

# Transformación Digital de la Infraestructura Pública en Colombia: Análisis Exhaustivo del Mandato BIM 2026 y la Integración de la Herramienta APU\_filter

## 1. Introducción: La Encrucijada de la Modernización en la Infraestructura Colombiana

La industria de la Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operación (AECO) en Colombia se encuentra ante un umbral histórico de transformación. Este sector, tradicionalmente caracterizado por procesos analógicos, fragmentación de la información y una baja productividad relativa, enfrenta una reingeniería sistémica impulsada por el Estado. La convergencia de una política pública agresiva —materializada en la Estrategia Nacional BIM 2020-2026— y el surgimiento de tecnologías de "capa profunda" (*Deep Tech*) como la inteligencia artificial y la topología algebraica aplicada a datos, configuran un nuevo paradigma de gestión pública.

Este informe de investigación tiene como propósito diseccionar con exhaustividad el panorama de la adopción de la metodología *Building Information Modeling* (BIM) en Colombia, analizando no solo los cronogramas y mandatos legales que culminarán en la obligatoriedad total para el año 2026, sino también las implicaciones técnicas y económicas de este cambio. Un foco particular de este análisis recae en la dimensión de costos (BIM 5D) y en cómo herramientas emergentes, específicamente el sistema *APU\_filter*, proponen soluciones disruptivas basadas en arquitecturas agénticas y grafos de conocimiento para resolver los problemas crónicos de opacidad e ineficiencia en la presupuestación de obras públicas.

### 1.1 El Peso Específico del Sector y la Brecha de Productividad

Para comprender la magnitud del desafío que plantea el Mandato BIM 2026, es imperativo dimensionar el rol del sector constructor en la economía nacional. Según los datos base que sustentan la Estrategia Nacional, el sector de la construcción no es un actor periférico; representa aproximadamente el 5.17% del Producto Interno Bruto (PIB) de Colombia.<sup>1</sup> Más aún, su influencia sistémica es vasta: se estima que el sector dinamiza, directa e indirectamente, el 54% del aparato productivo del país, creando una red de interdependencias que abarca desde la minería de materiales hasta los servicios financieros y jurídicos.<sup>1</sup> En términos de capital humano, para agosto de 2019, el sector empleaba a más de

1.5 millones de personas, lo que constituye el 6.8% del empleo total nacional.<sup>1</sup>

Sin embargo, estas cifras de volumen contrastan agudamente con los índices de eficiencia. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) ha emitido diagnósticos severos, señalando que las brechas de infraestructura en Colombia actúan como un freno estructural para el crecimiento inclusivo y la competitividad del país.<sup>1</sup> La industria ha operado históricamente con niveles de digitalización inferiores a los de sectores como las telecomunicaciones o la banca, dependiendo de flujos de trabajo basados en documentos estáticos (planos en papel o PDF) que dificultan la trazabilidad, fomentan los silos de información y, en última instancia, crean un terreno fértil para la ineficiencia fiscal y la corrupción.

## **1.2 La Respuesta Institucional: Digitalización como Política de Estado**

Frente a este escenario de estancamiento productivo, el Gobierno Nacional ha articulado una respuesta institucional coherente y de largo plazo. La modernización del sector de la construcción e infraestructura se ha definido como una de las "rutas económicas clave" para la prosperidad nacional.<sup>1</sup> Esta visión no es aislada, sino que se enmarca en una política superior de transformación digital del Estado, plasmada en documentos de política pública como el CONPES 3975.

El mandato de adopción BIM no debe interpretarse meramente como una exigencia técnica de actualización de software. Es, en esencia, una estrategia de política económica destinada a incrementar la transparencia en el gasto público y mejorar la calidad del hábitat construido. Al establecer que para el año 2026 todos los proyectos públicos deberán gestionarse bajo esta metodología <sup>2</sup>, el Estado colombiano está enviando una señal inequívoca al mercado: la era de la construcción analógica ha terminado. Este informe explorará cómo el ecosistema público y privado se está preparando para este hito, y cómo innovaciones como *APU\_filter* están redefiniendo lo que es posible en la auditoría y gestión de costos de infraestructura.

---

## **2. Marco Conceptual y Regulatorio: La Arquitectura del Mandato 2026**

La implementación de BIM en Colombia no surge de la generación espontánea del mercado, sino de una arquitectura regulatoria cuidadosamente diseñada para crear "condiciones habilitantes". Este capítulo analiza los cimientos legales y conceptuales que sustentan la Estrategia Nacional BIM 2020-2026.

