

Optimización de la gobernanza BIM en Pymes mediante un marco LEAN-DSR: análisis multicriterio, estudio de caso y juicio de expertos

Optimization of BIM governance in SMES using a LEAN-DSR framework: multicriteria analysis, case study, and expert judgment

Christian Zambrano Murillo

Universidad Bolivariana del Ecuador
cpzambranom@ube.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6743-0342>
Guayas – Ecuador

Milton Zambrano Chalen

Universidad Bolivariana del Ecuador
mozambranoc@ube.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7955-7984>
Guayas – Ecuador

Wellington Isaac Maliza Cruz

Universidad Bolivariana del Ecuador
wimalizac@ube.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-1426-583X>
Guayas – Ecuador

Edmundo Murillo Viteri

Universidad Bolivariana del Ecuador
ejmurillov@ube.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-0474-590X>
Guayas – Ecuador

Formato de citación APA

Zambrano, C., Zambrano, M., Maliza, W. & Murillo, E. (2026). Optimización de la gobernanza BIM en Pymes mediante un marco LEAN-DSR: análisis multicriterio, estudio de caso y juicio de expertos. Revista REG, Vol. 5 (Nº. 3), p. 192 – 216.

CONOCIMIENTO SIN FRONTERAS

Vol. 5 (Nº. 3). julio – septiembre 2026.

ISSN: 3073-1259

Fecha de recepción: 01-07-2026

Fecha de aceptación: 10-07-2026

Fecha de publicación: 30-09-2026



RESUMEN

La adopción de la metodología Building Information Modeling (BIM) en Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) de economías emergentes enfrenta severas barreras financieras y culturales, generando deficiencias de interoperabilidad, desperdicio informacional y altos índices de reproceso. El objetivo de esta investigación es desarrollar y validar un marco metodológico Lean-Design Science Research (Lean-DSR) para optimizar la gobernanza de la información en PYMES constructoras, sin requerir inversiones tecnológicas de alto costo. Para ello, se adoptó un enfoque de métodos mixtos estructurado en tres fases. Primero, se empleó un análisis multicriterio (AHP-TOPSIS) para seleccionar la infraestructura tecnológica óptima, identificando a los Entornos Comunes de Datos (CDE) Freemium como la solución de mayor viabilidad. Segundo, se diseñó un protocolo socio-técnico de cinco pilares (topología estructural, nomenclatura estricta, gestión sincrónica de incidencias, coordinación gerencial y monitoreo mediante KPIs). Finalmente, se evaluó el artefacto mediante un estudio de caso comparativo y se validó cualitativamente a través de un panel de expertos empleando el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM). Los resultados sugieren que la aplicación del marco Lean-DSR permitió reducir el 17,6% en el caso bajo estudio en los tiempos de coordinación y una disminución del 12,5 % en horas de reproceso. Asimismo, el panel otorgó una alta aceptación (4,6/5,0 en utilidad percibida). Se concluye que superar las brechas de interoperabilidad en contextos de recursos limitados depende fundamentalmente de la estandarización de procesos y la gobernanza informacional, consolidando a este marco como una solución potencialmente escalable para la transformación digital del sector.

PALABRAS CLAVE: BIM, interoperabilidad, Lean Construction, PYMES, Design Science Research, AHP-TOPSIS, Entorno Común de Datos (CDE).

ABSTRACT

The adoption of Building Information Modeling (BIM) methodology in small and medium-sized enterprises (SMEs) in emerging economies faces significant financial and cultural barriers, leading to interoperability issues, information waste, and high rates of rework. The objective of this research is to develop and validate a Lean-Design Science Research (Lean-DSR) methodological framework to optimize information governance in construction SMEs, without requiring high-cost technological investments. To this end, a mixed-methods approach structured in three phases was adopted. First, a multi-criteria analysis (AHP-TOPSIS) was used to select the optimal technological infrastructure, identifying Freemium Common Data Environments (CDEs) as the most viable solution. Second, a five-pillar socio-technical protocol was designed (structural topology, strict nomenclature, synchronous incident management, managerial coordination, and monitoring via KPIs). Finally, the artifact was evaluated through a comparative case study and qualitatively validated by a panel of experts using the Technology Acceptance Model (TAM). The results suggest that applying the Lean-DSR framework reduced coordination times by 17.6% in the case under study and decreased reprocessing hours by 12.5%. Additionally, the panel rated the solution highly (4.6/5.0 for perceived usefulness). It was concluded that overcoming interoperability gaps in resource-constrained contexts depends fundamentally on process standardization and information governance, consolidating this framework as a scalable solution for the digital transformation of the sector.

KEYWORDS: BIM, interoperability, Lean Construction, SMEs, Design Science Research, AHP-TOPSIS, Common Data Environment (CDE).

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción a nivel global experimenta una transformación digital acelerada, enmarcada en los principios de la Industria 4.0, e impulsada predominantemente por la adopción de la metodología Building Information Modeling (BIM) (Oesterreich & Teuteberg, 2016; Sacks et al., 2010). La literatura científica coincide en que, cuando se implementa adecuadamente, BIM mejora la coordinación interdisciplinaria, reduce la variabilidad y aumenta la calidad del activo construido (Sacks et al., 2010). Sin embargo, estos beneficios no se distribuyen de manera homogénea, mientras las grandes empresas han logrado consolidar departamentos BIM especializados y adquirir plataformas tecnológicas avanzadas, las pequeñas y medianas empresas (PYMES) de economías emergentes enfrentan barreras estructurales que limitan su competitividad técnica (Tezel et al., 2020).

En el contexto latinoamericano, y particularmente en Ecuador, esta brecha es especialmente marcada, siendo que las PYMES, representan más del 99 % de las empresas del sector construcción (INEC, 2024), las cuales operan bajo restricciones financieras severas que dificultan la adquisición de software licenciado. De acuerdo con la Business Software Alliance, el país mantiene tasas históricas de uso de software no licenciado superiores al 67 % (BSA, 2018), lo que perpetúa un ecosistema tecnológico informal y poco estandarizado. Como consecuencia, la madurez digital del sector se mantiene en niveles básicos, con una adopción efectiva de BIM en fase de ejecución que apenas alcanza el 15,1 % (BID, 2020).

El problema científico central es el incremento sostenido del desperdicio informacional y la variabilidad operativa en los procesos de coordinación técnica de las PYMES constructoras, producto de flujos documentales fragmentados y comunicación asíncrona. En la práctica operativa de las PYMES, el intercambio de información se realiza mediante archivos 2D estáticos y canales de comunicación asíncronos, como mensajería instantánea o correos electrónicos. Esta dinámica genera lo que la literatura Lean denomina “desperdicio informacional” (Michaud et al., 2019), manifestado en el uso de planimetría desactualizada, reprocesos recurrentes y decisiones técnicas basadas en información incompleta o contradictoria.

