

Diseño e implementación de un software para la gestión del plan de desarrollo de la Alcaldía de Barranquilla

Juan Andrés Povea Fernández*, Carlos Elías López Gallardo†, Wilson Nieto Bernal‡

*japovea@uninorte.edu.co, †cegallardo@uninorte.edu.co, ‡wnieto@uninorte.edu.co

Depto. Ingeniería de Sistemas y Computación

Universidad del Norte

Barranquilla, Colombia

Abstract—Digital transformation in the public sector requires robust and sustainable information systems capable of managing strategic processes efficiently and reliably. In the Barranquilla City Hall, the MiPlan platform is the tool used for the management and monitoring of the Development Plan, which constitutes the main strategic planning instrument employed by the local government to define goals, programs, and investments that guide the city’s development. However, *MiPlan* presents architectural deficiencies that affect quality attributes such as maintainability and scalability, compromising the system’s operational performance. This work proposes the design and implementation of a new platform grounded on SOLID principles and separation of responsibilities to ensure the proper operation of the organization’s strategic processes. The solution was developed following a clean architecture approach using modern technologies, incorporating modules for indicator formulation and monitoring, report generation, auditing, and change request management. Additionally, an automated testing suite and a continuous deployment strategy based on Docker containers were integrated. As a result, a modular, maintainable, and scalable platform was achieved, aimed at strengthening institutional capabilities for Development Plan management while improving the traceability and reliability of administrative processes. The proposed solution contributes to strengthening digital governance and the long-term technological sustainability of information systems in the public sector.

Index Terms—Digital transformation, digital governance, information systems, software architecture, SOLID principles, layered architecture, public sector, development plan management, software maintainability, digitization.

1. Introducción

En la última década, la transformación digital en el sector público se ha consolidado como un eje estratégico para la modernización institucional y el fortalecimiento de la gestión pública en las organizaciones gubernamentales. Diversos estudios han señalado que este proceso no se limita a la incorporación de tecnologías, sino que implica una reestructuración de procesos, modelos organizacionales

y mecanismos de toma de decisiones [1], [2]. En este contexto, la digitalización se convierte en un facilitador para optimizar la eficiencia administrativa y la trazabilidad de la información. No obstante, la evidencia académica también demuestra que diversas iniciativas de transformación digital fracasan debido a la ausencia de bases tecnológicas sólidas y arquitecturas bien definidas [3]. En entornos gubernamentales, donde los sistemas son responsables de gestionar información estratégica y procesos de alto impacto, la falta de formalización tecnológica puede afectar atributos indispensables como la mantenibilidad, la interoperabilidad y la seguridad [4].

En Colombia, la modernización del Estado ha sido promovida mediante lineamientos de gobierno digital que buscan conectar procesos institucionales con soluciones tecnológicas sostenibles. A nivel territorial, los Planes de Desarrollo constituyen el principal instrumento de planificación estratégica municipal, definiendo metas, programas e indicadores que orientan la gestión pública durante cada periodo de gobierno [5]. La gestión, seguimiento y evaluación de estos planes exige sistemas de información capaces de consolidar datos de múltiples fuentes, garantizando integridad, confiabilidad y escalabilidad.

Organismos internacionales como la OCDE han hecho énfasis en que el fortalecimiento de las capacidades digitales a nivel local es un factor determinante para mejorar la gobernanza urbana y la toma de decisiones basada en evidencias [6]. En este sentido, la literatura indica que la implementación de sistemas tecnológicos en el sector público requiere fundamentos sólidos en arquitectura de software y modelos de calidad que aseguren sostenibilidad a largo plazo [3], [4].

En el caso específico de la Alcaldía de Barranquilla, la gestión del Plan de Desarrollo involucra la articulación de diversas dependencias administrativas y la administración de información estratégica a través de *MiPlan*, la plataforma institucional encargada de este proceso. Las deficiencias estructurales de esta plataforma evidencian que la ausencia de fundamentos arquitectónicos formales no es un problema

periférico, sino la causa raíz de su fragilidad operativa, lo que exige una respuesta que parta del diseño e implementación de una nueva plataforma tecnológicamente sólida.

En este contexto, el presente proyecto propone el diseño e implementación de una nueva plataforma web que reemplaza a *MiPlan* desde sus fundamentos, fundamentada en una selección tecnológica moderna, separación estricta de responsabilidades por capas y prácticas de aseguramiento de calidad. La propuesta busca aportar una solución técnica sostenible que fortalezca la capacidad institucional para gestionar el Plan de Desarrollo de manera confiable y eficiente, con independencia de los ciclos administrativos.

2. Descripción del problema

El Plan de Desarrollo¹ constituye el principal instrumento de planificación estratégica municipal, a través del cual se definen metas, programas e inversiones que orientan el desarrollo social, económico y ambiental de la ciudad durante cada periodo de gobierno. La gestión efectiva de este plan requiere sistemas de información capaces de consolidar datos provenientes de múltiples dependencias administrativas, asegurar la trazabilidad de las actividades ejecutadas y generar reportes confiables que permitan evaluar el cumplimiento de los indicadores definidos. La Fig. 1 describe los conceptos clave que guiaron la revisión de la literatura para el desarrollo de este trabajo.



Figure 1. Descripción cualitativa del problema

En el año 2022, la Alcaldía de Barranquilla puso en marcha la plataforma *MiPlan*², concebida para automatizar la formulación, el seguimiento y la consolidación de indicadores del Plan de Desarrollo en sus distintas dimensiones. La plataforma involucra tres tipos de usuarios principales —administradores, gestores y auditores— quienes interactúan con el sistema para registrar actividades, monitorear avances y generar reportes de cumplimiento. Sin

1. Plan de Desarrollo 2024–2027: Barranquilla a Otro Nivel
2. Aplicación MiPlan – Secretaría de Planeación de Barranquilla

embargo, desde sus primeras etapas de operación, *MiPlan* comenzó a registrar fallas sistemáticas que motivaron quejas recurrentes por parte de usuarios en múltiples secretarías. El análisis de la plataforma revela que estas fallas no son incidentes aislados, sino la manifestación de un problema estructural: la ausencia de una arquitectura de software formalmente definida.

Dicho análisis evidencia deficiencias en tres dimensiones estructurales interrelacionadas. La primera corresponde a la ausencia de patrones de diseño que promuevan una separación adecuada de responsabilidades, lo que ha derivado en módulos con alto acoplamiento cuya evolución resulta costosa y propensa a errores en cascada. La segunda se refiere a una selección tecnológica que no priorizó la escalabilidad ni la mantenibilidad del sistema a largo plazo, limitando su capacidad para adaptarse a nuevos requerimientos institucionales. La tercera es la inexistencia de prácticas de aseguramiento de calidad que permitan verificar la integridad del sistema de manera sistemática ante modificaciones y ampliaciones. La Fig. 2 descompone estas causas raíz y sus derivaciones específicas, ilustrando cómo cada una contribuye al problema central y qué atributos de calidad se verían fortalecidos mediante un rediseño arquitectónico.

Estas deficiencias no se limitan al ámbito técnico: la fragilidad estructural de *MiPlan* tiene implicaciones directas sobre la gobernanza municipal. La dificultad para generar reportes de cumplimiento confiables limita la capacidad de la administración de rendir cuentas ante la ciudadanía y los organismos de control respecto al avance del Plan de Desarrollo. Las fallas operativas interrumpen el trabajo cotidiano de los gestores en las distintas secretarías, quienes dependen de la plataforma para registrar y validar las actividades que sostienen el seguimiento del plan. Adicionalmente, el ciclo electoral municipal de cuatro años introduce una urgencia: si el sistema no es reformulado antes de la siguiente administración, la capacidad institucional de gestión estratégica quedará condicionada a las mismas limitaciones que hoy la comprometen.

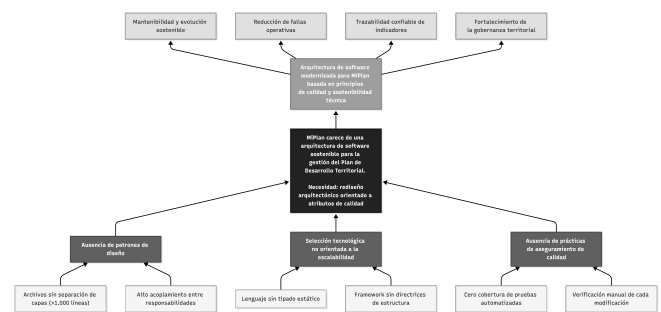


Figure 2. Árbol del problema: deficiencias arquitectónicas de *MiPlan* y sus consecuencias para la gestión territorial.