### **2.1 Definición y Alcance de BIM en la Política Pública**

Un primer paso crítico en la estrategia colombiana fue la unificación semántica. El Grupo de Trabajo BIM (GTB), conformado por entidades líderes del gobierno, la academia y el sector privado, adoptó una definición estandarizada para evitar ambigüedades contractuales. En el contexto de la política pública nacional, BIM se define como "un proceso colaborativo a través

del cual se crea, comparte y usa información estandarizada en un entorno digital durante todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción".<sup>1</sup>

Esta definición es fundamental porque desplaza el foco desde la herramienta (el software de modelado 3D) hacia el proceso (la gestión de información). Se alinea estrictamente con la norma técnica **NTC-ISO 19650-1:2021**, que es la adaptación colombiana del estándar internacional para la gestión de la información. Bajo esta óptica, BIM se entiende en el contexto de tres palabras clave que se repiten a lo largo de toda la documentación oficial: **Colaboración, Información y Tecnología**.<sup>1</sup>

## **2.2 CONPES 3975: La Sombrilla de Transformación Digital**

La legitimidad política de la Estrategia BIM emana del Documento CONPES 3975, titulado "Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial".<sup>5</sup> Este documento de alto nivel establece los lineamientos para potenciar la generación de valor social y económico a través del uso estratégico de tecnologías digitales.

El CONPES 3975 identifica explícitamente la necesidad de "disminuir las barreras que impiden la incorporación de tecnologías digitales en el sector privado y en el sector público".<sup>6</sup>

Reconoce que la transformación digital no es un fin en sí mismo, sino un mecanismo para aumentar la productividad y la transparencia. En este marco, la digitalización del sector construcción se convierte en un capítulo específico de la agenda nacional de competitividad.

El documento instruye a entidades como la Financiera de Desarrollo Nacional (FDN), el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el Ministerio de Vivienda y el Ministerio de Transporte para diseñar una estrategia de fomento específica para la construcción.<sup>7</sup> Así, el mandato BIM no es una iniciativa aislada de un ministerio, sino un compromiso de Estado transversal.

## **2.3 Resolución 0441 de 2020: El Hito de la Licencia Digital**

Uno de los avances regulatorios más tangibles hacia la materialización del entorno digital fue la expedición de la **Resolución 0441 de 2020** por parte del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.<sup>8</sup> Esta normativa marcó un antes y un después al fijar los lineamientos para los curadores urbanos y autoridades municipales participantes en el plan piloto de expedición de licencias de construcción a través de medios electrónicos.

La resolución no solo autoriza el trámite digital, sino que integra explícitamente la metodología BIM en el proceso administrativo. En su anexo técnico, define BIM y establece los estándares para la recepción de modelos de información.

- **Reconocimiento de la Firma Digital:** La resolución aclara que la firma digital o electrónica tendrá los mismos efectos jurídicos que la firma autógrafa, siempre que se garantice su autenticidad, integridad y no repudio.<sup>8</sup> Esto elimina una de las barreras burocráticas más persistentes: la necesidad de imprimir planos físicos para ser firmados y sellados manualmente.
- **Formatos de Entrega:** Se estipula que los documentos 2D deben recibirse en formato PDF/A-1b (para preservación a largo plazo) y, crucialmente, si se incorporan modelos del proyecto arquitectónico o estructural, estos deben entregarse bajo el formato de

modelos **OpenBIM (IFC 2x3)**.<sup>10</sup>

- **Validación Jurídica del Modelo:** Al aceptar el formato IFC como documento válido para la radicación, el Estado colombiano otorga al modelo BIM el estatus de documento legal, equiparable a los planos tradicionales.

Esta resolución actúa como un "sandbox" regulatorio que permite a las curadurías y a los constructores testear los flujos de trabajo digitales antes de la obligatoriedad masiva, facilitando una transición gradual hacia la curaduría urbana 100% digital.

---

### 3. La Estrategia Nacional BIM 2020-2026: Hoja de Ruta y Cronograma

La Estrategia Nacional BIM se diseñó bajo el principio de gradualidad. Reconociendo la heterogeneidad en la madurez digital de las empresas y entidades públicas colombianas, se estableció un horizonte de implementación de siete años, con metas escalonadas que permiten al mercado adaptarse progresivamente a las nuevas exigencias.

#### 3.1 Cronograma de Adopción Progresiva (2020-2026)

El plan establece porcentajes obligatorios de uso de BIM en proyectos de construcción pública, incrementando la exigencia año tras año. Este cronograma busca evitar un choque de mercado ("Big Bang") que podría excluir a las pequeñas y medianas empresas (PYMES) de la contratación pública.