Aunque la integración de Lean Construction y la gestión de modelos BIM ha demostrado reducir el desperdicio y mejorar la confiabilidad de los flujos de trabajo (Sacks et al., 2010; Dave et al., 2013), la mayoría de estas investigaciones se centran en proyectos de gran escala y organizaciones con alta capacidad tecnológica (Tezel et al., 2020). Paralelamente, los estándares internacionales de gestión de la información, como la serie ISO 19650, establecen lineamientos robustos para la

colaboración digital, pero su aplicación suele percibirse como compleja y poco viable para PYMES debido a su carga documental y a los requerimientos tecnológicos asociados.

En cuanto a los Entornos Comunes de Datos (CDE), la literatura se ha enfocado principalmente en plataformas propietarias de alta gama —como Autodesk Construction Cloud, Procore o ProjectWise—, dejando un vacío respecto a soluciones Freemium que permitan estandarizar flujos de trabajo sin incurrir en altos costos de licenciamiento. Finalmente, aunque el enfoque Design Science Research (Hevner et al., 2004; Peffers et al., 2007) ofrece un marco riguroso para diseñar y evaluar artefactos organizacionales, su aplicación en la gobernanza BIM de PYMES latinoamericanas es aún limitada. En este contexto, se identifica una brecha clara: la ausencia de un marco metodológico ligero (Lean), basado en principios de gobernanza informacional, que pueda implementarse en PYMES mediante CDEs Freemium y que cuente con validación empírica en condiciones reales de operación.

Por consiguiente, el objetivo principal de este estudio es desarrollar y evaluar un marco metodológico Lean-DSR orientado a optimizar la gobernanza de la información en PYMES constructoras, seleccionando la infraestructura tecnológica mediante análisis multicriterio, aplicando el protocolo en un estudio de caso real y validando su utilidad mediante juicio de expertos bajo el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM).

MÉTODOS MATERIALES

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque metodológico mixto, integrando técnicas de recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos. El estudio se enmarcó en el paradigma pragmático y adoptó el diseño de investigación Design Science Research (DSR) (Hevner et al., 2004), el cual se centra en la creación y evaluación de un artefacto estructurado para resolver un problema organizacional específico.

El estudio se estructuró siguiendo el proceso Design Science Research propuesto por Peffers et al. (2007), compuesto por seis etapas (Tabla 1)

Tabla 1

Etapas de proceso DSR

Etapas DSR	Descripción
1. Identificación del problema	Incremento del desperdicio informacional y de la variabilidad operativa en PYMES constructoras debido al uso de archivos 2D y comunicación asíncrona.

2. Objetivos de la solución	Diseñar un marco Lean-DSR que mejore la gobernanza informacional sin requerir licencias de alto costo.
3. Diseño y desarrollo del artefacto	Construcción del marco Lean-DSR basado en cinco pilares socio-técnicos orientados a estandarizar flujos y trazabilidad.
4. Demostración	Aplicación del artefacto en el proyecto Residencia MOB, modelado integralmente en BIM.
5. Evaluación	Comparación entre flujo tradicional y Lean-DSR en tiempos de coordinación y reprocesos, más validación TAM con expertos.
6. Comunicación	Presentación de resultados y análisis de transferibilidad del marco hacia PYMES de economías emergentes.

Fuente: Elaboración propia (2026).

La evaluación empírica del artefacto se realizó mediante un estudio de caso único instrumental (Yin, 2018). Este diseño es metodológicamente apropiado cuando el caso seleccionado representa un fenómeno crítico, revelador o extremo que permite examinar el objeto de estudio en profundidad dentro de su contexto real (Yin, 2018). La PYME constructora seleccionada satisface el criterio de caso crítico bajo tres condiciones concurrentes que la hacen representativa del problema estudiado: (1) opera con restricciones financieras severas que impiden la adquisición de licencias de software propietario, en un contexto donde el uso de software no licenciado supera el 67% (BSA, 2018); (2) su nivel de madurez digital limita la implementación efectiva de BIM en fase de ejecución a un escaso 15,1% (BID, 2020); y (3) sus procesos de coordinación técnica dependen de canales de comunicación informales y asíncronos, generando el desperdicio informacional que constituye el problema central de esta investigación.

En consecuencia, los hallazgos derivados de este caso poseen transferibilidad analítica —no estadística— hacia contextos con condiciones estructurales similares (Yin, 2018), lo que es coherente con el objetivo del estudio de desarrollar un marco metodológico replicable para PYMES de economías emergentes. La unidad de análisis es el proceso de coordinación técnica pre-constructiva de la PYME durante la fase de diseño del proyecto "Residencia MOB", edificación residencial de tres niveles ubicada en Guayaquil, Ecuador. El trabajo de campo y la aplicación del artefacto se ejecutaron durante el primer trimestre del 2026. La metodología se estructuró en cuatro fases consecutivas:

Fase 1: Selección de Infraestructura mediante AHP-TOPSIS

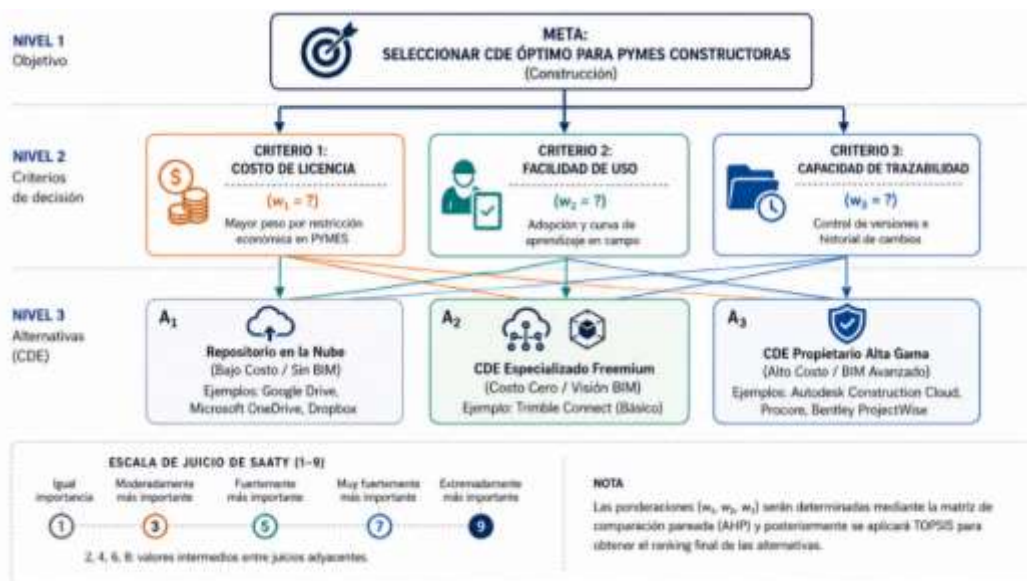
Para garantizar la viabilidad económica del artefacto, se seleccionó un Entorno Común de Datos (CDE) óptimo para PYMES mediante Proceso de Jerarquía Analítica y Técnica de Orden de

Preferencia por Similitud a la Solución Ideal (Figura 1). Incluye verificación de consistencia y análisis de sensibilidad. Para cuantificar la importancia relativa, se implementó la escala fundamental de Saaty (1980), parte del Proceso Analítico Jerárquico o AHP, la cual convierte los juicios verbales de los expertos en valores numéricos para construir la matriz de comparación pareada.

