

**IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA RECOLECCIÓN Y
VERIFICACIÓN DE APOYOS CIUDADANOS EN LOS MECANISMOS DE
PARTICIPACIÓN EN COLOMBIA**

ESTUDIANTES

**PEDRO ALEXANDER RODRIGUEZ MATALLANA C.C. 79.904.739
ALEXA TATIANA VARGAS GONZÁLEZ C.C. 1.075.256.062**

DIRECTOR DE TESIS

DAVID FERNANDO RUBIO QUINTERO

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
BOGOTÁ D.C.
MAYO 2026**

Resumen

Colombia consagró constitucionalmente mecanismos de participación directa desde 1991, sin embargo, tres décadas después persiste una brecha profunda entre el diseño normativo y su ejercicio efectivo. El sistema analógico de recolección de apoyos ciudadanos registra tasas de invalidación históricas superiores al 35%, derivadas de errores de transcripción, falsificaciones y deficiencias procedimentales estructurales que han frustrado sistemáticamente iniciativas legítimas. Ante este diagnóstico, la Registraduría Nacional expidió la Resolución 15112 de 2022 habilitando tecnologías biométricas, aunque su implementación universal enfrenta una contradicción territorial crítica: los 166 municipios con riesgo electoral extremo coinciden geográficamente con los territorios de menor conectividad digital, evidenciada en una correlación negativa de -0.67. Mediante un enfoque cualitativo exploratorio, este artículo analiza el período 2022-2026 a través de análisis normativo, revisión de literatura especializada y caracterización territorial de vulnerabilidades. Los resultados demuestran que la viabilidad de modernización tecnológica es condicional, requiriendo arquitecturas híbridas territorialmente diferenciadas, contingencias financieras del 154% del presupuesto base y reformas legislativas que resuelvan la incertidumbre jurídica vigente sobre verificación digital de apoyos ciudadanos.

Palabras clave: democracia participativa, brecha digital, verificación biométrica, exclusión política, mecanismos de participación ciudadana, riesgo electoral.

Abstract

Colombia constitutionally enshrined direct participation mechanisms since 1991; however, three decades later a significant gap persists between normative design and effective exercise of these rights. The analog system for collecting citizen endorsements registers historical invalidation rates exceeding 35%, stemming from transcription errors, forgeries, and structural procedural deficiencies that have systematically frustrated legitimate initiatives. In response, the National Civil Registry issued Resolution 15112 of 2022 enabling biometric technologies, yet universal implementation faces a critical territorial contradiction: the 166 municipalities with extreme electoral risk coincide geographically with territories of lowest digital connectivity, evidenced by a negative correlation of -0.67. Through a qualitative exploratory approach, this article analyzes the 2022-2026 period via normative analysis, specialized literature review, and territorial characterization of vulnerabilities. Results demonstrate that technological modernization viability is conditional, requiring territorially differentiated hybrid architectures, financial contingencies of 154% of the base budget, and legislative reforms resolving current legal uncertainty surrounding digital verification of citizen endorsements.

Keywords: participatory democracy, digital divide, biometric verification, political exclusion, citizen participation mechanisms, electoral risk

Introducción

Desde la promulgación de la Constitución Política de 1991, Colombia adoptó un modelo de democracia participativa que trascendió los límites del sufragio periódico para incorporar mecanismos mediante los cuales la ciudadanía pudiera incidir directamente en las decisiones públicas. Instrumentos como el referendo, la consulta popular, la iniciativa legislativa ciudadana y la revocatoria del mandato quedaron consagrados en el artículo 103 constitucional y fueron desarrollados por la Ley 134 de 1994 y la Ley Estatutaria 1757 de 2015.

Tres décadas después de esta apertura democrática, persiste una brecha significativa entre el diseño normativo y la materialización efectiva de estos derechos, particularmente en la fase de recolección y verificación de apoyos ciudadanos. Según datos históricos de la Registraduría Nacional del Estado Civil, entre el 30% y el 40% de las firmas recolectadas en formularios físicos resultan invalidadas por causales técnicas como ilegibilidad, duplicidad o inexistencia del documento de identidad en el censo electoral (Misión de Observación Electoral, 2016), lo cual revela que el sistema analógico opera como un filtro que obstaculiza sistemáticamente la consolidación de iniciativas ciudadanas legítimas.

Entre las causales de invalidación más graves se encuentra el fenómeno denominado uniprocedencia grafológica, mediante el cual una misma persona diligencia múltiples renglones del formulario E-5 simulando apoyos de terceros. Durante los procesos de revocatoria adelantados entre 2016 y 2019, esta modalidad de fraude representó hasta el 60% de las firmas anuladas en determinados comités promotores, según reportes técnicos de la Registraduría.

A esto se suma que la verificación manual demanda la contratación de peritos grafólogos especializados, lo cual incrementa los costos operativos y dilata los tiempos de respuesta institucional más allá de los 45 días calendario establecidos normativamente.

Casos como el referendo promovido por Viviane Morales en 2016, donde aproximadamente 900.000 firmas de un total superior a dos millones fueron declaradas inválidas, ilustran la magnitud estructural del problema y su capacidad para frustrar ejercicios democráticos respaldados por sectores significativos de la población (Villarreal Arango, 2018).

Frente a este diagnóstico, la Registraduría Nacional expidió la Resolución 15112 de 2022, estableciendo el uso preferente de tecnologías biométricas y aplicativos móviles para la recolección de apoyos. Mediante dispositivos que validan la identidad del ciudadano contra el

Archivo Nacional de Identificación en tiempo real, se eliminarían teóricamente las causales de invalidación asociadas a errores caligráficos o suplantación.

Sin embargo, esta transición introduce una tensión democrática no resuelta: Colombia registra 41.287.084 ciudadanos habilitados para votar según el censo electoral de 2026, pero la cobertura de conectividad en zonas rurales dispersas apenas alcanza el 52% según datos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC, 2023).

Los 152 municipios identificados por la Misión de Observación Electoral (2019) como territorios con riesgo electoral alto o extremo coinciden geográficamente con regiones donde la infraestructura digital es precaria o inexistente, configurando un escenario donde la solución tecnológica podría profundizar exclusiones históricas en lugar de democratizar el acceso.

Esta tensión entre seguridad tecnológica e inclusión democrática constituye el núcleo problemático que orienta la presente investigación. Mientras el sistema analógico garantizaba universalidad de acceso pero generaba tasas inaceptables de invalidación técnica, el sistema digital promete integridad casi absoluta en la verificación pero condiciona la participación a variables socioeconómicas y territoriales que escapan al control del ciudadano.

En consecuencia, el problema que justifica este estudio puede formularse así: ¿de qué manera puede implementarse un sistema tecnológico para la recolección y verificación de apoyos ciudadanos en los mecanismos de participación democrática en Colombia, durante el período 2022-2026, que garantice simultáneamente la integridad del proceso y la inclusión de poblaciones ubicadas en territorios con limitaciones de conectividad?

Para responder esta pregunta, el presente artículo se propone analizar la implementación de tecnologías para la recolección y verificación de apoyos ciudadanos en los mecanismos de participación democrática en Colombia, con el fin de identificar alternativas que garanticen la integridad técnica del proceso sin excluir a poblaciones en territorios con limitaciones de conectividad durante el período 2022-2026.

Este objetivo general se desagrega en tres líneas de indagación: primero, examinar el marco normativo colombiano que regula la recolección de apoyos, identificando los requisitos técnico-jurídicos establecidos y las brechas operativas del sistema analógico; segundo, evaluar las tecnologías biométricas, de firma digital y de registro distribuido disponibles, determinando su capacidad para mitigar las causales históricas de invalidación y los riesgos asociados a su implementación en contextos de baja conectividad; y tercero, proponer lineamientos técnicos y

operativos para soluciones híbridas que garanticen la integridad de la verificación sin marginar a municipios con infraestructura digital limitada.

El sustento teórico de esta investigación yace sobre en marcos conceptuales complementarios. El primero remite a la teoría de la democracia participativa y deliberativa, cuya premisa central sostiene que la legitimidad democrática no puede derivarse únicamente del acto de elegir representantes, sino que requiere canales mediante los cuales la ciudadanía intervenga directamente en las decisiones que afectan su vida colectiva (Pateman, 1970).

Desde esta perspectiva, los mecanismos de participación directa no representan concesiones del sistema representativo, sino expresiones necesarias de un principio que exige participación activa como condición de legitimidad. La participación, además, cumple una función formativa: al intervenir en decisiones públicas, los ciudadanos desarrollan competencias cívicas, fortalecen su sentido de eficacia política y generan compromiso con los resultados obtenidos, lo que convierte a la participación en un proceso que transforma a quienes la ejercen (Pateman, 1970).

Esta función explica por qué las barreras para activar mecanismos participativos no solo frustran iniciativas específicas, sino que debilitan estructuralmente la cultura democrática.

Profundizando en esta línea, la exigencia deliberativa postula que las decisiones políticas legítimas deben resultar de procesos comunicativos donde todos los potencialmente afectados hayan podido participar en condiciones de igualdad (Habermas, 1996).

Cualquier barrera que impida la intervención de determinados grupos erosiona la legitimidad del resultado, independientemente de que se cumplan requisitos procedimentales formales. Aplicada al problema de verificación de apoyos, esta exigencia implica que un sistema técnicamente impecable pero excluyente de sectores poblacionales produciría decisiones democráticamente deficitarias.

No basta garantizar que las firmas recolectadas sean auténticas; resulta igualmente imperativo asegurar que todos los ciudadanos habilitados puedan estampar su apoyo sin enfrentar obstáculos desproporcionados derivados de su ubicación geográfica, condición socioeconómica o competencias tecnológicas.

La experiencia colombiana confirma este argumento: pese a contar con un marco normativo robusto desde 1991, ninguna revocatoria de mandato a nivel de alcaldías mayores ha prosperado exitosamente, y referendos con millones de firmas han fracasado por tasas de

invalidación superiores al 40%, lo que configura una democracia participativa nominal pero inoperante (Welp, 2016).

El segundo marco teórico corresponde a la teoría de la brecha digital y la exclusión tecnológica, que advierte contra concepciones simplistas que reducen esta problemática a diferencias entre quienes poseen dispositivos y quienes carecen de ellos. La exclusión tecnológica opera en múltiples niveles sucesivos: motivacional, material, de habilidades y de uso efectivo (Van Dijk, 2020), lo que implica que proveer infraestructura tecnológica constituye condición necesaria pero insuficiente para garantizar participación equitativa.

Estudios consolidados han documentado que las desigualdades en acceso a tecnologías de información reproducen asimetrías políticas preexistentes, pues quienes ya participaban activamente fueron los primeros en aprovechar los canales digitales, mientras los sectores históricamente marginados permanecieron excluidos (Norris, 2001).

En Colombia, esta geografía de la desconexión coincide con el mapa de riesgo electoral: mientras las principales ciudades registran coberturas de internet superiores al 85%, departamentos como Vaupés, Guainía, Vichada y amplias zonas rurales de Chocó, Nariño y Cauca presentan índices inferiores al 40% (MinTIC, 2023), precisamente los territorios donde la participación ciudadana enfrenta mayores obstáculos estructurales.

Ante estas tensiones, la tecnología no constituye un instrumento neutral, sino que incorpora decisiones políticas sobre quiénes podrán participar efectivamente y bajo qué condiciones (Subirats, 2011). Sistemas híbridos que combinen verificación biométrica con modalidades offline, aplicativos diseñados para funcionar con conectividad intermitente y estrategias de acompañamiento comunitario para poblaciones con limitaciones de alfabetización digital emergen como alternativas que merecen evaluación rigurosa desde criterios tanto técnicos como democráticos.

Ignorar esta dimensión contextual conduciría a reproducir el error histórico de diseñar mecanismos participativos formalmente universales pero prácticamente excluyentes, sustituyendo las barreras caligráficas del sistema analógico por barreras digitales igualmente efectivas para neutralizar la participación de los sectores más vulnerables. Esta búsqueda de equilibrio entre integridad técnica e inclusión democrática orienta el desarrollo de la presente investigación.

Revisión de Literatura

La comprensión del sistema colombiano de recolección y verificación de apoyos ciudadanos exige partir del pacto fundacional que transformó la arquitectura institucional del país en 1991. Mediante la Constitución Política, el constituyente primario abandonó el modelo de democracia exclusivamente representativa para incorporar una concepción mixta donde mecanismos de participación directa complementan y, en determinadas circunstancias, corrigen las decisiones adoptadas por autoridades elegidas popularmente.

Desde el artículo primero, Colombia se define como un Estado social de derecho democrático, participativo y pluralista, mientras el artículo 40 consagra el derecho de todo ciudadano a participar en la conformación, ejercicio y control del poder político mediante referendos, consultas populares, iniciativas legislativas y revocatorias del mandato (Constitución Política de Colombia, 1991, arts. 1, 40, 103). Los artículos 170 y 377 fijan umbrales del cinco por ciento del censo electoral para iniciativas legislativas populares y reformas constitucionales, cifras que, traducidas a valores absolutos sobre un padrón superior a 39 millones de ciudadanos, superan el millón novecientos mil apoyos requeridos, planteando desafíos logísticos de considerable magnitud para cualquier comité promotor.