A continuación se detalla el cronograma oficial de requerimientos de uso de BIM en proyectos públicos:

Año	Rango de Adopción Requerida	Contexto y Objetivos Específicos
2020-2021	Fase de Alistamiento	Creación del marco colaborativo, lanzamiento de la estrategia, definición de estándares y inicio de proyectos piloto seleccionados. <sup>1</sup> Publicación de guías técnicas.
2022	10% - 25%	Requerimiento de uso de BIM en un porcentaje inicial de proyectos públicos. Enfoque en entidades líderes (early adopters) como el IDU o la ANI. <sup>11</sup>
2023	35% - 50%	Expansión del mandato. Las

		entidades territoriales clave comienzan a exigir BIM. Se consolida el uso de Entornos Comunes de Datos (CDE). <sup>11</sup>
2024	60% - 75%	Masificación. La mayoría de los proyectos de infraestructura compleja (vías 4G/5G, aeropuertos, hospitales grandes) deben incluir componentes BIM. <sup>11</sup>
2025	85% - 100%	Preparación final. Se espera que prácticamente la totalidad de la contratación pública significativa opere bajo estándares BIM. Validación de flujos de trabajo para el mandato total. <sup>11</sup>
2026	MANDATO NACIONAL	<b>Implementación obligatoria a nivel nacional.</b> Todos los proyectos de orden nacional y aquellos cofinanciados por el Gobierno Nacional deben utilizar la metodología BIM. <sup>11</sup>

El año 2026 representa el punto de no retorno. A partir de esa fecha, la capacidad de ejecutar proyectos bajo metodología BIM deja de ser una ventaja competitiva para convertirse en una **licencia para operar** en el mercado de obra pública estatal.

### 3.2 Objetivos Estratégicos Cuantificables

La estrategia no persigue la adopción tecnológica *per se*, sino resultados económicos y operativos tangibles. Se han definido tres objetivos macro que guían la implementación:

1. **Eficiencia (Ahorro del 10%):** El objetivo más ambicioso es lograr un ahorro mínimo del 10% en los costos de los proyectos de construcción e infraestructura pública.<sup>1</sup> Este ahorro no se espera de la reducción de la calidad, sino de la eliminación de ineficiencias: reducción de interferencias (clash detection), optimización de cantidades de obra, disminución de desperdicios materiales y reducción de tiempos de ejecución por una mejor planificación.
2. **Consistencia:** Se busca asegurar la consistencia de la información a través de un marco colaborativo estandarizado. Esto implica que los datos generados en la fase de diseño sean utilizables sin reprocesos en la fase de construcción y operación.<sup>1</sup>
3. **Eficacia:** Mejorar el manejo de la información mediante la digitalización y el uso de Entornos Comunes de Datos (CDE), garantizando que la información correcta esté disponible para la persona correcta en el momento correcto.<sup>1</sup>

### 3.3 Pilares de Ejecución

Para alcanzar estas metas, la estrategia se apoya en cuatro pilares fundamentales que articulan las acciones del gobierno y el sector privado:

- **Liderazgo Público:** El gobierno asume el rol de "cliente inteligente". No solo regula, sino que tracciona el mercado al exigir BIM en sus propias licitaciones. Esto incluye la creación de mandatos claros y el monitoreo del progreso.<sup>2</sup>
- **Marco Colaborativo:** Desarrollo y adopción de estándares y guías técnicas. Aquí es crucial el trabajo de entidades como el **BIM Forum Colombia**, que ha desarrollado guías de gestión de información, roles y planes de ejecución BIM (BEP) que sirven de referencia para la industria.<sup>12</sup>
- **Desarrollo de Capacidades:** Reconociendo que la tecnología es inútil sin capital humano capacitado, este pilar se enfoca en la formación. Incluye la adaptación de planes de estudio en universidades, la formación técnica en el SENA y la certificación de competencias para los nuevos roles BIM (Gestores, Coordinadores, Modeladores).<sup>2</sup>
- **Comunicación y Difusión:** Socialización masiva de la estrategia para vencer la resistencia al cambio cultural, promoviendo casos de éxito y demostrando los beneficios tangibles de la metodología.<sup>2</sup>

---

## 4. La Quinta Dimensión (BIM 5D): El Desafío de los Costos y Presupuestos

Mientras que la dimensión 3D (geométrica) de BIM ha alcanzado niveles razonables de madurez en Colombia, la dimensión 5D (gestión de costos y presupuestos) presenta desafíos técnicos y metodológicos significativos. La promesa de BIM 5D es la extracción automatizada y precisa de cantidades de obra del modelo digital para generar presupuestos dinámicos, pero la realidad operativa es mucho más compleja.