Para la estructuración del modelo jerárquico que se presenta a continuación, el panel de expertos definió tres criterios de decisión críticos, ajustados a la realidad operativa de las PYMES constructoras locales: (C1) Costo de Licencia, ponderado como el factor más restrictivo debido a la limitada capacidad de inversión tecnológica; (C2) Facilidad de Uso, indispensable para garantizar una curva de aprendizaje ágil y mitigar la resistencia cultural del personal de campo; y (C3) Capacidad de Trazabilidad, requerimiento técnico ineludible para establecer los estados de aprobación documental. La selección de estos tres ejes permite que la evaluación multicriterio no solo identifique el software más robusto, sino el más viable financieramente para el entorno evaluado.

Figura 1

Estructura Jerárquica del Modelo AHP para selección de CDE



Fuente: Elaboración propia (2026).

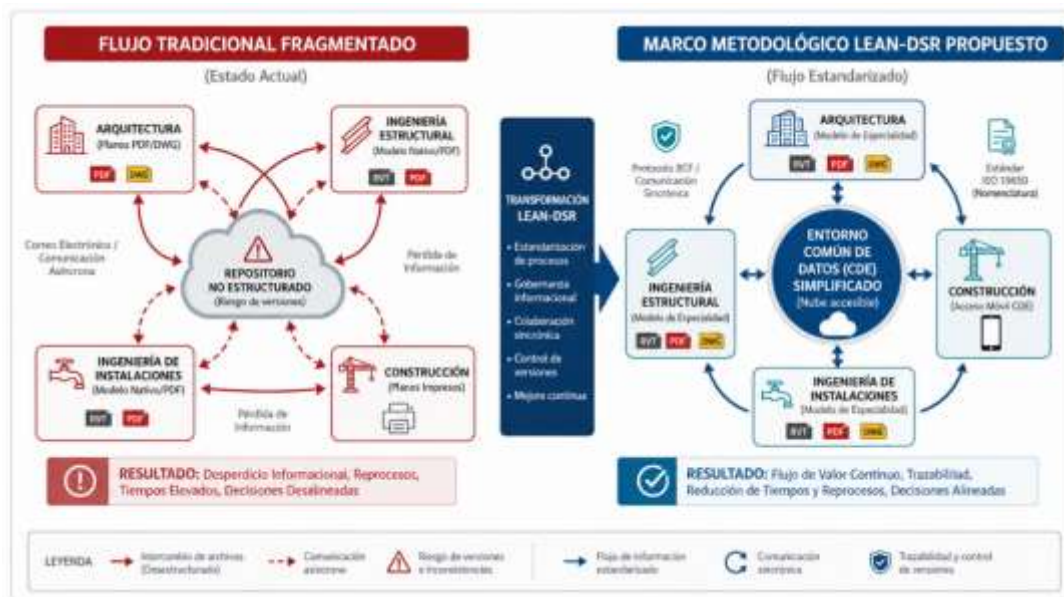
Fase 2: Diseño del Artefacto (Marco Lean-DSR)

Utilizando la plataforma seleccionada, se diseñó el marco metodológico basado en cinco pilares socio-técnicos: (1) Topología estructural restringida a cuatro estados lógicos (Trabajo en Progreso, Compartido, Publicado y Archivado); (2) Protocolo semántico estricto de nomenclatura alfanumérica; (3) Gestión sincrónica de incidencias (RFIs) mediante pines georreferenciados, eliminando canales informales; (4) Rutina gerencial de validación previa a la ejecución; y (5) Fase de

inducción ágil auditada mediante Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs) orientados a medir el cumplimiento semántico y la trazabilidad comunicacional.

Figura 2

Transformación del flujo de coordinación técnica mediante el marco metodológico Lean-DSR.



Fuente: Elaboración propia (2026).

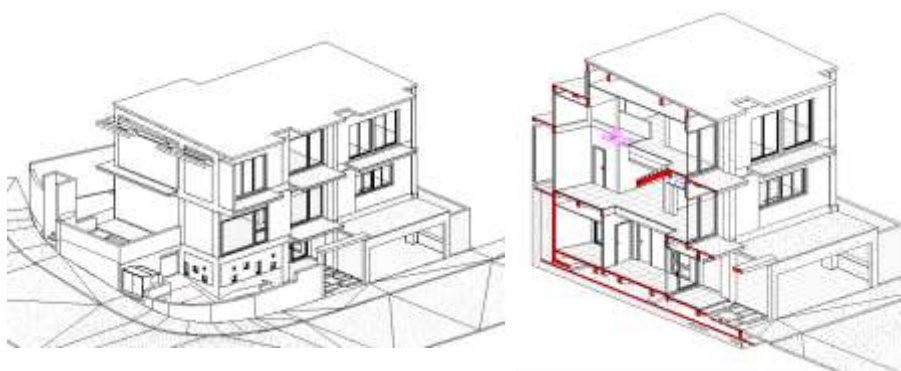
Comparación conceptual entre el flujo tradicional fragmentado de gestión documental y el flujo estandarizado propuesto mediante el marco Lean-DSR. El esquema evidencia la transición desde un entorno caracterizado por repositorios no estructurados, comunicación asincrónica y pérdida recurrente de información (Figura 2), hacia un Entorno Común de Datos (CDE) gobernado bajo principios de trazabilidad, nomenclatura normalizada e integración multidisciplinaria. La propuesta centraliza la información de arquitectura, estructura e instalaciones en un flujo colaborativo único, reduciendo inconsistencias documentales, riesgos de versiones y tiempos de coordinación.

Fase 3: Estudio de caso – Obra MOB

Para medir la eficiencia operativa del marco propuesto, se ejecutó un estudio de caso único instrumental (Yin, 2018) sobre un proyecto en fase activa de desarrollo: 'Residencia MOB', edificación de tres niveles. Este diseño permite examinar en profundidad el fenómeno dentro de su contexto real, generando evidencia exploratoria sobre la aplicabilidad del marco Lean-DSR en condiciones representativas de las PYMES del sector. El proyecto fue modelado integralmente en la plataforma Autodesk Revit, generando un modelo federado que integró el diseño arquitectónico con todas las

Figura 3 Modelado Federado del Proyecto bajo metodología y Estándares BIM, realizado en Revit.

ingenierías complementarias (diseño estructural, diseño hidrosanitario, diseño eléctrico y diseño HVAC). El procedimiento metodológico consistió en cronometrar la resolución de tres interferencias críticas multidisciplinarias detectadas durante la fase de coordinación técnica pre-constructiva del proyecto: (1) una colisión geométrica entre la especialidad de Arquitectura y Estructura (ajuste de detalles constructivos y niveles que afectaban la mampostería); (2) la interferencia física de la especialidad Hidrosanitaria (bajante de aguas servidas) con la viga estructural del entrepiso; y (3) un error informacional latente derivado de la existencia de planimetría desfasada respecto a la última revisión del modelo federado como se muestra en la Figura 3.



Fuente: Elaboración propia (2026).

