

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA HÍBRIDA DE GESTIÓN DE PROYECTOS
BASADA EN LEAN CONSTRUCTION, LAST PLANNER Y SCRUM PARA LA OPTIMIZACIÓN
DE LA ETAPA DE EJECUCIÓN EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

JESÚS ANDRÉS CASTRO ZAPATA

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

San José, Costa Rica

Agosto, 2025

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como
requisito parcial para optar al grado de Maestría en Administración de Proyectos

Fabio Muñoz Jiménez
TUTOR

Enrique Barreda Lizano
PROFESOR(A) LECTOR(A) No.1

Eduardo Lima Calvo
PROFESOR(A) LECTOR(A) No.2



Jesús Andrés Castro Zapata
PERSONA SUSTENTANTE

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi esposa e hijos, quienes, con su amor incondicional, paciencia y apoyo constante, estuvieron a mi lado durante todo este proceso académico. Su comprensión frente a los momentos importantes que no pude compartir y al tiempo valioso que les resté como familia, me inspiraron a esforzarme cada día más y a culminar este logro con dedicación y gratitud.

A mis padres, que me dieron la vida y, desde mi infancia, me inculcaron el valor de la educación, el esfuerzo y la responsabilidad como pilares esenciales para alcanzar cualquier meta. Su ejemplo de integridad y perseverancia ha sido mi guía en cada etapa de la vida y el motor que me impulsa a seguir creciendo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a la Universidad por brindarme la oportunidad de cursar esta maestría y por ser un espacio de crecimiento académico, profesional y personal. Mi reconocimiento especial es para los docentes del programa, quienes, con su dedicación, compromiso y conocimiento, aportaron significativamente a mi formación, proporcionando herramientas conceptuales y metodológicas fundamentales para el desarrollo de proyectos con altos estándares de calidad.

De manera particular, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mi asesor, el ingeniero Fabio Muñoz, por su invaluable orientación, acompañamiento permanente y motivación constante durante el desarrollo de esta investigación. Su experiencia, disposición y claridad fueron clave para superar los desafíos que surgieron en el camino y para mantener el enfoque hacia el logro de los objetivos propuestos.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a mi familia, cuyo respaldo incondicional, paciencia y comprensión fueron pilares esenciales a lo largo de este proceso. Su apoyo ha sido fundamental no solo para culminar con éxito esta etapa académica, sino también para fortalecer mi compromiso con la excelencia y la mejora continua.

RESUMEN

Este trabajo propone una metodología híbrida orientada a la ejecución de obras de infraestructura, que promueve flexibilidad, integración de enfoques predictivos y ágiles, y mejora continua. Los métodos constructivos tradicionales suelen mostrar rigidez, escasa autogestión y limitaciones ante cambios, dificultando respuestas oportunas.

La propuesta articula herramientas de Lean Construction, Last Planner System y Scrum, organizadas para mejorar el desempeño en obra mediante planificación colaborativa, reducción de pérdidas, seguimiento ágil y decisiones oportunas. Se aplicaron los métodos analítico-sintético, inductivo y deductivo. Los entregables incluyen un plan de implementación, un plan de mejora continua y un modelo híbrido validado mediante simulación en un caso representativo.

Se identificó que experiencias previas de Scrum en construcción se han desarrollado de forma parcial y con limitada contextualización, lo que evidencia la necesidad de adaptaciones específicas. En este sentido, se recomienda integrar metodologías que, en conjunto, optimicen la ejecución y fortalezcan productividad, eficiencia y adaptabilidad en proyectos civiles.

Los resultados confirman la viabilidad técnica y operativa de la metodología híbrida, permitiendo mejoras en control de procesos, programación y calidad. La simulación valida su aplicación progresiva en fases críticas del ciclo constructivo, destacando el valor de un enfoque colaborativo y flexible ante los retos del sector.

Palabras Clave: metodología híbrida, gestión de proyectos, Lean Construcción, Last Planner, Scrum.

ABSTRACT

This work proposes a hybrid methodology for the execution of infrastructure projects, promoting flexibility, the integration of predictive and agile approaches, and continuous improvement. Traditional construction methods often show rigidity, limited self-management, and restrictions when adapting to changes, hindering timely responses.

The proposal articulates Lean Construction, the Last Planner System, and Scrum, organized to enhance performance through collaborative planning, waste reduction, agile monitoring, and timely decision-making. Analytical-synthetic, inductive, and deductive methods were applied. Deliverables include an implementation plan, a continuous improvement plan, and a hybrid model validated through simulation in a representative case.

Previous Scrum applications in construction have often been partial and poorly contextualized, highlighting the need for specific adaptations. Therefore, integrating methodologies is recommended, as together they optimize execution and strengthen productivity, efficiency, and adaptability in civil projects.

The results confirm the technical and operational feasibility of the hybrid methodology, enabling improvements in process control, scheduling, and quality. The simulation validates its progressive application in critical phases of the construction cycle, emphasizing the value of a collaborative and flexible approach to sector challenges.

Keywords: hybrid methodology, project management, Lean Construction, Last Planner, Scrum..

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE TABLAS.....	14
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES	17
RESUMEN EJECUTIVO.....	18
1. INTRODUCCIÓN.....	19
1.1 Antecedentes.....	20
1.2 Problemática.....	22
1.3 Justificación del proyecto.....	25
1.4 Objetivo general.....	28
1.5 Objetivos específicos	29
2. MARCO TEÓRICO	30
2.1. Marco institucional	30
2.1.1. Antecedentes de la institución	30
2.1.2. Misión y visión	33
2.1.3. Estructura organizativa	35
2.1.4. Productos y servicios que ofrece	38

2.2. Teoría de Administración de Proyectos	39
2.2.1. Principios de la dirección de proyectos	39
2.2.2. Dominios de desempeño del proyecto	41
2.2.3. Enfoques de desarrollo y ciclo de vida de los proyectos	43
2.2.4 Administración, dirección o gerencia de proyectos	52
2.2.5. Grupos de procesos de la dirección de proyectos.....	54
2.2.6. Estrategia empresarial, portafolios, programas y proyectos	58
2.3. Estado de la cuestión y otra teoría propia del tema de interés	61
2.3.1 Situación actual del problema u oportunidad en estudio (estado de la cuestión)...	61
2.3.2 Investigaciones que se han hecho sobre el tema en estudio	63
2.3.3 Otra teoría relacionada con el tema en estudio.....	66
2.3.3.1 Scrum aplicado a la construcción.....	67
2.3.3.2 Lean Construction en obras civiles	69
2.3.3.3 Implementación del Last Planner System	72
3. MARCO METODOLÓGICO	77
3.1. Fuentes de información	77
3.1.1. Fuentes primarias	79
3.1.2. Fuentes secundarias.....	80
3.2. Métodos de Investigación	83
3.2.1. Método analítico-sintético	83
3.2.2 Método inductivo.....	83
3.2.3 Método deductivo	84
3.2.4 Herramientas	85

3.3 Supuestos y restricciones	88
3.4 Entregables	90
4. DESARROLLO	93
4.1. Análisis de la viabilidad y pertinencia de la incorporación de marcos ágiles en proyectos de obras civiles: avances nacionales e internacionales como base conceptual para el desarrollo de una metodología híbridaA.....	95
4.1.1. Revisión bibliográfica y análisis de viabilidad de marcos ágiles en construcción.	95
4.1.2. Identificación de casos de estudio en contextos nacionales e internacionales ...	99
4.1.2.1. Casos Nacionales – Colombia	100
4.1.2.2. Casos Internacionales	100
4.1.3. Comparación de beneficios y limitaciones en su implementación.	103
4.1.4. Sistema de hallazgos aplicados al entorno de la construcción	108
4.2. Análisis de los fundamentos, principios y herramientas de los marcos Lean Construction, Last Planner System y Scrum para su integración en una metodología híbrida aplicada a proyectos de obras civiles.....	113
4.2.1. Estudio teórico del enfoque Lean Construction (Construcción sin Pérdidas) y sus principios clave.	114
4.2.1.1. Medición Indirecta de la Productividad (Control de tiempo).....	115
4.2.1.2 Registro y tabulación de la información.....	116
4.2.1.3. Identificación de la magnitud del tiempo improductivo	117
4.2.1.4. Análisis y diseño de alternativas de mejora.....	118
4.2.1.5 Implementación y control de mejoras.....	118

4.2.2. Análisis funcional del sistema Last Planner (Último Planificador) en el control de producción.....	121
4.2.2.1. Programa Maestro	122
4.2.2.2. Planificación Intermedia.....	124
4.2.3. Evaluación de Scrum como marco de trabajo ágil adaptable al sector construcción	138
4.2.4 Identificación de elementos compatibles entre los tres marcos: Lean Construction, Last Planner y Scrum	150
4.3. Análisis del modelo predictivo de gestión de proyectos en el contexto constructivo: identificación de oportunidades para la integración de herramientas ágiles dentro de una metodología híbrida.....	156
4.3.1. Análisis del ciclo de vida predictivo y sus grupos de procesos (PMBOK).....	157
4.3.1.1. Ciclo de vida predictivo y características clave	158
4.3.1.2. Grupos de procesos según el PMBOK y su aplicación al modelo constructivo.....	159
4.3.1.3. Identificación de puntos de convergencia operativa: ejemplo aplicado a proyectos de infraestructura lineal.	160
4.3.2 Detección de actividades críticas susceptibles de mejorarse con prácticas ágiles	166
4.3.3. Propuesta de puntos de integración entre enfoques tradicional y ágil	168
4.3.3.1. Lógica de integración propuesta	168
4.3.3.2. Representación visual del esquema de integración	169
4.3.3.3. Puntos de integración recomendados.....	171
4.3.3.4. Aplicabilidad y beneficios esperados.....	173
4.3.4. Validación teórica del modelo combinado	174

4.4. Diseño y propuesta de una metodología híbrida de gestión de proyectos: integración de enfoques predictivos y ágiles para optimizar la planificación, seguimiento y control en la ejecución de obras civiles.	177
4.4.1 Diseño e integración de herramientas (Last Planner, Lean, Scrum) de forma progresiva.....	178
4.4.2 Propuesta conceptual y operativa de metodología híbrida.....	186
4.5. Evaluación de la aplicación de la metodología híbrida de gestión en un caso representativo de obra de infraestructura.	189
5. CONCLUSIONES.....	246
6. RECOMENDACIONES	250
7. VALIDACIÓN DEL TRABAJO EN EL CAMPO DEL DESARROLLO REGENERATIVO Y/O SOSTENIBLE	255
7.1. Relación del proyecto con los objetivos de Desarrollo Sostenible	257
7.2. Análisis del proyecto de acuerdo con el Estándar P5.....	262
7.3. Relación del proyecto con las dimensiones del Desarrollo Regenerativo.....	307
LISTA DE REFERENCIAS	312
ANEXOS	320
Anexo 1: ACTA (CHÁRTER) DEL PFG	320
Anexo 2: EDT del PFG	328

Anexo 3: CRONOGRAMA del PFG	329
Anexo 4: Investigación bibliográfica preliminar	330

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estructura Organizativa	¡Error! Marcador no definido.7
Figura 2 Ciclo de vida de un enfoque predictivo	45
Figura 3 Ciclo de vida con enfoque de desarrollo adaptativo	46
Figura 4 Ciclo de vida con enfoque híbrido	¡Error! Marcador no definido.8
Figura 5 Grupos de procesos de la dirección de proyecto	¡Error! Marcador no definido.7
Figura 6 Variación anual del PIB total, valor agregado construcción y subsectores (a precios constantes) 2017-2022 (I trimestre).....	62
Figura 7 Plantilla de toma de tiempo prueba de los cinco minutos.....	72
Figura 8 Esquema representativo del estudio de restricciones.....	74
Figura 9 EDT para el desarrollo y cumplimiento de objetivos	94
Figura 10 Grafica para la Evaluación de idoneidad.....	98
Figura 11 Proceso de implementación de herramientas de Lean Construction.....	119
Figura 12 Proceso de implementación de herramientas de Last Planner.....	126
Figura 13 Ejemplo de Cronograma Maestro de la Obra.....	128
Figura 14 Registro de control y seguimiento Last Planner (Último Planificador) en la Construcción de un Puente.....	130
Figura 15 Seguimiento del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y Productividad de las actividades programadas.....	133
Figura 16 Gráfico de Pareto Causas de no Cumplimiento.....	135
Figura 17 Ejemplo de Categorías de Causas de no Cumplimiento	136
Figura 18 Componentes del Equipo Scrum.. ..	141
Figura 19 Artefactos de Scrum... ..	142
Figura 20 Eventos de Scrum... ..	144

Figura 21 Proceso de Interacción Scrum...	146
Figura 22 Desarrollo de Ciclo de vida Predictivo.....	159
Figura 23 Composición y elementos de un puente de voladizos sucesivos... ..	162
Figura 24 EDT Construcción de un Puente	163
Figura 25 Desarrollo de Ciclo de vida Adaptativo	165
Figura 26 Esquema de integración operativa entre enfoques predictivo y ágiles en proyectos de construcción	170
Figura 27 Proceso de implementación de metodología ágil en modelo predictivo	188
Figura 28 Esquema de Puente diseñado en voladizo sucesivo	191
Figura 29 Grafica de Pareto de Causas de no cumplimiento	225