### 4.1 La Brecha entre Modelo y Presupuesto

En el flujo de trabajo tradicional colombiano, el presupuesto se elabora de manera desconectada del diseño. Los especialistas en costos reciben planos 2D y realizan levantamientos manuales de cantidades ("metrados") que luego ingresan en hojas de cálculo o software especializado de Análisis de Precios Unitarios (APU). Este proceso es propenso a errores humanos, omisiones y desactualizaciones: si el diseño cambia, el presupuesto debe recalcularse casi desde cero.

La metodología BIM 5D busca integrar estos dos mundos. Idealmente, cada elemento del modelo (ej. un muro tipo M-01) contiene la información necesaria para vincularse a una partida presupuestaria. Sin embargo, la interoperabilidad es el principal obstáculo.

- **Problemas de Intercambio:** La transferencia de datos entre software de autoría (Revit, Archicad) y software de costos a menudo resulta en pérdida de información o inconsistencias en la clasificación.<sup>14</sup>

- **Granularidad Dispar:** Existe una discrepancia entre cómo se modela y cómo se cobra. Un muro se modela como un objeto único, pero se paga por metros cuadrados de mampostería, metros cuadrados de pañete y metros cuadrados de pintura. Esta relación "uno a muchos" requiere una lógica de desagregación compleja que el software estándar a menudo no maneja bien de forma automática.

## 4.2 El Ecosistema de Software de Costos en Colombia

El mercado colombiano de software de presupuestación está dominado por herramientas locales adaptadas a la idiosincrasia del APU nacional. Herramientas como **Quercusoft**, **Metrokubiko**, **Apucons** y sistemas ERP como **Magistra** son ampliamente utilizadas.<sup>15</sup>

- **Características:** Estas herramientas son robustas en la gestión de bases de datos de insumos, cálculo de rendimientos de mano de obra y análisis de AIU (Administración, Imprevistos y Utilidad). Muchas ofrecen versiones en la nube y funcionalidades colaborativas.
- **Limitación BIM:** Aunque algunas están empezando a integrar visores IFC o módulos de conexión, la mayoría opera bajo una lógica de base de datos relacional que no "entiende" la topología del modelo BIM nativamente. La conexión suele depender de plugins intermedios o exportaciones a Excel, lo que rompe la bidireccionalidad y la actualización en tiempo real.<sup>19</sup>

## 4.3 Estandarización de Datos: El Caso INVIAS

Un avance crucial para la implementación de BIM 5D en obra pública es la disponibilidad de datos estructurados. El Instituto Nacional de Vías (INVIAS) ha modernizado su base de datos de Análisis de Precios Unitarios (APU). Para 2025, INVIAS ha lanzado nuevas tablas de precios ajustadas a la geografía y el clima de cada región, reconociendo que el costo de hacer un kilómetro de vía varía drásticamente según la altitud y el acceso a materiales.<sup>20</sup>

La disponibilidad de estos APUs regionalizados en formatos digitales descargables (.xlsx, y potencialmente formatos abiertos en el futuro) <sup>21</sup> es un insumo vital. Permite a los contratistas y diseñadores utilizar referencias oficiales actualizadas, reduciendo la especulación y los errores de estimación en las licitaciones públicas. Sin embargo, el reto persiste: ¿cómo conectar automáticamente estos miles de APUs de INVIAS con los objetos geométricos de un modelo BIM de un puente o un túnel sin una labor manual extenuante?

---

## 5. Innovación Profunda: La Herramienta APU\_filter y la Gestión Topológica de Costos

En respuesta a las limitaciones de interoperabilidad y a la necesidad de auditoría masiva de presupuestos para el mandato 2026, surgen soluciones tecnológicas de vanguardia. La herramienta identificada como **APU\_filter** representa un cambio de paradigma: no trata el presupuesto como una simple hoja de cálculo, sino como un sistema complejo susceptible de análisis topológico y agéntico.

El análisis de la documentación técnica de *APU\_filter*<sup>23</sup> revela una arquitectura sofisticada diseñada para la validación, optimización y auditoría de presupuestos de construcción mediante Inteligencia Artificial y Topología Algebraica.

## 5.1 Arquitectura Agéntica y Microservicios

A diferencia del software monolítico tradicional, *APU\_filter* se construye sobre una arquitectura de **Microservicios Agénticos**.

