

**Diseño del Modelo Operativo ARCIPRO de Planificación y Seguimiento de Proyectos
Arquitectónicos para ARCIVILES S.A.S.**

Maria Claudia Jaime Clavijo

**Monografía Diplomado en Gestión Ágil para optar el título de Maestría en Dirección y
Gestión de Proyectos**

Director

Juan Fernando Guarín Castro

Magister en Ingeniería Industrial

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Facultad de telecomunicaciones

Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos

2026

Agradecimientos

A mi esposo, compañero incondicional de vida, cuya presencia constante y apoyo inquebrantable hicieron posible cada paso de este camino. A mis padres quienes sembraron en mí el amor por el conocimiento y me enseñaron que el esfuerzo es el camino más honesto hacia los sueños. A mis maestros, por competir su saber con generosidad y por enseñarme a pensar con rigor y propósito. Y a mí misma, por honrar el compromiso adquirido, por cada madrugada de dedicación y por creer, incluso cuando fue difícil, que este momento llegaría.

Contenido

Introducción	9
1. Diseño del modelo operativo ARCIPRO de planificación y seguimiento de proyectos arquitectónicos para ARCIVILES S.A.S.....	15
1.1 Contextualización del proyecto viabilizado	15
1.1.1 Planteamiento del problema	16
1.1.2 Metodología.....	17
1.1.3 Microentorno y macroentorno de ARCIVILES	18
1.1.4 Stakeholders del modelo ARCIPRO	21
1.1.5 Objetivos del proyecto.....	23
1.1.6. Arquitectura del modelo ARCIPRO.....	25
1.1.7 Entregables del modelo ARCIPRO	28
1.1.8 Referentes históricos y fundamentación teórica	30
1.2 Análisis del caso de negocio	33
1.2.1 Situación actual de ARCIVILES	34
1.2.2 Problema central	35
1.2.3 Consecuencias de no intervenir	36
1.2.4 Alternativas de solución evaluadas.....	38
1.2.5 Fuente y supuestos de las cifras de costos.....	39
1.2.5 Riesgos de implementación y mecanismos de mitigación	43
1.3 Análisis de pila de producto de alto nivel	46
1.3.1 Épicas del modelo ARCIPRO	47

1.4	Análisis de historia de Usuario.....	49
1.4.1	User Story Mapping.....	51
1.5	Planeación de Sprint Cero	53
1.5.1	Definition of Done (DoD)	55
1.6	Gestión y control del Sprint del proyecto.....	57
1.6.1	Graficas de Burndown	60
1.7	Prototipo de entregable.....	64
1.7.1	Descripción de componentes	66
1.8	Validación del modelo ARCIPRO	71
2.	Resultados y Discusión.....	73
2.1	Resultados fundamentados en el diagnóstico cualitativo	73
2.2	Escenarios proyectados por objetivo específico.....	74
2.3	Productos y escenarios proyectados del modelo ARCIPRO.....	76
2.4	Contribuciones del trabajo	77
3.	Conclusiones.....	79
	Referencias.....	81
	Apéndices.....	83

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Modelo de las Cinco Fuerzas de Porter aplicado a ARCIVILES.</i>	19
Tabla 2. <i>Factores PEST aplicados a ARCIVILES</i>	21
Tabla 3. <i>Matriz de Stakeholders del Proyecto ARCIPRO</i>	22
Tabla 4. <i>Matriz de Congruencia Metodológica</i>	24
Tabla 5. <i>Estructura Organizativa del Modelo ARCIPRO.</i>	27
Tabla 6. <i>Entregables del Modelo ARCIPRO por Categoría PDCA</i>	29
Tabla 7. <i>Análisis Comparativo de Alternativas de Solución</i>	39
Tabla 8. <i>Presupuesto de Implementación del Modelo ARCIPRO.</i>	42
Tabla 9. <i>Evaluación de Riesgos de Implementación</i>	44
Tabla 10. <i>Pila de Producto de Alto Nivel Priorizada.</i>	47
Tabla 11. <i>Distribución de Épicas en Ciclos de Desarrollo</i>	49
Tabla 12. <i>Priorización de historias de usuario</i>	50
Tabla 13. <i>User Story Mapping del Modelo ARCIPR.</i>	52
Tabla 14. <i>Configuración del equipo Scrum.</i>	54
Tabla 15. <i>Configuración de Eventos Scrum</i>	55
Tabla 16. <i>Tareas Planificadas del Sprint Cero.</i>	56
Tabla 17. <i>Indicadores de Gestión y Control.</i>	60
Tabla 18. <i>Resumen Consolidado de Prototipos del Modelo ARCIPRO</i>	69
Tabla 19. <i>Juicio de Expertos</i>	72
Tabla 20. <i>Síntesis de Contribuciones de la Investigación ARCIPRO</i>	78
Tabla 21. <i>Matriz de triangulación de fuentes cualitativas</i>	83

Tabla 22. <i>Evidencia numérica de soporte del diagnóstico</i>	85
Tabla 23. <i>Mapeo de deficiencias estructurales a desperdicios Lean (muda)</i>	86
Tabla 24. <i>Registro de la simulación aplicada.....</i>	92

Lista de figuras

Figura 1. <i>Modelo operativo ARCIPRO: entradas, procesos, salidas, actores, indicadores y flujo operativo.</i>	28
Figura 2. <i>Grafica de Burndown - Sprint Cero, Preparación metodológica (31 horas distribuidas en 10 días hábiles).</i>	61
Figura 3. <i>Grafica de Burndown – proyección de los 5 Sprint, (Velocity creciente:21-23-24-25-26 SP).</i>	63
Figura 4. <i>Dashboard MMID – Plan de indicadores.</i>	66

Lista de apéndices

Apéndice A. <i>Matriz de Diagnóstico Organizacional – ARCIVILES S.A.S.</i>	83
Apéndice B. <i>Especificaciones de Plantillas y Manual de Operación ARCIPRO</i>	89
Apéndice C. <i>Instrumentos de Validación del Modelo ARCIPRO</i>	90

Introducción

Este documento es una monografía aplicada de diseño, elaborada como parte del diplomado en Gestión Ágil para obtener el título de Maestría en Dirección y gestión de Proyectos. El resultado académico es el diseño validado del modelo operativo ARCIPRO (Arquitectura de Control de Proyectos), que funciona como un sistema organizacional para planificar y hacer seguimiento a proyectos arquitectónicos en la empresa ARCIVILES S.A.S. El modelo se diseñó mediante un proceso ágil estructurado en sprints, pero el proceso de diseño no debe confundirse con el modelo resultante: la monografía describe el diseño, el modelo es el objeto diseñado, y el proyecto ágil es el método utilizado para alcanzarlo.

La gestión de proyectos en el ámbito de la construcción y la arquitectura comienza a experimentar un cambio que no puede entenderse como simple adopción de herramientas digitales. En los últimos 20 años, la presión por realizar obras de buena calidad, en el menor tiempo posible y que no superen los presupuestos establecidos, ha generado en las empresas una búsqueda de nuevos modelos de funcionamiento, especialmente, las pequeñas y medianas empresas debido a la escasez de recursos y a una flexibilidad organizativa que, si bien tiene sus ventajas, suele traducirse también en una falta de consistencia en su forma de operar (Kerzner, 2017). Sin embargo, este cambio no se produce al mismo tiempo: mientras las grandes empresas de arquitectura e ingeniería han llegado a cristalizar prácticas basadas en normas internacionales como el PMBOK, el CMMI y la ISO 21500, las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) del sector, que en el caso de Colombia constituyen más del 90% del tejido empresarial de la construcción, suelen trabajar bajo procesos 'ad-hoc', apoyarse en el conocimiento tácito de algunas personas claves y funcionar en niveles de madurez organizativa (CMMI) en términos del Capability Maturity Model Integration

(CMMI) que rara vez supera el Nivel 1 (inicial) (Project Management Institute, 2021; CMMI Institute, 2018).

En este sentido, la progresiva digitalización no aparece como un lujo tecnológico del que así en nuestra cultura occidental hemos gozado, sino como una necesidad de pura supervivencia competitiva. La transformación digital en las PYMEs relacionadas con la arquitectura y la construcción, en cambio, presenta unas barreras muy concretas, como puede ser la escasa inversión en la capacitación de empleados, la cultura organizacional que se opone al cambio, la falta de roles que se ocupen de la gestión del proyecto o la sensación muy extendida de que los sistemas formales de planificación son una "burocracia innecesaria", ya que pueden restar autonomía al trabajo creativo (Anderson, 2010,). Estas barreras, a su vez, se manifiestan en problemas operativos concretos, como son la redundancia de esfuerzos en la elaboración de cronogramas, la falta de claridad en la atribución de responsables, la desconexión entre los diferentes miembros del equipo y, quizás el problema más crítico de todos, la pérdida de trazabilidad documental que hace difícil reconstruir que decisiones se adoptaron, cuándo y en base a que justificación (Schwaber & Sutherland, 2020).

La compañía ARCIVILES S.A.S., que es la empresa objeto de estudio de la investigación aquí planteada, da fe de este hecho. Se trata de una pequeña empresa dedicada al diseño y construcción que opera en Bucaramanga (Colombia) con un grupo de trabajo reducido compuesto por cinco personas que gestionan de forma simultánea entre ocho y diez proyectos arquitectónicos. Su modelo organizacional es flexible y se adapta por necesidad, es decir, carece de una estructura jerárquica formal, no observa roles específicos definidos para la gestión de proyectos y, sobre todo, no posee procesos estandarizados para garantizar que los controles sean efectivos y coherentes con

el mismo objetivo en la ejecución. Como consecuencia de esta realidad, los arquitectos de ARCIVILES S.A.S. dedican cerca del 30% de la jornada laboral a realizar actividades administrativas de planificación, seguimiento y documentación (demandando entre dos y tres horas diarias) que, aunque sean necesarias, restan tiempo y recursos a las actividades de diseño creativo, de supervisión técnica de obra y atención directa a los clientes. Esta forma de trabajo, que puede parecer considerado como un inconveniente menor, se transforma en un cuello de botella para el crecimiento de la firma, ya que incrementa el riesgo de sufrir errores humanos por la transcripción manual de datos y permite una experiencia más negativa por parte del cliente que no tiene un seguimiento de la evolución y avance de su proyecto.

Desde la óptica de la gestión de proyectos, el contexto planteado se puede observar desde el punto de vista de un bajo nivel de madurez organizacional en una posición de partido equivalente al Nivel 1 (Inicial) del CMMI-DEV v2.0, donde el proceso no está definido, es caótico, ad-hoc y depende increíblemente de los esfuerzos heroicos de las personas clave (CMMI Institute, 2018). La ausencia de documentación institucionalizada, el uso del control de versiones de los entregables técnicos y la falta de mecanismos formales de registro de decisiones dificultan no sólo asegurar la consistencia en la ejecución, sino también construir una base de conocimiento que favorezca la mejora continua. Un ejemplo es el caso del auditorio documental reciente en ARCIVILES, donde se encontraron ocho versiones diferentes del mismo plano arquitectónico de un proyecto terminado, el 40% de los documentos técnicos carecía de metadatos básicos (fecha de emisión, autor, versión) y tres eventos en los dos últimos años se iniciaban en la construcción de planos sin actualizar. Estos hallazgos muestran que el problema no es sólo de eficiencia, sino de calidad, trazabilidad y reputación.

A las consideraciones anteriores, además, es necesario añadir la necesidad de adaptarse al cambio con rapidez durante el desarrollo del proyecto: requerimientos de clientes, condiciones normativas de la normativa del sector construcción colombiano y dinámicas del equipo interno. Las metodologías ágiles, y Scrum —en particular el marco de trabajo y proyecto— han ido adquiriendo relevancia dado que organizan el trabajo en forma iterativa, favoreciendo la transparencia, la inspección frecuente y la adaptación hasta la última hora (Schwaber & Sutherland, 2020). Sin embargo, la metodología ha sido aplicada de manera predominantemente orientada a proyectos de desarrollo de software; su transferencia al diseño arquitectónico como espacio no centrado para desarrollar proyectos cuyo producto es físico, en plazos temporales que son medidos en meses y coordinaciones interdisciplinarias que incluyen actores externos que no han sido controlados, representa un reto práctico que la literatura académica no ha abordado de manera sistemática.

Al encontrarse ante la presente brecha, y, por tanto, la investigación que aquí se presenta se ha orientado por una pregunta que se plantea: ¿cómo se puede configurar un modelo de planificación y seguimiento del trabajo que permita mejorar la gestión de los proyectos arquitectónicos en ARCIVILES S.A.S. mediante la generación de Scrum, en combinación con los principios de Lean Construction y una ruta de maduración BIM?; lo que la pregunta no busca es proponer una solución tecnológica compleja, ya que la PYME de baja madurez organizacional no puede absorberla, sino un modelo operativo digitalmente habilitado, es decir, un conjunto de procesos estandarizados, reglas de operación, plantillas institucionales, tableros visuales y repositorios documentales para implementar a través de medios digitales no complejos que la organización ya tiene implementados. La integración de Scrum como la metodología de diseño

funcional iterativo, Lean Construction como la filosofía de eliminación de desperdicios y el Building Information Modeling (BIM) como una ruta de maduración digital progresiva, constituye la propuesta metodológica integrada de este trabajo, pues ninguna de las tres dimensiones, por sí sola, es suficiente para el contexto de una PBME de arquitectura colombiana con madurez CMMI Nivel 1.

En respuesta a esta pregunta, el presente trabajo tiene como propósito diseñar el modelo operativo ARCIPRO (Arquitectura de Control de Proyectos), entendido como un sistema de planificación y seguimiento del trabajo en proyectos arquitectónicos. El modelo se estructura en cuatro niveles operativos que integran seis módulos especializados (MCP, MGAR, MTCV, MCVD, MMID y MILB), los cuales se desarrollan mediante un proceso ágil compuesto por un Sprint Cero de preparación metodológica y cinco sprints iterativos de dos semanas cada uno, buscando establecer una estructura clara para el desarrollo de los proyectos, definiendo fases, actividades, responsables y mecanismos de control que permitan mejorar la organización, la trazabilidad y, en última instancia, la calidad del servicio entregado al cliente.

La pertinencia de este proyecto se ubica en tres dimensiones entrelazadas entre sí. En primer lugar, proporciona una solución concreta a una situación problemática organizativa real y documentada en el ámbito de una PYME de construcción colombiana, demostrando que la profesión en el ámbito de la gestión de proyectos no necesita recursos corporativos. En segundo lugar, aportando al ámbito de la gestión de proyectos demostrando la aplicabilidad de las prácticas ágiles en el contexto de organizaciones no tecnológicas, en el que la flexibilidad necesita ir unida a la rigurosidad técnica que el ejercicio profesional de la arquitectura le supone. En tercer lugar, se formaliza una propuesta metodológica integrada entendiendo que Scrum, Lean Construction y

BIM son diferentes modos de abordar la organización no son soluciones, sino que son formas complementarias de un mismo modelo operativo adaptado específicamente a las condiciones de madurez, a recursos y a cultura de una PYME de construcción colombiana.

El presente documento, finalmente, está organizado de tal forma que expresa y refleja tanto la lógica investigativa que regirá el desarrollo del trabajo como la secuencia operativa de lo que será el diseño funcional. Primero se incluye la contextualización del proyecto, la cual se compone de la descripción del modelo ARCIPRO, de los entregables, del análisis del entorno, de los stakeholders, de los objetivos y de la información de antecedentes de la metodología. En segundo lugar, se desarrollan el caso de negocio, la product stack, las user storys, la planificación de Sprint Cero, la gestión y el control de los sprints y el prototipo de entregable.

1. Diseño del modelo operativo ARCIPRO de planificación y seguimiento de proyectos arquitectónicos para ARCIVILES S.A.S.

1.1 Contextualización del proyecto viabilizado

El presente capítulo responde a una pregunta estructurante: porque ARCIVILES S.A.S. necesita un modelo operativo de planificación y seguimiento, y por qué ese modelo se diseña con la arquitectura, módulos y entregables. La respuesta no se construye desde la definición del modelo, sino desde el diagnóstico sistemático del entorno competitivo, los actores que intervienen, las presiones que ejercen y los objetivos que esas presiones imponen. Sólo si se comprende el problema que intenta resolver dicho modelo, tiene sentido analizar cómo se encuentra organizado en su interior.

Como ya se dejó establecido en la introducción, ARCIVILES actúa como una PYME de arquitectura y construcción ubicada en la ciudad de Bucaramanga, con un grado de madurez organizacional correspondiente al Nivel 1 del CMMI-DEV v2.0, caracterizándose por tener unas prácticas del proceso completamente ad hoc, reactivo, dependiente del conocimiento tácito de las personas más relevantes (CMMI Institute, 2018). Esta particularidad no es un dato puramente decorativo, pues es la que establece el límite a la complejidad que puede incorporar cualquier modelo sin ir al fracaso en su adopción. La contextualización que le seguirá tomará ese límite como punto de partida y lo traducirá en requisitos de diseño.

1.1.1 Planteamiento del problema

ARCIVILES S.A.S enfrenta una problemática de naturaleza organizativa y no tecnológica, no cuenta con un sistema operativo que organice los procesos, que defina responsabilidades y que asegure la trazabilidad documental y el seguimiento de avances, tanto para el personal de profesionales, como para los clientes. Esta problemática se observa el inicio inconsistente de proyectos, planificación ad hoc, un seguimiento reactivo, pésima gestión documental mala comunicación con el cliente, lo anterior generar una serie de consecuencias en la trazabilidad documental, dependencia de conocimiento tácito, costos de reproceso y techo de crecimiento.

1.1.1.1 Causas. La primera causa es la ausencia de procesos estandarizados. Esta causa es propia de una madurez organizacional equivalente al Nivel 1 del CMMI-DEV, ya que las prácticas son ad hoc, reactivas y dependen del conocimiento tácito de personas clave. La segunda causa es la falta de herramientas de gestión de proyectos, debido a que los recursos digitales disponibles son utilizados sin protocolos de planificación, seguimiento ni control documental. Y por último la tercera causa, la cual corresponde a una configuración organizacional reducida, en la que un equipo de 5 personas sin roles definidos para la gestión de proyectos, gestiona entre ocho a diez proyectos al mismo tiempo, lo cual centraliza la información más relevante en el Arquitecto líder.

1.1.1.2 Pregunta de investigación. Frente a esta problemática, la investigación se orienta por la pregunta planteada en la Introducción: ¿cómo se puede configurar un modelo de planificación y seguimiento del trabajo que permita mejorar la gestión de los proyectos

arquitectónicos en ARCIVILES S.A.S., mediante la integración de Scrum, los principios de Lean Construction y una ruta de maduración BIM?