Frente a este panorama, surge la siguiente pregunta de

investigación: *¿De qué manera el diseño e implementación de una nueva plataforma, fundamentada en principios SOLID, separación de responsabilidades por capas y prácticas de testing, puede resolver las deficiencias técnicas de MiPlan y garantizar la sostenibilidad del sistema de gestión del Plan de Desarrollo de la Alcaldía de Barranquilla?*

Para responder a esta pregunta, el presente proyecto propone el diseño e implementación de una nueva plataforma web que reemplace a *MiPlan* desde sus fundamentos, estableciendo una arquitectura formalmente definida que soporte la gestión de actividades, el seguimiento de indicadores, la generación de reportes y la auditoría del avance de los indicadores de la Alcaldía de Barranquilla. De esta manera, se busca aportar una solución tecnológica que fortalezca la capacidad institucional para gestionar el Plan de Desarrollo de manera confiable, eficiente y sostenible en el tiempo.

3. Justificación

La gestión del Plan de Desarrollo constituye uno de los procesos estratégicos más relevantes dentro de la administración municipal, ya que a través de este instrumento se definen metas, programas e inversiones que orientan el crecimiento social, económico y ambiental de la ciudad. En el caso de la Alcaldía de Barranquilla, la plataforma *MiPlan* cumple un rol central en la formulación, seguimiento y consolidación de indicadores asociados a dicho plan. Por tanto, la calidad técnica del sistema no solo impacta su funcionamiento interno, sino también la capacidad institucional para realizar seguimiento efectivo a la ejecución de políticas públicas.

Diversos estudios han demostrado que la transformación digital en el sector público va más allá de automatizar procesos, esta impacta directamente la eficiencia administrativa, la transparencia y la capacidad de gobernanza de las entidades estatales. Ferreira y Santos [7], en una revisión sistemática de la literatura, determinan que la digitalización fortalece la toma de decisiones basada en datos y mejora la prestación de servicios públicos al optimizar la gestión de la información. De manera similar, Ospina y Zambrano [8] señalan que el gobierno digital en Colombia se posiciona como un mecanismo necesario para modernizar la administración pública y mejorar la eficiencia institucional.

Sin embargo, la literatura también advierte que los beneficios de la transformación digital dependen de la solidez técnica de los sistemas implementados. La falta de fundamentos arquitectónicos formales y de prácticas que aseguren la calidad puede comprometer la sostenibilidad de las plataformas públicas, limitando su evolución y aumentando la probabilidad de fallos operativos. Investigaciones relacionadas con el campo de la arquitectura empresarial han evidenciado que la adopción de marcos estructurados y principios de diseño formal

incrementa la alineación estratégica y la probabilidad de éxito de iniciativas de transformación digital [9].

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente proyecto surge de la necesidad de contar con una plataforma robusta y estructurada que permita a los funcionarios locales concentrar sus esfuerzos en el análisis estratégico de indicadores y la formulación de políticas públicas, en lugar de enfrentar limitaciones técnicas del sistema. La evidencia internacional muestra que la digitalización efectiva a nivel municipal mejora la entrega de servicios públicos y fortalece la transparencia y la rendición de cuentas [10]. En consecuencia, el impacto de este proyecto trasciende lo técnico para contribuir al fortalecimiento de la gobernanza territorial en la ciudad de Barranquilla.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Desarrollar una aplicación para la gestión del Plan de Desarrollo de la Alcaldía de Barranquilla, fundamentada en una selección tecnológica moderna, principios SOLID y patrones de diseño que garanticen su mantenibilidad y sostenibilidad técnica a largo plazo.

4.2. Objetivos Específicos

- Elaborar una revisión sistemática de la literatura sobre transformación digital en el sector público, gobernanza digital, deuda técnica y principios de diseño de software, que fundamente teóricamente el problema abordado y las decisiones de diseño de la nueva plataforma.
- Desarrollar la arquitectura de la solución bajo principios de separación de responsabilidades por capas y la organización de componentes del sistema.
- Implementar los módulos funcionales de la aplicación —formulación de actividades, seguimiento de indicadores, generación de reportes— siguiendo los principios de diseño definidos, junto con una suite de pruebas automatizadas que verifique el correcto funcionamiento de los componentes críticos y reduzca el riesgo de regresiones.
- Validar el prototipo mediante la verificación del cumplimiento de los requerimientos funcionales de la Alcaldía de Barranquilla y la evaluación de la coherencia arquitectónica de la solución implementada.

5. Marco teórico

Hoy por hoy la transformación digital no solo aplica en un contexto donde se migra del papel a un programa informático, sino también en el que se pasa de un sistema obsoleto a uno con las bases suficientes para operar adecuadamente, aún así, la transformación de la que hablamos va más allá de la simple adopción de tecnologías,

según Latupeirissa et al. [11] esta constituye un proceso organizacional y cultural que redefine la forma en la que las administraciones públicas generan valor, interactúan con la ciudadanía y gestionan servicios estratégicos. La literatura reciente sobre digitalización del sector público pone en evidencia que el uso de tecnologías contribuye a mejorar la eficiencia, la accesibilidad y la calidad de los servicios públicos, al integrar soluciones digitales que automatizan procesos, reducen tiempos de respuesta y permiten un monitoreo más efectivo de metas e indicadores gubernamentales [11]. A pesar de ello, Sarwar et al. [12] señala que el éxito de los procesos de transformación digital depende en gran medida de la adopción de fundamentos sólidos de arquitectura y gestión de tecnologías de la información, así como de estándares que guíen no solo la implementación técnica sino también la gobernanza de los sistemas de información.

Aún con las normativas actuales, paradigmas y frameworks, la transformación digital no está exenta de retos técnicos y organizacionales. En múltiples entornos administrativos, la fragmentación de sistemas heredados, la falta de estándares comunes y la resistencia al cambio presente en la cultura organizacional dificultan la interoperabilidad y la adopción fluida de tecnologías modernas. Por otra parte, enfoques contemporáneos de transformación digital en entidades públicas han incorporado modelos de gobernanza de TI basados en normas como ISO/IEC 38500:2015 y COBIT, alineados con lineamientos nacionales como los emitidos por MinTIC, lo que permite evaluar la madurez de procesos tecnológicos y cerrar brechas en gobernanza y gestión [13].

En el panorama internacional encontramos que países desarrollados como Australia, Dinamarca y Corea del Sur demuestran que la solidez en la arquitectura institucional y tecnológica del gobierno digital es determinante para garantizar continuidad operativa y eficiencia administrativa [14]. Estos países son reconocidos como líderes globales en gobierno digital según el Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico de Naciones Unidas, por lo que nos ofrecen evidencia relevante sobre los factores que determinan el éxito de estas iniciativas. Además, el estudio llega a la conclusión de que los países con ecosistemas digitales maduros y arquitecturas tecnológicas bien definidas demostraron mayor capacidad de respuesta ante situaciones de crisis, evidenciando que la solidez técnica de los sistemas no es un aspecto secundario, sino una condición estructural para la sostenibilidad institucional [13]. Estas experiencias internacionales son consistentes con los lineamientos de la OCDE, que enfatizan el fortalecimiento de capacidades digitales a nivel local como factor determinante para mejorar la gobernanza y la toma de decisiones basada en evidencia [6], y refuerzan la necesidad de que sistemas como *MiPlan*, responsables de gestionar información estratégica de alto impacto, cuenten con fundamentos arquitectónicos formales orientados a atributos de calidad como la mantenibilidad, la interoperabilidad y la escalabilidad.

Cuando estas condiciones no se satisfacen, los sistemas acumulan lo que la literatura denomina deuda técnica. El término fue acuñado por Cunningham [15] para describir los atajos y decisiones inadecuadas introducidos durante el desarrollo de software que generan un impacto negativo acumulativo sobre su evolución futura. Nielsen et al. [16] retoman este concepto e introducen su gestión al campo del Gobierno Digital mediante una revisión sistemática de 49 estudios publicados entre 2017 y 2020, argumentando que resulta especialmente crítico en el sector público, pues puede impedir que las organizaciones gubernamentales aprovechen plenamente los beneficios de la digitalización. A partir del análisis de los estudios revisados, identifican que la deuda técnica perjudica el trabajo de desarrollo tanto en términos de moral del equipo como de tiempo desperdiciado, y que factores organizacionales como el tamaño del proyecto y la experiencia del equipo inciden directamente en su magnitud.

Un resultado de particular relevancia para este proyecto es que la deuda de tipo arquitectónico, cuando se introduce en las etapas tempranas del ciclo de vida del software, tiende a persistir durante todo su desarrollo [16]. Esto implica que las decisiones de diseño subóptimas tomadas en la concepción de un sistema se vuelven estructuralmente más costosas de corregir con el tiempo, afectando de manera acumulativa su mantenibilidad y estabilidad operativa. Los propios autores señalan que la investigación sobre gestión de deuda técnica en el sector público es prácticamente inexistente —solo uno de los 49 estudios analizados recopiló datos directamente en ese contexto—, dado que las organizaciones públicas están sujetas a restricciones específicas que difieren de los entornos de software libre y del sector privado donde se concentra la mayoría de la evidencia empírica disponible, circunstancia que refuerza la pertinencia de abordar el rediseño de *MiPlan* desde sus fundamentos arquitectónicos.

