. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2016(Special), 1-13. doi:<http://dx.doi.org/10.1155/2016/4169619>
- Sharma, B., Sarkar, I., Maity, T., & Bhattacharya, P. P. (2014). An introduction to smart antenna system. *International Journal of Business and Engineering Research*, 8(11).
- Stincer, E. P. (2001). *Antenas. Teoría general*. La Habana: ITM.
- Yu, X. (2017). *Digital signal processor based real-time phased array radar backend system and optimization algorithms*. (Doctor of Philosophy). University of Oklahoma, Norman, Oklahoma. Retrieved from <https://shareok.org/handle/11244/52417>
- Zhai, M. (2017). Smart Antenna Technology in Mobile Communication and Its Research Progress. *Paper presented at the International Conference on Computer Technology, Electronics and Communication (ICCTEC)*, Sanya, China.



Control inalámbrico de plataformas pesadas basado en Arduino y módulos XBee

Wireless control of heavy rotating platforms based on Arduino and XBee modules

Ing. Jorge H. Vázquez Leiva^{1*}, MSc.Yordany Vélez Rodríguez¹,
Ing. Randy Mustelier Rivero¹, Ing. Michel Buzón Tur²

Recibido: 07/2025 Aceptado: 07/2025 Publicado: 08/2025

Resumen

En este trabajo se presenta una estructura basada en sistemas embebidos para realizar control inalámbrico de plataformas pesadas giratorias con dos grados de libertad. Se propone el diseño de un controlador que permite el acceso remoto de los operadores a través de un sistema de comunicación basado en módulos XBee, facilitando el ajuste automático de los parámetros de control en tiempo real. Mediante una placa Arduino Leonardo, se establece la conexión inalámbrica que permite la interacción entre el controlador y la plataforma sin depender de redes wifi o protocolos TCP/IP, lo que mejora la robustez del sistema en entornos industriales. Los resultados obtenidos en un entorno de laboratorio evidencian que es posible controlar la plataforma a una distancia máxima de 50 metros. Además, se puede aumentar el alcance del enlace mediante la adición de antenas

1*Centro de Investigación y Desarrollo de Electrónica y Mecánica "CID ME-CATRONICS", dir: Calle 15 y 86A, Playa, La Habana, Cuba. Correo electrónico: cid3@reduim.cu

2 Empresa de Informática, Automática y Comunicaciones TECNOMÁTICA, dir: Árbol Seco 56 e/ Estrella y Maloja, Centro Habana, La Habana, Cuba. Correo electrónico: michelbt@tm.cupet.cu

direccionales compatibles con el hardware del sistema, lo que optimiza el rendimiento y la confiabilidad del control remoto.

Palabras clave: Control remoto; Arduino; XBee; plataformas giratorias

Abstract

This paper presents a structure based on embedded systems for wireless control of heavy dual-degree-of-freedom rotating platforms. The design of a controller is proposed to allow remote access operator via an XBee-based communication system, facilitating real-time automatic parameter adjustments. The wireless connection between the controller and the platform is established using an Arduino Leonardo board, eliminating dependence on Wi-Fi or TCP/IP protocols to enhance the system robustness in industrial environments. The results obtained in lab environment prove a reliable platform control at distances up to 50 meters. Additionally, the link range can be increased by adding hardware compatible directional antennas with the system hardware, optimizing remote control performance and reliability.

Keywords: Remote control; Arduino; XBee; Rotating platforms

Introducción

Las plataformas giratorias son utilizadas en una variedad de aplicaciones tales como las comunicaciones, manipulación de materiales y transporte de cargas. Estos sistemas se ven limitados en la actualidad por dificultades en su operación relacionadas con el soporte cableado, dado por los elevados costos de instalación, fragilidad del medio e incapacidad de adaptación a cambios en el entorno. Con el surgimiento de nuevas tecnologías y el desarrollo de dispositivos inalámbricos, resulta relativamente sencillo su despliegue, en entornos donde las líneas físicas constituyen una barrera potencial. Una solución viable para garantizar el control a distancia es la transmisión de la señal de control mediante radiofrecuencia (RF) (Bernabé et al., 2024), siendo una variante asequible, las basadas en XBee del fabricante Digi Internacional.

Novedosas investigaciones aplican los mencionados módulos en este campo, algunas de ellas lo emplean en el monitoreo de parámetros en locales de almacenamiento mediante chip RF inalámbrico y pila de protocolos Zigbee (Wang, 2011). Ambikabhuvaneswari (2018) realiza el seguimiento de las bicicletas eléctricas y la recuperación de la información mediante el uso de LoRa y el módulo XBee. Otra investigación (Adewasti et al., 2018) trata el desarrollo de una interfaz hombre-máquina en LabVIEW para control de un robot y observar los resultados de varios factores ambientales, como la medición de la temperatura, la presencia de gases tóxicos, la detección de la presencia de seres humanos y también puede transmitir video en tiempo real de ese lugar en particular de forma inalámbrica. El desarrollo del diseño de un sistema de control de robot para monitorear la ubicación de los terremotos utilizando Arduino basado en Xbee Pro se evidencia en (Shahzad et al., 2017).

El análisis de latencia de XBee con buenos resultados en el control de máquinas montadas en drones a través de canales a distancia se desarrolla en XBee *latency analysis for drone mounted machine control over wireless communication channels* (Sit et al., 2021). Otro estudio que evidencia la fiabilidad de XBee es (Gavra et al., 2023), donde se propone un análisis de las características de la topología de la red en malla para verificar la extensión del alcance y cómo afecta el indicador de intensidad de la señal y el rendimiento. La implementación de un sistema de vehículos no tripulados basados en esta tecnología es tratado en (Karyemsetty et al., 2015) y demuestra que es posible monitorear la ruta de viaje del vehículo en el mapa de Google utilizando la latitud y la longitud transmitidas por el receptor GPS. En los sistemas de posicionamiento marítimo (San Filippo, 2015) se aplican algoritmos de posicionamiento de nodos para rastrear e identificar los movimientos operativos a bordo del buque. El control de motores y observación de sus parámetros se constata en (Floriduz et al., 2015) con la descripción de un sistema inalámbrico de medición de temperatura, destinado al análisis térmico de partes rotativas de máquinas eléctricas. El dispositivo fue diseñado y fabricado para instalaciones en máquinas con consumo inferior a 15 kW.

Las investigaciones anteriormente citadas corroboran que XBee en combinación con un dispositivo lógico programable puede garantizar buena calidad en el enlace inalámbrico. Por otra parte, en los estudios consultados se evidencia la ventaja de implementar soluciones de control a distancia en zonas o sistemas donde es complicado el despliegue de líneas físicas. En este trabajo se propone una solución que emplea como soporte técnico una placa de Arduino Leonardo y un módulo XBee S1 (Hongyim, 2017). La misma consiste en desarrollar un controlador inalámbrico para aumentar el alcance en el control de las plataformas. La ventaja radica en la obtención de un sistema con posibilidad de mejorar el rendimiento de la planta en cuanto a los parámetros que se les comprueban y la posibilidad de acceso sin necesidad de soporte cableado. El empleo del protocolo TCP/IP ofrece escalabilidad, estabilidad, seguridad e interconexión entre diferentes redes y dispositivos (Hongyim, 2019). Por su principio de funcionamiento, el control inalámbrico propuesto es una opción para aplicaciones IoT.

Materiales y métodos

Para lograr los objetivos establecidos se llevó a cabo un análisis de mercado centrado en identificar las tecnologías más accesibles desde una perspectiva económica y documental. Se aplicó un método analítico sistémico para extraer los elementos clave de la literatura revisada, con el fin de formular una propuesta que se ajusta a las necesidades del sistema. Ante las restricciones tecnológicas existentes en el país, particularmente en la fabricación de circuitos impresos y la importación de componentes electrónicos, se decidió optar por la utilización de hardware y software libre en la mayor medida posible. Esta elección no solo disminuye los costos asociados, sino que también promueve la sostenibilidad y la adaptabilidad del sistema propuesto.

Estructura general del sistema

El presente trabajo propone la implementación de un sistema con la estructura mostrada en la figura 1. Para su definición se parte de la necesidad de lograr una comunicación remota entre el centro de control y la plataforma. Como se puede apreciar el mecanismo

actuador es dotado con un elemento de control externo compuesto por una placa de Arduino Leonardo y un módulo XBee, para garantizar la conexión inalámbrica. La placa de control es conectada a través de un enlace por radiofrecuencia en la banda de 2.4 GHz al servidor de gestión y control, este último puede ser un equipo de escritorio o terminal móvil.

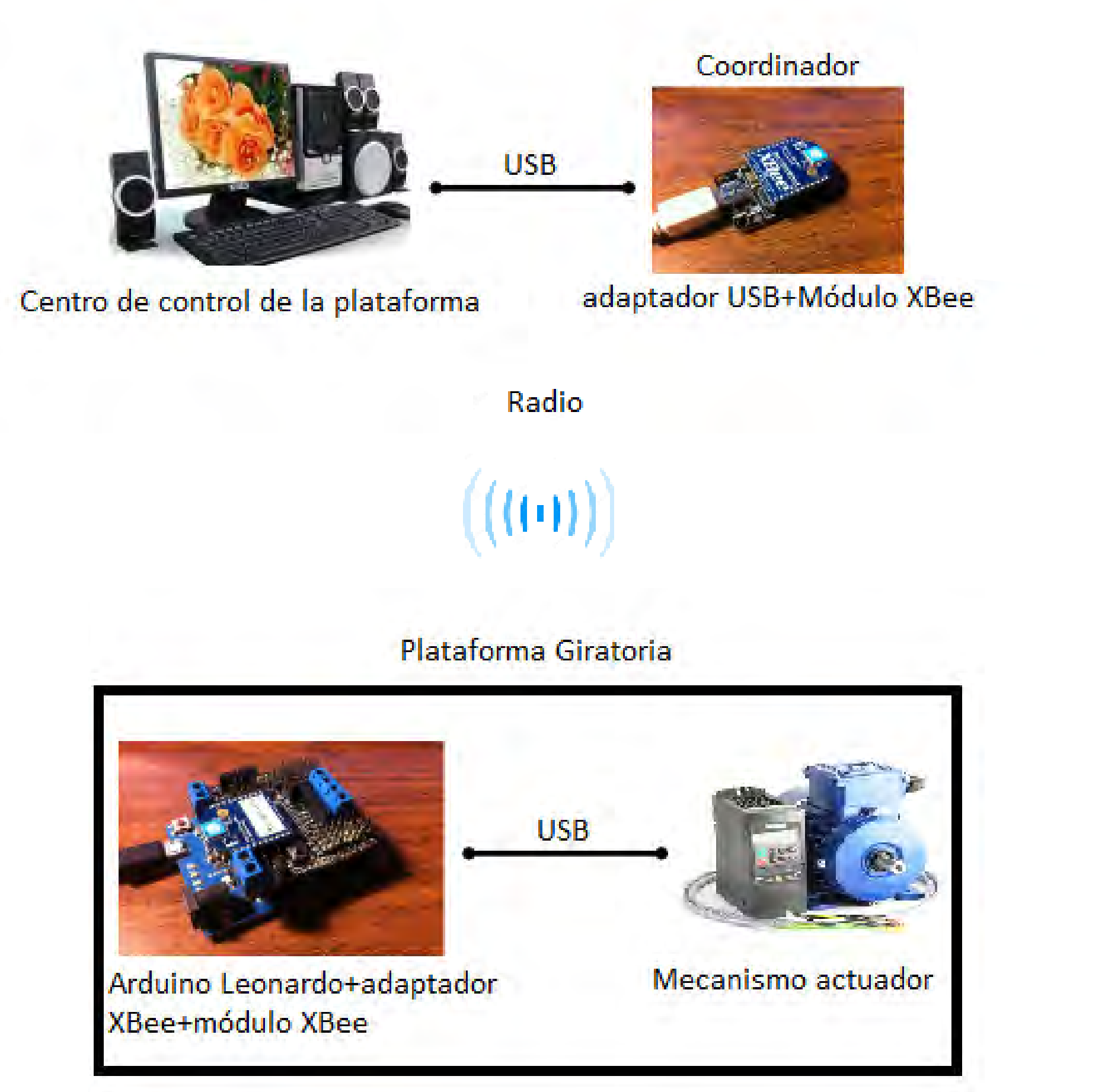


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema de control propuesto

El controlador programable se desarrolla bajo la premisa de utilizar hardware libre, lo cual implica que los diseños y especificaciones son accesibles públicamente. Esta característica permite la generalización del sistema a un costo reducido y promueve la colaboración e innovación en el diseño de sistemas automatizados. Para garantizar su

funcionalidad, el controlador debe incluir interfaces de entrada que permitan la conexión de dispositivos externos, así como la capacidad de integrar módulos inalámbricos. Los elementos de acoplamiento son fundamentales para adaptar el controlador a diversas aplicaciones industriales y facilitar su interacción con otros sistemas.