1.1.1.3 Delimitación. El alcance de esta monografía se delimita en tres campos: temporalmente, el diagnóstico que sostiene este planteamiento se basa en dos semanas de observación directa y en la revisión documental de ocho proyectos finalizados durante los dos últimos años; espacialmente, se reduce a ARCIVILES S.A.S., firma de cinco personas ubicada en Bucaramanga, Colombia; y temáticamente, se centra en proyectos de vivienda unifamiliar, sin extenderse a obras de gran escala o infraestructura pública.

1.1.2 Metodología.

Esta monografía se desarrolla bajo un enfoque cualitativo aplicado, mediante un estudio de caso único de carácter descriptivo-propositivo el cual describe la situación organizacional de ARCIVILES S.A.S. y, a partir de ella, diseña un modelo operativo, sin implementarlo ni evaluar sus resultados en condiciones reales de operación, en conformidad con su carácter de monografía aplicada de diseño.

La unidad de análisis es ARCIVILES S.A.S., PYME de arquitectura de cinco personas ubicada en Bucaramanga (Colombia), que gestiona entre ocho y diez proyectos simultáneos de vivienda unifamiliar, y en particular los ocho proyectos finalizados en los dos últimos años que fueron revisados documentalmente.

La información se recolectó mediante tres fuentes: entrevistas semiestructuradas al director general y al Arquitecto Líder, revisión documental de los ocho proyectos mencionados, y

observación directa de las prácticas operativas durante dos semanas, con registro horario en intervalos de 30 minutos.

La recolección se realizó durante las dos semanas de observación; posteriormente, los hallazgos de las tres fuentes se triangularon para identificar y consolidar cinco deficiencias estructurales (D1-D5), mapeadas a los ocho tipos de desperdicio Lean. Estas deficiencias constituyeron la base empírica para priorizar el backlog del modelo y diseñar la arquitectura de ARCIPRO.

La validez del diagnóstico se encuentra en la triangulación de las tres fuentes descritas; la validez del diseño resultante se verificó mediante juicio de tres expertos independientes y una simulación teórica. Las limitaciones del estudio, reducido a una sola organización y a un horizonte de diseño no implementado.

1.1.3 Microentorno y macroentorno de ARCIVILES

Con el objetivo de entender qué presiones externas determinan la operativa de la firma ARCIVILES, se abordan dos dimensiones complementarias, el microentorno, que se analiza a través del modelo de las cinco fuerzas de Porter (Porter, 1980) para evaluar la situación competitiva del sector de la arquitectura en la ciudad de Bucaramanga; y el macroentorno, que se estudia de acuerdo con el marco PEST que nos ayuda a describir las luchas del juego en el sector de la construcción colombiano a partir de los factores políticos, económicos, sociales y tecnológicos. En conjunto, estos dos análisis dan respuesta a una pregunta de corte operativo: qué condiciones externas han hecho urgente mejorar la planificación, la trazabilidad y la comunicación con el cliente.

En el microentorno, se encuentra una alta rivalidad entre competidores, ya que más del 80% de las empresas de arquitectura en Bucaramanga son microempresas que compiten en un entorno solo de precios y con esta situación hay una presión de márgenes que dificulta la integración en la gestión. El poder de negociación de los clientes es alto dado que pueden cambiar con una determinada rapidez y coste de empresa antes de iniciar obra, generando que la confianza y la visibilidad del avance provoquen la retención de estos clientes. Las barreras para la entrada del sector son moderadas ya que no es un sector intensivo en capital y la amenaza de sustitutos es baja para el segmento más residencial, que es más personalizado. El poder de los proveedores es bajo-moderado, asimétrico en función de la especialización. Este escenario tiene una directa implicación para ARCIPRO, en el sentido de que la única forma de diferenciación sostenible no es el precio, sino la profesionalización de la gestión de la que resulta una trazabilidad que genera confianza en la relación cliente-empresa, factor que resulta clave pero que el sector no lo preveía hasta el momento que la típica carta de oferta de la empresa que promocionaba su reconocimiento por parte del cliente ya no se considera negocio.

Tabla 1.

Modelo de las cinco fuerzas de Porter aplicado a ARCIVILES

Fuerza	Nivel	Implicación para ARCIPRO
Rivalidad entre competidores	Alta	Diferenciación por gestión y trazabilidad
Poder de negociación de clientes	Moderado-alto	Visibilidad del avance como factor de retención
Poder de negociación de proveedores	Bajo-moderado	Coordinación mejorada mediante planificación
Amenaza de nuevos entrantes	Moderada	Urgencia de digitalización progresiva
Amenaza de productos sustitutos	Baja	Diferenciación por calidad de servicio

Nota. Tabla adaptada con base en el modelo de Porter (1980).

Mientras que el análisis de Porter pone de manifiesto la estructura competitiva del entorno inmediato, el marco analítico PEST permite adoptar una visión amplia de las fuerzas sistémicas que configuran el entorno normativo, económico, social, tecnológico. Y estos factores han de explicitar no sólo oportunidades y amenazas, sino también para establecer exigencias normativas y expectativas culturales que el modelo operativo exige incorporar para que sea viable desde la actualidad hasta el horizonte de mediano plazo.

Por su parte, el factor político-legal ejercerá presión creciente mediante normativas como el NSR-10 o el Decreto 251/2004 que exigen la completa documentación técnica y la trazabilidad de las aprobaciones formalmente realizadas. Y esta presión es la que justifica, de un modo más específico, el módulo MCVD (Protocolo de Control Documental) del modelo ARCIPRO.

El factor económico alega condiciones coyunturales positivas en tasas intermedias y con programas como el de “Mi Casa Ya” que estarían permitiendo mantener activa la demanda residencial, pero que incrementan las exigencias de profesionalización. El factor social entiende una transformación de las expectativas del cliente, que mediante la digitalización del resto de los sectores van demandando visibilidad en el desarrollo de los proyectos de construcción y comunicaciones proactivas que justifican el diseño del módulo MTCV (Tablero de Control Visual) y el Formato de Reporte Quincenal. Finalmente, el factor tecnológico, impulsado por el Decreto 1535/2018 para BIM en infraestructura pública, crea una expectativa de profesionalización digital que se extiende al sector privado, justificando la inclusión de la Ruta de Maduración BIM progresiva en el módulo MILB.

Tabla 2.*Factores PEST aplicados a ARCIVILES*

Factor PEST	Elemento Clave	Impacto en ARCIVILES
Político-Legal	NSR-10, Ley 400/1997, Decreto 251/2004	Mayor rigurosidad técnica; penalización a procesos informales
Económico	Tasas moderadas, Mi Casa Ya, demanda activa	Oportunidad de crecimiento con mayor exigencia de profesionalización
Social	Expectativas de transparencia, hábitos digitales de clientes	Demanda de visibilidad sobre avance y comunicación proactiva
Tecnológico	Transformación digital (BIM), Decreto 1535/2018	Desventaja competitiva sin adopción de prácticas digitales

Nota. Tabla adaptada con base en las fuentes citadas (McKinsey Global Institute, 2017; World Economic Forum, 2018).

Los factores del entorno no actúan sobre una organización vacía, sino que lo hacen sobre personas que tienen intereses, poderes e intereses. Y el paso del entorno de factores al entorno de actantes también se acaba haciendo, ya que, identificar quienes son los actores clave de la organización y que nivel de poder y de interés tienen éstos permite de diseñar un modelo con roles, responsabilidades y mecanismos de comunicación que dé cuenta de la configuración real de ARCIVILES, y no de una teoría genérica de gestión de proyectos.

1.1.4 Stakeholders del modelo ARCIPRO

El análisis de stakeholders se ejecuta empleando la matriz de poder-interés de Mendelow (1981), mediante la que se clasificarán los actores según el potencial de influencia que ejercen a favor o en contra del proyecto en relación al grado de afectación que sufren en función los resultados de este. Seis actores no son sino determinantes para el diseño del modelo de la organización de la obra: el director general que ejerce la función de facilitador organizacional y de

remoción de impedimentos; el Arquitecto Líder que ejerce la función del Producto Owner definiendo requerimientos y validando entregables; el Dibujante Técnico que se hace responsable de la ejecución documental; el Coordinador de Obra que reporta el avance físico; los clientes que validan los entregables y los consultores especializados que aportan especificaciones técnicas.

Un aspecto metodológico a destacar es que ARCIPRO no considera la posibilidad de contar con un Scrum Master dedicado ni con un Producto Owner a tiempo completo, roles que exigirían ampliaciones de plantilla muy poco compatibles con una empresa de solo cinco personas. En su lugar, el Arquitecto Líder se encargará concretamente de cumplir con las funciones del Producto Owner y, por otro lado, el director general jugará el rol de facilitador garantizando la eliminación de los impedimentos organizativos y la aportación de recursos. Esta adaptación de roles la podemos encontrar en la literatura sobre Scrum en entornos no tecnológicos con escasos recursos; de forma que, en cuanto a la arquitectura del modelo, esta queda condicionada: los módulos han de ser auto explicativos; los manuales de uso deben prescindir de la jerga técnica más allá de lo necesario y los tableros no han de exigir más de treinta minutos de formación inicial. La complejidad del modelo este, en este sentido, limitada por la configuración del propio equipo.

Tabla 3.

Matriz de stakeholders del proyecto ARCIPRO

Stakeholder	Poder	Interés	Estrategia / Rol en ARCIPRO
Director General	Alto	Alto	Facilitador organizacional; remover impedimentos
Arquitecto Líder	Alto	Alto	Product Owner; definir requerimientos y validar entregables
Dibujante Técnico	Bajo	Alto	Ejecutor documental; manuales simples y práctica guiada
Coordinador de Obra	Moderado	Alto	Reporte de avance físico; reuniones quincenales
Cliente del proyecto	Bajo	Alto	Validador de entregables; reportes periódicos

Stakeholder	Poder	Interés	Estrategia / Rol en ARCIPRO
Consultores especializados	Moderado	Moderado	Especificaciones técnicas claras y protocolos de entrega

Nota. Tabla adaptada de la matriz de poder-interés de Mendelow (1981).

El entorno competitivo determina las presiones. La definición de los stakeholders determina quienes han de responder a esas presiones y con qué recursos. La siguiente pregunta es operativa: cuál ha de ser el modelo de capacidades específicas para que esos actores, en ese entorno, puedan mejorar la gestión de proyectos, sin requerir de más personas o de más tecnología. La respuesta es formulada como una jerarquía de objetivos que articula el propósito estratégico, los resultados medibles y los productos tangibles del diseño funcional, siguiendo la estructura lógica del Project Management Institute (2021).

1.1.5 Objetivos del proyecto

Los resultados esperados que se obtienen durante la investigación en el entorno organizacional, los stakeholders y la evaluación de necesidades operativas que se dan en ARCIVILES S.A.S suponen la necesidad de mejorar los procesos de planificación, seguimiento y control de proyectos arquitectónicos mediante la estandarización de procedimientos de forma que se mejora la coordinación en el trabajo, la trazabilidad de la documentación y la capacidad de gestión de la organización. Por este motivo se establecen los siguientes objetivos que guían el diseño del modelo operativo ARCIPRO y a su vez son el marco de referencia para los resultados esperados de la investigación que se lleva a cabo.

El Objetivo específico consiste en diseñar un modelo operativo de planificación y seguimiento de proyectos arquitectónicos para ARCIVILES S.A.S., mediante la integración del

marco Scrum, principios de Lean Construction y una ruta de maduración BIM progresiva, que mejore la organización del trabajo, la trazabilidad documental y la calidad del servicio al cliente, sin requerir el desarrollo de software ni la contratación de personal adicional. Así mismo se divide en los siguientes objetivos específicos.

1. Analizar las principales deficiencias operativas y documentales presentes en la gestión de proyectos arquitectónicos de ARCIVILES, identificando oportunidades de mejora organizacional.

2. Diseñar mecanismos estandarizados de planificación, asignación de responsabilidades y seguimiento de actividades que permitan fortalecer la gestión de los proyectos arquitectónicos.

3. Diseñar procedimientos de control documental y una ruta progresiva de maduración digital que mejoren la trazabilidad de la información y favorezcan la evolución organizacional de la empresa.

4. Definir indicadores de desempeño que permitan medir y monitorear la efectividad del modelo operativo propuesto.

Tabla 4.

Matriz de congruencia metodológica

Objetivo	Actividad(es) desarrollada(s)	Resultado / Entregable	Evidencia
Objetivo General	Integración de Scrum, Lean Construction y BIM en una arquitectura de 4 niveles y 6 módulos (MCP, MGAR, MTCV, MCVD, MMID, MILB).	Modelo operativo ARCIPRO completo, materializado en 9 prototipos de diseño funcional.	Arquitectura del modelo ARCIPRO

Objetivo	Actividad(es) desarrollada(s)	Resultado / Entregable	Evidencia
OE1. Analizar deficiencias operativas y documentales	Diagnóstico organizacional mediante triangulación de entrevistas, revisión documental de ocho proyectos y observación directa de dos semanas.	Identificación de cinco deficiencias (D1-D5) y su mapeo a ocho tipos de desperdicio Lean.	Análisis del caso de negocio Matriz de Diagnóstico Organizacional
OE2. Diseñar mecanismos de planificación, responsabilidades y seguimiento	Diseño de la Plantilla de Configuración de Proyecto (MCP), la EDT y Matriz RACI (MGAR), y el Tablero de Control Visual (MTCV).	Plantilla de 10 campos validados, EDT de 25-30 actividades con RACI, y tablero visual de cinco columnas.	Prototipo de entregable Especificaciones de Plantillas
OE3. Diseñar control documental y ruta de maduración digital	Diseño del Protocolo de Control Documental y Versionamiento (MCVD) y de la Ruta de Maduración BIM progresiva (MILB).	Protocolo de nomenclatura y versionamiento; ruta BIM de LOD 100 a LOD 300.	Prototipo de entregable
OE4. Definir indicadores de desempeño	Diseño del Dashboard de Indicadores de Desempeño (MMID) y del Índice de Madurez ARCIPRO.	Dashboard con cinco métricas y metas definidas; Índice de Madurez ARCIPRO normalizado 0-100.	Prototipo de entregable Validación del modelo ARCIPRO

Nota. OG = Objetivo General; OE = Objetivo Específico.

1.1.6. Arquitectura del modelo ARCIPRO

La arquitectura del modelo ARCIPRO fue diseñada para responder de manera estructurada a las necesidades identificadas durante el diagnóstico organizacional, el análisis del entorno y la evaluación de los actores involucrados. Su configuración busca garantizar que una PYME como ARCVILES S.A.S. pueda mejorar progresivamente sus capacidades de planificación, seguimiento, control documental y gestión del conocimiento sin requerir desarrollos tecnológicos complejos ni modificaciones significativas en su estructura organizacional.

La estructura del modelo es una sistemática que se manifiesta en cuatro niveles operativos complementarios que constituyen la secuencia lógica mediante la que una iniciativa de carácter arquitectónico se dirige desde sus inicios hasta la mejora continua. Cada uno de los niveles

contiene módulos de especificidad que permiten desarrollar capacidades en la gestión de proyectos.

El Nivel 1, el cual se denomina Interfaz y Requerimientos, regenera las actividades en relación con la identificación de necesidades, la comunicación con las partes interesadas y la recogida de la información necesaria para la partía de los proyectos. Este nivel asegura que los requerimientos sean bien interpretados y documentados de una manera debidamente persistente antes de proceder a la fase de la planificación.

El Nivel 2, que recibe el título de Planificación y Descomposición opera la iniciación de los mecanismos necesarios para estructurar los trabajos, establecer la responsabilidad y organizar las actividades que existen en los proyectos. Tiene como razón de ser la definición de una base de planificación única y extendida para mejorar la coordinación interna y disminuir la dependencia de prácticas informales.

El Nivel 3, que se dedica a la Ejecución y el Seguimiento, engloba a los componentes de seguimiento del estado de las tareas, control de actividades y trazabilidad documental. Este nivel da toda la visibilidad del estado de los proyectos mediante la generación de documentación organizada y actualizada para la toma de decisiones.

El Nivel 4: Mejora y Conocimiento, comprende los mecanismos para la medición del desempeño del sistema, la mejora continua y la evolución progresiva de las capacidades digitales de la organización. Este nivel hace posible que ARCIVILES consolide los aprendizajes organizativos y establezca una trayectoria sostenible de maduración en gestión de proyectos.

Tabla 5.*Estructura organizativa del modelo ARCIPRO*

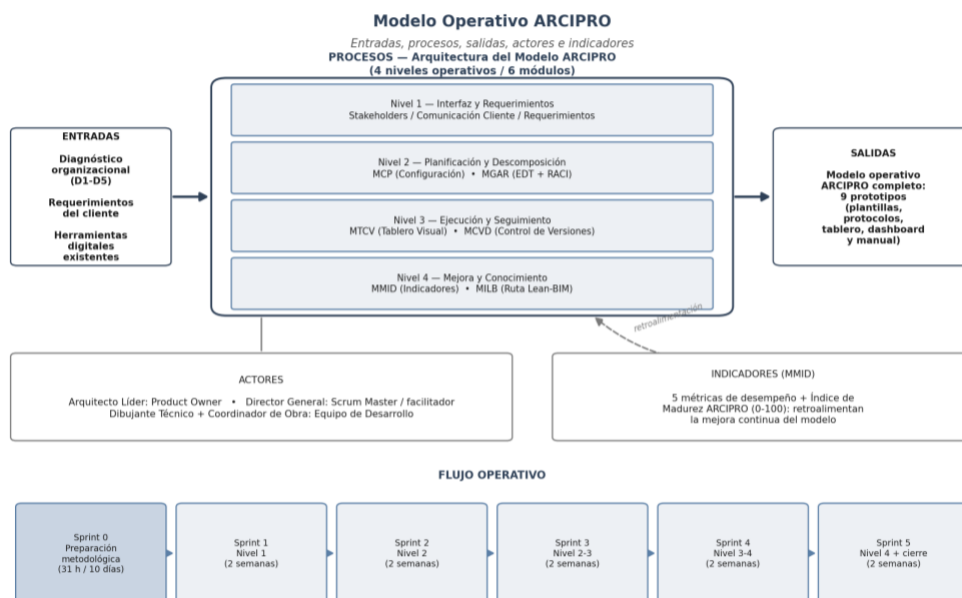
Nivel	Nombre	Módulos
Nivel 1	Interfaz y Requerimientos	Stakeholders, Comunicación Cliente, Requerimientos
Nivel 2	Planificación y Descomposición	MCP (Configuración), MGAR (Actividades y RACI)
Nivel 3	Ejecución y Seguimiento	MTCV (Tablero Visual), MCVD (Control de Versiones)
Nivel 4	Mejora y Conocimiento	MMID (Métricas), MILB (Lean-BIM)

Nota. Tabla elaborada con base en el diseño de la arquitectura funcional del modelo ARCIPRO.