Esta comprensión de la deuda técnica adquiere una dimensión adicional cuando se examina quién la introduce y quién termina por pagarla en contextos gubernamentales. Nielsen y Madsen [17] profundizan en esta cuestión mediante un estudio de caso embebido en una agencia pública danesa, demostrando que la deuda técnica no es un fenómeno exclusivo de los equipos de desarrollo: legisladores, directivos, autoridades externas y proveedores actúan como actores que generan, gestionan o asumen deuda técnica en función de sus propios ciclos institucionales. Los autores identifican ocho tipos de actores involucrados en estos procesos y evidencian que una decisión tomada por un actor puede desencadenar una cascada de nuevas deudas en otras dimensiones del sistema. Este hallazgo es directamente aplicable al caso de *MiPlan*: el ciclo electoral de cuatro años introduce presiones institucionales que condicionan las decisiones de diseño, fuerzan implementaciones apresuradas y dilatan la corrección de deudas conocidas, de manera que la deuda

técnica del sistema no es solo consecuencia de decisiones técnicas subóptimas, sino también del entorno político y organizacional en el que fue desarrollado.

Frente al tipo de deterioro estructural descrito, la literatura reciente valida los principios SOLID como respuesta efectiva para reducir la deuda técnica arquitectónica en sistemas de gran escala. Yanakieva et al. [18] presentan un reporte de experiencia sobre la refactorización de más de 5.000 archivos de código legado en C++ en ASML, donde la aplicación sistemática del principio de Inversión de Dependencias permitió reducir el acoplamiento arquitectónico de forma incremental y medible. Los autores concluyen que los patrones de refactorización derivados “*pueden ser aplicados y reutilizados en cualquier base de código donde se adopte una arquitectura por capas*”, lo que respalda la extrapolabilidad de su enfoque al caso de *MiPlan*, un sistema que carece de separación formal de responsabilidades. En complemento a este respaldo industrial, Cabral et al. [19] aportan evidencia empírica controlada sobre el efecto de SOLID en la comprensibilidad del código: dado que estos principios operan a nivel de estructura del código y no del dominio de aplicación, sus hallazgos son extensibles más allá del contexto experimental. En un experimento con 100 participantes distribuido en tres iteraciones independientes realizadas en dos universidades y una empresa, demuestran que la adopción de cada uno de los cinco principios mejora de forma estadísticamente significativa la comprensibilidad del código (test de Mann-Whitney, $\alpha = 0,1$).

No obstante, un código sencillo de comprender y contar con solidez arquitectónica no es suficiente para garantizar la sostenibilidad operativa de un sistema; se requiere además la capacidad de verificar sistemáticamente su integridad ante modificaciones y ampliaciones. Wang et al. [20] aportan evidencia cuantitativa en este sentido mediante un estudio de 37 proyectos de código abierto desarrollados con integración continua, demostrando que una mayor madurez en la automatización de pruebas se correlaciona significativamente con una mayor calidad del producto ($p = 0,000624$) y con ciclos de lanzamiento más cortos ($p = 0,01891$), sin que ello implique un incremento estadísticamente significativo en el esfuerzo de pruebas. Este hallazgo desmonta el argumento frecuente de que las pruebas automatizadas constituyen un costo adicional no justificado, y respalda directamente la inclusión de una suite de pruebas automatizadas en la nueva plataforma: no como una práctica optativa, sino como una condición estructural para reducir el riesgo de regresiones y garantizar la continuidad operativa del sistema entre los ciclos administrativos de la Alcaldía.

La necesidad de arquitecturas sólidas y de calidad en la implementación de software gubernamental está estrechamente relacionado con el papel que los sistemas de información juegan en todos los aspectos de la gestión

pública. Como tal, son los sistemas de información los encargados de articular la integración de datos institucionales y el monitoreo de políticas públicas. Estudios recientes como los de Abdul-Azeez et al. [21] señalan que la puesta en marcha de plataformas tecnológicas en entidades del gobierno permite consolidar información proveniente de múltiples dependencias administrativas, mejorar la trazabilidad y tomar mejores decisiones basadas en datos. De igual forma, la ayuda de la digitalización en sistemas administrativos repercute en la eficiencia operativa y en el fortalecimiento institucional, aspectos fundamentales para la gobernanza digital.

Desde la perspectiva del estado del arte en tecnologías de información para el sector público, la literatura muestra cómo los sistemas modulares o interoperables que están diseñados para la gestión de servicios digitales evolucionan y ahora permiten la integración de múltiples componentes, como módulos de gestión de indicadores, seguimiento de actividades y generación de informes. Las investigaciones de Nielen et al. [14] ponen en evidencia que la arquitectura orientada a servicios y las estructuras en capas son arquitecturas efectivas que mejoran los sistemas gubernamentales y reducen la complejidad técnica de tales estructuras a largo plazo, un factor importante en los sistemas gubernamentales y orientados a servicios, ya que necesitan operar a través del tiempo y con múltiples cambios en los períodos administrativos de los gobiernos.

Los sistemas de información en entornos gubernamentales suelen estructurarse en torno a una arquitectura que les permita definir, controlar e integrar todos los componentes del sistema (módulos, datos, interfaces, usuarios). Su fin último es ofrecer un “constructo lógico” que ordene el crecimiento en tamaño y complejidad, facilitando la definición de interfaces y la integración coherente de las partes del sistema [22]. Dentro de los estilos arquitectónicos, la arquitectura en capas es uno de los patrones más usados para organizar sistemas grandes, ya que representa el software como una jerarquía de capas, donde cada elemento del sistema se asigna a alguna capa y las relaciones entre componentes respetan reglas de dependencia bien definidas [23]. Esta organización por niveles (por ejemplo, presentación, lógica de negocio, acceso a datos) mejora la mantenibilidad, escalabilidad y reutilización, al separar responsabilidades y permitir que cambios en una capa afecten mínimamente a las demás [24]. Además, se han identificado principios específicos para este patrón (abstracción, responsabilidad, protección frente a cambios) que guían el diseño y permiten verificar si un sistema cumple realmente con el estilo por capas [25].

6. Marco Conceptual

6.1. Transformación digital

La transformación digital es el proceso a través del cual una organización es capaz de reinventarse operativamente

con el apoyo de tecnologías de la información, computación, comunicación y conectividad [1]. Esta transformación no solo busca automatizar procesos, sino rediseñar la forma en que se gestionan los servicios a su disposición. Específicamente en las organizaciones del sector público la digitalización de los procesos puede mejorar la eficiencia operativa al automatizar procesos, reducir costos, y mejorar la precisión y seguridad de los datos [21]; la eficiencia se ve reflejada principalmente en el personal administrativo quienes pueden centrarse en actividades más estratégicas que impulsan la innovación y mejoran la prestación de servicios. Finalmente, la transformación digital no se limita únicamente a la adopción de herramientas tecnológicas, sino que implica cambios estructurales en los modelos de gestión y en la cultura organizacional de las entidades gubernamentales.

6.2. Sistema de información

Un sistema de información según Boell et al. [26] se entiende como un conjunto integrado de elementos tecnológicos, sociales y organizacionales que interactúan entre sí para procesar información y apoyar actividades dentro de un contexto determinado. Desde una perspectiva socio-técnica, un sistema de información va más allá de componentes tecnológicos o sociales por separado, priorizando los fenómenos que se dan de la interacción de ambos, generando resultados mucho más grandes.

6.3. Plan de desarrollo

El Plan de Desarrollo en Colombia es el instrumento fundamental de planificación estratégica a nivel municipal, mediante el cual se definen las metas, programas, proyectos e inversiones que orientan el desarrollo social, económico y ambiental de un territorio durante un periodo administrativo específico, generalmente coincidente con el ciclo electoral de cuatro años. Es la hoja de ruta para el control, la gestión pública y el direccionamiento de políticas locales, garantizando la alineación de las actividades institucionales con los objetivos de desarrollo sostenible y la mejora en la calidad de vida de los ciudadanos. En el contexto colombiano, este instrumento está formalmente regulado por la Ley 152 de 1994 —Ley Orgánica del Plan de Desarrollo— que establece los principios y lineamientos para su formulación, ejecución y evaluación, enfatizando en la necesidad de consolidar procesos participativos e integrados entre las diferentes dependencias estatales y actores sociales [5].

6.4. Plan indicativo y Plan de Gestión

El Plan de Desarrollo se operacionaliza a través de dos instrumentos complementarios con propósitos diferenciados. El *plan indicativo* es el instrumento de cara al gobierno nacional: articula los indicadores y actividades definidos en el Plan de Desarrollo y constituye la base del reporte oficial de cumplimiento ante organismos de control y el

Departamento Nacional de Planeación (DNP). Su estructura refleja directamente la jerarquía del plan —línea estratégica, política, programa, proyecto e indicador— y sus avances son los que se consolidan en los informes de gestión pública. El *Plan de Gestión* (PDG), en cambio, es un instrumento interno de la Alcaldía: cada secretaría define sus propias metas operativas, asociadas a las actividades del plan, y registra su avance de manera independiente. A diferencia del plan indicativo, cuya estructura está determinada por la normativa nacional, el PDG permite a cada dependencia capturar compromisos de gestión que no necesariamente se reportan al nivel central pero que son fundamentales para el seguimiento interno de la ejecución.

