

• JUAN CAMILO ZULUAGA •

MODERNIZACIÓN DEL CONTROL FISCAL EN COLOMBIA

TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LA ERA DIGITAL

**Modernización del control
fiscal en Colombia:
Tecnología e innovación en
la era digital**

Juan Camilo Zuluaga

**Modernización del control
fiscal en Colombia:
Tecnología e innovación en
la era digital**

Juan Camilo Zuluaga, 2025

Bogotá

Agosto 2025

ISBN: 978-628-97112-0-2

Diseño: Luis Pabón Durán

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual.

A quienes imaginan un Estado distinto, y hacen de la innovación una herramienta para acercarlo a su propósito.

A mi familia, por su apoyo incondicional.

A mi equipo de trabajo, por creer en las ideas y convertirlas en realidad.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1: Contexto y desafíos del control fiscal en la era digital	14
1.1. Introducción al control fiscal en Colombia	15
1.2. La Cuarta Revolución Industrial y su impacto en las entidades públicas	20
1.3. Importancia estratégica de la Dirección de Información, Análisis y Reacción inmediata en la modernización del control fiscal	25
Capítulo 2: Avances en investigación y desarrollo para el control fiscal	32
2.1. Resumen de objetivos y alcance: Forjando el futuro del control fiscal	33
2.2. Resultados clave: La vanguardia de la innovación en el control fiscal	35
2.2.1. Estudios prospectivos y vigilancia tecnológica. Escaneando el horizonte de la innovación	36
2.2.2. Observatorio estratégico de estudios de futuro. Una brújula para la DIARI.....	43
2.2.3. Estrategias de internacionalización y <i>benchmarking</i> . Aprendiendo de los líderes globales	44
2.2.3.1. Brasil. Un vistazo a la innovación sudamericana	45

2.2.3.2. Portugal. Innovación europea en la detección del fraude	46
2.2.4. Diseño e implementación de herramientas tecnológicas avanzadas: Proyectos para el futuro	48
2.3. Publicaciones científicas y transferencia de conocimiento: Sembrando el futuro	51
Capítulo 3: Modernización tecnológica y analítica de datos	55
3.1. Contexto y objetivos estratégicos: La imperativa de la transformación digital	56
3.2. Resultados destacados: La arquitectura de la fiscalización inteligente	60
3.2.1. Arquitecturas tecnológicas para la gestión de grandes volúmenes de datos: Cimientos de la fiscalización digital	60
3.2.2. Implementación de herramientas de inteligencia artificial, minería de datos y visualización avanzada: Desbloqueando el valor de la información	64
3.2.3. Automatización de procesos y soluciones de interoperabilidad: Optimizando el flujo de información	68
3.3. Implicaciones en la eficiencia del control fiscal: Un nuevo paradigma de gobernanza	72
Capítulo 4: Desarrollo de soluciones integrales y programas de apropiación	76
4.1. Introducción al enfoque integral: Tejiendo la red del control fiscal moderno	77
4.2. Logros principales: Cimientos de una gestión fiscal transparente	78
4.2.1. Fortalecimiento de la interoperabilidad en la CGR: Conectando el ecosistema de datos	78

4.2.1.1. Caracterización de fuentes críticas y prototipos tecnológicos (p. ej., tableros en Power BI)	82
4.2.1.2. Implementación de una plataforma de fuente única de datos y API integrada	86
4.2.2. Programas de apropiación social del conocimiento e iniciativas como “DIARI en el Territorio”	87
4.2.3. Uso y apropiación de tecnologías 4.0 en el sector público. La Escuela DIARI y su impacto	89
4.2.3.1. Desarrollo de programas de formación, cursos, webinars (“Escuela DIARI”)	90
4.2.3.2. Evaluación e impacto del programa en servidores públicos y grupos de valor	92

Capítulo 5: Conclusiones, lecciones aprendidas y

perspectivas futuras	97
5.1. Impacto de los proyectos de I+D+i en la modernización del control fiscal	98
5.2. Principales lecciones aprendidas y retos identificados	101
5.2.1. Lecciones aprendidas	101
5.2.2. Retos identificados	103
5.3. Recomendaciones para la sostenibilidad de las iniciativas tecnológicas	107
5.4. Perspectivas hacia un control fiscal innovador y alineado con la digitalización global	110

Capítulo 1

Contexto y desafíos del control fiscal en la era digital

El control fiscal en Colombia ha experimentado una profunda transformación a lo largo de su historia, adaptándose a las crecientes demandas de transparencia, eficiencia y rendición de cuentas por parte de la ciudadanía. En la era digital, marcada por la irrupción de la Cuarta Revolución Industrial y la emergencia de la Sociedad 5.0, las entidades públicas se enfrentan a desafíos sin precedentes, pero también a oportunidades inmensas para modernizar sus operaciones y fortalecer su impacto en la sociedad. En este contexto, la Dirección de Información, Análisis y Reacción Inmediata (DIARI) de la Contraloría General de la República (CGR) de Colombia ha sido un actor estratégico, impulsando la innovación tecnológica para salvaguardar los recursos públicos y optimizar la gestión fiscal.

Figura 2. Hitos en la evolución del control fiscal en Colombia.



La reforma constitucional de 1945 marcó un punto de inflexión al transformar la Contraloría General de un departamento técnico de auditorías contables en un órgano de supervisión de los recursos públicos. Posteriormente, en 1968, durante la presidencia de Carlos Lleras Restrepo, una reforma constitucional amplió las funciones de la Contraloría General, estableciendo principios para supervisar la gestión fiscal y administrativa, incluyendo las entidades descentralizadas, y añadiendo la función de registro de la deuda pública del Estado (Zuluaga et al., 2024).

En 1976, bajo el gobierno de Alfonso López Michelsen, se promulgaron reformas basadas en la Ley 20 de 1975 (Congreso

de la República de Colombia, 1975), que institucionalizaron el control previo y perceptual como etapas fundamentales en la vigilancia de los recursos públicos, con un enfoque en análisis financieros y legales (Zuluaga et al., 2024). Sin embargo, la Constitución Política de 1991 (Asamblea Nacional Constituyente, 1991) trajo consigo un cambio de paradigma significativo. Varios proyectos identificaron que el control previo y perceptual limitaba la interferencia del organismo de control en las decisiones de los sujetos auditados, y se determinó que un control efectivo se lograría a través de un control posterior y selectivo. La Ley 42 de 1993 (Congreso de la República de Colombia, 1993) desarrolló este nuevo modelo de control (Zuluaga et al., 2024).

Un avance crucial en la modernización del control fiscal fue la Ley 134 de 1994 (Congreso de la República de Colombia, 1994), que estableció normativas sobre mecanismos de participación ciudadana, permitiendo a los ciudadanos participar por primera vez en ejercicios de control fiscal. Esta ley, junto con la Ley 489 de 1998, sentó las bases para el control social ciudadano, empoderando a la sociedad para vigilar el gasto público (Zuluaga et al., 2024).

Más recientemente, la necesidad de un control más proactivo y concurrente sobre proyectos de gran envergadura que involucran recursos públicos llevó a una modificación de los artículos 267 y 268 de la Constitución. El Congreso aprobó el Acto Legislativo 04 de 2019 (Congreso de la República, 2019), que incorporó medidas de control preventivo y concomitante, reafirmando que dicho ejercicio no se consideraría coadministración. Este nuevo modelo, aunque controvertido, fue declarado constitucional por la Sentencia C-140 de la Corte Constitucional, que consideró que

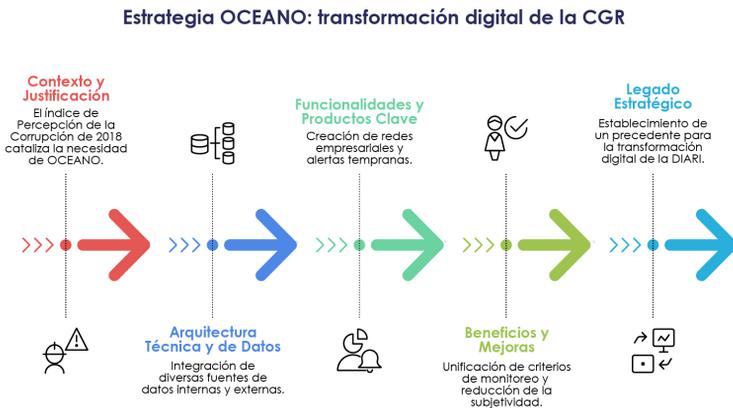
no sustituía la Constitución política ni afectaba el principio de separación de poderes (Zuluaga et al., 2024).

La modernización del control fiscal en Colombia no ha sido solo una cuestión de cambios normativos, sino también de adaptación a las realidades económicas y sociales del país. El plan estratégico de la Contraloría General de la República de 2011 (Contraloría General de la República, 2011) propuso un nuevo modelo integral de control fiscal que incorporaba una mayor coordinación intersectorial y un examen exhaustivo de las políticas públicas y proyectos de inversión. Se buscaba promover la participación ciudadana mediante un sistema integral de atención al ciudadano y la participación de organizaciones en ejercicios de control fiscal participativo (Zuluaga et al., 2024).

Un ejemplo destacado de esta evolución fue la respuesta de la CGR a la emergencia climática de La Niña 2010-2011. Ante la magnitud de los recursos comprometidos para la atención, rehabilitación y reconstrucción, la CGR activó una estrategia especial de seguimiento a través de la Resolución 6275 de 2011 (Contraloría General de la República, 2011). Esta estrategia, coordinada con la Contraloría Delegada para la Participación Ciudadana, permitió un seguimiento en tiempo real de los recursos, y logró resultados exitosos en términos de oportunidad y efectividad. Por ejemplo, de 4.328 obras civiles por un valor de \$1.636 billones, solo 165 obras permanecieron clasificadas como críticas, por un monto de \$66.969 millones (Zuluaga et al., 2024). Además, las acciones de la CGR evitaron una posible pérdida de activos estimada en \$153.886 millones, y se iniciaron 103 procesos de responsabilidad fiscal (Zuluaga et al., 2024).

Frente a las continuas bajas calificaciones de los organismos internacionales respecto a la corrupción, con Colombia ocupando una posición desfavorable en el Índice de Percepción de la Corrupción de 2018 (Transparency International, 2018), la CGR inició el uso de la tecnología a través de la estrategia OCEANO. Esta iniciativa fue definida como un instrumento moderno de tecnología y análisis para identificar personas inhabilitadas para contratar con el Estado debido a sus antecedentes y experiencia. OCEANO, tomando una base de datos integrada de fuentes internas y externas (como Sireci, Boletín de Responsables Fiscales, Secop, Sia Observa, SivicoF, Sic, Procuraduría, Dian y Registraduría), permitió la creación de “redes empresariales” para identificar estructuras complejas en contratos y generar “alertas tempranas” sobre posibles pérdidas financieras (Zuluaga et al., 2024).

Figura 3. Estrategia OCEANO: Transformación digital de la CGR.



Los beneficios de OCEANO incluyeron la unificación de criterios de monitoreo, la reducción de la subjetividad en auditorías, la consolidación de información contractual, la identificación de consorcios y alianzas temporales, la creación de informes interactivos, la revisión y corrección de datos, y la identificación de posibles colusiones. Esta estrategia fue la primera y única en utilizar *big data* en Colombia en ese momento, respaldada por la política del documento Conpes 3920 de 2018, “Política nacional para la explotación de datos” (Departamento Nacional de Planeación, 2018). OCEANO marcó la entrada de la CGR a la era digital, sentando un precedente fundamental para la adopción de medidas tecnológicas en la lucha contra la corrupción y la protección de los recursos colombianos (Zuluaga et al., 2024).

1.2. La Cuarta Revolución Industrial y su impacto en las entidades públicas

La Cuarta Revolución Industrial (4IR), o Industria 4.0, se caracteriza por la fusión de tecnologías que difuminan las líneas entre las esferas física, digital y biológica. A diferencia de sus predecesoras, que se centraron en la mecanización, la producción en masa y la digitalización, la 4IR introduce avances como la *inteligencia artificial (IA)*, el *Machine Learning (ML)*, el *big data*, la computación en la nube, el Internet de las Cosas (IoT), la robótica, la impresión 3D y el *blockchain*. Estas tecnologías no solo prometen aumentar la eficiencia y la flexibilidad en la producción (Xu et al., 2021), sino que también están transformando radicalmente la forma en que vivimos, trabajamos y nos conectamos (Murinde et al., 2022).

En el sector público, la 4IR ha generado un escenario de “Gobierno Inteligente” o “Sociedad 5.0”, un concepto que va

más allá de la mera digitalización para enfocarse en soluciones centradas en el ser humano, la resiliencia y la sostenibilidad social (Piccarozzi et al., 2024). Los ciudadanos, cada vez más conectados y empoderados, exigen una mayor transparencia, eficiencia y capacidad de respuesta de las organizaciones públicas (Lynn et al., 2022). Para satisfacer estas demandas, los gobiernos necesitan ofrecer servicios públicos digitales innovadores, lo que requiere el desarrollo de capacidades técnicas, organizacionales y políticas dentro de las administraciones gubernamentales (Bertot et al., 2016).

La implementación de la IA y otras tecnologías de vanguardia en el sector público, especialmente en países en desarrollo como Colombia, implica superar una serie de desafíos significativos. Estos incluyen la escasez de recursos calificados capaces de desarrollar aplicaciones confiables, la ausencia o insuficiencia regulatoria, la falta de confianza ciudadana y las escasas inversiones en transformación digital (TD) (Taoufik y Azmani, 2022; Zuluaga et al., 2024). Con todo, las tecnologías digitales están redefiniendo la prestación de servicios públicos al impactar las interacciones entre gobiernos, proveedores de tecnología y ciudadanos (Gong y Yang, 2024).

La transformación digital corporativa, por ejemplo, ha demostrado reducir significativamente la evasión fiscal en diversos países (Chen et al., 2024). Para aprovechar plenamente su potencial, es crucial que las organizaciones desarrollen estrategias de implementación que incluyan la modernización de los datos organizacionales existentes, la gobernanza y la infraestructura analítica. También es fundamental abordar la brecha de

habilidades en IA y ciencia de datos, desarrollar asociaciones colaborativas estratégicas y utilizar las mejores prácticas en IA (Fisher y Rosella, 2022). El objetivo final de estos esfuerzos de TD es satisfacer las necesidades de los usuarios y transformar la vida de los interesados (Cordery et al., 2023; Mergel et al., 2019).

El intercambio de datos e información se ha convertido en una necesidad imperante en la era tecnológica actual (Kumar et al., 2022). La automatización ha evolucionado rápidamente, y hoy tiene el potencial de ser mucho más que una simple herramienta de control de procesos (Barateiro et al., 2020). El uso de herramientas y controles tecnológicos, como la facturación electrónica y la automatización de procesos organizacionales (Gaviria et al., 2022), impacta positivamente a los gobiernos al mejorar los ingresos fiscales y no fiscales (Li y Li, 2024). Esto ha llevado a la adopción de tecnologías digitales de próxima generación, como el 5G y el *big data*, convirtiéndose en una tendencia principal en el crecimiento global (Lv y Wu, 2024).

La inteligencia artificial, definida como la traducción de los procesos de pensamiento humano en lenguaje informático para desarrollar *software* (Estrada et al., 2023), ofrece numerosos beneficios en la administración pública. Por ejemplo, la Agencia Noruega de Gestión Financiera utiliza la IA para ayudar a los clientes a registrar correctamente las facturas, ahorrando tiempo y recursos (Van Noordt y Misuraca, 2022). Esto demuestra que la IA puede mejorar la formulación de políticas y la prestación de servicios públicos, y fortalecer la gestión interna (Maragno et al., 2023). Algunas estimaciones sugieren que el 80% de los especialistas confían en que las plataformas basadas en IA

pueden reducir el fraude (Sood et al., 2023). Casos como el de la policía checa, que utiliza el procesamiento de datos para predecir situaciones peligrosas (Dubravova et al., 2024), o Indonesia, que aplica IA en auditorías tributarias (Saragih et al., 2022), ilustran el potencial de estas tecnologías. Las técnicas de aprendizaje automático han demostrado ser muy eficientes para identificar casos de gasto público indebido (Lyra et al., 2022).

Sin embargo, la IA también presenta desafíos relacionados con los datos, el desarrollo de modelos, la integración del conocimiento y las preocupaciones éticas (Vekaria y Sinha, 2024). Preservar la confidencialidad de la información y los procesos administrativos internos es un obstáculo significativo para su incorporación formal en las administraciones públicas (Cantens, 2024; Zuluaga et al., 2024). El camino desde la idea hasta la producción de IA en el sector público es complejo, lo que a menudo lleva a que los proyectos se detengan (Westbye et al., 2024). Es crucial que las entidades públicas identifiquen las necesidades reales para la incorporación de sistemas de IA, enfocándose en las causas estructurales de los problemas (Hickok, 2022). Esto implica involucrar a las partes interesadas, que deberían tener el derecho de ver los datos de transacciones en tiempo real para la toma de decisiones (Moll y Yigitbasioglu, 2019), ya que las innovaciones en la IA proporcionan una técnica de análisis de datos más inteligente, rápida, intuitiva y estructurada (Sun y Sales, 2018). La incorporación de la IA en las administraciones públicas es una “revolución intelectual” cuyo objetivo principal es tomar decisiones justificadas (basadas en datos) que proporcionen la mejor solución para cada problema (Yigitcanlar et al., 2022; Cantens, 2024; Zuluaga et al., 2024).

La introducción de tecnologías digitales en las organizaciones de administración pública ha llevado a la implementación de soluciones para reducir el tiempo y los costos financieros de la prestación de servicios (Vilkaite-Vaitone y Povilaitiene, 2022), lo que ha estructurado modelos de gobernanza impulsados por políticas públicas (Chung y Kim, 2019). Esta incorporación tiene un efecto directo en la eficiencia gubernamental y del gasto público, y un efecto indirecto al promover mejores políticas fiscales (Montes et al., 2019). Los gobiernos dependen cada vez más de las medidas fiscales como instrumentos políticos cruciales en respuesta a los problemas ambientales y la necesidad de desarrollo sostenible (Sun et al., 2024). Desde una perspectiva de justicia social, el gasto fiscal sirve para redistribuir recursos, mejorando la pobreza y reduciendo las desigualdades (Erum et al., 2024).

En un entorno económico complejo, los responsables de la formulación de políticas enfrentan demandas para el diseño coordinado de políticas orientadas a objetivos sociales (Lafuente y Abad, 2021), buscando garantizar una política fiscal sólida y la sostenibilidad de la deuda (Gootjes y de Haan, 2022). La promoción del multiculturalismo y la digitalización puede enriquecer el capital social, creando nuevas oportunidades educativas y laborales (Assumma et al., 2024). Mediante el uso de herramientas de gestión del rendimiento, los gobiernos locales pueden mejorar la eficiencia, optimizar la estructura y fortalecer las capacidades de coordinación fiscal (Jiang y Chi, 2024). En resumen, la Cuarta Revolución Industrial no solo presenta desafíos técnicos y éticos, sino que también ofrece un camino hacia una administración pública más transparente, eficiente y centrada en el ciudadano, en línea con los principios de la Sociedad 5.0.