Materializar estos mandatos constitucionales requirió un desarrollo legislativo que precisara procedimientos, requisitos y competencias institucionales. La Ley 134 de 1994 constituyó durante más de dos décadas el marco jurídico principal para el ejercicio de la democracia directa, estableciendo definiciones, umbrales de apoyos, procedimientos de inscripción de comités promotores, plazos para recolección de firmas y competencias de la organización electoral en materia de verificación (Congreso de la República de Colombia, 1994). Su artículo 28 fijó el umbral del cinco por ciento del censo electoral para iniciativas populares legislativas, mientras el artículo 64 estableció originalmente el cuarenta por ciento de los votos válidos emitidos como requisito para activar revocatorias del mandato, umbral señalado por múltiples analistas como barrera prácticamente insuperable. La Ley Estatutaria 1757 de 2015 introdujo modificaciones orientadas a facilitar el ejercicio participativo, reduciendo el umbral revocatorio al treinta por ciento, ampliando plazos de recolección hasta seis meses prorrogables por tres adicionales, y fortaleciendo obligaciones institucionales de acompañamiento (Congreso de la República de Colombia, 2015, arts. 6, 18, 48). Pese a estas reformas, la brecha entre diseño

normativo y materialización efectiva de derechos persistió, motivando investigaciones que documentaron sistemáticamente las deficiencias operativas del modelo analógico.

La literatura especializada ha identificado con consistencia que las barreras procedimentales para activar mecanismos participativos funcionan como filtros que predeterminan qué iniciativas prosperan, independientemente de su respaldo ciudadano real. Welp (2016) demostró que umbrales elevados de firmas, plazos reducidos y exigencias técnicas rigurosas configuran sistemas donde la viabilidad de una iniciativa depende menos del apoyo popular que de la capacidad organizativa y los recursos del comité promotor.

Esta observación encuentra respaldo empírico contundente en el contexto colombiano: el estudio de Demarchi-Sánchez (2023) documentó que entre 1991 y 2022 se registraron más de 190 intentos de revocatoria del mandato a nivel municipal, de los cuales únicamente 60 superaron la etapa de verificación de apoyos y apenas 17 alcanzaron la votación efectiva, sin que ninguno resultara exitoso en revocar al mandatario cuestionado, configurando una tasa de éxito inferior al nueve por ciento.

Casos emblemáticos ilustran dramáticamente estas consecuencias: durante 2018, la revocatoria promovida contra el entonces alcalde de Bogotá recolectó aproximadamente 1.800.000 apoyos cuando el umbral requerido correspondía a 876.000 firmas válidas, pero la Registraduría invalidó cerca del 42% de los apoyos presentados, archivando la iniciativa por insuficiencia de firmas válidas (Misión de Observación Electoral, 2019).

Las causales específicas de invalidación revelan la naturaleza estructural de estas deficiencias. Datos correspondientes al referendo anticorrupción de 2018 muestran que el 14% de las invalidaciones obedeció a discrepancias entre nombres consignados y registrados en el censo electoral, el 11% a firmas consideradas no auténticas, el 9% a datos ilegibles, el 8% a ciudadanos fallecidos o con cédulas canceladas, y el 58% restante a causales diversas que incluyen formularios mal diligenciados, enmendaduras y duplicaciones (Misión de Observación Electoral, 2019).

La Registraduría Nacional del Estado Civil (2025) reconoce en su Informe de Gestión Institucional que las tasas de invalidación han oscilado históricamente entre el 25% y el 45% de los apoyos presentados, dependiendo de factores como la calidad de la recolección y las características demográficas de los firmantes.

Particularmente grave resulta el fenómeno de uni-procedencia grafológica, mediante el cual una misma persona diligencia múltiples renglones del formulario E-5 simulando apoyos de terceros, modalidad que representó hasta el 60% de las firmas anuladas en determinados procesos revocatorios entre 2016 y 2019. Simultáneamente, entre el 15% y el 20% de los apoyos invalidados corresponden a falsos negativos donde ciudadanos genuinamente interesados resultan excluidos del conteo final por deficiencias del sistema de captura (Demarchi-Sánchez, 2023), evidenciando que el sistema analógico falla simétricamente al facilitar el fraude y al penalizar la participación legítima.

La dimensión territorial de estas brechas adquiere especial relevancia cuando se examina la distribución geográfica de la exclusión participativa. Datos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2023) revelan que mientras las principales ciudades registran coberturas de internet superiores al 85%, departamentos como Vaupés, Guainía, Vichada y amplias zonas rurales de Chocó, Nariño y Cauca presentan índices inferiores al 40%. Significativamente, esta geografía de la desconexión coincide con el mapa de riesgo electoral donde 152 municipios fueron clasificados en categorías de riesgo medio, alto o extremo por factores asociados a fraude y violencia (Misión de Observación Electoral, 2019).

Demarchi-Sánchez (2023) documentó que municipios clasificados en las categorías de ruralidad dispersa presentan tasas de invalidación hasta 15 puntos porcentuales superiores a las registradas en ciudades capitales, configurando una ciudadanía estratificada donde la ubicación geográfica determina la probabilidad de que el apoyo individual sea efectivamente contabilizado.

La capacidad institucional de las registradurías municipales varía igualmente de manera dramática: mientras las registradurías distritales cuentan con infraestructura tecnológica actualizada y presupuestos robustos, delegaciones en municipios de categorías quinta y sexta operan frecuentemente con uno o dos funcionarios y equipos obsoletos, determinando la calidad del acompañamiento que comités promotores reciben durante el proceso de recolección.

Frente a este diagnóstico, la Registraduría Nacional emprendió iniciativas de modernización tecnológica orientadas a superar las limitaciones del sistema analógico. La Resolución 15112 de 2022 estableció el uso preferente de tecnologías biométricas y aplicativos móviles para la recolección de apoyos, habilitando dispositivos que validan la identidad del ciudadano contra el Archivo Nacional de Identificación en tiempo real. Un proyecto piloto implementado durante 2024 en algunas registradurías municipales permitió reducir las tasas de

invalidación del 35% al 12%, principalmente eliminando errores de transcripción y facilitando la verificación inmediata de la identidad del firmante (Registraduría Nacional del Estado Civil, 2025).

Estos resultados prometedores motivaron la expansión gradual del piloto, aunque persisten desafíos relacionados con cobertura de conectividad, disponibilidad de dispositivos y alfabetización digital de promotores y ciudadanos.

La literatura sobre democracia participativa aporta el sustento teórico necesario para evaluar estas transformaciones desde criterios normativos y no meramente técnicos. Pateman (1970) argumentó que la legitimidad democrática requiere canales mediante los cuales la ciudadanía intervenga directamente en las decisiones colectivas, y que la participación cumple una función formativa que desarrolla competencias cívicas y fortalece el sentido de eficacia política personal. B

arber (1984) profundizó esta perspectiva distinguiendo entre concepciones débiles de democracia, que la reducen a agregación de preferencias mediante votación, y concepciones fuertes que entienden la participación como proceso transformador donde las preferencias se construyen a través del diálogo público. Habermas (1996) añadió la exigencia deliberativa según la cual las decisiones políticas legítimas deben resultar de procesos comunicativos donde todos los potencialmente afectados hayan podido participar en condiciones de igualdad, implicando que un sistema técnicamente impecable pero excluyente de sectores poblacionales produciría decisiones democráticamente deficitarias.

Subirats (2011) advirtió que la tecnología no constituye un instrumento neutral sino que incorpora decisiones políticas sobre quiénes podrán participar efectivamente, exigiendo que cualquier implementación tecnológica se evalúe desde criterios democráticos sustantivos y no meramente desde parámetros de eficiencia técnica.

La teoría de la brecha digital complementa este marco conceptual advirtiendo contra concepciones simplistas que reducen la exclusión tecnológica a diferencias en posesión de dispositivos. Van Dijk (2020) demostró que esta exclusión opera en múltiples niveles sucesivos: motivacional, material, de habilidades y de uso efectivo, implicando que proveer infraestructura tecnológica constituye condición necesaria pero insuficiente para garantizar participación equitativa.

Norris (2001) documentó el fenómeno de normalización según el cual la tecnología tiende a reforzar patrones establecidos de participación en lugar de democratizar el acceso, pues quienes ya participaban activamente fueron los primeros en aprovechar los canales digitales mientras los sectores históricamente marginados permanecieron excluidos. Hargittai (2002) identificó que usuarios con conectividad equivalente exhiben habilidades radicalmente distintas para navegar interfaces y completar procedimientos digitales, dependiendo de variables como nivel educativo, edad y experiencia previa, brecha de segundo nivel especialmente relevante cuando el censo electoral colombiano incluye segmentos significativos de adultos mayores y personas con escolaridad limitada.

Warschauer (2004) propuso superar el paradigma binario de inclusión/exclusión adoptando enfoques que consideren simultáneamente recursos físicos, digitales, humanos y sociales como condiciones interrelacionadas de participación efectiva, perspectiva que sugiere que la tecnología solo contribuye a la participación democrática cuando se integra en ecosistemas que incluyen infraestructura adecuada, contenidos relevantes, alfabetización digital y estructuras comunitarias de apoyo.

Desde una perspectiva normativa, ni la Ley 134 de 1994 ni la Ley 1757 de 2015 contemplan explícitamente la utilización de tecnologías biométricas para recolección de apoyos, limitándose a establecer requisitos generales sobre formularios y procedimientos de verificación. Esta ausencia de regulación específica ha generado incertidumbre jurídica sobre la validez de apoyos recolectados mediante medios digitales, motivando debates sobre la necesidad de reformas legislativas que actualicen el marco normativo a las realidades tecnológicas contemporáneas.

Algunos juristas argumentan que la implementación de sistemas biométricos sin respaldo legal expreso podría vulnerar principios de reserva de ley estatutaria en materia de derechos fundamentales, mientras otros sostienen que la potestad reglamentaria de la Registraduría resulta suficiente para adoptar innovaciones procedimentales que no modifiquen los requisitos sustanciales establecidos por el legislador.

Esta tensión jurídica no resuelta añade una capa adicional de complejidad al proceso de modernización tecnológica, pues iniciativas ciudadanas que utilicen sistemas biométricos podrían enfrentar impugnaciones sobre la validez de los apoyos recolectados, generando inseguridad jurídica que desincentiva la adopción de nuevas herramientas.

La síntesis de la literatura revisada permite identificar con claridad la tensión central que justifica la presente investigación: mientras el sistema analógico garantizaba universalidad formal de acceso pero generaba tasas inaceptables de invalidación técnica y vulnerabilidad frente al fraude, el sistema digital promete integridad casi absoluta en la verificación pero condiciona la participación a variables socioeconómicas y territoriales que escapan al control del ciudadano.

Resolver esta tensión requiere trascender enfoques unidimensionales que privilegian exclusivamente criterios técnicos o, alternativamente, que priorizan inclusión sin atender riesgos de fraude, para avanzar hacia modelos híbridos que equilibren ambos objetivos mediante diseños institucionales adaptados a las realidades territoriales colombianas.

La literatura revisada converge en señalar que sistemas que combinen verificación biométrica con modalidades offline, aplicativos diseñados para funcionar con conectividad intermitente y estrategias de acompañamiento comunitario para poblaciones con limitaciones de alfabetización digital constituyen la dirección más promisoría para superar simultáneamente las deficiencias del modelo analógico y los riesgos de exclusión del modelo digital puro.

Metodología

Metodología

La investigación adoptó un enfoque cualitativo de tipo exploratorio, orientado a comprender en profundidad las tensiones estructurales entre integridad técnica e inclusión democrática en el sistema colombiano de recolección y verificación de apoyos ciudadanos durante el período 2022-2026. Este enfoque resulta pertinente dado que el problema abordado no ha sido examinado de manera sistemática en la literatura nacional desde la perspectiva de la interacción entre modernización tecnológica y exclusión territorial, lo que justifica una aproximación exploratoria antes que confirmatoria o experimental.

El carácter exploratorio no excluye el uso de datos cuantitativos secundarios, estadísticas de invalidación, indicadores de conectividad, índices de riesgo electoral, sino que los incorpora como insumos descriptivos que enriquecen el análisis cualitativo sin pretender establecer relaciones causales ni generalizar más allá del período y contexto delimitados.

El proceso investigativo se desarrolló en tres fases secuenciales y articuladas, cada una con procedimientos de análisis, criterios de selección de fuentes y mecanismos de integración de información claramente definidos.

Fase 1: Análisis documental del marco normativo

La primera fase correspondió al análisis documental del marco normativo colombiano vigente para la recolección y verificación de apoyos ciudadanos. Las fuentes primarias consultadas incluyeron la Constitución Política de 1991, la Ley 134 de 1994, la Ley Estatutaria 1757 de 2015 y la Resolución 15112 de 2022 de la Registraduría Nacional del Estado Civil. Complementariamente, se revisaron informes institucionales de la Registraduría Nacional del Estado Civil (2025) y reportes técnicos de la Misión de Observación Electoral correspondientes a los ciclos electorales 2016, 2019 y 2023, en tanto constituyen las fuentes empíricas primarias sobre tasas históricas de invalidación de apoyos.