En cuanto al mecanismo actuador de la plataforma giratoria, se compone de un variador de frecuencia (VF/V). Este dispositivo es crucial para llevar a cabo la conversión entre la señal de control (0 V - 10 V) y los niveles de tensión/corriente requeridos por el motor de corriente alterna (MCA), este se equipa con un codificador. El uso del VF/V permite un control preciso sobre la velocidad y el par del motor, optimizando así el rendimiento del sistema (Matondang y Adityawarman, 2018).

Hardware seleccionado

Durante el proceso de selección de los componentes del diseño, se consideraron las exigencias establecidas en la estructura general del sistema. El uso de Arduino como dispositivo principal es determinado por los costos de adquisición competitivos, su facilidad de programación y versatilidad en las interfaces de entrada, en comparación con otras alternativas como FPGA, PIC u otros microcontroladores. Esta elección es fundamentada en la necesidad de un entorno de desarrollo accesible y adaptable que satisfaga los requisitos específicos del proyecto.

Placa de desarrollo Arduino Leonardo

El Arduino Leonardo, mostrado en la figura 2, es una placa de desarrollo que se distingue por integrar un micro controlador ATmega32U4, el cual cuenta con capacidades USB nativas. Esta característica permite que el Leonardo se comuniquen directamente con una computadora, lo que facilita la emulación de dispositivos como teclados u periféricos a través del protocolo USB-HID (Penttinen, 2013). La placa dispone de 20 pines de entrada/salida digital, de los cuales 7 se utilizan como salidas PWM y 12 como entradas analógicas. Su oscilador de cristal opera a una frecuencia de 16 MHz, lo que asegura un rendimiento adecuado para diversas aplicaciones. Además, posee 32 KB de memoria flash para almacenamiento de programas, así como un

conector micro USB que simplifica la conexión y alimentación.

Módulo XBee S1

El módulo XBee S1, mostrado en la figura 3, es un dispositivo de comunicación inalámbrica diseñado para aplicaciones que requieren conectividad en redes de área personal. Opera en la banda de frecuencia ISM de 2.4 GHz y utiliza el protocolo 802.15.4 (Weatley, 2018), lo que permite establecer conexiones de bajo consumo energético y baja latencia. Este ofrece una potencia de transmisión de 1 mW (0 dBm), logrando un alcance de hasta 100 metros en condiciones de visibilidad directa, esto lo hace adecuado para aplicaciones en entornos industriales y urbanos. Se caracteriza por su capacidad de operar en un rango de temperatura industrial, desde -40 °C hasta 85 °C, lo que garantiza su funcionalidad en diversas condiciones ambientales. La interfaz del módulo permite una tasa de datos de hasta 115.2 Kbps, facilitando la transmisión eficiente de información entre dispositivos. Además, su diseño compacto y la variedad de opciones de antena, incluyendo antenas integradas y conectores para antenas externas, proporcionan flexibilidad en la implementación del sistema.

Programación del controlador inalámbrico

La programación del enlace se realizó utilizando el entorno de desarrollo integrado (IDE)

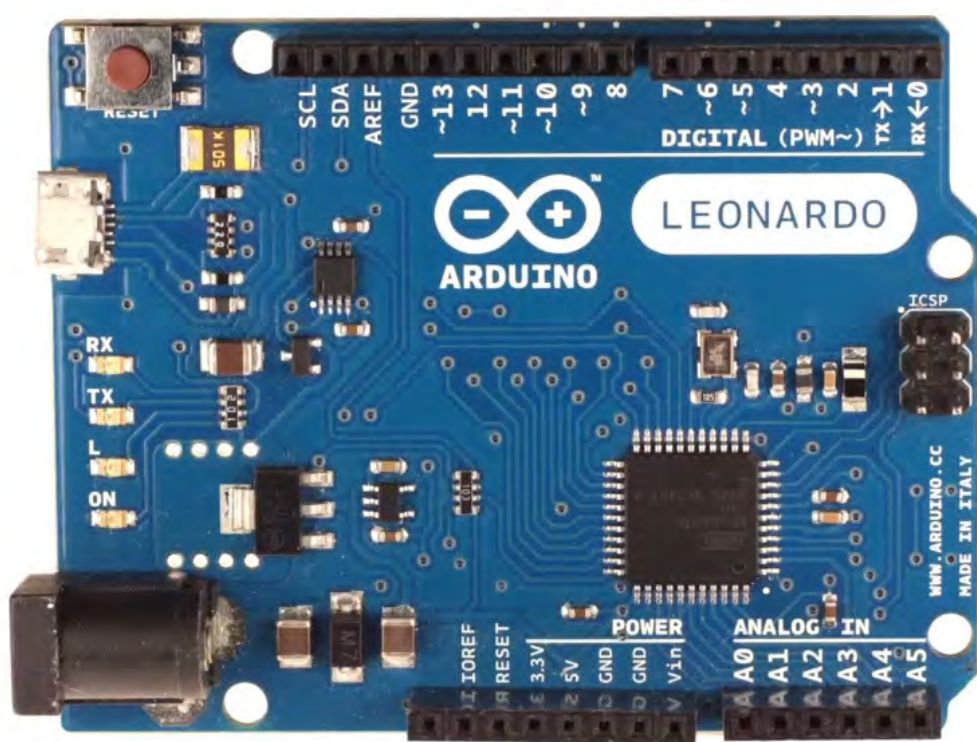


Figura 2. Placa de desarrollo Arduino Leonardo



Figura 3. Módulo inalámbrico empleado

de Arduino en su versión 1.8.2, que proporciona un entorno accesible y versátil en el desarrollo de aplicaciones basadas en microcontroladores. El establecimiento de la conexión de red, es llevado a cabo con las bibliotecas XBee y XBee Arduino Library, que son fundamentales para simplificar la implementación de automatizaciones remotas, el control a distancia y la recopilación de datos relevantes sobre el entorno circundante.

La biblioteca XBee proporciona soporte para el modo API, lo que facilita la transmisión de datos estructurados y el manejo de comandos AT (Wang & Tang, 2011), además de permitir la configuración dinámica de los parámetros del módulo. Esto es particularmente útil en aplicaciones donde se requiere un control preciso sobre los dispositivos conectados y una gestión efectiva de la red. Por otra parte, es simplificada la programación del enlace inalámbrico, sino que también permite a los usuarios implementar características avanzadas como la gestión de energía en dispositivos alimentados por batería, lo que es crucial para prolongar la vida útil del sistema. En la figura 4 se presenta el algoritmo de programación del enlace inalámbrico.

Aplicación de gestión y control

En el desarrollo de la aplicación de gestión y control se tuvo en cuenta la posibilidad de conexión inalámbrica vía WiFi o cableada a través de Ethernet, así como la multiplataforma con el objetivo de instalarla tanto desde una computadora de escritorio con sistema operativo Windows® o Linux, como en

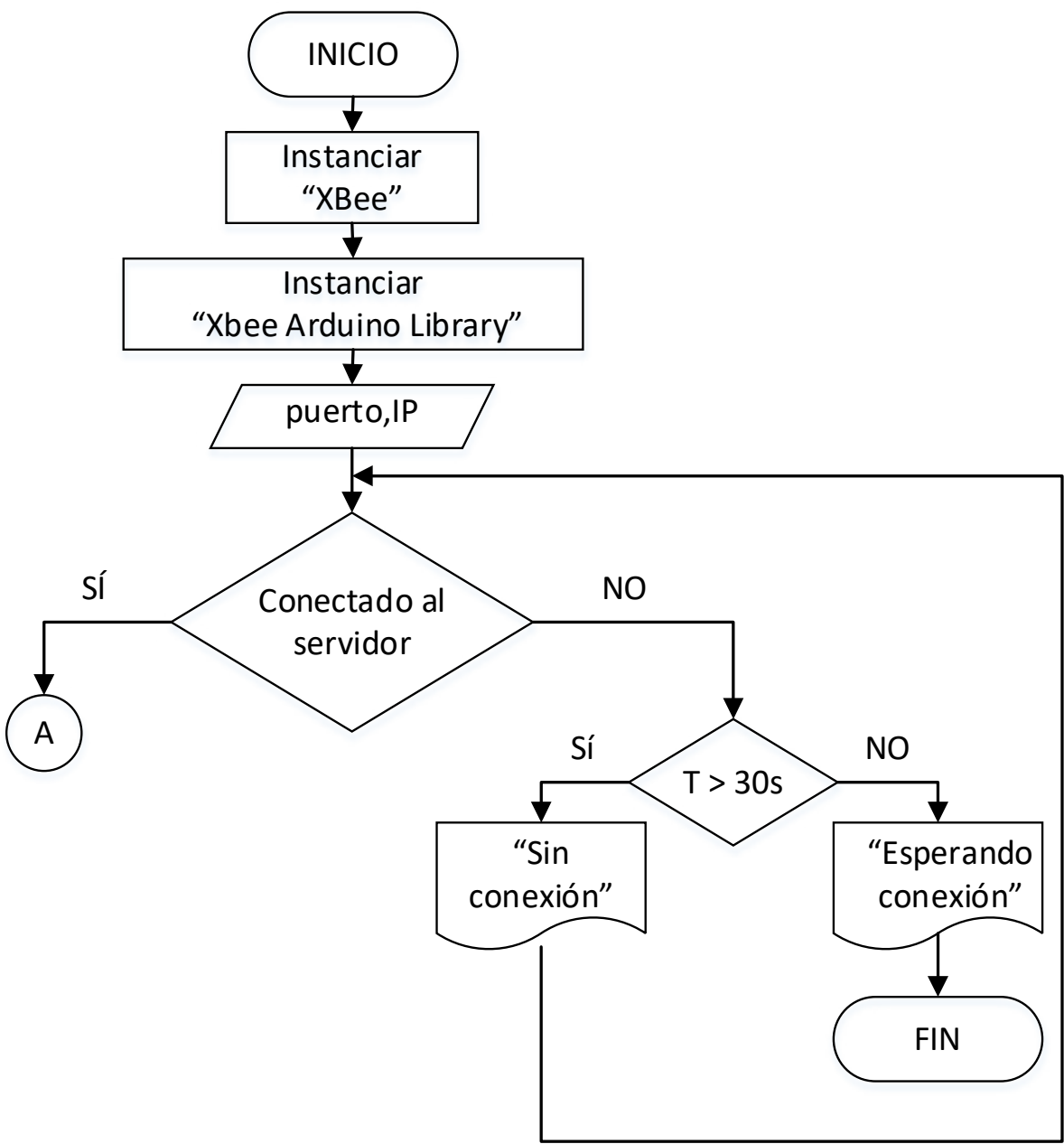


Figura 4. Algoritmo de programación del enlace inalámbrico

dispositivos móviles con sistema operativo Android. Por tal motivo, fue seleccionado el *framework* QtCreator5.7 (Qt Creator, n.d.). La presente investigación se limita a describir solo el proceso de desarrollo de la aplicación en Windows ® y Android, diferenciándose solamente por la inclusión de las herramientas de compilación correspondientes. En (Touil et al., 2020) se explican las configuraciones pertinentes en las opciones del framework para realizar la compilación para el sistema operativo Android.

Considerando la arquitectura de hardware, para realizar la programación de la aplicación se empleó el modelo cliente-servidor, donde la tarjeta Arduino Leonardo opera como cliente y el software de gestión y control es el servidor. El protocolo empleado en la capa de transporte de la arquitectura fue TCP, pues al ser orientado a conexión, proporciona un medio fiable para el flujo de bits entre aplicaciones (Penttinen, 2013). Teniendo en cuenta que no se transmitirán grandes volúmenes de datos, la entrega de paquetes no implicará una demora significativa. Para el desarrollo del servidor fue utilizada la biblioteca QTcpServer y QTcpSocket. El algoritmo de programación propuesto se muestra en la figura 5.