6.5. Principio SOLID

Los principios SOLID constituyen un conjunto de cinco directrices de diseño orientado a objetos formuladas por Martin [27], cuyo propósito es producir código modular, extensible y fácil de mantener. El acrónimo agrupa el Principio de Responsabilidad Única (SRP), el Principio Abierto/Cerrado (OCP), el Principio de Sustitución de Liskov (LSP), el Principio de Segregación de Interfaces (ISP) y el Principio de Inversión de Dependencias (DIP). En conjunto, estos principios promueven el bajo acoplamiento y la alta cohesión, atributos que facilitan la evolución del software y reducen la propagación de errores ante cambios [19].

6.6. Arquitectura de software

La arquitectura de software se define como el conjunto de estructuras necesarias para razonar sobre un sistema, cada una compuesta por elementos de software, las relaciones entre ellos y las propiedades de ambos [28]. En términos prácticos, la arquitectura establece las decisiones de diseño de alto nivel que determinan cómo se organizan los componentes del sistema, cómo se comunican entre sí y qué restricciones gobiernan su evolución. Bass et al. [28] enfatizan que la arquitectura es el principal vehículo para alcanzar atributos de calidad como la mantenibilidad, la escalabilidad y la seguridad, dado que estas propiedades son en gran medida consecuencia de las decisiones arquitectónicas y no pueden lograrse únicamente a nivel de código.

6.7. Deuda técnica

La deuda técnica es una metáfora introducida por Cunningham [15] para describir el costo acumulativo que generan las decisiones de diseño subóptimas o los atajos adoptados durante el desarrollo de software. De manera análoga a la deuda financiera, estas decisiones producen un beneficio inmediato —como acelerar la entrega— a cambio de un costo futuro que se manifiesta en mayor esfuerzo de mantenimiento, mayor propensión a errores y menor capacidad de evolución del sistema. Nielsen et al. [16] distinguen múltiples tipos de deuda técnica (de código, de diseño,

arquitectónica, de pruebas, de documentación, entre otras) y señalan que la deuda arquitectónica, cuando se introduce en etapas tempranas del ciclo de vida del software, tiende a persistir y a incrementar su costo de corrección con el tiempo.

7. Metodología de Investigación

El presente proyecto se enmarca en un enfoque de investigación aplicada con diseño tecnológico, orientado a la solución de un problema concreto identificado en el contexto institucional de la Alcaldía de Barranquilla. La investigación aplicada se caracteriza por utilizar fundamentos teóricos y metodológicos existentes para resolver necesidades específicas del entorno real, lo cual resulta coherente con el objetivo de rediseñar e implementar una nueva plataforma para la gestión del Plan de Desarrollo.

El proceso metodológico seguido se estructura en fases secuenciales, las cuales se ilustran en la Fig. 3

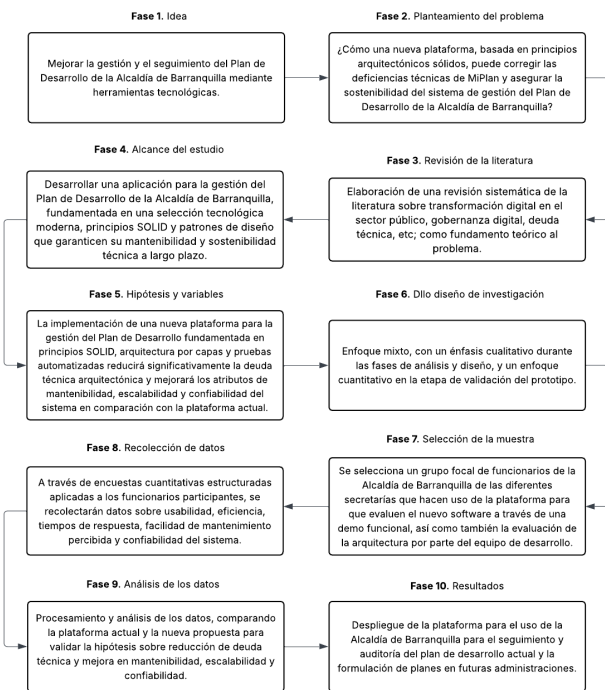


Figure 3. Diagrama del proceso cuantitativo

Desde el punto de vista metodológico, el análisis adopta un enfoque mixto, con un énfasis cualitativo durante las fases de análisis y diseño, y un enfoque cuantitativo en la etapa de validación del prototipo. En una primera fase, se llevó a cabo un análisis documental del Plan de Desarrollo 2024–2027, se revisaron las normativas relevantes (Ley 152 de 1994) y se examinó la plataforma *MiPlan*, identificando sus actores, flujos de información, restricciones institucionales y deficiencias arquitectónicas.

Este proceso permitió crear el árbol del problema y establecer tanto los requisitos funcionales como no funcionales del nuevo sistema. Junto a esto, se elaboró una revisión sistemática de la literatura enfocada en identificar las bases teóricas sobre la transformación digital en el sector público, la arquitectura utilizada en gobiernos digitales y modelos de calidad de software. Esta revisión facilitó la definición de los principios arquitectónicos y criterios de calidad que fundamentan la propuesta, asegurando que el rediseño represente no solo una mejora técnica, sino una solución que esté en sintonía con los estándares internacionales y las mejores prácticas en ingeniería de software.

Posteriormente, se desarrolla una arquitectura para la solución que garantiza la separación de responsabilidades a través de capas y una estructura limpia de los componentes del sistema. Esta estructura permite tener una plataforma que perdurará pero que sobre todo será escalable y mantenible en el tiempo en un contexto tan delicado como el sector público donde es de vital importancia mantener una alta disponibilidad de las herramientas que ayudan a guiar y supervisar el desarrollo de la ciudad.

Seguidamente, se implementarán los módulos funcionales de la plataforma —formulación de actividades, seguimiento de indicadores, generación de reportes y auditoría— empleando tecnologías modernas tanto en el lado del cliente como del servidor. El proceso de desarrollo se organizará mediante una estrategia de ramas por funcionalidad, en la que cada tarea es representada por una rama específica que debe ser revisada y aprobada a través de una solicitud de integración antes de incorporarse a la rama principal, garantizando así el control de calidad del código en cada etapa del proceso. Asimismo, cada componente del servidor deberá contar con pruebas unitarias como criterio de aceptación, con el fin de verificar el correcto funcionamiento de los componentes críticos y minimizar el riesgo de regresiones a lo largo del ciclo de desarrollo.

Finalmente, la validación de la solución se llevará a cabo a través de pruebas funcionales, de integración y evaluaciones con usuarios representativos de las distintas secretarías de la Alcaldía de Barranquilla. Para ello, se utilizarán herramientas estructuradas que permitirán evaluar la usabilidad, el rendimiento percibido y la satisfacción de los requisitos, garantizando que la solución satisfaga de manera efectiva las necesidades institucionales detectadas.

8. Metodología de Desarrollo

En cuanto a la metodología de desarrollo, se adopta el marco de trabajo Scrum, perteneciente a las metodologías ágiles, debido a su capacidad para gestionar proyectos complejos en entornos dinámicos, facilitar la adaptación continua a cambios y promover la entrega incremental de valor. La elección de Scrum se justifica considerando que el proyecto implica la modernización progresiva de un sistema

existente, con requerimientos susceptibles de evolucionar a medida que se profundiza en el análisis de la plataforma actual y en la interacción con los actores institucionales.

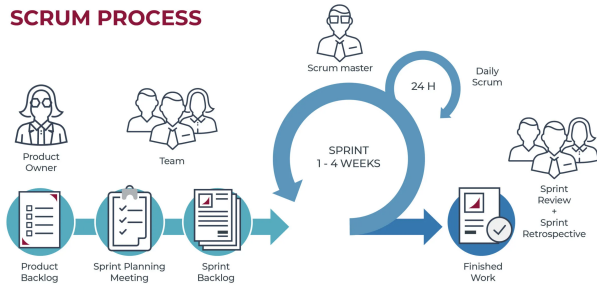


Figure 4. Metodología ágil Scrum

Scrum estructura el proceso de desarrollo en ciclos iterativos denominados sprints, cada uno con una duración definida y orientado a la entrega de un incremento funcional del producto. En este proyecto, cada sprint tuvo una duración estimada de dos semanas, dependiendo de la complejidad de los módulos a implementar.

El desarrollo de la plataforma se organizó en cuatro sprints, siguiendo una adaptación ligera de la metodología ágil Scrum. Dado el tamaño reducido del equipo, se prescindió de roles formales y se empleó un tablero Kanban en Trello para el seguimiento del avance, con columnas que representan el ciclo de vida de cada tarea: *Backlog*, *Ready for Work*, *In Development*, *Pending Review*, *Development QA*, *Production QA* y *Done*.