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Principios de la dirección de proyectos según PMI (2021), su finalidad y aplicación en el PFG.....	40
Tabla 2 Dominios de desempeño del proyecto según PMI (2021), su finalidad y aplicación en el PFG.....	42
Tabla 3 Fuentes de información utilizadas según tipo y objetivo específico del proyecto	82
Tabla 4 Métodos de investigación utilizados	84
Tabla 5 Herramientas utilizadas en el desarrollo de los objetivos del PFG	87
Tabla 6 Supuestos y restricciones	89
Tabla 7 Entregables asociados a los objetivos específicos del Proyecto Final de Graduación.....	91
Tabla 8 Criterios de Evaluación de Idoneidad.....	97
Tabla 9 Relación de investigaciones nacionales e internacionales	101
Tabla 10 Comparación de beneficios y limitaciones en la implementación de marcos ágiles en obras civiles.....	107
Tabla 11 Sistema de hallazgos aplicables a la adopción de metodologías ágiles en obras civiles.....	110
Tabla 12 Registro de control de tiempos para un proyecto de Construcción de un Puente	116
Tabla 13 Roles, Eventos y Artefactos de Scrum.	140
Tabla 14 Resumen de Aspectos Relevantes de Scrum	148
Tabla 15 Recopilación de elementos compatibles entre los tres marcos ágiles	154
Tabla 16 Correspondencia entre fases y la aplicación dentro de las fases constructivas	160

Tabla 17 Fases críticas en estructuras civiles susceptibles de mejorarse con metodologías ágiles .	167
Tabla 18 Relación de puntos de integración de prácticas ágiles dentro de las fases del ciclo de vida del proyecto constructivos y las etapas constructivas.	172
Tabla 19 Plantilla de control y seguimiento de actividades programadas.	180
Tabla 20 Plantilla de registro y control de tiempos para actividades de un proyecto de Construcción de Obra Civil.	181
Tabla 21 Plantilla de registro de causas y tiempos de pérdidas e interferencias.	182
Tabla 22 Plantilla de registro, rediseño y redefinición de procesos constructivos y de planeación.	183
Tabla 23 Plantilla de registro y definición de roles, eventos y artefactos de Scrum.	184
Tabla 24 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 1	193
Tabla 25 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 2	194
Tabla 26 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 3	195
Tabla 27 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 4	197
Tabla 28 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 5	198
Tabla 29 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 6	200
Tabla 30 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 7	201
Tabla 31 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 8	203
Tabla 32 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 9	204
Tabla 33 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 10	205
Tabla 34 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 11	206
Tabla 35 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 12	206
Tabla 36 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 13	207
Tabla 37 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 14	208

Tabla 38 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 15	209
Tabla 39 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 16	210
Tabla 40 Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 17	211
Tabla 41 Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 1	213
Tabla 42 Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 3	215
Tabla 43 Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 4	216
Tabla 44 Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 5	217
Tabla 45 Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 6	218
Tabla 46 Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 8	219
Tabla 47 Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 10	219
Tabla 48 Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 12	220
Tabla 49 Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 13	221
Tabla 50 Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 17	222
Tabla 51 Compilación Causas y Tiempos de perdida	223
Tabla 52 Tiempos y porcentaje acumulado por causas de no cumplimiento	224
Tabla 53 Actividades con deficiencias y planes redefinidos, rediseñados y de respaldo.	226
Tabla 54 Actividades, Roles, Eventos y Artefactos de Scrum	229
Tabla 55 Relación entre ODS y el Proyecto Final de Graduación	261
Tabla 56 Análisis de Impacto del Proyecto según el Estándar P5	264
Tabla 57 Resumen de evaluación de análisis de impacto P5	305

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES	SIGNIFICADO
BIM	<i>Building Information Modeling</i> (Modelado de Información para la Construcción)
CAMACOL	Cámara Colombiana de la Construcción
CAR	Corporación Autónoma Regional
CPM	Planificación Inicial
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DSDM	<i>Dynamic System Development Method</i> (Método de Desarrollo de Sistema Dinámicos)
IPD	Integrated Project Delivery (Entrega Integrada de Proyectos)
IPOC	Indicador de Producción de Obras Civiles
LCE	<i>Lean Construction Enterprise</i> (Construcción sin Pérdidas)
LPS	Last Planner System (Sistema del Último Planificador)
ODS	Objetivos del Desarrollo Sostenible
PAC	Porcentaje de Actividades Cumplidas
PDCA	Plan do check act
PFG	Proyecto Final de Grado
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i> (Guía de los Fundamentos para la Gestión de Proyectos)
PMI	<i>Project Management Institute</i> (Instituto de Gestión de Proyecto)
PMI-CP	Construction Professional in Built Environment Projects (Profesional en Construcción de Proyectos del Entorno Construido)
PPC	Porcentaje de Plan Completado
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PTS	Plan de Trabajo Semanal
RAE	Real Academia Española
SROI	<i>Social Return On Investment</i> (Retorno Social Sobre la Inversión)

RESUMEN EJECUTIVO

La necesidad de que los proyectos de construcción evolucionen conforme a los nuevos requerimientos y se adapten de manera rápida y flexible a diferentes entornos hizo imprescindible el uso de técnicas, herramientas y metodologías de gestión más versátiles, capaces de responder a condiciones cambiantes. Este cambio respondió a la creciente demanda de competitividad, a la necesidad de garantizar resultados más consistentes y a la generación de confianza y sentido de pertenencia por parte de los distintos interesados en los proyectos de construcción.

Una de las principales problemáticas identificadas fue la rigidez de los procesos fundamentados en el enfoque predictivo tradicional, el cual limitaba de manera significativa la capacidad de adaptación frente a lo impredecible, generaba retroalimentación tardía y dificultaba la autogestión de los equipos de trabajo. Estas limitaciones evidenciaron con claridad la necesidad de integrar metodologías más flexibles que favorecieran procesos iterativos, retroalimentación constante, aprendizaje continuo y una mayor participación del equipo durante la ejecución de las obras.

La justificación del proyecto se basó en la necesidad de transformar los modelos de gestión de obras civiles para responder a entornos cada vez más dinámicos y complejos, incorporando herramientas ágiles que fortalezcan los procesos, mejoren la comunicación entre actores y aumenten la eficiencia en la planificación y ejecución de actividades constructivas. El proyecto planteó el diseño de una metodología híbrida que combinara los enfoques clásico y ágil, orientada a optimizar la etapa de ejecución en proyectos constructivos y a superar las limitaciones tradicionales de la gestión predictiva.

El objetivo general del proyecto fue desarrollar una metodología que permitiera aplicar marcos ágiles en la ejecución de obras de infraestructura, fomentando una gestión más flexible y rápida ante entornos dinámicos y cambiantes, y promoviendo la integración entre lo clásico y lo ágil para mejorar los resultados. Los objetivos específicos se orientaron a: analizar la aplicabilidad de los marcos ágiles en obras civiles, conocer y estudiar los marcos Lean Construction, Last Planner y Scrum, examinar el modelo predictivo de gestión de proyectos para identificar un punto de integración adecuado, proponer la metodología híbrida que combine enfoques clásico y ágil, y validar su aplicación en un caso representativo de infraestructura, con el fin de evaluar su desempeño en la planificación, el seguimiento y el control de procesos constructivos.

El enfoque metodológico correspondió a una investigación de tipo documental con diseño mixto, apoyada en los métodos analítico-sintético, inductivo y deductivo. Se emplearon fuentes académicas nacionales e internacionales y estudios de caso sobre la aplicación de marcos ágiles en construcción. Para el desarrollo práctico se analizaron actividades constructivas específicas que permitieron la implementación progresiva de Scrum, Lean Construction y Last Planner, con el fin de formular una propuesta metodológica coherente, integral y alineada con los requerimientos actuales de los proyectos de obras civiles.

1. Introducción

La ejecución de proyectos de infraestructura en el sector constructivo contemporáneo enfrenta actualmente múltiples desafíos derivados de la alta complejidad técnica, las condiciones cambiantes del entorno y la presión por cumplir con tiempos y presupuestos cada vez más ajustados. Particularmente en la fase de construcción, estos retos se acentúan debido a la rigidez de los modelos tradicionales de planificación y control, que limitan la capacidad de respuesta frente a situaciones imprevistas o cambios en el entorno operativo.

A lo largo del ciclo de vida de un proyecto, las etapas de factibilidad, diseño, planeación, ejecución y cierre suelen abordarse de forma secuencial. Sin embargo, la etapa de ejecución o construcción, al ser la más crítica en términos de consumo de recursos, riesgos técnicos y cumplimiento de cronogramas, requiere de un enfoque metodológico más flexible, adaptable y orientado al valor.

Esta necesidad ha impulsado el interés por incorporar marcos ágiles como Scrum y enfoques derivados de Lean Construction, incluyendo el sistema Last Planner, en el sector de la construcción. Aunque estos marcos han sido aplicados con éxito en ámbitos como el desarrollo tecnológico y la industria manufacturera, su implementación en obras civiles todavía es incipiente y requiere de adaptaciones contextuales que los integren con los enfoques tradicionales.

En respuesta a esta problemática, el presente Proyecto Final de Graduación propone el diseño de una metodología híbrida centrada en la etapa de ejecución de obras civiles, que integre principios ágiles con prácticas tradicionales de planificación. Esta propuesta busca maximizar la eficiencia operativa, mejorar la coordinación entre actores del proyecto, reducir pérdidas y garantizar la entrega de valor continuo al cliente.

La importancia de esta investigación radica en su aporte a la transformación metodológica del proceso constructivo, mediante una propuesta contextualizada que responde a las limitaciones del modelo predictivo tradicional. Al ofrecer una estructura operativa clara y adaptable, se espera que la metodología desarrollada pueda servir como guía práctica para profesionales del sector en la gestión de obras de infraestructura.

1.1 Antecedentes

El sector de la construcción ha sido históricamente uno de los principales motores del desarrollo económico, social y urbano de los países. Su capacidad para generar empleo y materializar infraestructura vital le otorga una posición estratégica en los procesos de modernización y competitividad. Sin embargo, también se han enfrentado múltiples desafíos que inciden directamente en la calidad, eficiencia y sostenibilidad de estos proyectos.

Uno de los principales retos identificados en la gestión de obras civiles es la elevada incidencia de desviaciones en tiempo, costo y calidad durante la etapa de construcción. Estas desviaciones se deben, en gran parte, a la rigidez de los modelos tradicionales de gestión, los cuales se basan en enfoques secuenciales, con escasa flexibilidad para enfrentar los cambios dinámicos del entorno. Según el Project Management Institute (PMI, 2021), cerca del 47 % de los proyectos a nivel global no cumplen con los plazos establecidos, y más del 35 % exceden el presupuesto inicial. Esta situación se agrava en proyectos de infraestructura donde intervienen múltiples actores, se presentan condiciones técnicas complejas y existe un entorno de alta incertidumbre.

En respuesta a estas limitaciones, en las últimas dos décadas han surgido metodologías de gestión basadas en principios ágiles, provenientes inicialmente del ámbito del desarrollo de software, pero adaptadas progresivamente a otros sectores, incluida la construcción. Estas metodologías se caracterizan por su enfoque iterativo, su capacidad de adaptación al cambio,

la entrega incremental de valor y el fomento de la colaboración entre los equipos de trabajo (Rigby, Elk, & Berez, 2019).

En el ámbito de la construcción, diversos estudios han documentado esfuerzos por adaptar e implementar marcos como Scrum, Lean Construction y el sistema Last Planner con el propósito de mejorar la productividad, reducir el desperdicio, fortalecer la coordinación entre disciplinas y facilitar la toma de decisiones en obra. Cada uno de estos enfoques ha aportado herramientas valiosas para enfrentar los desafíos específicos del sector.

El enfoque Lean Construction promueve la mejora continua, la eliminación de actividades que no generan valor y la optimización del flujo de trabajo. Esta filosofía, originada en el sistema de producción de Toyota y basada en la filosofía Lean Manufacturing, ha sido formalmente adaptada al sector de la construcción mediante herramientas y principios que permiten reducir desperdicios y maximizar el valor entregado al cliente (Lean Construction Institute, 2021).

El Last Planner System (LPS) se implementa como una herramienta colaborativa de planificación a corto plazo que incrementa la confiabilidad de los cronogramas, mejora la coordinación entre equipos y disminuye la incertidumbre durante la ejecución. Según el Lean Construction Institute (2022), este enfoque permite transformar compromisos individuales en flujos de trabajo estables y controlados, mediante planificación participativa y medición sistemática del cumplimiento.

Scrum, aunque concebido para el desarrollo de productos complejos, ha demostrado su versatilidad en proyectos de construcción donde los requisitos son dinámicos y el entorno cambia con frecuencia. Su aplicación ha permitido introducir ciclos cortos de trabajo iterativo, generar entregables parciales y promover la autoorganización de los equipos (Carrasco, 2021).

Los antecedentes revisados evidencian que, si bien cada marco aporta beneficios particulares, ninguno por sí solo responde a la complejidad integral que implica ejecutar un

proyecto de infraestructura en condiciones reales. De allí surge la necesidad de diseñar una metodología híbrida que articule la estructura del modelo predictivo tradicional con los principios ágiles, adaptándola específicamente a la etapa de ejecución, donde se concentran la mayoría de los costos, tiempos y riesgos del proyecto.