1.3. Importancia estratégica de la Dirección de Información, Análisis y Reacción Inmediata en la modernización del control fiscal

La Dirección de Información, Análisis y Reacción Inmediata (DIARI) de la Contraloría General de la República (CGR) de Colombia ha sido un componente estratégico clave en la modernización del control fiscal, especialmente en el contexto de la Sociedad 5.0 y la Cuarta Revolución Industrial. Su creación responde a la necesidad de una mayor transparencia, eficiencia y capacidad de respuesta por parte de las organizaciones públicas en una sociedad cada vez más conectada (Zuluaga et al., 2024). La DIARI se concibe como una unidad que utiliza tecnologías modernas como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y el *big data* para el beneficio de la sociedad, transformando el control fiscal de un enfoque reactivo a uno proactivo y preventivo (Zuluaga et al., 2024).

La creación de la DIARI se establece en el Decreto 2037 de 2019 (Presidencia de la República de Colombia, 2019), y su marco normativo se complementa con el Decreto Ley 403 de 2020 (Presidencia de la República de Colombia, 2020), que establece el propósito del control fiscal preventivo y concomitante: la defensa y protección del patrimonio público mediante el monitoreo continuo de los ciclos, uso, ejecución, contratación e impacto de los bienes, fondos o recursos públicos. El Acto Legislativo 04 de 2019 (Congreso de la República, 2019) otorgó herramientas al contralor general de la República para ejecutar un control concomitante y preventivo, haciendo un uso eficiente de los datos, procesos de analítica y tecnologías de la información para el apalancamiento de las funciones de vigilancia y control fiscal.

Figura 4. Clasificación de proyectos de la DIARI por Enfoque Preventivo.

Proyectos de la DIARI clasificados por su enfoque en el control preventivo



La DIARI se estructura en tres unidades principales:

Unidad de Información: Maneja las solicitudes de conexión a fuentes de información útiles para ejercicios de vigilancia y control fiscal, y se encarga de la identificación, captura y preparación inicial de la información de diversas fuentes, así como su almacenamiento y seguridad.

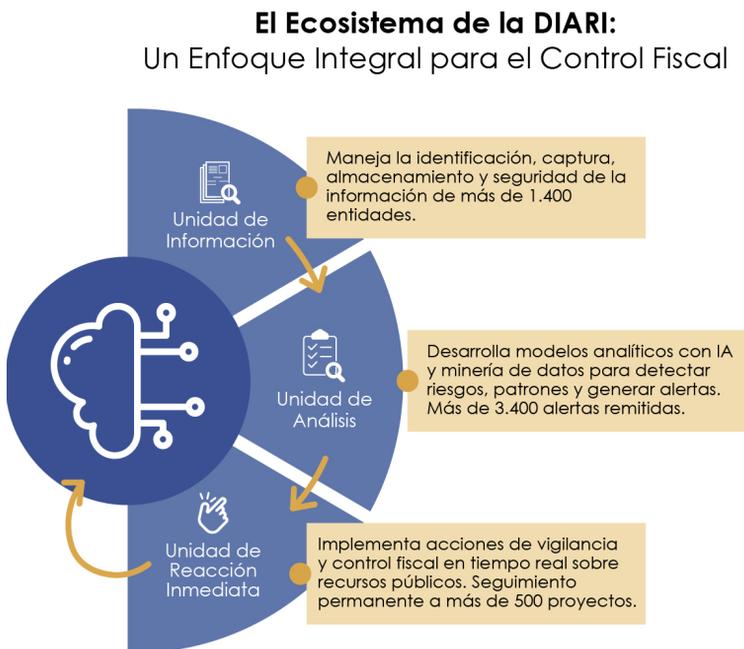
Unidad de Análisis: Desarrolla modelos de análisis de datos con alertas y otros informes sobre incidentes de potencial daño

fiscal, implementando técnicas de análisis de datos que incluyen control preventivo y concomitante para detectar riesgos, patrones o tendencias en la gestión fiscal.

Unidad de Reacción Inmediata: Implementa acciones de vigilancia y control fiscal oportunas, efectivas y en tiempo real sobre recursos públicos, fondos, activos o intereses, estableciendo un sistema integral de monitoreo en tiempo real para detectar irregularidades en la gestión fiscal de manera inmediata.

La DIARI es considerada una pieza clave en el proceso de transformación digital de la CGR, apalancándose en las TIC para impulsar las estrategias y tácticas de la vigilancia y el control fiscal, tanto preventivo y concomitante como posterior y selectivo, soportadas por una infraestructura física y arquitectura lógica robusta. Su éxito radica en haber logrado dar vida a nuevas facultades legales que le permitieron a la Contraloría elevar sus resultados, al analizar más información en menos tiempo a partir de la implementación de la tecnología.

Figura 5. El Ecosistema de la DIARI.



Desde su implementación, la DIARI ha demostrado resultados tangibles. Actualmente, cuenta con más de 13.000 fuentes de información conectadas provenientes de más de 1.400 entidades públicas a nivel nacional. Este volumen de datos ha permitido el despliegue de diversos modelos analíticos en sectores clave. Desde abril de 2020 hasta febrero de 2024, se han remitido más de 3.400 alertas a las dependencias de la CGR, derivadas de estos modelos analíticos (Zuluaga et al., 2024). Los sectores con más alertas incluyen Infraestructura, Regalías, Salud, Vivienda y Saneamiento Básico, e Infancia. La Unidad de Reacción Inmediata y la Delegada Intersectorial de Regalías han adelantado y

ejecutado acciones de control preventivo y concomitante mediante el Seguimiento Permanente en más de 500 proyectos y acciones de control posterior y selectivo en muchos de estos, con hallazgos con presunto alcance fiscal.

Figura 6. Flujo de trabajo desde la alerta tecnológica hasta la responsabilidad fiscal.



La inversión tecnológica realizada por la CGR para la DIARI fue destinada, en principio, a la adquisición de equipos informáticos, software especializado, seguridad informática y sistemas de gestión de la información. La DIARI cuenta con un equipo multidisciplinario de aproximadamente 150 profesionales especializados en minería de datos, análisis predictivo y prospectivo, e inteligencia artificial.

En el ámbito de la inteligencia artificial, la DIARI ha implementado una arquitectura que facilita la extracción y procesamiento de texto líquido de documentos mediante Optical Character

Recognition (OCR) y redes neuronales entrenadas para el idioma español. Un ejemplo es el Modelo de Pólizas, que utiliza reconocimiento de patrones y Computer Vision (YOLOv5 y Form Recognizer de Microsoft) para clasificar patrones y determinar la ubicación exacta de datos específicos en imágenes.

La importancia de la DIARI se ve reforzada por su alineación con el Plan Prospectivo CGR 2050 y el Plan Estratégico CGR 2022-2026. La misión de la CGR al 2050 es ejercer la vigilancia y control fiscal para la defensa y protección del recurso y el patrimonio público de manera fluida, híbrida, independiente, autónoma, preventiva y anticipatoria, soportada en desarrollos tecnológicos emergentes, convergentes y disruptivos (Contraloría General de la República de Colombia, 2022). La visión de la CGR al 2050 es ser líder y orientadora desde el conocimiento en el ejercicio de la vigilancia y el control fiscal con presencia integral y ubica en todo el territorio nacional con modernidad tecnológica.

La DIARI se integra en las líneas estratégicas de la CGR 2050, como la consolidación de un modelo de vigilancia del control fiscal orientado a la prevención, el abordaje del proceso de vigilancia desde desarrollos tecnológicos emergentes, y el establecimiento de un modelo de gestión del conocimiento. En el Plan Estratégico CGR 2022-2026, la DIARI es clave para el desarrollo de estrategias de transformación digital y cultura del cambio, apropiando herramientas y tecnologías de punta, y fortaleciendo las líneas para la recuperación de recursos en casos de corrupción (Contraloría General de la República de Colombia, 2022).

A pesar de sus logros, la DIARI enfrenta desafíos. Zuluaga et al. (2024) señalaron limitaciones asociadas a la necesidad de estructurar un sistema de I+D+i para ampliar sus capacidades actuales, la consolidación de una estrategia robusta de apropiación del conocimiento para superar barreras culturales, tecnológicas y económicas en la transición a la Sociedad 5.0, y la necesidad de establecer un modelo de interoperabilidad con las entidades bajo su supervisión. Adicionalmente, se tienen retos tecnológicos, como la toma de decisiones basada en algoritmos que requiere transparencia para evitar sesgos, y preocupaciones éticas relacionadas con la privacidad y seguridad de los datos ante la recopilación de grandes volúmenes de información personal.

En conclusión, la DIARI representa un avance significativo en el control fiscal en Colombia. Al utilizar tecnologías avanzadas como inteligencia artificial, aprendizaje automático y computación en la nube, la DIARI puede monitorear continuamente el uso, ejecución, contratación e impacto de bienes, fondos y recursos públicos (Zuluaga et al., 2024). Su papel es crucial para la supervisión, evaluación y gestión de los impactos y riesgos asociados con los proyectos, asegurando el uso adecuado de los recursos públicos y contribuyendo a la transparencia y eficiencia en la administración pública en la era digital.

Capítulo 2

Avances en investigación y desarrollo para el control fiscal

La modernización del control fiscal en Colombia trasciende la mera adopción de herramientas tecnológicas. Implica una inversión profunda y estratégica en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) que permita a entidades como la Contraloría General de la República (CGR) no solo reaccionar ante las irregularidades, sino anticiparlas, optimizar sus procesos y fortalecer su capacidad institucional en un entorno digital en constante evolución. Este capítulo se centra en los pilares de I+D+i que la Dirección de Información, Análisis y Reacción Inmediata (DIARI) ha puesto para liderar esta transformación, explorando desde los objetivos misionales hasta las herramientas avanzadas y las estrategias de transferencia de conocimiento que impulsan la vigilancia y el control fiscal hacia el futuro.

2.1. Resumen de objetivos y alcance: Forjando el futuro del control fiscal

En el corazón de la estrategia de modernización de la CGR y, específicamente, de la DIARI, reside un compromiso inquebrantable con la innovación. Para esto se han llevado a cabo estudios de contexto y *benchmarking* centrados en la identificación, evaluación y aplicación de sistemas inteligentes y tecnologías de vanguardia para la vigilancia y el control fiscal. Este esfuerzo no ha sido un fin en sí mismo, sino un medio para analizar las tendencias emergentes, identificar las mejores prácticas a nivel global y valorar su aplicabilidad en el contexto particular de la DIARI. La meta ha sido clara: mejorar sustancialmente la eficiencia de las entidades de control, asegurando una asignación más robusta y transparente de los recursos gubernamentales y erradicando las anomalías en los sistemas de cuentas públicas (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023).

El alcance de estas iniciativas es amplio y abarca múltiples dimensiones de la inteligencia tecnológica. Se ha realizado una recopilación exhaustiva de información sobre los avances más recientes en sistemas inteligentes, lo que incluye el estudio profundo de la inteligencia artificial (IA), la minería de datos, el aprendizaje automático y el análisis de patrones. Esta colección de datos no se queda en la superficie; es sometida a rigurosas validaciones técnicas y a un meticuloso análisis de casos de uso exitosos, tanto a nivel nacional como internacional. El propósito de este escrutinio es múltiple: evaluar las mejoras potenciales, identificar riesgos inherentes, cuantificar eficiencias operativas,

anticipar desafíos futuros y maximizar los beneficios, no solo en términos tecnológicos, sino también en el desarrollo y empoderamiento del personal involucrado.

A partir de los rigurosos estudios de contexto y *benchmarking* se han realizado hojas de ruta estratégicas donde se presentan hallazgos concretos, se formulan recomendaciones accionables y se delimitan planes de implementación que se adaptan a las necesidades identificadas. Al optimizar los recursos disponibles y designar capacidades específicas, la DIARI busca no solo responder a las demandas actuales, sino también moldear proactivamente el futuro del control fiscal en Colombia (Restrepo-Carmona et al., 2024). Los objetivos específicos que han guiado estos estudios son tan variados como críticos para la modernización:

- **Identificación de sistemas inteligentes y tecnologías aplicables:**

Un pilar fundamental es la capacidad de discernir cuáles sistemas y tecnologías, ya sean desarrollados en instituciones académicas de vanguardia, empresas innovadoras o centros culturales que exploran el futuro, pueden ser adaptados y aplicados eficazmente a las complejidades de la vigilancia y el control fiscal en la DIARI. Esto implica una constante exploración del ecosistema global de la innovación.

- **Evaluación del impacto de los sistemas inteligentes en la**

DIARI: No basta con identificar; es crucial comprender cómo la implementación de estas tecnologías transformará las operaciones de la DIARI. Este objetivo se enfoca en medir el impacto real en la eficiencia, la precisión y la capacidad de respuesta de la Dirección, asegurando que cada inversión tecnológica genere un valor tangible.

- **Presentación de modelos de *machine learning* para la detección de fraude:** La lucha contra el fraude fiscal es una prioridad. Este objetivo se centra en la exploración y adaptación de modelos de *machine learning* que han demostrado su eficacia en la detección de transacciones fraudulentas en diversos sectores. La idea es aplicar estas técnicas avanzadas para identificar patrones anómalos y anticipar posibles desvíos de recursos públicos.
- **Análisis de tendencias tecnológicas para la gestión del conocimiento y procesos:** La modernización abarca también la forma en que la DIARI gestiona su propio capital intelectual y sus flujos de trabajo. Este objetivo implica un análisis profundo de las tendencias tecnológicas en la gestión del conocimiento, la estandarización y flexibilidad de los procesos de control fiscal y el desarrollo de capacidades de control preventivo y concomitante.

En esencia, estos esfuerzos de I+D+i no solo buscan la adopción de tecnologías de vanguardia, sino que aspiran a proporcionar a la DIARI una visión clara y una hoja de ruta estratégica. Esto permitirá a la Dirección no solo reaccionar ante las irregularidades, sino, lo que es más importante, anticiparlas y prevenirlas, consolidando así su rol indispensable en la defensa del patrimonio público y en la construcción de una gestión fiscal más transparente y eficiente para Colombia.

2.2. Resultados clave: La vanguardia de la innovación en el control fiscal

Los estudios de investigación y desarrollo que la DIARI ha llevado a cabo no son meros ejercicios teóricos; han arrojado resultados

concretos y significativos en una variedad de áreas, desde la prospección tecnológica hasta la propuesta e implementación de herramientas avanzadas. Estos hallazgos están sentando las bases para una transformación profunda en la forma en que se ejerce el control fiscal en Colombia.

2.2.1. Estudios prospectivos y vigilancia tecnológica: Escaneando el horizonte de la innovación

La vigilancia tecnológica es mucho más que una simple revisión de lo que existe; es un proceso sistemático y riguroso diseñado para captar información estratégica del entorno externo y de la propia organización. Su objetivo es identificar tendencias científicas y tecnológicas emergentes, analizarlas en profundidad, y luego difundir este conocimiento para que se convierta en una base sólida para la toma de decisiones informadas y la anticipación de cambios futuros. Para la DIARI, este enfoque es vital, ya que le permite no solo identificar tecnologías prometedoras, sino también evaluar su impacto potencial y obtener una ventaja estratégica en la compleja arena del control fiscal.

El proceso de vigilancia tecnológica de la DIARI se cimienta en una metodología robusta que incluye la definición de objetivos claros y medibles, la identificación precisa de áreas de interés estratégicas, la selección de fuentes de información fiables y diversas, una meticulosa recopilación y análisis de datos, y una evaluación proactiva de riesgos y oportunidades. Las áreas de interés no son arbitrarias; se identificaron a partir de fenómenos específicos sujetos de vigilancia y factores de cambio cruciales, definidos por el propio personal de la DIARI en talleres de cocreación. Estas áreas incluyen:

- **Modelos de datos predictivos:** La capacidad de anticipar eventos futuros, en lugar de solo reaccionar a ellos.
- **Actualización de herramientas tecnológicas de la DIARI:** La necesidad constante de que las herramientas internas estén a la par con los avances globales.
- **Conocimiento de modelos y datos desde los empleados:** Empoderar al capital humano con un entendimiento profundo de las herramientas y la información que manejan.
- **Alto flujo de nuevos empleados:** Desarrollar estrategias para una rápida y efectiva incorporación y transferencia de conocimiento.
- **Cambios normativos y regulatorios constantes:** La agilidad para adaptarse a un marco legal en evolución.
- **Sistemas de gobierno y gestión de datos:** Asegurar la calidad, integridad y accesibilidad de la información.
- **Articulación entre dependencias a través de la gestión del conocimiento:** Fomentar la colaboración y el intercambio de información entre las diferentes unidades de la DIARI.
- **Seguimiento y monitoreo de resultados:** Evaluar continuamente el impacto de las acciones y la efectividad de las estrategias.

Para nutrir este proceso, las fuentes de información han sido tan variadas como esenciales: revistas científicas, patentes, informes de mercado, conferencias especializadas, reportes técnicos, blogs de expertos y redes sociales, entre otras. Esta diversidad asegura la calidad, exactitud y credibilidad de la información recopilada. La DIARI ha empleado mecanismos de vanguardia como la búsqueda abierta en Google con ecuaciones de búsqueda especializadas,

y plataformas de inteligencia de mercado como EMIS y Scopus, junto con herramientas de análisis de patentes como Lens, para una recopilación y monitoreo de datos sistemáticos y eficientes. Los hallazgos derivados de esta vigilancia tecnológica se han estructurado en torno a cuatro objetos de vigilancia específicos, cada uno con implicaciones profundas para la modernización del control fiscal:

a. Gestión del conocimiento: Un activo intangible para la eficiencia fiscal

La gestión del conocimiento se ha revelado como un pilar crítico para la DIARI, especialmente ante la realidad de una alta rotación de personal y la ausencia de un sistema o protocolo estandarizado para la transferencia de información. La necesidad es clara: establecer mecanismos que permitan a los nuevos integrantes familiarizarse rápidamente con sus puestos de trabajo, comprender la comunicación entre áreas, y acceder a investigaciones en curso, modelos analíticos y estudios ya desarrollados.

El conocimiento, ya sea tácito (adquirido por experiencia, difícil de codificar), implícito (no documentado, pero presente en los procesos de “saber hacer”) o explícito (capturado en manuales, informes y guías), es un activo invaluable. Una gestión eficaz del conocimiento implica su creación, almacenamiento y, crucialmente, su intercambio. Las organizaciones con estrategias sólidas en esta área logran resultados comerciales más rápidamente, fomentan el aprendizaje organizacional y la colaboración, y agilizan procesos como la capacitación

y la incorporación de personal, lo que se traduce en mayor satisfacción y retención de empleados.

Las tendencias tecnológicas en gestión del conocimiento apuntan hacia una integración cada vez mayor con la Inteligencia Artificial (IA) para automatizar la categorización, el etiquetado y el análisis de contenido, haciendo el proceso más eficiente. Las tecnologías sociales y colaborativas, como redes sociales internas, wikis y foros, se están convirtiendo en plataformas únicas para consolidar la experiencia adquirida y fomentar la colaboración. La automatización del conocimiento, que reduce errores y aumenta la precisión y velocidad, es clave para tareas repetitivas. Además, la integración con otros sistemas empresariales, la migración a soluciones basadas en la nube para mayor accesibilidad y la mejora continua de la experiencia de usuario a través de interfaces intuitivas y búsquedas inteligentes son tendencias dominantes.

Proveedores líderes en este campo, que la DIARI y otras organizaciones dedicadas al control fiscal podrían considerar, incluyen gigantes tecnológicos y diversas *startups* tecnológicas locales. La experiencia de entidades gubernamentales como el Departamento de Comercio, Industria y Competencia de Sudáfrica, el Centro de Conocimientos SALGA y la plataforma del Departamento de Defensa de Estados Unidos han demostrado la viabilidad y los beneficios de implementar soluciones de gestión del conocimiento en el sector público (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023).