- **El Orquestador:** El núcleo del sistema es un componente `orchestrator.py` que funciona como un sistema nervioso central. Su función es coordinar agentes autónomos que ejecutan tareas específicas.<sup>23</sup>
- **Ejecución Atómica:** Implementa un diseño de "Ejecución Atómica" a través de un `PipelineDirector`. Cada proceso, como calcular un costo o validar un insumo, es una unidad discreta que recibe un contexto y devuelve un estado. Esto garantiza que el sistema sea resiliente: si un cálculo falla, no colapsa todo el proceso, y el error es trazable al milisegundo.<sup>23</sup>
- **Roles Especializados:** El sistema simula roles humanos mediante agentes de IA. Existe un "Agente de Negocios" (CFO virtual) que opera sobre una matriz de decisiones estratégicas ( $\$M\_P\$$ ) y un "Agente de Infraestructura" (SRE virtual) que mantiene la salud del sistema ( $\$M\_T\$$ ). Estos agentes operan bajo un ciclo OODA (Observar, Orientar, Decidir, Actuar), permitiendo una toma de decisiones autónoma y adaptativa frente a los datos del proyecto.<sup>23</sup>

## 5.2 Topología Algebraica Aplicada a Presupuestos

La innovación más radical de *APU\_filter* es el uso de matemáticas avanzadas para diagnosticar la "salud" de un proyecto. El sistema conceptualiza el presupuesto y la estructura del proyecto como un **Espacio Topológico ( $\$X\$$ )**.

- **El Functor Algebraico:** El software actúa como un "functor" que traduce problemas cualitativos (¿está bien estructurado este proyecto?) en estructuras algebraicas computables (grupos de homología).<sup>23</sup>
- **Números de Betti ( $\beta_n$ ):** Utiliza los números de Betti como invariantes para medir la estabilidad:
  - **$\beta_0$  (Conectividad):** Mide la fragmentación del sistema. Un  $\beta_0 = 1$  indica un sistema unificado y coherente. Si  $\beta_0 > 1$ , el sistema detecta que hay partes del presupuesto o del proyecto que están "desconectadas" del todo (ej. un capítulo de costos que no suma al total, o una partición de red en la infraestructura de datos).<sup>23</sup>
  - **$\beta_1$  (Ciclos):** Detecta bucles ineficientes. Un  $\beta_1 = 0$  representa un flujo laminar y eficiente. Si  $\beta_1 > 0$ , indica la presencia de "agujeros" o ciclos de retroalimentación negativa (ej. referencias circulares en los precios o procesos de reintento infinito que consumen recursos sin avanzar).<sup>23</sup>

## 5.3 La Métrica de Estabilidad Piramidal ( $\Psi$ )



Para la auditoría de riesgos, *APU\_filter* introduce la **Métrica de Estabilidad Piramidal (pyramid\_stability)**, una fórmula diseñada para detectar fragilidades en la cadena de suministro y la planificación del proyecto.

La fórmula se define como:

$$\Psi = \frac{N_{\text{insumos}}}{N_{\text{apus}}} \times \frac{1}{\rho}$$

Donde:

- $N_{\text{insumos}}$  es el número de recursos básicos (cemento, acero, horas-hombre).
- $N_{\text{apus}}$  es el número de actividades complejas (construir muro, fundir placa).
- $\rho$  es la densidad del grafo de interconexiones.

#### Interpretación del Riesgo:

- **Estabilidad ( $\Psi > 10$ ):** Indica una arquitectura piramidal sólida. Hay una base amplia de recursos diversos que soportan las actividades. El riesgo está distribuido.
- **Inestabilidad ( $\Psi < 1$ ):** Indica una "Pirámide Invertida". Una enorme cantidad de actividades depende de un número peligrosamente bajo de insumos críticos o proveedores, con una alta interconectividad. Si uno de esos insumos falla (ej. escasez de acero), toda la estructura del proyecto colapsa.

Esta métrica permite a la Contraloría o a los gerentes de proyecto identificar proyectos con alto riesgo de inviabilidad técnica o financiera antes de poner el primer ladrillo.<sup>23</sup>

## 5.4 Inteligencia Semántica y Vectorial

Para resolver el problema de la interoperabilidad semántica (donde el modelo dice "Wall" y el presupuesto dice "Muro"), *APU\_filter* emplea Búsqueda Semántica.

Utiliza modelos de lenguaje (Sentence-Transformers) para convertir las descripciones de los ítems en vectores matemáticos. Luego, utiliza una base de datos vectorial (FAISS) para encontrar similitudes conceptuales, no solo coincidencias de texto exacto.