En este sentido, el presente Proyecto Final de Graduación se sustenta en la integración de estos marcos en un enfoque metodológico estructurado, contextualizado y adaptado al entorno real de la construcción. Esta propuesta busca mejorar el desempeño de los proyectos durante la etapa de ejecución, permitiendo una mayor adaptabilidad frente a los cambios, una mejor coordinación entre los actores involucrados y una toma de decisiones más informada y oportuna. Asimismo, la metodología híbrida propuesta está alineada con las buenas prácticas reconocidas por el PMI (2021) y con los lineamientos de eficiencia operativa que exige actualmente el sector.

1.2 Problemática

En el sector de la construcción, la gestión de proyectos ha estado tradicionalmente dominada por enfoques predictivos, caracterizados por una planificación anticipada, lineal y rígida. Estos modelos han mantenido su vigencia no solo por su capacidad de ofrecer una estructura clara y un control detallado del cronograma y el presupuesto, sino también por múltiples razones propias de la industria. Entre ellas se encuentran la necesidad de cumplir con contratos que exigen cronogramas y entregables definidos, la magnitud de las inversiones que requiere un estricto control de costos y plazos, la obligatoriedad de ajustarse a normativas y estándares de planeación, así como la resistencia cultural de los actores del sector a modificar prácticas históricamente aceptadas. A estas razones se suman las presiones de entidades financiadoras y clientes, que priorizan la certidumbre en los resultados sobre la flexibilidad en la ejecución.

No obstante, este predominio del enfoque predictivo presenta limitaciones importantes en contextos dinámicos como la ejecución de obras civiles. Uno de los principales problemas asociados es la falta de flexibilidad para adaptarse a condiciones cambiantes durante la fase constructiva, donde suelen emerger imprevistos técnicos, climáticos, logísticos o contractuales que dificultan el cumplimiento de los planes iniciales. En muchos proyectos de infraestructura, los equipos de obra deben enfrentar desviaciones en tiempo y costo debido a múltiples factores: errores en el diseño, cambios en los requisitos del cliente, retrasos en la entrega de materiales, interferencias entre actividades o hallazgos inesperados en el terreno. Sin embargo, bajo un modelo rígido de gestión, estos eventos se perciben como fallas en la planificación y no como situaciones inherentes a la naturaleza de los proyectos. Esta visión dificulta la toma de decisiones oportuna, ya que cada modificación requiere ser evaluada y autorizada por niveles jerárquicos superiores, generando cuellos de botella que afectan el avance de las obras (Kerzner, 2019).

La estructura piramidal propia del enfoque clásico limita también la capacidad de respuesta de los equipos operativos. Estos deben ceñirse a directrices preestablecidas, incluso cuando las condiciones del proyecto demandan acciones inmediatas. Esta dependencia jerárquica obstaculiza la autonomía, reduce la motivación del personal y compromete la eficiencia en la ejecución. Según el Project Management Institute (PMI, 2021), más del 30 % de los proyectos en construcción reportan fallas de coordinación interna como una de las principales causas de retrasos, situación que puede intensificarse cuando los procesos no permiten el aprendizaje continuo ni la retroalimentación ágil.

Otro problema crítico en la gestión de proyectos es la falta de comunicación efectiva entre los actores involucrados. En muchos casos los contratistas, subcontratistas, supervisores y diseñadores trabajan de forma aislada, lo que da lugar a malentendidos, duplicación de esfuerzos, omisiones en el alcance y errores en la ejecución. Este fenómeno se ve agravado

por la carencia de espacios colaborativos periódicos para revisar el avance del proyecto, lo cual limita la detección temprana de desviaciones y oportunidades de mejora. Como señalan Serrador y Pinto (2021), la ausencia de dinámicas iterativas y retroalimentación constante afecta la capacidad de adaptación y ajuste oportuno durante la ejecución.

Asimismo, el uso exclusivo de un enfoque predictivo dificulta la incorporación de innovaciones tecnológicas y metodológicas que requieren mayor flexibilidad en su aplicación. Herramientas como BIM, la planificación colaborativa o los sistemas de control visual suelen implementarse de manera parcial y con limitada integración al modelo de gestión, lo que reduce su efectividad y desaprovecha su potencial transformador. Esta falta de articulación entre la tecnología y la gestión contribuye a la baja productividad, la escasa trazabilidad del desempeño en obra y el retraso en la modernización de la gestión de proyectos (CAMACOL, 2018).

Las consecuencias de estos problemas son múltiples y afectan directamente los objetivos del proyecto. Entre ellas se destacan:

- Retrasos significativos en la entrega de obras, generando penalidades contractuales y pérdida de confianza por parte de los clientes.
- Sobrecostos por reprocesos, cambios no anticipados o mala coordinación entre actores.
- Baja satisfacción del cliente, debido a entregables incompletos, fuera de especificación o con deficiencias de calidad.
- Ambientes laborales tensos, donde se privilegia el cumplimiento del cronograma sobre la resolución colaborativa de problemas.
- Pérdida de oportunidades de mejora, por falta de sistematización de aprendizajes y ausencia de mecanismos ágiles de retroalimentación.

Frente a esta problemática, se propone el diseño y aplicación de una metodología híbrida de gestión que integre los componentes más consolidados del enfoque predictivo con

los principios y prácticas de marcos ágiles relevantes para el sector construcción, tales como Scrum, Lean Construction y Last Planner System. Esta combinación busca mantener la estructura y el control característicos de los proyectos de infraestructura, al tiempo que incorpora la adaptabilidad, transparencia y capacidad de respuesta propias de los enfoques iterativos. La inclusión de dinámicas colaborativas, como reuniones diarias, revisiones periódicas de avance y planificación semanal conjunta, permitiría anticipar desviaciones, construir planes más realistas y fortalecer la alineación entre los equipos de trabajo.

Más que sustituir el enfoque predictivo, la propuesta se orienta a complementarlo mediante la incorporación de prácticas ágiles, con el propósito de favorecer una gestión más efectiva de los riesgos, impulsar la mejora continua de los procesos y fortalecer la capacidad de generar valor para el cliente en contextos complejos y dinámicos. En este sentido, el Proyecto Final de Graduación se dirige a subsanar las limitaciones presentes en la gestión de la etapa de ejecución, planteando una herramienta práctica, conceptualmente validada y adaptable a las particularidades de las obras civiles.

1.3 Justificación del proyecto

El dinamismo de los mercados contemporáneos exige que las organizaciones, sin importar su sector productivo, sean capaces de adaptarse rápidamente a los cambios tecnológicos, económicos y sociales. Este principio, ampliamente adoptado en sectores como la tecnología, la manufactura avanzada y el comercio electrónico, ha tenido una adopción limitada en gran parte de la industria de la construcción, donde todavía predominan modelos de gestión tradicionales, altamente estructurados, rígidos y con baja capacidad de respuesta ante escenarios de incertidumbre (Liu, van Nederveen, & Hertogh, 2021; PMI, 2021).

La gestión de proyectos en obras civiles ha estado históricamente anclada a enfoques predictivos, caracterizados por una planificación secuencial, jerarquías centralizadas y una baja flexibilidad para ajustar los procesos frente a eventos no contemplados. Este modelo, si bien ha

proporcionado orden y control, ha demostrado limitaciones cuando se enfrenta a contextos de alta variabilidad, como los que actualmente atraviesa la industria: fluctuaciones en los precios de los insumos, dificultades logísticas globales, modificaciones contractuales, tensiones laborales, fenómenos climáticos extremos y, en general, condiciones que exigen respuestas ágiles y colaborativas (Horman & Kenley, 2020; Lean Construction Enterprise, 2022).

En este contexto, surge la necesidad de replantear los modelos de gestión utilizados en la ejecución de obras civiles, especialmente durante la etapa de construcción, que es donde se materializan los mayores impactos en costo, tiempo y calidad. El presente Proyecto Final de Graduación se justifica en la urgencia de contar con una metodología híbrida que integre el enfoque predictivo con herramientas de marcos ágiles como Scrum, Lean Construction y Last Planner System, con el fin de mejorar la ejecución de proyectos de infraestructura.

La idea de hibridar metodologías no surge de una confrontación entre enfoques, sino de la necesidad de complementar las fortalezas de cada uno. El enfoque tradicional ofrece orden, estructura y control; mientras que los marcos ágiles proporcionan adaptabilidad, colaboración continua y entrega de valor progresiva. Por tanto, esta propuesta metodológica busca establecer una sinergia operativa, donde ambos enfoques coexistan para potenciar los resultados del proyecto, mejorar la coordinación entre actores, disminuir la incertidumbre y fomentar la mejora continua (Schwaber & Sutherland, 2020; PMI, 2021).

Este proyecto se desarrolló con base en las siguientes motivaciones principales:

Falta de adaptación del modelo predictivo a contextos variables: En la ejecución de obras civiles se presentan cambios frecuentes que los enfoques tradicionales no logran absorber adecuadamente, generando desviaciones en cronogramas, sobrecostos y conflictos contractuales.

Rezago tecnológico del sector construcción: A diferencia de otras industrias, la construcción ha tenido baja adopción de tecnologías de gestión moderna y marcos metodológicos ágiles, limitando su capacidad de mejora y competitividad.

Demanda creciente de resultados eficientes y sostenibles: Los actores del sector (clientes, comunidades, reguladores) exigen entregas puntuales, control de impactos ambientales y sociales, y mayor transparencia en la gestión del proyecto.

Experiencias exitosas documentadas en otras industrias y proyectos piloto en construcción: Se ha identificado que marcos ágiles como Scrum, Lean Construction y Last Planner han generado mejoras sustanciales en sectores intensivos en proyectos, lo cual abre la posibilidad de adaptar estas herramientas al contexto constructivo.

Con base en lo anterior, se espera que la implementación de la propuesta metodológica híbrida diseñada en este PFG genere beneficios concretos, los cuales se detallan a continuación.

Beneficios esperados de la solución propuesta

- **Mejora en la planificación y control de obra:** A través de la planificación iterativa, la visualización de restricciones y la programación colaborativa.
- **Reducción de la variabilidad y los reprocesos:** Al gestionar proactivamente los imprevistos mediante ciclos cortos de planificación y validación.
- **Mayor compromiso y responsabilidad del equipo de obra:** Promoviendo reuniones diarias de seguimiento (Daily Scrum) y revisión periódica de avances (Sprint Review).
- **Entrega de valor progresivo al cliente:** Gracias a una estructura de trabajo orientada a resultados parciales funcionales, inspeccionables y medibles.
- **Optimización del uso de recursos:** Por medio de la eliminación de desperdicios y tareas no contributivas, bajo el enfoque Lean.

- **Facilitación del aprendizaje organizacional:** Por medio de la retrospectiva sistemática de los ciclos de ejecución, lo que permite mejorar los procesos en tiempo real.
- **Aumento de la eficiencia general del proyecto:** Combinando predictibilidad en la planificación con flexibilidad en la ejecución.
- **Transferencia de conocimiento estandarizado:** Por medio del diseño de una guía metodológica replicable en futuros proyectos de obras civiles.
- **Fortalecimiento de la cultura de colaboración:** A través del desarrollo de dinámicas que fomentan la comunicación transparente, la retroalimentación y la toma de decisiones conjunta.

En conclusión, la justificación del presente PFG se centra en la necesidad de ofrecer una respuesta metodológica frente a las limitaciones del enfoque tradicional de gestión de proyectos en construcción, mediante una propuesta pertinente y contextualizada que combine la solidez del enfoque predictivo con la flexibilidad y dinamismo de marcos ágiles como Scrum, Lean Construction y Last Planner. Esta integración metodológica permitirá responder a los desafíos actuales del sector y contribuirá a profesionalizar y tecnificar la ejecución de obras civiles, consolidando así una gestión más eficiente, colaborativa y orientada a la generación de valor.

1.4 Objetivo general

Desarrollar una metodología híbrida de gestión de proyectos que integre principios de Lean Construction, el sistema Last Planner y marcos ágiles como Scrum, orientada a optimizar la etapa de ejecución en obras de infraestructura, promoviendo una adaptación flexible y continua frente a entornos dinámicos, y una integración armónica entre los enfoques tradicionales y los principios ágiles.

1.5 Objetivos específicos

1. Examinar la viabilidad y pertinencia de incorporar marcos ágiles en proyectos de obras civiles, considerando los avances nacionales e internacionales en su implementación, con el propósito de establecer una base conceptual sólida para el desarrollo de una metodología híbrida.
2. Analizar los fundamentos, principios y herramientas clave de los marcos Lean Construction, Last Planner y Scrum, con el fin de determinar su aplicabilidad e integración en el desarrollo de una metodología híbrida para obras civiles.
3. Examinar las características y estructura del modelo predictivo de gestión de proyectos en el contexto constructivo, con el fin de identificar oportunidades concretas de integración de herramientas ágiles dentro de una metodología híbrida.
4. Diseñar y proponer una metodología híbrida de gestión de proyectos, integrando enfoques predictivos y ágiles, con el fin de fortalecer la planificación, el seguimiento y el control de la etapa de ejecución en obras civiles.
5. Evaluar, a través de un caso representativo de obra de infraestructura, la aplicación de la metodología híbrida de gestión, con el propósito de analizar su efectividad en la planificación, seguimiento y control de procesos constructivos.