***b. Estandarización y flexibilidad de procesos de control fiscal:
Hacia una operación ágil***

La falta de estandarización y una comunicación fluida entre las áreas de la DIARI han generado retrocesos y oportunidades de mejora en la operación. Con múltiples áreas de investigación y diversos usuarios finales, la ausencia de protocolos de comunicación y estandarización específicos se puede traducir en ineficiencias. Para abordar estos desafíos, la Gestión de Procesos de Negocio (BPM, por sus siglas en inglés) emerge como una solución estratégica en organizaciones dedicadas al control fiscal. BPM es un método sistemático para examinar y mejorar los procesos de negocio existentes, optimizando el flujo de trabajo para mayor efectividad y eficiencia. Representa la intersección de personas, procesos y tecnología, y su ciclo de vida es continuo: identificación, análisis, implementación, ejecución, monitoreo y optimización.

Los *drivers* del mercado de sistemas BPM reflejan la necesidad de modelos operativos eficientes y ágiles, la transformación digital y la integración tecnológica especialmente con IA, automatización robótica de procesos (RPA) y *machine learning*, y la creciente demanda de colaboración entre diferentes áreas dentro de las entidades. El auge del *software* BPM basado en la nube también es una tendencia clave, facilitando el almacenamiento, gestión y procesamiento remoto de datos críticos. Sin embargo, existen restricciones como las preocupaciones por la seguridad de los datos y la diversidad de procesos, que a menudo requieren múltiples sistemas de gestión con plataformas híbridas.

Las tendencias tecnológicas en gestión de procesos incluyen la hiperautomatización, que reduce costos y mejora la eficiencia aprovechando herramientas inteligentes como RPA, IA, minería de procesos y gemelos digitales. El BPM inteligente, impulsado

por IA, se vuelve más predictivo y prescriptivo. La colaboración en la fuerza laboral, a través de herramientas de chat e intercambio de datos, es crucial para una gestión eficaz. Finalmente, la gestión avanzada de casos permite una mayor adaptabilidad a entornos organizacionales dinámicos y no estructurados.

Existen diversos casos de éxito en el sector público, como el Ballina Shire Council en Australia, el Cantón de Vaud en Suiza, el gobierno de Nueva Gales del Sur, DISA en Estados Unidos y la Secretaría de Finanzas del Estado de Ceará en Brasil, que demuestran cómo la implementación de BPM ha llevado a eficiencias operativas, estandarización de procesos, reducción de costos y mayor transparencia (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023).

c. Control preventivo en la vigilancia fiscal: Anticipando y mitigando riesgos

La DIARI aspira a trascender el control posterior y selectivo, buscando mejorar sus tecnologías, herramientas y modelos para implementar una vigilancia fiscal predictiva y simultánea. El objetivo es generar alertas tempranas sobre posibles fugas de recursos, en lugar de solo detectarlas una vez ocurridas. La vigilancia fiscal, en este contexto, se define como un proceso diseñado para asegurar un nivel razonable de logro de objetivos, relacionados con la confiabilidad de los informes financieros, la eficiencia operativa y el cumplimiento normativo.

Las tendencias en este ámbito se centran en el uso del *big data* tributario, que implica la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos para mejorar la eficiencia y velocidad de los

procesos de administración tributaria. Esto incluye nuevas formas de recopilar datos (transferencia electrónica de documentos primarios, informes de terceros), el uso de datos para la prestación de nuevos servicios (prellenado de declaraciones de impuestos) y la maximización del valor de los datos mediante su compartición efectiva con otras agencias y socios del ecosistema.

Algunos ejemplos de implementación global incluyen el *Internal Revenue Service (IRS)* de Estados Unidos, que utiliza *big data* para combatir el fraude fiscal; el *His Majesty's Revenue and Customs (HMRC)* del Reino Unido con su sistema *Connect*, que verifica registros fiscales y detecta actividades fraudulentas; la Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT) de España, que rastrea a personas adineradas y utiliza *big data* en el IRPF; el Ministerio de Hacienda de Costa Rica, que mejora la recaudación tributaria con modelos predictivos; y el Servicio de Administración Tributaria (SAT) de México, que utiliza IA para recolectar datos de facturas electrónicas y mejorar la fiscalización (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023).

d. Metodologías de Data Mining: Descubriendo valor en los datos

La DIARI ha utilizado tradicionalmente la metodología CRISP-DM (*Cross Industry Standard Process for Data Mining*), pero la creciente complejidad de las fuentes de datos no estructuradas y los diversos modelos de procesos han generado la necesidad de explorar otras metodologías de *Data Mining* para optimizar la recolección y análisis de información.

Las metodologías populares en el análisis de datos incluyen SEMMA (*Sample, Explore, Modify, Model, Assess*), KDD (*Knowledge*

Discovery in Databases) y TDSP (*Team Data Science Process*). Cada una ofrece un marco estructurado para el análisis de datos, garantizando procesos sistemáticos y repetibles. Las tendencias tecnológicas en *Data Mining* se orientan a la generación de *insights* a partir de raw data, la minería de datos espaciales y geográficos, la creación de alto valor a través de la combinación de IA y *Data Mining*, el desarrollo de métodos escalables e interactivos, y la estandarización de lenguajes de consulta. Para estas labores existen diversas plataformas que ofrecen capacidades avanzadas para el procesamiento de grandes volúmenes de datos, modelado predictivo, detección de fraudes y optimización de procesos analíticos.

Casos de estudio en entidades gubernamentales, como el Ministerio de Hacienda de Malasia y organizaciones gubernamentales de Oriente Medio, han demostrado la aplicación de metodologías como CRISP-DM para la predicción de ingresos y la gestión de proyectos de minería de datos, destacando la importancia de la colaboración entre líderes de negocio y científicos de datos (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023).

2.2.2. Observatorio estratégico de estudios de futuro: Una brújula para la DIARI

El Observatorio para la DIARI no es solo una base de datos; se concibe como un modelo de trabajo dinámico y proactivo que va más allá de la recopilación de información. Su propósito fundamental es identificar continuamente variables y modelos clave para las actividades diarias de la entidad, y, lo que es

más importante, realizar una vigilancia ininterrumpida de nuevas tecnologías, modelos y metodologías que emergen en el panorama global. Este enfoque integral busca generar un valor exponencial, no solo para la propia organización, sino también para otras entidades interesadas en desarrollar actividades de monitoreo y control fiscal, posicionando a la DIARI como un referente en el sector.

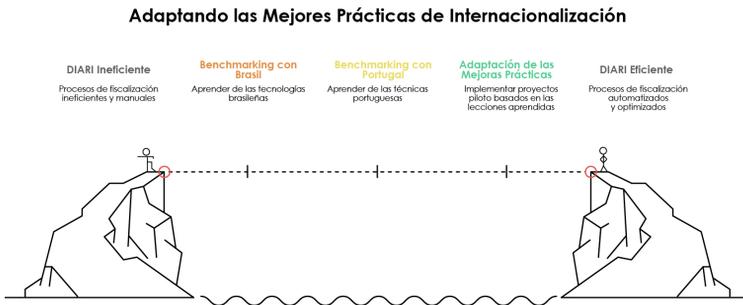
La creación de este observatorio se ha fundamentado en un trabajo colaborativo y multidisciplinario, que integra la experiencia de expertos en vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva con el conocimiento profundo del personal especializado de la DIARI. Esta sinergia ha sido crucial para identificar deficiencias en la información existente y para reconocer atributos de valor que hacen que la conceptualización del observatorio sea un pilar fundamental para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas. En esencia, el observatorio actúa como una brújula estratégica, orientando a la DIARI en un entorno tecnológico en constante cambio y asegurando que sus decisiones estén siempre basadas en la información más actualizada y relevante.

2.2.3. Estrategias de internacionalización y benchmarking: Aprendiendo de los líderes globales

La identificación de referentes en diversos países ha sido fundamental en la estrategia de internacionalización y *benchmarking* de la DIARI. Este proceso ha permitido a los equipos de la CGR y la DIARI conocer de primera mano los avances más recientes en sistemas inteligentes, metodologías innovadoras y prácticas de control fiscal a nivel global. El objetivo ha estado

centrado en aprender de los líderes, adaptar sus éxitos y evitar sus errores, impulsando así una modernización acelerada y efectiva.

Figura 7. Proceso de adaptación de mejores prácticas internacionales.



2.2.3.1. Brasil: Un vistazo a la innovación sudamericana

Brasil es un país donde se pueden encontrar desarrollos en centros académicos de vanguardia, donde la investigación puntera en inteligencia artificial y tecnologías afines se traduce en sistemas de visión por computador, sensores inteligentes y herramientas de reconocimiento facial y geolocalización. Estas tecnologías, con su potencial para mejorar la vigilancia y el control, ofrecen vías efectivas para la detección, seguimiento y monitoreo de actividades anómalas. Asimismo, se han explorado las capacidades de empresas innovadoras, que han desarrollado sistemas de monitoreo inteligente con análisis de datos en tiempo real y plataformas de gestión integral. La experiencia de entidades gubernamentales enfocadas en la gestión pública y la innovación, aunque no directamente relacionadas con el control fiscal, han demostrado que la digitalización y la automatización pueden

mejorar la transparencia y la eficiencia en la administración pública. Estas experiencias han inspirado a la DIARI a considerar cómo la tecnología puede ser utilizada para abordar desafíos globales y reflexionar sobre el papel del control fiscal en la construcción de un futuro más sostenible (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023).

Dentro de las lecciones aprendidas de Brasil se ha destacado la importancia crítica de la seguridad de la información en todos los procesos de innovación, la necesidad de integrar equipos multidisciplinarios para abordar problemas complejos, y la imperativa de realizar una evaluación exhaustiva de necesidades y riesgos antes de embarcarse en cualquier implementación tecnológica. Las oportunidades concretas identificadas para la DIARI incluyen el mejoramiento de los procesos de recolección de información, la integración más fluida con modelos analíticos existentes, y la prometedora posibilidad de establecer convenios con instituciones académicas para programas de posgrado y el desarrollo de aplicaciones robóticas avanzadas, específicamente para el recaudo de pruebas en el ámbito fiscal.

2.2.3.2. Portugal: Innovación europea en la detección de fraude

El propósito de tener a Portugal como referente es identificar avances, técnicas y buenas prácticas en la detección y monitoreo del control fiscal, con un énfasis particular en la detección de fraude mediante la aplicación de inteligencia artificial. En Portugal existen diversos institutos de ingeniería de sistemas y computación, que sirven como referentes en la aplicación de técnicas avanzadas de minería de datos y aprendizaje

automático. Su trabajo abarca el análisis de datos financieros, el modelado predictivo para clasificar transacciones, la detección de anomalías para identificar comportamientos inusuales y la visualización de datos para comprender patrones complejos. Un caso de éxito notable es la modernización de la gestión de datos de infraestructuras críticas utilizando *big data* y *cloud computing*, un ejemplo directo de cómo la tecnología puede mejorar la seguridad y gestión de activos públicos.

Asimismo, existen comités de estudio y auditoría en contratación pública, que se dedican a mejorar la eficacia y transparencia de los procesos contractuales. Sus alianzas con consultoras especializadas usando *machine learning* para la detección de fraude y control fiscal, empleando modelos de detección de anomalías y algoritmos de clasificación, ofrecen un modelo que podría ser directamente aplicable en Colombia.

Las agencias nacionales de innovación son un punto clave, al ser catalizadores de la innovación, promoviendo activamente la colaboración entre entidades científicas, tecnológicas y empresariales. Su rol en la implementación de planes de recuperación y resiliencia a nivel de la Unión Europea subraya su importancia en impulsar la digitalización y la sostenibilidad. Para la DIARI, estas agencias representan un modelo de cómo fomentar la innovación y la interoperabilidad entre entidades gubernamentales para una detección de fraude más eficiente.

Finalmente, la sinergia entre los organismos superiores de fiscalización financiera y judicial, que trabajan en estrecha colaboración en la supervisión y control de las finanzas públicas y

el juicio de cuentas, proporciona un modelo de interoperabilidad interinstitucional que la CGR podría adaptar. La capacidad de estos tribunales para emitir juicios y fallos, junto con el enfoque de las inspecciones de finanzas en la detección de fraudes, ofrece una visión integral de un sistema de control fiscal robusto.

Las oportunidades identificadas para la DIARI a partir de esta misión son variadas y prometedoras. Incluyen la posibilidad de recibir apoyo en el seguimiento de infraestructuras mediante tecnologías avanzadas, la implementación de metodologías de validación de información y el valioso intercambio de variables para realizar *benchmarking* en el seguimiento del ciclo completo de contratación. Estas colaboraciones podrían acelerar significativamente la capacidad de la DIARI para adoptar y adaptar tecnologías de vanguardia.

2.2.4. Diseño e implementación de herramientas tecnológicas avanzadas: Proyectos para el futuro

La DIARI tiene una visión proactiva que la impulsa a diseñar y proponer la implementación de herramientas tecnológicas avanzadas que abordan desafíos específicos en el control fiscal (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023). Estos proyectos representan la materialización del conocimiento adquirido en soluciones concretas:

- **SEGUDIARI:** Este proyecto propone el desarrollo de una aplicación innovadora diseñada para fortalecer los mecanismos de seguridad de la información. Su objetivo es proteger los procesos de la Contraloría al transferir información con las entidades sujetas a su vigilancia y control fiscal. La justificación

es clara: fortalecer la ciberseguridad del Estado colombiano, armonizando los requisitos de seguridad con las entidades controladas y guiándolas hacia la adopción de buenas prácticas de seguridad. El aplicativo recolectaría información sobre los lineamientos de seguridad de las entidades y, como resultado, brindaría sugerencias a través de una guía de implementación de controles, además de dar a conocer los lineamientos de seguridad de la DIARI.

- **Transformación de modelos de riesgo en modelos de aprendizaje automático contractual con recursos del Sistema General de Regalías:** Actualmente, el modelo de riesgo del Sistema General de Regalías enfrenta desafíos relacionados con la calidad de la información que alimenta sus cálculos y la necesidad de revisiones manuales que extienden los tiempos de generación de resultados. Este proyecto plantea transformar estos modelos de riesgo en modelos de *machine learning*, lo que permitiría una recolección y procesamiento más eficiente de la información relacionada con los contratos del Sistema General de Regalías. Al aplicar algoritmos avanzados, se optimizaría la gestión de estos recursos, implementándose inicialmente en procesos más sencillos como las modificaciones contractuales y, posteriormente, evaluando los avances físicos y financieros reportados.
- **SIGID (Sistema Investigativo de Gestión, Innovación y Desarrollo de la CGR):** La CGR carece de un sistema de información centralizado que permita la gestión abierta y democratizada de los datos, así como una consulta pública que concentre todos los procesos y actores intervinientes en el control fiscal. El SIGID propone llenar este vacío, justificándose en la necesidad de

mejorar la calidad de la información entre las bases de datos recopiladas, incorporar valores investigativos para el análisis y facilitar el acceso a la información por parte de los interesados en todos los ciclos del proceso de control fiscal. Esto abarcaría desde la recepción de solicitudes ciudadanas hasta el juicio de responsabilidad fiscal y el cobro coactivo, brindando robustez e integridad a los recursos digitales de la entidad.

- **Inteligencia artificial para el seguimiento del PGN y las inversiones:** El control y seguimiento de la inversión de recursos públicos en proyectos de infraestructura es crucial para la CGR. Sin embargo, existe una brecha entre la generación de información, los reportes y la intervención del ente de control, lo que puede retrasar la toma de decisiones oportunas. Este proyecto busca desarrollar un sistema basado en IA que permita el seguimiento en tiempo real de proyectos de infraestructura, identificando y alertando sobre posibles riesgos y desviaciones. La IA aprendería continuamente de los procesos de ejecución y de las situaciones de riesgo, estableciendo de manera predictiva nuevas condiciones que podrían representar amenazas, agilizando así la toma de decisiones mediante alertas tempranas y análisis predictivos.

- **Implementar herramienta de *machine learning* de Closer Consulting:** Esta propuesta busca realizar un ejercicio de *compliance* (cumplimiento normativo) al ciclo completo de la contratación. La herramienta establecería criterios de alertas utilizando tecnología descriptiva y predictiva, lo que permitiría a la DIARI tener una herramienta de *compliance* interna robusta y, además, implementarla en las auditorías que realiza a sus sujetos de control. Esto fortalecería la capacidad de la CGR

para prevenir irregularidades y asegurar la integridad en la contratación pública.

Estos proyectos no son solo ideas; son la manifestación del compromiso de la DIARI con la aplicación práctica de la investigación y el desarrollo, buscando generar soluciones concretas que mejoren sustancialmente la eficiencia y la transparencia del control fiscal en Colombia.

2.3. Publicaciones científicas y transferencia de conocimiento: Sembrando el futuro

La generación de conocimiento, por sí misma, carece de pleno impacto si no va acompañada de una efectiva comunicación y aplicación. En el contexto de la CGR y la DIARI, donde la evolución tecnológica es constante y la complejidad de los procesos es inherente, la transferencia de conocimiento se erige como un componente esencial para la innovación y la mejora continua. Para maximizar el impacto y la relevancia de los hallazgos de I+D+i, se han diseñado e implementado diversas estrategias que facilitan su comunicación y difusión (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023). Estas estrategias no solo buscan informar, sino también involucrar activamente a todos los miembros de la organización en el proceso de transformación digital, fomentando una cultura de innovación continua y el aprovechamiento óptimo de las nuevas tecnologías. Entre las iniciativas clave se encuentran:

- **Biblioteca digital:** Concebida como una herramienta en línea bajo el concepto de una “biblioteca moderna”, este espacio digital centraliza todas las estrategias de transferencia, difusión

y divulgación de resultados de investigación. Es un punto de acceso único donde se pueden encontrar folletos infográficos, un portal *Landing Page*, información relevante de la DIARI, y documentos relacionados con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para la Innovación y el Fortalecimiento. Además, integra iniciativas educativas clave como “Contraloría a la U” y “Escuela DIARI”. La biblioteca digital se desarrolla con el fin de agrupar y articular la información en un mismo espacio, facilitando la consulta y el acceso a los contenidos para toda la comunidad de la CGR.

- **Contraloría a la U:** Esta iniciativa trasciende las aulas universitarias para fortalecer la participación de estudiantes, especialmente aquellos vinculados a semilleros de investigación, en temas cruciales de control fiscal. Su objetivo es enriquecer su formación académica y, al mismo tiempo, acompañar a las veedurías ciudadanas a través de una interacción directa y significativa con la Contraloría General de la República. El programa se estructura en tres componentes: una parte formativa, que incluye cursos y guías pedagógicas; una parte comunicativa, que utiliza diversas herramientas de difusión para llegar a un público más amplio; y una parte experiencial, materializada en talleres regionales y encuentros nacionales que permiten la aplicación práctica del conocimiento.

- **Escuela DIARI:** Representa una estrategia de *e-learning* de vanguardia, diseñada para democratizar el acceso a recursos educativos en línea sobre el uso de tecnologías 4.0 en la protección de recursos públicos. Su propósito es fortalecer las capacidades del personal de la CGR y generar una apropiación social del conocimiento sobre herramientas propias de la Cuarta Revolución Industrial y la interoperabilidad. A través de cursos y webinars, la Escuela DIARI busca empoderar a los

servidores públicos y a los grupos de valor, preparándolos para navegar en el complejo entorno digital y aplicar las nuevas tecnologías en su labor diaria.