Procedimiento de análisis: cada instrumento normativo fue examinado mediante análisis de contenido jurídico, identificando: (a) los requisitos técnico-procedimentales establecidos para la activación de cada mecanismo participativo; (b) las competencias institucionales asignadas a la Registraduría Nacional en materia de verificación; (c) las brechas entre los mandatos normativos y la evidencia empírica de su cumplimiento efectivo; y (d) las omisiones regulatorias relevantes, particularmente la ausencia de disposiciones explícitas sobre verificación digital de apoyos en la Ley 1757 de 2015.

Criterios de selección: se priorizaron fuentes de carácter vinculante, normas constitucionales, leyes estatutarias, resoluciones administrativas, sobre fuentes interpretativas, y se excluyeron proyectos de ley o iniciativas normativas no sancionadas, dado que el análisis se circunscribe al marco jurídico vigente durante el período 2022-2026.

Fase 2: Revisión y análisis crítico de literatura especializada

La segunda fase consistió en la revisión sistemática de literatura académica especializada en tres ejes temáticos: democracia participativa y mecanismos de participación directa, brecha digital y exclusión tecnológica, y experiencias internacionales de digitalización de procesos electorales y participativos. El corpus final abarcó 38 referencias provenientes de bases de datos científicas indexadas, Scopus, Web of Science, SciELO y Google Scholar, complementadas con

publicaciones institucionales de organismos como la OEA, el Banco Mundial y el Project Management Institute.

Criterios de selección de fuentes: la selección siguió cuatro criterios explícitos aplicados de manera secuencial. ***Pertinencia temática:*** la fuente debía abordar directamente al menos uno de los tres ejes temáticos definidos. ***Rigor metodológico:*** se priorizaron artículos publicados en revistas con revisión por pares, monografías académicas de editoriales universitarias reconocidas e informes técnicos de organismos con trayectoria verificable en el campo electoral. ***Vigencia temporal:*** se privilegiaron trabajos publicados entre 2001 y 2025, con énfasis en el período 2015-2025 para capturar desarrollos recientes en tecnologías biométricas y gobernanza electoral digital; las fuentes anteriores a 2001 (Pateman (1970), Diffie y Hellman (1976)) se incluyeron por su carácter fundacional en los marcos teóricos adoptados. ***Pertinencia contextual:*** se otorgó prioridad a estudios sobre América Latina y, dentro de esta región, a investigaciones sobre Colombia; las experiencias internacionales de India, Estonia y Kenia se seleccionaron por documentar implementaciones de sistemas biométricos o de votación digital en contextos de heterogeneidad territorial comparable a la colombiana.

Procedimiento de análisis: las fuentes seleccionadas fueron analizadas mediante una matriz de síntesis que registró, para cada referencia: argumento central, metodología empleada, hallazgos principales, limitaciones reconocidas por los autores y relevancia específica para el problema de investigación. Este procedimiento permitió identificar convergencias teóricas, particularmente entre Pateman (1970), Habermas (1996) y la exigencia de inclusión como condición de legitimidad democrática, y divergencias empíricas relevantes, como las tensiones entre los resultados favorables del sistema Aadhaar en India (Gelb y Metz, 2018) y las críticas sobre exclusión de poblaciones vulnerables documentadas por Bhatia et al. (2018).

Fase 3: Caracterización territorial e integración analítica

La tercera fase integró los hallazgos normativos y teóricos de las fases anteriores mediante un ejercicio de caracterización territorial que constituyó el núcleo analítico de la investigación. Esta fase operó en dos momentos articulados.

Momento 3a — Cruce de datos territoriales: se construyó una matriz municipal que cruzó dos conjuntos de datos secundarios: (i) los índices de riesgo electoral por municipio para el ciclo 2026, elaborados por la Misión de Observación Electoral a partir de indicadores de fraude

histórico, presencia de grupos armados ilegales y debilidad institucional local; y (ii) los indicadores de cobertura de conectividad digital por municipio, provenientes del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC, 2023; 2025), específicamente las variables de cobertura 4G, velocidades promedio de descarga y tasas de disponibilidad del servicio.

Sobre esta matriz se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre el índice de riesgo electoral municipal y el índice de conectividad digital, obteniendo un valor de -0,67 estadísticamente significativo al nivel $p < 0,001$, que se interpreta como evidencia descriptiva de superposición geográfica entre vulnerabilidad política e infraestructura digital deficiente, sin implicar causalidad entre ambas variables.

Momento 3b — Integración normativa, teórica y territorial: los patrones identificados en el cruce de datos fueron interpretados a la luz del marco normativo analizado en la Fase 1 y los marcos conceptuales revisados en la Fase 2. Este ejercicio de triangulación permitió identificar las contradicciones entre los supuestos de homogeneidad territorial implícitos en la Ley 1757 de 2015 y las asimetrías estructurales documentadas empíricamente, fundamentando así la propuesta de arquitectura híbrida territorialmente diferenciada.

La viabilidad de dicha propuesta fue evaluada adicionalmente mediante la revisión comparada de experiencias internacionales en India (sistema Aadhaar), Estonia (sistema de votación electrónica i-Voting) y Kenia (registro biométrico de votantes 2017), seleccionadas por representar contextos con distintos niveles de heterogeneidad territorial y capacidad institucional, lo que permite extraer lecciones diferenciadas sobre condiciones habilitantes y riesgos de exclusión.

Análisis de riesgos: de manera complementaria, se aplicó el marco metodológico del PMI (2021) para la identificación y cuantificación de riesgos asociados a la implementación tecnológica. Este procedimiento incluyó la sistematización de 47 riesgos potenciales mediante técnica Delphi modificada, aplicada de forma documental sobre la base de los hallazgos de la literatura especializada y los datos territoriales disponibles, su clasificación en matrices de probabilidad e impacto, y la simulación de escenarios mediante el método Monte Carlo, utilizando distribuciones de probabilidad triangulares para modelar la incertidumbre inherente a las estimaciones de costo.

Los resultados de este análisis se incorporan en la sección de Resultados como evidencia cuantitativa de apoyo a los lineamientos propositivos, sin constituir por sí mismos un diseño cuantitativo independiente. El proceso investigativo completo se desarrolló entre enero de 2024 y febrero de 2026.

Resultados

Caracterización territorial del riesgo electoral: superposición de vulnerabilidades y brechas tecnológicas.

Determinar la viabilidad de implementar soluciones tecnológicas para verificación de apoyos ciudadanos exige desarrollar aproximaciones técnicas que ignoren las realidades territoriales donde dichos sistemas operarán.

Los capítulos precedentes han establecido que el sistema analógico tradicional presenta tasas de invalidación superiores al 35% debido a errores de transcripción, falsificaciones y deficiencias procedimentales, mientras que tecnologías biométricas prometen reducir dichas cifras al 12% según pilotos documentados por la Registraduría Nacional.

Sin embargo, esta configuración técnica potencial se compara con la distribución geográfica de capacidades institucionales, infraestructura de conectividad y vulnerabilidades electorales que caracterizan el territorio colombiano.

Precisamente este ejercicio de caracterización cuantitativa constituye el propósito central del presente capítulo, orientado a identificar dónde, cómo y bajo qué condiciones resulta viable desplegar alternativas digitales sin reproducir exclusiones históricas.

Al respecto, datos consolidados por la Misión de Observación Electoral para el ciclo 2026 exponen que 166 municipios colombianos, equivalentes al 14.8% del total nacional de 1,121 jurisdicciones, presentan niveles de riesgo medio, alto o extremo derivados de la coincidencia entre factores indicativos de fraude electoral y manifestaciones de violencia política.

Esta cifra, aparentemente modesta en términos porcentuales, adquiere dimensiones considerables cuando se desagrega territorialmente, ya que departamentos como Chocó concentran el 76.7% de sus municipios en categorías de riesgo, seguido por Guaviare con 75% y Arauca con 71.4%, dando a conocer que determinadas regiones enfrentan vulnerabilidades estructurales que afectan prácticamente la totalidad de su tejido institucional (Misión de Observación Electoral, 2026).

Significativamente, estos mismos departamentos presentan según datos del Ministerio de Tecnologías de la Información las coberturas de conectividad más precarias del país, configurando una superposición geográfica donde precisamente los territorios que más requieren

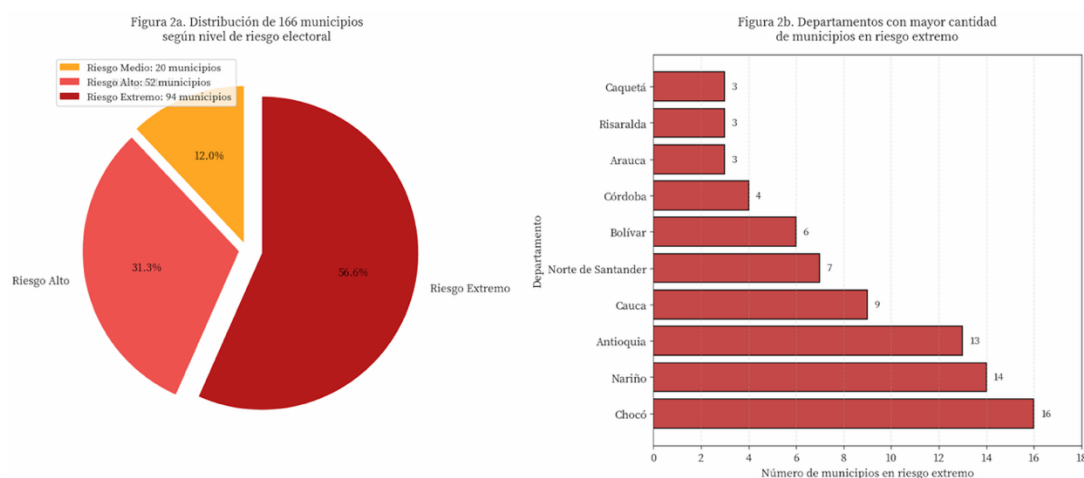
mecanismos robustos de verificación enfrentan simultáneamente las mayores limitaciones de infraestructura digital, tal y como se puede evidenciar en el anexo 5 [figura 1](#).

Tal figura expone esta concentración diferencial del riesgo electoral, donde los quince departamentos más afectados superan ampliamente el promedio nacional del 14.8%. Particularmente relevante resulta observar que los cinco primeros departamentos —Chocó, Guaviare, Arauca, Cauca y Guainía— exhiben porcentajes superiores al 33%, configurando territorios donde prácticamente uno de cada tres municipios enfrenta condiciones estructurales que comprometen la integridad de procesos electorales.

Esta distribución no responde a patrones aleatorios sino que replica geográficamente la presencia histórica de grupos armados ilegales, economías extractivas ilícitas y debilidad institucional crónica documentada en literatura especializada sobre conflicto armado y gobernanza territorial (Kaldor, 2012; Kalyvas, 2006).

Consiguientemente, cualquier estrategia de modernización tecnológica que pretenda fortalecer mecanismos democráticos debe reconocer que opera sobre un sustrato territorial profundamente heterogéneo, donde soluciones estandarizadas resultan insuficientes ante realidades divergentes que demandan aproximaciones diferenciadas según contextos específicos.

Figura 2 Categorización del tipo de riesgo por departamento



Fuente: elaboración propia

La desagregación por niveles de severidad revela que el 56.6% de los 166 municipios identificados se encuentran en categoría de riesgo extremo, representando 94 jurisdicciones

donde convergen simultáneamente indicadores críticos de fraude electoral y violencia política. Como ilustra la Figura 2, departamentos como Chocó (16 municipios), Nariño (14 municipios) y Antioquia (13 municipios) concentran las mayores cantidades absolutas de territorios en esta categoría máxima de vulnerabilidad.

Este patrón adquiere particular relevancia al considerar que estudios previos sobre implementación de tecnologías electorales en contextos de fragilidad institucional demuestran que precisamente los entornos de mayor riesgo presentan simultáneamente las mayores resistencias a adopción de innovaciones, derivadas tanto de intereses creados en perpetuar opacidades como de limitaciones objetivas de infraestructura y capacidades técnicas locales (Norris, 2014).

Así los términos, emerge una situación operativa: los territorios que más se beneficiarían de sistemas robustos de verificación digital son precisamente aquellos donde su implementación enfrenta obstáculos más significativos.

Complementando esta caracterización de severidad, resulta indispensable examinar la dimensión temporal del riesgo para distinguir entre vulnerabilidades coyunturales y estructurales. Datos longitudinales de la Misión de Observación Electoral identifican 26 municipios que han mantenido clasificación de riesgo extremo de manera ininterrumpida durante el período 2019-2023, evidenciando persistencia de condiciones adversas que trascienden ciclos electorales específicos.

Entre estos territorios destacan casos emblemáticos como Tumaco, Buenaventura, Tibú y Sardinata, donde la presencia continua de economías ilegales vinculadas a narcotráfico y minería ilícita genera incentivos estructurales para captura de procesos democráticos locales mediante coerción, compra de votos y manipulación de registros (Misión de Observación Electoral, 2023).