2. Marco teórico

El marco teórico es una de las fases más importantes de un trabajo de investigación, consiste en desarrollar la teoría que va a fundamentar el proyecto con base al planteamiento del problema que se ha realizado. Existen numerosas posibilidades para elaborarlo, la cual depende de la creatividad del investigador. Una vez que se ha seleccionado el tema objeto de estudio y se han formulado las preguntas que guíen la investigación, el siguiente paso consiste en realizar una revisión de la literatura sobre el tema. Esto consiste en buscar las fuentes documentales que permitan detectar, extraer y recopilar la información de interés para construir el marco teórico pertinente al problema de investigación planteado (Marcoteorico.com, 2022).

Es así como el marco teórico es la exposición del conjunto de investigaciones, teorías y conceptos en que se basa un trabajo de investigación. Contiene los antecedentes, las bases teóricas y los conceptos que son claves para nuestro trabajo (Arellano, 2022).

2.1. Marco institucional

El presente proyecto se enmarca en el contexto de la gestión de obras civiles, en particular durante su etapa de ejecución. Aunque no se desarrolla directamente dentro de una institución específica, se reconoce que los procesos de construcción están fuertemente influenciados por marcos metodológicos y condiciones técnicas propias del sector. Por lo tanto, este apartado institucional se enfoca en exponer los antecedentes, estructura y características generales del entorno profesional en el que se aplicaría la metodología propuesta, con base en estándares y dinámicas comunes del gremio constructor.

2.1.1. Antecedentes de la institución

La construcción de obras civiles se ha caracterizado por avanzar, investigar, tecnificar y estudiar, básicamente, el comportamiento de aspectos tales como resistencia de materiales, durabilidad en el tiempo de las estructuras, uso de materiales alternos, resistencia a fuerzas externas como sismos, incendios, vendavales, entre otras, que permitan mejorar sus

características, disminuir los costos y aumentar su vida útil. Sin embargo, esta misma dedicación a la investigación de métodos, procesos y materiales para la construcción no se ha masificado en los procesos de dirección de proyectos, quedando encallados en procesos que, con el tiempo, se han tornado como una condición preexistente e inherente a la ejecución de obras civiles como lo es el marco predictivo, condición que ha llevado a este gremio a tener una carencia de aportes en esta fase de la construcción y ha generado una carencia casi absoluta en investigación de aplicación y exploración de alternativas para el mejoramiento y la incorporación de estrategias de tecnificación y evolución en los procesos de gestión de proyectos.

Para subsanar la problemática enunciada anteriormente, se busca que las condiciones comúnmente presentes en el desarrollo de obras civiles, como desviaciones en el tiempo y en los costos, puedan ser gestionadas con apoyo de marcos ágiles. De esta manera, dichas alteraciones no se interpreten como fallas en el proceso de gestión, sino como situaciones propias de entornos dinámicos, influenciados por cambios en los mercados, nuevas exigencias y mejoras en los procesos constructivos, lo que exige una adaptación metodológica constante.

Además, el sector de la construcción ha enfrentado históricamente desafíos estructurales que limitan su capacidad de evolución organizacional. Si bien ha sido un motor clave para el desarrollo económico, con participación constante en el PIB y una alta demanda de mano de obra, sus prácticas de gestión aún conservan esquemas tradicionales basados en modelos rígidos, secuenciales y poco adaptables al cambio. Estos modelos han mostrado debilidades significativas al momento de enfrentar desviaciones, reprogramaciones, reestimaciones de costos o condiciones de obra distintas a las planteadas inicialmente.

En este contexto, las empresas del sector han centrado sus esfuerzos en la mejora de técnicas constructivas, la adopción de nuevos materiales o la implementación de software para modelado de información (como el BIM). No obstante, la integración formal de metodologías de

gestión modernas sigue siendo limitada, lo que restringe la capacidad de los proyectos para interactuar eficazmente con la incertidumbre, responder al dinamismo del entorno y generar valor continuo en el proceso constructivo.

La gestión de proyectos, entendida como un conjunto de prácticas y principios sistemáticos orientados a la planificación, ejecución y control de iniciativas, se ha incorporado de manera gradual en la industria de la construcción. Esto contrasta con sectores como el tecnológico, el financiero o el manufacturero, donde las metodologías ágiles constituyen hoy una parte esencial de los procesos internos. Este rezago metodológico ha generado que gran parte de las obras civiles continúen gestionándose bajo esquemas predominantemente rígidos, con un margen limitado de ajuste ante los cambios del entorno y con mecanismos insuficientes para fomentar la colaboración efectiva entre los actores del proyecto.

Por tanto, la adopción de marcos ágiles específicamente adaptados al sector de la construcción —como Lean Construction, Last Planner System y el marco de trabajo Scrum— se plantea como una alternativa viable para transformar la forma en que se planifican, ejecutan y controlan las obras civiles. Estas metodologías, ampliamente reconocidas por su enfoque en la colaboración, la optimización de procesos y la gestión de la incertidumbre, no solo facilitan una respuesta ágil frente al cambio, sino que también promueven una visión centrada en el equipo, el flujo de valor y la mejora continua. Su incorporación estratégica permitiría subsanar vacíos presentes en la fase de ejecución de proyectos, aportando al sector un salto cualitativo en eficiencia, adaptabilidad y sostenibilidad organizacional.

Esta oportunidad de mejora metodológica debe entenderse como una necesidad urgente para las organizaciones del gremio que desean mantenerse competitivas frente a las exigencias de productividad, calidad y cumplimiento del mercado actual. El presente proyecto parte de este contexto general para plantear una propuesta que no solo es pertinente, sino

fundamental para avanzar en la transformación de la gestión en el entorno constructivo colombiano.

2.1.2. Misión y visión

El desarrollo del PFG propuesto está enfocado, de manera general, en la atención y ayuda a la dirección de proyectos en el área de la construcción de obras civil, sin que lo mismo esté relacionado de manera puntual o específica con alguna organización; sin embargo, se considera que la relevancia para las organizaciones se fundamente, así como la relación con visión y misión, de manera general, en lo siguiente:

Para las empresas dedicadas a la construcción de proyectos de infraestructura, contar con mecanismos estructurados, claros y precisos para gestionar los procesos del día a día, con rapidez y adaptabilidad, pueden marcar la diferencia en el cumplimiento de los objetivos y el éxito de los proyectos. Por ello, el PFG planteado busca establecer cuáles son los pasos, metodologías, y herramientas que deben emplearse, y en qué momentos aplicar enfoques ágiles, con el fin de lograr procesos constructivos eficientes.

Si bien en el desarrollo de los proyectos de construcción se consideran tradicionalmente el alcance, el costo y el tiempo —conocidos como la triple restricción—, el verdadero desafío radica en lograr un equilibrio entre estas variables para garantizar la calidad integral del proyecto. Esta calidad no se limita únicamente al producto entregado, sino que abarca también el proceso constructivo y el personal involucrado. Es en estas tres dimensiones —producto, proceso y personal— donde la incorporación de marcos ágiles adquiere relevancia, al fortalecer la gestión de los procesos, mejorar los resultados y elevar los estándares de desempeño de la mano de obra. Este planteamiento representa el principal valor agregado de la presente investigación.

Asimismo, y con base en la definición general de la misión como la “razón de ser” de una organización, las empresas dedicadas a la construcción de obras civiles buscan fortalecer

su posición en el sector, alcanzando un rol de liderazgo mediante la entrega de proyectos y procesos que generen mayor valor para los clientes y partes interesadas. En este contexto, contar con estrategias y herramientas ágiles incorporadas en este tipo de proyectos permite optimizar los procesos de gestión y favorecer el cumplimiento de metas en el corto plazo.

Por su parte, la visión —entendida como aquello que una organización “quiere ser”— exige el acompañamiento de metodologías que guíen los procesos de gestión de forma ordenada, alineada con los objetivos estratégicos y con los intereses de los involucrados. Esta orientación debe actuar como un rumbo definido sobre el cual se enfoquen los esfuerzos organizacionales, con el fin de consolidarse como empresas referentes a nivel nacional e internacional en el sector de la construcción.

En línea con lo anterior, la misión de las organizaciones del sector construcción debe integrar, además del cumplimiento de los compromisos contractuales, una visión estratégica que considere los impactos sociales, económicos y ambientales de cada proyecto. La ejecución de obras civiles no solo transforma los entornos físicos, sino también las dinámicas de vida de las comunidades, por lo que la misión organizacional no debe limitarse exclusivamente a la entrega de infraestructura, sino orientarse hacia la generación de valor integral y sostenible para la sociedad. En este sentido, contar con marcos metodológicos que promuevan la colaboración, la adaptación al cambio y la entrega incremental de valor se convierte en un diferenciador competitivo y ético dentro del mercado.

Por otra parte, la visión de las empresas del gremio requiere ser redefinida a partir de los desafíos propios de la Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0), el cambio climático y las crecientes expectativas de los clientes en relación con estándares de calidad, criterios de sostenibilidad y dinámicas de innovación. Aspirar a un liderazgo en el sector implica asumir con responsabilidad el compromiso de transformar las prácticas de gestión, construcción y entrega. En este sentido, la implementación de metodologías ágiles puede actuar como catalizador para

el desarrollo de una cultura organizacional orientada al aprendizaje, la mejora continua y la creación de valor compartido para los diferentes actores involucrados en los proyectos.

La aplicación de principios ágiles en la gestión de proyectos constructivos, como el enfoque iterativo, el trabajo colaborativo, la priorización basada en valor y la respuesta al cambio, permite alinear las prácticas operativas con la visión de crecimiento y posicionamiento a largo plazo. Esta alineación estratégica no solo mejora los indicadores internos de desempeño, sino que también fortalece el vínculo de la empresa con sus clientes, aliados y comunidades. Por ende, tanto la misión como la visión institucional deben reformularse a la luz de estas nuevas dinámicas, adoptando una visión estratégica integradora que reconozca la gestión ágil como un recurso fundamental para fortalecer la competitividad y promover la sostenibilidad de las empresas de construcción en el escenario actual.

2.1.3. Estructura organizativa

La importancia de esta estructura radica en su capacidad para establecer claridad, definir roles y responsabilidades, y fomentar la coordinación y colaboración entre los miembros del equipo. Al establecer una estructura organizativa sólida, se puede lograr:

- Claridad en los roles: Define las funciones y responsabilidades de cada miembro del equipo, evitando confusiones y superposiciones. Esto permite que cada persona sepa qué se espera de ella y cómo encaja dentro del proyecto.
- Distribución efectiva del trabajo: Una estructura organizativa adecuada permite una distribución eficiente de las tareas y recursos, asegurando que se asignen los recursos necesarios en cada área del proyecto. Esto ayuda a evitar la sobrecarga de trabajo en algunos miembros del equipo y la falta de trabajo en otros.
- Coordinación y seguimiento: Una estructura organizativa permite establecer una jerarquía de autoridad y una cadena de mando clara. Esto ayuda a mejorar la coordinación entre los miembros del equipo y al control y seguimiento del avance del proyecto. Se

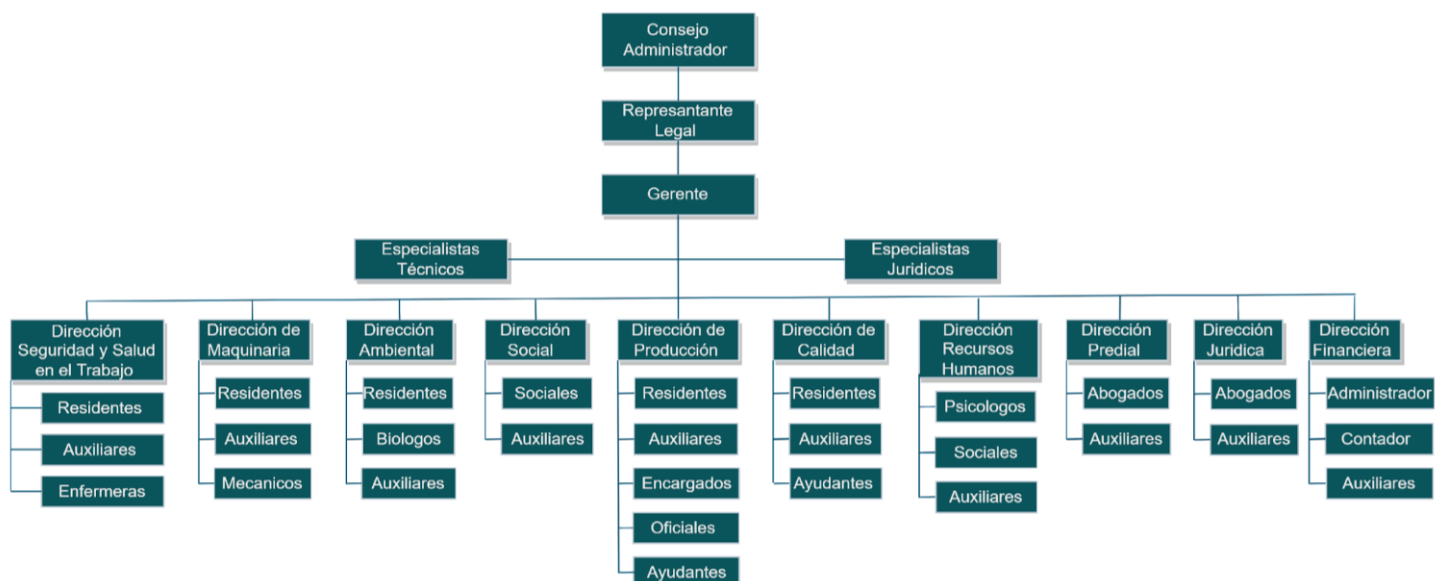
pueden establecer mecanismos de supervisión y rendición de cuentas para garantizar que el proyecto se mantenga en el camino correcto

- **Adaptabilidad y agilidad:** Una estructura organizativa bien diseñada permite la adaptabilidad y la agilidad ante los cambios y desafíos del proyecto. Puede ser flexible para ajustarse a nuevas situaciones, redistribuir recursos y reasignar roles según sea necesario. Esto ayuda a mantener el proyecto en marcha y a superar obstáculos de manera eficiente.