- **Folletos:** Estas herramientas visuales demuestran ser altamente efectivas para la transferencia de conocimiento. Su diseño se enfoca en simplificar conceptos complejos y presentar información de manera clara, concisa y atractiva, facilitando la comprensión rápida de los principales hallazgos y recomendaciones de los estudios de I+D+i.

- **Landing Page:** Como una herramienta digital estratégica, la *Landing Page* proporciona una visión sintética pero integral de los diversos temas de investigación de los proyectos de transformación digital. Su diseño intuitivo y atractivo facilita la comprensión y el acceso a la información relevante de los estudios realizados, permitiendo a los usuarios explorar desde una síntesis de la idea principal de cada escenario investigado hasta descripciones detalladas, objetivos y planes de acción para la implementación. Esta página es fundamental para informar e involucrar activamente a todos los miembros de la organización en el proceso de innovación continua.

La efectividad de estas estrategias de transferencia de conocimiento se ha validado a través de la alta satisfacción expresada por los funcionarios de la CGR-DIARI que participaron en las misiones tecnológicas. Sus evaluaciones positivas sobre la pertinencia de las temáticas, la relevancia de las entidades visitadas y la calidad de la interacción con los actores, subrayan el valor intrínseco de estas experiencias. Esto no solo contribuye al crecimiento profesional individual, sino que también impulsa

el futuro de la CGR, fomentando la continuidad del proceso de transformación de la entidad y consolidando la colaboración con actores clave a nivel nacional e internacional. En última instancia, la transferencia de conocimiento es el motor que asegura que los avances en I+D+i se traduzcan en una mejora tangible y sostenible del control fiscal en Colombia.

Capítulo 3

Modernización tecnológica y analítica de datos

La era digital ha redefinido las capacidades y expectativas en la gestión pública, exigiendo a las entidades gubernamentales una adaptación profunda y continua. En Colombia, la Contraloría General de la República (CGR) y su Dirección de Información, Análisis y Reacción Inmediata (DIARI) están a la vanguardia de esta transformación, reconociendo que la modernización tecnológica y la analítica de datos no son solo mejoras operativas, sino pilares estratégicos para fortalecer el control fiscal y garantizar la transparencia en el uso de los recursos públicos. Este capítulo explora los avances cruciales en la conceptualización e implementación de soluciones tecnológicas que permiten a la CGR gestionar, procesar y presentar grandes volúmenes de datos de manera eficiente, proactiva y segura.

Figura 8. Modernización tecnológica y analítica de datos.



3.1. Contexto y objetivos estratégicos: La imperativa de la transformación digital

La sociedad contemporánea se caracteriza por una conectividad sin precedentes y una creciente demanda ciudadana de transparencia, eficiencia y capacidad de respuesta por parte de sus instituciones públicas. En este escenario, las administraciones gubernamentales ya no pueden operar con modelos tradicionales; es imperativo poder ofrecer servicios digitales innovadores, lo que a su vez exige el desarrollo de capacidades técnicas, organizacionales y políticas sólidas en

el marco de una transformación digital integral. La CGR, como máximo órgano de control fiscal en Colombia, ha abrazado este desafío, reconociendo que su misión de defensa y protección del patrimonio público se potencia exponencialmente a través del monitoreo continuo de los ciclos, uso, ejecución, contratación e impacto de los recursos públicos, una tarea que solo la tecnología avanzada puede facilitar.

La Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0) ha marcado un punto de inflexión, al fusionar tecnologías que antes operaban de forma aislada. Conceptos como la inteligencia artificial (IA), el aprendizaje automático (*machine learning*) y el *big data* han dejado de ser promesas futuristas para convertirse en herramientas tangibles y transformadoras. Para la CGR, el propósito fundamental de su modernización tecnológica es precisamente aprovechar este potencial. La integración de estas tecnologías avanzadas no solo busca una mejora incremental en la eficiencia para detectar irregularidades; su ambición es mucho mayor: transformar el control fiscal en un proceso fundamentalmente más predictivo y proactivo. La visión es clara y ambiciosa: garantizar la disponibilidad de información accesible, confiable y oportuna que contribuya de manera directa y contundente al fortalecimiento de la vigilancia y el control fiscal en todo el territorio nacional.

Para materializar esta visión, los objetivos estratégicos que guían la modernización de la CGR y la DIARI se centran en la conceptualización y el diseño de una plataforma tecnológica integral (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023b). Esta plataforma está diseñada

para abarcar el ciclo de vida completo de los datos, desde su origen hasta su consumo final (Restrepo-Carmona et al., 2024b). Este enfoque holístico implica una serie de metas específicas, cada una crucial para la construcción de un sistema de control fiscal inteligente y adaptable:

- **Optimizar la adquisición y captura de datos:** En la base de cualquier sistema de analítica avanzada yace la calidad y exhaustividad de los datos. Este objetivo busca asegurar que la información, proveniente de una diversidad de fuentes (tanto estructuradas como no estructuradas), sea recolectada de manera eficiente, precisa y sistemática. Una captura de datos optimizada no solo reduce la carga manual y los errores inherentes a los procesos tradicionales, sino que también establece una base sólida para análisis posteriores, garantizando la fiabilidad de los *insights* generados. La capacidad de integrar datos de diversas tipologías y orígenes es, por tanto, fundamental.

- **Garantizar la gestión y almacenamiento seguro de datos:** Con volúmenes de información que crecen exponencialmente, el almacenamiento no es solo una cuestión de espacio, sino de seguridad, accesibilidad y escalabilidad. Este objetivo se enfoca en el desarrollo de arquitecturas de bases de datos y la implementación de soluciones en la nube que permitan almacenar grandes cantidades de información de forma segura, garantizando su confidencialidad, integridad y disponibilidad. La escalabilidad es clave para que la infraestructura pueda crecer a la par con las necesidades de la entidad, mientras que la seguridad robusta protege los datos sensibles del patrimonio público.

- **Potenciar el procesamiento de datos con tecnologías avanzadas:** Los datos brutos, por sí solos, tienen un valor limitado. El verdadero poder reside en su capacidad para ser transformados en conocimiento accionable. Este objetivo implica la implementación de herramientas de la Industria 4.0, como la IA y el análisis predictivo, para procesar estos datos. El procesamiento avanzado permite la detección temprana de anomalías, la identificación de patrones complejos de comportamiento fiscal y la generación de *insights* que antes eran imposibles de obtener, dotando a la CGR de una capacidad de fiscalización más profunda y proactiva.
- **Asegurar la distribución e interoperabilidad de datos:** En un ecosistema gubernamental complejo, la información debe fluir sin fricciones entre diferentes sistemas y entidades. Este objetivo se centra en diseñar estrategias y protocolos que faciliten el intercambio fluido y seguro de información, promoviendo una colaboración interinstitucional efectiva. La interoperabilidad no solo mejora la eficiencia al evitar la duplicación de esfuerzos, sino que también enriquece el análisis al permitir la integración de datos de múltiples fuentes, ofreciendo una visión más completa y precisa del uso de los recursos públicos.
- **Mejorar la presentación y visualización de datos:** La información, por muy valiosa que sea, pierde su impacto si no se comunica de manera efectiva. Este objetivo se enfoca en desarrollar formatos y herramientas que permitan la visualización clara, intuitiva y atractiva de la información fiscal. Una visualización avanzada facilita la comprensión de datos complejos por parte de los usuarios finales y los tomadores de decisiones, permitiéndoles identificar tendencias, detectar anomalías y tomar decisiones informadas de manera más rápida y efectiva.

Estos objetivos, ambiciosos en su alcance y transformadores en su impacto, se enmarcan en la visión estratégica de una CGR que no solo cumple con su función fiscalizadora, sino que se anticipa a los riesgos, innova constantemente y se adapta con agilidad a las dinámicas cambiantes del entorno digital. La tecnología, en esta concepción, deja de ser un simple soporte para convertirse en un habilitador fundamental de la defensa del patrimonio público y un garante de la confianza ciudadana.

3.2. Resultados destacados: La arquitectura de la fiscalización inteligente

La concreción de los objetivos estratégicos de la CGR en materia de modernización tecnológica se manifiesta en una serie de resultados destacados. Estos logros abarcan desde la conceptualización de arquitecturas de datos de vanguardia hasta la implementación de herramientas avanzadas y soluciones de interoperabilidad, todas diseñadas para potenciar la capacidad de la entidad en el control fiscal (Restrepo-Carmona, et al., 2024b).

3.2.1. Arquitecturas tecnológicas para la gestión de grandes volúmenes de datos: Cimientos de la fiscalización digital

La gestión eficaz de grandes volúmenes de datos, comúnmente denominados *big data*, representa uno de los desafíos más apremiantes para cualquier entidad que aspire a la modernización en la era digital. La CGR, consciente de esta realidad, ha conceptualizado arquitecturas tecnológicas robustas para la adquisición, captura y almacenamiento de datos, sentando así las bases para un control fiscal más inteligente, eficiente y proactivo. Esta conceptualización implica una comprensión profunda de

las características del *big data* (volumen, velocidad, variedad, veracidad y valor) y la selección de soluciones que puedan manejar esta complejidad inherente.

La adquisición y captura de datos es el punto de partida crítico en este ciclo de vida de la información. Se ha diseñado un marco metodológico que permite la recolección sistemática de información desde una diversidad de fuentes, tanto internas (sistemas legados, bases de datos operacionales) como externas (registros públicos, redes sociales, datos georreferenciados, documentos no estructurados) (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023b). Este proceso se apoya en la identificación de requisitos detallados, que van más allá del simple “qué datos necesitamos”. Incluye la especificación del tipo de datos (estructurados, semiestructurados, no estructurados), el volumen esperado, la frecuencia de actualización (desde lotes periódicos hasta flujos en tiempo real) y, crucialmente, las consideraciones de seguridad y privacidad. La meta es asegurar que la información recolectada sea no solo completa y precisa, sino también oportuna y confiable, elementos fundamentales para la fiabilidad de cualquier análisis posterior.

Para lograr esta adquisición eficiente, se han explorado y evaluado diversas tecnologías de captura de datos. Esto incluye el uso de API (Interfaces de Programación de Aplicaciones) para la integración directa con sistemas externos, permitiendo un intercambio de datos programático y seguro. El *web scraping* emerge como una técnica para la extracción automatizada de información de sitios web públicos, especialmente útil

para datos no estructurados disponibles en la red. Además, las herramientas de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) son esenciales para digitalizar documentos físicos y extraer texto de imágenes, transformando información inaccesible en datos procesables. La implementación de estos mecanismos busca no solo automatizar y agilizar el proceso de ingesta, sino también reducir la intervención manual y minimizar los errores humanos, lo que se traduce en una mayor calidad del dato desde su origen. La capacidad de manejar tanto la ingesta por lotes (para grandes volúmenes de datos que no requieren procesamiento inmediato) como la ingesta en tiempo real (para datos críticos que demandan una respuesta instantánea) es un diferenciador clave en esta etapa.

Una vez capturados, los datos requieren un almacenamiento eficiente, seguro y estratégicamente diseñado. La CGR ha analizado diversas alternativas de almacenamiento para *big data*, ponderando factores críticos como la escalabilidad (la capacidad de crecer sin interrupciones), el rendimiento (la velocidad de acceso y procesamiento), la seguridad (protección contra accesos no autorizados y corrupción) y el costo-efectividad (optimización de la inversión). En este análisis, se han evaluado tanto las arquitecturas de bases de datos tradicionales (relacionales) como las no relacionales (NoSQL), cada una con sus fortalezas y debilidades para diferentes tipos de datos. Las soluciones de almacenamiento en la nube han sido objeto de un estudio particular, dada su inherente flexibilidad y elasticidad para manejar volúmenes de datos crecientes y fluctuantes.

La conceptualización ha llevado a la implementación de lagos

de datos (*data lakes*) como una solución fundamental. Un *data lake* permite almacenar datos en su formato original, crudo, sin la necesidad de una estructura predefinida (*schema-on-read*). Esta flexibilidad es crucial para la DIARI, que maneja una vasta variedad de datos (estructurados, semiestructurados y no estructurados) y permite la exploración y el análisis posterior sin restricciones de esquema. Paralelamente, se considera la adopción de almacenes de datos (*data warehouses*) para almacenar información que ya ha sido estructurada y optimizada para consultas analíticas específicas. Esta combinación híbrida (*data lake* y *data warehouse*) busca aprovechar lo mejor de ambos mundos: la flexibilidad y escalabilidad del *data lake* para datos crudos y exploratorios, y la eficiencia y rendimiento del *data warehouse* para análisis estructurados y reportes.

La seguridad del almacenamiento es una prioridad innegociable. Esto incluye la implementación de medidas robustas como la encriptación de datos, tanto en reposo (cuando los datos están almacenados) como en tránsito (cuando los datos se mueven entre sistemas). El control de acceso basado en roles (RBAC) garantiza que solo el personal autorizado tenga acceso a la información sensible, y la implementación de políticas de retención de datos asegura el cumplimiento con las regulaciones de privacidad y la gestión del ciclo de vida de la información. La resiliencia de la infraestructura se asegura mediante estrategias de respaldo y recuperación ante desastres (DRP), garantizando la continuidad del negocio y la disponibilidad de los datos incluso ante fallos o eventos inesperados. Este enfoque integral en la arquitectura de datos es el cimiento sobre el cual la CGR construye su capacidad de fiscalización inteligente, permitiéndole no

solo almacenar información, sino transformarla en un activo estratégico para la defensa del patrimonio público.

3.2.2. Implementación de herramientas de inteligencia artificial, minería de datos y visualización avanzada: Desbloqueando el valor de la información

El verdadero valor de los grandes volúmenes de datos no reside en su existencia, sino en su capacidad para ser transformados, analizados y presentados de manera que generen *insights* accionables. La CGR, a través de la DIARI, ha conceptualizado la implementación de herramientas avanzadas impulsadas por la Inteligencia Artificial y la minería de datos, reconociendo que estas tecnologías de la Industria 4.0 son esenciales para transformar los datos brutos en conocimiento estratégico, permitiendo una fiscalización más profunda, predictiva y eficiente.

El procesamiento de datos se beneficia enormemente de la IA y el *machine learning*. La CGR ha propuesto la implementación de algoritmos avanzados que van más allá del análisis descriptivo, adentrándose en la capacidad de clasificación, detección de anomalías y predicción de riesgos. Esto incluye la exploración de diversas técnicas de *machine learning*:

- **Redes Neuronales Artificiales (ANN):** Inspiradas en el cerebro humano, las ANN son capaces de identificar patrones complejos y no lineales en grandes conjuntos de datos, lo que las hace ideales para detectar elementos fraudulentos en estados financieros.
- **Mapas Autoorganizados (SOM):** Un tipo de ANN que utiliza métodos no supervisados para procesar datos y obtener

representaciones visuales, útiles para analizar la naturaleza de las empresas contribuyentes y agrupar entidades con características similares.

- **Redes Neuronales Profundas Multimodales (MDNN):** Permiten detectar comportamientos sospechosos en fuentes de datos diversas, como redes sociales, al procesar y analizar información de múltiples modalidades.
- **Bosques Aleatorios (Random Forests) y Máquinas de Soporte Vectorial (SVM):** Algoritmos robustos y versátiles que se consideran para la detección de fraude y evasión fiscal, capaces de manejar grandes volúmenes de datos y clasificar transacciones con alta precisión.
- **Algoritmos Evolutivos y Clasificadores Bayesianos:** Se exploran para identificar patrones de fraude financiero y en declaraciones de impuestos, ofreciendo enfoques probabilísticos y adaptativos a la detección de irregularidades.

La implementación de estos algoritmos no es un proceso lineal; implica una constante iteración, validación y ajuste de modelos. La calidad de los datos de entrenamiento es crucial, ya que los sesgos en los datos pueden llevar a predicciones erróneas o discriminatorias. Por ello, la DIARI enfatiza la importancia de la curación de datos y la gestión de la calidad en todas las etapas del procesamiento. Además, se reconoce la necesidad de que los modelos de IA sean “explicables”, es decir, que sus decisiones puedan ser comprendidas y justificadas por los analistas humanos, lo cual es fundamental en un contexto de control fiscal donde la rendición de cuentas es primordial.

Complementando el procesamiento con IA, la minería de datos se utiliza para descubrir patrones ocultos y tendencias significativas en los conjuntos de datos fiscales que no son evidentes a simple vista. Para guiar este proceso, la CGR se apoya en metodologías estructuradas como:

CRISP-DM (*Cross-Industry Standard Process for Data Mining*): Un enfoque iterativo y flexible que guía el proyecto desde la comprensión del negocio y los datos, pasando por la preparación de datos, el modelado y la evaluación, hasta la implementación.

SEMMA (*Sample, Explore, Modify, Model, Assess*): Una metodología más orientada a las herramientas, que facilita la extracción de información significativa de grandes conjuntos de datos.

KDD (*Knowledge Discovery in Databases*): Un proceso más amplio que abarca desde la selección de datos hasta la aplicación del conocimiento descubierto.

La elección de la metodología depende del objetivo específico del proyecto, pero todas buscan transformar los datos en conocimiento útil y accionable. Las tendencias en minería de datos reflejan una evolución constante: desde la creciente necesidad de generar *insights* a partir de datos crudos y no estructurados hasta la minería de datos espaciales y geográficos (que integra información de ubicación para análisis contextuales). La combinación sinérgica de IA y minería de datos es clave para crear alto valor, permitiendo el desarrollo de métodos escalables e interactivos, y la estandarización de lenguajes de consulta para una mayor interoperabilidad.

Finalmente, la visualización avanzada de datos es el puente que conecta la complejidad de los análisis con la comprensión humana. Es crucial traducir los insights generados por la IA y la minería de datos en formatos comprensibles y accionables. La CGR ha estudiado la importancia de la visualización de datos para la presentación de información fiscal, reconociendo que una buena visualización permite a los usuarios identificar patrones, tendencias y anomalías de manera intuitiva (Restrepo-Carmona et al., 2024b).

La selección de herramientas de visualización se basa en su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos, ofrecer interactividad y adaptarse a diferentes formatos de presentación. Esto incluye la creación de:

- Tableros de control (*dashboards*) interactivos: que consolidan métricas clave y permiten a los usuarios explorar los datos en tiempo real.
- Gráficos dinámicos: que muestran la evolución de variables a lo largo del tiempo o la relación entre múltiples dimensiones.
- Mapas de calor y visualizaciones georreferenciadas: para identificar patrones espaciales de irregularidades o concentración de recursos.

La visualización avanzada no solo mejora la comprensión por parte de los auditores y tomadores de decisiones, sino que también facilita la comunicación de los hallazgos a diversas audiencias, desde expertos técnicos hasta el público en general. La capacidad de contar “historias con datos” (*data storytelling*) a través de visualizaciones atractivas y explicativas

es fundamental para fomentar la transparencia y la rendición de cuentas, transformando la información fiscal en un mensaje claro y convincente. La DIARI busca herramientas que permitan flexibilidad en la creación de visualizaciones, desde gráficos simples hasta representaciones complejas como diagramas de red o mapas de árbol, adaptándose a la necesidad específica de cada análisis.