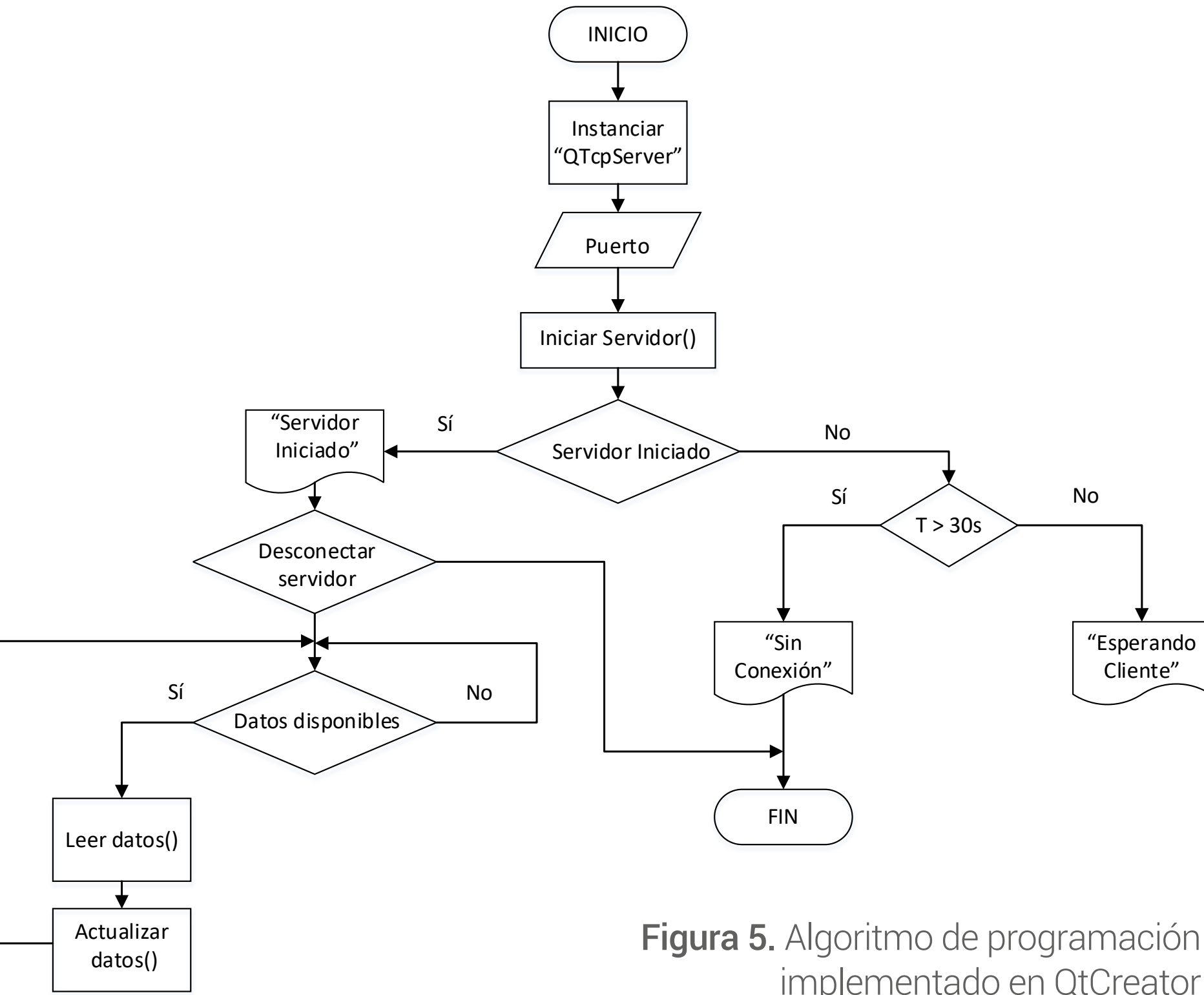


Figura 5. Algoritmo de programación implementado en QtCreator

Implementación de la técnica de control

La técnica de control implementada es un controlador PID —Proporcional, Integral y Derivativo—, que se basa en la regulación de los parámetros proporcionales, integrales y derivativos para gestionar la dinámica del sistema. Este enfoque permite una respuesta efectiva a las variaciones en la señal de referencia, asegurando un control preciso sobre el proceso. El diseño digital del sistema se lleva a cabo utilizando la plataforma de simulación multidominio Simulink, propia de MATLAB. Esta herramienta ofrece un conjunto de bibliotecas que permiten la exportación del modelo a lenguaje C, facilitando su implementación en entornos embebidos. El esquema resultante para la validación se muestra en la figura 6.

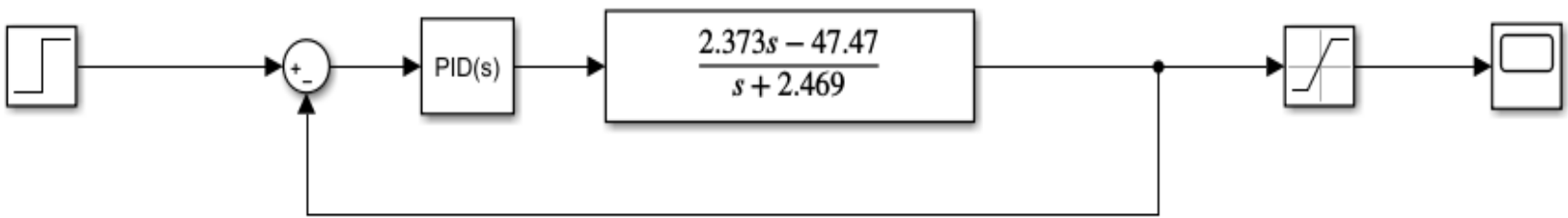
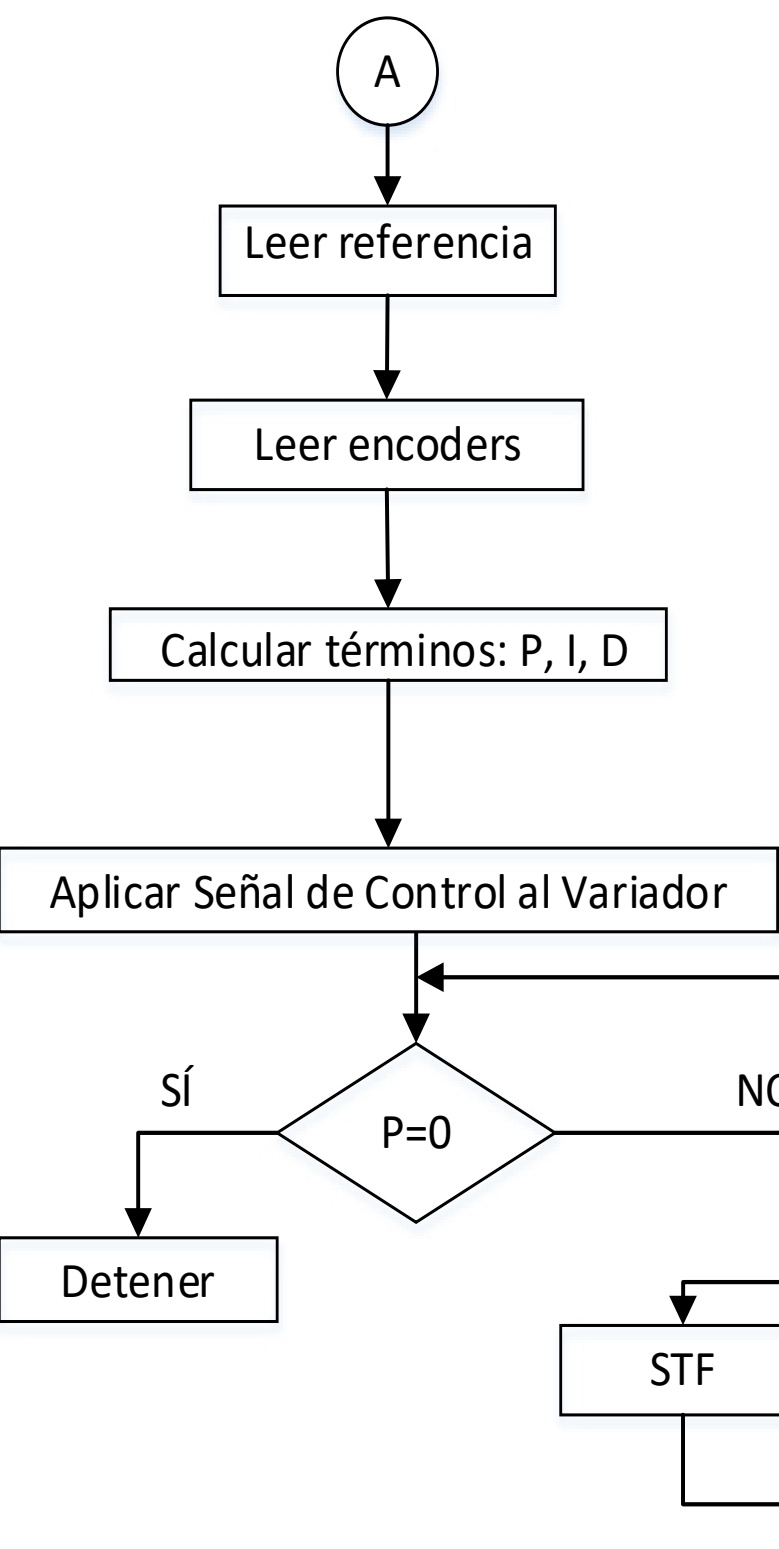


Figura 6. Esquema en Simulink del controlador PID



En el sistema se introducen los parámetros del controlador PID para calcular los componentes proporcionales, integrales y derivativos del error. Esto permite generar la señal de control que se aplica a la entrada analógica del variador de frecuencia. El algoritmo de programación en Arduino correspondiente al controlador PID se presenta en la figura 7.

Figura 7. Algoritmo de programación del controlador PID

Resultados y discusión

Para el desarrollo de las pruebas experimentales fue diseñado el esquema mostrado en la figura 8. El envío de la trama de datos proveniente del servidor de gestión y control se realiza a una frecuencia de 2.4 GHz. Para la conversión digital analógica de la señal de error se utilizó un conversor AD 5626 con comunicación por interfaz periférica en serie (SPI- por sus siglas en inglés) y 12 bits de resolución.

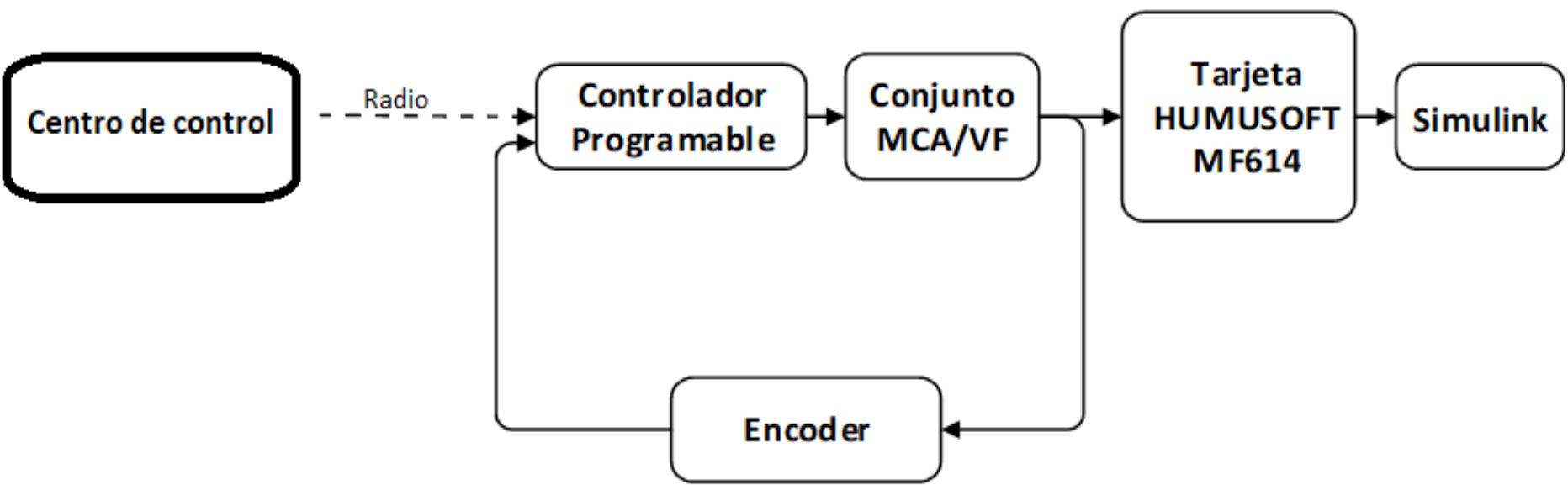


Figura 8. Esquema de verificación del controlador inalámbrico

Los equipos empleados, además del controlador implementado, se relacionan a continuación:

- Variador de frecuencia marca Mitsubishi y referencia FR-A722.
- Motor de inducción trifásico marca ECCHOP con 3 caballos de fuerza con velocidad nominal de 1500 rpm.
- Encoder de tipo incremental marca DENMARK con 12 bits de resolución.
- Tarjeta de adquisición HUMUSOFT MF614 (Touil et al., 2020) para, mediante el *toolbox Real Time Target* de MATLAB, observar en Simulink la señal a la salida del sistema.
- PC con procesador AMD E-300 DualCore CPU 1.30 GHz, sistema operativo WINDOWS 10 PRO de 64 bits, 6 GB de memoria RAM.