En resumen, contar con una estructura organizativa claramente definida constituye un factor determinante para el éxito de un proyecto, en tanto establece roles y responsabilidades, coordina los esfuerzos de los equipos, facilita los canales de comunicación y agiliza la toma de decisiones. De este modo, se garantiza un funcionamiento eficiente, el uso óptimo de los recursos y el cumplimiento de los objetivos planteados. A continuación, se presenta una propuesta de estructura organizativa aplicada a un proyecto de construcción de obras civiles.

En el desarrollo de proyectos de construcción de obras civiles, la organización funcional del equipo de trabajo es un aspecto fundamental para garantizar una gestión eficiente, especialmente durante la fase de ejecución. A pesar de que este proyecto no se vincula a una organización específica, se hace necesario ilustrar una estructura organizativa de referencia que refleje la forma en que comúnmente se distribuyen las responsabilidades y los roles dentro de un proyecto constructivo.

La Figura 1 presenta un modelo general de estructura organizacional aplicable a un proyecto típico de construcción. Esta figura sirve como punto de referencia para contextualizar los niveles jerárquicos y de toma de decisiones, así como las áreas funcionales involucradas en la dirección de proyectos, y permite comprender cómo se pueden insertar prácticas ágiles dentro de dicha estructura.

Figura 1.*Estructura Organizativa*

Nota. La Figura 1 representa de manera general la estructura de una organización dedicada al desarrollo de proyectos de construcción de obras civiles. Elaboración propia.

El proyecto tiene como nicho principal el área de dirección de producción, la cual asume la responsabilidad de planear, programar, coordinar y ejecutar las diferentes actividades correspondientes a la etapa de construcción de una obra. Esta área no solo lidera la ejecución física del proyecto, sino que también se convierte en el eje operativo que articula las decisiones estratégicas con la acción en campo. La dirección de producción se relaciona de manera directa y constante con las demás áreas funcionales de la organización, las cuales actúan como apoyos transversales para garantizar que se disponga de los recursos, insumos, herramientas y la información necesaria para cumplir con los objetivos y metas establecidos. En otras palabras, mientras que la ejecución concreta recae sobre la dirección de producción, el resto de las áreas —como planeación, compras, seguridad, calidad o talento humano— contribuye de forma coordinada y complementaria al logro integral del proyecto, asegurando su viabilidad técnica y administrativa.

2.1.4. Productos y servicios que ofrece

De acuerdo con lo expuesto en los apartados anteriores, la investigación que sustenta este documento está dirigida a todas las empresas constructoras de obras civiles que incluyan dentro de su portafolio de servicios la ejecución de proyectos constructivos tales como:

Túneles: lo cual corresponde a la excavación, tratamiento de soporte para estabilización de la misma, así como, la ejecución de actividades de revestimientos e impermeabilización para el manejo y control de aguas de infiltración.

Puentes: dentro de lo cual se incluye la ejecución de actividades de cimentaciones profundas, subestructuras (zapatas, estribos, realices de columnas), Superestructura en donde se contempla vigas postensadas, dovelas, y tableros.

Vías: relaciona todo referente a excavaciones a cielo abierto, tratamiento y soportes de taludes, estructura de pavimento, además de la pavimentación del corredor vial.

Es importante precisar que este documento se puede aplicar a otras de infraestructuras tales como hidroeléctricas, PTAR, construcción de metros, tranvías, puertos, entre otros.

PTAR: una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, es el conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales, con material disuelto y en suspensión usadas por una comunidad o industrial (CAR, 2022).

Metro: sistema de transporte masivo, los cuales se componen de trenes y vagones, ubicados en las ciudades, conectando la misma por largos trayectos a través de diversas líneas férreas, se pueden desarrollar subterráneos y aéreos, mejorando la conectividad y el desplazamiento de los ciudadanos.

Tranvías: sistema de transporte masivo, los cuales se componen de trenes y vagones, ubicados en las ciudades y las conectan a través de diversas líneas férreas, se desarrollan a nivel de vías existentes, por medio de los cuales se mejoran la conectividad y el desplazamiento de los ciudadanos, sin embargo, no son empleados en trayectos largos.

Puertos: los puertos marítimos son puntos de distribución hacia el interior y el sistema de transporte costero, lo que se define como el área de influencia exterior del puerto.

Los puertos marítimos realizan diferentes tipos de operaciones: embarque, desembarque y transferencia de pasajeros y tripulación (Georgia Tech, 2022).

Edificaciones: construcción permanente compuesta por elementos como cimentación, estructura, muros y cubierta, destinada a albergar personas o actividades. Se ubica en zonas urbanas o rurales y puede tener usos residenciales, comerciales o institucionales. Ofrece espacios seguros y funcionales, integrando sistemas eléctricos, hidráulicos y sanitarios que permiten su adecuado funcionamiento.

2.2. Teoría de la Gestión de Proyectos

Según el Project Management Institute (2021), un proyecto es un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto, servicio o resultado único. En este contexto, los proyectos buscan cumplir objetivos específicos a través de la generación de entregables verificables que aporten valor al cliente y a la organización, permitiendo la finalización de fases o ciclos clave.

De acuerdo con lo anterior y con lo establecido por el Project Management Institute (2021), los proyectos abordados en este trabajo se consideran productos derivados de un esfuerzo temporal, orientado a generar valor. La naturaleza de los proyectos implica que estos tienen un inicio y un cierre definidos, y se desarrollan para cumplir objetivos específicos mediante la entrega de resultados únicos. Además, cada uno de ellos incluye entregables claramente definidos en términos de alcance, tiempo y costo.

2.2.1. Principios de la Gestión de proyectos

En la gestión de proyectos, los principios representan guías fundamentales de comportamiento que deben seguir tanto quienes lideran la gestión como los demás integrantes del equipo. A diferencia de los procesos o entregables, los principios no describen lo que se debe hacer, sino cómo deben actuar las personas involucradas en el proyecto. Su función es

de carácter ético, conductual y relacional, con impacto directo en el liderazgo, la colaboración, el juicio profesional, la capacidad de adaptación al cambio y el compromiso con la generación de valor (PMI, 2021).

En el contexto del presente Proyecto Final de Graduación (PFG), que propone el diseño e implementación de una metodología híbrida de gestión para proyectos de construcción de obras civiles, estos principios permiten establecer una base conductual sólida y coherente con las exigencias actuales del sector. Esta base no solo orienta la toma de decisiones y el comportamiento del equipo, sino que también facilita la integración de enfoques modernos en entornos tradicionalmente estructurados. Lo anterior cobra especial relevancia si se busca fomentar una cultura organizacional basada en la colaboración efectiva, la flexibilidad adaptativa y la orientación hacia la entrega de valor, propia de marcos ágiles como Lean Construction, Last Planner System y Scrum, los cuales requieren transformar la forma en que se concibe y se lleva a cabo la gestión de proyectos, privilegiando la generación continua de valor.

A continuación, se presentan los doce principios establecidos por el Project Management Institute (PMI, 2021), junto con su finalidad y la manera en que se aplicarían específicamente en el desarrollo del presente PFG.

Tabla 1.

Principios de la dirección de proyectos según PMI (2021), su finalidad y aplicación en el PFG.

Principio (PMI, 2021)	Finalidad	Implementación en el PFG (Metodología Híbrida)
1. Ser un administrador diligente, respetuoso y atento	Promover una conducta ética, profesional y consciente en la toma de decisiones	El director y el equipo gestionan con respeto roles, tiempos y compromisos en obra
2. Crear un entorno colaborativo para el equipo	Fomentar la participación y sinergia del equipo de proyecto	Se implementan reuniones de planificación conjunta con enfoque Last Planner
3. Participar eficazmente con las partes interesadas	Mantener una comunicación abierta y continua con todos los involucrados	Se aplican prácticas de revisión diaria de avances con cliente, interventoría y equipo
4. Centrarse en el valor	Asegurar que el proyecto entregue beneficios y valor tangible	Se priorizan entregables que generen valor temprano y visibles para el cliente

Principio (PMI, 2021)	Finalidad	Implementación en el PFG (Metodología Híbrida)
5. Reconocer, evaluar y responder a los cambios	Adaptarse a contextos dinámicos y condiciones variables	Se habilitan ciclos de revisión cortos tipo Sprint para ajustar el plan a condiciones reales
6. Demostrar liderazgo	Promover un liderazgo basado en el ejemplo, la dirección clara y el empoderamiento	El director de obra asume un liderazgo facilitador en lugar de controlador
7. Adaptar en función del contexto	Ajustar métodos y herramientas según las necesidades específicas del proyecto	La metodología híbrida se adapta según el tamaño, plazo y tipo de obra
8. Construir calidad en los procesos y entregables	Integrar la calidad desde el inicio, no solo al final	Se incluyen chequeos de calidad iterativos por fase constructiva
9. Navegar la complejidad	Identificar y gestionar variables múltiples que afectan el proyecto	Se establecen espacios de gestión visual para identificar problemas tempranos
10. Optimizar las respuestas al riesgo	Minimizar amenazas y maximizar oportunidades en el proyecto	Se incorpora gestión activa de riesgos con revisión semanal en equipo
11. Adoptar una perspectiva de pensamiento sistémico	Entender el proyecto como parte de un sistema más amplio (empresa, sociedad)	Se consideran impactos en comunidades, contratistas y entorno institucional
12. Motivar, influir, desarrollar y aprender	Impulsar el crecimiento profesional y el aprendizaje continuo	Se promueve retroalimentación constante y capacitación durante el desarrollo de obra

Nota. La tabla presenta los 12 principios definidos por el PMI y su aplicación dentro del enfoque metodológico híbrido propuesto en el presente PFG. Elaboración propia.

Estos principios son esenciales para guiar la conducta del equipo de trabajo, más aún cuando se busca implementar metodologías que requieren alto grado de participación, adaptabilidad y orientación al valor. En el caso de este PFG, su integración se vuelve un factor crítico para lograr una metodología híbrida efectiva, aplicable a proyectos de infraestructura que demandan eficiencia, coordinación y respuesta ágil ante los cambios del entorno.

2.2.2. Dominios de desempeño del proyecto

Según la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2021), un dominio de desempeño es un conjunto de elementos interrelacionados que influyen directamente en los resultados del proyecto. Estos dominios no se entienden como procesos ni fases secuenciales, sino como dimensiones clave del trabajo que deben gestionarse de forma continua a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Su objetivo es orientar el comportamiento, la toma de decisiones y las acciones de quienes lideran o participan en la gestión, promoviendo una visión integral, adaptable y enfocada en la generación de valor.

Cada dominio representa una perspectiva esencial para alcanzar el éxito en proyectos complejos y cambiantes. Proporcionan una estructura conceptual que permite integrar tanto factores técnicos como humanos y organizacionales dentro de la gestión.

En el contexto del presente Proyecto Final de Graduación, que propone una metodología híbrida para la gestión de proyectos de construcción de obras civiles, estos dominios son clave para estructurar una visión estratégica y operativa del trabajo. Su aplicación facilita la adopción de prácticas adaptativas y predecibles que responden eficazmente a los desafíos propios del sector, especialmente en entornos técnicos exigentes y condiciones variables.

A continuación, se describen los ocho dominios de desempeño establecidos por el PMI, junto con su finalidad y aplicación en el desarrollo del presente PFG. Estos dominios integran aspectos clave de la gestión de proyectos y orientan la práctica profesional hacia la generación de valor, la colaboración y la mejora continua.

Tabla 2.

Dominios de desempeño del proyecto según PMI (2021), su finalidad y aplicación en el PFG.