3.2.3. Automatización de procesos y soluciones de interoperabilidad: Optimizando el flujo de información

La eficiencia del control fiscal en la era digital no solo depende de la capacidad de analizar datos, sino también de la agilidad con la que se ejecutan los procesos y la fluidez con la que la información se comparte entre sistemas y entidades. La CGR ha conceptualizado la implementación de la automatización de procesos y el desarrollo de soluciones de interoperabilidad como pilares fundamentales para lograr esta eficiencia, tanto dentro de la propia entidad como en su interacción con el ecosistema gubernamental externo.

La automatización de procesos es una estrategia clave para reducir la carga de tareas manuales, repetitivas y de bajo valor añadido, liberando así al personal para que se enfoque en actividades de mayor valor estratégico que requieren juicio humano, análisis complejo y toma de decisiones. Esto se logra mediante la implementación de soluciones de Automatización Robótica de Procesos (RPA), donde *bots* de *software* simulan interacciones humanas con sistemas digitales para ejecutar tareas rutinarias de forma rápida y precisa. La integración de la IA con la RPA eleva

esta capacidad a un nuevo nivel, permitiendo que los procesos no solo se ejecuten de forma autónoma, sino que también aprendan y se adapten a nuevas situaciones, mejorando continuamente su eficiencia y capacidad de respuesta. Ejemplos de procesos fiscales susceptibles de automatización incluyen la captura de datos de documentos (facturas, contratos), la conciliación de registros financieros, la validación de información en bases de datos externas y la generación de informes estandarizados. La automatización no solo aumenta la productividad y reduce los errores, sino que también optimiza los costos operativos asociados a la fiscalización.

La interoperabilidad de datos es un componente crítico para una gestión fiscal moderna y conectada. La CGR ha conceptualizado estrategias para asegurar que la información pueda ser intercambiada de manera segura, eficiente y fluida entre diferentes sistemas y entidades gubernamentales, tanto a nivel nacional como internacional. Esto implica el diseño y la implementación de protocolos de intercambio de datos, así como el uso de interfaces de programación de aplicaciones (API) que permitan la conexión fluida entre bases de datos, plataformas y aplicaciones. La interoperabilidad no solo mejora la eficiencia al eliminar la duplicación de esfuerzos en la recolección y entrada de datos, sino que también enriquece el análisis al permitir el cruce de información de múltiples fuentes, proporcionando una visión más completa y precisa del uso de los recursos públicos.

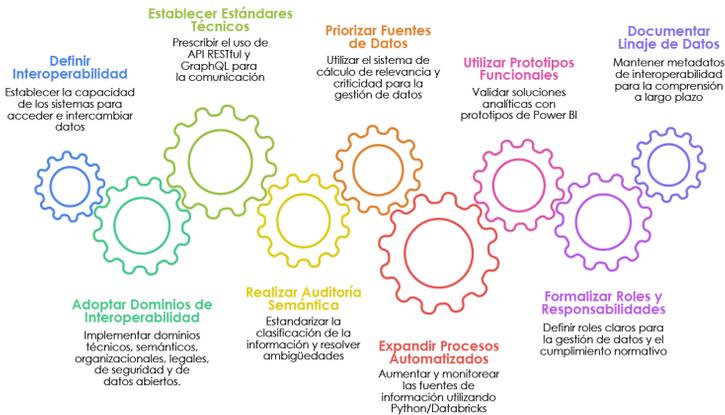
Para lograr una interoperabilidad efectiva, se han considerado diversos estándares internacionales y mejores prácticas, abordando diferentes dimensiones:

- **Interoperabilidad Técnica:** Se refiere a los protocolos y formatos que permiten a los sistemas comunicarse entre sí. Esto incluye el uso de estándares como XML (Lenguaje de Marcado Extensible) y JSON (Notación de Objetos JavaScript) para el intercambio de datos estructurados y semiestructurados, así como estilos arquitectónicos como REST (Transferencia de Estado Representacional) y protocolos como SOAP (Protocolo Simple de Acceso a Objetos) para la comunicación entre servicios web. Las API RESTful son particularmente valoradas por su flexibilidad y eficiencia en entornos web.
- **Interoperabilidad Semántica:** Va más allá de la simple transmisión de datos; busca asegurar que el significado de la información sea comprendido de la misma manera por todos los sistemas y entidades que la utilizan. Esto implica el uso de vocabularios controlados, ontologías y metadatos que describan el contexto y la semántica de los datos, reduciendo ambigüedades y garantizando una interpretación coherente.
- **Interoperabilidad Organizacional:** Se refiere a la capacidad de diferentes organizaciones para interactuar y colaborar en la consecución de objetivos comunes. Esto implica la armonización de procesos, la definición clara de roles y responsabilidades, y la implementación de acuerdos de intercambio de datos (Memorandos de Entendimiento - MOU) que estipulen el uso aceptable y las responsabilidades de cada parte.
- **Interoperabilidad Legal/Política:** Asegura que el intercambio de datos cumpla con el marco jurídico vigente y las políticas establecidas. Esto es crucial para la protección de datos personales y la información confidencial, garantizando que todas las operaciones se realicen dentro de la legalidad. El

Marco de Interoperabilidad para Gobierno Digital de Colombia, establecido por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), proporciona las directrices y estándares para este propósito, incluyendo la plataforma X-ROAD para el intercambio seguro de datos.

Figura 9. Proceso de implementación de la interoperabilidad.

Guía de Implementación para la Interoperabilidad en la CGR



La implementación de herramientas como los Buses de Servicios Empresariales (ESB) y las soluciones de API Management son clave para orquestar y gestionar este complejo ecosistema de intercambio de datos. Un ESB facilita la integración entre sistemas heterogéneos, transformando formatos y enrutando mensajes, mientras que la gestión de las API permite diseñar, publicar, documentar y analizar las API de forma segura, controlando el acceso y monitoreando su uso. Este enfoque integral en la automatización y la interoperabilidad es fundamental para que la CGR opere como una entidad unificada y ágil en la era digital.

3.3. Implicaciones en la eficiencia del control fiscal: Un nuevo paradigma de gobernanza

La modernización tecnológica y la analítica de datos no son meras actualizaciones de sistemas; representan una transformación fundamental que tiene implicaciones profundas y multifacéticas en la eficiencia del control fiscal en Colombia. Estos avances no solo optimizan las operaciones internas de la CGR, sino que también elevan drásticamente la capacidad de la entidad para cumplir con su misión constitucional de manera más efectiva, proactiva y transparente, redefiniendo el paradigma de la gobernanza pública.

En primer lugar, la detección temprana y la prevención del fraude se ven significativamente mejoradas, pasando de un modelo reactivo a uno predictivo. La implementación de herramientas de IA y *machine learning* permite a la CGR ir más allá de la auditoría tradicional *ex post*. Ahora es posible identificar patrones anómalos, comportamientos sospechosos y riesgos potenciales en tiempo real, mucho antes de que las irregularidades se materialicen en daños al patrimonio público. Esto significa que la CGR puede generar alertas tempranas que faciliten intervenciones oportunas, mitigando pérdidas y evitando que los recursos públicos sean malversados. Por ejemplo, mediante el análisis predictivo de datos contractuales, la DIARI puede identificar licitaciones con patrones de riesgo elevado o proveedores con historiales cuestionables, permitiendo una acción preventiva que salvaguarde el erario (Restrepo-Carmona et al., 2024). Esta capacidad de anticipación es un cambio de juego en la lucha contra la corrupción.

En segundo lugar, la optimización de recursos y la eficiencia operativa son beneficios directos y tangibles de esta modernización. La automatización de procesos, a través de tecnologías como RPA y la integración de IA, reduce drásticamente la carga de tareas manuales, repetitivas y de bajo valor añadido. Esto libera al personal de la CGR, permitiéndole concentrarse en actividades de mayor valor estratégico que requieren juicio humano, análisis complejo y toma de decisiones. El resultado no es solo un aumento notable en la productividad individual y colectiva, sino también una reducción significativa en los costos operativos asociados a la fiscalización. La gestión eficiente de grandes volúmenes de datos, desde su captura automatizada hasta su almacenamiento escalable y procesamiento inteligente, minimiza la redundancia de la información y mejora su calidad, lo que a su vez se traduce en análisis más precisos y confiables, evitando reprocesos y optimizando el uso de los recursos internos de la entidad (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023b).

En tercer lugar, la toma de decisiones informada y estratégica se fortalece de manera exponencial. Las arquitecturas de datos avanzadas, que integran *data lakes* y *data warehouses* en entornos de nube, combinadas con la minería de datos y la visualización interactiva, proporcionan a los tomadores de decisiones una visión integral, consolidada y en tiempo real del estado de los recursos públicos. Esto les permite ir más allá de los datos históricos para identificar tendencias emergentes, evaluar el impacto de las políticas públicas en tiempo real y tomar decisiones estratégicas basadas en evidencia sólida y actualizada. Esta capacidad es crucial no solo para la asignación eficiente de

fondos, sino también para la formulación de políticas públicas más efectivas y adaptadas a las realidades cambiantes del país (Restrepo-Carmona et al., 2024b). La visualización avanzada, en particular, transforma conjuntos de datos complejos en narrativas comprensibles, facilitando la comunicación de *insights* a audiencias diversas y acelerando el ciclo de decisión.

Finalmente, la transparencia y la rendición de cuentas se elevan a un nuevo nivel, fomentando una mayor confianza ciudadana. Al automatizar la recopilación y el procesamiento de datos, y al mejorar la interoperabilidad entre entidades gubernamentales, se reduce la opacidad inherente a los sistemas fragmentados y se facilita el acceso a la información para el público en general. Esto no solo fortalece la confianza de los ciudadanos en las instituciones, al demostrar un uso más eficiente y responsable de los recursos, sino que también empodera a la sociedad civil para ejercer un control social más efectivo sobre la gestión del patrimonio público. La capacidad de la CGR para presentar datos complejos de manera clara, accesible y atractiva mediante herramientas de visualización avanzada es fundamental para este propósito, cerrando el ciclo de la fiscalización con una comunicación efectiva y transparente. Además, la implementación de políticas de gobernanza de datos y el uso de estándares de interoperabilidad garantizan que el intercambio de información se realice de manera ética y segura, protegiendo la privacidad de los ciudadanos y la integridad de los datos sensibles.

En suma, la modernización tecnológica y la analítica de datos no son solo una mejora incremental para el control fiscal; representan una transformación fundamental que permite a

la CGR ser más ágil, inteligente, proactiva y transparente en su misión de salvaguardar el patrimonio de todos los colombianos, construyendo un futuro de gobernanza más eficiente y confiable en la era digital.

Capítulo 4

Desarrollo de soluciones integrales y programas de apropiación

La modernización del control fiscal en Colombia, liderada por la Contraloría General de la República (CGR) y su Dirección de Información, Análisis y Reacción Inmediata (DIARI), es un proceso que trasciende la implementación de tecnologías avanzadas. Se trata de un enfoque integral que reconoce la interdependencia entre la infraestructura tecnológica, la capacidad analítica y, fundamentalmente, la apropiación social del conocimiento por parte de los servidores públicos y la ciudadanía. Este capítulo explora cómo la DIARI ha desarrollado soluciones holísticas y programas estratégicos para fortalecer la interoperabilidad, democratizar el acceso a la información y fomentar una cultura de innovación y transparencia en el sector público.

4.1. Introducción al enfoque integral: Tejiendo la red del control fiscal moderno

El camino hacia la modernización del control fiscal es, por naturaleza, un esfuerzo multifacético. No basta con adquirir las herramientas más sofisticadas o diseñar las arquitecturas de datos más avanzadas si estas no se integran armoniosamente en el ecosistema institucional y no son comprendidas y utilizadas eficazmente por quienes deben beneficiarse de ellas. La DIARI ha adoptado un enfoque integral que reconoce esta complejidad, entendiendo que la eficiencia del control fiscal moderno depende de la confluencia de tres pilares fundamentales: una infraestructura tecnológica robusta, capacidades analíticas de vanguardia y una profunda apropiación social del conocimiento (Restrepo-Carmona, 2024).

Este enfoque integral se manifiesta en la concepción de soluciones que abordan el ciclo de vida completo de los datos, desde su origen hasta su impacto en la toma de decisiones y en la participación ciudadana. Se busca construir un sistema donde la información fluya sin barreras, se transforme en conocimiento accionable y se traduzca en una fiscalización más efectiva y transparente. La integración no es solo técnica; es también organizacional y cultural, buscando alinear los procesos, las personas y la tecnología hacia un objetivo común: la defensa y protección del patrimonio público en la era digital.

La implementación de este enfoque integral implica un compromiso con la mejora continua y la adaptabilidad. Reconoce que el entorno tecnológico y regulatorio está en constante

evolución, y que las soluciones deben ser lo suficientemente flexibles para ajustarse a nuevas realidades. Además, subraya la importancia de la colaboración interinstitucional y la participación activa de los grupos de valor, desde los servidores públicos hasta la sociedad civil, como cocreadores y beneficiarios de esta transformación. Los logros que se presentarán a continuación son testimonio de este compromiso con un control fiscal que no solo es moderno en sus herramientas, sino también en su filosofía y su impacto social.

4.2. Logros principales: Cimientos de una gestión fiscal transparente

Los esfuerzos de la DIARI en la modernización del control fiscal se han traducido en logros significativos que abarcan desde el fortalecimiento de la interoperabilidad hasta la implementación de programas de apropiación social del conocimiento, consolidando una visión integral de la gestión pública en la era digital (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023c).

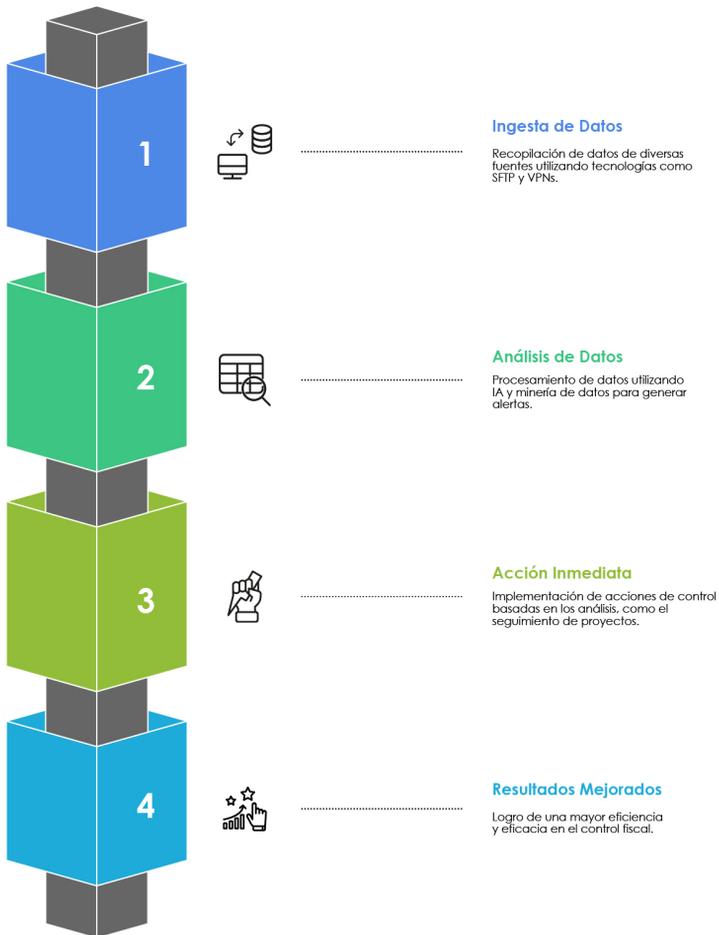
4.2.1. Fortalecimiento de la interoperabilidad en la CGR: Conectando el ecosistema de datos

La interoperabilidad es la columna vertebral de cualquier administración pública moderna y eficiente. Se refiere a la capacidad de diferentes sistemas de información, dispositivos y aplicaciones para acceder, intercambiar, integrar y utilizar cooperativamente datos de manera coordinada, tanto dentro de una organización como entre distintas entidades y a través de fronteras nacionales (Restrepo-Carmona et al., 2024b). Para

la CGR, y en particular para la DIARI, el fortalecimiento de la interoperabilidad ha sido un objetivo estratégico crucial, dada la vasta cantidad de información que debe gestionar y compartir con un amplio ecosistema de entidades públicas y privadas.

Figura 10. Modernización tecnológica y analítica de datos.

Lograr el Control Fiscal Eficaz



El desafío de la interoperabilidad es multifacético. Los datos se presentan en una diversidad de formatos (desde bases de datos relacionales hasta documentos de texto, imágenes y videos), los sistemas utilizan diferentes protocolos de comunicación, y existen variaciones en la semántica de los datos, lo que puede dificultar su correcta interpretación. Además, las preocupaciones de seguridad y privacidad son primordiales al compartir información sensible o regulada entre sistemas. Para abordar estos retos, la DIARI ha conceptualizado una serie de actividades y la adopción de estándares rigurosos.

Las actividades para lograr la interoperabilidad de datos incluyen:

- **Definición de requisitos de integración y del ciclo de vida:** Comprender los objetivos organizacionales, las leyes y regulaciones aplicables, y las políticas de retención de datos.
- **Descubrimiento de datos:** Identificar posibles fuentes de datos y puntos de integración, asegurando la calidad de la información.
- **Documentación del linaje de datos:** Trazar el flujo de datos dentro de la organización, desde su origen hasta su uso final.
- **Perfilado de datos:** Entender el contenido y la estructura de los datos para identificar diferencias y tomar decisiones sobre el diseño de la integración.
- **Recopilación de reglas de negocio:** Establecer las reglas que dirigen el flujo de datos y monitorean las operaciones.
- **Diseño de la arquitectura de integración de datos:** Crear una solución que reutilice componentes existentes y satisfaga los requisitos.
- **Modelado de núcleos de datos, interfaces, mensajes y servicios**

de datos: Definir las estructuras de datos necesarias para la integración.

- **Mapeo de fuentes de datos hacia los destinos:** Especificar las reglas de transformación de datos.
- **Diseño de la orquestación de datos:** Planificar los flujos de datos de principio a fin.
- **Desarrollo de servicios de datos y flujos de datos:** Construir los mecanismos para acceder, transformar y entregar datos.
- **Desarrollo del enfoque de migración de datos y publicación:** Planificar el movimiento de datos y la difusión de información.
- **Desarrollo de flujos de procesamiento de eventos complejos:** Preparar el sistema para manejar eventos en tiempo real.
- **Mantenimiento de metadatos de interoperabilidad:** Asegurar la comprensión y el uso adecuado de los datos en el sistema.

En Colombia, el Marco de Interoperabilidad para Gobierno Digital del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2019) ha sido una guía fundamental. Este marco establece un enfoque común para la interoperabilidad entre las organizaciones estatales, definiendo un conjunto de elementos comunes como vocabulario, conceptos, principios, políticas, directrices, recomendaciones, estándares, especificaciones y prácticas. Sus objetivos son facilitar el intercambio de información, mejorar la eficiencia de los servicios públicos, promover la transparencia y la participación ciudadana, garantizar la seguridad y privacidad de la información, y fomentar la innovación y el desarrollo de nuevos servicios digitales. El marco se estructura en seis dominios principales: interoperabilidad técnica, semántica,

organizacional, legal, de seguridad y privacidad, y de datos abiertos.