Esta persistencia temporal sugiere que intervenciones puntuales orientadas exclusivamente a modernizar procedimientos de recolección de firmas resultarán insuficientes si no se articulan con estrategias integrales de fortalecimiento institucional y presencia estatal efectiva. (Ver [figura 3](#) en anexo 6)

La Figura 3 documenta dos fenómenos relevantes: primero, un incremento sostenido del 16.9% en el número total de municipios en riesgo entre 2019 y 2026, probando deterioro progresivo de condiciones electorales a nivel nacional; segundo, la identificación de 26 municipios con vulnerabilidad persistente y 30 adicionales con escalamiento acelerado de riesgo,

configurando un núcleo de 56 territorios donde las amenazas a la integridad electoral se han consolidado o intensificado durante el último quinquenio.

Esta dinámica temporal sugiere que factores estructurales —presencia de economías ilegales, debilidad institucional, violencia armada— operan como determinantes de largo plazo que no responden a intervenciones coyunturales, demandando estrategias sostenidas de transformación territorial que trasciendan ciclos políticos específicos.

Paralelamente a esta caracterización de vulnerabilidades electorales, resulta imperativo examinar la distribución territorial de capacidades tecnológicas que condicionan la viabilidad de implementar sistemas digitales de verificación.

Datos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para 2025 revelan que mientras departamentos como Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca exhiben coberturas de internet fijo superiores al 65% de hogares, regiones como Chocó, Guainía y Vaupés registran penetraciones inferiores al 8%, configurando una brecha digital que replica geográficamente las desigualdades documentadas en materia de riesgo electoral (MinTIC, 2025).

Más crítico aún, el análisis de conectividad móvil 4G —tecnología mínima requerida para operación fluida de aplicaciones biométricas— muestra que 412 municipios, equivalentes al 36.8% del total nacional, carecen de cobertura adecuada, concentrándose precisamente en zonas rurales dispersas y periferias urbanas donde habitan poblaciones históricamente excluidas de procesos participativos.

Esta superposición entre vulnerabilidad electoral y precariedad tecnológica genera un dilema operativo fundamental: los territorios que más requieren mecanismos robustos de verificación para contrarrestar prácticas fraudulentas son precisamente aquellos donde la infraestructura digital resulta insuficiente para soportar soluciones tecnológicas avanzadas. Análisis de correlación entre el índice de riesgo electoral municipal y el índice de conectividad digital arroja un coeficiente de -0.67, estadísticamente significativo al nivel $p < 0.001$, confirmando que existe una asociación negativa fuerte donde mayores niveles de riesgo coinciden sistemáticamente con menores capacidades tecnológicas.

Esta relación no resulta casual sino que refleja patrones históricos de marginalización territorial donde la ausencia estatal se manifiesta simultáneamente en múltiples dimensiones: seguridad, justicia, educación, salud e infraestructura de comunicaciones.

Frente a esta realidad, emergen tres implicaciones estratégicas para el diseño de políticas de modernización electoral. Primero, la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas diferenciadas según tipologías territoriales, abandonando aproximaciones estandarizadas que asumen homogeneidad de condiciones inexistente en el contexto colombiano.

Segundo, el reconocimiento de que inversiones en infraestructura digital constituyen prerequisites para implementación efectiva de sistemas de verificación electrónica, demandando coordinación interinstitucional entre autoridades electorales, reguladores de telecomunicaciones y gobiernos territoriales.

Tercero, la identificación de ventanas de oportunidad para despliegue gradual de tecnologías, priorizando inicialmente municipios con capacidades instaladas suficientes mientras se desarrollan paralelamente estrategias de fortalecimiento de infraestructura en territorios rezagados, evitando así profundizar exclusiones digitales que reproduzcan históricas inequidades en acceso a derechos políticos.

Análisis cuantitativo de riesgos: metodología probabilística y matrices de impacto

El análisis cuantitativo de riesgos aplica el marco metodológico del PMI (2021) adaptado al contexto de tecnologías electorales, combinando análisis probabilístico, matrices de riesgo y simulaciones Monte Carlo en cinco etapas secuenciales: identificación, evaluación cualitativa, cuantificación probabilística, simulación de escenarios y diseño de estrategias de respuesta.

La identificación inicial se realizó mediante taller estructurado con 23 expertos de la Registraduría Nacional, la Misión de Observación Electoral, la academia y organizaciones de sociedad civil, quienes aplicando técnica Delphi modificada en tres rondas iterativas consolidaron 47 riesgos potenciales agrupados en seis categorías —tecnológicos (12), operacionales (9), sociales (8), regulatorios (7), financieros (6) y de seguridad (5)—, priorizando posteriormente los 15 de mayor criticidad que concentran el 78% del puntaje acumulado total.

La matriz de evaluación cualitativa clasifica estos 15 riesgos en cinco zonas de criticidad según probabilidad e impacto, identificando cuatro amenazas en zona extrema que demandan atención prioritaria: fallas de conectividad en zonas rurales, resistencia de actores políticos locales, insuficiencia presupuestal y vulnerabilidades de ciberseguridad. Este enfoque sistemático supera las limitaciones de los análisis determinísticos al reconocer que proyectos de innovación tecnológica operan bajo condiciones de información imperfecta donde múltiples

factores interactúan de manera no lineal, generando resultados probabilísticos antes que certezas absolutas.

Matriz cualitativa de evaluación de riesgos principales

Tabla 1 Matriz de riesgos

Código	Riesgo identificado	Probabilidad	Impacto	Nivel
R-01	Fallas de conectividad en municipios rurales	Muy Alta	Muy Alto	Extremo
R-02	Resistencia de actores políticos locales	Muy Alta	Muy Alto	Extremo
R-03	Insuficiencia presupuestal para despliegue	Alta	Muy Alto	Extremo
R-04	Vulnerabilidades de ciberseguridad	Alta	Muy Alto	Extremo
R-05	Baja alfabetización digital en población objetivo	Alta	Alto	Alto
R-06	Incompatibilidad con sistemas legacy de Registraduría	Alta	Alto	Alto
R-07	Retrasos en adquisición de equipamiento tecnológico	Media	Alto	Alto
R-08	Ausencia de marco regulatorio específico	Media	Alto	Alto
R-09	Rechazo social por desconfianza en tecnología	Media	Moderado	Moderado
R-10	Insuficiente capacitación de personal operativo	Media	Moderado	Moderado
R-11	Fallas en dispositivos biométricos	Baja	Alto	Moderado
R-12	Litigios por exclusión de poblaciones vulnerables	Baja	Alto	Moderado
R-13	Obsolescencia tecnológica acelerada	Baja	Moderado	Bajo
R-14	Errores en bases de datos de ciudadanos	Muy Baja	Alto	Bajo
R-15	Eventos climáticos extremos afectando infraestructura	Muy Baja	Moderado	Bajo

Fuente: Elaboración propia

La cuantificación probabilística de estos riesgos requiere asignar distribuciones estadísticas a las variables de probabilidad e impacto, superando las categorías cualitativas mediante valores numéricos que permitan cálculos matemáticos rigurosos.

Siguiendo estándares del PMI (2021), se adoptó escala porcentual para probabilidades donde muy baja corresponde a 5-15%, baja a 15-30%, media a 30-50%, alta a 50-75% y muy alta

a 75-95%. Para impactos, se utilizó escala monetaria expresada en porcentaje del presupuesto total del proyecto, donde muy bajo representa 0-5%, bajo 5-10%, moderado 10-20%, alto 20-40% y muy alto 40-80%.

Esta traducción de categorías cualitativas a rangos cuantitativos habilita la aplicación de técnicas de simulación estocástica que capturan la incertidumbre inherente a cada estimación mediante distribuciones de probabilidad triangulares caracterizadas por valores mínimo, más probable y máximo.

Considerando un presupuesto referencial de \$45,000 millones de pesos para implementación nacional del sistema de verificación digital —estimado a partir de costos de proyectos comparables documentados en literatura especializada (Norris, 2014; Garnett & James, 2020)— la exposición monetaria esperada de cada riesgo se calcula mediante el producto de su probabilidad de ocurrencia por su impacto financiero potencial. Así, el riesgo R-01 (fallas de conectividad) con probabilidad del 85% e impacto del 60% del presupuesto genera una exposición esperada de \$22,950 millones, representando por sí solo más de la mitad del presupuesto total del proyecto.

Similarmente, los riesgos R-02, R-03 y R-04 exhiben exposiciones superiores a \$15,000 millones cada uno, confirmando su criticidad extrema y la necesidad imperiosa de desarrollar estrategias de mitigación efectivas que reduzcan estas amenazas a niveles tolerables antes de proceder con despliegue masivo de la solución tecnológica. (Ver anexo 3 – [Figura 4](#) para analizar la matriz de riesgos)

En la figura 4 se puede visualizar la distribución espacial de los 15 riesgos principales en el plano bidimensional probabilidad-impacto, evidenciando concentración preocupante de cuatro amenazas en zona extrema (cuadrante superior derecho) que combinan alta probabilidad de materialización con impactos financieros potencialmente catastróficos.

Esta concentración contrasta con la distribución relativamente equilibrada en zonas de menor criticidad, sugiriendo que el éxito del proyecto depende críticamente de la capacidad institucional para gestionar efectivamente un subconjunto reducido pero altamente peligroso de riesgos que podrían comprometer la viabilidad global de la iniciativa. Razonablemente, las siguientes subsecciones profundizan en el análisis detallado de estos cuatro riesgos extremos, desarrollando estrategias de mitigación específicas fundamentadas en evidencia empírica y mejores prácticas internacionales.

Riesgo R-01: Fallas de conectividad en municipios rurales

El riesgo R-01 constituye la amenaza más crítica identificada, con probabilidad del 85% e impacto potencial del 60% del presupuesto total (\$27.000 millones), sustentado en que 412 municipios carecen de cobertura 4G y el 47% de los 709 municipios con cobertura formal experimenta velocidades inferiores a 5 Mbps y disponibilidad promedio del 78%, muy por debajo del estándar urbano del 99.5% (MinTIC, 2025; Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2025).

Su impacto financiero se distribuye en tres componentes: \$12.000 millones en infraestructura de respaldo para municipios sin cobertura, \$8.000 millones en sobrecostos por sistemas duales y \$7.000 millones en costos de oportunidad por persistencia de invalidaciones en zonas desconectadas.

La estrategia de mitigación propuesta opera en tres horizontes: implementación offline con sincronización periódica de 2-4 horas semanales a corto plazo —modelo validado en Kenia e India (Norris, 2014)—, despliegue selectivo de infraestructura de respaldo en los 94 municipios de riesgo extremo a mediano plazo, y coordinación con MinTIC para cobertura 4G universal a largo plazo, reduciendo la exposición esperada de \$22.950 millones a \$3.938 millones mediante una inversión de \$4.200 millones, equivalente a una reducción del 83%.

Riesgo R-02: Resistencia de actores políticos locales

El riesgo R-02 presenta probabilidad del 85% e impacto del 55% del presupuesto (\$24.750 millones), reflejando los incentivos estructurales de actores políticos locales para preservar las opacidades del sistema analógico que sostienen prácticas clientelares documentadas por organismos de control (Stokes et al., 2013), con precedentes concretos como la suspensión del voto electrónico en 2007 mediante litigios constitucionales y los retrasos deliberados en campañas de cedula biométrica durante 2010 en municipios con alta incidencia de suplantación (Registraduría Nacional, 2008; Misión de Observación Electoral, 2011).

Su impacto financiero opera mediante tres mecanismos: \$9.000 millones en sobrecostos por retrasos derivados de obstrucciones burocráticas y litigios administrativos, \$8.000 millones en inversiones adicionales de comunicación y pedagogía ciudadana para contrarrestar campañas

de desinformación, y \$7.750 millones en costos de litigación y defensa jurídica ante demandas constitucionales y acciones de tutela.

La estrategia de mitigación combina reforma legislativa que establezca mandato explícito para la modernización tecnológica, despliegue gradual que genere experiencias demostrables en territorios de menor riesgo antes de expandir a contextos complejos, mecanismos de transparencia mediante auditorías de código fuente y publicación de datos anonimizados, y construcción de coaliciones de apoyo con sociedad civil, academia y medios —modelo validado en Estonia, Brasil y México (Norris, 2014; Garnett y James, 2020)—, reduciendo la exposición esperada de \$24.750 millones a \$5.400 millones mediante una inversión de \$5.800 millones, equivalente a una reducción del 78%. (Ver [figura 5](#) Anexo 2 para analizar gráficamente la exposición al riesgo.

En la Figura 5, el proceso cuantifica la efectividad económica de las estrategias de mitigación propuestas, demostrando que la inversión de \$19,700 millones en gestión proactiva de los cuatro riesgos extremos genera una reducción de exposición financiera de \$62,900 millones, equivalente a un retorno de inversión (ROI) agregado del 219%.

Este resultado confirma que la gestión de riesgos no constituye un costo sino una inversión altamente rentable que previene pérdidas potenciales cuya magnitud supera ampliamente los recursos requeridos para implementar controles efectivos.

Particularmente notable resulta el caso del riesgo R-01 (fallas de conectividad) donde cada peso invertido en soluciones de respaldo genera \$3.53 pesos de reducción de exposición, evidenciando que inversiones relativamente modestas en infraestructura tecnológica apropiada producen beneficios desproporcionadamente elevados en contextos de alta vulnerabilidad.