Sprint 1 — Análisis de requerimientos. Se relevaron los procesos actuales de gestión del plan de desarrollo de la Alcaldía de Barranquilla, se identificaron las limitaciones del sistema MiPlan existente y se definieron los requerimientos funcionales y no funcionales de la nueva plataforma. *Duración: 2 semanas.*

Sprint 2 — Diseño de la solución. Se diseñó la arquitectura del sistema, incluyendo la estructura por capas, el modelo de datos y los diagramas de componentes. Se elaboraron los wireframes de las interfaces principales, se definió el esquema de base de datos con Prisma y se configuró el entorno de desarrollo. *Duración: 2 semanas.*

Sprint 3 — Desarrollo de la plataforma. Se implementaron los módulos funcionales de la plataforma: carga del plan de desarrollo desde archivos Excel, gestión de catálogos, formulación y seguimiento de indicadores con constructor de fórmulas, módulo de reportes, módulo de solicitudes de cambio con flujo de aprobación, registro de cambios (*changelog*) y centro de notificaciones. Cada tarea transitó por revisión de código y etapas de control de calidad antes de marcarse como completada. *Duración: 5 semanas.*

Sprint 4 — Pruebas y validación. Se ejecutaron pruebas funcionales sobre los módulos desarrollados, se corrigieron errores identificados y se validó el sistema frente a los requerimientos definidos en la primera etapa.

Duración: 3 semanas.

9. Arquitectura de la Solución

9.1. Modelo de requerimientos

La Fig. 5 presenta el modelo de requerimientos de la plataforma, organizado por rol de usuario. El *responsable* gestiona el ciclo completo de formulación y seguimiento: formula actividades e indicadores (RF-01), registra el seguimiento periódico (RF-02), solicita cambios al plan (RF-03), gestiona el Plan de Gestión —PDG— (RF-04) y consulta reportes de avance (RF-05). El *revisor/auditor* tiene una función acotada: revisa la pertinencia de las actividades respecto a los indicadores asociados (RF-06) y deja comentarios para que se realicen los cambios correspondientes. El *administrador* controla la configuración del sistema: gestiona usuarios y roles (RF-07), configura periodos y vigencias del plan (RF-08), administra el catálogo DNP (RF-09), controla el acceso al sistema (RF-10) y aprueba o rechaza solicitudes de cambio (RF-11). Transversalmente, la plataforma debe cumplir cinco requerimientos no funcionales: adherencia a principios SOLID (RNF-01), separación de responsabilidades por capas (RNF-02), pruebas automatizadas (RNF-03), trazabilidad completa de operaciones (RNF-04) y seguridad en el control de acceso (RNF-05).

9.2. Arquitectura lógica

La Fig. 6 presenta la arquitectura lógica de la plataforma, organizada en seis capas que siguen el patrón de arquitectura limpia. En la capa superior se identifican los tres roles de usuario —responsable, revisor y administrador—. La *capa de presentación* es el punto de entrada al sistema: expone formularios e interacciones para el ingreso de datos, así como consultas, reportes, control de acceso e historial de trazabilidad. Las acciones del usuario desencadenan casos de uso en la *capa de aplicación*, compuesta por los módulos funcionales de formulación, seguimiento, solicitudes de cambio, gestión del PDG y auditoría. Estos casos de uso aplican las reglas definidas en la *capa de dominio* —reglas de negocio, jerarquía del plan y modelo de vigencias—, que a su vez acceden a los datos a través de la *capa de persistencia*: el Plan de Desarrollo, el catálogo DNP, el seguimiento periódico, el Plan de Gestión y la ejecución financiera. La *capa de infraestructura* soporta el despliegue de todos los componentes anteriores.

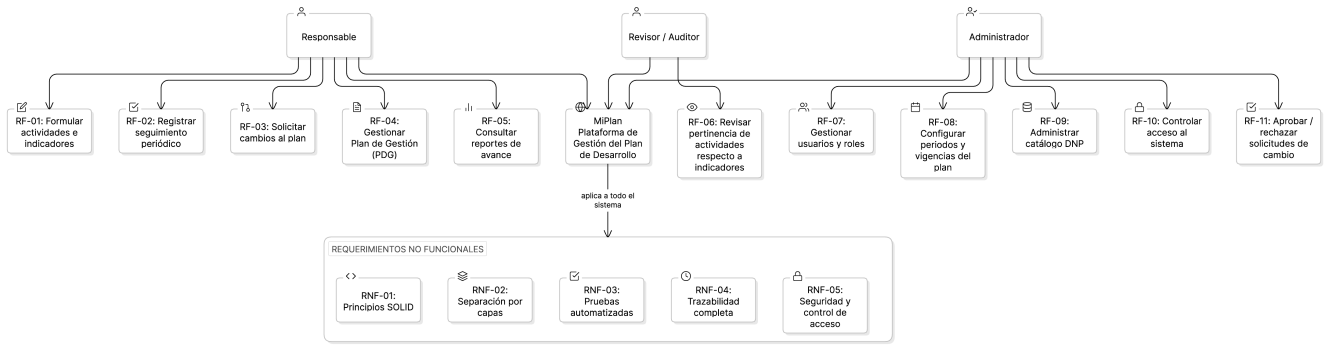


Figure 5. Modelo de requerimientos del sistema.

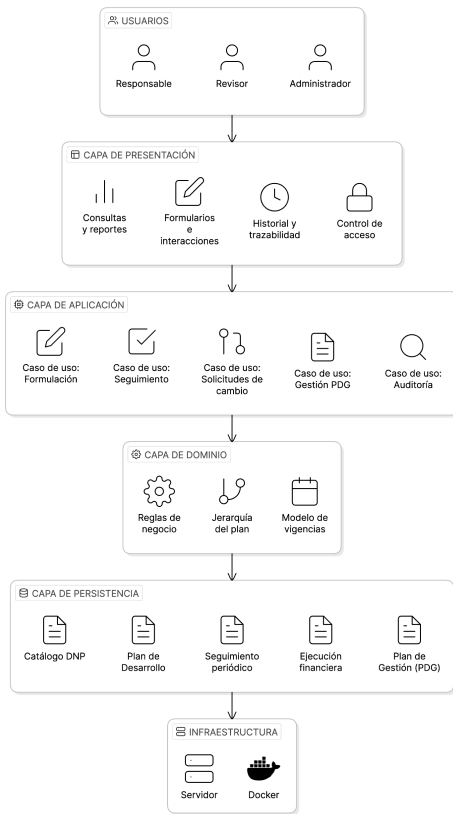


Figure 6. Arquitectura lógica del sistema.

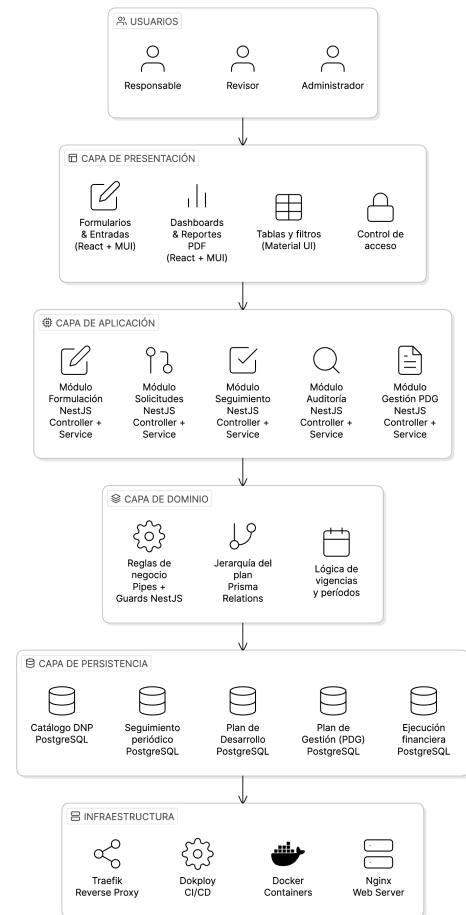


Figure 7. Arquitectura física del sistema.

9.3. Arquitectura física

La Fig. 7 presenta la arquitectura física de la plataforma, que corresponde a la materialización tecnológica de las mismas seis capas definidas en la arquitectura lógica. La *capa de presentación* está implementada con React y Material UI, e incluye dashboards con exportación a PDF, formularios de entrada de datos y tablas con filtros. La *capa de aplicación* está compuesta por cinco módulos NestJS —formulación, seguimiento, solicitudes de cambio, gestión del PDG y auditoría—, cada uno organizado con su propio controlador y servicio. La *capa de dominio* centraliza las reglas de negocio mediante *Pipes* y *Guards* de NestJS, la jerarquía del plan a través de las relaciones de Prisma ORM, y la lógica de control de vigencias y períodos en los servicios correspondientes. La *capa de persistencia* corresponde a tablas PostgreSQL organizadas por dominio funcional. La *capa de infraestructura* utiliza contenedores Docker gestionados por Dokploy para integración y despliegue continuo, Traefik como proxy inverso y Nginx como servidor web del frontend.