La DIARI ha tomado como referencia modelos de interoperabilidad de organismos de control de otros países, como la Oficina de Responsabilidad Gubernamental (GAO) de Estados Unidos, la Oficina de Auditoría General (OAG) de Canadá, la Intervención General de la Administración del Estado (IGAE) de España, y el Comité de Arquitectura y Estándares (ASC) de la OTAN, así como el Sistema Nacional de Fiscalización (SNF) de México y el Tribunal de Contas da União (TCU) de Brasil. Estos modelos han proporcionado insights sobre elementos clave como la arquitectura empresarial, estándares y protocolos técnicos, catálogos de servicios, marcos de seguridad y gestión, y la importancia de las definiciones de datos comunes y los modelos de datos.

4.2.1.1. Caracterización de fuentes críticas y prototipos tecnológicos (p. ej., tableros en Power BI)

La identificación y caracterización de fuentes de datos críticas es un paso fundamental en el fortalecimiento de la interoperabilidad y la capacidad analítica de la CGR. La DIARI opera con una vasta red de más de 1.600 bases de datos de entidades públicas a nivel nacional, lo que genera un volumen considerable de información. Estas fuentes son diversas en su naturaleza, incluyendo datos estructurados (formularios, bases de datos relacionales), semiestructurados (XML, JSON) y no estructurados (documentos anexos, imágenes, texto extraído de PDF, datos de redes sociales, datos georreferenciados).

La caracterización de estas fuentes implica no solo identificar su tipo y formato, sino también evaluar su calidad, periodicidad de actualización, volumen y relevancia para los objetivos de control fiscal. Este proceso es crucial para diseñar estrategias de adquisición y captura de datos que sean eficientes y que garanticen la integridad de la información desde su origen. La DIARI utiliza servicios web y protocolos seguros como SFTP y VPN para el intercambio de información con las entidades vigiladas, lo que permite la ingesta de datos en lotes o, en el futuro, en tiempo real.

El desarrollo de prototipos tecnológicos es una práctica esencial en este proceso de modernización. Estos prototipos, como los tableros en Power BI, son representaciones funcionales de las soluciones propuestas, que permiten a los usuarios finales interactuar con los datos y validar su utilidad antes de la implementación a gran escala. La creación rápida de prototipos, desde bocetos de baja fidelidad hasta visualizaciones interactivas de alta fidelidad, facilita la retroalimentación temprana y la adaptación del diseño a las necesidades reales de los usuarios.

Los tableros de control (*dashboards*) son ejemplos paradigmáticos de estos prototipos. Permiten la visualización en tiempo real del estado de proyectos, alertas y requerimientos, proporcionando una vista global y detallada de la información relevante. Herramientas como Tableau Desktop y Power BI son ampliamente utilizadas para construir estos tableros, que facilitan la toma de decisiones informadas y la supervisión del desempeño. La DIARI busca que estos prototipos no solo presenten datos, sino que también cuenten “historias” que permitan comprender

las relaciones causales y el contexto detrás de los números, transformando la información en conocimiento accionable.

La CGR ha implementado un sistema de cálculo de relevancia y criticidad para sus fuentes de información, lo que permite priorizar su gestión y seguimiento (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023c). Este sistema asigna puntajes basados en la clasificación de la información (privada, semiprivada, pública clasificada, pública reservada y pública), el número de modelos analíticos asociados y la periodicidad de actualización de la fuente). Un ejemplo de cálculo de criticidad para una fuente de información muestra cómo se combinan estos factores para obtener una calificación final.

El prototipo desarrollado en Power BI permite visualizar estas clasificaciones de criticidad y relevancia, facilitando la identificación de las fuentes más importantes para el seguimiento. El tablero muestra el número total de fuentes SFTP (4.167 en un ejemplo), la distribución por sectores y subsectores (siendo “GESTIÓN PÚBLICA E INSTITUCIONES FINANCIERAS” el sector con más fuentes), y la clasificación por nivel de privacidad y periodicidad de actualización (predominando “Pública reservada” e “Histórico”). Este tablero centraliza la información y la transforma en gráficos visuales sencillos de entender y visualmente atractivos, lo que permitirá a la CGR promover procesos de evaluación y actualización de sus plataformas.

Se ha identificado que la CGR tiene una coincidencia del 64% con los campos que define MinTIC para la descripción de fuentes de información y un 45% en los campos de descripción de flujos de

información, lo que indica una adaptación de los documentos a las necesidades de la CGR y la aplicación de las guías sugeridas por el MinTIC. Sin embargo, se ha detectado una falta de clasificación estándar de la información, con categorías no respaldadas por la normativa vigente, lo que genera ambigüedades y posibles inconsistencias. Se recomienda una validación y reclasificación de las fuentes de información siguiendo estándares alineados con las mejores prácticas y regulaciones nacionales.

La DIARI ha desarrollado un proceso automatizado en Python, utilizando Databricks, para mejorar la cantidad de fuentes de información. Este proceso ha aumentado las fuentes monitoreadas de 1.672 a 4.167, lo que representa un incremento del 149%.

El análisis de contribución de fuentes de información ha permitido evaluar la importancia y el impacto de distintas fuentes en los resultados y el rendimiento en diversos dominios. Por ejemplo, el “Modelo riesgo precontractual y contractual” se conecta a 40 fuentes de la Agencia Nacional de Contratación Pública - Colombia Compra Eficiente, dos de la Contraloría de Bogotá y una de la CGR. El “Modelo Cadena Presupuestal” se conecta a once fuentes del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, dos del Departamento Nacional de Planeación y dos de la Contaduría General de la Nación. Estos análisis detallados permiten comprender cómo las fuentes de información contribuyen a la eficacia organizacional de la CGR.

El prototipo de políticas de gestión de datos, diseñado para mejorar la gestión, protección y uso adecuado de la información, ha demostrado ser altamente aplicable y beneficioso. Aborda

la definición de roles y responsabilidades, el establecimiento de estándares de calidad, la protección de la integridad, confidencialidad y disponibilidad de la información, y el cumplimiento de normativas.

4.2.1.2. Implementación de una plataforma de fuente única de datos y API integrada

Un logro fundamental en la modernización de la CGR es la conceptualización e implementación de una plataforma de fuente única de datos. En un entorno donde la información puede estar dispersa en múltiples sistemas y formatos, la consolidación de los datos en un repositorio centralizado es crucial para garantizar la coherencia, la integridad y la fiabilidad de la información. Esta plataforma no solo actúa como un “lago de datos” (*data lake*) para almacenar información en su formato original, sino que también integra un “almacén de datos” (*data warehouse*) para información estructurada y optimizada para análisis específicos. Esta arquitectura híbrida permite a la DIARI manejar la diversidad y el volumen del *big data*, al tiempo que facilita análisis profundos y predictivos.

La implementación de API (Interfaces de Programación de Aplicaciones) integradas es un componente esencial de esta plataforma de fuente única. Las API son mecanismos que permiten a diferentes componentes de *software* comunicarse entre sí, facilitando el intercambio de datos y la interoperabilidad. La DIARI ha conceptualizado el uso de API RESTful y GraphQL, que son estándares modernos para la comunicación entre sistemas, permitiendo que las aplicaciones y servicios accedan a los datos

de la plataforma de manera programática y segura. Esto no solo agiliza el flujo de información dentro de la CGR, sino que también facilita la interacción con entidades externas, promoviendo un ecosistema de datos conectado y eficiente.

La plataforma de fuente única de datos y las API integradas son cruciales para:

- Eliminar silos de información: Al consolidar los datos, se evita la duplicación y se asegura que todos los usuarios accedan a la versión más actualizada y confiable de la información.
- Mejorar la calidad de los datos: Al centralizar la información, se pueden implementar procesos de limpieza, validación y gobernanza de datos de manera más efectiva, garantizando la precisión y la integridad.
- Potenciar la analítica avanzada: Una fuente única de datos facilita la aplicación de algoritmos de IA y *machine learning*, ya que los modelos pueden acceder a un conjunto de datos más completo y coherente.
- Agilizar la toma de decisiones: Al tener acceso a información consolidada y en tiempo real a través de API, los tomadores de decisiones pueden obtener *insights* más rápidamente y responder con mayor agilidad a las situaciones críticas.
- Fomentar la colaboración: La interoperabilidad facilitada por las API promueve la colaboración entre diferentes unidades de la CGR y con entidades externas, permitiendo un trabajo conjunto más eficiente en la fiscalización de los recursos públicos.

4.2.2. Programas de apropiación social del conocimiento e iniciativas como “DIARI en el Territorio”

La modernización tecnológica, por sí sola, no garantiza la transformación. Es imperativo que el conocimiento generado a través de la investigación y el desarrollo sea apropiado por los servidores públicos y la ciudadanía. La DIARI ha reconocido este principio fundamental y ha implementado programas de apropiación social del conocimiento, buscando cerrar la brecha entre la capacidad tecnológica y la habilidad humana para utilizarla eficazmente (Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia, 2023c).

La apropiación social del conocimiento se refiere al proceso mediante el cual la información y las innovaciones tecnológicas son comprendidas, asimiladas y utilizadas de manera significativa por la sociedad. Para la DIARI, esto implica no solo capacitar al personal en el uso de nuevas herramientas, sino también fomentar una cultura organizacional que valore la innovación, el aprendizaje continuo y el intercambio de experiencias.

Una de las iniciativas destacadas en este ámbito es “DIARI en el Territorio”. Este programa busca extender los beneficios de la modernización tecnológica de la CGR más allá de la sede central, llevando las capacidades de la DIARI a las regiones y municipios de Colombia. A través de talleres, capacitaciones y la implementación de proyectos piloto a nivel local, “DIARI en el Territorio” busca:

- Fortalecer las capacidades de control fiscal a nivel local: Empoderando a las contralorías departamentales y municipales con herramientas y metodologías avanzadas para la fiscalización de los recursos públicos en sus jurisdicciones.

- Fomentar la participación ciudadana: Brindando a la sociedad civil herramientas y conocimientos para ejercer un control social más efectivo sobre la gestión de los recursos públicos en sus comunidades. Esto puede incluir la capacitación en el uso de plataformas de datos abiertos o la interpretación de informes de fiscalización.
- Identificar necesidades y desafíos específicos de las regiones: Permitiendo a la DIARI adaptar sus soluciones y programas a las particularidades de cada territorio, asegurando su relevancia y pertinencia.
- Promover el intercambio de buenas prácticas: Creando espacios para que las experiencias exitosas a nivel local sean compartidas y replicadas en otras regiones, generando un efecto multiplicador en la modernización del control fiscal.

Esta iniciativa es un claro ejemplo de cómo la DIARI no solo se enfoca en la tecnología, sino también en el impacto social de sus innovaciones, buscando democratizar el acceso al conocimiento y fortalecer la gobernanza en todo el país.

4.2.3. Uso y apropiación de tecnologías 4.0 en el sector público: *La Escuela DIARI y su impacto*

El éxito de la modernización tecnológica en el sector público depende, en gran medida, de la capacidad de los servidores públicos para adoptar y utilizar eficazmente las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial. La DIARI ha implementado programas estructurados para fomentar esta apropiación, siendo la “Escuela DIARI” una de las iniciativas más relevantes.

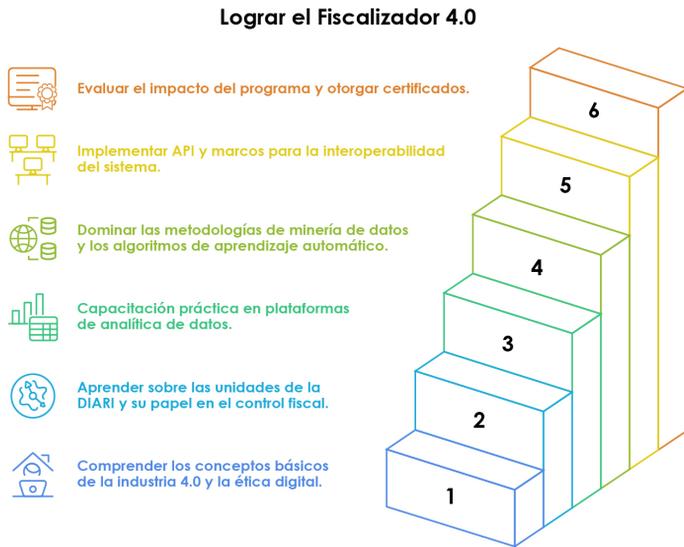
4.2.3.1. Desarrollo de programas de formación, cursos y webinars (“Escuela DIARI”)

La “Escuela DIARI” es una estrategia de *e-learning* de vanguardia, diseñada para fortalecer las capacidades del personal de la CGR y generar una apropiación social del conocimiento sobre herramientas propias de la Cuarta Revolución Industrial y la interoperabilidad. Su propósito es democratizar el acceso a recursos educativos en línea sobre el uso de tecnologías 4.0 en la protección de recursos públicos.

Los programas de formación, cursos y webinars de la Escuela DIARI cubren una amplia gama de temas que incluyen:

- **Conceptos fundamentales de la Industria 4.0:** Introducción a la inteligencia artificial, machine learning, *big data*, computación en la nube, Internet de las Cosas (IoT) y *blockchain*.
- **Herramientas de analítica de datos:** Capacitación práctica en el uso de plataformas de visualización de datos (*dashboards*), minería de datos y análisis predictivo.
- **Interoperabilidad y gestión de datos:** Formación en estándares de intercambio de datos, API y mejores prácticas para la gestión de la información en entornos distribuidos.
- **Ciberseguridad y privacidad de datos:** Concientización y capacitación en la protección de información sensible y el cumplimiento de las regulaciones de privacidad.
- **Aplicaciones específicas al control fiscal:** Casos de uso y ejemplos prácticos de cómo estas tecnologías se aplican en la detección de fraude, el monitoreo de proyectos y la fiscalización de recursos públicos.

Figura 11. Pasos para el Desarrollo del Fiscalizador 4.0.



La metodología de capacitación se basa en un modelo cíclico que incluye la planeación, análisis de necesidades, diseño de contenidos, desarrollo de materiales, entrega de cursos y un proceso continuo de refuerzo y evaluación. Este enfoque asegura que la formación sea pertinente, interactiva y adaptable a las necesidades cambiantes de los participantes. Además, se enfatiza la documentación de procedimientos y mejores prácticas, así como la formalización de manuales de usuario y técnicos, para asegurar la continuidad del conocimiento.

Los cursos se imparten a través de la plataforma Moodle, diseñada para ser accesible e interactiva, adaptándose a las necesidades de los usuarios de la CGR y sus grupos de valor. El desarrollo de los cursos sigue un proceso riguroso que incluye la selección

de expertos temáticos, producción de contenido por parte de un equipo de Aprendizaje Interactivo, seguimiento y ajuste por parte de un dinamizador, y validación final con los funcionarios de la CGR. Cada curso es visualmente atractivo y accesible desde cualquier dispositivo, promoviendo el aprendizaje autónomo.

Se recomienda la inclusión de nuevos cursos sobre temáticas emergentes como inteligencia artificial y *blockchain*, así como incentivar la participación en foros y actividades colaborativas mediante gamificación o reconocimiento. Es crucial integrar herramientas de retroalimentación continua y personalizada, y establecer un cronograma regular de revisión y actualización de los materiales educativos. Un soporte técnico robusto y accesible es fundamental para asegurar una experiencia de aprendizaje sin interrupciones. La CGR debe adoptar un enfoque proactivo y estratégico en la capacitación, creando una escuela de formación virtual que se adapte a las necesidades de conocimiento de cada público.

4.2.3.2. Evaluación e impacto del programa en servidores públicos y grupos de valor

La evaluación del impacto de los programas de apropiación es crucial para medir su efectividad y asegurar que la inversión en capacitación se traduzca en mejoras tangibles en el control fiscal. La DIARI implementa un sistema de monitoreo continuo para evaluar la calidad y la precisión de la presentación de datos, así como el impacto de la capacitación en el desempeño de los servidores públicos y los grupos de valor.

Los criterios de evaluación incluyen:

- **Claridad y simplicidad:** La facilidad con la que los usuarios comprenden la información y las visualizaciones.
- **Relevancia y pertinencia:** La utilidad de la información presentada para los objetivos de control fiscal.
- **Precisión de los datos:** La exactitud y confiabilidad de la información utilizada en las visualizaciones.
- **Adecuación del tipo de gráfico:** La selección apropiada de representaciones visuales para los datos.
- **Interactividad:** La facilidad y efectividad de las funciones interactivas en las visualizaciones.
- **Consistencia y estilo visual:** La uniformidad en el diseño y la presentación de los datos.
- **Impacto y toma de decisiones:** La influencia de las visualizaciones en la comprensión y las acciones de los usuarios.

Este proceso de evaluación es continuo y adaptativo, dependiendo de la retroalimentación de los usuarios y la identificación de áreas de mejora. La recopilación constante de *feedback* de usuarios, la consistencia en la presentación de datos, el rendimiento técnico, la actualización de fuentes de datos y la consideración de características interactivas, de seguridad y de capacitación son aspectos clave para la mejora continua.

El monitoreo, seguimiento, control y evaluación del programa de uso y apropiación de tecnologías 4.0 se realiza mediante un enfoque metodológico de cuatro momentos: definición de aspectos clave, establecimiento de indicadores, diseño y aplicación

de instrumentos de recopilación de información, y transferencia de conocimiento. Los resultados de este monitoreo permiten asegurar la calidad en la implementación del programa y llevar a cabo acciones de mejora continua basadas en datos concretos e información en tiempo real, garantizando su sostenibilidad a largo plazo. Se recomienda actualizar constantemente la herramienta tecnológica utilizada, implementar estrategias de formación continua, y realizar evaluaciones periódicas del impacto del programa en las actividades laborales y la eficiencia de los servidores públicos.

Un instrumento clave para la evaluación de la satisfacción ha sido un cuestionario estructurado que busca una visión integral de las experiencias de los participantes. Los resultados revelan áreas de éxito y oportunidades de mejora, como la necesidad de mayor claridad y aplicación práctica en los contenidos, la revisión de la estructura del curso y la diversificación del contenido. La implementación de certificados oficiales para los cursos podría aumentar la motivación y la percepción de valor del programa.

La sistematización de lecciones aprendidas es un proceso paralelo que captura problemáticas, aprendizajes, buenas prácticas y oportunidades de mejora a lo largo del programa. Se ha identificado la importancia de un enfoque integral que incluya habilidades técnicas y blandas, la adaptación a necesidades regionales, la cualificación de la plataforma virtual, la ampliación de recursos educativos y la personalización de rutas de formación.

Se han identificado y descrito casos exitosos de adopción de tecnologías 4.0 en instituciones públicas, que sirven como

referentes para el programa. Estos casos abarcan desde la automatización de procesos administrativos hasta la mejora de la seguridad pública y la eficiencia en la gestión de recursos. Se recomienda una planificación estratégica, inversión en capacitación, fomento de una cultura de innovación abierta y colaboración, y el establecimiento de marcos regulatorios claros para abordar privacidad, seguridad y ética.

La difusión y divulgación científica son fundamentales para compartir el conocimiento generado. Se han propuesto métricas y herramientas para evaluar el rendimiento de cada producto comunicativo (infografías, videos cortos, diccionarios para biblioteca virtual, artículos científicos, eventos presenciales y webinars). Se recomienda el análisis digital y de redes sociales, el uso de encuestas, reuniones periódicas, análisis de sentimiento, tecnologías de *big data* y *machine learning*, y la documentación de lecciones aprendidas.