En la conexión inalámbrica resultan parámetros claves en la caracterización del enlace: la potencia recibida, la ganancia de la antena y el nivel de ruido ambiental (Hongyim, 2019). Por lo que se valoró el desempeño del sistema frente a diferentes distancias, con empleo de la antena integrada en el módulo inalámbrico. En la tabla 1 se muestra la dependencia de la potencia recibida contra la distancia al punto de acceso del servidor.

Se puede apreciar que para distancias superiores a los 50 metros la potencia recibida se reduce significativamente haciendo inestable la conexión. Esta medición permite determinar la distancia máxima a la que se puede ubicar el punto de control con el empleo del punto de acceso embebido. Para mejorar los resultados obtenidos puede emplearse una versión superior de módulo inalámbrico o adicionar antenas con un mayor aprovechamiento de la potencia transmitida.

Distancia (m)	Potencia (dBm)	Frecuencia (GHz)	Ganancia (dBi)
1	-35	2.4	10
5	-40	2.4	9
10	-45	2.4	7
20	-50	2.4	6
30	-55	2.4	5
40	-60	2.4	3
50	-70	2.4	2
55	-75	2.4	1

Tabla 1. Dependencia de la potencia recibida respecto a la distancia

Se realizó una comparación de los resultados alcanzados en la plataforma con PID incorporado con los valores establecidos por el fabricante en el manual del sistema original. Los instrumentos de medición empleados son los propios indicadores de parámetros del equipo. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2.

Parámetro	Sistema	Plano de medición	
		Horizontal	Vertical
Potencia de carga (W)	Original	1200 ± 500	1100 ± 500
	Con control inalámbrico	1150	970
Error Dinámico (min)	Original	20 ± 2	15 ± 2
	Con control inalámbrico	18	13
Velocidad máxima (rpm)	Original	1500 ± 200	500 ± 100
	Con control inalámbrico	1400	450
Tiempo de vuelta completa(s)	Original	20 ± 5	12 ± 5
	Con control inalámbrico	18	10

Tabla 2. Resultados obtenidos

Con el valor calculado se obtuvo un promedio de 1050 W de potencia necesaria para el motor asincrónico de inducción, lo cual demuestra la capacidad de soporte del conjunto formado por el motor de corriente alterna y el variador de frecuencia empleado, puesto que

sobrepasan esa cifra. Se evaluó el desempeño de la plataforma pesada obteniéndose una mejora en el cumplimiento de los parámetros establecidos por el fabricante del sistema original lo que corrobora que la sustitución de la conexión cableada no afecta el control de la plataforma y aumenta la capacidad del sistema.

Conclusiones

Los resultados obtenidos evidencian el cumplimiento del objetivo de la investigación al lograrse la implementación de un sistema de control inalámbrico para garantizar el control de una plataforma pesada giratoria basado en XBee. A través del empleo del hardware y software libre se logra una elevada independencia tecnológica abaratando los costos de fabricación. La configuración adoptada permite sobre todo flexibilidad y escalabilidad siendo posible su despliegue en zonas donde resulta imposible una conexión cableada, así como la adición de nuevos nodos sin que repercuta significativamente en el diseño original.

Aun cuando las pruebas son satisfactorias, sí requieren distancias de control superiores a 50 metros es preciso emplear otro módulo de XBee como es el caso de la versión PRO o adicionar una antena direccional en el conector de radiofrecuencia presente en la placa.

Referencias bibliográficas

- Adewasti, R., Febriani, R., Sholihin, E., Susanti, E., & Hesti, E. (2018). XBee Pro module application in organizing and monitoring earthquake disaster location with the robot control system. *International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)* (pp. 651-655). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICOIACT.2018.8350811>
- Ambikabhuvaneswari, C., & Muthumari, M. (2018). Design and realization of radio communication using LoRa & XBee module for an e-Bike. *IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC)* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCIC.2018.8782420>
- Bernabé, P., Gotlieb, A., Legeard, B., Marijan, D., Sem-Jacobsen, F. O., & Spieker, H. (2024). Detecting intentional AIS shutdown in open sea maritime surveillance using self-supervised deep learning. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 25(2), 1166–1177. <https://doi.org/10.1109/TITS.2023.3322690>

- Floriduz, A., Bassi, E., Benzi, F., Secondo, G., & Termini, P. S. (2015). Wireless temperature sensing in electrical motors with XBee modules. *IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis (WEMDCD)* (pp. 304-308). IEEE. <https://doi.org/10.1109/WEMDCD.2015.7194544>
- Gavra, V.-D., Pop, O. A., & Dobra, I.-M. (2023). Performance analysis of XBee modules in a mesh network. *46th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE)* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISSE57496.2023.10168505>
- Hongyim, N. (2019). Designing and implementation wildlife tracking system using APRS protocol. *5th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST)* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEAST.2019.8802541>
- Hongyim, N., & Mithata, S. (2017). Designing and implementation exploration vehicle remote controller using APRS protocol. *21st International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSEC.2017.8443845>
- Karyemsetty, N., Samatha, B., & Rao, K. H. (2015). Diseño e implementación de un sistema de seguimiento de vehículos en VANETs utilizando XBee Pro: Modelo prototipo. *Conferencia Internacional sobre Redes de Comunicación (ICCN)* (pp. 97-100). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCN.2015.20>
- Matondang, J., & Adityawarman, Y. (2018). Implementation of APRS network using LoRa modulation based KISS TNC. *International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET)* (pp. 37-40). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICRAMET.2018.8683928>
- Penttinen, J. T. J. (2013). Modulation and demodulation. En J. T. J. Penttinen (Ed.), *The telecommunications handbook: Engineering guidelines for fixed, mobile and satellite systems* (pp. 261-280). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118678916.ch10>
- Qt Creator (Versión 5.7) [Software]. (s. f.). *The Qt Company*. <https://www.qt.io/download-qt-installer>
- Sanfilippo, F., & Pettersen, K. Y. (2015). XBee positioning system with embedded haptic feedback for dangerous offshore operations: A preliminary study. *OCEANS 2015-Genova* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/OCEANS-Genova.2015.7271241>
- Shahzad, M. U., Khan, A. Q., Bukhari, S. M. R., Aslam, A., & Zaib, M. O. (2017). Wireless control robot using XBee module with multiple sensor

acknowledgment on HMI. *International Symposium on Recent Advances in Electrical Engineering* (RAEE) (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/RAEE.2017.8246034>

Si, D., Edwards, R. M., & Geng, Y. (2021). XBee latency analysis for drone mounted machine control over wireless communication channels. *15th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.23919/EuCAP51087.2021.9411478>

Touil, H., Akkad, N. E., & Satori, K. (2020). Text encryption: Hybrid cryptographic method using Vigenere and Hill ciphers. *International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISCV49265.2020.9204095>

Wang, J., & Tang, J. (2011). Design and implementation of WSN monitoring system for grain depot based on XBee/XBee Pro. *International Conference on Electric Information and Control Engineering* (pp. 4872-4874). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEICE.2011.5777512>

Weatley, M. (2018). *PSKCore.DLL software specification and technical guide* (Ver. 1.41) [Manual de software].



Transfermóvil, 10 años con nosotros

Transfermóvil, 10 years with us

MSc. Julio Antonio García Trápaga¹

Recibido:07/2025 Aceptado: 08/2025 Publicado: 08/2025

Resumen

Transfermóvil es un proyecto desarrollado por ETECSA en 2015 que se ha consolidado como la principal plataforma de pagos digitales en Cuba, con más de 5.6 millones de usuarios al cierre de julio de 2025. Durante la Covid-19, su uso creció al facilitar los pagos de servicios y compras de productos en un momento donde se evitaban colas y aglomeraciones de personas por el peligro que significaba para la salud. Por esta razón contribuyó, además de la facilidad que ofrecía con los pagos electrónicos, a preservar la vida de millones de personas en Cuba.

Durante estos 10 años Transfermóvil siempre ha estado disponible a sus usuarios de una manera estable y segura, las 24 horas por todos estos años. Su funcionamiento es muy simple y eso permite que personas no experimentadas en las nuevas tecnologías o de avanzada edad, rápidamente se familiaricen con la aplicación. De cara a las empresas y negocios es un facilitador de pagos electrónicos de servicios públicos como la electricidad y el teléfono. También va a permitir la integración con cualquier plataforma que ofrezca productos o servicios y necesite una forma de pago.

En sus innovaciones recientes destacan el Monedero MiTransfer (2022), el servicio de Pago en línea (2019), pagos de servicios de telecomunicaciones y servicios públicos en general. En este artículo

¹ Director Soporte y Desarrollo de Productos Digitales, ETECSA.
julio.trapaga@etecsa.cu

se hará un recuento de estos 10 años llenos de desafíos, cambios y actualizaciones que ha requerido el proyecto y para lo cual ha demandado una infinita perseverancia, creatividad y trabajo en equipo.

Palabras Claves: Transfermóvil, Pago en línea, Monedero Mi-Transfer, Móvil, Pago electrónico

Abstract

Transfermóvil is a project developed by ETECSA in 2015. Since then, it has become the primary digital payment platform in Cuba, with over 5.6 million users as of July 2025. During the Covid-19, its usage grew significantly as it facilitated service payments and product purchases at a time when queues and crowds were being avoided due to health risks. For this reason, in addition to offering ease with e-payments, it contributed to preserving the lives of millions of people in Cuba.

Throughout these 10 years, it has always been available to users with stable and secure access 24/7. Its simple operation allows people who are not experienced with new technologies, including the elderly, to quickly become familiar with the application.

For companies and businesses, it facilitates e-payments for utilities, such as electricity and telephone services. It will also allow integration with any platform offering products or services that require a payment method.

Its recent innovations include the MiTransfer Wallet (2022) and the Online Payment Service (2019), as well as payments for telecommunications and utility services in general. This paper will review the past 10 years, which have been full of challenges, changes, and updates for the project, requiring infinite perseverance, creativity, and teamwork.

Keywords: Transfermóvil, online payment, MiTransfer Wallet, mobile, e-payment

Introducción

A finales del siglo XX surgió la telefonía celular y experimentó un avance tecnológico exponencial que transformó los paradigmas

globales de comunicación, comercio y otras aristas claves de la sociedad. En el mundo contemporáneo, los dispositivos móviles (incluyendo tablets y sistemas de computación portátil) se han convertido en una herramienta indispensable, profundamente vinculada tanto al ámbito personal como profesional. En paralelo, Internet evolucionó desde una red de información rudimentaria hasta convertirse en una infraestructura crítica que sustenta las interacciones socio-económicas modernas. Esta convergencia tecnológica facilitó el surgimiento de los sistemas de pago digital durante los primeros años del siglo XXI, que pasaron de ser marcos conceptuales a adoptarse de forma masiva. Para la primera década del milenio, las transacciones electrónicas habían desplazado a los intercambios basados en efectivo en numerosos sectores económicos, marcando un cambio radical hacia la digitalización financiera. Plataformas pioneras como PayPal, Ebay y Mercado Libre establecieron arquitecturas fundamentales para transacciones seguras sin efectivo, catalizando así la proliferación del comercio electrónico y las innovaciones en el comercio electrónico. Ahora todo este desarrollo se combina con la utilización de criptoactivos que ha revolucionado el mundo financiero que cambió la forma de entender el dinero y la separación de estas operaciones financieras del sistema bancario.