9.4. Diagrama de despliegue

La Fig. 8 ilustra la arquitectura de despliegue de la plataforma. El sistema se distribuye en dos servidores: un servidor de aplicaciones y un servidor de base de datos. En el servidor de aplicaciones, Dokploy gestiona el ciclo de despliegue continuo a partir de cada *push* a las ramas del repositorio, mientras que Traefik actúa como proxy inverso para enrutar el tráfico entrante hacia los contenedores correspondientes. El frontend, construido con React, TypeScript y Material UI, se sirve mediante Nginx dentro de su propio contenedor Docker. El backend, implementado con NestJS y TypeScript bajo una organización por capas orientada al cumplimiento de los principios SOLID, utiliza Prisma como ORM para comunicarse con la base de datos PostgreSQL alojada en el servidor dedicado.

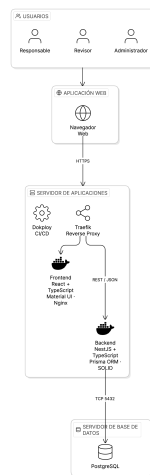


Figure 8. Diagrama de despliegue del sistema.

9.5. Modelo de datos

La Fig. 9 presenta el modelo de datos del sistema, limitado a las entidades del dominio del plan de desarrollo. La jerarquía del plan se organiza en cinco niveles: Plan, StrategicLine, Policy, Program y Project. Cada proyecto contiene uno o más Indicador, y cada indicador agrupa las Activity que lo operacionalizan. La estructura temporal se gestiona mediante FiscalYear (vigencia anual) y Period (período mensual de seguimiento), ambos vinculados al plan. El seguimiento periódico se registra a través de IndicatorFollowup y ActivityPeriodProgress, que capturan resultados y avances por período. La financiación de indicadores se modela mediante IndicatorFinancing y FinancingSource. Finalmente, ChangeRequest registra las solicitudes de modificación al plan, vinculadas a una vigencia específica.

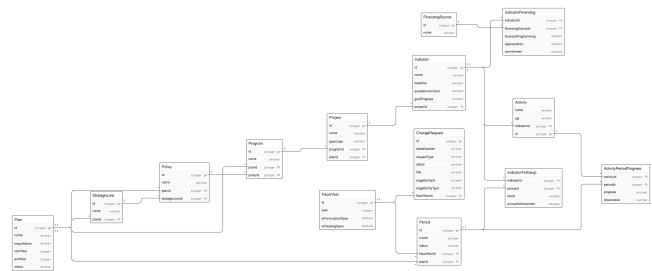


Figure 9. Modelo de datos del sistema (dominio del plan de desarrollo).

10. Prototipo

MiPlan es el software desarrollado que se contempla entregar a la Secretaría de planeación de la Alcaldía de Barranquilla con el fin de mejorar los procesos que se llevan a cabo para formular, seguir y auditar los planes de desarrollo de la ciudad en cada vigencia, en este caso la que contempla del año 2024 al 2027. El stack de tecnologías seleccionadas fueron React, Material UI y Nginx para el Frontend, y del lado del Backend NestJS, Prisma ORM, con una base de datos en Postgres y Typescript como lenguaje principal, bajo una arquitectura SOLID; una combinación de tecnologías modernas que permitirán a la aplicación escalar y mantenerse en el tiempo. Dentro de las principales funcionalidades del sistema se encuentran:

- Vistas con opciones diferenciales para tres tipos de usuario: Administrador, Gestor y Auditor.
- Para los administradores: administración de permisos, usuarios, responsables, oficinas, tipos de indicadores, unidades de medidas, códigos DNP, módulo de subida del plan de desarrollo, resúmenes y administración de vigencias.
- Para los gestores: módulo de formulación y seguimiento del plan indicativo y de gestión, así

como también tablero de visualización de métricas de cumplimiento actualizado del plan.

- Para los auditores: módulo de revisión que permite auditar los seguimientos realizados por las diferentes dependencias a los proyectos, indicadores y actividades activas.

El software está diseñado para operar en computadores portátiles y de escritorio, dispositivos altamente utilizados en el entorno organizacional, la primera vista que tiene el usuario es la página de inicio de sesión que se realiza a través de usuarios con diferentes roles entregados a las distintas dependencias de la alcaldía. La Fig. 10 ilustra los módulos funcionales accesibles por cada tipo de usuario:

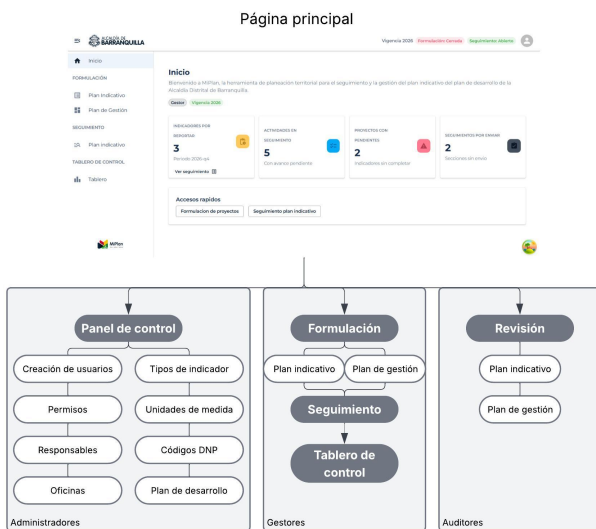


Figure 10. Snapshot de los módulos del sistema.

A continuación, se hace una explicación algo más detallada de cada módulo y su funcionalidad dentro del sistema

- **Panel de Control:** Visible para el administrador. Le permite gestionar diferentes entidades del sistema como usuarios, responsables, códigos DNP, entre otros. Sin embargo, la función más importante es la gestión del plan de desarrollo. Los administradores deciden en qué momento se abren etapas del proceso como la formulación, un periodo del seguimiento o se cierra el plan. Además, con los reportes que se generan se puede tener una visualización del progreso del plan de desarrollo en general o por responsable.
- **Formulación:** Visible para el gestor. Este módulo le permite a un gestor registrar actividades para un indicador. Estas actividades registradas para la vigencia activa se les hará seguimiento posteriormente en cada periodo. Una mejora importante de este módulo es que ahora los gestores, cuando el administrador lo habilite, pueden formular actividades de la siguiente

vigencia desde mucho antes lo cual evita que se acumule el trabajo en el primer mes de cada año.

- **Seguimiento:** Visible para el gestor. Este módulo le permite a un gestor registrar el seguimiento periódico de cada indicador y actividad formulada. El seguimiento se hace por periodos, lo que permite tener un control más detallado del avance de cada actividad e indicador a lo largo del tiempo. Es oportuno aclarar que el seguimiento se le hace a los indicadores y a las actividades por separado debido a que así lo requiere la Alcaldía.
- **Revisión:** Visible para el auditor. Este módulo le permite a un auditor revisar los seguimientos realizados por las diferentes dependencias a los proyectos, indicadores y actividades activas. El auditor lo que hace es dejar observaciones y recomendaciones sobre la gestión que se ha hecho sobre un indicador en la vigencia.

A su vez, el sistema cuenta con conexión al Active Directory de la institución, brindado así comodidad a los usuarios y dependencias al momento de iniciar sesión con un único usuario para autenticarse en todas las aplicaciones existentes, incluyendo MiPlan.

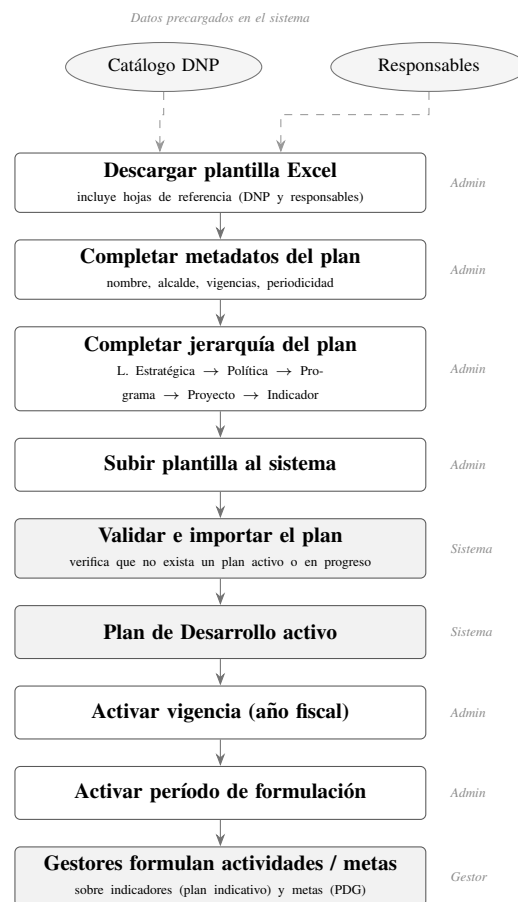


Figure 11. Flujo de carga y activación del Plan de Desarrollo en la plataforma.