El tipo de arquitectura propuesto responde a un modo incremental y progresivo de lograr el desarrollo organizacional. ARCIPRO no opta por arrastrar a los usuarios al centro de múltiples herramientas o prácticas complejas, sino que primero promueve la estandarización de los procesos básicos, luego refuerza el seguimiento y control de la operación y, finalmente, introduce mecanismos de medición, mejora continua y evolución digital. Esta secuencia se ajusta a las características de las organizaciones que al inicio disponen de un nivel de madurez organizacional y favorece que las personas vayan adoptando el modelo poco a poco.

Figura 1.

Modelo operativo ARCIPRO: entradas, procesos, salidas, actores, indicadores y flujo operativo.



Nota. Figura elaborada para representar la arquitectura función del modelo ARCIPRO.

1.1.7 Entregables del modelo ARCIPRO

Una vez que se ha definido la arquitectura funcional del modelo, conviene identificar aquellos productos organizacionales que permiten su operación práctica dentro de ARCIVILES, productos que, de hecho, constituyen los llamados entregables del modelo ARCIPRO, a través de los cuales se formalizan (materializan) las capacidades de planificación, seguimiento, control y mejora continua descritas anteriormente, que son igualmente los activos organizacionales que la propia empresa utilizará en la operación de la organización de sus proyectos.

Con el fin de facilitar su implementación y la coherencia con el principio de mejora continua se ordenan los entregables en tres categorías que se alinean con el ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act). Esta organización permite establecer una relación entre cada entregable y su función

dentro del modelo, derivándose una secuencia lógica que comienza con la planificación del proyecto y sigue con la ejecución y el control de las actividades que constituyen dicho proyecto, y termina con los procesos de medida, aprendizaje y mejora organizacional.

Los entregables del modelo ARCIPRO se clasifican en tres categorías alineadas con el ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act).

Tabla 6.

Entregables del modelo ARCIPRO por categoría PDCA

Categoría	Entregables	Propósito
Diseño y planificación. (Plan)	Plantilla MCP, EDT, RACI, Línea base	Estandarizar configuración y planificación
Ejecución y control. (Do)	Tablero visual, Protocolo versiones, Reporte cliente	Monitorear avance y controlar documentos
Mejora y conocimiento. (Check - Act)	Indicadores MMID, Matriz Lean, Ruta BIM	Medir madurez y planificar digitalización

Nota. Tabla elaborada con base en el ciclo PDCA (Plan –Do-Check-Act) aplicado a los entregables del modelo ARCIPRO.

En conjunto, estos productos dan vida a los elementos de trabajo que constituyen la aplicación del modelo ARCIPRO en ARCIVILES S.A.S. Su diseño aspira a la reducción de la dependencia con respecto al conocimiento tácito de las personas, a mejorar la trazabilidad de la información generada y a facilitar la progresiva adopción de prácticas de gestión por proyectos ajustadas a las necesidades de la organización.

Si bien cada entregable responde a una función específica, todas ellas se encuentran interrelacionadas para dar soporte a los procesos de planificación, seguimiento, control y de mejora de las prácticas en los proyectos arquitectónicos; son, en definitiva, la manera en la que ARCIPRO

puede ser implementado en la operación cotidiana de la empresa generando mejora en la organización del trabajo, en la gestión documental y en el seguimiento de los proyectos.

1.1.8 Referentes históricos y fundamentación teórica

1.1.8.1 Gestión de proyectos en PYMEs. Los estándares de referencia en gestión de proyectos, como el PMBOK (Project Management Institute, 2021), describen procesos, roles y artefactos pensados para organizaciones con oficinas de proyectos (PMO) y personal dedicado, una condición que rara vez se cumple en las PYMEs de arquitectura (Kerzner, 2017). Esta brecha entre el estándar y la realidad organizacional de firmas pequeñas es el espacio que ARCIPRO ocupa, no como una implementación literal del PMBOK, sino como una adaptación mínima viable de sus principios de planificación, asignación de responsabilidades y seguimiento a una estructura de cinco personas sin roles dedicados a la gestión de proyectos.

1.1.8.2 Madurez organizacional. El modelo CMMI-DEV v2.0 describe niveles progresivos de madurez de procesos, desde el Nivel 1 (inicial, ad hoc) hasta niveles superiores de gestión cuantitativa y mejora continua (CMMI Institute, 2018). En esta investigación, el CMMI no se utiliza con fines de certificación, poco realista para una PYME de cinco personas, sino como una lente de diagnóstico: permite caracterizar el punto de partida de ARCIVILES (Nivel 1) y, con ello, acotar el nivel de complejidad que un modelo operativo puede introducir sin generar resistencia ni riesgo de abandono.

1.1.8.3 Lean Construction. La filosofía Lean aplicada a la construcción se centra en la identificación y eliminación de desperdicios en los flujos de trabajo, en un sector donde la productividad ha crecido históricamente por debajo de otras industrias (McKinsey Global Institute, 2017). La mayor parte de esta literatura se enfoca en los flujos físicos de obra (materiales, secuenciación de tareas), mientras que su aplicación a los flujos de información y documentación, el ámbito en el que opera el módulo MILB de ARCIPRO, ha recibido mucha menos atención. ARCIPRO retoma la lógica de identificación de desperdicios de Lean, pero la dirige hacia la gestión documental y de información de una PYME de arquitectura, un terreno menos explorado que la ejecución de obra.

1.1.8.4 Scrum no tecnológico y modelos operativos. La decisión de introducir Scrum, Lean Construction y BIM en un modelo operativo para PYMEs de arquitectura aparece como consecuencia de tres líneas de la investigación académica. El marco Scrum es aquel formalizado por Schwaber y Sutherland en la década de 1990 como respuesta a la ineptitud de los métodos tradicionales en situaciones con alta incertidumbre (Schwaber & Sutherland, 2020). Aunque su aplicación ha sido en el desarrollo de software, investigaciones recientes indican que equipos de diseño arquitectónico que realizan ciclos iterativos consiguen disminuir la variabilidad de plazos y mejorar la coordinación entre las disciplinas. Sin embargo, la mayoría de estos estudios

preconizan proyectos de gran escala dejando un vacío acerca de su validez en PYMEs con una baja madurez organizacional, siendo este el vacío que ARCIPRO quiere llenar.

1.1.8.5 BIM progresivo. El Modelado de Información de Edificios (BIM) representa, en el marco del ámbito tecnológico, la transformación digital del ciclo de edificación. Inicialmente concebido como el modelado paramétrico de edificios, ha ido evolucionando hacia una metodología de gestión de información que atiende el ciclo de vida del producto, cuando se trata de un modelo de desarrollo de la información con niveles de desarrollo (LOD) que oscilan desde la información conceptual (LOD 100) hasta la información as-built (LOD 500) (Eastman et al., 2018). En Colombia, el Decreto 1535 de 2018 promueve la utilización de BIM en la infraestructura pública, aunque su adopción en el sector privado residencial y en las firmas pequeñas sea muy limitado. Diversos estudios indican que el principal freno no es una cuestión tecnológica, sino organizativa: la falta de procesos estandarizados que permitan extraer la información generada por el modelo. Esta determinación explica que ARCIPRO incorpore un proceso de maduración BIM (de LOD 100 a LOD 300) de manera progresiva en la composición de este módulo MILB; aunque solo tras llevar a cabo los procesos básicos en lo que respecta a la planificación, así como al control documental de forma correcta.

El proceso de síntesis de estas tres líneas que se realizarían en ARCIPRO da respuesta a una muy concreta conclusión empírica: ninguna de ellas, por si sola, es suficiente para el contexto de ARCIVILES. De hecho, Scrum enfatiza la iteración y el proporcionar visibilidad en los trabajos, pero no se enfrenta a la eliminación de las situaciones que producen desperdicio ni a la maduración digital. Lean Construction (o, si lo preferimos, la filosofía Lean) es la que proporciona la filosofía

de la eficiencia y es la que se ofrece, pero no aporta mecanismos formales para la planificación y el seguimiento. Por su parte, BIM (Building Information Modelling, o "modelado de información de construcción") trabaja la maduración tecnológica, pero precisa de una base organizacional mínima que ARCIVILES no tiene a su disposición. En consecuencia, la integración de las tres dimensiones dentro de la combinación de una única propuesta operativa, su implementación a partir de un conjunto de herramientas digitales básicas y orientado hacia una PYME con madurez CMMI de nivel 1, supone la aportación diferencial de esta investigación y permite justificar cada una de las decisiones de diseño.

La contextualización propuesta en esta sección establece la lógica que une, en primer lugar, el problema; en segundo, los actores; en tercero, los objetivos; en cuarto, la arquitectura; en quinto, los entregables y, finalmente, los fundamentos teóricos del modelo ARCIPRO. No obstante, la credibilidad conceptual del modelo no es suficiente para respaldar su implementación: es necesario mostrar que la inversión en tiempo, formación y recursos es razonable cuando comparada con las alternativas y que, además, los beneficios esperados superan a los costes y a los riesgos. Esta justificación económica y comparativa se hace explícita en el análisis del caso de negocio que se expone a continuación.

1.2 Análisis del caso de negocio

El caso de negocio del modelo ARCIPRO se elabora según la estructura estándar propia del Project Management Institute (2021), modificada para su uso en el contexto de una PYME de arquitectura colombiana con un nivel de madurez organizacional de CMMI Nivel 1. La finalidad de esta sección no es únicamente la de cuantificar tanto costes como beneficios, sino también la

de poder elaborar una argumentación estratégica, que es la que está destinada a responder la pregunta con respecto a la cual es decisiva para el caso: por qué ARCIVILES S.A.S. debería implementar ARCIPRO y por qué tal alternativa genera más valor que la alternativa con la que se había comparado. Para resolver aquello se analiza la situación operativa actual, las consecuencias de mantener la situación actual, las alternativas que se han sometido a evaluación, la justificación de la elección, la inversión requerida, los beneficios esperados, los riesgos de implantación y la viabilidad del proyecto.

1.2.1 Situación actual de ARCIVILES

ARCIVILES S.A.S. mantiene un equipo de trabajo formado por cinco personas que gestionan, en un mismo momento, entre ocho y diez proyectos arquitectónicos que están en curso, ya sea en conceptualización, desarrollo de planos, trámite de licencias, construcción y entrega. Desde el punto de vista organizativo, la firma no está estructurada ni establece roles para la gestión de proyectos ni, en especial, procesos que garanticen la posibilidad de redundancia. Los inicios de los proyectos son diferentes; algunos comienzan con una conversación informal entre el director general y el cliente, otros comienzan con un correo electrónico y de manera habitual la información básica del proyecto, la del punto de partida (alcance, plazos, presupuestos, responsables), queda dispersa en conversaciones de oralidad que no quedan normalmente reflejadas sistemáticamente.

La asignación de trabajos se basa en indicaciones diarias o semanales, no hay backlog priorizado y no se estiman esfuerzos. El Dibujante Técnico recibe instrucciones del Arquitecto Líder, no hay un listado de actividades asignadas, las dependencias, las fechas previstas. El Coordinador de Obra da cuenta del avance físico de una forma verbal, en alguna reunión

esporádica pero no con una periodicidad determinada. Los clientes reciben información cuando ellos lo solicitan de forma constante, lo que genera incertidumbre y percepción de falta de profesionalismo.

La gestión de la documentación es lo más crítico. Los planos, memorias de cálculo, especificaciones técnicas y documentos de licencia se aloja en carpetas de Google Drive sin protocolo de nomenclatura, versionamiento ni control de acceso. Fruto de lo anterior, encontramos con frecuencia múltiples versiones del mismo documento con nombre incoherentes que, en un futuro, podría dar lugar a entregar documentación equivocada o bien obsoleta y afectar económicas a la empresa. Los arquitectos dedican entre un 25% y un 30% de la jornada a la actividad administrativa de planificación, seguimiento y documentación que, si bien es necesaria, hace perder tiempo en el diseño creativo y la supervisión técnica.

1.2.2 Problema central

El reto que se presenta a ARCIVILES no es de naturaleza tecnológica sino más bien organizativa. La firma no posee un sistema operativo que gestione los proyectos, que estandarice los procesos, que defina las responsabilidades, que asegure la trazabilidad documental y, que asegure la visibilidad del progreso del equipo interno y de los clientes, esto se atribuye a la falta de un sistema operativo que presenta cinco deficiencias operativas muy concretas como son, inicio inconsistente en los proyectos, donde la información básica dispersa y se pierde; planificación ad hoc, donde no hay estimaciones del esfuerzo y formalización de la priorización de las actividades previas; seguimiento reactivo, donde los problemas son detectados tras el impacto; gestión

documental desordenada, donde se generan versiones contradictorias y la trazabilidad se pierde también y una mala comunicación al cliente, que no tiene visibilidad del progreso de su proyecto.

1.2.3 Consecuencias de no intervenir

El mantenimiento de la situación actual no debe ser una opción neutral a la que se pueda acudir ya que la misma iría generando costes progresivos, acumulativos que afectan a la competitividad de ARCIVILES a corto plazo. En primer lugar, la pérdida de la trazabilidad documental se va perpetuando proporcionalmente al número de proyectos en curso. Con ocho o diez proyectos activos a la vez, el actual sistema informal de gestión documental se encuentra prácticamente en el límite: cada nuevo proyecto puede convertirse en sinónimo de confusión de versiones, errores de transcripción y construcción con planos obsoletos. Si ARCIVILES en un plazo de dos años prevé incrementar hasta quince proyectos en la misma línea de tiempo, sin que haya un protocolo de control del sistema documental, la probabilidad de sufrir incidentes catastróficos se dispararía.

Por otro lado, la dependencia del conocimiento tácito da lugar a un riesgo crítico en la continuidad del negocio. El Arquitecto Líder, que no documenta la mayor parte de la información sobre cada cliente, sobre la situación de cada uno de los proyectos, sobre los pendientes de cada uno de los dibujantes, centraliza en su cabeza toda la información. Si “tira la toalla”, ya sea porque enferma o porque se toma vacaciones, la información salta por los aires y los proyectos entran en situación de parálisis. Cuando el conocimiento sobre la memoria institucional de sólo una persona elabora una PYME se convierte en una debilidad estructural intolerable.

Por último, los reprocesos asociados a errores documentales son un consumo más de recursos que el equipo podría utilizar para generar nuevos proyectos. Así, los incidentes pueden representar costes directos de reprocesos aceptados y promediados entre \$6.000.000 y \$15.000.000 COP (dependiendo la complejidad del proyecto, más el tiempo tomado en diagnosticar el error, reprocesar planos, coordinar con constructores y gestionar las relaciones con los clientes afectados). A los costes directos hay que incorporarle al coste de oportunidad. Así, el último año, ARCIVILES revisó o postergó aproximadamente tres proyectos por falta de capacidad operativa, lo que equivale a ingresos potenciales no realizados estimados en \$45.000.000 COP.

En cuarto lugar, las limitaciones referentes al crecimiento organizacional son estructurales. Sin procesos estandarizados, no se pueden incorporar nuevos miembros al equipo sin generar una curva de aprendizaje demasiado largo; sin indicadores de desempeño, es imposible evaluar la mejora; sin una base documental organizada, es imposible acreditar la madurez suficiente para licitaciones de mayor calibre. En quinto lugar, la futura adopción del BIM —cada vez más demandado por clientes corporativos y por la normativa colombiana— se ve comprometida, ya que BIM exige una base de gestión documental y procesos estandarizados que ARCIVILES no tiene.

Este conjunto de cinco consecuencias ilustra una situación de degradación continua: la empresa puede continuar funcionando a corto plazo como resultado del esfuerzo individual de su equipo, pero la capacidad de crecer, la calidad del servicio, la capacidad competitiva, etc. se deteriora en un proceso sistemático.

1.2.4 Alternativas de solución evaluadas

La Alternativa 0, situación actual, significa continuar trabajando tal cual los procesos actuales, sin intervención de ninguna clase. Su coste es cero y su viabilidad es alta, ya que no se exige ninguna clase de cambio; sin embargo, hace perpetuas todas las deficiencias de funcionamiento documentadas y también, las consecuencias de no actuar que han sido expuestas en los antecedentes. Esta alternativa había sido desechada porque el problema existente tiene costes reales y en aumento que penalizan la competitividad de la firma.

La Alternativa 1, implantación de un ERP corporativo para construcción, da múltiples posibilidades de funcionalidad; gestión de proyectos, control de costes, gestión documental y reportes ejecutivos, entre otros. Sin embargo, su coste de implantación, de entre \$50.000.000 a \$100.000.000 COP anuales, representaría un gasto de entre diez y veinte veces el presupuesto anual de gestión de ARCIVILES. Por otra parte, la curva de aprendizaje para un ERP corporativo va de seis meses a un año, además de necesitar personal especializado para la administración del sistema; lo cual es incompatible con la existencia de un grupo de cinco personas que no desarrollan roles de soporte tecnológico. La complejidad funcional rebasa la capacidad de absorción de una PYME con madurez CMMI Nivel 1, lo cual hace muy probable el abandono de esta alternativa con las consecuencias que ello conlleva. Por lo tanto, se concluyó que esta alternativa no se consideró, por coste prohibitivo y desajuste de complejidad.

La Alternativa 2, que consistiría en la contratación de un Gerente de Proyectos de forma permanente en exclusividad, solucionaría el problema de planificación y seguimiento planeado, dado que esta actividad pasaría a estar llevada a cabo por este profesional. El coste estimado de esta alternativa, que correspondería entre 30.000.000 y 40.000.000 COP (salario más

prestaciones), se muestra inferior al ERP, pero supone a su vez un coste seis a ocho veces superior al modelo ARCIPRO. Asimismo, esta alternativa presenta tres debilidades estructurales: genera un coste recurrente permanente en lugar de una inversión única para la organización; concentra el conocimiento del proceso en una única persona externa a la organización, reproduciendo la dependencia en el conocimiento tácito y, finalmente, no soluciona el problema de la gestión de los documentos ni establece una base para la maduración BIM, dado que un Gerente de Proyectos no supone necesariamente asumir protocolos de control documental ni ir por rutas de digitalización progresiva. Esta alternativa fue desestimada por el coste recurrente, que aparecería como elevado y también por ser una alternativa limitada.

Tabla 7.

Análisis comparativo de alternativas de solución

Alternativa	Costo Estimado	Tiempo	Viabilidad	Decisión
Alt. 0: Estado actual	\$0 COP	N/A	Alta (inmediata)	Rechazada: perpetua el problema
Alt. 1: ERP corporativo	\$50-100M COP/ano	6-12 meses	Baja (costo + curva)	Rechazada: costo 10-20x superior
Alt. 2: Gerente Proyectos	\$30-40M COP/ano	3-6 meses	Media (recurrente)	Rechazada: costo 6-8x superior, alcance parcial
Alt. 3: Modelo ARCIPRO	\$5M COP (único)	3 meses	Alta (progresiva)	Seleccionada

Nota. Tabla elaborada con base en la revisión del mercado colombiano de gestión de proyectos para PYMEs de construcción.