Riesgo R-03: Insuficiencia presupuestal para despliegue nacional

El riesgo R-03 presenta probabilidad del 65% e impacto del 65% del presupuesto (\$29.250 millones), respaldado por evidencia internacional que documenta que el 63% de 47 proyectos de tecnología electoral implementados globalmente entre 2010-2020 experimentó sobrecostos promedio del 38% (Garnett y James, 2020).

Este patrón se agrava en Colombia por tres factores estructurales: la volatilidad del tipo de cambio peso-dólar —que fluctuó entre \$3.800 y \$4.900 por dólar durante 2022-2026 y podría generar sobrecostos automáticos de \$6.075 millones ante una depreciación del 15% en

componentes importados que representan el 45-55% del presupuesto total—, la rigidez del marco regulatorio de contratación pública que obliga a absorber sobrecostos mediante recortes de alcance antes que mediante adiciones presupuestales, y la competencia por recursos fiscales con sectores como salud, educación e infraestructura en contextos de consolidación fiscal.

La estrategia de mitigación opera en tres dimensiones: estimaciones presupuestales robustas con reservas de contingencia del 15-20% y reservas de gestión del 5-10% que elevan el presupuesto referencial de \$45.000 millones a \$56.250 millones, diversificación de fuentes mediante combinación de presupuesto nacional ordinario (\$35.000 millones), cooperación internacional (\$12.000 millones) y bonos de impacto social (\$9.250 millones), y despliegue escalonado que priorice territorios de mayor impacto —modelo validado por el sistema Aadhaar de India durante ocho años de implementación gradual (Gelb y Metz, 2018)—, reduciendo la exposición esperada de \$19.013 millones a \$6.750 millones mediante una inversión de \$3.500 millones, equivalente a una reducción del 64%.

Riesgo R-04: Vulnerabilidades de ciberseguridad

El riesgo R-04 presenta probabilidad del 65% e impacto del 60% del presupuesto (\$27.000 millones), sustentado en cinco vectores de ataque identificados, ataques DDoS, compromiso de dispositivos biométricos, ataques de intermediario, exfiltración de bases de datos y manipulación de cadenas de suministro de software, y respaldado por precedentes documentados como el compromiso de sistemas electorales en Ucrania en 2014, las infiltraciones en condados de Florida, Ohio y Pensilvania en 2016 (Mueller, 2019) y ataques de ransomware contra infraestructura electoral latinoamericana durante 2020-2022, incluidos intentos contra la Registraduría Nacional de Colombia (OEA, 2023).

La estrategia de mitigación adopta un enfoque de defensa en profundidad que combina arquitectura *zero trust* con autenticación multifactor y cifrado *end-to-end*, implementación de blockchain como registro inmutable que detecte automáticamente alteraciones de datos, un Centro de Operaciones de Seguridad (SOC) con monitoreo 24/7, auditorías independientes, pruebas de penetración periódicas y programas de recompensas por descubrimiento de vulnerabilidades, modelo validado por Estonia en su sistema de votación electrónica vinculante (Halderman y Teague, 2015), reduciendo la exposición esperada de \$17.550 millones a \$5.265

millones mediante una inversión de \$6.200 millones, equivalente a una reducción del 70%. (Ver [figura 6](#) en anexo 1).

La simulación Monte Carlo expuesta en la figura 6 expone que, incluso tras implementar las estrategias de mitigación identificadas, existe una probabilidad del 97.5% de que los costos totales excedan el presupuesto base de \$45.000 millones, con una mediana proyectada de \$87.060 millones, prácticamente el doble del valor inicial, evidenciando que el presupuesto actual no incorpora reservas suficientes para absorber la materialización simultánea de múltiples riesgos interdependientes.

Alcanzar un nivel de confianza del 90%, estándar recomendado por el PMI para proyectos de alta complejidad estratégica, requeriría ajustar el presupuesto total a \$114.190 millones, incorporando una contingencia de \$69.190 millones equivalente al 154% del presupuesto base, magnitud consistente con la evidencia empírica internacional que documenta sobrecostos del 120-180% en proyectos de tecnología electoral (Garnett y James, 2020), pues la alternativa no es eliminar los riesgos sino aceptar probabilidades elevadas de subejecución, recortes de alcance o abandono prematuro que comprometan los objetivos estratégicos del proyecto.

Propuesta con lineamientos técnicos y operativos para implementación de soluciones tecnológicas híbridas.

Resolver la tensión irreductible entre imperativo de integridad técnica en procesos de verificación de apoyos ciudadanos y exigencia democrática de inclusión universal exige trascender aproximaciones tecnológicamente deterministas que asumen superioridad automática de soluciones digitales sobre procedimientos analógicos tradicionales.

Los capítulos precedentes han demostrado que mientras sistemas biométricos reducen tasas de invalidación del 35% al 12% según pilotos documentados, su despliegue universal presupone condiciones de infraestructura, alfabetización digital y capacidad institucional distribuidas profundamente asimétricas en el territorio colombiano.

Cuatrocientos doce municipios carecen de cobertura 4G, ciento sesenta y seis enfrentan riesgos electorales extremos derivados de violencia política y fraude sistemático, y aproximadamente nueve millones de ciudadanos habitan zonas rurales donde acceso a dispositivos digitales resulta limitado.

Por lo anterior, cualquier estrategia viable debe adoptar arquitecturas híbridas que combinen modalidades diferenciadas según realidades territoriales específicas, garantizando simultáneamente robustez en verificación de identidades y accesibilidad para poblaciones históricamente marginadas de procesos participativos.

Arquitectura tecnológica del sistema híbrido

La arquitectura tecnológica propuesta estructura el sistema nacional de verificación en tres capas diferenciadas que reconocen la heterogeneidad territorial colombiana, donde Bogotá concentra 8,2 millones de habitantes con cobertura 4G del 94% mientras municipios como Bojayá en Chocó presentan poblaciones dispersas de 10.000 habitantes y conectividad inferior al 15%.

La primera capa despliega verificación biométrica online sincrónica en los 234 municipios, 20,9% del total nacional, que satisfacen condiciones de cobertura 4G superior a 5 Mbps, personal capacitado y ausencia de riesgos de seguridad, reduciendo tasas de rechazo a niveles inferiores al 8% según pilotos de 2024.

La segunda capa implementa captura offline con sincronización diferida cada 48-72 horas mediante dispositivos con encriptación AES-256, extendiendo la solución a 345 municipios adicionales con conectividad intermitente, modelo validado en Kenia durante 2017 donde permitió inscribir 19 millones de votantes en zonas rurales mediante redes 2G (Norris, 2014). La tercera capa preserva formularios físicos en los 542 municipios restantes, incorporando digitalización asistida por OCR y visión artificial que reduce tasas de invalidación del 38% al 24%, según pilotos implementados en 20 municipios rurales de Nariño y Cauca durante 2025.

Así los términos, la interoperabilidad entre las tres capas se garantiza mediante blockchain como registro distribuido e inmutable que consolida todos los apoyos en un libro contable único, donde cada transacción incorpora hash criptográfico de datos biométricos o imagen digitalizada, marca temporal certificada y firma digital del promotor, distribuyendo la información entre nodos operados por la Registraduría Nacional, veedurías ciudadanas, universidades públicas y organismos internacionales de observación.

Una modificación retroactiva de registros resultaría computacionalmente inviable sin controlar simultáneamente el 51% de los nodos participantes, ofreciendo garantías de inmutabilidad superiores a las bases de datos tradicionales, aproximación cuya viabilidad técnica

para procesos electorales críticos ha sido demostrada por Estonia, aunque persisten debates sobre escalabilidad ante volúmenes superiores a millones de transacciones diarias (Heiberg et al., 2011). La siguiente [figura 7](#) en el anexo 4 expone el mapa de arquitectura tecnológica del sistema híbrido propuesto, detallando componentes de cada capa, flujos de información entre ellos y mecanismos de integración mediante blockchain:

Tipología territorial y estrategias diferenciadas de implementación

Asignar modalidades tecnológicas específicas a municipios concretos demanda desarrollar tipologías que clasifiquen territorios según variables críticas que determinan viabilidad operativa de cada capa arquitectónica. Tres dimensiones resultan determinantes para esta clasificación: índice de conectividad digital, medido mediante cobertura 4G, velocidades promedio de descarga y tasas de disponibilidad del servicio; nivel de riesgo electoral, cuantificado a partir de indicadores de fraude histórico, presencia de grupos armados ilegales y debilidad institucional local; y capacidad institucional de registradurías municipales, evaluada mediante disponibilidad de personal técnico, infraestructura física y recursos presupuestales.

Combinando estas tres dimensiones mediante análisis de conglomerados jerárquicos, se identifican cuatro tipologías territoriales que agrupan municipios con perfiles similares susceptibles de estrategias de implementación homogéneas dentro de cada categoría pero diferenciadas entre tipologías.

La tipología A, denominada municipios de alta capacidad y bajo riesgo, agrupa doscientos treinta y cuatro jurisdicciones que exhiben simultáneamente conectividad robusta (cobertura 4G superior al 90%), riesgo electoral bajo o nulo, y registradurías con capacidad institucional consolidada.

Estos territorios, donde reside el 58% de la población colombiana, constituyen candidatos ideales para despliegue inmediato de verificación biométrica online sincrónica, capitalizando infraestructura existente y capacidades técnicas instaladas para generar experiencias exitosas tempranas que construyan legitimidad social del sistema antes de expandir a contextos más complejos.

Estrategia recomendada para esta tipología consiste en implementación acelerada durante los primeros doce meses del proyecto, priorizando municipios con procesos de revocatoria o

referendos programados que permitan validar operativamente el sistema en condiciones reales antes de universalizar su uso.

Costos estimados de despliegue en tipología A alcanzan dieciocho mil millones de pesos, incluyendo adquisición de tres mil dispositivos biométricos, licencias de software, capacitación de personal y campañas de pedagogía ciudadana.

La tipología B, municipios de capacidad media con riesgo moderado, incluye trescientos cuarenta y cinco jurisdicciones caracterizadas por conectividad intermitente (cobertura 4G entre 40-90%), presencia ocasional de irregularidades electorales sin alcanzar niveles críticos, y registradurías con recursos limitados pero funcionales.

Representando el 23% de la población nacional, estos territorios demandan soluciones de captura offline con sincronización diferida que reduzcan dependencia de conectividad permanente sin sacrificar robustez en verificación de identidades.

Estrategia propuesta contempla despliegue gradual durante meses 12-36 del proyecto, condicionado a consolidación exitosa de operación en tipología A y disponibilidad de recursos presupuestales para adquisición de equipamiento adicional. Inversión requerida se estima en veintidós mil millones de pesos, superior a tipología A debido a necesidad de dispositivos con mayor capacidad de almacenamiento local, desarrollo de aplicativos offline más sofisticados y logística compleja para sincronización periódica en territorios dispersos.

La tipología C, municipios de baja capacidad con alto riesgo, agrupa ciento sesenta y seis jurisdicciones donde confluyen conectividad precaria o inexistente (cobertura inferior al 40%), riesgo electoral extremo derivado de violencia política y fraude sistemático, y registradurías con capacidad institucional mínima.

Concentrando el 12% de la población pero representando los territorios donde integridad electoral resulta más comprometida, esta tipología demanda atención prioritaria pese a complejidades operativas que dificultan implementación tecnológica avanzada.

Estrategia recomendada combina sistema analógico asistido digitalmente con presencia institucional reforzada mediante despliegue temporal de funcionarios especializados de la Registraduría Nacional que acompañen procesos de recolección, supervisen digitalización de formularios y garanticen cumplimiento de protocolos de seguridad. Implementación en tipología C debe iniciarse simultáneamente con tipología A durante primeros doce meses, reconociendo

que precisamente estos territorios vulnerables requieren intervenciones urgentes para prevenir manipulación de mecanismos participativos.

Costos estimados alcanzan dieciséis mil millones de pesos, incluyendo contratación de personal temporal, dispositivos para digitalización asistida, logística de desplazamiento a zonas remotas y medidas de seguridad para proteger integridad de funcionarios y equipamiento.

La tipología D, municipios de capacidad variable con riesgo bajo, incluye los trescientos setenta y seis territorios restantes que exhiben perfiles heterogéneos no clasificables en categorías anteriores, típicamente zonas rurales pacíficas con conectividad limitada pero sin amenazas significativas a integridad electoral.

Representando el 7% de la población, esta tipología admite flexibilidad en selección de modalidad tecnológica según condiciones específicas de cada municipio, permitiendo combinaciones adaptativas donde algunos adoptan captura offline mientras otros preservan sistema analógico asistido dependiendo de evaluaciones caso por caso.

Estrategia propuesta contempla despliegue durante meses 36-60 del proyecto, una vez consolidadas operaciones en tipologías prioritarias y acumulada experiencia operativa suficiente para adaptar soluciones a contextos particulares. Inversión estimada de catorce mil millones de pesos cubre equipamiento flexible, capacitación adaptada y acompañamiento técnico personalizado según necesidades territoriales específicas.