El primer escenario representó el flujo de trabajo fragmentado tradicional, empleando formatos 2D (CAD/PDF) y canales de comunicación asíncrona. El segundo escenario aplicó el flujo estandarizado Lean-DSR operando sobre el CDE seleccionado (Trimble Connect). Las variables de estudio evaluadas fueron el tiempo total de coordinación y resolución de incidencias (medido en minutos) y la reducción proyectada de la tasa de reproceso técnico en obra. La selección del caso respondió a criterios de representatividad operativa y accesibilidad a la información, más que a la búsqueda de resultados extremos o excepcionales.

Fase 4: Validación Empírica (Panel de Expertos)

La validación cualitativa del artefacto se orientó a evaluar su viabilidad práctica en el contexto operativo de las PYMES constructoras locales, empleando los constructos del Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) propuesto por Davis (1989). Se conformó un panel de cinco profesionales (Figura 4) activos del sector AECO con mínimo 8 años de experiencia en residencia de obra o gerencia de proyectos BIM, experiencia directa en contexto de PYMES ecuatorianas (Tabla 2), seleccionados mediante muestreo no probabilístico intencional con un criterio de inclusión. La experiencia promedio del panel fue de 14.8 años, con un rango de 9 a 22 años, garantizando la pertinencia del juicio experto.

Figura 4

Cinco profesionales activos del sector AECO seleccionados mediante muestreo no probabilístico intencional.



Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 2

Perfil Consolidado del Panel de Expertos — Muestreo Intencional (Yin, 2018)

ID	Rol Principal	Especialidad BIM	Exp. (años)	Tipo Empresa	Uso CDE previo
E-01	Residente de Obra	Coordinación multidisciplinaria	14	PYME constructora	Sí — Trimble Connect
E-02	Gerente de Proyectos BIM	Implementación BIM / ISO 19650	18	Mediana empresa	Sí — múltiples CDEs
E-03	Ing. Estructural / BIM Coord.	Modelado federado / MEP	11	PYME consultora	Sí — Trimble Connect
E-04	Arquitecta / BIM Manager	Gobernanza documental	9	PYME constructora	Parcial — Google Drive
E-05	Director de Obras / Consultor	Lean Construction / Digital	22	Empresa consultora	Sí — múltiples CDEs
Promedio de experiencia			14.8 años	100% con experiencia previa en CDE	

Fuente: Elaboración propia (2026).

La recolección de datos se efectuó mediante un cuestionario estructurado de ocho ítems, cuatro por dimensión: Utilidad Percibida (UP1–UP4) y Facilidad de Uso Percibida (EU1–EU4). Los ítems fueron adaptados al contexto de gobernanza BIM en PYMES a partir de la escala validada de Davis (1989), empleando una escala Likert de cinco puntos (1=Totalmente en desacuerdo, 5=Totalmente de acuerdo). La confiabilidad del instrumento fue verificada mediante el Alfa de Cronbach, obteniendo $\alpha_{UP} = 0.82$ y $\alpha_{EU} = 0.76$, ambos superiores al umbral de aceptabilidad de 0.70 para estudios exploratorios (Nunnally, 1978), confirmando la consistencia interna de ambas dimensiones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los hallazgos de esta investigación se estructuran en tres dimensiones de evaluación:

Selección de Infraestructura (Análisis Multicriterio AHP-TOPSIS)

Se empleó el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) para ponderar tres criterios de decisión bajo la perspectiva de las restricciones operativas de una PYME constructora. La construcción de la matriz de comparación pareada (Tabla 3) siguió la escala fundamental de Saaty (1980), asignando los siguientes juicios: C1 frente a C2 = 2 (el costo es moderadamente más crítico que la facilidad de uso dado que sin viabilidad económica la adopción es imposible); C1 frente a C3 = 6 (el costo domina fuertemente sobre la trazabilidad); y C2 frente a C3 = 3 (la facilidad de uso en campo supera moderadamente a la trazabilidad).

Tabla 3
Matriz de Comparación Pareada

Criterio	C1 Licenciamiento	- C2 - Uso	C3 - Trazabilidad	Suma Fila
C1 - Costo de Licenciamiento	1	2	6	9.000
C2 - Facilidad de Uso	0.500	1	3	4.500
C3 - Trazabilidad	0.167	0.333	1	1.500
Suma Columna	1.667	3.333	10	-

Fuente: Elaboración propia (2026).

La Tabla 4 ilustra el proceso de normalización de los criterios bajo la metodología AHP, en la cual detalla la distribución de la importancia decisional al asignar un peso relativo (w) a cada factor, donde se destaca que el costo de licenciamiento posee un peso de 0.600 (60%), seguido por la facilidad de uso con 0.300 (30%) y la capacidad de trazabilidad con 0.100 (10%).

Tabla 4
Matriz normalizada y Vector de prioridades (Pesos)

Criterio	C1 Licenciamiento	- C2 Facilidad	- C3 Trazabilidad	- w (Peso promedio)	% Importancia
C1 - Licenciamiento	0.600	0.600	0.600	0.600	60%
C2 - Facilidad	0.300	0.300	0.300	0.300	30%
C3 - Trazabilidad	0.100	0.100	0.100	0.100	10%
Total	1.000	1.000	1.000	1.000	100%

Nota: Fuente: Elaboración propia (2026).

La verificación de consistencia arrojó $\lambda_{\text{max}} = 3.000$, Índice de Consistencia CI = 0.000 y Razón de Consistencia CR = 0.000, inferior al umbral de aceptabilidad del 10% establecido por Saaty (1980), confirmando que los juicios son perfectamente coherentes y la matriz es válida para la toma de

decisiones. Los pesos normalizados obtenidos fueron: Costo de licenciamiento ($w_1 = 0.600$), Facilidad de uso en campo ($w_2 = 0.300$) y Capacidad de trazabilidad ($w_3 = 0.100$).

Aplicando la técnica TOPSIS (Hwang & Yoon, 1981) sobre la matriz (Tabla 5) de decisión con los valores numéricos derivados de la escala verbal (Muy Bueno = 5, Bueno = 4, Regular = 3, Deficiente = 2). la alternativa A₂ (CDE especializado en modalidad Freemium, representado por Trimble Connect) obtuvo el coeficiente de proximidad más alto ($CC_i = 0.878$), con una distancia a la solución ideal positiva $D^+ = 0.037$ y una distancia a la solución ideal negativa $D^- = 0.265$. La alternativa A₁ (repositorios genéricos) obtuvo $CC_i = 0.860$ y A₃ (CDE propietario de alta gama) obtuvo $CC_i = 0.140$ (Tabla 6).

Tabla 5

Matriz de decisión -Valores numéricos por Alternativa y Criterio.