1.2.5 Fuente y supuestos de las cifras de costos.

Los rangos de costo de las Alternativas 1 y 2 corresponden a referencias de mercado: el ERP corporativo (\$50.000.000-\$100.000.000 COP/año) refleja licenciamiento e implementación de soluciones disponibles en el mercado colombiano para construcción, mientras que el Gerente

de Proyectos (\$30.000.000-\$40.000.000 COP/año) corresponde al rango salarial de mercado para el cargo, incluyendo prestaciones sociales de ley. La cifra de ARCIPRO (\$5.000.000 COP) se basa en tarifas habituales de consultoría independiente para PYMEs colombianas: 20 horas de capacitación externa, diseño y configuración inicial de plantillas, y dos meses de acompañamiento liviano.

Estos órdenes de magnitud hacen que la decisión sea consistente ante variaciones razonables, incluso en el extremo inferior de cada rango, el ERP cuesta 10 veces y el Gerente de Proyectos 6 veces la inversión de ARCIPRO; y si el costo de ARCIPRO aumentara hasta un 50% (\$7.500.000), seguiría siendo entre 4 y 13 veces más económico que ambas alternativas.

La práctica de seleccionar el modelo ARCIPRO como la única opción viable, con el beneficio de ser la única opción para poder satisfacer tres condiciones que ninguna de las alternativas satisface, existencia de una inversión mínima que es compatible con la capacidad de recursos de una PYME, nivel de complejidad acorde con una madurez organizacional CMMI Nivel 1, alcance integral que cubre una planificación, un seguimiento y control documental y una preparación para la maduración digital.

En inversión, ARCIPRO requiere de una única inversión de \$5.000.000 COP en la que se contratan tres componentes: capacitación del equipo en Scrum, herramientas digitales y Lean Construction (\$2.000.000, 40%); diseño e implementación inicial de plantillas, tableros, protocolos y manual de operación (\$1.500.000, 30%); ajustes y seguimiento durante los dos primeros meses de operación con coaching interno (\$1.500.000, 30%). En este punto, conviene poner en contexto la cifra para concluir que esa inversión es totalmente válida. Los \$5.000.000 COP equivalen aproximadamente a una única oportunidad de un solo proyecto que se ha rechazado

o la mitad del coste de un único incidente derivado de planos desactualizados con todas las externalidades contempladas. Por otro lado, el ERP corporativo costaría entre diez y veinte veces más en el año, y el Gerente de Proyectos sería seis y ocho veces superior cada año.

En lo que a la complejidad se refiere, ARCIPRO, en realidad, fue diseñado exprofeso para ser implementado con las herramientas digitales más comunes que ya posee ARCIVILES: Google Sheets para plantillas y tableros, Trello para tableros visuales de seguimiento, Google Drive para repositorio documental (con protocolo de nomenclatura), Google Docs para manuales y protocolos, y Gmail para comunicación con clientes. Ninguno de los prototipos necesita software, licencias de pago e infraestructura tecnológica por encima de lo que ya posee ARCIVILES. Los seis módulos del modelo (MCP, MGAR, MTCV, MCVD, MMID, MILB) son implementados de forma incremental a lo largo de tres meses, lo cual ofrece la posibilidad de que el equipo vaya aprendiendo cada habilidad antes de la siguiente, bajando el riesgo de saturación cognitiva y resistencia al cambio.

En lo que respecta al alcance, ARCIPRO no se restringe a establecer y dar seguimiento. Para el inicio de proyectos, el módulo MCP va a estandarizar y unificar el inicio de los proyectos, eliminando la inconsistencia documentada. Para descomponer la estructura de trabajo y asignar las responsabilidades mediante el uso de la matriz RACI, el módulo MGAR. Para proporcionar visibilidad del avance en tiempo real, el módulo MTCV, que también atiende la demanda de transparencia que están solicitando los clientes. Para establecer un protocolo de control documental que elimine la proliferación de versiones inconsistentes, el módulo MCVD dará respuesta a esta necesidad. Para definir indicadores de desempeño que permitan medir la mejora, el módulo MMID. Finalmente, para establecer la conexión entre los principios de eliminación de desperdicios

Lean junto a la ruta de maduración BIM progresiva (LOD 100 a 300), el módulo MILB va a permitir preparar ARCIVILES para digitalizarse en el futuro sin exigir capacidades que aún no tiene. Ninguna de las otras alternativas ofrece la misma integralidad: el estatus quo no ofrece nada más allá de lo que se detalla en este trabajo, el ERP se desborda de la capacidad de absorción de ARCIVILES, y el Gerente de Proyectos sencillamente no incorporará control documental ni ruta BIM.

En último lugar, la puesta en marcha de ARCIPRO no supone una alteración de la estructura organizativa de ARCIVILES, tampoco necesita incorporar personal nuevo, tampoco precisa la creación de nuevos cargos formales, tampoco necesita tener en cuenta la cadena de mando, el arquitecto líder pasa a realizar funciones similares a las que tiene el product owner, el director general pasa a actuar como facilitador organizativo y el resto de los miembros del equipo continúan ocupando sus funciones operativas, pero lo hacen ayudados por herramientas mejoradas y/o procesos claros. Este cambio en los roles, que se puede justificar por la literatura que trata de la metodología scrum en escenarios no tecnológicos y con recursos limitados, asegura que la viabilidad del modelo de Scrum no dependa de un modelo de mando que una PME de cinco personas no puede asumir.

Tabla 8.

Presupuesto de implementación del modelo ARCIPRO

Categoría	Descripción	Monto (COP)	%
Capacitación	Scrum, herramientas digitales, Lean. 20h en 4 sesiones	\$2.000.000	40%
Configuración inicial	Plantillas, tableros, protocolos y manual	\$1.500.000	30%
Ajustes y seguimiento	Refinamiento 3 meses + coaching interno	\$1.500.000	30%

Categoría	Descripción	Monto (COP)	%
TOTAL		\$5.000.000	100%

Nota. Cifras en pesos colombianos.

1.2.5 Riesgos de implementación y mecanismos de mitigación

La adopción de cualquier modelo de gestión en una organización con una madurez CMMI Nivel 1 efectúa la asociación de riesgos específicos que deben gestionarse de forma proactiva. El análisis del caso pone de manifiesto cuatro riesgos emisores, que se evaluaron según la probabilidad de ocurrencia, su impacto potencial y su puntuación de riesgo (producto de su probabilidad por impacto).

El riesgo de mayor puntuación (20/25) es la resistencia al cambio cultural. En una firma pequeña en la que la autonomía individual es un aspecto importante, y en la cual los procesos formales pueden interpretarse como burocracia innecesaria, la introducción de tableros de seguimiento, protocolos de nominación y reuniones estructuradas puede motivar el rechazo. La forma de mitigarla se basa en tres mecanismos: formación gradual que empieza con los beneficios prácticos antes que, con la teoría, participación activa del equipo en el diseño de las plantillas para generar sentido de propiedad, y diseño de máxima simplicidad que haga evidente que las herramientas reducen, no aumentan, la carga administrativa.

El siguiente riesgo (16/25) está relacionado con el abandono por falta de la continua disciplina mantenida. Los ciclos Scrum alrededor de las reuniones diarias, la práctica de llevar a cabo las actualizaciones del tablero o el registro de impedimentos exigen esto. En un entorno en el que los arquitectos son por sí mismos los que priorizan las demandas urgentes del cliente frente a la disciplina del proceso, esto se convierte en un riesgo ya que el modelo puede ser adoptado en

un primer momento, pero puede lentamente agredirse hasta volver a hábitos informales. Para mitigar, se puede apuntar en mantener la simpleza máxima en cada herramienta, utilizar aplicaciones que el equipo ya conoce evitando la curva de aprendizaje de plataformas nuevas y realización de revisiones quincenales por parte del director general como mecanismo ligero de rendición de cuentas.

El tercer riesgo (12/25) está vinculado a la inexistencia de históricos adecuados para permitir establecer líneas base válidas. Los KPI requieren de una medición y el correspondiente a ARCIVILES no está sistematizado. Se podría mitigar realizando el registro sistemático de 3 pilotos que se realizarían en los primeros 3 meses de operación que, por un lado, sirvieran para proveer datos sistematizables para poder realizar la calibración y poder ajustar expectativas.

El cuarto riesgo (12/25) es la sobrecarga del equipo durante el modelo de implementación, que no se puede realizar de manera paralela con la operación normalizada. Si una firma de 5 personas lleva de 8 a 10 proyectos, no tiene una capacidad ociosa que le permita dedicar tiempo a la adopción del modelo. La mitigación sería la capacidad realista del sprint (20-25 story points), la priorización rigurosa del backlog y el reconocimiento expreso que la implementación es un proyecto más que compite por recursos con los proyectos de cliente.

Tabla 9.

Evaluación de riesgos de implementación

Riesgo	Prov.	Impacto	Punt.	Mitigación
Resistencia al cambio	Alta (4/5)	Muy Alto (5/5)	20	Capacitación gradual, participación activa, máxima simplicidad
Abandono por falta de disciplina	Alta (4/5)	Alto (4/5)	16	Herramientas conocidas, revisión quincenal DG

Riesgo	Prov.	Impacto	Punt.	Mitigación
Insuficiencia datos históricos	Media (3/5)	Alto (4/5)	12	Registro sistemático en 3 proyectos piloto
Sobrecarga del equipo	Alta (4/5)	Moderado (3/5)	12	Capacidad realista (20-25 SP), priorización rigurosa

Nota. Tabla elaborada con base en el diagnóstico organizacional de ARCIVILES S.A.S y los principios de gestión de riesgo del Project Management Institute. (2021).

El modelo ARCIPRO se articula a través de un proceso ágil estructurado en un Sprint Cero de preparación de la metodología y en cinco sprints iterativos de 2 semanas de duración cada uno para un horizonte total de implementación de tres meses. El Sprint Cero se encarga de la infraestructura operativa: definición de roles ajustados, puesta en marcha de herramientas digitales, definición inicial de plantillas, formación básica del equipo. Los cinco sprints sucesivos desarrollan los módulos funcionales en orden de prioridad: MCP y MGAR en los sprints 1 y 2 (planificación), MTCV y MCVD en los sprints 3 y 4 (ejecución y control), y MMID con MILB en el sprint 5 (mejora y conocimiento). Esta secuencia asegura que el equipo de trabajo domine las capacidades elementales antes de pasar a soportar las capacidades avanzadas, suavizando el riesgo de seducción.

La viabilidad técnica está asegurada porque todos los prototipos utilizan herramientas gratuitas o de bajo coste que ARCIVILES ya posee o puede hacerse con ellas sin requerir ningún tipo de inversión. La viabilidad organizativa se sostiene en la adaptación de los roles: no es necesario contratar personal ni alterar la estructura.

La viabilidad financiera puede ser constatada. Una inversión única de \$5.000.000 COP con un retorno proyectado de entre doce y dieciocho meses correctamente bajo el escenario que hemos proyectado como el esperado. La viabilidad cultural administrada por el principio de mínima

complejidad, ya que un prototipo que no resulta comprensible ni ejecutable por el Dibujante Técnico en menos de treinta minutos y sin valerse de una ayuda e información externas, no va a conseguir la simplicidad reclamada por el contexto.

1.3 Análisis de pila de producto de alto nivel

El diagnóstico organizacional que se presentó puso de manifiesto cuatro deficiencias en la estructura de ARCIVILES: procesos de inicio de proyecto contradictorios, planificación ad hoc sin estimaciones ni responsabilidades explícitas, gestión de la documentación caótica, y ausencia de mecanismos para medir el propio desempeño operativo. Estas deficiencias no se pueden resolver al mismo tiempo, ni con la misma prioridad: una firma compuesta por cinco personas con una madurez CMMI Nivel 1 que gestiona de ocho a diez proyectos arquitectónicos simultáneamente no presenta la suficiente cesión de trabajo para manejar en paralelo varias capacidades. Por lo tanto, se requiere un mecanismo que traduzca los objetivos del proyecto en capacidades secuenciadas, priorizadas y viables dada la restricción de recursos disponibles. La pila de producto de alto nivel representa precisamente eso. No es un fin en sí mismo ni una aplicación ritual de una herramienta ágil: es la arquitectura que organiza y prioriza las capacidades organizacionales que ARCIVILES debe adquirir para mejorar su gestión de proyectos. La priorización tomó en cuenta tres criterios de forma simultánea: valor de negocio, que es la capacidad que tiene el proceso de reducir costos de operación u eliminar riesgos documentales; dependencia funcional, lo que significa que las capacidades básicas deben implementarse antes que las que dependen de ellas.

1.3.1 Épicas del modelo ARCIPRO

Las épicas funcionales orientadas a las capacidades organizacionales priorizadas se estructuraron en cinco épicas. Cada épica se vincula con uno o más resultados operativos y se sustenta en su contribución a la superación de una deficiencia detectada en el diagnóstico.

Tabla 10.

Pila de producto de alto nivel priorizada

Prioridad	Épica	Resultado Organizacional	Materialización ARCIPRO
1	Épica 1: Estandarización y planificación	Inicio consistente de proyectos; tareas estimables con responsables	MCP + MGAR
2	Épica 2: Seguimiento y Trazabilidad Documental	Visibilidad del avance en tiempo real; integridad de documentos	MTCV + MCVD
3	Épica 3: Medición del Desempeño	Evaluación objetiva del impacto de las mejoras	MMID
4	Épica 4: Mejora Continua y Evolución	Eliminación de desperdicios; maduración digital progresiva	MILB
5	Épica 5: Sostenibilidad e Institucionalización	Modelo independiente de sus diseñadores originales	Manual + Capacitación

Nota. Priorización basada en valor de negocio, dependencia funcional y madurez organizacional requerida.

El conjunto de épicas es una estrategia que concilia urgencia de la operación, viabilidad técnica y sostenibilidad de la organización; las épicas 1 y 2 abordan los problemas que dan lugar a coste inmediato: tiempo administrativo perdido, incidentes documentales e insatisfacción del cliente; la épica 3 introduce la capacidad de medir el retorno de la inversión; la épica 4 prepara a ARCIVILES para el futuro crecimiento; y la épica 5 garantiza la prolongación del modelo más allá de la fase de diseño.

Priorizar las cinco épicas, ahora toda la pregunta operativa es: ¿tiene ARCIVILES la capacidad de trabajo necesario para llevarlas a cabo en un horizonte asumible para los recursos disponibles? La respuesta a esta pregunta lleva a la distribución de las épicas en sprints de trabajo secuenciales.

El caso de negocio fija una inversión única de \$5.000.000 COP y un horizonte de implantación de tres meses como condiciones para la viabilidad financiera; para cumplir con dicho horizonte, las cinco épicas se distribuyen a través de un total de seis sprints de trabajo: un sprint inicial de preparación metodológica (Sprint 0) seguido de cinco sprints de desarrollo, de dos semanas de duración cada uno, con un total de doce semanas.

Esta distribución es coherente con las restricciones de e l equipo, tres personas dedicando el 50% de su jornada al modelo, y con la necesidad de que cada ciclo produzca una mejora objetivable de las capacidades del modelo. La asignación de las épicas a los sprints se hace de acuerdo a la lógica de dependencia funcional ya existente. Los sprints 1 y 2 se dedican al desarrollo de la Épica 1 (Estandarización y planificación), con el sprint 1 configurando la plantilla estándar de configuración de proyecto y la estructural de desglose del trabajo y con el sprint 2 definiendo la matriz de responsabilidades y configurando el tablero de seguimiento inicial. Los sprints 3 y 4 se dedican a la Épica 2 (Seguimiento, Trazabilidad y Medición) y a la Épica 3 (Seguimiento, Trazabilidad y Medición), con el sprint 3 centrado en el documento de control y en el reporte al cliente, y el sprint 4 en la configuración de los indicadores de desempeño y de la matriz de eliminación de desperdicios. El sprint 5 aborda la Épica 4 (Mejora Continua) y la Épica 5 (Sostenibilidad), la ruta de maduración progresiva y el manual de operación, respectivamente.

Tabla 11.*Distribución de épicas en ciclos de desarrollo*

Ciclo	Épicas Desarrolladas	Capacidad Operativa Generada
Preparación	Sprint Cero	Equipo conformado, entorno configurado, backlog detallado
Sprint 1	Épica 1: Estandarización y planificación	Plantilla estándar de proyecto, EDT, RACI
Sprint 2	Épica 1: Estandarización y planificación	Matriz de responsabilidades, tablero de seguimiento
Sprint 3	Épica 2: Seguimiento y Trazabilidad	Protocolo documental, reporte al cliente
Sprint 4	Épica 2-3: Trazabilidad y Medición	Indicadores de desempeño, eliminación de desperdicios
Sprint 5	Épica 4-5: Mejora y Sostenibilidad	Ruta de maduración progresiva, manual de operación

Nota. Tabla elaborada con base en la priorización del backlog del modelo ARCIPRO y la capacidad operativa del equipo de ARCVILES S.A.S.

1.4 Análisis de historia de Usuario

Fueron definidas trece historias de usuario que eran representativas de los seis módulos del modelo ARCIPRO y de los dos componentes transversales (manual de operación y capacitación), garantizando así la trazabilidad entre las épicas, el backlog priorizado y la planificación de los sprints. Las historias se particularizan por tipo funcional siguiendo la taxonomía estándar de Scrum adaptada al contexto no tecnológico. Las Historias Funcionales (HF, 11 de 13, 85% del backlog) explicitan capacidades operativas directas que puede ejecutar el usuario con el modelo: configurar un proyecto, visualizar un tablero, generar un reporte, aplicar un protocolo documental. Las Historias No Funcionales (HNF, 1 de 13, 8%) explicitan cualidades que debe exhibir el modelo a través de sus entregables: el manual de operación ha de ser accesible sin asistencia externa. Las Historias Técnicas (HT, 1 de 13, 8%) explicitan tareas de infraestructura metodológica necesarias para que el modelo sea operativo: configurar el entorno colaborativo donde residirán las plantillas, tableros y protocolos.

La priorización por valor de negocio presenta una secuencia de tres niveles explícitos que determinan la progresión de las historias dentro de los sprints. Las historias de mayor valor de negocio (prioridades 1-4, 31%) son historias cerradas para las necesidades críticas de estandarización y planificación de las cuales depende todo el modelo. Las historias de valor de negocio medio (prioridades 5-8, 31%) introducen el seguimiento visual y el control documental de los cuales se ocuparán de conseguir internamente la confianza y satisfechas por el modelo. Las historias de valor de negocio estratégico (prioridades 9-13, 38%) orientan la medición, la mejora continua, la maduración Lean-BIM y la sostenibilidad del modelo. Esta progresiva distribución afecta a la funcionalidad del modelo ARCIPRO al concebir la lógica funcional: primero se estabilizan los fundamentos, después se habilita el seguimiento y posteriormente se miden los resultados para terminar proyectando maduración y sostenibilidad.