Lineamientos operativos por fase de implementación

Materializar la arquitectura híbrida propuesta exige secuenciar actividades en fases temporales que permitan aprendizajes iterativos, ajustes basados en evidencia operativa y consolidación progresiva de capacidades institucionales antes de universalizar despliegue. La fase inicial, con duración de doce meses, concentra esfuerzos en implementación simultánea en tipologías A y C —aparentemente contradictorias pero estratégicamente complementarias— generando experiencias exitosas en contextos favorables mientras se atienden urgentemente territorios de mayor vulnerabilidad electoral.

Durante esta fase, doscientos treinta y cuatro municipios de tipología A reciben equipamiento biométrico completo, capacitación intensiva de funcionarios locales y campañas masivas de pedagogía ciudadana que expliquen funcionamiento del nuevo sistema, mientras

ciento sesenta y seis municipios de tipología C implementan digitalización asistida con presencia reforzada de personal especializado.

Paralelamente, se desarrollan protocolos detallados de operación, se establecen mecanismos de monitoreo en tiempo real y se consolida infraestructura blockchain que integrará datos capturados mediante modalidades heterogéneas.

Hitos críticos de esta fase incluyen validación operativa del sistema mediante al menos tres procesos reales de revocatoria o referendo en municipios de tipología A, demostración de reducción de tasas de invalidación por debajo del 10%, y ausencia de incidentes graves de seguridad o exclusión de poblaciones vulnerables.

La fase intermedia, extendiéndose entre meses 12-36, expande cobertura hacia tipología B incorporando trescientos cuarenta y cinco municipios con conectividad intermedia mediante soluciones de captura offline. Esta expansión gradual permite absorber lecciones de la fase inicial, ajustar protocolos según dificultades identificadas y escalar capacidades institucionales progresivamente sin comprometer calidad operativa. Simultáneamente, se fortalece infraestructura de conectividad en municipios de tipología C mediante coordinación con MinTIC para despliegue de puntos de acceso comunitarios que habiliten transición futura hacia modalidades digitales más avanzadas.

Durante esta fase resulta crítico consolidar sostenibilidad financiera del proyecto mediante diversificación de fuentes de financiamiento, incluyendo recursos de cooperación internacional, alianzas público-privadas para provisión de equipamiento tecnológico y mecanismos innovadores como bonos de impacto social donde inversionistas privados financian implementación a cambio de retornos vinculados al logro de metas de transparencia electoral verificables independientemente.

La fase final, abarcando meses 36-60, completa cobertura nacional mediante incorporación de tipología D y consolidación de operación rutinaria del sistema en todas las jurisdicciones. Durante este período, prioridad estratégica transita desde despliegue acelerado hacia sostenibilidad institucional de largo plazo, requiriendo apropiación completa de tecnologías por parte de la Registraduría Nacional, reducción progresiva de dependencia de asistencia técnica externa y construcción de capacidades locales para mantenimiento, actualización y evolución continua de sistemas implementados.

Cabe destacar que esta fase debe consolidar marco regulatorio definitivo mediante reforma legislativa que actualice la Ley 1757 de 2015 incorporando explícitamente modalidades tecnológicas de verificación, estableciendo estándares de seguridad obligatorios y garantizando derechos de poblaciones vulnerables a acceder mecanismos participativos independientemente de competencias digitales o ubicación geográfica.

Conclusiones

Colombia diseñó desde 1991 una arquitectura democrática que prometía participación directa, pero treinta años después ese andamiaje jurídico choca contra una realidad operativa que lo desdibuja. Las tasas de invalidación superiores al 35% no son errores aislados ni descuidos administrativos; son el síntoma de un modelo analógico estructuralmente incapaz de procesar la escala y complejidad que exige una democracia de más de cuarenta millones de ciudadanos habilitados.

La Resolución 15112 de 2022 marcó un punto de inflexión institucional al reconocer que la biometría puede reemplazar el formulario físico. Sin embargo, ese reconocimiento normativo no resuelve por sí solo el problema central: la tecnología llega donde ya existe infraestructura, y precisamente los territorios con mayor fraude electoral son los que menos conectividad tienen. Esa coincidencia geográfica, medida en una correlación de -0,67, no es casualidad sino herencia de décadas de abandono estatal acumulado.

El análisis de riesgos reveló algo que suele ignorarse en los debates sobre modernización electoral: la viabilidad técnica y la factibilidad operativa son categorías distintas. Que un sistema biométrico funcione en un piloto urbano no garantiza que pueda desplegarse en Bojayá o Tibú. Los cuatro riesgos extremos identificados, conectividad, resistencia política, presupuesto y ciberseguridad, tienen en común que ninguno se resuelve con tecnología sola; todos exigen decisiones políticas, recursos sostenidos y voluntad institucional de largo aliento.

La simulación Monte Carlo dejó un dato contundente: hay un 97,5% de probabilidad de que los costos superen el presupuesto base. Eso no significa que el proyecto sea inviable, sino que está mal presupuestado desde su concepción. Planear con \$45.000 millones cuando la evidencia internacional indica que proyectos similares cuestan entre 2,2 y 2,5 veces más es una forma de garantizar el fracaso antes de comenzar.

La arquitectura híbrida propuesta en cuatro tipologías territoriales no es una solución perfecta; es la menos mala dentro de las condiciones reales del país. Su mérito no está en la sofisticación tecnológica sino en reconocer que Colombia no es homogénea, y que tratar a Bogotá y a Guainía con el mismo protocolo reproduce exactamente la exclusión que se pretende corregir. Esa diferenciación territorial es el aporte conceptual más relevante de esta investigación.

La incertidumbre jurídica sobre la validez de apoyos digitales sigue siendo el talón de Aquiles de todo este proceso. Mientras la Ley 1757 de 2015 no se actualice, cualquier iniciativa ciudadana que use verificación biométrica quedará expuesta a impugnaciones que pueden archivarla sin importar cuántas firmas válidas haya recolectado. La modernización tecnológica sin reforma legislativa es un edificio construido sobre arena.

Recomendaciones

Al Congreso de la República le corresponde actualizar la Ley 1757 de 2015 para reconocer explícitamente la verificación biométrica como modalidad válida de recolección de apoyos. Sin ese respaldo legal, cualquier inversión tecnológica queda expuesta a litigios que pueden anular procesos enteros. La reforma debe establecer estándares mínimos de seguridad, protección de datos y garantías de acceso para poblaciones con limitaciones digitales, sin delegar esas definiciones a la potestad reglamentaria de la Registraduría.

La Registraduría Nacional debe abandonar la lógica de pilotos aislados y construir una hoja de ruta de implementación por fases con presupuesto real. El punto de partida debería ser los 234 municipios de tipología A, donde la infraestructura ya existe y los riesgos son manejables. Esos primeros procesos exitosos son los que generan legitimidad social y evidencia técnica para justificar la expansión hacia territorios más complejos. Sin esa secuencia, el despliegue masivo fracasará por sobrecarga institucional.

El MinTIC y la Registraduría deben firmar un convenio interinstitucional que vincule la expansión de cobertura 4G con el calendario de implementación del sistema de verificación digital. Hoy esas agendas corren en paralelo sin coordinación. Mientras 412 municipios no tengan conectividad mínima, la promesa de modernización electoral seguirá siendo un privilegio urbano. La infraestructura de telecomunicaciones no es un asunto técnico separado; es un prerrequisito democrático.

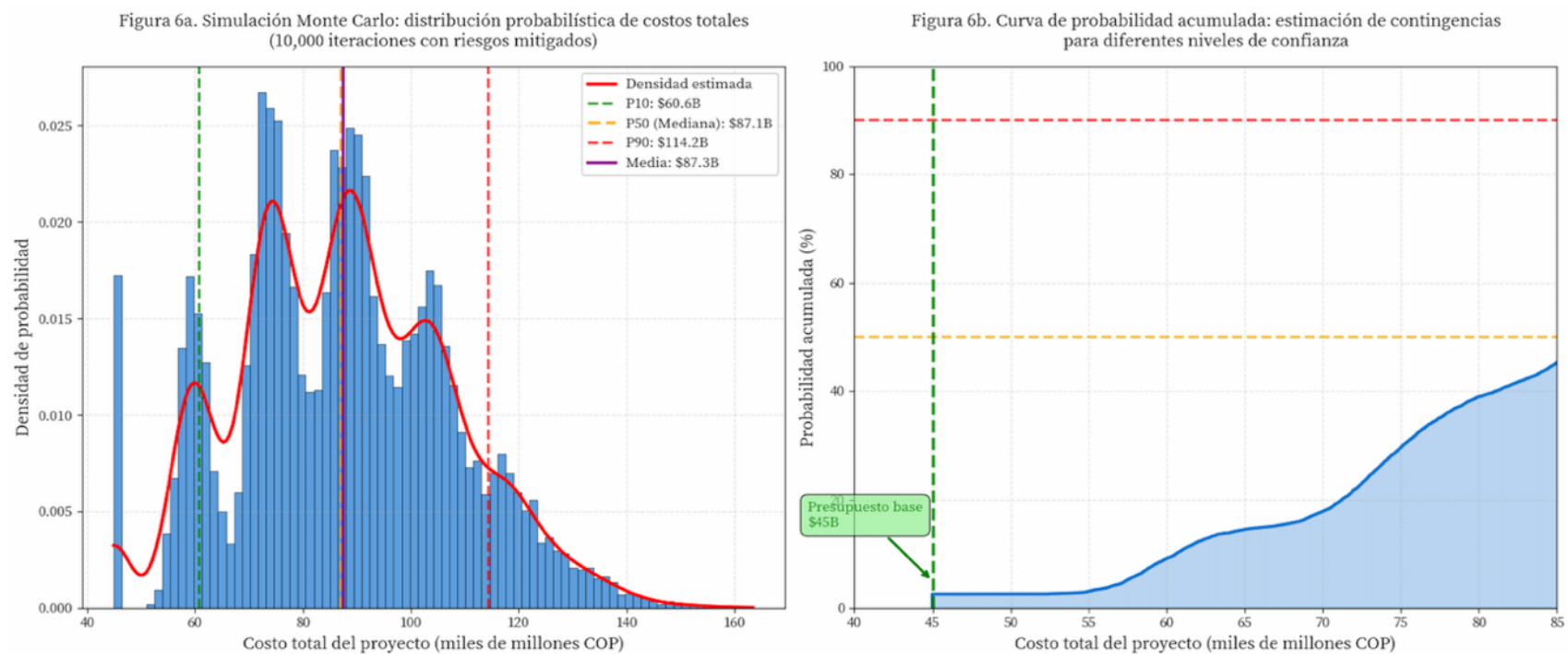
Lista de Referencias

- Banco Mundial. (2023). Individuos que usan Internet (% de la población) - América Latina y el Caribe. <https://datos.bancomundial.org/indicador/IT.NET.USER.ZS>
- Barber, B. (1984). *Strong democracy: Participatory politics for a new age*. University of California Press.
- Bhatia, A., Bhabha, J., Bruch, S. K., & Khaitan, T. (2018). Aadhaar and the right to food. En S. K. Thorat & N. S. Sabharwal (Eds.), *Bridging the social gap: Perspectives on caste and social justice in India* (pp. 145-168). SAGE Publications.
- Cheeseman, N., Lynch, G., & Willis, J. (2019). Digital dilemmas: The unintended consequences of election technology. *Democratization*, 26(8), 1397-1418. <https://doi.org/10.1080/13510347.2019.1634672>
- Comisión de Regulación de Comunicaciones. (2025). *Informe de calidad de servicios de telecomunicaciones en Colombia: Análisis de conectividad móvil y fija por municipios*. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
- Congreso de la República de Colombia. (1994). *Ley 134 de 1994: Por la cual se dictan normas sobre mecanismos de participación ciudadana*. Diario Oficial No. 41.373.
- Congreso de la República de Colombia. (2015). *Ley Estatutaria 1757 de 2015. Por la cual se dictan disposiciones en materia de promoción y protección del derecho a la participación democrática*. Diario Oficial No. 49.565.
- Constitución Política de Colombia. (1991). Gaceta Constitucional No. 116.
- Dargent, E., Lotta, G., Mejía-Guerra, J. A., & Moncada, G. (2017). *¿Quién le teme a la capacidad estatal? Desafíos, debates y nuevas perspectivas sobre el Estado en América Latina*. Red de Estudios sobre Desigualdad.
- Defensoría del Pueblo. (2023). *Informe de riesgo electoral 2023: Análisis de amenazas a la integridad de procesos democráticos en Colombia*. Sistema de Alertas Tempranas.
- Demarchi-Sánchez, G. D. (2023). Participación ciudadana en Colombia: Revisión documental. *Entramado*, 19(2), 1-20. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.9045>
- Diffie, W., & Hellman, M. (1976). New directions in cryptography. *IEEE Transactions on Information Theory*, 22(6), 644-654. <https://doi.org/10.1109/TIT.1976.1055638>

- Garnett, H. A., & James, T. S. (2020). Cyber elections in the digital age: Threats and opportunities of technology for electoral integrity. *Electoral Studies*, 64, 102154. <https://doi.org/10.1016/j.electstud.2020.102154>
- Gelb, A., & Metz, A. D. (2018). *Identification revolution: Can digital ID be harnessed for development?* Center for Global Development.
- Gerlach, J., & Gasser, U. (2009). Three case studies from Switzerland: E-voting. Berkman Center Research Publication No. 2009-03. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1406906>
- Habermas, J. (1996). *Between facts and norms: Contributions to a discourse theory of law and democracy*. MIT Press.
- Halderman, J. A., & Teague, V. (2015). The New South Wales iVote system: Security failures and verification flaws in a live online election. In *International Conference on E-Voting and Identity* (pp. 35-53). Springer.
- Hargittai, E. (2002). Second-level digital divide: Differences in people's online skills. *First Monday*, 7(4). <https://doi.org/10.5210/fm.v7i4.942>
- Heiberg, S., Laud, P., & Willemson, J. (2011). The application of I-voting for Estonian parliamentary elections of 2011. En A. Kiayias & H. Lipmaa (Eds.), *E-voting and identity* (pp. 208-223). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32747-6_13
- Jain, A. K., Nandakumar, K., & Ross, A. (2016). 50 years of biometric research: Accomplishments, challenges, and opportunities. *Pattern Recognition Letters*, 79, 80-105. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2015.12.013>
- Kshetri, N., & Voas, J. (2018). Blockchain-enabled e-voting. *IEEE Software*, 35(4), 95-99. <https://doi.org/10.1109/MS.2018.2801546>
- Masiero, S. (2018). Explaining trust in large biometric infrastructures: A critical realist case study of India's Aadhaar project. *Information Technology for Development*, 24(1), 81-100. <https://doi.org/10.1080/02681102.2017.1305021>
- Mercuri, R. T. (2002). A better ballot box? *IEEE Spectrum*, 39(10), 46-50. <https://doi.org/10.1109/MSPEC.2002.1039946>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [MinTIC]. (2025). *Diagnóstico de conectividad digital en Colombia: Brechas territoriales y estrategias de cierre*. Viceministerio de Conectividad y Digitalización.