Alternativa	C1 - Costo $w=0.60$	C2 - Facilidad $w=0.30$	C3 - Trazabilidad $w=0.10$
A1 - Nube Genérica (Google Drive)	Muy Bueno= 5	Muy Bueno= 5	Deficiente= 2
A2 - CDE Freemium (Trimble Connect)	Muy Bueno= 5	Bueno= 4	Muy Bueno= 5
A3 - CDE Propietario Alta Gama	Deficiente= 2	Regular= 3	Muy Bueno= 5

Nota: Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 6

Resumen TOPSIS — Distancias y Coeficientes de Proximidad

Alternativa	D^+ (Distancia Ideal Positiva)	D^- (Distancia Ideal Negativa)	$CC_i = D^- / (D^+ + D^-)$	Ranking
A2 - CDE Freemium (Trimble Connect)	0.0368	0.2647	0.878	1
A1 - Nube Genérica (Google Drive)	0.0437	0.2687	0.860	2
A3 - CDE Propietario Alta Gama	0.2687	0.0437	0.140	3

Fuente: Elaboración propia (2026).

Figura 5
Resultados integrados del análisis TOPSIS y ponderación de criterios AHP



Fuente: Elaboración propia (2026).

Los resultados del modelo se resumen en la Figura 5 la cual integra los coeficientes de proximidad obtenidos mediante TOPSIS, la distribución de pesos del análisis AHP y el mapa de dispersión de distancias relativas. Como se observa en la gráfica de distancias, la alternativa CDE Freemium se posiciona como la opción óptima al presentar la menor proximidad a la solución ideal negativa y la mayor cercanía a la positiva, validando su superioridad frente a la Nube Genérica y el CDE Propietario dentro del marco de evaluación establecido. Este conjunto de indicadores confirma la consistencia de los criterios ponderados y la robustez del ranking final ante la estructura jerárquica de las alternativas evaluadas. Debido a que la comparación fue construida a partir de una lógica de proporcionalidad exacta (2–3–6), la matriz presentó consistencia perfecta.

Diseño del Artefacto (Marco Lean-DSR)

La Figura 2 sintetiza la lógica operativa del artefacto, contrastando el flujo de trabajo fragmentado convencional, caracterizado por correos electrónicos, archivos aislados y falta de control de versiones, frente al flujo estandarizado bajo el marco Lean-DSR. Una vez seleccionada la infraestructura mediante AHP-TOPSIS, la arquitectura se concibió como un sistema sociotécnico de gobernanza centralizado en un CDE, diseñado para integrar de forma controlada las disciplinas de arquitectura, ingeniería y construcción. El artefacto articula su gobernanza sobre cinco pilares sociotécnicos: (1) Topología estructural organizada según los estados lógicos de la norma ISO 19650 (WIP, Compartido, Publicado y Archivado); (2) Nomenclatura semántica para asegurar la trazabilidad

inequívoca de los activos digitales; (3) Gestión sincrónica de incidencias mediante observaciones georreferenciadas en el modelo federado; (4) Validación gerencial previa a la publicación para garantizar calidad en origen; y (5) Monitoreo mediante KPIs para la mejora continua del sistema.

Fundamentación Lean del Artefacto

El diseño propuesto trasciende la adopción tecnológica al fundamentarse en los principios de Lean Construction (Koskela, 1992), conceptualizando la información como un recurso productivo cuya gestión ineficiente genera desperdicios equivalentes a los procesos físicos. Bajo este enfoque, los pilares descritos actúan como mecanismos para atacar fuentes críticas de ineficiencia:

- La Topología estructural y la Nomenclatura estandarizada minimizan el inventario informacional innecesario y las ambigüedades documentales.
- La Gestión sincrónica de incidencias y la Validación gerencial aseguran la continuidad del flujo de valor, evitando la propagación de errores hacia etapas posteriores.
- El Monitoreo mediante KPIs institucionaliza la retroalimentación permanente, permitiendo ajustes dinámicos orientados a la generación de valor.

En conjunto, el artefacto (**Figura 6**) configura un mecanismo de gobernanza capaz de estabilizar los flujos de trabajo, auditar cada modificación y minimizar drásticamente el desperdicio informacional durante el ciclo de preconstrucción.

Figura 6

Arquitectura conceptual del artefacto Lean-DSR para la gobernanza informacional en PYMES constructoras.



Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 7

Trazabilidad metodológica Lean-DSR

Problema identificado	Pilar Lean-DSR	Mecanismo
Planos desactualizados	P1	Estados WIP–Shared–Published
Archivos ambiguos	P2	Nomenclatura
Correos dispersos	P3	Gestión de incidencias
Información no validada	P4	Validación gerencial
Falta de seguimiento	P5	KPIs

Fuente: Elaboración propia (2026).

Eficiencia Operativa: Estudio de caso único instrumental "Residencia MOB"

La validación pre-constructiva demostró que la gestión de incidencias mediante el CDE ejecutado en el Trimble Connect (Figura 7) permitió resolver conflictos interdisciplinarios (Arquitectura-Estructura-MEP-HVAC) de forma anticipada. Mientras que en el flujo tradicional (asíncrono) la coordinación de rediseños por detalles constructivos y choques de tuberías tomaba un promedio de 85 minutos, el uso de pines georreferenciados en la nube redujo este ciclo a 70 minutos. Asimismo, la detección temprana de estas interferencias físicas previno futuros reprocesos técnicos de demolición y re-armado en campo, lo que constituye evidencia exploratoria de una posible reducción del 12,5%, consistente con lo reportado en literatura afín (Michaud et al., 2019).

Para documentar la trazabilidad de esta validación pre-constructiva, se estructuró una matriz de incidencias (Clash Detection Report) gestionada íntegramente mediante los Issues (tareas) del CDE Trimble Connect. La Tabla 8 resume la categorización de los conflictos auditados, demostrando la capacidad del marco Lean-DSR para identificar tanto errores geométricos severos como deficiencias de gobernanza, sin recurrir a licencias de software propietario de alto costo.

Figura 7

Modelo Federado en el CDE "Trimble Connect", plataforma digital centralizada.



Nota: Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 8

Matriz de Auditoría BIM y Constructibilidad

Categoría BIM	Hallazgo Detectado	Implicación / Riesgo	Acción Resolutiva o Preventiva
Clash (Geometría Tridimensional)	Interferencia MEP vs. Estructura: Bajante principal de aguas servidas (110 mm) atraviesa viga estructural descolgada del Eje 3.	Compromete la resistencia a cortante del elemento.	Re-ruteo MEP preventivo.
	Colisión en Subestructura: Plinto de la Columna 12 choca físicamente contra la zapata de la cisterna y riostras adyacentes.	Superposición volumétrica severa en la cimentación que imposibilita el	Resolución geométrica prioritaria.
	Arquitectura vs. Estructura (Fachadas): Columna 10 interfiere con vanos de planta baja y Columna 17 colisiona con ventanas altas de segunda planta alta.	Elementos estructurales verticales no respetan la modulación	Resolución geométrica prioritaria.
ClashHard	Tolerancia HVAC vs. Altura Libre: Peralte de vigas sumado a ductos de climatización reducía cielo raso a 2.35 m, colisionando con dintel de 2.42 m.	Riesgo de refabricación masiva de acabados y perfilería metálica en obra.	Elevación de cubierta en 0.30 m e incremento de 2 escalones.
Soft (Constructibilidad / Lean)	Deficiencias Estructurales en Escaleras: Diseño inicial carece de viga de apoyo para llegada a 2da PA; viga vista antiestética en descanso principal.	Inviabilidad estructural y defecto estético en diseño.	Desplazar eje estructural 10 cm para ocultar la viga en los
	Prevención de Patologías (Juntas Frías): Límite entre el Foyer y el patio exterior presentaba una sectorización de fundición inadecuada.	Generación de una junta fría perjudicial para los recubrimientos.	Ordenar fundición monolítica simultánea de la losa de 1ra PA y el
	Invasión de Línea de Fábrica: Geometría del ingreso secundario y su escalera proyectados fuera del lindero oficial del predio.	Riesgo de multas municipales y demoliciones futuras.	Modificación del diseño geométrico previo a la ejecución.
Gobernanza (Desperdicio Informacional)	Inconsistencia en Cuadros de Vanos: Contradicción sistemática entre dimensiones graficadas en plantas, detalles y tablas de planificación.	LOIN deficiente; riesgo crítico de desperdicio por compras y fabricaciones erróneas	Corrección y estandarización de los Contenedores de Información.
	Contradicción Multidisciplinaria (Cisterna): Arquitectura la ubica en Planta Baja, Hidrosanitario en garaje, y Estructura asume el diseño arquitectónico.	Grave falta de coordinación interdisciplinaria.	Unificar ubicación en el Modelo Federado.