Los nuevos sistemas de pago surgen de los propios desarrollos de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en materia de transacciones económicas entre las empresas y sus clientes. Concretamente, nacen como medios para solucionar determinados problemas asociados al manejo de dinero físico (Tamayo, 1999):

- La necesidad de abaratar el coste del dinero y de los medios de pago existentes.
- Dotar de flexibilidad a las pequeñas compras y la realización de pagos instantáneos.
- Aumentar la seguridad y la protección contra el fraude.
- La propia aparición del comercio electrónico en Internet y los pagos en línea.

Como parte integral de la informatización de la sociedad cubana, la expansión progresiva del acceso a Internet propició el desarrollo del comercio electrónico en el país, tanto en el ámbito estatal como privado, mediante plataformas digitales y redes sociales. En sus etapas iniciales, este incipiente ecosistema digital carecía de infraestructura para procesar pagos *online*, lo que limitaba las transacciones al intercambio físico de efectivo. Este escenario experimentó un avance significativo en 2015 con el lanzamiento de Transfermóvil, la primera plataforma de pagos digitales desarrollada por completo en Cuba, que marcó un punto de inflexión en la modernización financiera del país.

En los primeros seis meses del 2020 se superaba la cifra de 950 000 usuarios activos y de estos el 45 % se habían incorporado en ese mismo año mostrando la importancia que adquiriría esta plataforma en Cuba. En este período se realizaron un promedio de 70 millones de operaciones, lo que representaba más de un 50 % de crecimiento respecto a igual período en el 2019 y cerca de una veintena de servicios implementados. En los siguientes años todos estos indicadores crecieron geométricamente: se triplicaron los servicios a más de setenta; se multiplicaron por diez las operaciones realizadas superando los 700 millones en el primer semestre del 2025 y la cantidad de usuarios arribó a 5.6 millones.

Cada día de estos primeros 10 años fue un reto de desarrollo, innovación y voluntad persistente de avanzar para ofrecer a la sociedad cubana una transformación digital financiera.

Haciendo un recorrido rápido en la cronología de evolución del proyecto Transfermóvil vale la pena mencionar algunos de los momentos de marcada relevancia:

- **2007 Mayo** – Surge la primera propuesta de pagos electrónicos utilizando la tarjeta *Propia* como tarjeta de débito para el pago de la factura telefónica, pero no se pudo materializar.
- **2014 Julio 21** – Se comienza a concebir e implementar Transfermóvil vinculándolo al auge de la telefonía móvil en Cuba. Se diseña la arquitectura inicial de esta plataforma, pero con una estrategia a largo plazo. (Virtualización, *Webservices*, utilización de códigos cortos, arquitectura por capas y modular).

- **2015 febrero 10** – Se inicia la Prueba Piloto de Transfervóvil (Pago de Factura Telefónica, con los Agentes de Telecomunicaciones en el Centro Telefónico de Príncipe con alrededor de 50 AT).
- **2015 marzo 18** – Encuentro con BPA en el que se acordó iniciar el desarrollo del módulo de banca móvil dentro del proyecto de Transfervóvil a partir de septiembre 2015.
- **2015 noviembre 30** – Se pone en producción la posibilidad de realizar pagos y transferencias utilizando Transfervóvil con tarjetas del BPA. Integración con sistema contable.
- **2016 febrero 23** – Se inicia la prueba Piloto de Recarga de Móviles y Recarga de Bonos Nauta con los Agentes de Telecomunicaciones en el Centro Telefónico de Águila con alrededor de 45 AT. Se lanza el primer APK de Transfervóvil: 1.160224. Primer APK de ETECSA.
- **2017 marzo 24** – Se pone en producción la posibilidad de realizar pagos y transferencias utilizando Transfervóvil con tarjetas del BANDEC.
- **2017 marzo 31** – Se pone en producción la posibilidad de realizar pagos y transferencias utilizando Transfervóvil con tarjetas del BANMET.
- **2018 marzo** – En el marco de la Feria Informática se lanza una versión de Transfervóvil (1.180230) con capacidad de actualizarse utilizando los datos y una decena de nuevos servicios.
- **2018 noviembre** – En el marco de la Feria de la Habana se implementa el servicio de recarga de líneas celulares utilizando la tarjeta de los bancos (BPA, BANDEC, BANMET).
- **2019 agosto** – Se lanzan una docena de nuevos servicios (recarga Nauta, microrecargas, envío de giros entre otros).
- **2019 octubre 8** – Se realiza el primer pago real digital utilizando QR en el mercado ubicado en la inmobiliaria del Sierra Maestra.
- **2020 febrero** – Se extiende a toda Cuba la posibilidad de comprar productos pagando a través de Transfervóvil en la cadena de tiendas virtuales Tuenvio de CIMEX.
- **2020 marzo** – Se hace el lanzamiento de una nueva versión que incluye la recarga de tarjetas *Propia*. Se introduce la nueva funcionalidad de Mis Cuentas.

- **2020 agosto** – Se hace el lanzamiento de nueva versión que contienen, entre otras, opciones el pago de la cuota nauta hogar, mejoras en el pago de la factura eléctrica y de los impuestos de la ONAT.
- **2020 septiembre 3** – Transfermóvil llega al primer millón de usuarios.
- **2021 enero 12** – Se lanza el producto Bulevar MiTransfer en la heladería Coppelia de la Habana. (ETECSA-GET).
- **2021 marzo** – Transfermóvil recibe el premio del CITMA junto a otros nueve trabajos realizados en el 2020 con mayor impacto social y científico.
- **2021 abril 26** – Transfermóvil llega al segundo millón de usuarios (Se tardó 7 meses y medio).
- **2021 mayo** – Transfermóvil recibe el Premio Nacional de la ANIR.
- **2021 junio** – Se publica nueva versión de Transfermóvil con los servicios de pago de multa de tránsito y contravención.
- **2021 diciembre 27** – Se lanza una nueva versión de Transfermóvil con los servicios: compra de cupones digitales de combustible, sello del timbre, Caja Extra y una actualización de los párrafos de la ONAT.
- **2022 enero 29** – El Bulevar MiTransfer supera los 12 mil negocios.
- **2022 febrero 17** – Se alcanza el tercer millón de usuarios en Transfermóvil (Se tardó 10 meses).
- **2022 febrero 27** – Transfermóvil recibe Premio Especial del CITMA por su impacto económico.
- **2022 marzo** – Se lanza una nueva versión de Transfermóvil que mejora la accesibilidad para personas con discapacidad visual.
- **2022 marzo** – Se implementa de conjunto con la empresa internacional Óptima la posibilidad de que sus puntos de ventas puedan vender por Transfermóvil.
- **2022 marzo** – Recibe Transfermóvil el Gran Premio del Jurado en Informática 2022.
- **2022 agosto 19** – Se lanza La Bolsa MiTransfer.
- **2022 diciembre 27** – Se implementa el pago de impuesto sobre documento (sello del timbre).

- **2023 febrero 28** – Nace el monedero móvil cubano y Transfermóvil llega a 4 millones de usuarios.
- **2023 abril 26** – Transfermóvil recibe premio de Excelencia en la categoría de Voto Popular.
- **2023 mayo 17** – Transfermóvil obtiene una prestigiosa mención especial internacional REM TECH 2023, que fue retirado días después por temas del bloqueo.
- **2023 octubre** – Se publica nueva versión de Transfermóvil con varios servicios orientados a los agentes de telecomunicaciones.
- **2023 diciembre** – Fue el año más productivo de la historia hasta ese momento con siete publicaciones del APK, más de quince nuevos servicios y mejoras y casi 1000 millones de operaciones. Se comienza a generalizar la solución del pago de impuesto sobre el documento.
- **2024 enero** – A través de la opción de pago a los usuarios que venden sus botellas de Parranda, la Cervecera Cubana recolecta más de 1 millón de botellas.
- **2024 febrero** – Se superan los 4 millones de sellos digitales en trámites a partir de la solución de Transfermóvil.
- **2024 marzo** – El monedero móvil MiTransfer recibe premio especial em Informática 2024.
- **2024 abril** – Se realiza el lanzamiento de nuevo producto MiTPV: solución de punto de venta 100 % cubana.
- **2024 abril** – Transfermóvil recibe reconocimiento del Ministerio de Finanzas y Precios por el aporte realizado al pago de los impuestos.
- **2024 junio 24** – Se lanza la página de contratación digital para entidades jurídicas y TCP puedan recibir pagos por Transfermóvil en sus negocios y comercios.
- **2024 junio 29** – Se alcanzan los 5 millones de usuarios en la plataforma Transfermóvil con más de 80 mil negocios con capacidades de recibir pagos electrónicos.
- **2024 octubre 15** – Se lanza un nuevo producto dentro de Transfermóvil; MiTurno para reservar turnos para la compra de divisas en CADECA. Versión del APK: 1. 241002.

- **2024 noviembre 27** – Se incorpora a MiTurno los tramites comerciales asociados al gas licuado en Holguín. Después se extendió a casi todas las provincias.
- **2024 diciembre** – Se implementa dentro del APK de Transfermóvil nuevas vistas patrimoniales en diferentes provincias. Trabajo conjunto con la OFA.
- **2024 diciembre 17** – Se implementa nuevo módulo de operaciones financieras para usuarios del BFI. Versión: 1.241211.
- **2025 febrero 10** – Aniversario X de Transfermóvil. Se publica la versión del APK 1.250210 que incluye un cambio del logotipo y nuevos servicios como la recarga de TFA y el pago del aporte al patrimonio a través del monedero MiTransfer.
- **2025 febrero 20** – Transfermóvil recibe el premio del voto popular en premios Excelencias.
- **2025 abril 21** – Nueva versión de Transfermóvil que incluye las operaciones de pago, transferencia y consultas de la tarjeta Clásica a través del monedero móvil MiTransfer.
- **2025 mayo 8** – Implementación de nuevas ofertas para visitas patrimoniales: Bus Tour, de conjunto con la OFA y TRANSTUR.
- **2025 mayo 10** – Inicio de la prueba piloto utilizando los terminales de venta: MITPV de Transfermóvil para la venta de gas licuado en Cienfuegos.
- **2025 junio 29** – Recibe de la ONAT reconocimiento por el aporte de Transfermóvil a la transformación digital en el pago de los tributos.

Estos datos cronológicos ilustran el aporte tecnológico a través de nuevos servicios implementados por el proyecto Transfermóvil no solo como plataforma de pagos digitales, sino como proyecto social en función de las necesidades de la sociedad cubana. Ante cada requerimiento de la sociedad motivado por una necesidad ha surgido una solución tecnológica de parte del equipo de Transfermóvil asociada a la mejora de un proceso, aportes que han constituidos soluciones sostenibles en el tiempo y no siempre se han enmarcado en el mundo financiero. Entre los ejemplos más notables se encuentran la

implementación del pago por concepto de adquisición de productos generalizado por primera vez en Cuba en febrero del 2020, a solo unos días de que se declara la pandemia de la Covid-19 en Cuba. Esto fue un trabajo de conjunto con CIMEX para el pago en línea en las tiendas TuEnvío, lo cual permitió que se realizaran millones de compras virtuales, evitando los contactos físicos y preservando la salud ciudadana. Hasta ese entonces era impensable en Cuba comprar productos en tiendas virtuales mediante el pago digital utilizando las tarjetas bancarias cubanas. La compra del sello del timbre fue otro servicio que se implementó a través de un pago digital en un momento que no existía la disponibilidad de sellos de papel para trámites legales. En menos de un mes se desarrolló una solución de conjunto con el MINCOM, Correos de Cuba, MINJUS, entre otras instituciones. El trabajo entre entidades ya sean estatales o privada ha estado entre las estrategias de desarrollo del proyecto. El vínculo entre entidades en la que cada una realiza un aporte y cuyo producto final es de alto impacto, con una realización eficiente en el tiempo, ha sido ampliamente utilizado para la creación de nuevos servicios de Transferrmóvil.