Tabla 12.*Priorización de historias de usuario*

ID	Historia de Usuario	Rol	Módulo	Tipo	Prioridad
HU-01	Como Arquitecto Líder, quiero completar una plantilla estandarizada de configuración de proyecto, para que todos los proyectos inicien con la misma información base	Arq. Líder	MCP	HF	1-Alta
HU-02	Como Arquitecto Líder, quiero descomponer el proyecto en actividades con duraciones estimadas, para planificar el trabajo del equipo	Arq. Líder	MGAR	HF	2-Alta
HU-03	Como Arquitecto Líder, quiero asignar responsabilidades mediante matriz RACI, para que cada miembro sepa que se espera de el	Arq. Líder	MGAR	HF	3-Alta
HU-04	Como Dibujante Técnico, quiero ver mis actividades priorizadas en un tablero de control, para organizar mi trabajo diario	Dib. Técnico	MTCV	HF	4-Alta

ID	Historia de Usuario	Rol	Módulo	Tipo	Prioridad
HU-05	Como Arquitecto Líder, quiero registrar el avance de las actividades semanalmente, para detectar desviaciones de plazo	Arq. Líder	MTCV	HF	5-Media
HU-06	Como Cliente, quiero recibir un reporte quincenal de avance del proyecto, para tener tranquilidad sobre mi obra	Cliente	MTCV	HF	6-Media
HU-07	Como Dibujante Técnico, quiero aplicar un protocolo de nomenclatura para nombrar y versionar documentos, para evitar confusión con versiones anteriores	Dib. Técnico	MCVD	HF	7-Media
HU-08	Como Arquitecto Líder, quiero aprobar documentos técnicos antes de su uso en obra, para asegurar que se construye con la versión correcta	Arq. Líder	MCVD	HF	8-Media
HU-09	Como director general, quiero calcular el porcentaje de actividades completadas a tiempo, para evaluar el desempeño del equipo	Dir. General	MMID	HF	9-Estrat.
HU-10	Como Arquitecto Líder, quiero identificar actividades que no agregan valor, para eliminar ineficiencias operativas	Arq. Líder	MILB	HF	10-Estrat.
HU-11	Como director general, quiero contar con una ruta de maduración BIM progresiva (LOD 100-300), para avanzar en digitalización sin inversiones abruptas	Dir. General	MILB	HF	11-Estrat.
HU-12	Como Dibujante Técnico, quiero contar con un manual de operación del modelo, para utilizar ARCIPRO sin depender de quienes lo diseñaron	Dib. Técnico	Transa.	HNF	12-Estrat.
HT-01	Como Arquitecto Líder, quiero configurar el entorno colaborativo (carpetas, permisos, herramientas digitales), para que el equipo tenga acceso a los recursos del modelo	Arq. Líder	Transa.	HT	13-Estrat.

Nota. Priorización basada en valor de negocio, dependencia funcional y madurez organizacional.

1.4.1 User Story Mapping

El uso de User Story Mapping permite estructurar las historias a las principales acciones de los usuarios (ejes horizontales) y sus pasos más detallados (ejes verticales), esto permite también ayudar a identificar la secuencia lógica de valor y la visualización del planning del sprint (Patton, 2014).

En el caso concreto de ARCIPRO, el mapa recoge hasta seis actividades principales hasta el cierre de la gestión de un proyecto arquitectónico, a saber: Configurar Proyecto, Planificar Trabajo, Ejecutar y Seguir, Controlar Documentos, Medir y Mejorar y Sostener el Modelo.

El mapa al final puede llegar a ofrecer hasta tres beneficios concretos para la concepción de ARCIPRO. Uno de los beneficios a tener en cuenta es que deja demostrar los vacíos en la secuencia de valor, ya que si bien una actividad principal no tiene historias vinculadas el equipo puede llegar a centrar un punto ciego antes de llegar a realizar el sprint.

Además, facilita el contacto con las partes interesadas no técnicas, sobre todo, el director general y el cliente, dado que representa el modelo en términos de las actividades familiares ('configurar un proyecto', 'reportar el avance') en vez de utilizar componentes metodológicos abstractos ('MCP', 'MTCV'). Por último, verifica que dentro de la historia se incluya una actividad: si la historia no se puede encajar en ninguna de ellas, requiere revisión ya sea la historia en sí, ya sea su enunciado.

Tabla 13.

User Story Mapping del modelo ARCIPRO

Actividad	Paso / Tarea	Historia	Sprint
Configurar Proyecto	Completar plantilla estándar de proyecto	HU-01	Sprint 1
Planificar Trabajo	Descomponer proyecto en actividades (EDT)	HU-02	Sprint 1
Planificar Trabajo	Asignar responsabilidades (RACI)	HU-03	Sprint 2
Ejecutar y Seguir	Visualizar actividades en tablero de control	HU-04	Sprint 2
Ejecutar y Seguir	Registrar avance semanal de actividades	HU-05	Sprint 3
Ejecutar y Seguir	Generar reporte quincenal al cliente	HU-06	Sprint 3
Controlar Documentos	Aplicar protocolo de nomenclatura y versionamiento	HU-07	Sprint 3
Controlar Documentos	Aprobar documentos antes de uso en obra	HU-08	Sprint 4

Actividad	Paso / Tarea	Historia	Sprint
Medir y Mejorar	Calcular indicadores de desempeño	HU-09	Sprint 4
Medir y Mejorar	Identificar y eliminar desperdicios Lean	HU-10	Sprint 4
Madurar Digital	Seguir ruta de maduración BIM progresiva	HU-11	Sprint 5
Sostener el Modelo	Elaborar manual de operación ARCIPRO	HU-12	Sprint 5
Sostener el Modelo	Configurar entorno colaborativo	HT-01	Sprint Cero

Nota. Tabla elaborada MEDIANTE LA METODOLOGIA DE User Story Mapping (Patton, 2014), aplicada al diseño del modelo ARCIPRO.

1.5 Planeación de Sprint Cero

El denominado Sprint Cero es la fase metodológica dentro de la cual el equipo, en términos de preparación, las condiciones de principio para poder ejecutar los Sprints con los que se desarrollará el modelo ARCIPRO. Si las historias definen que se debe construir lo que debe hacerse, el Sprint Cero define cómo se hace este trabajo definiendo el equipo Scrum, (adopta) los roles a la estructura del equipo de 5 personas de ARCIVILES, configura el entorno colaborativo, calibra las estimaciones de esfuerzo, define los criterios de calidad que definen cuándo una historia está terminada. Esta fase anterior en los Sprints es especialmente relevante en este caso concreto y en el ámbito de la firma pues ninguno de sus miembros ha tenido experiencia previa en Scrum y la transición de una gestión ad-hoc a una gestión iterativa requiere, no sólo la adquisición de conocimiento técnico, sino, además, un espacio de adquisición sociocultural en la que el equipo aprenda que la transparencia, la inspección frecuente y la adaptación continua son valores operativos y no meras formalidades burocráticas.

La longitud de tiempo de dos semanas (10 días hábiles) se encuentra sobradamente justificada por la cantidad de dimensiones que debe promover el Sprint Cero y que requieren un tiempo adecuado de preparación y dedicación: definición de roles, capacitación en Scrum,

configuración de herramientas digitales, estimación de los esfuerzos del backlog con 13 historias priorizadas y Definition of Don. Todo esto, en una PYME donde los tres miembros del equipo de diseño dedican solo el 50% de su jornada a atender el modelo (las 4 horas restantes se preparan para proyectos arquitectónicos reales), lo que implica que la preparación de la metodología toma más tiempo del que (para ello) un Sprint estándar permitiría. De igual modo, la falta de experiencia previa en Scrum en el equipo de ARCIVILES nos lleva a establecer la duración del Sprint Cero, ya que muestra que el equipo necesita un espacio para la calibración de expectativas de velocidad de entrega antes de comprometerse en sprints de desarrollo.

Tabla 14.

Configuración del equipo Scrum

Rol Scrum	Rol en ARCIVILES	Persona	Responsabilidades
Scrum Master	Facilitador Organizacional	Director General	Remover impedimentos, garantizar recursos, facilitar eventos
Producto Owner	Arquitecto líder	Arquitecto líder	Definir requerimientos, priorizar backlog, validar entregables
Developers	Equipo de Diseño Funcional	Arquitecto + Dibujante + Coordinador	Diseñar, documentar, validar componentes del modelo

Nota. Conformación híbrida adaptada a PYME de 5 personas.

La configuración que presenta el equipo es el resultado de una adaptación estructural impuesta por las condiciones específicas del caso de ARCIVILES. El Scrum Master no es un rol dedicado, sino que es una función que asume el CEO, el cual, utilizando su nivel jerárquico, se encarga de quitar algunos impedimentos que impediría darle solución un facilitador externo. El Producto Owner es el Arquitecto Líder, ya que es quien conoce los requerimientos técnicos de los

proyectos y tiene la potestad para priorizar el backlog. Los Producto están conformados por el Arquitecto, el Dibujante Técnico y el Coordinador de Obra, una configuración multidisciplinar que pone de manifiesto la manera de operar de la firma: una PYME de arquitectura donde el diseñador de procesos es también el ejecutor de lo diseña. Esta triangulación de las responsabilidades, no acepta, tal y como sugieren Schwaber y Sutherland (2020) que separan los roles para evitar conflictos de interés, es la única posible sin la contratación de personal, una restricción que el caso de negocio confirmó como verdaderamente no negociable.

Tabla 15.

Configuración de eventos Scrum

Evento	Duración	Frecuencia	Propósito
Sprint Planning	4 horas max	Lunes semana 1	Definir objetivo, seleccionar tareas, estimar esfuerzo
Daily Scrum	15 minutos	Diario, 9:00 a.m.	Sincronización y detección de bloqueos
Sprint Review	2 horas	Viernes semana 2	Validar entregables con stakeholders
Sprint Retrospective	1 hora	Post-Review	Reflexión sobre el proceso y acciones de mejora

Nota. Tabla adaptada con base en los eventos definidos en la Guía Scrum (Schwaber & Sutherland, 2020) y ajustada a la capacidad operativa de ARCIVILES S.A.S.

1.5.1 Definition of Done (DoD)

El Definition of Done define los criterios universales para dar por concluida una historia o finalizarla. En el caso de ARCIPRO, dado que los entregables son documentos de diseño funcional en vez de software ejecutable, el DoD se ajusta a esta naturaleza del modelo operativo.

1. Diseñado: el entregable está completamente diseñado bajo los requerimientos.

2. Revisado por el equipo: al menos dos miembros han revisado y no identifican defectos considerables.
3. Aprobado por el Arquitecto Líder (Producto Owner).
4. Documentado en el repositorio compartido según nomenclatura de protocolo MCVD.
5. Validado con usuario final (cuando corresponde).
6. No requiere despliegue ni pruebas automatizadas: el modelo no es software.

El último criterio resulta ser el más relevante porque evita una distorsión metodológica que haría caer en una sobre intervención de prácticas de la ingeniería del software a un modelo operativo. En ARCIPRO, 'terminado' significa que el entregable puede ser utilizado por el equipo de ARCIVILES sin necesidad de la intervención de desarrolladores, consultores tecnológicos o proveedores externos.

Las tareas del Sprint Cero se planificaron con un esfuerzo estimado de 31 horas distribuidas en 10 días hábiles, lo que representa aproximadamente 3 horas diarias para cada uno de los tres miembros del equipo de diseño, una carga compatible con la atención simultánea de proyectos arquitectónicos reales.

Tabla 16.

Tareas planificadas del Sprint Cero

ID	Descripción	Esfuerzo (h)
SC-01	Conformación del equipo Scrum y asignación de roles	4
SC-02	Capacitación teórica en Scrum	8
SC-03	Configuración de entorno colaborativo (Drive, Trello, Sheets)	6

ID	Descripción	Esfuerzo (h)
SC-04	Estimación de esfuerzo del backlog mediante Planning Poker	4
SC-05	Definición de Definition of Done	3
SC-06	Establecimiento de horarios y cadencia de eventos	2
SC-07	Simulación de Daily Scrum y calibración de dinámica	2
SC-08	Registro de acuerdos y protocolos de comunicación	2
	TOTAL	31

Nota. Esfuerzo estimado para proyección de planificación.

La simulación del Sprint Cero nos hace imaginar que el equipo habrá formado, que se halla la organización del entorno colaborativo (Google Drive, Trello, Sheets) y la estimación del esfuerzo realizado de cada una de las 13 historias priorizadas del backlog. Habrá cambios en la dinámica de las reuniones, muy especialmente en el horario del Daily Scrum, que probablemente haya de ser adaptado para compatibilizarlo con visitas del Coordinador de Obra a las obras. Habrá cambios en la estructura de la carpeta del repositorio documental, que simplificará para ser utilizado en las tareas del Dibujante Técnico. Los cambios anteriores no son un signo de errores en el modelo, sino que son el resultado de adecuaciones continuas que Scrum empecé a promover como mínimo como un principio operativo.

1.6 Gestión y control del Sprint del proyecto

Luego de haber finalizado el Sprint Cero, con el equipo integro, el entorno colaborativo existente, el backlog priorizado y el Definition of Done establecido el modelo ARCIPRO entra en su fase de desarrollo, propiamente dicha, constituyendo ésta cinco sprints iterativos de dos semanas de duración cada uno. A lo largo de esta fase el equipo diseña, valida y documenta los seis módulos docentes que describen el modelo operativo. La gestión y el control de esta fase siguen los eventos

de Scrum (Sprint Planning, Daily Scrum, Sprint Review y Sprint Retrospective), soportándose, en el Sprint Backlog como artefacto principal de planificación y seguimiento, pero con una adaptación obligada por la realidad de ARCIVILES: el equipo de diseño se ha constituido por tres miembros que sólo dedican, al modelo, el 50% de su jornada; el otro 50% debe servir a los proyectos arquitectónicos que generan el ingreso a la firma. Limitarse a esto no resulta ser una limitación menor; limitación que implica que el sistema de gestión y control debe ser suficientemente ligero para no ahogar al equipo y suficientemente riguroso para asegurar que los entregables de cada uno de los sprint se ajustan a los criterios de calidad establecidos en el DoD.

La forma de operar en el proyecto ARCIPRO está estructurada mediante lo que se denominan sprints de dos semanas (diez días hábiles), en el que el Sprint Cero tendrá duración igual a la de los sprints de desarrollo, para así tener una cadencia uniforme. Cada sprint inicia con un Sprint Planning de como máximo cuatro horas en que el equipo selecciona las historias a desarrollar a partir del backlog priorizado, estima el esfuerzo requerido para cada una de ellas y contrasta el mismo con el valor asociado al rango del mismo. A lo largo del sprint el equipo va realizando un Daily Scrum de quince minutos donde sincronizamos las actividades, se reportan los avances y se controlan los impedimentos. Al finalizar el sprint, realizamos un Sprint Review de dos horas donde se validan los entregables con las partes interesadas y a su finalización un Sprint Retrospective de una hora donde se delimitan las mejoras a introducir en el siguiente, tras los extractos de las lecciones aprendidas.

Para que esta configuración funcione en la PYME con madurez organizacional CMMI Nivel 1, el equipo debe operar con una capacidad de sprint de entre veinte y veinticinco story points, que ha sido estimada en la sesión de Planning Poker durante el Sprint Cero. El Scrum

Master (el director general) se encargará de remover impedimentos organizacionales, el Producto Owner (Arquitecto Líder) se encargará de la validación y priorización y los Producto (Arquitecto, Dibujante Técnico, Coordinador de Obra) diseñarán, y documentarán los componentes. Todos los entregables serán almacenados en el entorno colaborativo que ha sido configurado durante el Sprint Cero (Google Drive, Trello, Sheets) con nomenclaturas estandarizadas según el protocolo MCVD.

Para cumplir con el doble objetivo de ligereza y rigor, se han definido cinco indicadores de gestión y control que monitorizarán la productividad del equipo, la calidad de los entregables y la salud del proceso Scrum. El indicador "velocity" (story points completadas por sprint) da a conocer si el equipo será capaz de entregar el backlog condicionado por los cinco sprints que han sido planificados, es decir, si en la futura ejecución de la carga de trabajo real podría superar la carga de trabajo estimada.

Los valores de velocity corresponden a una proyección teórica resultante de la estimación relativa de historias mediante Planning Poker en el sprint 0, no a datos históricos de ejecución: ARCIPRO es un diseño de modelo y su capacidad de entregar se estima, no se mide. La proporción de cumplimiento del Definition of Done por forma de la factibilidad (porcentaje de historias que cumplen todos los criterios de finalización) garantiza que la velocidad no coloque la imperfectibilidad: una historia sólo cuenta como acabada cuando ha sido diseñada, revisada por dos miembros del equipo, aprobada por el Producto Owner y documentada en el repositorio siguiendo la nomenclatura estándares.

El recuento de impedimentos en el Daily Scrum, junto con el tiempo que se tarda en resolver esos impedimentos, mide la capacidad del Scrum Master (la persona que lleva el proyecto)

para eliminar los impedimentos que obstaculizan el trabajo del propio equipo; la participación en los eventos Scrum (tasa de asistencia de las ceremonias planeadas) actúa como un indicador indirecto de la adopción cultural: si el equipo deja de asistir a los eventos, todo lo demás carece de sentido. Podemos afirmar que, cualquiera que sea el diseño de los procesos, el modelo se frustrará por desuso. Estos cinco indicadores se consolidan en un dashboard visual que el Producto Owner revisa al final de cada sprint.

Tabla 17.

Indicadores de gestión y control

Indicador	Formula	Frecuencia	Meta	Responsable
Velocity	SP completados / Sprint	Por sprint	13-26 SP/sprint	Arq. Líder (PO)
Tasa cumplimiento DoD	Historias DoD / Total x 100	Por sprint	>= 90%	Arq. Líder (PO)
Impedimentos	N de impedimentos en Daily	Diario	<= 2 por sprint	Dir. General
Tiempo resolución	Días entre reporte y remoción	Por imped.	<= 1 día	Dir. General
Participación eventos	Asistencias / Planificadas x 100	Por sprint	>= 80%	Dir. General

Nota. Indicadores elaborados con base en las metéóricas estándar de gestión ágil (Schwaber & Sutherland, 2020) y adaptada a la capacidad operativa del modelo ARCIPRO.