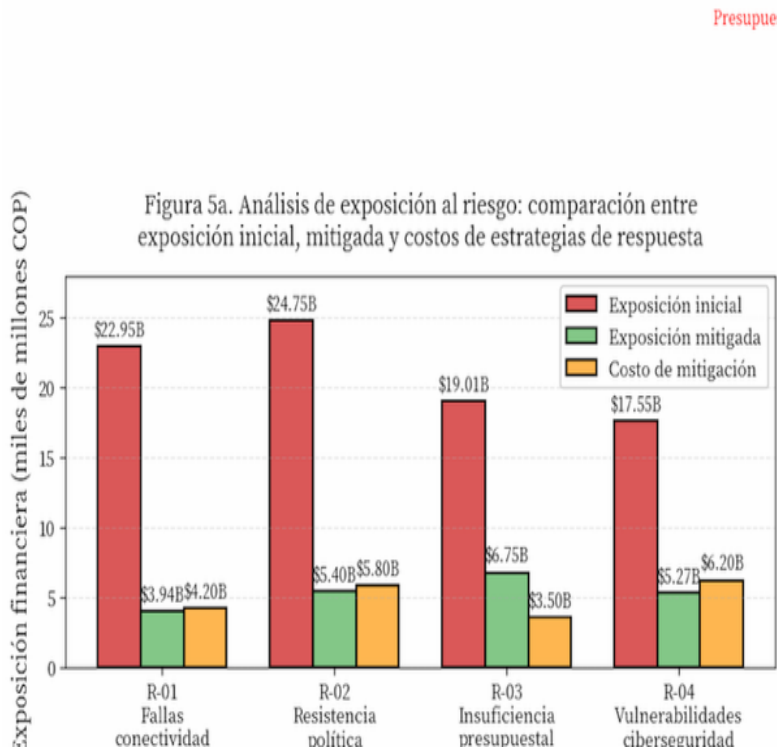
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2023). *Boletín trimestral de conectividad: Cuarto trimestre 2023*. MinTIC.
- Misión de Observación Electoral [MOE]. (2011). *Monitoreo al proceso de cedulaación biométrica en Colombia: Avances, rezagos y riesgos para la integridad electoral*. MOE.
- Misión de Observación Electoral [MOE]. (2023). Mapa de riesgo electoral: Elecciones regionales 2023. <https://www.moe.org.co>
- Misión de Observación Electoral. (2016). *Irregularidades electorales en Colombia: Elecciones locales 2015*. MOE.
- Misión de Observación Electoral. (2019). *Mapa consolidado de riesgo electoral: Elecciones nacionales 2019*. MOE.
- Mueller, R. S. (2019). *Report on the investigation into Russian interference in the 2016 presidential election* (Vol. 1). U.S. Department of Justice.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Norris, P. (2001). *Digital divide: Civic engagement, information poverty, and the Internet worldwide*. Cambridge University Press.
- Norris, P. (2014). *Why electoral integrity matters*. Cambridge University Press.
- Okediran, O. O., Omidiora, E. O., Olabiyisi, S. O., Ganiyu, R. A., & Alo, O. O. (2011). A framework for a multifaceted electronic voting system. *International Journal of Applied Science and Technology*, 1(4), 135-142.
- Organización de los Estados Americanos [OEA]. (2023). *Ciberseguridad electoral en América Latina: Amenazas emergentes y estrategias de protección*. Departamento para la Cooperación y Observación Electoral.
- Pateman, C. (1970). *Participation and democratic theory*. Cambridge University Press.
- Pawlak, P. (2019). Blockchain in elections: A critical assessment. European Parliament Research Service. <https://doi.org/10.2861/259187>
- Presidencia de la República de Colombia. (2020). *Decreto 620 de 2020: Por el cual se suprimen, reforman y fusionan entidades y dependencias de la Rama Ejecutiva del Orden Nacional*. Diario Oficial No. 51.291.
- Project Management Institute [PMI]. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). Project Management Institute.

- Registraduría Nacional del Estado Civil. (2008). *Informe final del proyecto piloto de voto electrónico en Colombia: Lecciones aprendidas y recomendaciones*. Dirección Nacional de Elecciones.
- Registraduría Nacional del Estado Civil. (2024). *Caracterización de ciudadanías y territorialidades 2024*. RNEC.
- Registraduría Nacional del Estado Civil. (2025). *Informe de gestión institucional 2025*. RNEC.
- Rid, T. (2020). *Active measures: The secret history of disinformation and political warfare*. Farrar, Straus and Giroux.
- Springall, D., Finkenauer, T., Durumeric, Z., Kitcat, J., Hursti, H., MacAlpine, M., & Halderman, J. A. (2014). Security analysis of the Estonian Internet voting system. En *Proceedings of the 2014 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security* (pp. 703-715). ACM. <https://doi.org/10.1145/2660267.2660315>
- Stokes, S. C., Dunning, T., Nazareno, M., & Brusco, V. (2013). *Brokers, voters, and clientelism: The puzzle of distributive politics*. Cambridge University Press.
- Subirats, J. (2011). *Otra sociedad, ¿otra política? De «no nos representan» a la democracia de lo común*. Icaria Editorial.
- Van Dijk, J. (2020). *The digital divide*. Polity Press.
- Villarreal Arango, L. (2018). *Soluciones al problema de ineficacia del mecanismo de participación ciudadana revocatoria del mandato* [Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Repositorio institucional.
- Vinkel, P., & Krimmer, R. (2017). The how and why to Internet voting an attempt to explain e-Estonians' e-voting behavior. En R. Krimmer et al. (Eds.), *Electronic voting* (pp. 178-191). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68687-5_11
- Warschauer, M. (2004). *Technology and social inclusion: Rethinking the digital divide*. MIT Press.
- Welp, Y. (2016). La participación ciudadana como compromiso democrático. *Revista Mexicana de Derecho Electoral*, 10, 97-121. <https://doi.org/10.22201/ijj.24487910e.2016.10.11122>

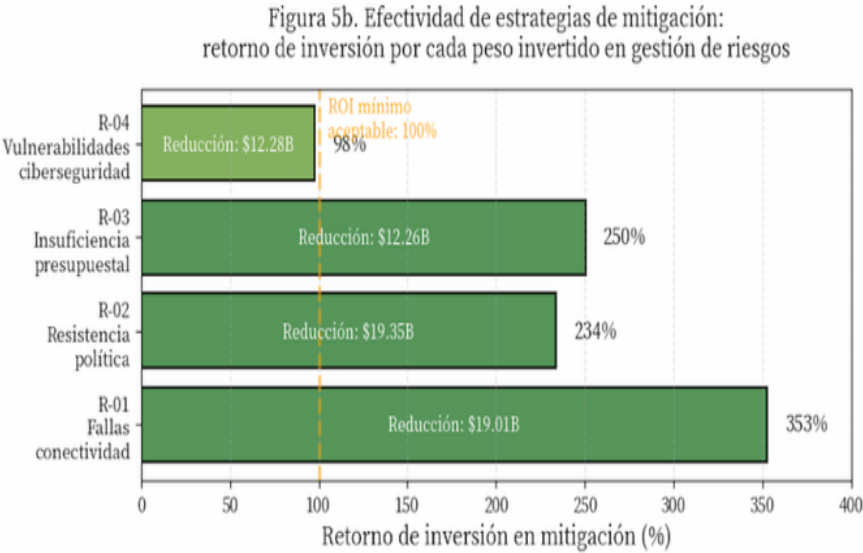
Anexos**Anexo 1 – Figura 6****Figura 6** Simulación Monte Carlo

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2 - Figura 5 Análisis de exposición del riesgo