La Fig. 11 ilustra el flujo de operación de la plataforma, que comienza con la carga del Plan de Desarrollo. Para ello, el administrador descarga una plantilla Excel generada por el sistema, la cual incluye hojas de referencia precargadas con el catálogo de códigos DNP y la lista de responsables (secretarías) registrados en la plataforma. El administrador completa la plantilla de manera progresiva: primero los metadatos generales del plan y luego la jerarquía completa de sus componentes. Una vez diligenciada, la plantilla se sube al sistema, que valida que no exista un plan activo o en progreso antes de importar la información. Con el plan cargado, el administrador activa la vigencia correspondiente y habilita el período de formulación, momento en el cual los gestores pueden comenzar a registrar las actividades asociadas a cada indicador.

10.1. Vistas del sistema

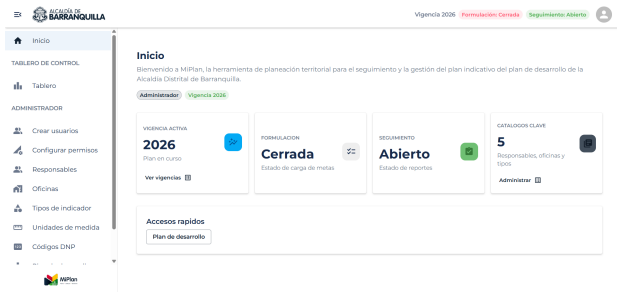


Figure 12. Dashboard del administrador



Figure 13. Cargue del Plan de Desarrollo



Figure 14. Resumen Plan de Desarrollo

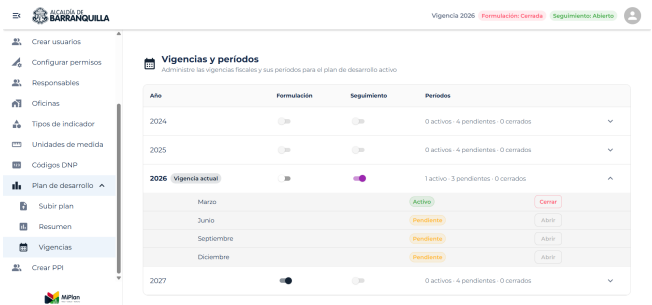


Figure 15. Vigencias y periodos

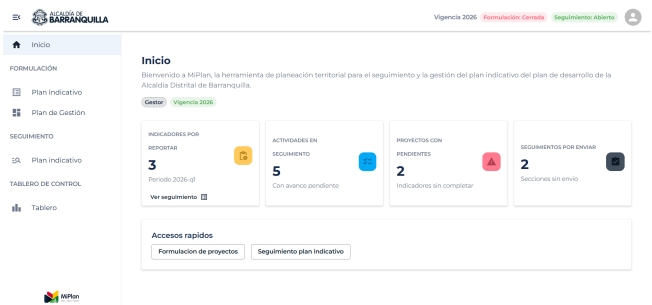


Figure 16. Dashboard de gestores



Figure 17. Formulación del plan indicativo

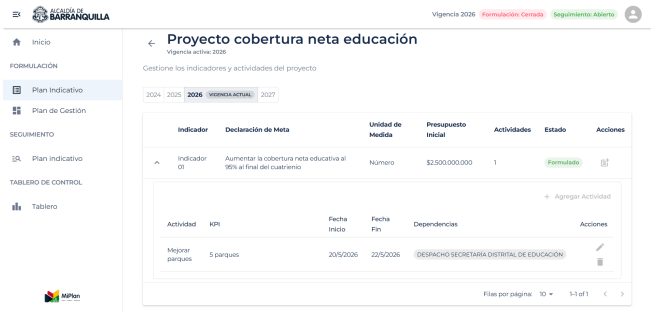


Figure 18. Formulación actividades por indicador



Figure 19. Seguimiento del plan indicativo

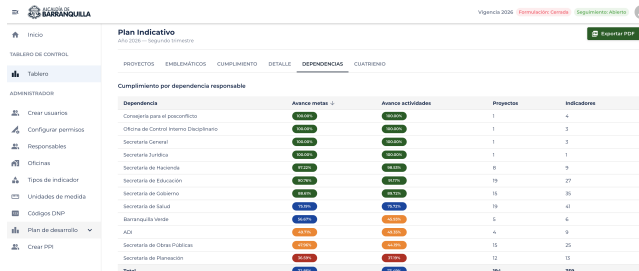


Figure 23. Reporte de dependencias

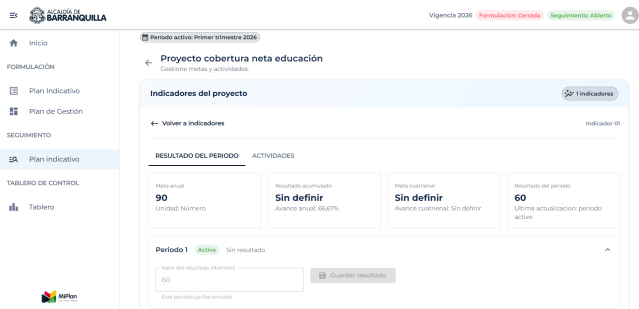


Figure 20. Seguimiento por periodo

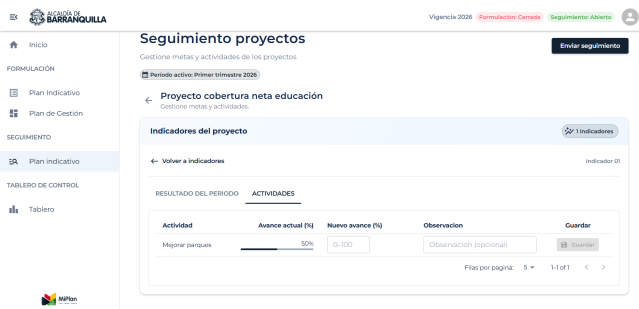


Figure 21. Seguimiento de actividades

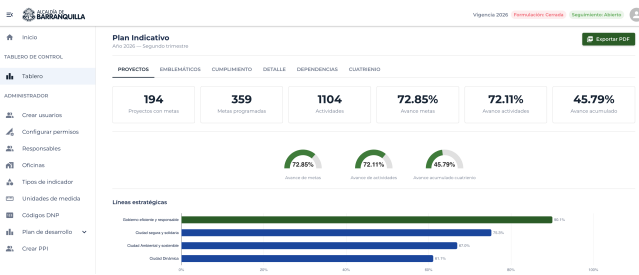


Figure 22. Reportes

11. Validación del Prototipo

Característica	Definición descripción	0	1	2	3	4	5
Understandability	¿Fácil de comprender?					X	
Documentation	¿Documentación de usuario completa, apropiada y bien estructurada?					X	
Learnability	¿Fácil de aprender a usar sus funciones?						X
Governance	¿Fácil de entender cómo se ejecuta el proyecto y cómo se gestiona el desarrollo del software?						X
Community	¿Evidencia de comunidad actual / futura?					X	
Accessibility	¿Evidencia de capacidad de descarga actual / futura?						X
Testability	¿Fácil de probar la corrección de funciones caja negra?						X
Supportability	¿Evidencia de soporte para desarrolladores actuales / futuros?						X
Analysability	¿Fácil de entender a nivel fuente?						X
Changeability	¿Fácil de modificar y aportar cambios a los desarrolladores?						X
Evolvability	¿Evidencia de desarrollo actual / futuro?						X

TABLE 1. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE

La Tab. 1 hace referencia a la tabla de validación del prototipo funcional de *MiPlan*, la cual fue realizada mediante una evaluación en pares teniendo en cuenta criterios asociados a los estándares ISO 9126 e ISO 15504, permitiendo identificar tanto los aspectos sólidos como las áreas con oportunidad de mejora del proyecto. La evaluación se basó en la escala likert de valoración que comprende valores de 1 a 5 y cuyas interpretaciones se detallan en la Tab. 2, donde los resultados evidencian un desempeño favorable del prototipo en la mayoría de los criterios analizados. En

particular, se destacan las altas valoraciones obtenidas en learnability, governance, supportability y evolvability, lo que indica que la plataforma posee una estructura comprensible, adaptable y con potencial de crecimiento futuro. Algunas áreas de mejora se relacionan principalmente con la interoperabilidad y ciertos aspectos de documentación. En particular, se evidencia la necesidad de fortalecer la integración con otras plataformas o herramientas externas, enfoque que se planea trabajar en futuras versiones del sistema a través de la integración de *MiPlan* con plataformas de gestión del Gobierno Nacional como lo es la plataforma *Banco de Proyectos*.

Nivel de cumplimiento	Valor	Interpretación
No está presente	1	Muy bajo
Presente	2	Bajo
Aceptable	3	Medio
Destacado	4	Alto
Óptimo	5	Muy alto

TABLE 2. ESCALA LIKERT BASADA EN ISO 15504

12. Resultados y Conclusión

El desarrollo de este proyecto permitió diseñar e implementar una nueva plataforma para la gestión del Plan de Desarrollo de la Alcaldía de Barranquilla, abordando directamente las deficiencias estructurales identificadas en el sistema MiPlan. A partir del análisis realizado sobre la plataforma existente, se evidenció que gran parte de los problemas operativos, dificultades de mantenimiento y limitaciones de escalabilidad estaban asociados a la ausencia de una arquitectura formalmente definida y a la acumulación de deuda técnica durante su evolución.