El 40 % de los servicios implementados son resultado de recomendaciones y sugerencias de los usuarios. Lo cual expresa el carácter popular que tiene el proyecto. Un equipo de profesionales de la comunicación y especialistas técnicos monitorean, participando en los diferentes grupos en las redes sociales. Se toman en cuenta las recomendaciones y comentarios sobre los servicios actuales u otros que puedan incluirse.

El gran éxito de la aplicación, responsable de todos los resultados antes mencionados, está en los especialistas que han trabajado uniendo días y noches con cierta frecuencia a lo largo de estos 10 años. Este equipo ha ganado en experiencia, siempre garantizando proteger el legado para que continúe avanzando y sea sostenible.

La implementación de estrategias digitales (como la expansión de tiendas en líneas y la adopción generalizada de código QR en entidades estatales y privadas) impulsó el desarrollo del comercio móvil (*M-Commerce*). En la actualidad (2025), Transferrmóvil ha consolidado su rol como plataforma multifuncional e integra servicios esenciales de

alto impacto social. Entre los productos de Transfermóvil más valiosos por lo que representa se encuentra el monedero MiTransfer (antes Bolsa MiTransfer), del que más adelante se hablará. Estas funcionalidades reflejan su contribución al proceso de informatización financiera en el país, posicionándola con un instrumento clave en la transformación digital del ecosistema económico local. Más del 70 % de las operaciones digitales en Cuba se realizan a través de Transfermóvil.

Materiales y métodos:

Para la realización del presente trabajo se utilizó la investigación de textos afines con la temática abordada, la observación; el análisis y la revisión de datos. Además, se utilizaron las entrevistas brindadas a los diversos espacios de difusión por los especialistas de Transfermóvil.

Resultados

Transfermóvil: Evolución, técnica, retos y mejoras en la aplicación cubana de pagos móviles

Como ya se ha explicado, la digitalización de los servicios financieros ha marcado un hito en la economía global y Cuba no se ha quedado al margen de esta transformación digital. Con el surgimiento de Transfermóvil, se obtiene la primera aplicación de pagos móviles hecha en Cuba.

La evolución de Transfermóvil puede dividirse en tres fases. Durante la primera (2015-2019), la aplicación enfrentó la necesidad de crecer en usuarios y fue cubriendo los pagos electrónicos de servicios públicos, con esto se solucionaba uno de los principales problemas que tenía la sociedad cubana del momento: largas colas para realizar los pagos en efectivo que debían realizar con una periodicidad mensual. Este crecimiento era lento, pues los usuarios debían ganar en confianza, seguridad e ir entendiendo esta transición al mundo digital.

En su segunda etapa (2020-2023), y a nivel mundial, existía un importante avance en el desarrollo de comercios virtuales y pagos de productos en la distancia que luego eran entregados en las casas. En el 2019 se comenzó a dar los primeros pasos en este sentido y se materializaron a finales del 2019 y principios del 2020. Fue una evolución oportuna, pues con la proximidad de una pandemia el desarrollo de la compra *online* fue decisivo en los años venideros. A pesar de la

básica experiencia en esta temática, la capacidad de adaptarse a los cambios, mencionada anteriormente, permitió la eficiencia del proyecto. El balance total fue positivo y por primera vez en la historia de Cuba, cualquier cubano podía comprar en una tienda virtual, utilizando los pagos en línea a través de Transfermóvil y sus productos eran entregados en sus domicilios. En ese momento se establecieron los estándares de integración con Transfermóvil por parte de cualquier tienda o comercio para la implementación de los pagos en línea. La cantidad de usuarios creció exponencialmente y las tiendas virtuales tuvieron que enfrentarse a una sobrecarga por la relación demanda y oferta. Volviendo a Transfermóvil, también se tuvo que garantizar con prontitud mayor dimensionamiento de la plataforma a través de una mayor infraestructura. También se realizaron muchas optimizaciones a nivel de códigos y base de datos que permitió transitar por este período implementando decenas de nuevos servicios y soportando crecimientos millonarios de usuarios.

En su etapa más reciente (2023-actualidad), se creó el monedero MiTransfer, proceso que comenzó desde el 2022. De todos los productos creados el de mayor potencialidad y alcance es el monedero. Con el monedero MiTransfer, los servicios y procesos financieros se desvinculan de los bancos de cara a los usuarios y aparecen entidades no bancarias que se encargan de estas funciones de pago. Cada persona tiene en el monedero cuentas virtuales que se recargan a partir de pagos realizados desde tarjetas bancarias en el mismo Transfermóvil y en el caso de la cuenta USD desde el exterior a partir de remesas.

El monedero MiTransfer tiene como fortaleza que para su funcionamiento no requiere directamente de operaciones bancarias si ya está el dinero en esas cuentas virtuales. Al mismo tiempo constituye una oportunidad para las personas no bancarizadas y es una alternativa en caso de fallas en el sistema financiero. Existen muy pocos países que tienen monederos propios 100 % nacionales. En la etapa actual persisten desafíos y oportunidades como el uso criptoactivos que se están imponiendo en el mundo de hoy constituyendo un punto de evolución para proyectos como Transfermóvil.

Se debe continuar trabajando en la enseñanza de las nuevas tecnologías no solo a personas de la tercera edad, sino a todos aquellos interesados en adquirir estos conocimientos. En relación a este tema se ha comprobado en varios estudios realizados que la utilización de la plataforma no depende de la edad, lo cual es un resultado muy bueno y sostenido en todos estos años, pues habla de la facilidad de uso de su aplicación (APK). Un dato curioso resulta que las mujeres utilizan más Transfermóvil que los hombres, mientras el 10.6 % son personas con más de 60 años. En la figura 1 se aprecia una cronología de crecimiento de los usuarios de Transfermóvil y la distribución por edad y por sexo.



Figura 1. Cronología de crecimiento de usuarios por grupos etarios y por sexo que utilizan la plataforma. Autoría propia

Transfermóvil realiza un total de aproximadamente 130 millones operaciones al mes, es decir, 48 operaciones por segundo como promedio. En estos 10 años no ha tenido una brecha de seguridad que comprometa al servicio, esto es un aspecto positivo para plataformas que manejan dinero.

En la tabla 1 se muestra el crecimiento geométrico de las operaciones en los servicios fundamentales de Transfermóvil. Este crecimiento sostenible fundamenta la popularidad e intensidad de uso que ha ido adquiriendo esta plataforma. Hoy es parte de la rutina de todos los cubanos y representa una herramienta tecnológica fundamental en la vida cotidiana.

	2020	2021	2022	2023	2024	2024VS 2023
Pago Factura de Electricidad	3.3 M	5.5 M	9.52 M	12.74 M	22.9 M	180%
Pagos de la ONAT	120 K	400 K	1.29 M	3.56 M	6.7 M	188%
Pagos en línea (comercio Electrónico)	1.4 M	4 M	5.13 M	6.5 M	12.8 M	196%
Pagos de servicios de telecomunicaciones	15 M	50 M	150 M	173 M	190 M	109%
Transferencias	9 M	15 M	68.5 M	95 M	135 M	142%
Total de Operaciones	140 M	340 M	785 M	977 M	1323 M	135%

Tabla 1. Crecimiento geométrico de los servicios fundamentales en Transfermóvil. Autoría propia

1. Pago en línea

En Transfermóvil, el pago en línea es utilizado para realizar compras en establecimientos o negocios, ya sean privados o estatales. Este tipo de pago incluye todos los datos del comercio, puede ofrecer bonificaciones, no tiene límites en los montos de pago y solo es necesario escanear el código QR y proporcionar el PIN para la autenticación, como se muestra en la figura 2.

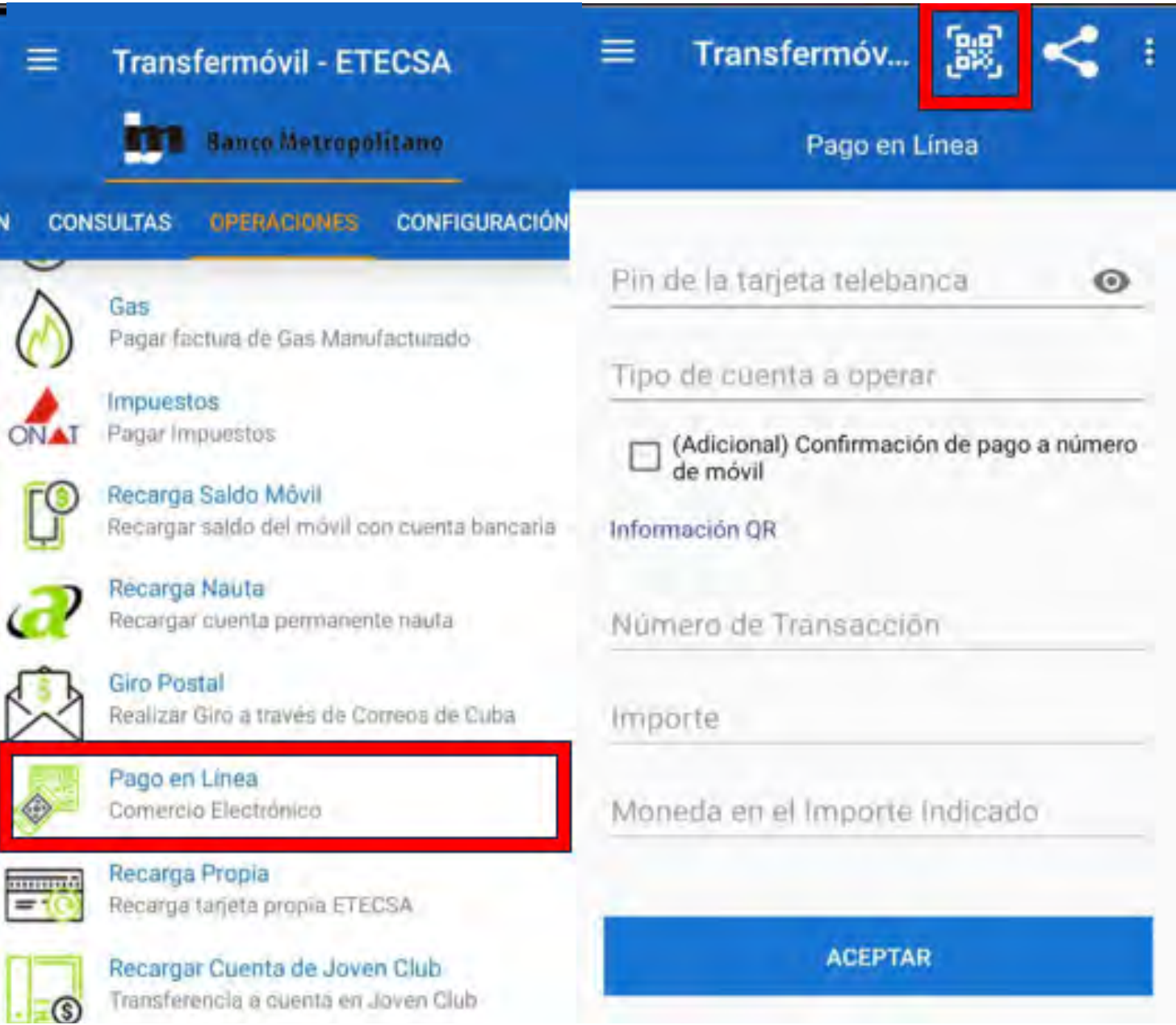


Figura 2. Servicio de pago en línea en Transfermóvil. Tomado de la aplicación

En Transfermóvil los pagos en línea se clasifican dependiendo de la naturaleza de los QR:

- QR Estático: es un QR que no modifica su forma y es expedido únicamente por la plataforma del Bulevar MiTransfer. Incluye los datos del negocio, pero no datos referentes al producto o servicio a adquirir.
- QR Dinámico: es un QR que varía dependiendo del producto o servicio que desea adquirir. Es generado por un negocio e incluye los datos de número de transacción, importe y moneda.

Los pagos en línea a lo largo de los últimos cinco años han crecido con un promedio anual de crecimiento de un 54.7 % entre 2020-2024, siendo el 2024 el de mayor crecimiento superando el 107 % de transacciones. Han sido diferentes las variables que han incidido en este resultado. En primer lugar, ha habido una política acertada de incentivar los pagos en línea, al mismo tiempo que la dificultad para obtener dinero en efectivo ha sido un impulso a este incremento. Por otro lado, los pagos electrónicos reducen costos de operación asociados al traslado, custodia y seguridad del dinero. En la figura 3 se aprecia el incremento que ha tenido el pago en línea entre 2020-2024.