1.6.1 Graficas de Burndown

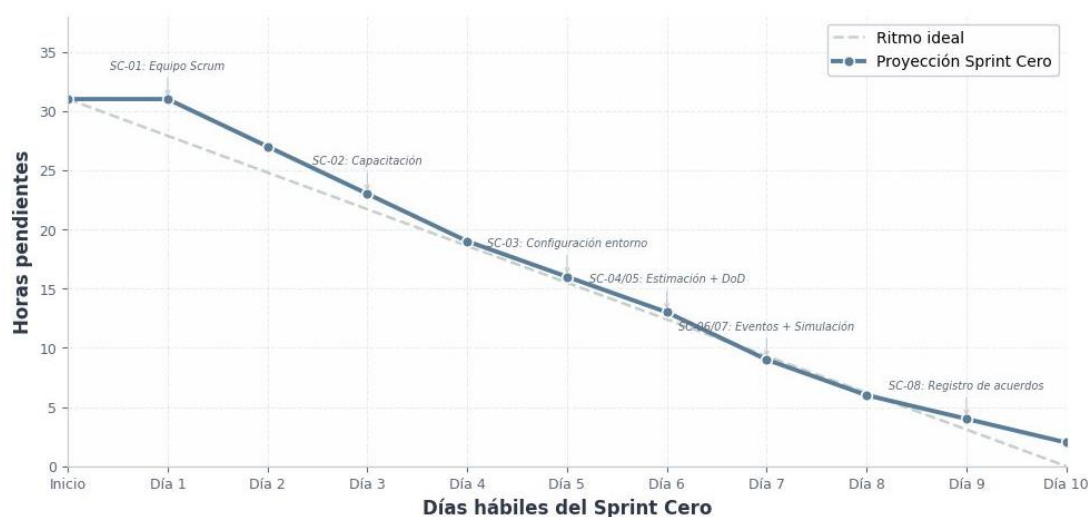
1.6.1.1 Burndown del Sprint Cero

El Sprint Cero: al ser una fase de preparación metodológica y no de desarrollo funcional, no se aprovechan los Story Points como unidad de medida. En su lugar, el burndown del Sprint Cero se expresa en horas de trabajo distribuidas a lo largo de los diez hábiles. El backlog del Sprint Cero contiene ocho tareas (SC-01 a SC-08) que suman 31 horas de esfuerzo, todas distribuidas progresivamente para poder compatibilizarlas con la atención simultanea de proyectos

arquitectónicos reales. Las tareas de más carga cognitiva como el coaching en Scrum (SC-02, 8h) y la configuración o customización del entorno colaborativo (SC-03, 6h) se concentran en los días 2 a 5 y las tareas de cierre como la simulación del Daily Scrum y la recogida de acuerdos (SC-07 y SC-08) se ubican en los días finales. La figura 2 presenta la burndown del Sprint 0, donde la línea continua representa la proyección de consumo de horas y la línea discontinua el ritmo ideal lineal.

Figura 2.

Grafica de Burndown - Sprint Cero, Preparación metodológica (31 horas distribuidas en 10 días hábiles).



Nota. El Sprint Cero no utiliza Story Points sino horas de trabajo, dado que sus tareas son de preparación metodológica. Las tareas SC-01 a SC-08 se distribuyen progresivamente para compatibilizar con la atención de proyectos arquitectónicos reales (50% dedicación).

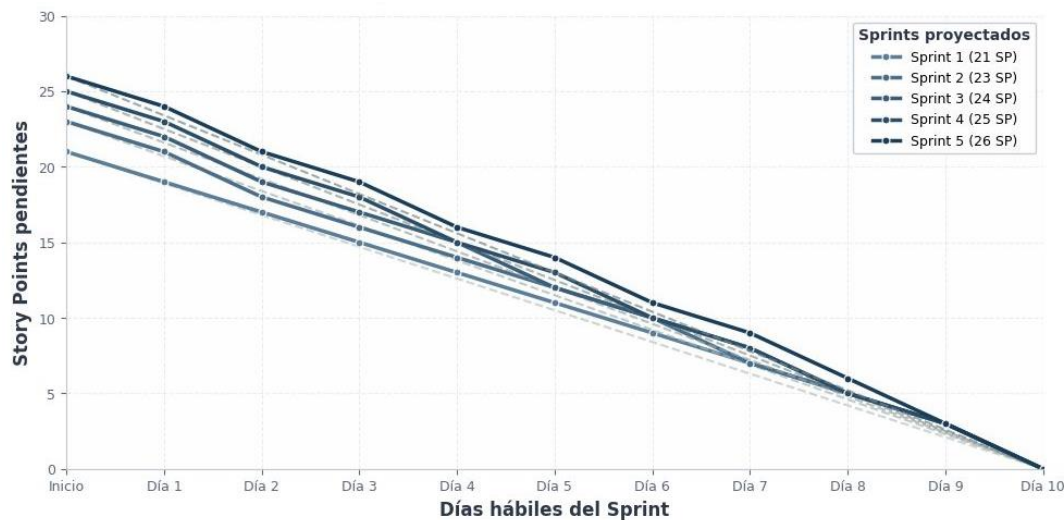
1.1.6.2 Burndown de los sprints de desarrollo

Los cinco sprints de desarrollo utilizan Story Points como medida, en línea con la estimación relativa efectuada durante el Sprint Cero. El equipo proyecta una velocity ascendiente de los cinco sprints, que va de 21 SP en el sprint 1 a 26 SP en el sprint 5, correspondiente a la progresiva acumulación de activos que se van haciendo utilizables (plantillas, formatos, protocolos que ya se han diseñado) y, a la progresiva asunción del equipo de las herramientas digitales. Dicha proyección se presenta como estimación orientativa, que sí que queda validada durante la implementación piloto, sino que queda desprovista como dato histórico: ARCIPRO es un diseño de modelo, no una ejecución documentada.

Finalmente, dado el contexto de ARCIPRO, donde los entregables son documentos de diseño funcional y no código ejecutable, la burndown presenta una interpretación y un papel diferente a la que tiene en el desarrollo de software: no mide las eliminaciones de errores o la estabilización de una funcionalidad, sino que lo que mide es la progresión de actividades creativas, técnicas (redactar una plantilla, configurar un tablero, validar un protocolo) que no se pueden automatizar, pero sí se pueden ir descomponiendo en pasos verificables. La Figura 3 presenta las burndown de los cinco sprints de desarrollo, donde cada línea permanece continua y corresponde al escenario proyectado que ha ido haciendo un sprint y la línea discontinua correspondiendo a su ritmo ideal de progreso lineal.

Figura 3.

Grafica de Burndown – proyección de los 5 Sprint, (Velocity creciente: 21-23-24-25-26 SP).



Nota. Las líneas discontinuas representan el ritmo ideal de progreso lineal. Las líneas continuas representan la el escenario proyectado del equipo. La proyección es estimada, no histórica.

El sistema de gestión y control que se describe no garantiza mucho el éxito del modelo ARCIPRO, pero sí otorga los dispositivos para poder detectar las desviaciones antes de que estas acaben convirtiéndose en crisis. Si la velocity desciende de 13 SP por sprint, el Producto Owner deberá reducir el alcance del siguiente sprint. Si el porcentaje de cumplimiento del DoD es menor del 90%, el equipo deberá parar para revisar sus criterios de calidad antes de continuar. Si el número de impedimentos es mayor de 2 por sprint, el Scrum Master deberá investigar si el problema es operativo, (falta de herramientas) o cultural (resistencia al cambio). Estos umbrales de decisión – definidas con nitidez a partir de la fase de diseño – son el mecanismo por el que el modelo ARCIPRO crea una autoinmunidad ante la degradación a la que suelen condenarse las iniciativas de mejora organizacional en PYMEs: la buena intención inicial que se va diluyendo en la falta de seguimiento. Los resultados de cada sprint (las plantillas de las tareas, los tableros de

los distintos sprints, los protocolos de la gestión del proceso de mejora, las matrices de ejecución de tareas) se conservan documentando el prototipo del diseño de la funcionalidad.

1.7 Prototipo de entregable

El resultado de la investigación no es una aplicación informática, una plataforma tecnológica o un conjunto de plantillas digitales. El entregable principal consiste en el diseño del modelo ARCIPRO (Arquitectura de Control de Proyectos). Se entiende, a través de la interpretación de lo que han sido sus orígenes, como un sistema organizacional orientado a la planificación, seguimiento y control de los proyectos arquitectónicos de ARCIVILES S.A.S.

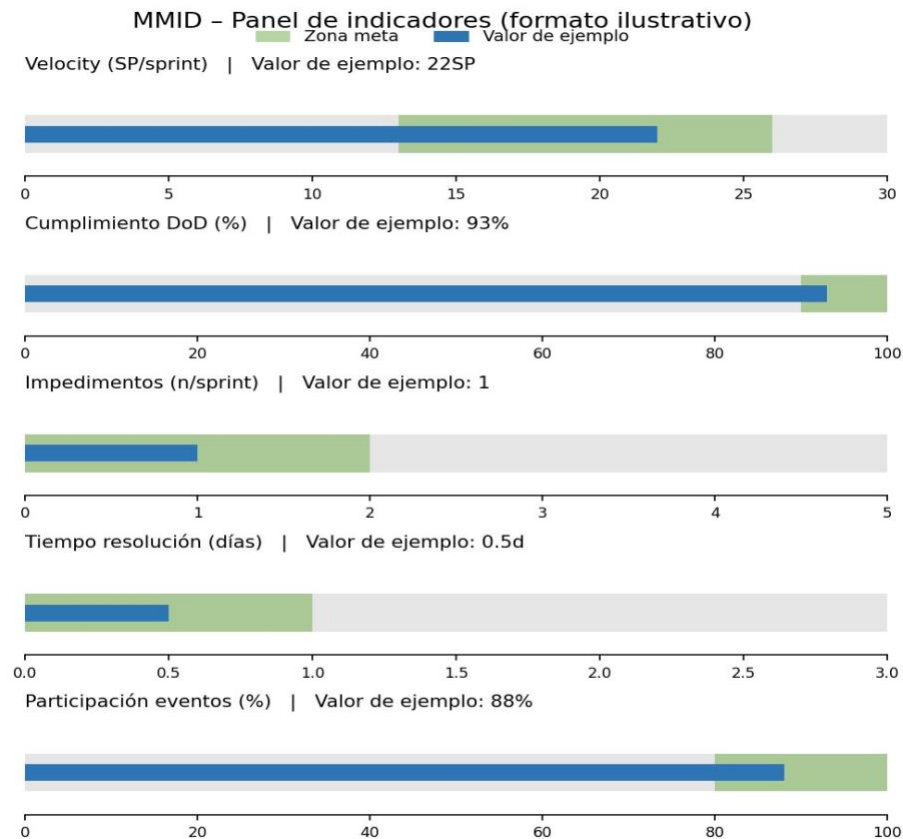
ARCIPRO agrupa los procesos, roles, protocolos, indicadores y herramientas de gestión para estandarizar la operación de los proyectos y permitir: el mejoramiento de la trazabilidad documental, el mejoramiento de la coordinación del equipo, así como poder disponer de información fiable para la toma de decisiones. Se diseña para dar respuesta a las necesidades que emergieron del diagnóstico organizacional y se ha adecuado a las capacidades operativas de una PYME del sector arquitectura-construcción con un nivel inicial de madurez organizacional (CMMI Nivel 1) donde los procesos son ad hoc, reactivos y se apoyan preferentemente en el conocimiento tácito de un conjunto de individuos relevantes (CMMI Institute, 2018).

Por el resultado de la investigación, ARCIVILES obtiene un paquete de puesta en práctica que lo compone una arquitectura funcional de seis módulos especializados (MCP, MGAR, MTCV, MCVD, MMID y MILB), acompañado de un conjunto de activos organizacionales pensados para su implementación inmediata mediante herramientas digitales de bajo coste o gratuitas.

El paquete de entrega del modelo ARCIPRO este compuesto por el Manual de Implementación y Operación ARCIPRO, una Plantilla de Configuración de Proyecto (MCP), una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) estandarizada, la Matriz de Responsabilidades RACI, un Tablero de Control Visual (MTCV), un Protocolo de Control Documental y Versionamiento (MCVD), el Dashboard de Indicadores de Desempeño (MMID), la Matriz de Identificación de Desperdicios Lean, una Ruta de Maduración BIM progresiva y un Formato de Reporte Quincenal al Cliente.

Estos componentes no se deben entender como documentos independientes, sino como parte del mismo sistema de gestión de proyectos. Cada uno de ellos tiene su propio papel dentro del camino de trabajo definido por ARCIPRO y su valor radica en la interacción coordinada entre ellos, permitiendo transformar buenas prácticas informales de gestión en procesos organizacionales formalizados y repetibles.

Es así como el principal aporte de la investigación no utilizar herramientas como Google Sheets, Trello o Google Drive - tal como se han utilizado provechosamente sino el diseño metodológico y organizativos que establece como se deben utilizar tales herramientas, quien es el responsable de cada proceso, que información se debe gestionar, como se debe controlar y que indicadores permiten evaluar el correcto funcionamiento del sistema. Es esta integración la que se concretiza en el producto intelectual y practico que aquí se entrega a ARCIVILES S.A.S. como el resultado de la presente monografía.

Figura 4.*Dashboard MMID – Plan de indicadores*

Nota. Valores de ejemplo para ilustrar el formato del dashboard no correspondiente a datos de ejecución.

1.7.1 Descripción de componentes

Los cinco sprints de desarrollo del modelo tienen como propósito materializar la propuesta metodológica en componentes de diseño funcional tangibles. Cada componente se rige por el principio de mínima viabilidad operativa: debe ser suficiente para resolver una necesidad específica identificada en el diagnóstico, sin requerir capacitación extensa ni inversión adicional. Si un prototipo no puede ser comprendido y utilizado por el Dibujante Técnico en menos de treinta minutos sin asistencia externa, no cumple con el criterio de simplicidad que el contexto de madurez

organizacional equivalente a CMMI Nivel 1 de ARCIVILES exige. A continuación, se describen los componentes agrupados por función operativa.

1.7.1.1 Componentes de fundamento: configuración y planificación. Los dos primeros prototipos responden a la necesidad básica de estandarizar el inicio de los proyectos arquitectónicos. La Plantilla de Configuración de Proyecto (MCP) es una hoja de cálculo en Google Sheets con diez campos validados mediante listas desplegables: nombre del proyecto, ubicación, tipo de obra, metros cuadrados, presupuesto, fechas de inicio y entrega, arquitecto líder, cliente y estado. La validación automática evita errores de transcripción que en el diagnóstico se identificaron como causa de inconsistencias documentales recurrentes atribuibles a la falta de protocolos estandarizados de control de versiones. La Matriz RACI y la EDT Arquitectónica (MGAR) complementan la plantilla: la EDT descompone un proyecto de vivienda unifamiliar en veinticinco a treinta actividades distribuidas en cinco fases (conceptual, básica, de detalle, de construcción y cierre), con duraciones estimadas a partir de datos históricos de ARCIVILES; la matriz RACI asigna a cada actividad un responsable (R) y un Aprobador (A), garantizando que ninguna tarea quede sin dueño ni sin supervisión. La regla de integridad es simple: una actividad debe tener exactamente un 'A' y al menos un 'R'.

1.7.1.2 Componentes de seguimiento y control: visualización y trazabilidad. Una vez configurado el proyecto y planificadas las actividades, el equipo requiere mecanismos para monitorear el avance y controlar la documentación. El Tablero de Control Visual (MTCV) es un tablero Kanban digital configurado en Trello (versión gratuita) o Google Sheets, con cinco

columnas que representan el flujo de trabajo: Por Hacer, En Progreso, En Revisión, Completada y Bloqueada. Cada tarjeta corresponde a una actividad de la EDT, etiquetada con el responsable y la fecha límite. El tablero permite identificar bloqueos en tiempo real: cuando una actividad permanece más de cuarenta y ocho horas en la columna 'Bloqueada', el Scrum Master interviene para remover el impedimento.

El Protocolo de Nomenclatura y Registro de Versiones (MCVD) resuelve el problema de la trazabilidad documental mediante una regla estructurada: [PROYECTO]_[FASE]_[DOCUMENTO]_[VERSION]_[AUTOR]_[FECHA]. El registro de versiones se mantiene en hoja de cálculo con columnas para documento, versión, fecha, autor, cambios, aprobado por y estado. Los Indicadores de Desempeño (MMID) consolidan cinco métricas en un tablero resumen: tasa de cumplimiento de plazos, completitud de metadatos, frecuencia de reuniones, tiempo promedio de aprobación y el Índice de Madurez ARCIPRO (IMA), un promedio ponderado normalizado de 0 a 100 que sintetiza el estado del modelo en una sola cifra comprensible para el director general.

El IMA se calcula a partir de indicadores de cumplimiento documental, seguimiento de actividades, control de versiones y adopción del modelo por parte del equipo, normalizados en una escala de 0 a 100. Aunque los pesos específicos y la fórmula detallada requieren calibración durante la implementación piloto con datos reales de ARCIVILES, el indicador proporciona un mecanismo agregado para comunicar el estado del sistema a la dirección sin necesidad de reportes técnicos extensos.

1.7.1.3 Componentes de maduración y documentación operativa. Los componentes de maduración responden a una premisa del caso de negocio: ARCIPRO no solo debe resolver problemas actuales, sino preparar a ARCIVILES para una gestión profesionalizada sostenida en el tiempo. La Matriz de Desperdicios Lean identifica ocho tipos de muda (transporte, inventario, movimiento, espera, sobreproducción, sobre procesamiento, defectos y talento subutilizado) aplicados al contexto documental de la firma, con estimaciones de impacto y acciones priorizadas de eliminación. La Ruta de Maduración BIM establece tres niveles progresivos de digitalización: LOD 100 (Información Conceptual, meses 1-3), LOD 200 (Modelo Aproximado, meses 4-6) y LOD 300 (Modelo Preciso, meses 7-12), con herramientas, competencias y entregables definidos para cada fase, incluyendo una nota explícita de que la consolidación previa de los procesos básicos (MCP, MTCV, MCVD) es condición necesaria antes de iniciar cualquier nivel LOD.

Adicionalmente, el modelo incluye dos documentos operativos de soporte que garantizan la sostenibilidad del sistema una vez concluida la fase de diseño: el Formato de Reporte Quincenal al Cliente, un documento que genera transparencia mediante resumen ejecutivo, barras de progreso por fase, próximos hitos y documentos pendientes de aprobación; y el Manual de Operación ARCIPRO, que incluye instrucciones paso a paso, ejemplos visuales, resolución de problemas frecuentes y enlaces a recursos digitales.

Tabla 18.