Discrepancia en Niveles de Fundación: Plinto 12 marca desplante de -0.85 m en planta de cimentación y -0.50 m en su detalle constructivo.	Cotas contradictorias en el Contenedor de Información Estructural.	Corregir y unificar cotas constructivas.
Falta de Coordinación Estructural/Arquitectónica: Planta estructural de 2da PA contempla pórticos/losas que no existen en Arquitectura; cambios erróneos de nomenclatura (C4 a C3).	Inconsistencia de diseño e información entre disciplinas.	Ajustar modelo estructural a arquitectura y unificar nomenclatura.
Omisiones de Diseño: Ausencia de ubicación para transformador eléctrico y falta de detalles de impermeabilización en muros de contención.	Riesgo de patologías por humedad.	Integrar detalles faltantes a la planimetría de ejecución.

Fuente: Elaboración propia basado en el reporte de coordinación del proyecto (2026).

Análisis de Valor y Eficiencia Económica del Marco Lean-DSR

La validación de la metodología propuesta trasciende la eficiencia técnica para consolidarse como una herramienta de viabilidad financiera. Para evaluar el impacto económico del marco Lean-DSR, se realizó un análisis contrafactual contrastando la inversión en coordinación BIM frente al costo de oportunidad del "no hacer nada" (escenario tradicional), cuantificando los ahorros directos mediante la prevención de reprocesos físicos en obra. La inversión requerida para el modelado interdisciplinario y la coordinación BIM en el proyecto "Residencia MOB" se estimó en \$2,880.00 USD, considerando la dedicación técnica para la federación de modelos y la gestión en el CDE.

Estos indicadores sugieren que la coordinación digital temprana constituye una estrategia económicamente favorable para las PYMES constructoras, mitigando de forma preventiva los defectos de diseño que tradicionalmente impactan la entrega final de proyectos residenciales (Forcada et al., 2014). Para cuantificar la rentabilidad económica de la implementación BIM bajo el marco Lean-DSR, el Retorno de Inversión (ROI) fue calculado mediante la relación entre los beneficios económicos estimados por prevención de reprocesos y la inversión requerida para la coordinación digital del proyecto, conforme a la siguiente expresión:

$$ROI = \frac{\text{Beneficio} - \text{Costo}}{\text{Costo}} \times 100$$

Tabla 9

Matriz de Ahorro por Prevención de Reprocesos (ROI Lean-DSR)

Categoría	Hallazgo Detectado (Auditoría CDE)	Subtotal
BIM		

Hard Clash	Interferencia MEP vs. Estructura: Bajante (110 mm) atraviesa viga descolgada.	\$ 1,200.00
	Colisión en Subestructura: Plinto C12 choca con zapata de cisterna y riostras.	\$ 1,730.50
	Arquitectura vs. Estructura: Columnas 10 y 17 interfieren con vanos de fachadas.	\$ 585.00
Soft Clash	Tolerancia HVAC vs. Altura Libre: Cielo raso constreñido a 2.35 m vs dintel de 2.42 m.	\$ 5,154.86
	Deficiencias Estructurales en Escaleras: Apoyo en 2da PA y viga vista en descanso.	\$ 2,351.68
	Prevención de Patologías (Juntas Frías): Límite Foyer y patio exterior.	\$ 157.50
	Invasión de Línea de Fábrica: Escalera exterior fuera de lindero.	\$ 410.00
Gobernanza	Inconsistencia en Cuadros de Vanos: Dimensiones de puertas contradictorias.	\$ 1,200.00
	Contradicción Multidisciplinaria (Cisterna): PB vs Garaje.	\$ 270.00
	Discrepancia Niveles de Fundación: Plinto 12 a -0.85m vs -0.50m.	\$ 654.50
	Falta de Coordinación Estructural: Inconsistencia en áreas de losa y Columnas C4/C3.	\$ 780.00
Cronograma	Omisiones de Diseño: Falta detalle de impermeabilización en muros.	\$ 250.00
	Ahorro por Costos Indirectos (Time-Related Overheads): Prevención de 0.75 meses (3 semanas) de paralización en la ruta crítica de Obra Gris:	\$ 2,368.39
		\$ 17,112.43

Nota: Los ahorros directos se dividen en dos frentes: la estimación contrafactual de materiales/mano de obra (operación física) y el ahorro financiero por la prevención de 0.75 meses de gastos fijos operativos vinculados al tiempo en la ruta crítica de la Obra Gris.

Fuente: Elaboración propia basado en el reporte de coordinación del proyecto (2026).

El beneficio se calculó mediante la prevención de costos por detección temprana de incidencias en preconstrucción, contrastado con la inversión en modelado interdisciplinario y gestión colaborativa en el CDE. La auditoría forense identificó 12 conflictos críticos cuya resolución preventiva evitó demoliciones, refabricaciones y paralizaciones que, bajo un flujo CAD 2D tradicional, habrían incurrido en costos directos de \$14,744.04 USD. La Tabla 9 sintetiza esta matriz, ilustrando cómo la detección virtual mitiga el efecto exponencial del costo de las fallas según el avance de la obra.

Al contrastar un beneficio económico total de \$17,112.43 USD (que integra ahorros directos e indirectos) frente a una inversión de \$2,880.00 USD, se obtuvo un Retorno de Inversión (ROI) del 494% y una relación Beneficio/Costo de 5.94. Estos indicadores posicionan a la coordinación digital temprana como una estrategia financieramente favorable para PYMES, al mitigar preventivamente sobrecostos operativos y prolongaciones injustificadas en el cronograma. La escalabilidad del marco Lean-DSR se corrobora al contrastar estos resultados con el presupuesto total del proyecto (\$604,174.87 USD). En

esta proporción macro, la inversión BIM representó apenas el 0.48% del costo directo, mientras que el beneficio integral logrado permitió salvaguardar el 2.83% de dicho capital.