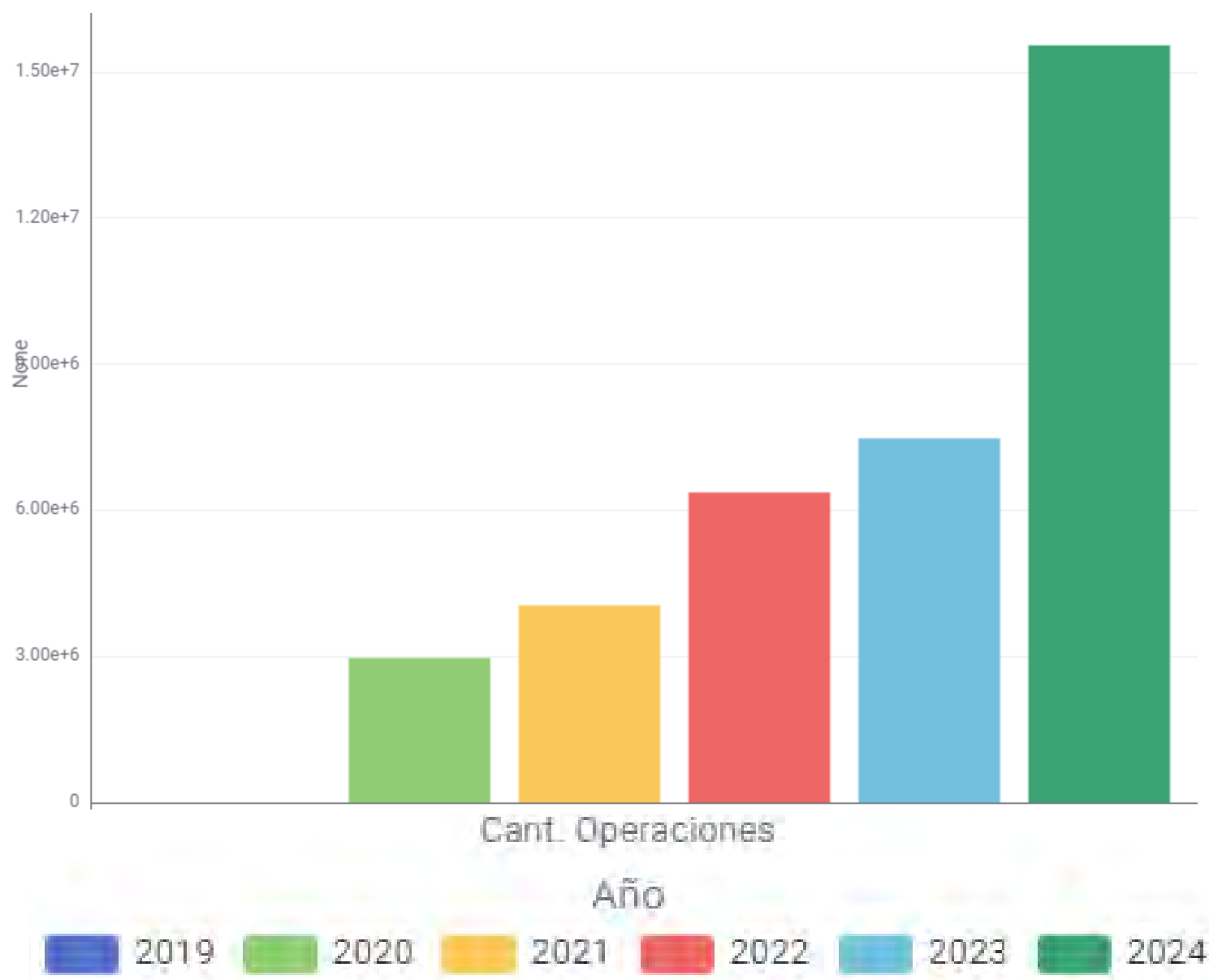


Figura 3. Cantidad con Pago en línea (2020-2024). Tomado de *Análisis de comportamientos de los pagos en línea en Transfermóvil*

Hay buenos ejemplos de la aplicación de estas políticas de pagos electrónicos. El primer caso de estudio es ETECSA, con todos sus servicios a través de pagos electrónicos y la primera entidad que acabó con las largas colas en sus oficinas desde hace más de siete años, transformando digitalmente todos sus procesos de cara a los servicios en el que el papel de Transfermóvil ha sido protagónico y fundamental, abarcando todos los pagos de sus servicios dentro de la APK. Más del 85 % de los ingresos de la empresa se realizan a través de esta plataforma.

La caja extra es un servicio en el que el cliente realiza un pago digital a la entidad y la misma entrega dinero en efectivo. El origen de este servicio se remonta a la de nuestra sociedad ante la carencia de cajeros automáticos. Una vez más, Transfermóvil brindaba una solución tecnológica que permitiría a los cubanos adquirir efectivo, sin costos adicionales. Este servicio ha sido muy bien acogido por la población. ETECSA fue pionera y le representa una disminución de los costos de operación con el dinero en cuanto a transportación y custodia, pues en la mayoría de las ocasiones las oficinas comerciales cierran sus operaciones sin dinero en efectivo dado que el mismo es entregado por concepto de caja extra.

El otro ejemplo a mencionar es TRD Caribe que a partir de una acertada estrategia fue extendiendo estos pagos en línea a toda la cadena de tiendas, representando un volumen importante de sus ingresos en millones de pesos.

En los primeros años de su utilización, durante el 2020 y 2021, el QR dinámico ocupó el podio principal, pero en los años siguientes fueron los QR estáticos los que reinaron debido a su diversidad de uso sin requerir tecnologías, tan solo un material (papel, plástico, etc) con el QR. El siguiente gráfico (figura 4) refleja la evolución de los pagos en línea.

La plataforma Bulevar MiTransfer se desarrolló de conjunto con la empresa de Servicios Informáticos para el Turismo (GET). Esta plataforma se encarga de la generación de los QR de los diferentes comercios, permitiendo su gestión y conciliación de sus operaciones financieras.

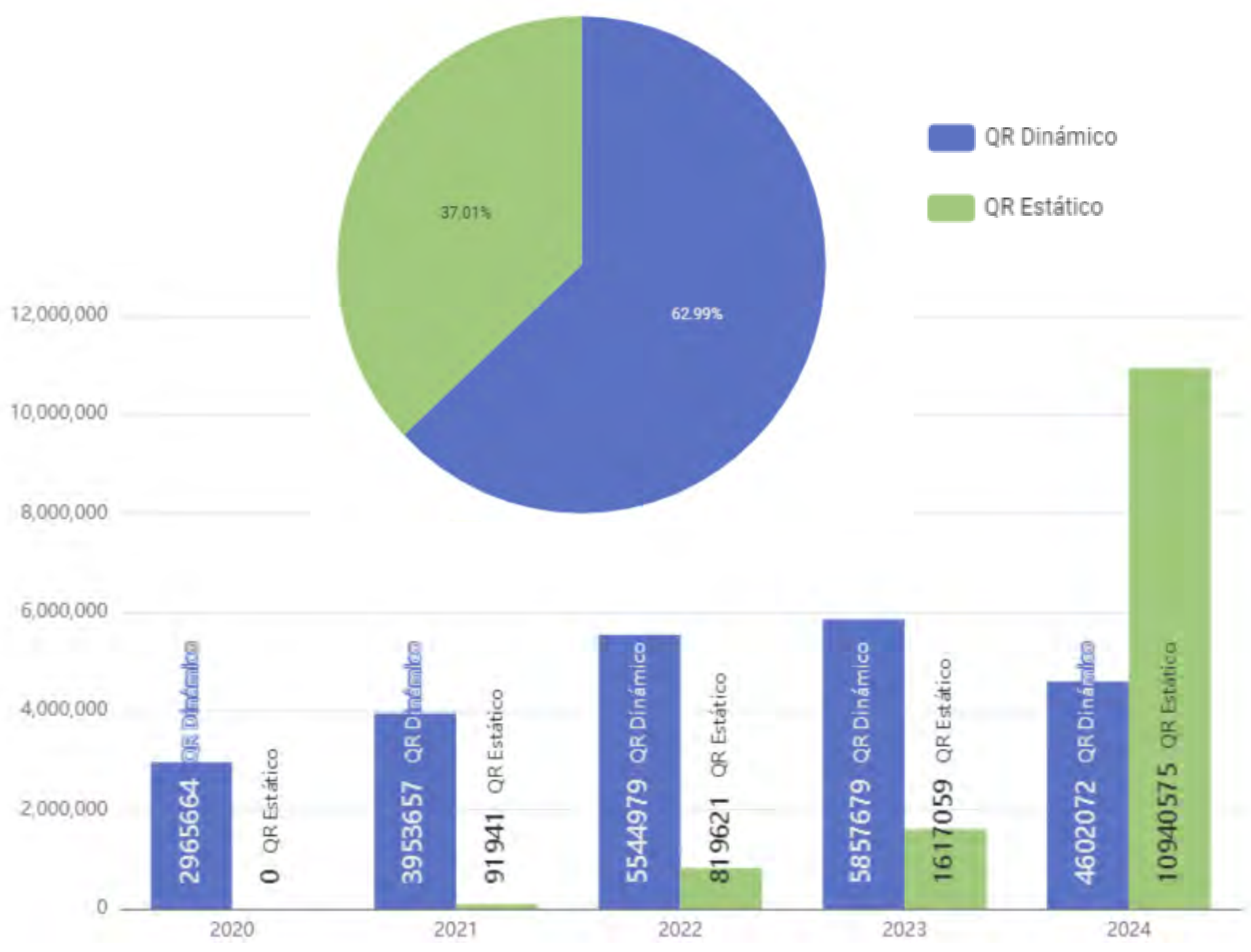


Figura 4. Evolución de los pagos en línea. Tomado de Análisis de comportamientos de los pagos en línea en Transf ermóvil

Hoy cuenta con más de 250 mil negocios o comercios en los que está habilitado el pago en línea por Transf ermóvil. Esta es otra estrategia de desarrollo que durante más de cuatro años ha sido sostenible y ha crecido exponencialmente en resultados.

Aunque se pueden evaluar de buenas las estadísticas obtenidas en relación a los pagos electrónicos, el porcentaje que representan los pagos en línea respecto a la capacidad total de operaciones de pago dista mucho de lo deseado. Lo que indica que se debe seguir trabajando en atenuar los factores no tecnológicos que afectan el alcanzar los indicadores de pagos en línea deseados.

El servicio de transferencias entre cuentas sigue siendo el de mayor uso dentro de Transf ermóvil. Los pagos en línea se duplicaron y el servicio de caja extra se quintuplicó en el 2024, lo que denota la popularidad que van alcanzando. Por cada quince transferencias se realiza un pago en línea y por cada caja extra se realizan 3.5 pagos en línea y 53 transferencias. En la figura 5 se aprecian la distribución de los pagos en línea a través de Transf ermóvil por provincias.



Figura 5. Distribución de los pagos en línea a través de Transf ermóvil por provincias. Autoría propia

Transf ermóvil también cuenta con unas galerías de tiendas virtuales que brinda un mayor alcance al comercio electrónico que ha sido otro producto del trabajo entre entidades (www.mibulevar.com). En la figura 6 se muestra el Bulevar MiTransfer, galerías de tiendas en línea de Transf ermóvil.