N.º	Dominio de Principio (PMI,2021)	Finalidad	Implementación en el PFG (Metodología Híbrida)
1	Equipo	Establecer y mantener un entorno colaborativo, saludable y productivo	Se fomenta la autogestión y colaboración entre roles constructivos mediante Last Planner y Scrum
2	Interesados	Involucrar y gestionar las expectativas de todas las partes interesadas	La metodología promueve reuniones frecuentes y visibilidad del avance para todos los actores
3	Ciclo de vida del proyecto	Elegir y adaptar el enfoque adecuado (predictivo, ágil o híbrido)	Se propone un enfoque híbrido ajustable al tipo de obra y sus condiciones cambiantes
4	Planeación	Desarrollar y mantener un plan realista y flexible que guíe la ejecución	Se usa planificación colaborativa iterativa basada en el modelo Last Planner
5	Trabajo del proyecto	Coordinar la ejecución eficiente y efectiva de las actividades del proyecto	Se definen sprints constructivos y seguimiento constante por entregables parciales
6	Entrega	Maximizar la entrega de valor y beneficios para el cliente	Se priorizan actividades que generen valor visible desde etapas tempranas de ejecución
7	Medición	Evaluar el progreso y el desempeño del proyecto	Se integran métricas de avance semanales y control visual de indicadores clave

N.º	Dominio de Principio (PMI,2021)	Finalidad	Implementación en el PFG (Metodología Híbrida)
8	Incertidumbre	Identificar, evaluar y responder a riesgos, cambios y factores inesperados	El enfoque híbrido permite replanificación flexible y gestión iterativa del riesgo

Nota. La tabla presenta los ocho dominios definidos por el PMI, su propósito general y cómo se integran en la metodología híbrida propuesta para proyectos de construcción de obras civiles. Elaboración propia.

Estos dominios representan pilares estratégicos para una dirección de proyectos moderna, en especial dentro del entorno de la construcción civil, donde la incertidumbre, los cambios de alcance y las condiciones de obra suelen ser constantes. En este sentido, al estructurar la metodología híbrida propuesta bajo estos dominios, se garantiza no solo una alineación con las buenas prácticas internacionales, sino también una mayor adaptabilidad, control y generación de valor durante la ejecución del proyecto.

2.2.3. Enfoques de desarrollo y ciclo de vida de los proyectos

Antes de desarrollar un proyecto, es clave definir el enfoque metodológico más adecuado, considerando el entorno, el producto, la incertidumbre y el equipo, para seleccionar el ciclo de vida más pertinente.

En la dirección de proyectos, los enfoques de desarrollo representan la estrategia global adoptada para entregar valor mediante el proyecto. Según el Project Management Institute (PMI, 2021), los enfoques de desarrollo son estructuras generales que orientan la manera en que se entrega el trabajo del proyecto, pudiendo ser predictivos, iterativos, adaptativos o híbridos. Estos enfoques deben seleccionarse en función del contexto, el tipo de entregable y la incertidumbre del entorno.

Según Kerzner (2019), uno de los pilares clave en la selección del enfoque de desarrollo es la madurez de los equipos y la claridad con la que se define el alcance del proyecto. En este sentido, los enfoques predictivos resultan más adecuados cuando los requisitos son estables y bien comprendidos desde el inicio, mientras que los enfoques adaptativos permiten mayor

flexibilidad en contextos de alta incertidumbre, donde el cliente requiere resultados frecuentes y retroalimentación continua.

Según el Project Management Institute (2021), la elección del ciclo de vida de un proyecto debe alinearse con el nivel de incertidumbre y la frecuencia del cambio durante su desarrollo. En contextos donde los requisitos evolucionan rápidamente o se requiere retroalimentación continua, se recomienda adoptar enfoques ágiles o híbridos con ciclos iterativos orientados a la entrega de valor funcional.

Enfoques de desarrollo y sus características

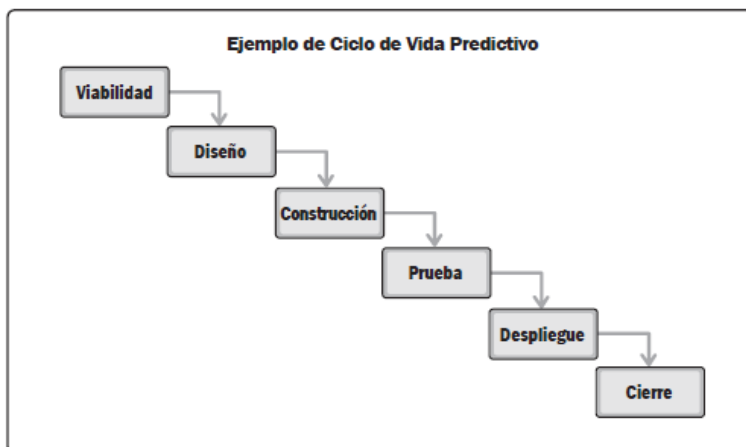
Predictivo: Según el Project Management Institute (PMI, 2021), el enfoque predictivo es una forma de gestión en la que el alcance, el tiempo y el costo se definen con precisión desde el inicio del proyecto. Su estructura es secuencial, lo que facilita la planificación y el control durante todo el desarrollo.

Este enfoque se aplica cuando los requisitos están bien definidos y no se esperan cambios significativos. Es común en contextos estables, donde los entregables son claros y la incertidumbre es baja. Su principal fortaleza es permitir una ejecución ordenada, basada en un plan detallado y previamente aprobado.

A continuación, se presenta de forma gráfica un ejemplo de un ciclo de vida predictivo, donde se observa la progresión lineal entre sus fases principales. Este enfoque representa la secuencia tradicional de desarrollo de los proyectos, caracterizada por una planificación anticipada y una ejecución estructurada. Su comprensión permite visualizar la relación lógica entre las etapas y cómo cada una aporta al cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Figura 2.

Ciclo de vida de un enfoque predictivo



Nota. La figura presenta un ejemplo de un ciclo de vida con enfoque predictivo. Tomado de *Estándar para la dirección de proyectos* (p. 44), por Project Management Institute, 2021. © 2021 Project Management Institute.

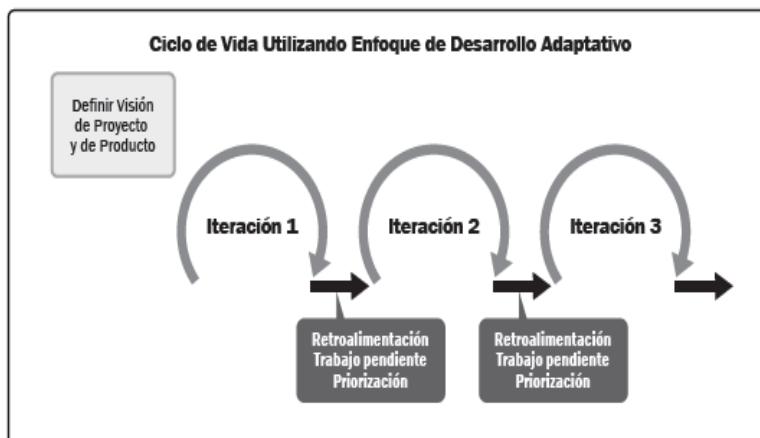
El enfoque predictivo resulta especialmente valioso en proyectos donde la estabilidad del entorno permite planificar con alto nivel de detalle. Su estructura secuencial y controlada brinda certeza en la ejecución, lo que lo convierte en una herramienta eficaz para alcanzar los objetivos cuando los requisitos son claros y poco propensos al cambio.

Adaptativo (ágil): El PMI (2021) define este enfoque como aquel que proporciona retroalimentación rápida, entregas frecuentes de valor y una alta capacidad de adaptación. Es apropiado cuando los requisitos evolucionan o no se comprenden completamente al inicio.

A continuación, se presenta de manera gráfica un ejemplo de un ciclo de vida adaptativo. Este tipo de enfoque se caracteriza por su flexibilidad y capacidad de respuesta ante los cambios, permitiendo ajustes continuos durante la ejecución. Refleja la esencia de las metodologías ágiles, donde el aprendizaje iterativo y la colaboración son fundamentales para alcanzar los resultados esperados.

Figura 3.

Ciclo de Vida con Enfoque de Desarrollo Adaptativo.



Nota. La figura presenta un ejemplo de un ciclo de vida con enfoque adaptativo. Tomado de *Estándar para la dirección de proyectos* (p. 45), por Project Management Institute, 2021. © 2021 Project Management Institute.

El enfoque adaptativo cobra especial relevancia en entornos inciertos o cambiantes, donde la capacidad de respuesta y la entrega continua de valor son esenciales. Su estructura flexible permite ajustar el rumbo del proyecto con base en la retroalimentación constante del cliente, lo que incrementa la probabilidad de éxito en escenarios con alta variabilidad.

Híbrido: Híbrido: Para el PMI (2021), este enfoque combina elementos de los enfoques predictivo y adaptativo. Permite aplicar prácticas estructuradas en partes del proyecto y técnicas ágiles en otras, según la necesidad.

La figura presentada a continuación ilustra el ciclo de vida completo de un proyecto de construcción de edificaciones, abordado desde una perspectiva integral. En ella se representan de forma secuencial las etapas clásicas que componen un proyecto bajo un enfoque predictivo, incluyendo la prefactibilidad, diseño conceptual y detallado, análisis, documentación, fabricación, logística, ejecución, operación, mantenimiento, renovación y demolición. **En el ámbito de los proyectos constructivos, es fundamental distinguir entre las fases del ciclo de vida de gestión y las etapas técnicas del proyecto. Las fases —inicio, planificación, ejecución,**

monitoreo y cierre— corresponden al modelo de gestión del PMBOK (Project Management Institute, 2021), orientado al control y la trazabilidad del proyecto. En contraste, las etapas técnicas —prefactibilidad, diseño, planeación, contratación, construcción, mantenimiento y renovación— representan la secuencia operativa del desarrollo físico de la obra.

Si bien los términos *fase* y *etapa* suelen usarse indistintamente, su significado difiere: las fases definen los componentes estructurales del ciclo de vida, mientras que las etapas reflejan los momentos técnicos clave del proceso constructivo. Ambas dimensiones se complementan: las fases aseguran la gestión estructurada y las etapas describen el progreso técnico, como se observa en la Figura 4.

No obstante, un elemento diferenciador y clave en esta representación lo constituye el símbolo circular multicolor que acompaña a cada una de las fases. Este recurso gráfico tiene como propósito destacar que, aunque el modelo general del proyecto se mantiene bajo una estructura predictiva, cada etapa del ciclo contiene dinámicas internas que requieren iteración, aprendizaje continuo, adaptación progresiva y mejora constante, principios propios de los enfoques ágiles. Es decir, al sumergirse en el desarrollo operativo de cada etapa, se identifican procesos que no se resuelven con una única planificación inicial, sino que exigen ajustes permanentes derivados de la retroalimentación del equipo, las condiciones del entorno y los cambios en los requerimientos técnicos. Precisamente esa naturaleza iterativa de los procesos internos, simbolizan la aplicación de ciclos de mejora continua, donde se implementan herramientas propias de marcos ágiles como Scrum, Last Planner y Lean Construction, dentro de un marco general predictivo. Estas prácticas permiten al equipo identificar restricciones, mejorar la planificación, adaptar decisiones y entregar valor constante al cliente y a los interesados.

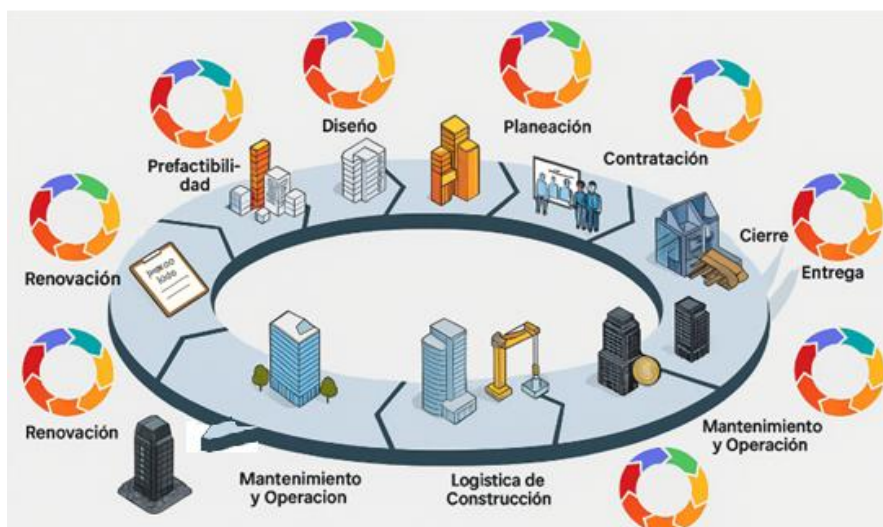
Esta dualidad representa con claridad la naturaleza híbrida de los proyectos modernos de construcción: una estructura macro organizada, secuencial y controlada, combinada con

microprocesos iterativos, flexibles y colaborativos. En la práctica, esta integración se manifiesta mediante la aplicación de herramientas como Last Planner System en la programación, Scrum en la gestión de tareas complejas o Lean Construction en la optimización de flujos de trabajo, lo que permite mantener el control estratégico del proyecto sin renunciar a la adaptabilidad operativa.

Por lo tanto, el uso de esta imagen en el Proyecto Final de Graduación tiene como finalidad visualizar cómo la implementación de un enfoque híbrido permite armonizar planificación y flexibilidad, promoviendo la eficiencia, la trazabilidad y la capacidad de respuesta ante la variabilidad inherente al sector de la construcción. Esta visión refuerza el argumento central del presente trabajo: la necesidad de integrar marcos ágiles dentro de modelos predictivos, no como una sustitución, sino como una evolución metodológica que responda a los retos actuales del entorno constructivo.

Figura 4.

Ciclo de Vida con Enfoque Híbrido de los proyectos de construcción.