Resumen consolidado de prototipos del modelo ARCIPRO

Prototipo	Módulo	Formato	Validación	Herramienta
Plantilla MCP	MCP	Google Sheets	Prueba de llenado	Google Sheets (gratuito)
Matriz RACI + EDT	MGAR	Google Sheets	Revisión Arquitecto	Google Sheets (gratuito)

Prototipo	Módulo	Formato	Validación	Herramienta
Tablero MTCV	MTCV	Trello / Sheets	Simulación 24h	Trello gratuito o Sheets
Protocolo MCVD	MCVD	PDF + Hoja calculo	Aplicación a proyecto	Google Docs + Sheets
Indicadores MMID	MMID	Google Sheets	Calculo proyecto real	Google Sheets (gratuito)
Matriz Lean	MILB	Hoja calculo	Observación directa	Google Sheets + Slides
Ruta BIM	MILB	Infografía	Revisión consultora BIM	Google Slides / Canva
Reporte Cliente	MTCV	PDF (2 pag.)	Prueba cliente piloto	Google Docs + Gmail
Manual Operación	Transversal	PDF (20 pag.)	Prueba de uso	Google Docs

Nota. Todos los prototipos utilizan herramientas gratuitas o de bajo costo. Ninguno requiere desarrollo de software.

Los nueve componentes descritos constituyen la materialización tangible del modelo ARCIPRO, conformados por seis módulos funcionales (MCP, MGAR, MTCV, MCVD, MMID, MILB) y tres activos organizacionales transversales (Formato de Reporte Quincenal, Manual de Operación, y el entorno colaborativo configurado). Cada uno responde a una historia de usuario, se desarrolló dentro de un sprint específico, y cumple con los criterios del Definition of Done. Sin embargo, el diseño de un modelo operativo no garantiza por sí solo su adopción: la literatura sobre gestión del cambio organizacional indica que entre el 60% y el 70% de las iniciativas de mejora en PYMEs fracasan no por deficiencias técnicas, sino por resistencia cultural, falta de liderazgo sostenido y ausencia de mecanismos de seguimiento a largo plazo. Los umbrales de decisión definidos (velocity mínima, tasa de DoD, impedimentos máximos) son el mecanismo de autoprotección de ARCIPRO contra esta degradación, pero su efectividad depende de que el equipo de ARCIVILES mantenga la disciplina de los eventos Scrum una vez concluida la fase de diseño. La discusión que sigue examina las implicaciones de estos resultados, las limitaciones del estudio y las condiciones bajo las cuales el modelo puede escalar o adaptarse a otras firmas de arquitectura colombianas con características similares.

1.8 Validación del modelo ARCIPRO

En busca de confirmar la coherencia interna, la aplicabilidad operativa y el ajuste al contexto de ARCIVILES S.A.S y dado que el modelo constituye una propuesta de diseño funcional y no una implementación ejecutada, se realizó la validación del modelo ARCIPRO mediante juicio de expertos para evaluar la calidad del diseño y aplicación teórica sobre un proyecto tipo, para verificar la secuencia operativa. La aplicación del método de juicio de expertos se estableció mediante evaluación con escala Likert de 5 puntos. La selección de expertos se realizó por muestreo intencional con criterio de competencia, garantizando que cada evaluador poseyera al menos dos de las siguientes características:

1. Formación de posgrado en gestión de proyectos, ingeniería o arquitectura
2. Experiencia mínima de cinco años en dirección de proyectos de construcción o diseño arquitectónico
3. Conocimiento práctico de metodologías ágiles, Lean Construction o BIM en el sector construcción.

Se eligieron tres expertos independientes que cumplieron los criterios: un arquitecto con diez años de experiencia en dirección de proyectos residenciales y certificación PMP; un ingeniero industrial con ocho años de experiencia en implementación de Lean Construction en PYMEs Colombianas de construcción; y un consultor BIM con seis años de experiencia en rutas de maduración digital para firmas de arquitectura de menor escala. Ninguno de los expertos tuvo participación en el diagnóstico ni en el diseño del modelo, garantizando independencia evaluativa.

El instrumento de evaluación consistió en una matriz con cuatro criterios de validación, cada criterio se evaluó en escala Likert de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de

acuerdo). La confiabilidad Inter jueces se calculó mediante el coeficiente W de Kendall, obteniendo un valor de 0.85, que indica concordancia muy alta entre los evaluadores ($p < 0.05$). El puntaje global promedio fue 4.42/5.0, sin que ningún criterio descendiera por debajo de 4.0.

Tabla 19.

Juicio de expertos

Criterio	Puntaje	Desv. est.	Observación clave
Claridad	4.67	0.58	Operable sin supervisión en 20 minutos
Pertinencia	4.33	0.58	Sin componentes ornamentales; mapeo preciso diagnóstico–solución
Viabilidad	4.67	0.58	\$5M COP razonable; herramientas gratuitas; capacidad sprint realista
Coherencia	4.00	0.00	Secuencia de módulos respeta dependencias funcionales

Nota. Umbral de aceptación ≥ 4.0 . Todos los criterios lo superan.

Con el fin de verificar la secuencia operativa del modelo, se realizó una simulación aplicada sobre un proyecto de vivienda unifamiliar de 120 m², tipológico del portafolio de ARCIVILES. La simulación verificó que la Plantilla MCP configura el proyecto en menos de diez minutos, la EDT descompone la obra en 28 actividades con duraciones coherentes con datos históricos de la firma, la matriz RACI asigna responsabilidades sin ambigüedad, el tablero MTCV detecta bloqueos en tiempo real, el protocolo MCVD elimina versiones contradictorias, los indicadores MMID son calculables con los datos generados durante la simulación, la ruta BIM exige consolidación previa de MCP, MTCV y MCVD antes de iniciar LOD 100, evitando adopción tecnológica sin base procesal.

La simulación no constituye una implementación real, pero demuestra que los componentes del modelo son operativamente compatibles entre sí y ajustados a la escala de proyecto que ARCIVILES habitualmente ejecuta.

2. Resultados y Discusión

La presente investigación respondió a la pregunta orientadora: como diseñar un modelo de planificación y seguimiento del trabajo que permita mejorar la gestión de los proyectos arquitectónicos en ARCIVILES S.A.S., mediante la aplicación del marco Scrum integrado con principios de Lean Construction y una ruta de maduración BIM. El modelo operativo ARCIPRO (Arquitectura de Control de Proyectos) constituye la respuesta: un sistema organizacional de seis módulos funcionales (MCP, MGAR, MTCV, MCVD, MMID, MILB) y tres activos transversales, materializado en nueve prototipos de diseño funcional que utilizan exclusivamente herramientas digitales gratuitas (Google Sheets, Trello, Google Drive, Google Docs), con una inversión única de \$5.000.000 COP y retorno proyectado entre 12 y 18 meses. Este resultado concuerda con la justificación tripartita planteada en la introducción: aporta una solución práctica a una problemática organizacional real de una PYME colombiana (relevancia local); evidencia la aplicabilidad de Scrum en contextos no tecnológicos de baja madurez (relevancia metodológica); y propone una integración sistemática de Scrum, Lean Construction y BIM como dimensiones complementarias de un modelo operativo único (relevancia teórica).

2.1 Resultados fundamentados en el diagnóstico cualitativo

Los resultados se basan en un diagnóstico organizacional cualitativo con triangulación de entrevistas semiestructuradas al director general y al arquitecto líder, revisión documental de ocho proyectos terminados en los últimos dos años, y observación directa de las prácticas operativas durante dos semanas de trabajo. Los datos recolectados revelan que ARCIVILES, una firma de

cinco personas que gestiona entre ocho y diez proyectos arquitectónicos al mismo tiempo, opera con madurez organizacional equivalente a CMMI Nivel 1 a causa de que los procesos son ad hoc, reactivos y dependen del conocimiento tácito de individuos clave. El diagnóstico cuantificó cinco deficiencias estructurales con impacto medible, inicio de proyectos inconsistente, donde la información básica queda dispersa en conversaciones verbales no documentadas; planificación ad hoc sin estimaciones de esfuerzo ni responsabilidades formales; seguimiento reactivo, donde los problemas se detectan después de causar impacto; gestión documental desordenada, que en el último año generó ocho versiones contradictorias del mismo plano en un proyecto y tres incidentes por uso de documentación desactualizada; y una mala comunicación con el cliente, quien carece de visibilidad sobre el avance. Adicionalmente, los arquitectos dedican aproximadamente el 30% de su jornada a actividades administrativas de planificación y seguimiento que, si bien necesarias, restan tiempo al diseño creativo y la supervisión técnica. Estos datos constituyen la base empírica sobre la cual se diseñó cada módulo del modelo.

2.2 Escenarios proyectados por objetivo específico

El primer objetivo se desarrolló mediante el mapeo sistemático de las cinco deficiencias a ocho tipos de desperdicio Lean (transporte, inventario, movimiento, espera, sobreproducción, sobre procesamiento, defectos y talento subutilizado), documentados en la Matriz de Desperdicios Lean del módulo MILB. El módulo MCP propone una plantilla estandarizada de diez campos validados (Prototipo MCP) diseñada para eliminar la variabilidad en el inicio de proyectos: nombre, ubicación, tipo de obra, metros cuadrados, presupuesto, fechas de inicio y entrega,

arquitecto líder, cliente y estado, todos con validación automática mediante listas desplegables en Google Sheets.

El segundo objetivo se desarrolló mediante el diseño de tres entregables operativos. El módulo MGAR descompone un proyecto de vivienda unifamiliar en 25 a 30 actividades distribuidas en cinco fases (conceptual, básica, detalle, construcción y cierre), con duraciones estimadas a partir de datos históricos de ARCIVILES, y asigna responsabilidades mediante matriz RACI donde cada actividad tiene exactamente un aprobador (A) y al menos un responsable (R). El módulo MTCV configura un tablero Kanban digital en Trello o Google Sheets con cinco columnas (Por Hacer, En Progreso, En Revisión, Completada, Bloqueada), donde cada tarjeta etiquetada con responsable y fecha límite permite identificar bloqueos en tiempo real. El Formato de Reporte Quincenal al Cliente, de máximo dos páginas, responde a la demanda de transparencia detectada en el factor social del análisis PEST

El tercer objetivo se desarrolló mediante el diseño de un protocolo de nomenclatura estructurada [PROYECTO]_[FASE]_[DOCUMENTO]_[VERSION]_[AUTOR]_[FECHA] que oriente a eliminar la proliferación de versiones contradictorias identificada en el diagnóstico.

El registro de versiones se mantendría en hoja de cálculo con columnas para documento, versión, fecha, autor, cambios, aprobado por y estado. La ruta de maduración BIM progresiva establece tres niveles (LOD 100 a 300) con herramientas, competencias y entregables definidos para cada fase, incorporando la condición metodológica de que la consolidación previa de MCP, MTCV y MCVD es requisito indispensable antes de iniciar cualquier nivel LOD. Esta condición evitara el patrón de adopción tecnológica fallida que la literatura documenta en PYMEs de

construcción, donde la implementación de BIM sin base procesal previa genera mayor desorden que el que pretende resolver.

El cuarto objetivo se desarrolló mediante la consolidación de cinco métricas operativas en un dashboard visual: velocity (story points completados por sprint, con meta de 13-26 SP), tasa de cumplimiento del Definition of Done (meta mayor o igual a 90%), numero de impedimentos reportados en el Daily Scrum (meta máximo 2 por sprint), tiempo de resolución de impedimentos (meta menor o igual a 1 día) y participación en eventos Scrum (meta mayor o igual a 80%). Estos indicadores permitirán al Product Owner (Arquitecto Líder) detectar desviaciones antes de que se conviertan en crisis: si la velocity cae por debajo de 13 SP, se reduce el alcance del siguiente sprint; si la tasa de DoD baja del 90%, el equipo revisa sus criterios de calidad; si los impedimentos superan dos por sprint, el Scrum Master investiga si el problema es operativo o cultural.

2.3 Productos y escenarios proyectados del modelo ARCIPRO

El producto final es un paquete integral conformado por seis módulos funcionales y tres activos transversales (entorno colaborativo configurado, Formato de Reporte Quincenal y Manual de Operación), materializados en nueve prototipos de diseño funcional. El modelo fue diseñado mediante trece historias de usuario priorizadas por valor de negocio y dependencia funcional (85% historias funcionales, 8% no funcionales, 8% técnicas), proyectadas a lo largo de un Sprint Cero de preparación metodológica de 31 horas en 10 días y cinco sprints iterativos de dos semanas con velocity creciente proyectada de 21 a 26 story points, para un total de doce semanas. Todos los prototipos cumplen el principio de mínima complejidad: ninguno requiere más de treinta minutos de capacitación inicial y todos utilizan herramientas que ARCIVILES ya emplea.

2.4 Contribuciones del trabajo

A nivel local, ARCIVILES S.A.S. recibe un modelo operativo completo listo para implementar: nueve prototipos de diseño funcional, tres apéndices con especificaciones de plantillas, manual de operación de nueve capítulos y evidencias del diagnóstico con matriz de triangulación. La inversión de \$5.000.000 COP representa aproximadamente el costo de oportunidad de un solo proyecto rechazado, o la mitad del costo estimado de un incidente por planos desactualizados con externalidades incluidas. A nivel regional y nacional, la investigación aporta evidencia empírica de que Scrum es aplicable en contextos no tecnológicos de baja madurez organizacional: la adaptación de roles (Arquitecto Líder como Product Owner, Director General como facilitador), la calibración de la capacidad de sprint a 20-25 SP para un equipo de tres personas dedicando el 50% de su jornada, y la simplificación de ceremonias para compatibilizar con la operación diaria de una PYME de cinco personas, constituyen criterios de diseño transferibles a firmas similares. A nivel internacional, la integración tridimensional Scrum + Lean + BIM como sistema operativo único, secuenciada por dependencia funcional y madurez requerida, llena el vacío de la literatura que ha concentrado estudios de Scrum en construcción en proyectos de gran escala, dejando sin atención a las PYMEs latinoamericanas con características organizacionales paralelas a ARCIVILES.

Tabla 20.*Síntesis de contribuciones de la investigación ARCIPRO*

Dimensión	Contribución	Alcance
Práctica	Modelo operativo completo listo para implementar; inversión \$5M ARCIVILES S.A.S. (local) COP	
Metodológica	Adaptación sistemática de Scrum a PYME de arquitectura no tecnológica	PYMEs construcción Colombia (regional/nacional)
Teórica	Integración tridimensional Scrum + Lean + BIM como sistema operativo único	Contextos latinoamericanos de baja madurez (internacional)
Conocimiento	Evidencia cualitativa sobre barreras de adopción en PYMEs de construcción	Literatura gestión de proyectos en PYMEs

Nota. Tabla elaborada como síntesis de los aportes del modelo ARCIPRO en sus dimensiones práctica, metodológica, teórica y de conocimiento.

3. Conclusiones

El diagnóstico organizacional confirmó que ARCIVILES opera con una madurez equivalente al Nivel 1 (inicial) del CMMI-DEV, e identificó cinco deficiencias estructurales, inicio inconsistente de proyectos, planificación ad hoc, seguimiento reactivo, gestión documental desordenada y mala comunicación con el cliente, que en conjunto explican el 30% de la jornada dedicada a actividades administrativas y los \$45.000.000 COP en ingresos no realizados.

En cuanto al cumplimiento de objetivos, los cuatro objetivos específicos se cumplieron mediante el diseño de los seis módulos del modelo (MCP, MGAR, MTCV, MCVD, MMID y MILB). El objetivo general, diseñar el modelo operativo ARCIPRO, se cumplió con la arquitectura completa de cuatro niveles materializada en nueve prototipos, validada mediante juicio de expertos con un puntaje de 4.42/5.0.

Los aportes de esta investigación se desarrollan en tres niveles: local, al entregar a ARCIVILES un modelo operativo completo y listo para adoptar; metodológico, al evidenciar que Scrum es aplicable en PYMEs de baja madurez fuera del desarrollo de software; y teórico, al integrar Scrum, Lean Construction y BIM como dimensiones complementarias de un único modelo operativo.

El modelo fue diseñado, pero no ejecutado: las burndown charts son proyecciones teóricas obtenidas mediante estimación relativa con Planning Poker, los indicadores son estimaciones orientativas sujetas a calibración durante la implementación piloto, y la caracterización de madurez CMMI Nivel 1 es una evaluación indirecta basada en evidencia cualitativa, no un perito certificado. El diagnóstico se realizó con una sola empresa de cinco personas, lo que limita la generalización

estadística, aunque no la transferibilidad del diseño. El horizonte de tres meses (Sprint Cero más cinco sprints) no permite evaluar la sostenibilidad a mediano plazo; la literatura sobre gestión del cambio indica que entre el 60% y el 70% de las iniciativas de mejora en PYMEs fracasan por resistencia cultural y falta de disciplina sostenida, factores que solo pueden evaluarse mediante un seguimiento longitudinal de seis a doce meses. Como trabajo futuro se proyectan: implementación piloto de 6-12 meses con seguimiento de los cinco indicadores MMID; replicación en al menos dos firmas adicionales mediante estudio de caso múltiple; extensión de la ruta BIM hacia LOD 350-500; y exploración de inteligencia artificial generativa para automatización documental, siempre dentro del principio de mínima complejidad que rige el modelo ARCIPRO.

En conclusión, ARCIPRO no resuelve todos los problemas de ARCIVILES, pero establece una base metodológica sólida sobre la cual la firma puede construir su maduración organizacional progresiva, pasando de procesos ad hoc y reactivos a procesos estandarizados, medibles y mejorables. La transferibilidad de esta experiencia a otras PYMEs del sector construcción constituye el desafío y la oportunidad que esta investigación abre para la gestión de proyectos en contextos de baja madurez organizacional.

Referencias

- Anderson, D. J. (2010). Kanban: Successful evolutionary change for your technology business. Blue Hole Press.
- Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., & Thomas, D. (2001). Manifesto for agile software development. <https://agilemanifesto.org/>
- Freeman, R. E. (1984). Strategic management: A stakeholder approach. Pitman.
- Kerzner, H. (2017). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (12th ed.). Wiley.
- Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.). Project Management Institute.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). The Scrum Guide. <https://scrumguides.org/>
- CMMI Institute. (2018). CMMI Development, Version 2.0. ISACA.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers (3rd ed.). Wiley.
- McKinsey Global Institute. (2017). Reinventing construction: A route to higher productivity. McKinsey & Company.
- Mendelow, A. (1981). Environmental scanning: The impact of the stakeholder concept. Proceedings of the Second International Conference on Information Systems, Cambridge, MA, 407–418.

Patton, J. (2014). User Story Mapping: Discover the Whole Story, Build the Right Product. O'Reilly Media.

Porter, M. E. (1980). Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors. Free Press.

World Economic Forum. (2018). Shaping the Future of Construction: Future Scenarios and Implications for the Industry. World Economic Forum.

Cámara de Comercio de Bucaramanga. (2023). Informe económico del sector de la construcción en Santander. Cámara de Comercio de Bucaramanga.

Apéndices

Apéndice A. Matriz de diagnóstico organizacional – ARCIVILES S.A.S.