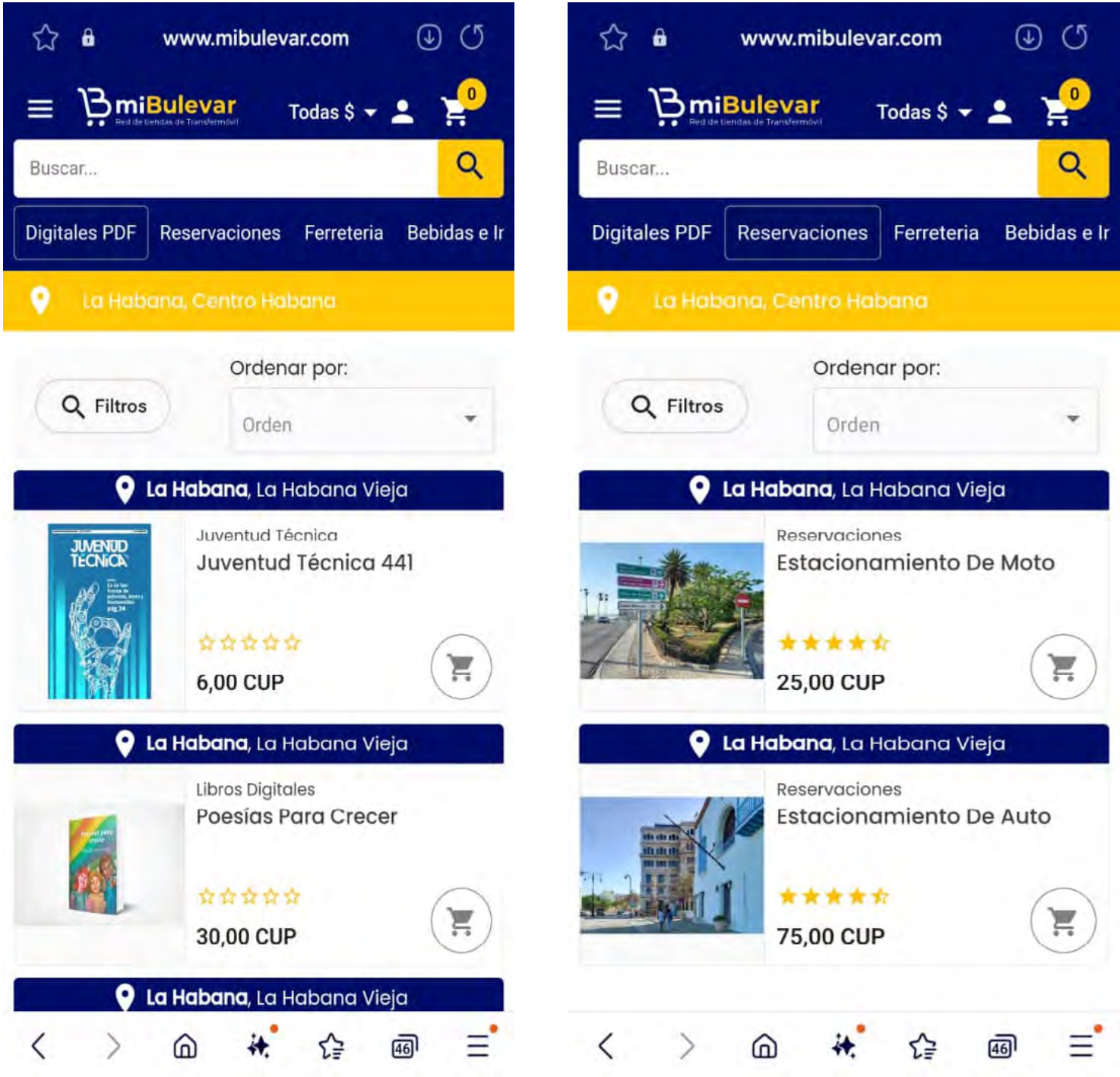


Figura 6. Galerías de Tiendas Virtuales en Transf ermóvil

Otra de las soluciones que brinda Transfermóvil, en colaboración con la empresa Avangenio, es la Terminal de Punto de Ventas MITPV:

1. Pago por concepto de compra de productos y servicios. (A solicitud de los clientes se pueden añadir servicios específicos como caja extra).
2. Puede ser utilizado como medio de pago de forma de autogestión. Servicio personalizado.
3. Múltiples posibilidades de pagos: Transfermóvil, Visa y Mastercard, Efectivo, etc.
4. En cada pago se desglosa en productos y sus cantidades.
5. Devoluciones y editable en varios idiomas.
6. Capacidad de conectarse a un sistema contable o de inventario.

En la figura 7 se observa la Terminal de Punto de venta MiTransfer.



Figura 7. Terminal de Punto de venta MiTransfer. Autoría propia

Transfermóvil ha sentado las bases para futuras innovaciones en el ecosistema de comercio electrónico cubano. En síntesis, los datos demuestran que la aplicación no solo ha resuelto problemas inmediatos

de acceso financiero y eficiencia operativa, sino que también está impulsando una transformación estructural en la economía cubana, con beneficios tangibles para ciudadanos, empresas privadas y el Estado. Su evolución continua sugiere que seguirá siendo un motor clave de la digitalización en Cuba en los próximos años.

2. Monedero MiTransfer

Desde su lanzamiento, el 19 de agosto de 2022, como complemento de Transfermóvil ha transformado el panorama financiero cubano, alcanzando cerca de un millón de usuarios activos. Esta billetera digital constituye una tecnología independiente la de red bancaria con una tendencia al crecimiento de operaciones y usuarios. Ha permitido incluir en el ecosistema de comercio electrónico cubano decenas de miles de personas no bancarizadas (no tienen tarjetas de banco) y sin embargo, necesitan realizar pagos digitales. Es un producto de Transfermóvil que aún no ha alcanzado su madurez por diversas causas no tecnológicas. De ahí que se haya trazado una política bien definida entorno a fortalecer su uso con la inclusión de nuevos servicios que resulten atractivos tanto para los usuarios no bancarizados como los bancarizados. En la medida que se fortalezca su utilización con nuevos servicios será una mejor alternativa a la utilización de tarjetas bancarias. Actualmente, el monedero MiTransfer tiene dos cuentas virtuales, una en CUP y otra en USD, aunque tiene la capacidad de tener otras cuentas virtuales. En el caso de la cuenta CUP puede recibir dinero de las tarjetas bancarias a través de la opción de recarga monedero presente en cada una de las opciones del APK asociada a los bancos. Y en el caso de la cuenta USD recibe el dinero del exterior a través de remesas. Tiene una cartera de servicios similar a la del resto de los bancos: se pueden hacer pagos en línea, transferencias y pagos de servicios públicos.

El máximo de dinero en cada una de las cuentas virtuales de este monedero, en la CUP es de 80 000 CUP y para la USD 5000 USD. Para registrarse dentro del APK de Transfermóvil solo se necesita ser el dueño de la línea telefónica al poner en dicho registro su carné de identidad y establecer un número PIN.

Dentro del monedero móvil existe el módulo de agentes de telecomunicaciones que fue el primer módulo independiente de Transfermóvil en el 2015 y que, desde el 2024, se integró a este monedero dándole la posibilidad a estos actores económicos de una mayor amplitud en sus opciones de servicios a comercializar: pago de factura telefónica, recarga móvil, recarga nauta, pago de nauta hogar, recarga propia, recarga de TFA y compra de planes y paquetes de datos.

En este 2025 se incluyó la posibilidad dentro del monedero MiTransfer la utilización de la tarjeta Clásica para personas naturales, permitiendo transferencias entre tarjetas Clásicas, consultas, últimas operaciones y pagos en línea. Otro ejemplo de colaboración entre entidades.

En la actualidad, se tienen abiertas varias líneas de desarrollo de nuevos servicios asociados al Monedero que deben salir el presente año y que, por su impacto en la sociedad, deben impulsar su utilización.

Conclusiones

Transfermóvil se ha consolidado como una herramienta fundamental en la digitalización de los servicios financieros y comerciales en Cuba. Su evolución, de una simple aplicación de pagos de factura telefónica fija hasta una plataforma integral de pago digitales, refleja el compromiso con el pueblo cubano. En estos 10 años ha contribuido al desarrollo económico, social y con aportes tecnológicos en diferentes sectores de la sociedad cubana. Ha sido pionera en la transformación digital de la sociedad con un peso significativo sobre todo en el sector financiero. Es una plataforma con más de 70 servicios y productos informáticos que encadenan la actividad financiera. Entre los más importantes se encuentra el monedero MiTransfer, el Bulevar MiTransfer, MiTurno, el módulo de agentes de telecomunicaciones y MITPV, entre otros.

Queda mucho por hacer, por avanzar, retos tecnológicos y obstáculos que vencer. La sostenibilidad del proyecto y el seguir siendo un pilar en la transformación digital de la sociedad son prioridad en la estrategia del proyecto de cara a los próximos años. El trabajo en equipo y el encadenamiento tecnológico con otros actores económicos seguirá siendo primordial en el desarrollo de nuevos servicios. La transformación digital de una sociedad no es un destino sino un camino a transitar con

el que hay que ser coherente en cada diseño de nuevos servicios. Esta transformación digital rendirá mejores frutos en la medida que se tomen decisiones estratégicas, oportunas y rápidas en el tiempo.

En un contexto de reformas económicas, la aplicación representa un puente hacia la soberanía tecnológica y financiera de Cuba. Su éxito dependerá de la capacidad para escalar soluciones que equilibren innovación, accesibilidad y seguridad, siempre en sintonía con las necesidades reales de la población. Más que una APK, Transfermóvil es hoy un símbolo de cómo Cuba puede adaptar la tecnología a sus particularidades, demostrando que incluso en entornos complejos es posible construir alternativas digitales inclusivas. Su evolución será medidor del avance de la informatización de la sociedad cubana en los próximos años.

Referencias bibliográficas

Anaya, A., & Lopez, I. (2014). *La tecnología NFC en teléfonos celulares, sus retos y aplicaciones*.

Avances en la informatización de la sociedad cubana. (s.f.). Recuperado el 7 de Septiembre de 2015, de Cubadebate: <http://mesaredonda.cubadebate.cu/temas/ciencia-y-tecnologia-temas/2015/09/17/avances-en-la-informatizacion-de-la-sociedad-cubana/>

Aydin, N., Cozkun, V., & Osdenizci, B. (2009). *Exploring underlying values of NFC applications, in Proc. of International Conf. on Management Technology and Applications (ICMTA 2010)*, Singapur, pp. 10–12.

Bernardos, A. (2008). *Modelo de integración de tecnologías para la provisión de servicios móviles basados en localización y contexto*. Tesis Doctoral.

Buellingen, F., & Woerter, M. (2004). *Development Perspectives, Firm Strategies and Applications in Mobile Commerce*, *Journal of Business Research*.

Camacho Casado, L. (2014). *Nuevas Inversiones para afianzar la banca electronica*.

Chaparro, G. (2010). *Mobile Financial Services - An Integrated Solution*, Gemalto, Colombia.

Cujin, D., & Guerrero, L. (2014). *Análisis de la factibilidad para la implementación de la billetera móvil en la ciudad de Cuenca*.

Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. (s.f.). Obtenido de *Portal del Trabajador*: <http://www.portal.etcusa.cu/>

- Gartner. (2013). *Gartner Says Worldwide Mobile Payment Transaction Value to Surpass \$235 Billion in 2013*, Stanford, Connecticut.
- Hanouch, M., & Chen, G. (2015). *La importancia del USSD en la promoción de la competencia en los pagos por móvil*.
- Huang, H. (2007). *Diffusion of Mobile Commerce Application in the Market*, IEEE Innovative Computing, Information and Control.
- Kadhiwal, S. (2007). *Analysis of mobile payment security measures and different standards*. Computer Fraud & Security.
- Liebana-Cabanillas, F. (2012). *El papel de los medios de pago en los nuevos entornos electrónicos*. Tesis Doctoral, Departamento de Comercialización e Investigación de Mercados.
- Masamila, B., Mtenzi, F., Said, J., & Tinabo, R. (2010). *A Secured Mobile Payment Model for Developing Markets*, Communications in Computer and Information Science.
- Nambiar, S., Chang, T., & Liang, L. (2004). *Analysis of Payment Transaction Security in Mobile Commerce*. IEEE Information Reuse and Integration.
- Revista Nro. 3, Telebanca. (2007). *Revista del Banco central de Cuba*.
- Reyes, L. (2025). *Análisis de comportamiento de los pagos en línea en Transfermóvil*, Msc. Tesis de la Facultad de Ingeniería Informática, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría.
- Rivera, C. (2011). *Servicios de Transacciones Económicas de dinero móvil entre usuarios de las operadoras del servicio móvil avanzado en el ecuador*.
- Rivera, C. (2012). *Implementación del sistema de pagos y transacciones a través de las redes del servicio móvil avanzado para atender a la población sin acceso a la banca formal en el Ecuador*.
- Schwiderski, S., & Knospe, H. (2011). *Secure M-Commerce*.