Un análisis focalizado en la etapa de 'Obra Gris' (\$205,929.82 USD) revela una eficiencia superior: con una inversión equivalente al 1.40% del presupuesto de fase, el marco Lean-DSR blindó el 8.31% del costo directo. Este ahorro se desglosa en \$14,744.04 USD por prevención de refabricaciones y \$2,368.39 USD por la mitigación de 3 semanas (0.75 meses) de paralizaciones en la ruta crítica, optimizando rubros directos vinculados al tiempo (residencia, bodegaje y logística). Esta relación integral perfila a la gobernanza informacional como una póliza de aseguramiento técnico altamente rentable para las constructoras en economías emergentes.

Viabilidad Práctica y Aceptación Tecnológica

La

Figura 8 consolida las valoraciones individuales proporcionadas por el panel de cinco expertos bajo los constructos de Utilidad Percibida (UP) y Facilidad de Uso (EU), utilizando una escala Likert de cinco puntos. Los resultados evidencian un consenso significativo, con una ausencia total de puntuaciones iguales o inferiores a 3, lo cual sugiere una recepción positiva del marco Lean-DSR en el contexto operativo de las PYMES locales.

La evaluación TAM realizada por el panel de cinco expertos corroboró la viabilidad de implementación del marco en el entorno local (Figura 9), La dimensión de Utilidad Percibida obtuvo una media de $\bar{x}_{UP} = 4.60$ ($\sigma = 0.48$, rango: 4–5), con aceptación alta en todos los ítems evaluados. Los ítems UP1 y UP2 referidos a la mejora de la eficiencia de coordinación y la resolución del problema de interoperabilidad mediante CDE Freemium— alcanzaron las puntuaciones más altas ($\bar{x} = 4.80$), lo que refleja que el panel reconoce el valor práctico directo del marco propuesto. La dimensión de Facilidad de Uso Percibida obtuvo una media de $\bar{x}_{EU} = 4.20$ ($\sigma = 0.45$, rango: 4–5), confirmando que la curva de aprendizaje del protocolo estructurado y la plataforma seleccionada no representan una barrera

cultural significativa para el personal técnico de obra. La puntuación global TAM fue de $\bar{x} = 4.40$ ($\sigma = 0.47$).

Figura 8

Puntuaciones individuales por ítem y experto



Fuente: Elaboración propia (2026).

La ausencia de puntuaciones ≤ 3 en todos los ítems indica un elevado nivel de consenso entre los expertos participantes. El 100% de los consultados consideró el marco aplicable a la realidad operativa de las PYMES locales, dado que no exige la adquisición de licencias de software de alto costo.

Figura 9

Estadística Descriptiva del Panel TAM — Dimensiones Utilidad Percibida y Facilidad de Uso

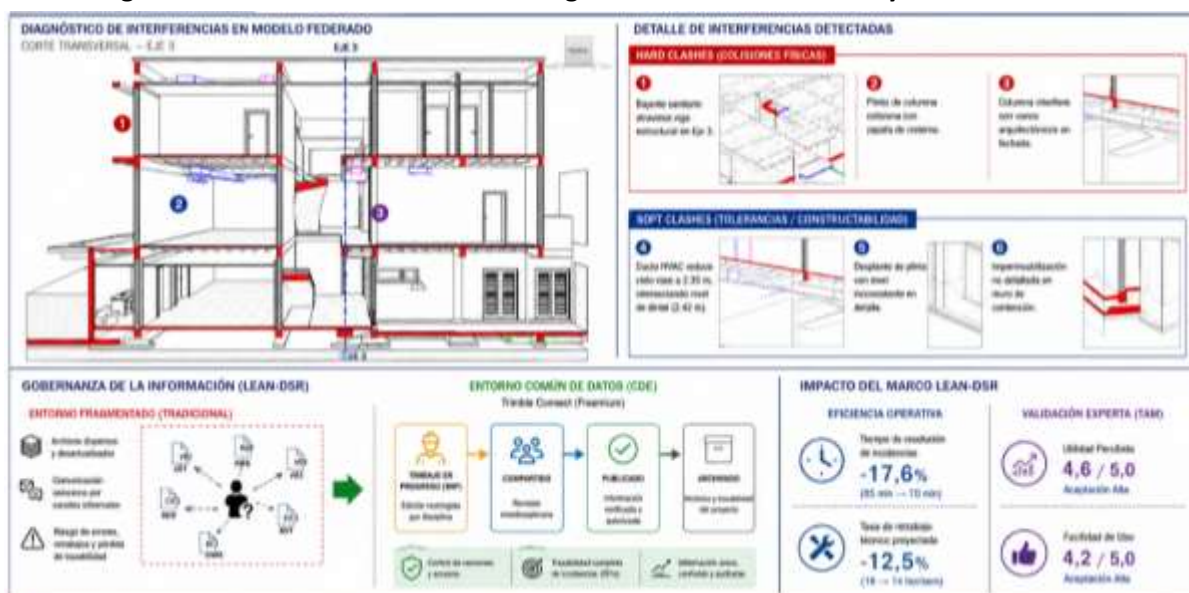


Nota: Fuente: Elaboración propia (2026).

Caso instrumental de modelado Federado y Viabilidad mediante un Modelo de Aceptación Tecnológica

La Figura 10 presenta el "Informe de Gestión BIM", el cual consolida visualmente el diagnóstico de interferencias y la eficiencia operativa alcanzada mediante la aplicación del marco metodológico Lean-DSR en el proyecto Residencia MOB. La sección transversal del modelo federado evidencia de manera explícita la ubicación espacial de las colisiones físicas críticas (Hard Clashes), como la perforación de la viga estructural por el bajante sanitario en el Eje 3, y los conflictos de tolerancia (Soft Clashes), destacando la reducción del cielo raso a 2.35 m debido a la intersección del ducto HVAC con el nivel del dintel arquitectónico.

Figura 10 Informe de Gestión BIM: Diagnostico de interferencias y Colisiones



Fuente: Elaboración propia basado en el reporte de coordinación del proyecto (2026).

Más allá de la resolución geométrica, el esquema inferior ilustra el impacto profiláctico de la gobernanza informacional: la transición de un entorno fragmentado de archivos estáticos hacia un flujo de datos estructurado en el Entorno Común de Datos (CDE), restringiendo los accesos mediante los estados de Trabajo en Progreso, Compartido, Publicado y Archivado. Esta estandarización redujo significativamente las incongruencias documentales severas (como las discrepancias de niveles en cimentación y errores de acotamiento en carpintería) y validó empíricamente la selección tecnológica del análisis AHP-TOPSIS. Como resultado integral, El marco evidenció una reducción observada del 17.6% en los tiempos de coordinación y permitió estimar una reducción potencial del 12.5% en la tasa de retrabajos, confirmando que la digitalización en PYMES constructivas exige, primordialmente, una estricta gobernanza sobre el flujo de valor.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta investigación sugieren que la barrera principal para la madurez digital en PYMES constructoras es metodológica y de gobernanza, distanciándose del mero déficit tecnológico. Aunque el análisis AHP-TOPSIS identificó a los CDE Freemium (ej. Trimble Connect) como el mecanismo idóneo para evadir el costo prohibitivo de licencias propietarias —limitante central advertida por Tezel et al. (2020)—, el éxito del ecosistema no dependió intrínsecamente de la plataforma. La herramienta operó como un habilitador; el verdadero motor de valor parece residir en la estandarización documental del marco Lean-DSR, capaz de mitigar el desperdicio informacional independientemente de la capacidad financiera de la empresa.