Con base en los hallazgos obtenidos en la revisión de literatura y en el estudio del contexto institucional, se construyó una solución sustentada en principios SOLID, arquitectura por capas y separación clara de responsabilidades, permitiendo estructurar el sistema de manera modular y desacoplada. Esta organización arquitectónica facilitó la implementación de componentes independientes para formulación de actividades, seguimiento de indicadores y generación de reportes, mejorando significativamente la mantenibilidad y la capacidad de evolución del software frente a nuevos requerimientos institucionales.

La plataforma desarrollada integró tecnologías modernas tanto en frontend como en backend, utilizando React, NestJS, Prisma ORM y PostgreSQL y herramientas de integración continua. Esta infraestructura permitió establecer un entorno más estable y sostenible para la operación del sistema, garantizando una mayor facilidad para futuras actualizaciones y reduciendo la dependencia de configuraciones manuales o procesos poco controlados.

De igual forma, la implementación de pruebas automatizadas en componentes críticos permitió fortalecer

la confiabilidad del sistema y disminuir errores, problemas y atrasos durante el desarrollo. Durante la validación funcional del prototipo se verificó el cumplimiento de los requerimientos establecidos para los diferentes tipos de usuarios de la plataforma, evidenciando coherencia entre la arquitectura diseñada y los módulos implementados. El sistema logró responder adecuadamente a los procesos institucionales relacionados con la formulación, seguimiento y evaluación de indicadores, permitiendo centralizar la información y mejorar la organización operativa de las dependencias involucradas.

Los resultados obtenidos permiten concluir que la calidad arquitectónica constituye un factor determinante para la sostenibilidad tecnológica de los sistemas de información en el sector público. La experiencia desarrollada demuestra que la transformación digital no depende únicamente de la incorporación de nuevas tecnologías, sino de la construcción de soluciones respaldadas por principios formales de ingeniería de software que garanticen continuidad operativa, mantenibilidad y capacidad de adaptación en el tiempo. En este sentido, la nueva plataforma representa no solo una mejora técnica frente a *MiPlan*, sino también un aporte al fortalecimiento de la gobernanza digital y a la capacidad institucional de la Alcaldía de Barranquilla para gestionar de manera más eficiente y confiable su Plan de Desarrollo.

References

- [1] G. Vial, "Understanding digital transformation: A review and a research agenda," *Managing digital transformation*, pp. 13–66, 2021.
- [2] M. Egodawele, D. Sedera, and V. Bui, "A systematic review of digital transformation literature (2013–2021) and the development of an overarching a-priori model to guide future research," in *Proceedings of the Australasian Conference on Information Systems (ACIS)*, 2022. DOI: 10.48550/arXiv.2212.03867
- [3] B. A. Baheer, D. Lamas, and S. Sousa, "A systematic literature review on existing digital government architectures: State-of-the-art, challenges, and prospects," *Administrative sciences*, vol. 10, no. 2, p. 25, 2020.
- [4] *Iso/iec 25010:2011 systems and software engineering – systems and software quality requirements and evaluation (square) – system and software quality models*, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2011. [Online]. Available: <https://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25010>
- [5] Congreso de la República de Colombia, *Ley 152 de 1994 – ley orgánica del plan de desarrollo*, Consulted: 2026-02-16, 1994. [Online]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=327>
- [6] Organisation for Economic Co-operation and Development, *Digital Government Review of Colombia*:

- Towards a Citizen-Driven Public Sector*. Paris: OECD Publishing, 2018. DOI: 10.1787/9789264291867-en
- [7] A. Ferreira and C. Santos, “Digital transformation in public sector: Systematic literature review,” *Enhancing public sector accountability and services through digital innovation*, pp. 265–288, 2025.
- [8] M. R. O. Diaz and K. J. Z. Ospina, “Gobierno digital e inteligencia artificial, una mirada al caso colombiano,” *Administración & Desarrollo*, vol. 53, no. 1, pp. 1–34, 2023.
- [9] D. O’Higgins, “Impacts of business architecture in the context of digital transformation: An empirical study using pls-sem approach,” *arXiv preprint arXiv:2307.11895*, 2023.
- [10] C. Vrabie, “Smart-optimism. uncovering the resilience of romanian city halls in online service delivery,” in *Proceedings of the Central and Eastern European eDem and eGov Days 2024*, 2024, pp. 51–60.
- [11] J. J. P. Latupeirissa, N. L. Y. Dewi, I. K. R. Prayana, M. B. Srikandi, S. A. Ramadiansyah, and I. B. G. A. Y. Pramana, “Transforming public service delivery: A comprehensive review of digitization initiatives,” *Sustainability*, vol. 16, no. 7, p. 2818, 2024.
- [12] M. I. Sarwar, Q. Abbas, T. Alyas, A. Alzahrani, T. Alghamdi, and Y. Alsaawy, “Digital transformation of public sector governance with it service management—a pilot study,” *IEEE access*, vol. 11, pp. 6490–6512, 2023.
- [13] G. P. V. Arévalo, T. V. Pérez, and H. F. C. Silva, “Digital transformation in state entities,” *Revista Ingenio*, vol. 20, no. 1, pp. 53–58, 2023.
- [14] M. Meyerhoff Nielsen and Z. Jordanoski, “Digital transformation, governance, and coordination in times of crisis: An analysis of australia, denmark, and the republic of korea,” *Digital Government: Research and Practice*, vol. 4, no. 4, pp. 1–20, 2023.
- [15] W. Cunningham, “The WyCash portfolio management system,” *ACM SIGPLAN OOPS Messenger*, vol. 4, no. 2, pp. 29–30, 1992. DOI: 10.1145/157709.157715
- [16] M. E. Nielsen, C. Ø. Madsen, and M. F. Lungu, “Technical debt management: A systematic literature review and research agenda for digital government,” in *Electronic Government. EGOV 2020*, ser. Lecture Notes in Computer Science, vol. 12219, Cham: Springer, 2020, pp. 121–137. DOI: 10.1007/978-3-030-57599-1_10
- [17] M. E. Nielsen and C. Ø. Madsen, “Stakeholder influence on technical debt in public sector IT systems,” *Government Information Quarterly*, vol. 39, no. 4, p. 101706, 2022. DOI: 10.1016/j.giq.2022.101706
- [18] I. Yanakiev, B.-M. Lazar, and A. Capiluppi, “Applying SOLID principles for the refactoring of legacy code: An experience report,” *Journal of Systems and Software*, vol. 220, p. 112254, 2025. DOI: 10.1016/j.jss.2024.112254
- [19] R. Cabral, M. Kalinowski, M. T. Baldassarre, H. Villamizar, T. Escovedo, and H. Lopes, “Investigating the impact of SOLID design principles on machine learning code understanding,” in *Proceedings of the IEEE/ACM 3rd International Conference on AI Engineering (CAIN 2024)*, Lisbon, Portugal: ACM, 2024, pp. 186–197. DOI: 10.1145/3644815.3644957
- [20] Y. Wang, M. V. Mäntylä, Z. Liu, and J. Markkula, “Test automation maturity improves product quality — Quantitative study of open source projects using continuous integration,” *Journal of Systems and Software*, vol. 188, p. 111259, 2022. DOI: 10.1016/j.jss.2022.111259
- [21] O. Abdul-Azeez, A. O. Ihechere, and C. Idemudia, “Achieving digital transformation in public sector organizations: The impact and solutions of sap implementations,” *Computer Science & IT Research Journal*, vol. 5, no. 7, pp. 1521–1538, 2024.
- [22] B. Molnár, P. Báldy, and K. Menyhard-Balázs, “Architectures of contemporary information systems and legal/regulatory environment,” in *ICEIS (2)*, 2024, pp. 753–761.
- [23] M. Broy and B. Selic, “Specifying and composing layered architectures,” *J. Object Technol.*, vol. 23, no. 1, p. 1, 2024.
- [24] Z. Tu, “Research on the application of layered architecture in computer software development,” *Journal of Computing and Electronic Information Management*, vol. 11, no. 3, pp. 34–38, 2023.
- [25] A. B. Belle, G. E. Boussaidi, T. C. Lethbridge, S. Kpodjedo, H. Mili, and A. Paz, “Systematically reviewing the layered architectural pattern principles and their use to reconstruct software architectures,” *arXiv preprint arXiv:2112.01644*, 2021.
- [26] S. K. Boell and D. Cecez-Kecmanovic, “What is an information system?” In *2015 48th Hawaii International Conference on System Sciences*, IEEE, 2015, pp. 4959–4968.
- [27] R. C. Martin, *Agile Software Development: Principles, Patterns, and Practices*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
- [28] L. Bass, P. Clements, and R. Kazman, *Software Architecture in Practice*, 4th. Boston, MA: Addison-Wesley Professional, 2022.