Finalmente, el evento institucional “Hacia la Transformación Digital de la DIARI”, organizado en colaboración con la Universidad Nacional, ha sido un espacio clave para la difusión de avances científicos y tecnológicos. Con la asistencia de más de 174 personas y una calificación promedio de 4.72 sobre 5, el evento destacó la calidad de los panelistas y la pertinencia de los temas. Se recomienda hacer los eventos más interactivos, mejorar la puntualidad y la gestión del tiempo, y ampliar las iniciativas de capacitación en IA y *big data*.

Las actividades de transferencia de conocimiento han fortalecido las capacidades institucionales, promoviendo un entorno de aprendizaje continuo y colaborativo. La centralización de la

información ha mejorado la accesibilidad y sistematización de los datos, facilitando la toma de decisiones informadas. La implementación de un sistema de evaluación y seguimiento continuo ha permitido medir el impacto de los programas y ajustar los contenidos según las necesidades emergentes. La colaboración con instituciones académicas y de investigación ha enriquecido los programas, demostrando el potencial de las tecnologías de la Industria 4.0 para mejorar la eficiencia operativa y la transparencia en la administración pública.

Capítulo 5

Conclusiones, lecciones aprendidas y perspectivas futuras

La modernización del control fiscal en Colombia, impulsada por la Contraloría General de la República (CGR) y su Dirección de Información, Análisis y Reacción Inmediata (DIARI), representa un esfuerzo ambicioso y multifacético por adaptar la vigilancia del patrimonio público a las exigencias de la era digital. A lo largo de este trabajo, hemos explorado cómo la implementación de tecnologías avanzadas, la inversión en investigación y desarrollo, y el fomento de la apropiación social del conocimiento han transformado la capacidad de la CGR para ejercer un control más eficiente, transparente y proactivo. Este capítulo final sintetiza el impacto de los proyectos clave, reflexiona sobre las lecciones aprendidas y los retos identificados, y traza las perspectivas hacia un control fiscal innovador y alineado con las dinámicas de la digitalización global.

5.1. Impacto de los proyectos de I+D+i en la modernización del control fiscal

Los esfuerzos de la CGR y la DIARI en la modernización del control fiscal se han materializado a través de varios proyectos interconectados, cada uno con un impacto significativo en la transformación de la entidad y en la mejora de la gobernanza pública. Estos proyectos no solo han introducido herramientas tecnológicas de vanguardia, sino que también han fomentado un cambio cultural y organizacional fundamental.

El primer pilar de esta modernización ha sido el fortalecimiento de las capacidades de investigación y desarrollo (I+D+i), como se detalló en el Capítulo 2. Este componente ha permitido a la DIARI trascender un enfoque reactivo para adoptar una postura proactiva y anticipatoria en la fiscalización. Mediante estudios prospectivos y de vigilancia tecnológica, la DIARI ha logrado identificar las tendencias emergentes en inteligencia artificial, *machine learning* y *big data*, evaluando su aplicabilidad en el contexto del control fiscal. La creación de un observatorio estratégico de estudios de futuro ha dotado a la entidad de una brújula para navegar el complejo panorama tecnológico, permitiéndole anticipar desafíos y oportunidades. Proyectos como SEGUDIARI, SIGID y la transformación de modelos de riesgo en algoritmos de *machine learning* son testimonio de este compromiso con la innovación aplicada. El impacto de este pilar es la capacidad de la CGR para mantenerse a la vanguardia tecnológica, no solo adoptando soluciones, sino también conceptualizándolas y adaptándolas a sus necesidades específicas, lo que se traduce en una fiscalización más inteligente y con mayor capacidad de anticipación.

El segundo pilar, la modernización tecnológica y la analítica de datos, abordada en el Capítulo 3, ha sido fundamental para transformar la forma en que la CGR gestiona, procesa y visualiza la información. La conceptualización de arquitecturas tecnológicas robustas para la gestión de grandes volúmenes de datos, como los *data lakes* y *data warehouses* en entornos de nube, ha permitido a la DIARI manejar la diversidad y el volumen del *big data* de manera eficiente y segura. La implementación de herramientas de inteligencia artificial y minería de datos ha posibilitado el procesamiento avanzado de la información, desde la clasificación y detección de anomalías hasta la predicción de riesgos y la identificación de patrones complejos de fraude. La automatización de procesos, a través de la RPA y la integración de IA, ha optimizado las operaciones internas, liberando recursos humanos para tareas de mayor valor estratégico. Crucialmente, el desarrollo de soluciones de interoperabilidad, basadas en estándares como API RESTful y GraphQL, ha facilitado el intercambio fluido y seguro de información con entidades externas, eliminando silos de datos y promoviendo una visión unificada del patrimonio público. El impacto de este pilar es una CGR con una capacidad analítica sin precedentes, capaz de transformar datos brutos en *insights* accionables, lo que agiliza la toma de decisiones y fortalece la detección y prevención del fraude fiscal.

El tercer pilar, el desarrollo de soluciones integrales y programas de apropiación, detallado en el Capítulo 4, ha sido esencial para asegurar que la modernización tecnológica no sea solo una cuestión de infraestructura, sino también de impacto social y humano. La DIARI ha reconocido que la apropiación social del

conocimiento es tan vital como la tecnología misma. Iniciativas como “DIARI en el Territorio” han extendido las capacidades de control fiscal a nivel local, empoderando a las contralorías departamentales y municipales, y fomentando la participación ciudadana en la vigilancia de los recursos públicos. La “Escuela DIARI”, como estrategia de *e-learning*, ha desarrollado programas de formación, cursos y webinars que capacitan a los servidores públicos en el uso de tecnologías 4.0, mejorando sus competencias técnicas y habilidades blandas. La evaluación continua de estos programas ha permitido medir su impacto en el desempeño y la satisfacción de los participantes, asegurando que la inversión en capacitación se traduzca en mejoras tangibles en el control fiscal. El impacto de este pilar es una CGR que no solo es tecnológicamente avanzada, sino también humanamente capacitada y socialmente conectada, fomentando una cultura de innovación, transparencia y rendición de cuentas en todo el sector público.

En conjunto, estos tres proyectos han generado un impacto transformador en la modernización del control fiscal en Colombia. Han permitido a la CGR pasar de un modelo predominantemente reactivo a uno proactivo y predictivo, donde la tecnología y la analítica de datos son catalizadores clave para la detección temprana de irregularidades y la optimización de la gestión pública. Además, han fortalecido la transparencia y la rendición de cuentas, empoderando a la ciudadanía y promoviendo una cultura de integridad en el manejo de los recursos públicos. La sinergia entre la investigación, la implementación tecnológica y la apropiación del conocimiento ha posicionado a la CGR como un referente en la fiscalización inteligente en la era digital.

5.2. Principales lecciones aprendidas y retos identificados

El ambicioso proceso de modernización del control fiscal en Colombia ha sido una fuente invaluable de aprendizaje para la CGR y la DIARI. A lo largo de la implementación de los diferentes proyectos, se han identificado lecciones clave y retos persistentes que son cruciales para la sostenibilidad y el éxito futuro de estas iniciativas.

5.2.1. Lecciones aprendidas

Una de las principales lecciones aprendidas es la imperativa de un enfoque integral y holístico. La tecnología, por sí sola, no es una solución mágica. El éxito de la modernización radica en la capacidad de integrar la infraestructura tecnológica, las capacidades analíticas y la apropiación social del conocimiento. La inversión en I+D+i, el desarrollo de arquitecturas de datos robustas y la implementación de programas de capacitación deben ir de la mano, reconociendo que cada componente es interdependiente y contribuye al valor total. La experiencia ha demostrado que descuidar cualquiera de estos pilares puede limitar el impacto de los demás.

Otra lección fundamental es la importancia de la adaptabilidad y la flexibilidad. El entorno tecnológico y regulatorio está en constante evolución, y las soluciones rígidas están destinadas a la obsolescencia. La capacidad de la DIARI para ajustar sus estrategias, metodologías y herramientas en respuesta a nuevas realidades, como la emergencia de nuevas tecnologías o cambios

en la normativa, ha sido crucial. Esto implica una mentalidad de mejora continua, donde los prototipos y las pruebas piloto son herramientas esenciales para validar soluciones y realizar ajustes antes de la implementación a gran escala.

La colaboración interinstitucional y la participación de los grupos de valor han demostrado ser catalizadores clave. La experiencia de “DIARI en el Territorio” y la alianza con la Universidad Nacional de Colombia han subrayado el valor de trabajar en red, compartiendo conocimientos y experiencias. Involucrar a los servidores públicos y a la ciudadanía como cocreadores y beneficiarios de la transformación no solo aumenta la pertinencia de las soluciones, sino que también fomenta un sentido de propiedad y compromiso, crucial para la adopción y el uso efectivo de las nuevas herramientas.

Asimismo, la gestión del cambio organizacional emerge como una lección crítica. La introducción de nuevas tecnologías y metodologías puede generar resistencia por parte del personal acostumbrado a procesos tradicionales. Una comunicación clara y constante sobre los beneficios de la transformación, la implicación de los líderes y la provisión de apoyo continuo (capacitación, asistencia técnica) son esenciales para minimizar esta resistencia y facilitar una transición suave y exitosa.

Finalmente, la relevancia de la calidad del dato desde el origen es una lección transversal. La fiabilidad de los análisis y predicciones de la DIARI depende directamente de la calidad de los datos que se adquieren y procesan. La inversión en la caracterización de fuentes, la implementación de políticas de gobernanza de datos

y el uso de herramientas de limpieza y validación son pasos fundamentales para asegurar la integridad y precisión de la información. Los resultados de *benchmarking* han revelado la necesidad de estandarizar la clasificación de la información y los flujos de datos para mejorar la coherencia y la seguridad.

5.2.2. Retos identificados

A pesar de los avances significativos, el camino hacia la modernización total del control fiscal no está exento de retos. La DIARI ha identificado varias áreas que requieren atención continua y estratégica:

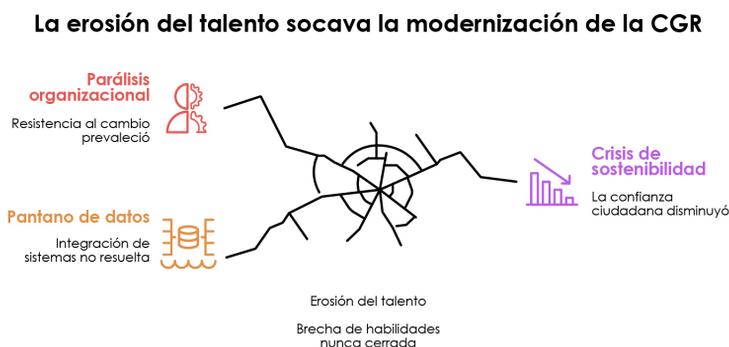
Uno de los principales retos es la persistencia de la brecha de habilidades. Aunque los programas de capacitación como la “Escuela DIARI” han tenido un impacto positivo, la rápida evolución de las tecnologías de la Industria 4.0 exige una actualización constante de las competencias del personal. La diversidad en los niveles de conocimiento tecnológico entre los funcionarios, así como la necesidad de fortalecer habilidades blandas (comunicación efectiva, resolución de conflictos, pensamiento crítico), representan un desafío continuo que requiere programas de formación adaptativos y personalizados.

La integración de sistemas heterogéneos y la interoperabilidad a gran escala siguen siendo un reto técnico considerable. Aunque se han conceptualizado arquitecturas avanzadas y se han adoptado estándares, la realidad de un ecosistema gubernamental con múltiples sistemas legados y bases de datos dispares presenta complejidades. Asegurar un flujo de información fluido, seguro

y coherente entre todas las entidades, y mantener la calidad del dato en este intercambio, requiere una inversión continua en infraestructura y en el desarrollo de API y conectores robustos. La falta de una clasificación estándar de la información en algunas fuentes de la CGR, por ejemplo, puede generar inconsistencias que dificultan la interoperabilidad a gran escala.

Otro reto importante es la sostenibilidad financiera y la asignación de recursos. La implementación y el mantenimiento de una infraestructura tecnológica de vanguardia, así como el desarrollo continuo de programas de capacitación, requieren inversiones significativas. Asegurar la financiación a largo plazo y optimizar la asignación de recursos para maximizar el retorno de la inversión en tecnología y talento humano es un desafío constante para la CGR.

Figura 12. Retos que amenazan la modernización de la CGR.



La resistencia al cambio y la adopción cultural dentro de la propia organización pueden frenar la velocidad de la transformación. A pesar de los esfuerzos de sensibilización, la inercia institucional y la comodidad con los métodos tradicionales pueden dificultar la plena apropiación de las nuevas herramientas y metodologías. Superar esta resistencia requiere un liderazgo fuerte, incentivos claros y una comunicación constante sobre los beneficios de la modernización.

Finalmente, la gestión de la seguridad y la privacidad de los datos en un entorno de *big data* y tecnologías interconectadas es un reto creciente. La CGR maneja volúmenes masivos de información sensible, y garantizar su protección contra ciberataques, fugas de datos y usos indebidos es una prioridad absoluta. Esto implica una inversión continua en ciberseguridad, la implementación de políticas de gobernanza de datos rigurosas y la adaptación a un marco regulatorio en constante evolución. La necesidad de contar con una guía funcional elaborada por expertos en información para identificar análisis clave utilizando los datos del tablero, y la automatización del flujo de información para contar con datos actualizados, son recomendaciones clave para abordar este reto.

En síntesis, las lecciones aprendidas resaltan la importancia de un enfoque integral, adaptable y colaborativo. Los retos identificados, por su parte, subrayan la necesidad de una inversión continua en talento humano, infraestructura tecnológica y una gestión del cambio proactiva para consolidar la modernización del control fiscal en Colombia.

5.3. Recomendaciones para la sostenibilidad de las iniciativas tecnológicas

Para asegurar que las iniciativas de modernización tecnológica en el control fiscal no sean esfuerzos aislados, sino que se conviertan en un proceso sostenible y en constante evolución, es crucial implementar una serie de recomendaciones estratégicas. Estas recomendaciones se basan en las lecciones aprendidas y buscan mitigar los retos identificados.

- Consolidar una estrategia de gobernanza de datos robusta y transversal: Es fundamental establecer y aplicar políticas y procedimientos claros para la gestión del ciclo de vida completo de los datos, desde su adquisición hasta su disposición final. Esto incluye la estandarización de la clasificación de la información, la definición de roles y responsabilidades (como el *Chief Data Officer* o *CDO*), y la implementación de un marco de calidad de datos que garantice la precisión, integridad y coherencia de la información. La experiencia ha demostrado que la falta de un estándar claro en la clasificación puede generar ambigüedades e inconsistencias, por lo que una reclasificación alineada con las mejores prácticas y regulaciones nacionales es imperativa.
- Inversión continua en talento humano y desarrollo de capacidades: La tecnología avanza a un ritmo vertiginoso, y la brecha de habilidades es un reto constante. Se recomienda implementar programas de capacitación continua y personalizada que aborden tanto las competencias técnicas (IA, *machine learning*, *big data*, ciberseguridad, analítica avanzada) como las habilidades blandas (pensamiento crítico, resolución de problemas, comunicación efectiva, gestión del cambio). La

“Escuela DIARI” debe ser un pilar central en esta estrategia, ampliando su oferta de cursos, incentivando la participación (posiblemente a través de gamificación y reconocimiento) y adaptando los contenidos a las necesidades específicas de cada región y nivel de experiencia.

- Fortalecer la infraestructura tecnológica y la adopción de la nube: La migración a una infraestructura en la nube, con una arquitectura híbrida que combine *data lakes* y *data warehouses*, es crucial para garantizar la escalabilidad, flexibilidad y resiliencia del sistema. Esto no solo optimiza los costos operativos al reducir la necesidad de inversión en *hardware* local, sino que también facilita la integración con herramientas modernas y la implementación de soluciones de analítica avanzada. Es vital automatizar el flujo de información del tablero para contar con datos actualizados y manejar el archivo con la extensión .pbip para facilitar el trabajo en equipo de los desarrolladores de Power BI, además de manejar un flujo automatizado de CI/CD (Integración Continua/Entrega Continua) para agilizar el ciclo de vida del *software*.
- Promover la interoperabilidad y la colaboración interinstitucional: Es esencial continuar fortaleciendo la interoperabilidad de datos con otras entidades gubernamentales, utilizando estándares abiertos y API integradas. La DIARI debe liderar la promoción de un ecosistema de datos conectado, donde la información fluya de manera segura y eficiente, eliminando silos y enriqueciendo el análisis. Esto implica establecer convenios y acuerdos de intercambio de datos claros, y participar activamente en iniciativas como el Marco de Interoperabilidad para Gobierno Digital de Colombia. La

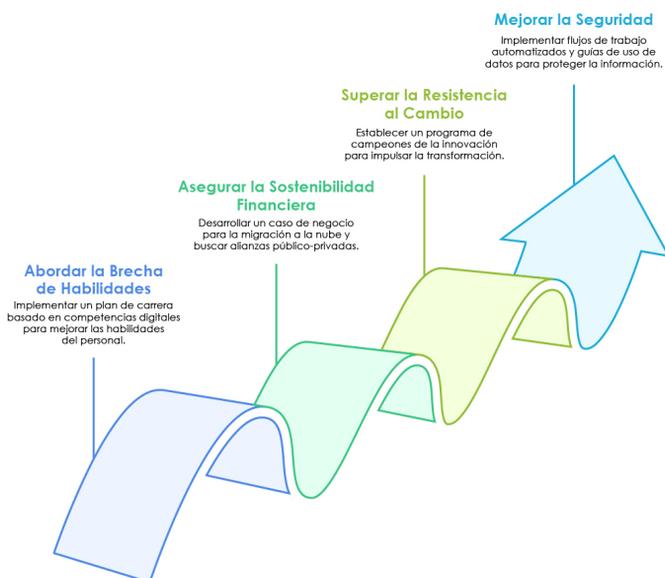
colaboración con instituciones académicas y de investigación debe ser un pilar constante para enriquecer los programas de formación y desarrollar proyectos piloto innovadores.

- Implementar un sistema robusto de monitoreo y evaluación continua: La sostenibilidad de las iniciativas tecnológicas requiere un seguimiento constante de su desempeño y su impacto. Se recomienda establecer un sistema integral de monitoreo que evalúe la calidad de los datos, la efectividad de las herramientas, la satisfacción de los usuarios y el impacto en la eficiencia del control fiscal. Este sistema debe permitir la recopilación de *feedback* continuo y la identificación rápida de áreas de mejora, asegurando que los ajustes se realicen de manera oportuna y basada en evidencia. La evaluación debe ser exhaustiva, combinando métodos cuantitativos y cualitativos, y los resultados deben comunicarse de manera transparente a todas las partes interesadas.
- Fomentar una cultura de innovación y gestión del cambio: La transformación digital es, ante todo, un cambio cultural. Se recomienda promover una cultura organizacional que valore la experimentación, el aprendizaje del error y la adaptación a nuevas formas de trabajo. Esto implica un liderazgo fuerte que impulse la transformación, la creación de incentivos para la adopción de nuevas tecnologías y la provisión de apoyo continuo para el personal. La resistencia al cambio debe abordarse de manera proactiva, a través de estrategias de comunicación claras y la participación activa de los empleados en el proceso de modernización.
- Establecer un plan de sostenibilidad financiera a largo plazo: Es crucial asegurar la financiación continua para la operación, el

mantenimiento y la evolución de la infraestructura tecnológica y los programas de apropiación. Esto implica una planificación presupuestaria rigurosa, la búsqueda de fuentes de financiación diversificadas (incluyendo alianzas público-privadas) y la optimización de costos a través de la eficiencia operativa y el uso inteligente de los recursos en la nube.