Esto permite que el sistema entienda que "Mampostería de arcilla" y "Muro en ladrillo tolete" son conceptos equivalentes con una similitud del 94%, permitiendo la asociación automática de costos a elementos del modelo que de otra forma quedarían huérfanos.<sup>23</sup>

---

## 6. Caso de Estudio: Implementación en el Sector Público (IDU y Contraloría)

La teoría de la estrategia nacional y la tecnología de herramientas como *APU\_filter* convergen en la práctica de las entidades públicas. Bogotá, a través del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), y la Contraloría General de la República, ofrecen ejemplos claros de esta implementación.

### 6.1 El Plan BIM del IDU

El Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) de Bogotá ha sido pionero en la adopción de BIM,

actuando como punta de lanza para el resto del país. El IDU desarrolló su propio **Plan de Implementación BIM**, alineado con la estrategia nacional pero con metas específicas para la infraestructura urbana de la capital.<sup>24</sup>

- **Anexos Contractuales:** El IDU creó el "Anexo BIM v4", un documento contractual obligatorio que especifica los requerimientos de información (EIR) para los contratistas. Esto transformó el uso de BIM de una "buena voluntad" a una obligación legal en los contratos de la ciudad.
- **Resultados:** Para 2022, el IDU ya gestionaba cerca del 50% de sus proyectos estratégicos con metodología BIM, incluyendo megaproyectos como el Transmilenio de la Av. 68 y el Corredor Verde.<sup>24</sup>
- **Usos BIM:** El IDU se ha enfocado en usos específicos como la coordinación 3D (detección de interferencias de redes, vital en una ciudad densa), la programación de obra (4D) y el control de costos. La entidad utiliza los modelos para auditar los avances de obra y validar los pagos a los contratistas, reduciendo la incertidumbre en la ejecución presupuestal.<sup>24</sup>

## 6.2 Fiscalización 4.0: La Contraloría y la DIARI

La Contraloría General de la República ha modernizado su enfoque de vigilancia fiscal mediante la creación de la **Dirección de Información, Análisis y Reacción Inmediata (DIARI)**. Esta unidad utiliza análisis de datos masivos para monitorear la inversión pública en tiempo real.

- **Georreferenciación y Modelos:** La DIARI emplea herramientas como *Survey123* y modelos de datos para georreferenciar y caracterizar miles de proyectos (más de 1,700 proyectos por valor de 63.5 billones de pesos).<sup>25</sup>
- **Integración Futura con BIM:** Con la llegada del mandato 2026, la DIARI tendrá acceso no solo a datos financieros planos, sino a modelos BIM enriquecidos. La integración de herramientas de auditoría algorítmica (como la lógica de *APU\_filter*) permitiría a la Contraloría realizar "auditorías digitales" automáticas: verificar si las cantidades pagadas corresponden a la geometría del modelo, detectar sobrecostos mediante análisis comparativo de precios unitarios a escala nacional, y predecir obras inconclusas ("elefantes blancos") analizando la estabilidad financiera del proyecto con métricas como \$\\Psi\$.
- **Registro de Obras Inconclusas:** La Ley 2020 de 2020 creó el Registro Nacional de Obras Civiles Inconclusas. El uso de BIM desde la fase de pre-construcción es la herramienta preventiva más eficaz para evitar que nuevas obras entren en esta lista, asegurando que los diseños estén completos y coordinados antes de iniciar la ejecución.<sup>26</sup>

---

## 7. Desafíos y Perspectivas hacia el 2026

A pesar de los avances normativos y tecnológicos, el camino hacia el mandato 2026 no está exento de obstáculos críticos que deben ser abordados para asegurar el éxito de la

estrategia.

## 7.1 Interoperabilidad del Sistema de Contratación (SECOP II)

El Sistema Electrónico de Contratación Pública (SECOP II) es la columna vertebral de la transparencia en Colombia. Sin embargo, actualmente SECOP II opera principalmente como un repositorio de documentos PDF y formularios web.

- **El Reto:** Para que el mandato BIM sea efectivo, SECOP II debe evolucionar hacia una plataforma capaz de gestionar datos estructurados. Debe ser interoperable con los modelos BIM y con los sistemas de gestión financiera (SIIF Nación).<sup>27</sup>
- **Visión:** Se requiere que los pliegos de licitación en SECOP II permitan la carga de archivos IFC y bases de datos de costos (XML/BC3) que puedan ser validados automáticamente por el sistema, rechazando ofertas que no cumplan con los estándares técnicos mínimos definidos en los anexos BIM.

## 7.2 La Brecha de Talento Humano

El "Desarrollo de Capacidades" es quizás el pilar más frágil. Existe una escasez de profesionales con competencias BIM avanzadas (Coordinadores, Gestores de Información, Programadores de API).