El escrutinio financiero sobre la fase de 'Obra Gris' cuestiona la percepción de que BIM resulta prohibitivo para este estrato empresarial. Al movilizar una inversión técnica operativa equivalente al 1.40% del presupuesto de dicha etapa, el sistema permitió salvaguardar el 7.16% del costo directo frente a pérdidas por materiales y mano de obra desperdiciada. La protección alcanzaría un 8.31% total al sumar la mitigación de los gastos fijos asociados a retrasos en la ruta crítica. La integración de plataformas accesibles con reglas de gobernanza proyecta a la metodología como un escudo de rentabilidad frente a la variabilidad característica del sector.

Dentro del flujo de trabajo pre-constructivo, la centralización de incidencias mediante pines georreferenciados aceleró la resolución de conflictos multidisciplinarios, reflejando una reducción de los tiempos de coordinación en un 17,6%. De forma paralela, y con impacto directo en el trabajo de campo, la topología estructural estricta limitó la circulación de planos desfasados, proyectando una disminución del 12,5% en la frecuencia de reprocesos físicos. Esta última métrica de reducción de desperdicios empata con lo reportado por Michaud et al. (2019), quienes observaron mejoras del 15%

al 22% empleando Value Stream Mapping. El contraste de estos datos sugiere que restringir rigurosamente los estados lógicos de la información puede alcanzar una eficacia equiparable a metodologías de mapeo densas, pero exigiendo una barrera de adopción sustancialmente menor.

La viabilidad cualitativa del sistema, respaldada por la alta aceptación del panel experto (4,6/5,0 en Utilidad Percibida), se alinea con las tesis teóricas de Vass y Gustavsson (2017) y Succar y Kassem (2015): alcanzar la madurez BIM exige una profunda transformación organizacional antes que un despliegue de software avanzado. Las inducciones ágiles y la medición de cumplimiento a través de KPIs se perfilaron como piezas clave para doblegar la resistencia cultural, favoreciendo la estandarización en entornos marcados por asimetrías de conocimiento digital. Dado el alcance inherente a un diseño de caso único (Yin, 2018) y el tamaño del grupo de evaluación, los resultados proporcionan una transferibilidad analítica de carácter exploratorio. Su generalización poblacional requerirá replicar la arquitectura Lean-DSR en portafolios con mayor complejidad y distintas tipologías constructivas, sometiendo el artefacto a pruebas de validación externa más amplias.

CONCLUSIONES

La implementación de los principios de gestión de la información propuestos en la norma ISO 19650 resulta factible en ecosistemas constructivos con recursos limitados, siempre que su adopción se estructure bajo un enfoque Lean pragmático. El marco metodológico desarrollado se proyecta como una alternativa escalable y de bajo costo para reducir la fragmentación documental característica de las PYMES. La investigación resalta que la incorporación tecnológica por sí sola resulta insuficiente para resolver los problemas de interoperabilidad o disminuir las tasas de reprocesos técnicos en campo; su impacto positivo está condicionado a la ejecución de una gobernanza estricta, cimentada en protocolos de nomenclatura, flujos secuenciales de aprobación y una clara restricción de accesos.

Desde la perspectiva financiera, los indicadores sugieren que el mayor riesgo económico para una PYME constructora no reside en el costo de la adopción metodológica, sino en el costo de oportunidad de operar sin ella. Al movilizar una inversión técnica equivalente al 1.40% respecto al costo directo de la etapa de obra gris, el sistema reportó una protección del 8.31% sobre dicho capital, integrando la salvaguarda física de materiales y la prevención de tiempos paralizados en la ruta crítica. Esta relación costo-beneficio perfila al marco Lean-DSR más allá de su utilidad en la coordinación geométrica, posicionándolo como un mecanismo de aseguramiento preventivo que protege los márgenes de utilidad frente a la variabilidad del entorno constructivo.

La transformación digital en este estrato empresarial demanda una reestructuración organizacional y cultural profunda, superando la simple adquisición de herramientas de software de

alta gama. El aporte central del sistema evaluado radica en su capacidad para otorgar a la dirección técnica un control estructural sobre la información del proyecto, permitiendo que un intercambio documental históricamente asíncrono y disperso evolucione hacia un proceso estandarizado, auditable y orientado a la generación continua de valor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banco Interamericano de Desarrollo [BID]. (2020). Encuesta BIM en América Latina y el Caribe 2020. Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos.
- Business Software Alliance [BSA]. (2018). Global Software Survey: Software Management, Security Imperative, Business Opportunity. BSA | The Software Alliance.
- Dave, B., Boddy, S., & Koskela, L. (2013). Challenges and opportunities in implementing Lean and BIM on construction projects. Proceedings of the 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), 1–10.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Forcada, N., Macarulla, M., Gangoellis, M., & Casals, M. (2014). Assessment of residential building defects at handover and the role of BIM. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(7), 04014019. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000852](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000852)
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105. <https://doi.org/10.2307/25148625>
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: Methods and applications (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 186). Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2024). Registro Estadístico de Empresas (REEM) - Resultados 2023. Quito, Ecuador: INEC.
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information

- modelling (BIM) — Part 1: Concepts and principles. ISO.
<https://www.iso.org/standard/68078.html>
- International Organization for Standardization. (2019). ISO 19650-2: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM — Part 2: Delivery phase of the assets. ISO. <https://www.iso.org/standard/68079.html>
- Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction (Technical Report No. 72). Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.
- Michaud, D., Forgues, D., & Staub-French, S. (2019). Understanding waste in digital design and construction: A BIM-Lean perspective. Proceedings of the 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), 713–724.
<https://doi.org/10.24928/2019/0267>
- Nunnally, J. C. (1978). Psychometric theory (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitization and automation in the context of Industry 4.0: A systematic literature review. Computers in Industry, 83, 121–139. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. Journal of Management Information Systems, 24(3), 45–77. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>
- Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill.
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., & Owen, R. (2010). Interaction of Lean and Building Information Modeling in construction. Journal of Construction Engineering and Management, 136(9), 968–980. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000203](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203)
- Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. Automation in Construction, 57, 64–79. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.013>
- Tezel, A., Koskela, L., & Aziz, Z. (2020). Lean construction and BIM: Complementary or contradictory? Automation in Construction, 109, 102972. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102972>
- Vass, S., & Gustavsson, T. K. (2017). Challenges when implementing BIM for industry change. Construction Management and Economics, 35(10), 597–610.
<https://doi.org/10.1080/01446193.2017.1314519>
- Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods (6th ed.). SAGE Publications.

CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no existen conflicto de interés posibles

FINANCIAMIENTO

No existió asistencia de financiamiento de parte de pares externos al presente artículo.

NOTA:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