Figura 13. Hoja de Ruta para la Sostenibilidad Tecnológica.

Lograr la Sostenibilidad Tecnológica

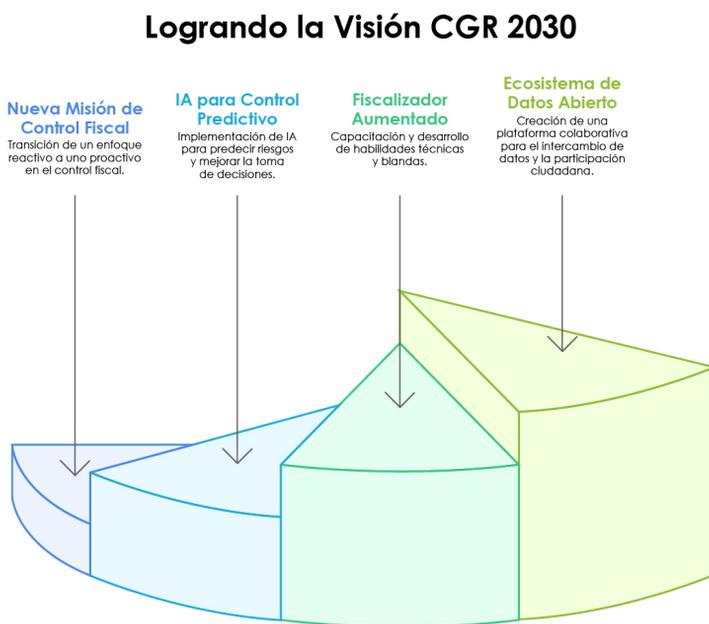


Al implementar estas recomendaciones, la CGR y la DIARI podrán asegurar la sostenibilidad de sus iniciativas tecnológicas, consolidando su liderazgo en la modernización del control fiscal y garantizando que el patrimonio público sea vigilado de manera cada vez más eficiente, transparente y proactiva en la era digital.

5.4. Perspectivas hacia un control fiscal innovador y alineado con la digitalización global

El camino recorrido por la Contraloría General de la República y la DIARI en la modernización del control fiscal es un testimonio de su compromiso con la excelencia y la adaptación a un entorno en constante cambio. Sin embargo, la digitalización global no es un destino, sino un viaje continuo. Las perspectivas futuras para el control fiscal en Colombia se perfilan hacia un modelo aún más innovador, predictivo y profundamente integrado con las dinámicas de la Sociedad 5.0.

Figura 14. Pilares de la Visión CGR 2030.



Una de las perspectivas más prometedoras es la consolidación de un control fiscal basado en inteligencia artificial y aprendizaje profundo (*deep learning*). A medida que los volúmenes y la complejidad de los datos sigan creciendo, los algoritmos avanzados serán capaces de identificar patrones y anomalías con una precisión y una velocidad inalcanzables para el análisis humano. Esto permitirá a la CGR no solo detectar fraudes, sino también anticipar riesgos sistémicos en la gestión pública, interviniendo de manera preventiva y estratégica. La integración de la IA en todas las capas del ciclo de vida del dato, desde la adquisición hasta la visualización, será fundamental. Esto incluye el desarrollo de modelos de IA explicables para garantizar la transparencia y la rendición de cuentas en las decisiones algorítmicas, un aspecto crucial en el ámbito de la fiscalización.

La interoperabilidad total y la construcción de un ecosistema de datos gubernamental unificado son otra perspectiva clave. Superar los desafíos de la integración de sistemas heterogéneos y la diversidad de formatos de datos requerirá una inversión continua en estándares abiertos y API robustas. La visión es que las entidades públicas operen como una única red de información, donde los datos fluyan sin fricciones, permitiendo una visión holística y en tiempo real del uso de los recursos públicos. Esto no solo mejorará la eficiencia interna de la CGR, sino que también potenciará la colaboración interinstitucional en la lucha contra la corrupción y en la formulación de políticas públicas basadas en evidencia. La adopción de marcos de interoperabilidad avanzados, como X-Road, y la participación activa en iniciativas de gobierno digital a nivel nacional e internacional serán esenciales para lograr esta visión.

El fortalecimiento de la ciberseguridad y la privacidad de los datos será una prioridad ineludible. A medida que el control fiscal se vuelve más digitalizado y dependiente de grandes volúmenes de datos sensibles, la exposición a ciberataques y fugas de información aumentará. Las perspectivas futuras exigen una inversión continua en tecnologías de ciberseguridad de vanguardia (detección de amenazas impulsada por IA, *blockchain* para la inmutabilidad de registros) y la implementación de políticas de gobernanza de datos aún más rigurosas. La protección de la privacidad de los ciudadanos, en línea con las normativas nacionales e internacionales, será un principio rector en todas las iniciativas de modernización.

La democratización del conocimiento y la participación ciudadana activa son pilares esenciales para el futuro del control fiscal. La “Escuela DIARI” y programas como “DIARI en el Territorio” son el inicio de un camino hacia una mayor apropiación social del conocimiento. Las perspectivas futuras incluyen la expansión de estas iniciativas para llegar a un público aún más amplio, utilizando plataformas de *e-learning* más sofisticadas y contenidos interactivos y personalizados. Se buscará empoderar a la ciudadanía con herramientas y conocimientos para que puedan ejercer un control social más efectivo sobre la gestión de los recursos públicos, transformándolos de meros observadores a actores activos en la fiscalización. La visualización de datos jugará un papel crucial en la presentación de información compleja de manera clara y accesible para todos.

Finalmente, el control fiscal del futuro estará profundamente alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y los

principios de la Sociedad 5.0. La tecnología no solo se utilizará para detectar irregularidades, sino también para evaluar el impacto de las políticas públicas en la consecución de metas sociales, ambientales y económicas. La fiscalización se convertirá en un motor para la sostenibilidad, la inclusión y el bienestar social, asegurando que los recursos públicos contribuyan a la construcción de una sociedad más justa, equitativa y resiliente. Esto implica una fiscalización que no solo se enfoca en la legalidad y la eficiencia, sino también en el valor público y el impacto social de la inversión estatal.

En resumen, las perspectivas futuras para el control fiscal en Colombia son las de un modelo que abraza plenamente la digitalización, la inteligencia artificial y la colaboración. Un modelo que no solo protege el patrimonio público, sino que también lo optimiza para el beneficio de todos los ciudadanos, construyendo una gobernanza más inteligente, transparente y orientada al futuro. Este viaje continuo de modernización requerirá un compromiso sostenido, una visión estratégica clara y la capacidad de adaptarse a un panorama tecnológico y social en constante evolución.

Referencias

Asamblea Nacional Constituyente. (1991). Constitución política de 1991.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=4125

Assumma, V., Bottero, M., & Ishizaka, A. (2024, abril). Enhancing territorial resilience assessment with a decision-aiding model in regional planning of socio-ecological systems. *Environmental Science & Policy*, 154, 103691.

<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103691>

Barateiro, C. E. R. B., Makarovsky, C., & de Farias Filho, J. R. (2020). Fiscal liquid and gaseous hydrocarbons flow and volume measurement: Improved reliability and performance paradigms by harnessing for fourth industrial revolution. *Flow Measurement and Instrumentation*, 74, 101773.

<https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2020.101773>

Bertot, J., Estevez, E., & Janowski, T. (2016). Universal and contextualized public services: Digital public service innovation framework. *Government Information Quarterly*, 33(2), 211-222.

<https://doi.org/10.1016/j.giq.2016.05.004>

Cantens, T. (2024, enero). How will the state think with ChatGpt? The challenges of generative artificial intelligence for public administrations. *AI & Society*.

<https://doi.org/10.1007/s00146-023-01840-9>

Chen, M., Zhao, K., & Jin, W. (2024). Corporate digital transformation and tax avoidance: Evidence from China. *Pacific-Basin Finance Journal*, 85, 102400.

<https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2024.102400>

Chung, C.-S., & Kim, S.-B. (2019). A comparative study of digital government policies, focusing on e-government acts in Korea and the United States. *Electronics*, 8(11), 1362.

<https://doi.org/10.3390/electronics8111362>

Congreso de Colombia. 1975. Ley 20 de 1975.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=79924>

Congreso de la República. 1993. Ley 42 de 1993.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=289

Congreso de la República. 1994. Ley 134 de 1994.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=330

Congreso de la República. 2019. Acto legislativo 04 de 2019.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=100251

Contraloría General de la República. (2011). Resolución 6275 de 2011.

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=41641&dt=S>

Contraloría General de la República. (2022). Plan estratégico 2022-2026, una contraloría con independencia para el cambio.

Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia. (2023). CONTRATO 373 DE 2023.

Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia. (2023b). CONTRATO 379 DE 2023.

Contraloría General de la República y Universidad Nacional de Colombia. (2023c). CONTRATO 1550 DE 2023.

Cordery, C. J., Goncharenko, G., Polzer, T., McConville, D., & Belal, A. (2023). NGOs' performance, governance, and accountability in the era of digital transformation. *The British Accounting Review*, 55(5), 101239.

<https://doi.org/10.1016/j.bar.2023.101239>

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Documento Conpes 3920 Política Nacional de Explotación de Datos (Big Data).

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3920.pdf>

Dubravova, H., Cap, J., Holubova, K., & Hribnak, L. (2024). Artificial intelligence as an innovative element of support in policing. *Procedia Computer Science*, 237, 237-244.

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.05.101>

Erum, N., Sohag, K., Said, J., Musa, K., & Asghar, M. M. (2024). Governance, fiscal expenditure, and economic growth in OIC countries: Role of natural resources and information communication technology. *Resources Policy*, 90, 104717.

<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104717>

Estrada, M. A. R., Park, D., & Staniewski, M. (2023). Artificial Intelligence (AI) can change the way of doing policy modelling. *Journal of Policy Modeling*, 45(6), 1099-1112.

<https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2023.11.005>

Fisher, S., & Rosella, L. C. (2022). Priorities for successful use of artificial intelligence by public health organizations: A literature review. *BMC Public Health*, 22(1).

<https://doi.org/10.1186/s12889-022-14422-2>

Gaviria, D. A. G., Polo, O. C. C., Martínez, E. M. C., & García-Arango, D. A. (2022). Influence of the fourth industrial revolution on the ethics of the colombian accounting professional. *Procedia Computer Science*, 215, 626-641.

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.065>

Gong, Y., & Yang, X. (2024). Understanding strategies for digital government transformation: A strategic action fields perspective. *International Journal of Information Management*, 76.
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2024.102766>

Gootjes, B., & de Haan, J. (2022). Do fiscal rules need budget transparency to be effective? *European Journal of Political Economy*, 75.
<https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2022.102210>

Hickok, M. (2022, octubre). Public procurement of artificial intelligence systems: New risks and future proofing. *AI & Society*.
<https://doi.org/10.1007/s00146-022-01572-2>

Jiang, S., & Chi, Y. (2024). Impact of budget performance management reform on local fiscal relief. *International Review of Economics & Finance*, 93, 905-918.
<https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.05.036>

Kumar, K., Kumar, V., & Seema. (2022). Security and privacy preservation for data communication network. *Procedia Computer Science*, 215, 1-7.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.001>

Lafuente, E., & Abad, J. (2021). Territorial efficiency: Analysis of the role of public work safety controls. *Safety Science*, 134, 105074.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105074>

Li, W., & Li, D. (2024). How does technological innovation affect the fiscal decentralization of local governments? Evidence from China. *Heliyon*, 10(9), e30132.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30132>

Lv, X., & Wu, Z. (2024). The green effect of digital transformation: The impact of digital transformation in fiscal and taxation on regional green development. *Economic Analysis and Policy*, 81, 787-800.

<https://doi.org/10.1016/j.eap.2023.12.025>

Lynn, T., Rosati, P., Conway, E., Curran, D., Fox, G., & O’Gorman, C. (2022). *Digital Public Services*. Springer International Publishing.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-91247-5_3

Lyra, M. S., Damásio, B., Pinheiro, F. L., & Bacao, F. (2022). Fraud, corruption, and collusion in public procurement activities, a systematic literature review on data-driven methods. *Applied Network Science*, 7(1).

<https://doi.org/10.1007/s41109-022-00523-6>

Maragno, G., Tangi, L., Gastaldi, L., & Benedetti, M. (2023). Exploring the factors, affordances and constraints outlining the implementation of Artificial Intelligence in public sector organizations. *International Journal of Information Management*, 73, 102686.

<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102686>

Mergel, I., Edelmann, N., & Haug, N. (2019). Defining digital transformation: Results from expert interviews. *Government Information Quarterly*, 36(4), 101385.

<https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2019). Marco de interoperabilidad para Gobierno Digital.

https://lenguaje.mintic.gov.co/sites/default/files/archivos/marco_de_interoperabilidad_para_gobierno_digital.pdf

Moll, J., & Yigitbasioglu, O. (2019). The role of internet-related technologies in shaping the work of accountants: New directions for accounting research. *The British Accounting Review*, 51(6), 100833.

<https://doi.org/10.1016/j.bar.2019.04.002>

Montes, G. C., Bastos, J. C. A., & de Oliveira, A. J. (2019). Fiscal transparency, government effectiveness and government spending efficiency: Some international evidence based on panel data

approach. *Economic Modelling*, 79, 211-225.
<https://doi.org/10.1016/j.econmod.2018.10.013>

Murinde, V., Rizopoulos, E., & Zachariadis, M. (2022). The impact of the FinTech revolution on the future of banking: Opportunities and risks. *International Review of Financial Analysis*, 81, 102103.
<https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102103>

Piccarozzi, M., Silvestri, C., Fici, L., & Silvestri, L. (2024). Metaverse: A possible sustainability enabler in the transition from Industry 4.0 to 5.0. *Procedia Computer Science*, 232, 1839-1848.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.006>

Presidencia de la República de Colombia. (2019, noviembre). Decreto 2037 de 2019.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=102213>

Presidencia de la República de Colombia. (2020). Decreto Ley 403 de 2020.
<https://www.apccolombia.gov.co/normativa/decreto-403-del-16-de-marzo-de-2020>

Restrepo-Carmona, J. A., Zuluaga, J. C., Flórez, D. A., Gómez, M. S., Londoño, L., Gómez, G., Villamil, R. M., Morales, O., Hurtado, A. M., Escobar, C. A., Sierra-Pérez, J., & Vásquez, R. E. (2024). The design of a strategic platform for the smart supervision of public expenditure for Colombia in the context of Society 5.0. *Urban Science*, 8(3), 1-18.
<https://doi.org/10.3390/urbansci8030117>

Restrepo-Carmona, J. A., Zuluaga, J. C., Velásquez, M., Zuluaga, C., Villamil, R. M., Morales, O., Hurtado, A. M., Escobar, C. A., Sierra-Pérez, J., & Vásquez, R. E. (2024b). Smart supervision of public expenditure: A review on data capture, storage, processing, and interoperability with a case study from Colombia. *Information*, 15(10), 1-33.
<https://doi.org/10.3390/info15100616>

Saragih, A. H., Reyhani, Q., Setyowati, M. S., & Hendrawan, A. (2022). The potential of an artificial intelligence (AI) application for the tax administration system's modernization: The case of Indonesia. *Artificial Intelligence and Law*, 31(3), 491-514.

<https://doi.org/10.1007/s10506-022-09321-y>

Sood, P., Sharma, C., Nijjer, S., & Sakhuja, S. (2023). Review the role of artificial intelligence in detecting and preventing financial fraud using natural language processing. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 14(6), 2120-2135.

<https://doi.org/10.1007/s13198-023-02043-7>

Sun, J., Li, P., & Wang, Y. (2024). Policy tools for sustainability: Evaluating the effectiveness of fiscal measures in natural resource efficiency. *Resources Policy*, 89, 104575.

<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104575>

Sun, T., & Sales, L. J. (2018). Predicting public procurement irregularity: An application of neural networks. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 15(1), 141-154.

<https://doi.org/10.2308/jeta-52086>

Taoufik, A. O., & Azmani, A. (2022). *Toward a Holistic Public Procurement 4.0. Case Study: Moroccan Public Procurement* (pp. 104-114). Springer International Publishing.

https://doi.org/10.1007/978-3-031-20490-6_9

Transparency International. (2018). *Índice de Percepción de la Corrupción*.

<https://transparenciacolombia.org.co/indicepercepcion-2018/>

Van Noordt, C., & Misuraca, G. (2022). Artificial Intelligence for the public sector: Results of landscaping the use of AI in government across the European Union. *Government Information Quarterly*, 39(3).

<https://doi.org/10.1016/j.giq.2022.101714>

Vekaria, D., & Sinha, S. (2024). AIWaters: An artificial intelligence framework for the water sector. *AI in Civil Engineering*, 3(1).

<https://doi.org/10.1007/s43503-024-00025-7>

Vilkaite-Vaitone, N., & Povilaitiene, K. (2022, julio). E-management as a game changer in local public administration. *Economies*, 10(8), 180.

<https://doi.org/10.3390/economies10080180>

Westbye, H. J., McAleavey, A. A., & Moltu, C. (2024). Patient Self-reports for Explainable Machine Learning Predictions of Risks to Psychotherapy Outcomes. Springer Nature Switzerland.

https://doi.org/10.1007/978-3-031-53770-7_6

Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0: Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530-535.

<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>

Yigitcanlar, T., Degirmenci, K., & Inkinen, T. (2022). Drivers behind the public perception of artificial intelligence: Insights from major Australian cities. *AI & Society*.

<https://doi.org/10.1007/s00146-022-01566-0>

Zuluaga, J. C., Villamil, R. M., Sánchez, M., Escamilla, L. F., & Jaramillo, L. (2024). Uso de tecnologías modernas para controlar la ejecución de recursos públicos en el contexto de la Sociedad 5.0. *Economía Colombiana*, 372.

Juan Camilo Zuluaga



Es abogado de la Universidad San Buenaventura de Cali, especialista en Gestión de Entidades Territoriales de la Universidad Externado de Colombia y magíster en Derecho Constitucional de la Universidad de Valencia, España.

Ha ocupado cargos estratégicos en el sector público colombiano, entre ellos asesor en la Federación Nacional de Departamentos, la Agencia Nacional de Tierras y la Defensoría del Pueblo.

Fue director de Planeación de la Auditoría General de la República; asesor del registrador nacional en asuntos constitucionales y legislativos; secretario privado del contralor general; contralor

delegado para el sector justicia. Actualmente, dirige la Dirección de Información, Análisis y Reacción Inmediata (DIARI) de la Contraloría General de la República.

Desde la DIARI ha liderado iniciativas orientadas a la modernización del control fiscal mediante el uso estratégico de los datos, la inteligencia artificial y la analítica predictiva. Es coautor del libro *DIARI y el control fiscal en la era de las nuevas tecnologías*, así como de las obras *Modernización del control fiscal: experiencias desde la DIARI* y *Control Fiscal Concomitante y Preventivo: avances, retos y reflexiones desde la DIARI*.

A nivel académico, ha contribuido como coautor en diversas publicaciones internacionales indexadas en revistas de alto impacto y editoriales científicas, abordando temas como analítica institucional, sistemas de información y tecnologías aplicadas a la gestión pública y educativa.

Su trayectoria refleja una articulación entre derecho público, gestión administrativa e innovación tecnológica, con una visión orientada al fortalecimiento institucional y la transparencia en la gestión pública.