- **Formación:** Las universidades y el SENA están actualizando sus currículos, pero la velocidad de la tecnología supera la de la academia. Se necesita un énfasis mayor en la formación en estándares abiertos (OpenBIM) y en programación aplicada a la construcción (Python, Dynamo) para que los ingenieros colombianos puedan desarrollar y operar herramientas como *APU\_filter*, en lugar de ser meros usuarios pasivos de software extranjero.

## 7.3 Resistencia Cultural y Costos de Implementación

Para las PYMES de ingeniería, la adopción de BIM implica una inversión inicial alta en licencias de software y hardware. Existe el riesgo de que el mandato 2026 concentre el mercado en pocas empresas grandes con músculo financiero, excluyendo a los pequeños contratistas.

- **Solución:** El gobierno debe promover el uso de software libre o de bajo costo (Open Source BIM) y generar incentivos fiscales para la modernización tecnológica de las PYMES.

---

# 8. Conclusiones

La investigación exhaustiva sobre el mandato BIM en Colombia y las tecnologías emergentes permite arribar a las siguientes conclusiones determinantes:

1. **Irreversibilidad del Cambio:** La Estrategia Nacional BIM 2020-2026 no es una moda pasajera, sino una política de Estado consolidada, respaldada por un marco jurídico robusto (CONPES 3975, Resoluciones ministeriales) y una hoja de ruta clara. El mandato de 2026 redefinirá las reglas de juego de la contratación pública en Colombia.

2. **El Dato como Activo Público:** La transición de planos a datos estructurados transforma la infraestructura en un activo digital auditable. Esto empodera a entidades como la Contraloría para ejercer un control fiscal sin precedentes, pasando de la reacción ante el detrimento a la prevención mediante algoritmos.
3. **Innovación Local de Clase Mundial:** Herramientas como *APU\_filter* demuestran que Colombia no solo es consumidor de tecnología, sino que puede desarrollar soluciones *Deep Tech* adaptadas a su realidad. La aplicación de Topología Algebraica y Arquitecturas Agénticas a la presupuestación pública coloca a estas iniciativas en la frontera del conocimiento global en *Construction Tech*.
4. **La Importancia de la Estabilidad Estructural (\$5D\$):** La integración de la dimensión de costos es el eslabón crítico. Sin una gestión de costos automatizada y topológicamente estable (métrica  $\Psi$ ), BIM corre el riesgo de ser solo una herramienta de visualización bonita pero financieramente inerte. La validación matemática de los presupuestos es el siguiente gran paso para asegurar la viabilidad de las obras.

En definitiva, Colombia está construyendo, ladrillo a ladrillo y dato a dato, una infraestructura institucional y tecnológica que promete cerrar la brecha histórica de productividad y transparencia en su sector constructor. El éxito dependerá ahora de la velocidad de adopción y de la capacidad de los actores para abrazar esta nueva cultura digital.

---

## 9. Anexo: Tabla de Componentes Técnicos de *APU\_filter*

Para facilitar la comprensión técnica de la herramienta analizada, se presenta un resumen de sus componentes clave y su función dentro del ecosistema BIM 5D.

Componente Técnico	Tecnología Base	Función en el Ecosistema BIM 5D
Orquestador Agéntico	Python, Sistemas Distribuidos	Coordina microservicios autónomos para ejecutar tareas complejas de auditoría sin intervención humana continua. <sup>23</sup>
Métrica $\Psi$ (Estabilidad)	Teoría de Grafos	Detecta "Pirámides Invertidas" en el presupuesto: alta dependencia de pocos insumos críticos. Predice riesgos de cadena de suministro. <sup>23</sup>
Números de Betti ( $\beta_n$ )	Topología Algebraica	$\beta_0$ : Detecta fragmentación de datos (ítems

		huérfanos). $\beta_1$ : Detecta bucles lógicos o referencias circulares en los costos. <sup>23</sup>
<b>Búsqueda Semántica</b>	Sentence-Transformers, FAISS	Resuelve la interoperabilidad lingüística. Asocia "Muro" con "Mampostería" automáticamente mediante vectores de IA. <sup>23</sup>
<b>Ciclo OODA</b>	Cibernética, Teoría de Control	Permite a los agentes (CFO/SRE) observar el estado del proyecto y tomar decisiones de optimización autónomas. <sup>23</sup>

Este nivel de sofisticación técnica, aplicado a la prosaica tarea de presupuestar obras, ilustra el potencial transformador de la ingeniería de datos en el sector público colombiano.