El presente apéndice consolida la evidencia cualitativa del diagnóstico organizacional realizado en ARCIVILES S.A.S. durante las dos semanas de observación directa y las entrevistas semiestructuradas al director general y al arquitecto líder. La información se organiza en tres dimensiones: (1) hallazgos del diagnóstico, con identificación de las cinco deficiencias estructurales documentadas y su mapeo a los ocho tipos de desperdicio Lean; (2) matriz de triangulación de fuentes, que cruza los hallazgos de las entrevistas, la revisión documental de ocho proyectos terminados y la observación directa; y (3) evidencia numérica de soporte, que detalla la procedencia de los datos cuantitativos presentados en el caso de negocio (30 % de jornada administrativa, ocho versiones del mismo plano, 40 % de documentos sin metadatos, tres incidentes por planos desactualizados). Esta información constituyó la base empírica sobre la cual se priorizaron las épicas del backlog y se diseñó la arquitectura del modelo ARCIPRO.

Tabla 21.

Matriz de triangulación de fuentes cualitativas

Deficiencia estructural	Entrevistas semiestructuradas (E)	Revisión documental de 8 proyectos (R)	Observación directa 2 semanas (O)	Evidencia numérica asociada
D1. Inicio inconsistente de proyectos	Director General: 'Cada proyecto empieza diferente; a veces con una llamada, a veces con un WhatsApp, a veces con un correo. Nunca hay un formato único de arranque'. Arquitecto Líder: 'Me doy cuenta de que	En 6 de 8 proyectos revisados (75%), la información de arranque (alcance, plazo, presupuesto, responsables) no se encontraba consolidada en un único documento. En 4 proyectos (50%), los datos básicos estaban	Durante las 2 semanas de observación, se registraron 3 inicios de proyectos nuevos. Ninguno utilizó un formato estandarizado; 2 de ellos (67%) requirieron reproceso por información incompleta capturada en la	75% de proyectos sin documento de arranque único; 67% de inicios observados requirieron reproceso.

Deficiencia estructural	Entrevistas semiestructuradas (E)	Revisión documental de 8 proyectos (R)	Observación directa 2 semanas (O)	Evidencia numérica asociada
	olvidé preguntarle al cliente cosas básicas cuando ya estamos en pleno diseño'.	dispersos en correos, mensajes de texto y notas manuscritas.	primera reunión con el cliente.	
D2. Planificación ad hoc sin estimaciones ni responsabilidades formales	Arquitecto Líder: 'Yo le digo al dibujante qué hacer cada mañana, pero no hay una lista formal de actividades. A veces se me olvida lo que le pedí ayer'. Director General: 'No sabemos cuánto tiempo nos toma cada tipo de plano; nunca lo hemos medido'.	En 7 de 8 proyectos (87.5%), no se encontró EDT ni lista de actividades con duraciones estimadas. En 5 proyectos (62.5%), la asignación de tareas era verbal o por mensaje instantáneo, sin registro formal.	Se observó que el Arquitecto Líder asignaba tareas diariamente de forma verbal (100% de las mañanas observadas, n=10). El Dibujante Técnico no contaba con un backlog visible ni priorizado. No se registró uso de estimaciones de esfuerzo en ninguna de las 10 jornadas observadas.	87.5% de proyectos sin EDT; 100% de asignaciones diarias observadas fueron verbales; 0% uso de estimaciones de esfuerzo.
D3. Seguimiento reactivo donde los problemas se detectan tras el impacto	Director General: 'Nos enteramos de que una obra se retrasó cuando el cliente nos llama molesto, no antes'. Arquitecto Líder: 'El coordinador de obra reporta cuando puede, no hay una frecuencia fija. A veces pasa un mes sin saber del avance físico'.	En 5 de 8 proyectos (62.5%), los reportes de avance físico eran esporádicos (frecuencia mayor a 15 días). En 3 proyectos (37.5%), se identificaron desviaciones de plazo detectadas por el cliente antes que por el equipo interno.	Durante las 2 semanas de observación, el Coordinador de Obra visitó 2 obras (de 8 activas). En ambas visitas, el reporte fue verbal y no se registró en formato escrito. Se observó 1 caso donde el cliente contactó a ARCIVILES para reclamar por retraso no detectado internamente.	62.5% de proyectos con reportes esporádicos; 37.5% con desviaciones detectadas por cliente; 1 incidente observado en 2 semanas.
D4. Gestión documental caótica con proliferación de versiones contradictorias	Arquitecto Líder: 'Encontré 8 versiones del mismo plano en un proyecto que ya entregamos. No sabemos cuál es la final'. Director General: 'El 40% de nuestros documentos no tienen fecha ni autor. Es un desastre cuando hay que entregar a la curaduría'.	Revisión de 8 proyectos terminados: se encontraron 8 versiones contradictorias del mismo plano arquitectónico en 1 proyecto (12.5%). El 40% de los documentos técnicos carecía de metadatos básicos (fecha de emisión, autor, versión). En 3 proyectos (37.5%), se identificó uso de planos desactualizados en construcción.	Durante la observación, se identificaron 12 documentos nuevos generados en 2 semanas. De ellos, 5 (41.7%) no incluían versión ni fecha en el nombre del archivo. El protocolo de nomenclatura era inexistente; cada miembro del equipo utilizaba criterios propios.	40% de documentos sin metadatos; 8 versiones contradictorias en 1 proyecto; 37.5% de proyectos con uso de planos desactualizados; 41.7% de documentos nuevos sin versión ni fecha.

Deficiencia estructural	Entrevistas semiestructuradas (E)	Revisión documental de 8 proyectos (R)	Observación directa 2 semanas (O)	Evidencia numérica asociada
D5. Comunicación deficiente con el cliente sin visibilidad del avance	Director General: 'Los clientes nos llaman constantemente preguntando cómo va su proyecto. No tenemos un formato de reporte periódico'. Arquitecto Líder: 'Un cliente me dijo que se sentía en la oscuridad, que no sabía si estábamos trabajando o no'.	En 6 de 8 proyectos (75%), no se encontró evidencia de reportes periódicos al cliente. En 4 proyectos (50%), los clientes habían enviado correos de seguimiento no respondidos o respondidos con retraso mayor a 5 días.	Durante las 2 semanas de observación, se registraron 7 contactos iniciados por clientes (llamadas o mensajes) solicitando información de avance. Ninguno de estos contactos fue respondido mediante un reporte estructurado; las respuestas fueron verbales o por mensaje informal.	75% de proyectos sin reportes periódicos; 50% con correos de seguimiento no respondidos o con retraso; 7 contactos iniciados por clientes en 2 semanas, todos respondidos de forma informal.

Nota. Matriz elaborada con base en datos recolectados mediante entrevistas desestructuradas, y revisión documental y observación directa de dos semanas en ARCIVILES.

Tabla 22.

Evidencia numérica de soporte del diagnóstico

Hallazgo	Fuente	Instrumento	Fecha	Responsable	Soporte
30% de la jornada (≈ 2.5 h/día) dedicada a actividades administrativas	Observación directa + entrevistas	Registro horario en intervalos de 30 minutos	Período de observación directa (2 semanas)	Arquitecto Líder y Dibujante Técnico (autorregistro)	Registro de 10 jornadas laborales: 2.5 h diarias de actividades administrativas / 8 h de jornada = $31.25\% \approx 30\%$.
8 versiones contradictorias del mismo plano, ninguna marcada como 'final'	Revisión documental	Auditoría documental (Google Drive, carpetas locales, correo)	Proyecto 'Casa Rivera', entregado en 2024	Arquitecto Líder (revisión de archivos del proyecto)	Conteo directo de archivos con nombre similar y fecha/autor/contenidos distintos. Total: 8 versiones.
40% de documentos técnicos sin metadatos básicos (fecha, autor, versión)	Revisión documental	Muestreo aleatorio simple	Revisión sobre los 8 proyectos finalizados en los últimos 2 años	Arquitecto Líder (muestreo de documentos técnicos)	Muestra de 50 documentos técnicos; 20 de 50 (40%) carecían de al menos uno de los metadatos evaluados.
3 incidentes por construcción con planos desactualizados	Entrevistas + revisión documental	Entrevista (pregunta abierta) + cruce	Enero 2024 – abril 2026	Director General (entrevista)	Conteo de eventos donde la construcción se inició con planos no correspondientes

Hallazgo	Fuente	Instrumento	Fecha	Responsable	Soporte
		con correos de reclamo			a la última versión aprobada.
\$6.000.000 – \$15.000.000 COP por incidente de reproceso documental	Entrevistas + estimación	Entrevista de estimación de costos	Referido a los 3 incidentes de enero 2024 – abril 2026	Director General (estimación de costos)	Suma de costos directos (replanteo, reproceso, visitas adicionales) + costos indirectos (gestión de relaciones, descuentos negociados).
\$45.000.000 COP en ingresos potenciales no realizados	Entrevistas	Entrevista de estimación	Abril 2025 – abril 2026	Director General (entrevista)	3 proyectos postergados x \$15.000.000 COP (valor promedio de contrato) = \$45.000.000 COP.
EDT de referencia de 25 a 30 actividades por proyecto	Análisis histórico + entrevista	Descomposición retrospectiva de un proyecto típico	Período de observación directa (2 semanas)	Arquitecto Líder	Conteo de actividades agrupadas en 5 fases (conceptual, básica, detalle, construcción, cierre).

Nota. Tabla elaborada con base en el registro de los datos recolectados mediante entrevistas desestructuradas, y revisión documental y observación directa de dos semanas en ARCIVILES.

Tabla 23.

Mapeo de deficiencias estructurales a desperdicios Lean (muda)

Deficiencia	Desperdicios Lean identificados	Ejemplo concreto en ARCIVILES	Módulo ARCIPRO que lo mitiga	Deficiencia
D1. Inicio inconsistente	Defectos (información incompleta genera reproceso); Transporte (información dispersa en múltiples canales); Espera (retraso por falta de datos para iniciar diseño)	Cliente envió alcance por WhatsApp, luego modificó por correo; el dato no llegó al Dibujante Técnico, quien inició con información incompleta y tuvo que detenerse 3 días después.	MCP (Plantilla estandarizada de 10 campos validados)	D1. Inicio inconsistente
D2. Planificación ad hoc	Sobre procesamiento (planificación diaria repetitiva sin estructura); Talento subutilizado (arquitecto dedicando tiempo a asignar tareas verbales en lugar de diseñar); Movimiento (búsqueda	Arquitecto Líder dedica 45 minutos cada mañana a recordar qué tareas asignó ayer y a qué dibujante, tiempo que no genera valor directo al cliente.	MGAR (EDT + Matriz RACI)	D2. Planificación ad hoc

Deficiencia	Desperdicios Lean identificados	Ejemplo concreto en ARCIVILES	Módulo ARCIPRO que lo mitiga	Deficiencia
	de información dispersa para planificar)			
D3. Seguimiento reactivo	Espera (demora en detectar desviaciones); Defectos (problemas acumulados que se agravan antes de ser detectados); Inventario (proyectos 'congelados' sin avance visible)	Coordinador de Obra no reportó retraso de 2 semanas en obra 'Casa López'; el cliente detectó el problema antes que el equipo interno, generando crisis de confianza.	MTCV (Tablero visual con columna 'Bloqueada' y alerta a 48h)	D3. Seguimiento reactivo
D4. Gestión documental caótica	Defectos (versiones contradictorias); Sobre procesamiento (búsqueda de la 'versión correcta'); Transporte (traslado de archivos entre carpetas sin control); Movimiento (cambio de contexto por documentos mal ubicados)	Dibujante Técnico utilizó versión 3 de plano estructural mientras el Arquitecto Líder trabajaba en versión 5; el error se detectó en obra, requiriendo replanteo de 2 días.	MCVD (Protocolo de nomenclatura y registro de versiones)	D4. Gestión documental caótica
D5. Comunicación deficiente	Espera (cliente esperando información que no llega); Sobre procesamiento (respuestas repetitivas a mismas preguntas); Talento subutilizado (tiempo del equipo en responder consultas individuales en lugar de reporte estructurado)	Cliente 'Casa Martínez' envió 5 mensajes en 3 semanas solicitando avance; cada respuesta fue manual y diferente, consumiendo 3 horas acumuladas del Arquitecto Líder.	MTCV (Formato de Reporte Quincenal al Cliente)	D5. Comunicación deficiente
D1. Inicio inconsistente	Defectos (información incompleta genera reproceso); Transporte (información dispersa en múltiples canales); Espera (retraso por falta de datos para iniciar diseño)	Cliente envió alcance por WhatsApp, luego modificó por correo; el dato no llegó al Dibujante Técnico, quien inició con información incompleta y tuvo que detenerse 3 días después.	MCP (Plantilla estandarizada de 10 campos validados)	D1. Inicio inconsistente
D2. Planificación ad hoc	Sobre procesamiento (planificación diaria repetitiva sin estructura); Talento subutilizado (arquitecto dedicando tiempo a asignar tareas verbales en lugar de diseñar); Movimiento (búsqueda	Arquitecto Líder dedica 45 minutos cada mañana a recordar qué tareas asignó ayer y a qué dibujante, tiempo que no genera valor directo al cliente.	MGAR (EDT + Matriz RACI)	D2. Planificación ad hoc

Deficiencia	Desperdicios Lean identificados	Ejemplo concreto en ARCIVILES	Módulo ARCIPRO que lo Deficiencia mitiga
	de información dispersa para planificar)		

Nota. Tabla elaborada mediante el mapeo de las cinco deficiencias estructurales identificadas en el diagnóstico de ARCIVILES S.A.S a los ocho tipos de desperdicio Lean (muda).

Apéndice B. *Especificaciones de plantillas y manual de operación ARCIPRO*

El presente apéndice describe las especificaciones funcionales de los nueve prototipos que conforman el paquete de implementación del modelo ARCIPRO. Para cada componente se detallan: (1) estructura de campos y validaciones (Plantilla MCP — Google Sheets, 10 campos con listas desplegables; Matriz RACI — Google Sheets, regla de integridad: exactamente un aprobador y al menos un responsable por actividad; EDT Arquitectónica — 25 a 30 actividades en cinco fases); (2) configuración de herramientas (Tablero MTCV — Trello o Google Sheets, cinco columnas: Por Hacer, En Progreso, En Revisión, Completada, Bloqueada; Protocolo MCVD — regla de nomenclatura [PROYECTO]_[FASE]_[DOCUMENTO]_[VERSION]_[AUTOR]_[FECHA]); (3) fórmulas e indicadores (Dashboard MMID — cinco métricas con metas definidas, cálculo del Índice de Madurez ARCIPRO normalizado 0–100); y (4) estructura del Manual de Operación ARCIPRO (nueve capítulos: introducción, roles y responsabilidades, configuración inicial, operación del MCP, gestión del backlog, uso del tablero, control documental, lectura de indicadores, y ruta de maduración BIM). El manual incluye instrucciones paso a paso con capturas de pantalla de referencia, casos frecuentes de uso y resolución de problemas, y está diseñado para ser comprendido y utilizado por cualquier miembro del equipo de ARCIVILES en menos de treinta minutos sin asistencia externa.

Apéndice C. Instrumentos de validación del modelo ARCIPRO

El presente apéndice consolida los instrumentos técnicos implementados para la validación del modelo ARCIPRO. Se incluyen la matriz de evaluación aplicada a los expertos, los descriptores operacionalizados de cada criterio, el procedimiento de cálculo del coeficiente de concordancia y el formato de registro de la simulación aplicada.

El instrumento utilizado para el juicio de expertos consistió en una matriz estructurada con cuatro criterios de validación, cada uno operacionalizado mediante descriptores conductuales que orientaron la evaluación. La escala Likert de 5 puntos se definió así:

- 1 = Totalmente en desacuerdo (el criterio no se cumple)
- 2 = En desacuerdo (el criterio se cumple mínimamente)
- 3 = Neutral (el criterio se cumple parcialmente)
- 4 = De acuerdo (el criterio se cumple satisfactoriamente)
- 5 = Totalmente de acuerdo (el criterio se cumple plenamente)

Los criterios y descriptores fueron:

Claridad: El modelo es comprensible sin asistencia externa; los entregables tienen instrucciones auto explicativas; un nuevo miembro del equipo puede operarlos en menos de 30 minutos.

Pertinencia: Los componentes del modelo responden directamente a las deficiencias detectadas en el diagnóstico; no hay elementos ornamentales sin función operativa.

Viabilidad: La inversión requerida es compatible con los recursos de una PYME; las herramientas digitales son gratuitas o de bajo costo; la capacidad de sprint es realista para un equipo de 3 personas dedicando el 50% de su jornada.

Coherencia: La secuencia de módulos respeta las dependencias funcionales (MCP antes que MGAR, MTCV antes que MMID); los prototipos son compatibles entre sí; la ruta BIM exige consolidación de procesos básicos previos.

Cálculo del Coeficiente W de Kendall

La concordancia interjueces se calculó mediante el coeficiente W de Kendall para rangos concordantes, aplicado a las puntuaciones otorgadas por los tres expertos en los cuatro criterios.

La fórmula utilizada fue:

$$W = 12 \times \Sigma (R_j - \bar{R})^2 / [m^2 \times (n^3 - n)]$$

Donde:

1. R_j = suma de rangos para el criterio j
2. $\bar{R}$ = promedio de las sumas de rangos
3. m = número de expertos (3)
4. n = número de criterios (4)

Sustituyendo los valores obtenidos en la evaluación:

1. $\Sigma (R_j - \bar{R})^2 = 38.5$
2. $W = 0.85$
3. $p < 0.05$ (significativo)

Interpretación: $W = 0.85$ indica concordancia muy alta entre los evaluadores. Según

Kendall, valores superiores a 0.80 se consideran concordancia fuerte.

Formato de Registro de la Simulación Aplicada

Proyecto tipo: Vivienda unifamiliar, 120 m², 2 niveles

Ubicación: Bucaramanga, Colombia

Complejidad: Media (licencia urbana + licencia de construcción)

Tabla 24.*Registro de la simulación aplicada.*

Verificación	Componente	Criterio de éxito	Resultado
1	Plantilla MCP	Configuración < 10 minutos	Cumple
2	EDT Arquitectónica	28 actividades en 5 fases	Cumple
3	Matriz RACI	1 aprobador + 1 responsable por actividad	Cumple
4	Tablero MTCV	Detección de bloqueos en tiempo real	Cumple
5	Protocolo MCVD	Cero versiones contradictorias	Cumple
6	Indicadores MMID	Calculables con datos de simulación	Cumple
7	Ruta BIM MILB	Requisito MCP+MTCV+MCVD previo a LOD 100	Cumple

Nota. Tabla elaborada con base en la simulación teórica del modelo ARCIPRO, aplicada a un proyecto tipo de vivienda unifamiliar de 120M2 en Bucaramanga, Colombia.