Nota. La imagen presenta el ciclo de vida con enfoque híbrido de los proyectos de construcción controlado por un modelo predictivo. Elaboración Propia

El enfoque híbrido representa una alternativa estratégica para proyectos que combinan actividades bien definidas con otras sujetas a cambio. Al integrar prácticas predictivas y adaptativas según la naturaleza de cada etapa, permite una gestión más equilibrada, favoreciendo tanto la estabilidad como la flexibilidad. Esta dualidad resulta especialmente útil en obras civiles complejas, donde coexisten entornos controlados y dinámicos.

Criterios para seleccionar el enfoque adecuado

La elección del enfoque de desarrollo adecuado debe basarse en criterios técnicos y contextuales que permitan determinar el marco metodológico más coherente con el entorno, el equipo y las características del producto, de acuerdo con:

- El nivel de claridad de los requisitos desde el inicio.
- El grado de complejidad del producto o del entorno.
- La experiencia previa del equipo y su capacidad de autogestión.
- El nivel de involucramiento de los interesados.
- La necesidad de generar valor temprano.

El PMI (2021) señala que elegir el enfoque de desarrollo y el ciclo de vida adecuado no es una decisión aislada, sino una estrategia que debe alinear las capacidades del equipo, las expectativas del cliente y las restricciones del entorno operativo.

Modelo de evaluación del enfoque de gestión según la Guía Práctica Ágil (PMI, 2017a)

Adicionalmente, la Guía Práctica Ágil (Project Management Institute, 2017a) propone en su Apéndice X3 un modelo de evaluación organizacional que ayuda a determinar la viabilidad y conveniencia de aplicar enfoques predictivos, adaptativos o híbridos en un proyecto determinado.

Este modelo se fundamenta en el análisis de atributos críticos agrupados en tres categorías principales: cultura, equipo y proyecto, a partir de los cuales se evalúa el grado de adaptabilidad y madurez de la organización frente a metodologías ágiles.

- **Cultura:** analiza la apertura al cambio, la colaboración, la comunicación y el nivel de empoderamiento de los equipos. Una cultura organizacional flexible y orientada al aprendizaje facilita la adopción de prácticas ágiles.
- **Equipo:** evalúa la estabilidad, la autoorganización, la experiencia y el compromiso del grupo de trabajo. Equipos pequeños, multidisciplinarios y con autonomía suelen adaptarse mejor a marcos iterativos como Scrum o Kanban.
- **Proyecto:** considera la complejidad técnica, la incertidumbre, la criticidad del cronograma y la necesidad de innovación. Los proyectos con alta variabilidad o requisitos cambiantes se benefician más de enfoques adaptativos o híbridos.

En conjunto, este modelo permite identificar las condiciones contextuales que justifican la adopción de metodologías ágiles, así como definir el grado de hibridación óptimo entre lo predictivo y lo ágil. Su aplicación constituye una herramienta clave para seleccionar el enfoque de gestión más adecuado, garantizando coherencia entre la estrategia organizacional, la naturaleza del proyecto y las capacidades del equipo.

Según esta herramienta, los proyectos de construcción se gestionan tradicionalmente mediante enfoques predictivos, dado su alto nivel de estructuración, dependencia documental y secuencia lógica de actividades. No obstante, el presente Proyecto Final de Graduación (PFG) plantea que es posible integrar herramientas ágiles dentro de una metodología híbrida, clara y aplicable al contexto constructivo, que proporcione flexibilidad operativa durante la fase de ejecución sin comprometer el control, la trazabilidad ni el cumplimiento de los objetivos del proyecto. De esta manera, se promueve una gestión más dinámica, colaborativa y adaptable frente a los desafíos técnicos y organizacionales propios de la industria.

No obstante, la selección del enfoque metodológico también está condicionada por las restricciones derivadas del diseño contractual, especialmente en proyectos de infraestructura donde predominan contratos de alcance cerrado, precios unitarios o esquemas EPC

(Engineering, Procurement and Construction). Estos marcos contractuales limitan la flexibilidad operativa, lo que obliga a adaptar la metodología híbrida a las obligaciones formales y legales vigentes. A nivel internacional, han surgido modelos de contratación más colaborativos —como los esquemas *Integrated Project Delivery* (IPD) o los contratos *Partnering*— que promueven la transparencia, la corresponsabilidad y la gestión compartida de riesgos, facilitando la incorporación de prácticas ágiles. Sin embargo, en el contexto latinoamericano aún prevalecen estructuras contractuales tradicionales, particularmente en el sector público, donde la normatividad impone altos niveles de trazabilidad y control. En contraste, los proyectos del sector privado y los contratos de diseño y construcción ofrecen mayor flexibilidad para implementar enfoques híbridos, al permitir una interacción más directa entre las etapas de diseño, ejecución y gestión del cambio.

Aplicación al proyecto del PFG

El presente Proyecto Final de Graduación propone una metodología de gestión híbrida para obras de infraestructura. En este tipo de proyectos, como la construcción de un puente, se combinan actividades físicas de alta exigencia técnica con procesos que requieren gestión colaborativa, adaptación y seguimiento en tiempo real.

El enfoque predictivo resulta adecuado para estructurar las fases constructivas, el presupuesto general y los cronogramas contractuales. Mientras tanto, la incorporación de marcos como Scrum o Last Planner System permite gestionar de manera flexible los recursos, ajustar tareas semanales y aumentar la productividad del equipo.

Análisis y síntesis personal

El análisis de los enfoques de desarrollo permite comprender que no existe un método universal aplicable a todos los proyectos. Cada enfoque tiene fortalezas y limitaciones, y su elección debe basarse en criterios objetivos y el contexto del proyecto. En el caso del presente

PFG, la naturaleza técnica de la obra, sumada a la necesidad de eficiencia operativa y flexibilidad en la ejecución, justifican la aplicación de un enfoque híbrido.

2.2.4 Administración, dirección o gerencia de proyectos

La administración, dirección o gerencia de proyectos —términos utilizados en este documento como sinónimos y traducciones válidas del concepto *Project Management*— constituye una disciplina fundamental dentro del campo de la gestión organizacional. Su propósito es alcanzar objetivos específicos mediante la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas orientadas a la ejecución efectiva de proyectos. Esta función gerencial implica el liderazgo de equipos, la gestión de recursos, la toma de decisiones estratégicas, la planificación del trabajo, el control del progreso y la entrega de resultados alineados con las expectativas de los interesados.

Según el Project Management Institute (PMI, 2021), la gestión de proyectos se define como "la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo" (p. 7). Esta definición pone énfasis en la necesidad de una metodología estructurada que permita alcanzar los objetivos propuestos dentro de los límites de tiempo, costo, alcance y calidad establecidos, conocidos comúnmente como la triple restricción más calidad.

Según Harold Kerzner (2019), la gestión de proyectos es tanto una ciencia como un arte, que requiere integrar procesos técnicos con habilidades humanas para liderar equipos hacia resultados exitosos. Destaca la necesidad de establecer una comunicación efectiva, una estructura organizativa bien definida y una cultura de colaboración. Más allá de la simple entrega de productos o servicios, la gestión de proyectos —afirma Kerzner— debe orientarse a generar valor sostenible para la organización.

De acuerdo con Shastri, Hoda y Amor (2021), la gestión de proyectos en contextos híbridos debe abordarse como un enfoque sistemático y adaptable, capaz de responder a

entornos complejos, inciertos y poco estructurados. Los autores destacan que el éxito del proyecto no reside únicamente en aplicar una metodología específica, sino en la capacidad del gerente para ajustar su enfoque según las condiciones del entorno, las capacidades del equipo y las expectativas del cliente. En ese sentido, su estudio resalta la importancia de combinar prácticas predictivas y adaptativas, así como de gestionar riesgos de manera anticipada.

En este documento se emplea el término “*gestión de proyectos*” como equivalente a las traducciones “*dirección*”, “*gerencia*” o “*administración de proyectos*”, en correspondencia con el concepto “*project management*” (PMI, 2021).

Desde una perspectiva de síntesis, puede afirmarse que la administración de proyectos es una función multidimensional que requiere la integración de aspectos técnicos, humanos y organizacionales. Los autores coinciden en que esta disciplina no puede entenderse solo desde una óptica operativa, sino también como una función estratégica que alinea los resultados del proyecto con los objetivos institucionales.

En el caso del presente Proyecto Final de Graduación, la administración de proyectos cobra especial relevancia al proponer una metodología híbrida aplicada a obras de infraestructura, en donde el liderazgo del gerente de proyecto resulta crucial para integrar marcos tradicionales y ágiles, gestionar los recursos de forma eficiente y responder con flexibilidad ante los imprevistos propios del entorno constructivo.

De esta forma, la dirección de proyectos no solo actúa como una herramienta de control, sino como una función habilitadora de valor, capaz de transformar las buenas prácticas en resultados tangibles, sostenibles y alineados con la visión organizacional.

Este rol estratégico adquiere aún mayor relevancia en contextos como el de la construcción, donde los proyectos son intensivos en recursos, plazos y coordinación de múltiples actores. En este sector, el gerente de proyectos debe actuar como un integrador, capaz de articular las necesidades del cliente, los requerimientos técnicos, los recursos

disponibles y las restricciones legales o ambientales. Asimismo, debe fomentar una cultura de responsabilidad compartida, donde cada miembro del equipo se involucre con el objetivo final del proyecto.

Finalmente, es importante resaltar que la dirección de proyectos evoluciona continuamente, adaptándose a nuevas tecnologías, marcos de trabajo ágiles, y contextos cada vez más inciertos. Esta evolución demanda profesionales con pensamiento crítico, competencias digitales, y una visión sistémica que permita gestionar el cambio de manera proactiva. Así, la gerencia de proyectos se consolida como una disciplina indispensable no solo para ejecutar iniciativas, sino para generar impacto sostenible en las organizaciones y en la sociedad.

2.2.5. Grupos de procesos de la dirección de proyectos

En la dirección de proyectos, un proceso se define como un conjunto de actividades interrelacionadas y secuenciales que se ejecutan con el fin de lograr un resultado específico, tangible y medible. Los procesos permiten transformar insumos (entradas) en productos, servicios o entregables mediante la aplicación adecuada de herramientas, técnicas, conocimientos y habilidades de gestión. Su correcta gestión garantiza la alineación constante entre lo planificado y lo ejecutado, siendo esencial para cumplir los objetivos del proyecto en términos de alcance, tiempo, costo, calidad, satisfacción del cliente y valor generado para los interesados (PMI, 2023).

La importancia de los procesos en la dirección de proyectos radica en su capacidad para proporcionar estructura metodológica, repetibilidad y control efectivo sobre las operaciones. La aplicación disciplinada y consistente de procesos bien definidos mejora la eficiencia operativa, optimiza el uso de recursos, facilita la toma de decisiones informadas y permite gestionar de manera proactiva la incertidumbre, los riesgos y las variaciones propias de cualquier entorno dinámico. En este sentido, los procesos no deben entenderse como tareas

aisladas o estáticas, sino como componentes integrados y dinámicos, que, articulados de forma coherente, conducen al logro de los entregables del proyecto con estándares de calidad y cumplimiento de expectativas.

Según la Guía Práctica de Grupos de Procesos del PMI (2023), la dirección de proyectos se estructura en cinco grupos de procesos que describen la secuencia lógica y la dinámica operativa del ciclo de vida de un proyecto. Estos grupos no representan fases del proyecto en sí mismos, sino agrupaciones funcionales y estratégicas de procesos que pueden ejecutarse de manera iterativa, repetitiva o solapada, dependiendo del enfoque metodológico y del contexto del proyecto. Los cinco grupos son los siguientes:

Grupo de procesos de inicio: Define y autoriza formalmente el proyecto o una fase del mismo. Incluye procesos como el desarrollo del acta de constitución del proyecto y la identificación de los interesados.

Grupo de procesos de planificación: Establece el alcance total del proyecto, define los objetivos y desarrolla el curso de acción requerido para alcanzar dichos objetivos. Abarca desde la definición del cronograma y presupuesto hasta la planificación de la calidad, recursos, riesgos, adquisiciones y comunicaciones.

Grupo de procesos de ejecución: Se enfoca en completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto y cumplir con las especificaciones del mismo. Implica la coordinación de personas y recursos, así como la integración de actividades.

Grupo de procesos de monitoreo y control: Supervisa y mide regularmente el progreso y rendimiento del proyecto, identificando áreas donde se requieren ajustes. Asegura que el proyecto siga el rumbo planeado o que se corrija cuando sea necesario.

Grupo de procesos de cierre: Formaliza la aceptación del producto, servicio o resultado, y finaliza ordenadamente el proyecto o una fase del mismo. Incluye la recopilación de lecciones aprendidas, cierre de contratos y liberación de recursos.

Los grupos de procesos en la dirección de proyectos constituyen el andamiaje esencial para lograr una gestión estructurada, eficiente y enfocada en resultados. Su función principal es organizar las actividades del proyecto en agrupaciones lógicas que orienten el trabajo del equipo, faciliten el control del avance y permitan adaptarse a los cambios del entorno. Según el PMI (2023), estos cinco grupos —inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre— no deben interpretarse como fases lineales, sino como conjuntos interrelacionados que pueden aplicarse de forma iterativa y no secuencial a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Esta flexibilidad metodológica permite transformar ideas en entregables concretos que cumplen con los objetivos estratégicos y satisfacen las necesidades del cliente. Cada grupo aporta valor desde una función específica, pero su aplicación coherente e integrada garantiza la alineación entre lo planificado y lo ejecutado. Además, promueven la eficiencia operativa, mejoran la toma de decisiones y fortalecen la capacidad del equipo para gestionar la incertidumbre, anticipar riesgos y generar valor sostenible. Su implementación disciplinada es, por tanto, un factor crítico de éxito en proyectos complejos y cambiantes.