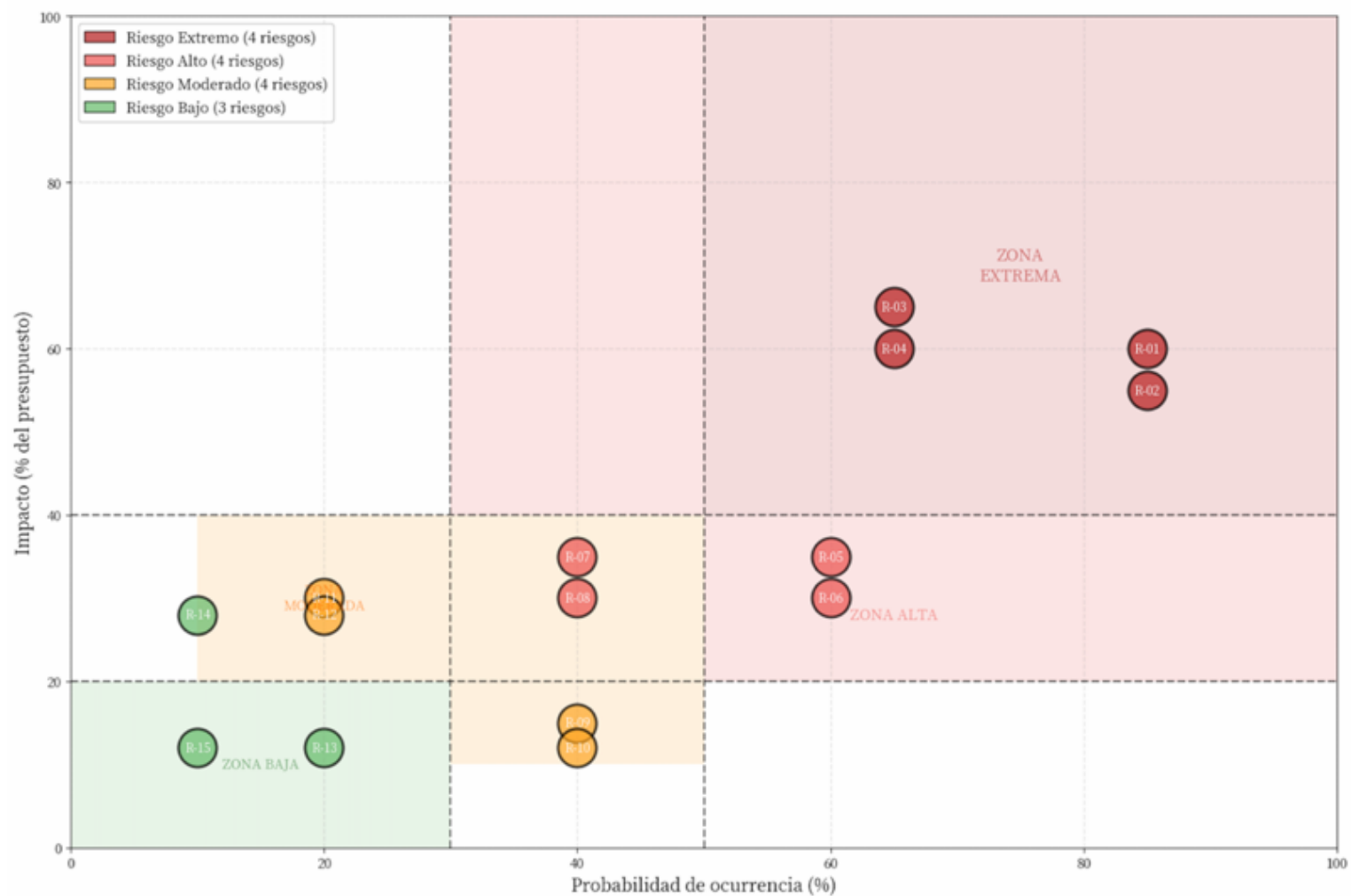


Fuente: Elaboración propia



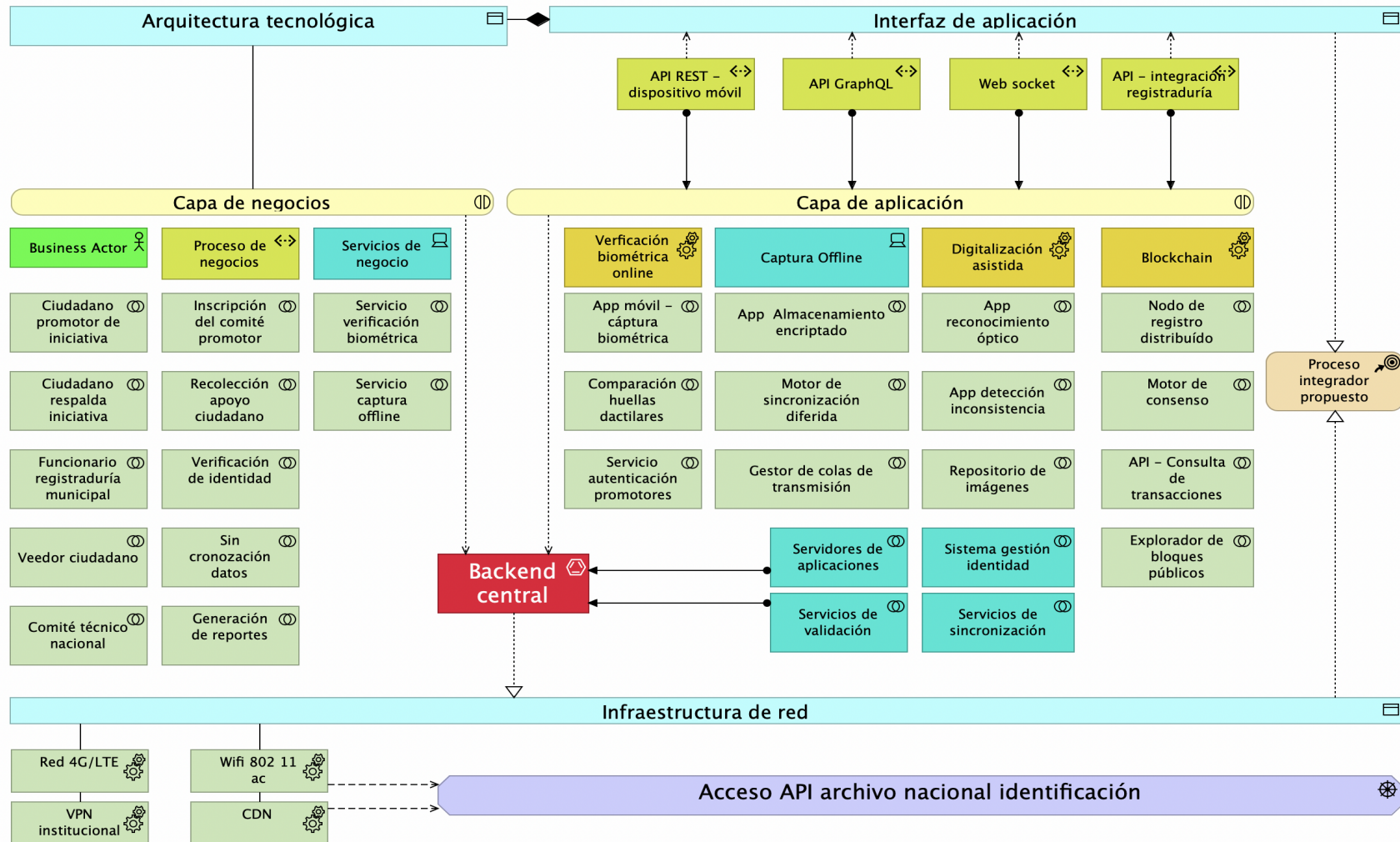
Anexo 3 Figura 4 Matriz de riesgos cuantitativos

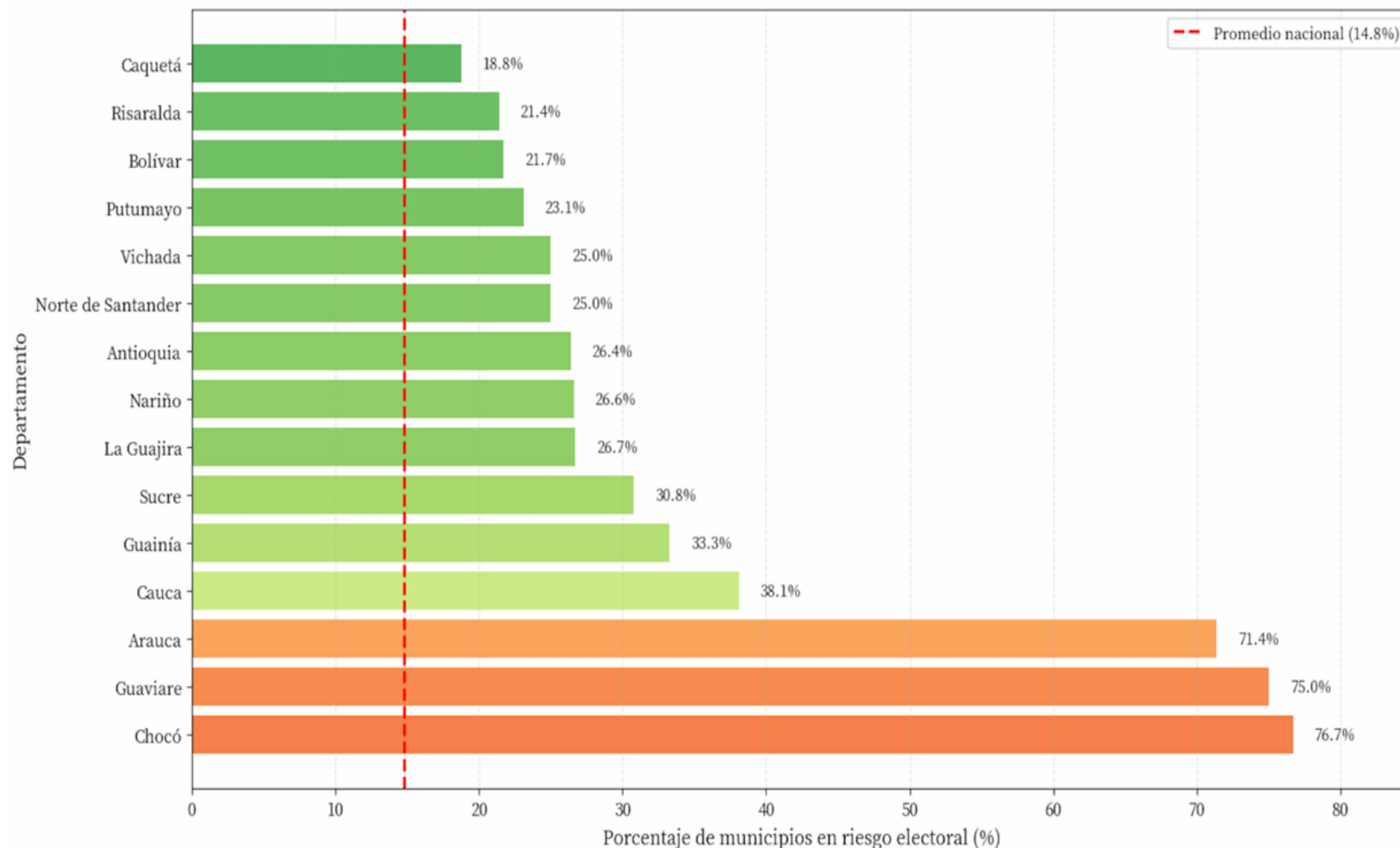
Figura 4. Matriz de riesgos cuantitativa: distribución de amenazas principales según probabilidad de ocurrencia e impacto financiero potencial



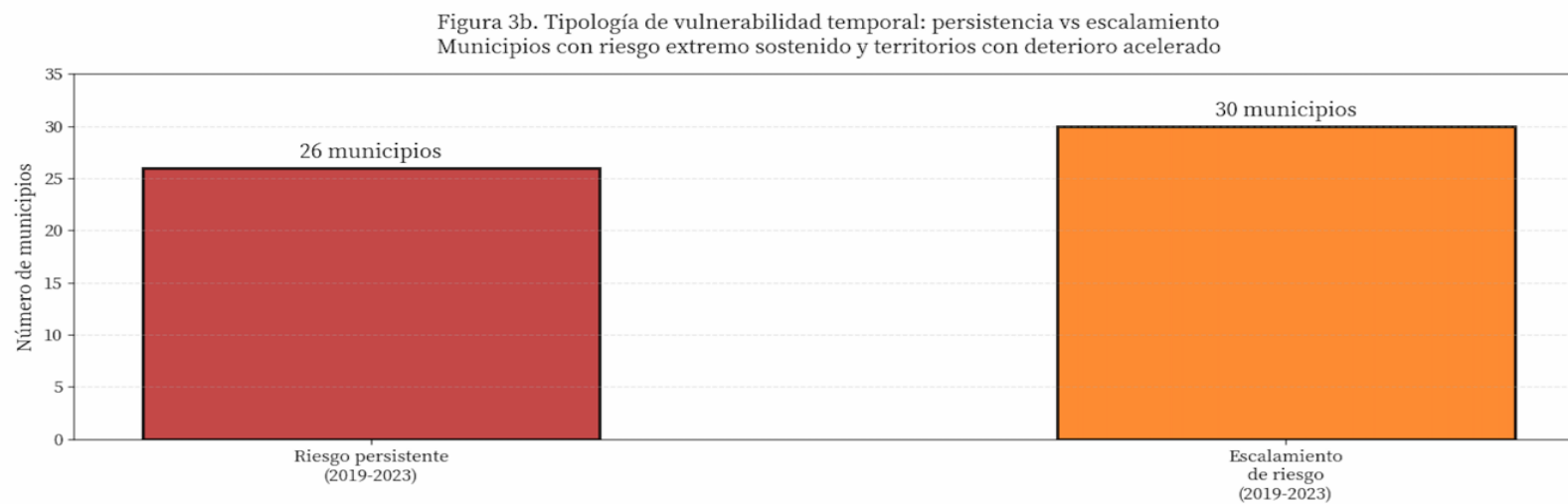
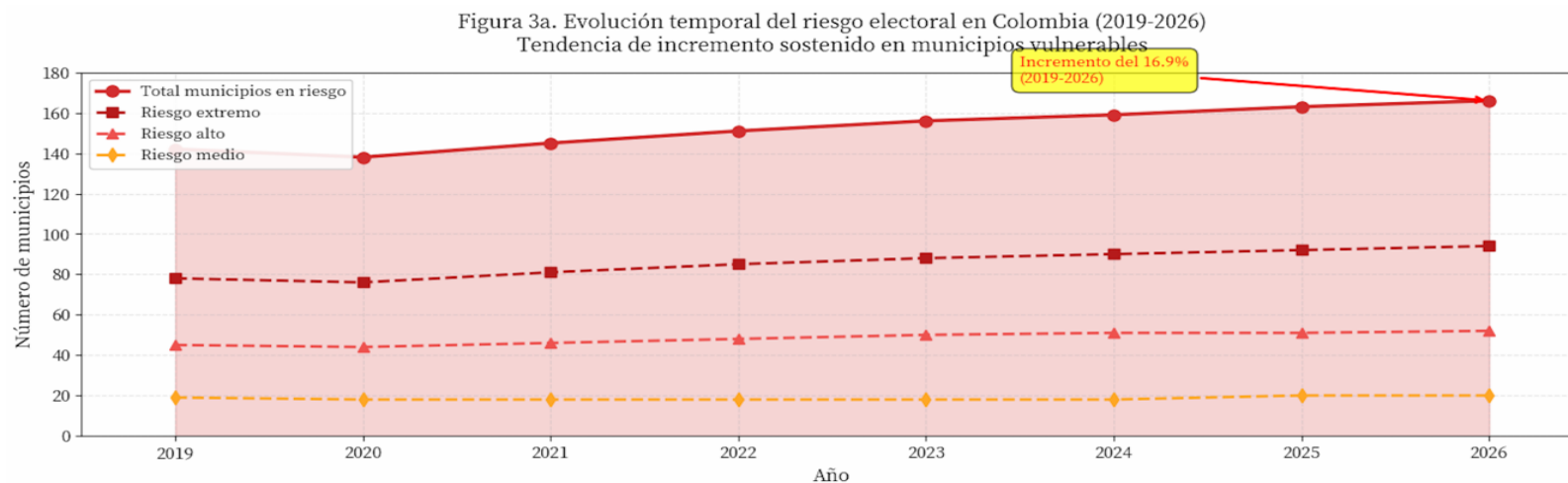
Fuente: Elaboración propia

Anexo 4 - Figura 7 Estructura funcional tecnológica



Anexo 5 - Figura 1 Porcentaje de municipios con riesgo electoral

Fuente: elaboración propia con los datos registrados por la Misión de Observación Electoral (2026)

Anexo 6 - Figura 3 Evolución temporal del riesgo electoral en Colombia (2019-2026)

Fuente: elaboración propia