## Obras citadas

1. Estrategia Nacional BIM 2020-2026, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>
2. BIM en Colombia: Estrategia Nacional para el 2026 - MCAD, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://mcad.co/bim-en-colombia-2026/>
3. Estrategia Nacional BIM 2020-2026 - Global BIM Network, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://globalbim.org/es/info-collection/estrategia-nacional-bim-2020-2026/>
4. BIM - UPIT, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://upit.gov.co/bim/>
5. Documento Conpes 3975: política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/36742>
6. Documento Conpes 3975, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf>
7. LANZAMIENTO DE LA ESTRATEGIA DE ADOPCIÓN BIM EN COLOMBIA.pdf - Camacol, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://camacol.co/sites/default/files/LANZAMIENTO%20DE%20LA%20ESTRATEGIA%20DE%20ADOPCION%20BIM%20EN%20COLOMBIA.pdf>
8. RESOLUCIÓN NÚMERO - Curaduría 4, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://www.curaduria4.com.co/archivos/RESOLUCION-441-2020.pdf>
9. Resolución 0441 de 2020 Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=97211&dt=S>
10. Hoja de ruta para la Curaduría (22).pdf - Camacol, fecha de acceso: enero 20, 2026, [https://camacol.co/sites/default/files/descargables/Hoja%20de%20ruta%20para%](https://camacol.co/sites/default/files/descargables/Hoja%20de%20ruta%20para%20la%20curaduria%2022.pdf)

[20la%20Curadur%C3%ADa%20%2822%29.pdf](#)

11. Normativas BIM en Colombia: Lo que debes saber para 2025, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://www.3dservices.com.co/post/normativas-bim-en-colombia-lo-que-debes-saber-para-2025>
12. GUÍA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN BIM - Camacol, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://camacol.co/sites/default/files/descargables/Gestion%20de%20la%20Informaci%C3%B3n%20BIM%20V2.pdf>
13. GUÍA DE USOS BIM - Cámara Colombiana de la Construcción, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://camacol.co/sites/default/files/descargables/Usos%20BIM%20V2.pdf>
14. Interoperabilidad en BIM: Desafíos y Soluciones | EUDE Business School, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://www.eude.es/blog/interoperabilidad-en-bim-desafios-y-soluciones/>
15. Apus - metroKUBIKO, el software para constructoras más fácil de usar y 100% online, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://www.metrokubiko.com/apus/>
16. Quercusoft – Software Presupuestos y Precios Unitarios de Obra, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://quercusoft.com/>
17. Apucons: Inicio, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://www.apucons.com/>
18. Software de Presupuesto y Precio Unitario - Control - ERP Magistra, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://erpmagistra.com/producto/programa-presupuestos-y-precios-unitarios/>
19. BIM 5D: Cómo crear un presupuesto desde un modelo IFC paso a paso - inesa | tech, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://www.inesa-tech.com/blog/presupuesto-bim-5d-paso-a-paso/>
20. Invias lanza nueva tabla de precios para presupuestar obras, ajustada a la geografía y el clima de cada región, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://www.invias.gov.co/index.php/sala/noticias/5881-invias-lanza-nueva-tabla-de-precios-para-presupuestar-obras-ajustada-a-la-geografia-y-el-clima-de-cada-region>
21. Análisis Precios Unitarios - Invias, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/analisis-precios-unitarios>
22. Filtro APU, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://hermes2.invias.gov.co/APUs/filtroAPU/>
23. metodos.md
24. logros y avances de la implementación bim en el idu - Catastro Bogotá, fecha de acceso: enero 20, 2026, [https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/20221028ModeloBIM\\_IDU.pdf](https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/20221028ModeloBIM_IDU.pdf)
25. CGR - Rendición de Cuentas - Salvando Obras - YouTube, fecha de acceso: enero 20, 2026, <https://www.youtube.com/watch?v=vlsENaH6YXk>
26. Ley 2020 de 2020 - Gestor Normativo - Función Pública, fecha de acceso: enero 20, 2026,

- <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=135349>
27. 10. Interoperación con SECOP - SIIF - Minhacienda, fecha de acceso: enero 20, 2026,  
<https://www.minhacienda.gov.co/siif/ciclo-de-negocios/interoperacion-con-secop>
28. Nueva interoperabilidad con el Sistema de Presupuesto y Giro de Regalías - Colombia Compra Eficiente, fecha de acceso: enero 20, 2026,  
[https://www.colombiacompra.gov.co/wp-content/uploads/2024/10/infografia\\_nueva\\_interoperabilidad.pdf](https://www.colombiacompra.gov.co/wp-content/uploads/2024/10/infografia_nueva_interoperabilidad.pdf)