Figura 5.

Grupos de Procesos de la Dirección de Proyecto

Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto 4.2 Identificar a los Interesados	5.1 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto 5.2 Planificar la Gestión del Alcance 5.3 Recopilar Requisitos 5.4 Definir el Alcance 5.5 Crear la EDT/WBS 5.6 Planificar la Gestión del Cronograma 5.7 Definir las Actividades 5.8 Secuenciar las Actividades 5.9 Estimar la Duración de las Actividades 5.10 Desarrollar el Cronograma 5.11 Planificar la Gestión de los Costos 5.12 Estimar los Costos 5.13 Determinar el Presupuesto 5.14 Planificar la Gestión de la Calidad 5.15 Planificar la Gestión de Recursos 5.16 Estimar los Recursos de las Actividades 5.17 Planificar la Gestión de las Comunicaciones 5.18 Planificar la Gestión de los Riesgos 5.19 Identificar los riesgos 5.20 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 5.21 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 5.22 Planificar la Respuesta a los Riesgos 5.23 Planificar la Gestión de las Adquisiciones 5.24 Planificar el Involucramiento de los Interesados	6.1 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto 6.2 Gestionar el Conocimiento del Proyecto 6.3 Gestionar la Calidad 6.4 Adquirir Recursos 6.5 Desarrollar el Equipo 6.6 Dirigir al Equipo 6.7 Gestionar las Comunicaciones 6.8 Implementar la Respuesta a los Riesgos 6.9 Efectuar las Adquisiciones 6.10 Gestionar la Participación de los Interesados	7.1 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 7.2 Realizar el Control Integrado de Cambios 7.3 Validar el Alcance 7.4 Controlar el Alcance 7.5 Controlar el Cronograma 7.6 Controlar los Costos 7.7 Controlar la Calidad 7.8 Controlar los Recursos 7.9 Monitorear las Comunicaciones 7.10 Monitorear los Riesgos 7.11 Controlar las Adquisiciones 7.12 Monitorear el Involucramiento de los Interesados	8.1 Cerrar el Proyecto o Fase

Nota. Representación de los grupos de procesos de la dirección de proyectos según el enfoque del PMI.

Tomado de *Guía práctica de grupos de procesos* (p. 22), por Project Management Institute, 2023. © 2023

Project Management Institute. Uso académico con fines educativos.

En este sentido, los principios del PMI (2021) y los esfuerzos institucionales orientados al fortalecimiento del sector construcción reflejan una evolución significativa en la disciplina de la gestión de proyectos, que va más allá de la ejecución técnica para integrarse con la estrategia organizacional. Esta convergencia entre la práctica profesional y la visión empresarial demuestra que la gestión efectiva de los proyectos de construcción no solo depende de herramientas y metodologías, sino también de su alineación con los objetivos estratégicos de la organización.

Antes de abordar los enfoques de desarrollo y sus implicaciones metodológicas, resulta pertinente destacar los esfuerzos del Project Management Institute (PMI) por identificar y formalizar las mejores prácticas específicas para la industria de la construcción. En este sentido, el PMI publicó la Extensión de Construcción a la Guía del PMBOK® (2017), donde adapta los procesos y áreas de conocimiento del estándar general a las particularidades técnicas, contractuales y operativas de los proyectos constructivos. De igual manera, en 2022 lanzó la certificación Construction Professional in Built Environment Projects (PMI-CP), orientada a fortalecer las competencias de los profesionales del sector mediante la integración de enfoques ágiles, predictivos e híbridos. Estos avances evidencian el reconocimiento institucional del PMI sobre la necesidad de modelos más flexibles y colaborativos en la gestión de proyectos de construcción, en línea con los principios que sustentan el presente PFG.

2.2.6. Estrategia empresarial, portafolios, programas y proyectos

La estrategia empresarial representa la guía general que orienta las decisiones y acciones de una organización para alcanzar sus objetivos a largo plazo. Según Barney y Hesterly (2019), la estrategia consiste en definir un conjunto de decisiones y acciones que permitan obtener y sostener una ventaja competitiva, alineando las capacidades internas con las condiciones del entorno. Por su parte, Johnson, Scholes y Whittington (2020) sostienen que la estrategia actúa como un marco integral que coordina metas, políticas y decisiones clave en

los niveles corporativo, de negocio y funcional, asegurando la coherencia entre las actividades de la organización y su propósito estratégico.

De acuerdo con el Project Management Institute (2021), un portafolio es el conjunto de proyectos, programas y otros trabajos agrupados para facilitar su gestión eficaz y cumplir con los objetivos estratégicos de la organización. Su enfoque es coordinado y centrado en la toma de decisiones sobre inversiones, asignación de recursos, prioridades y alineación con los resultados esperados del negocio. Según Too y Weaver (2019), la gestión de portafolios permite analizar el equilibrio entre riesgo, valor y retorno esperado de las inversiones estratégicas. De igual forma, Martinsuo (2020) destaca que los portafolios funcionan como instrumentos de gobernanza estratégica, ofreciendo una visión integral de los esfuerzos organizacionales y fortaleciendo la alineación entre proyectos y metas corporativas.

En cuanto a los programas, el PMI (2021) los define como un grupo de proyectos relacionados que se gestionan de forma coordinada para obtener beneficios y control que no estarían disponibles si se gestionaran individualmente. Los programas permiten optimizar recursos, reducir riesgos, compartir aprendizajes y coordinar entregables que tienen una relación directa entre sí, aportando sinergias clave a la estrategia corporativa. Según Aubry y Hobbs (2019), los programas representan un marco estructurado que permite gestionar iniciativas complejas con múltiples componentes, maximizando la alineación estratégica. De forma complementaria, Pellegrinelli et al. (2020) afirman que los programas contribuyen a facilitar la toma de decisiones a nivel organizacional, permitiendo mayor gobernanza, escalabilidad y control en entornos inciertos.

Según el Project Management Institute (2021), un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear valor mediante la entrega de un producto, servicio o resultado único. Meredith, Shafer y Mantel (2019) complementan que los proyectos representan organizaciones temporales con recursos asignados, objetivos definidos y restricciones claras en tiempo, costo

y alcance. De igual forma, Artto et al. (2022) resaltan que los proyectos constituyen la unidad fundamental que transforma la estrategia en acción, al ejecutar tareas específicas bajo condiciones estructuradas y orientadas a generar resultados únicos y valiosos.

Cabe resaltar que los tres niveles —portafolio, programa y proyecto— forman una jerarquía de ejecución alineada con la estrategia empresarial. Los portafolios garantizan el cumplimiento de los objetivos corporativos de alto nivel, los programas aseguran la coherencia táctica entre múltiples proyectos, y los proyectos son la unidad de ejecución que materializa productos o servicios. Su adecuada gestión permite que las organizaciones respondan a entornos cambiantes, administren recursos de forma más eficiente y maximicen el retorno sobre la inversión (ROI).

El presente Proyecto Final de Graduación (PFG), que propone una metodología híbrida de dirección de proyectos para obras de infraestructura, se clasifica dentro del ámbito de los proyectos, en tanto se trata de una iniciativa puntual, con alcance definido, tiempo limitado y objetivos específicos. Aunque podría integrarse en el futuro dentro de un programa de mejora continua de gestión de proyectos en el sector construcción, su naturaleza actual lo sitúa claramente como un proyecto individual, orientado a la generación de valor técnico y metodológico para su aplicación directa en la etapa de ejecución de obras civiles. La implementación de esta propuesta metodológica también podría aportar insumos para el diseño de nuevos programas institucionales de gestión en empresas del sector, que busquen transitar hacia modelos híbridos o ágiles.

En consecuencia, la comprensión de estos niveles estratégicos resulta indispensable no solo para el posicionamiento del presente proyecto dentro del marco organizacional, sino también para dimensionar su potencial impacto dentro de una lógica de portafolio más amplia. El enfoque adoptado en este PFG no solo tiene una finalidad académica, sino también una

vocación práctica orientada al fortalecimiento de las capacidades de dirección de proyectos en contextos reales de construcción de infraestructura.

2.3. Estado de la cuestión y otra teoría propia del tema de interés

Este apartado tiene como finalidad profundizar en el estado actual de la problemática u oportunidad abordada en el presente Proyecto Final de Graduación (PFG), así como sustentar teóricamente el enfoque metodológico propuesto. El objetivo es analizar la forma en que el tema ha sido tratado en la literatura especializada, evidenciando vacíos, avances y posibilidades de mejora. Se incluye, en primer lugar, un análisis del contexto actual del problema, seguido por una revisión crítica de investigaciones relacionadas, y finalmente se presentan teorías y buenas prácticas que enriquecen y justifican la propuesta metodológica que orienta este trabajo.

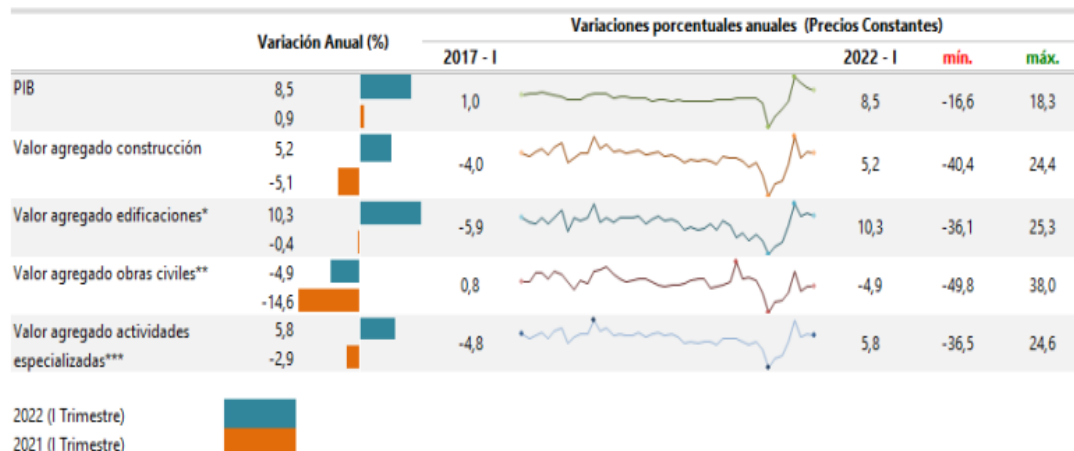
2.3.1 Situación actual del problema u oportunidad en estudio (estado de la cuestión)

Desde tiempos remotos, la construcción ha representado una de las actividades más relevantes para el desarrollo de las civilizaciones. Desde los primeros refugios hasta los complejos sistemas de infraestructura actuales, este sector ha evolucionado tanto en materiales como en técnicas. En la actualidad, el desarrollo económico y social sostenible de un país está estrechamente relacionado con la calidad de su infraestructura, ya que esta mejora la productividad, la competitividad regional y las condiciones de vida (DANE, 2022a).

En Colombia, por ejemplo, se ha evidenciado un crecimiento importante en el sector de la construcción. Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el PIB nacional creció un 8,5 % en el primer trimestre de 2022 en comparación con el mismo periodo del año anterior, siendo el sector de la construcción uno de los principales impulsores con un incremento del 5,2 % (DANE, 2022a). A continuación, se presenta la variación anual del PIB desde el 2107 al 2022 en Colombia en el sector de la construcción.

Figura 6.

Variación anual del PIB total, valor agregado construcción y subsectores (a precios constantes) 2017-2022 (I trimestre)



Nota. La imagen presenta cómo es la contribución al PIB por parte del desarrollo de proyectos de construcción en Colombia entre el 2017 y 2022 (I trimestre). Tomado de: DANE. (2022a). *Variación anual del PIB total, valor agregado construcción*. <https://www.dane.gov.co>

No obstante, a pesar de su importancia, el sector enfrenta múltiples desafíos, particularmente en lo que se refiere a productividad, eficiencia operativa y tecnificación. Tal como lo reporta CAMACOL (2018), Colombia tiene un bajo nivel de implementación tecnológica en comparación con el estándar internacional, lo cual se refleja en una productividad limitada, deficiencias en la mano de obra, y baja adopción de herramientas como BIM y automatización de procesos constructivos.

En este contexto, es necesario replantear las estrategias de gestión de proyectos, especialmente en la etapa de ejecución, tradicionalmente dominada por enfoques predictivos. Estos se basan en una planificación rígida al inicio del proyecto y no se adaptan fácilmente a los cambios, lo que resulta en sobrecostos y retrasos frente a entornos de alta incertidumbre.

Actualmente se encuentran experiencias documentadas de aplicación de metodologías ágiles como Scrum, Lean Construction y Last Planner System en proyectos constructivos. Estas metodologías han sido adaptadas desde sus versiones originales para atender las

particularidades de la obra civil, intentando generar una mejor respuesta a los cambios, mejorar la colaboración entre los actores y garantizar entregas de valor de forma continua.

No obstante, la mayoría de estos esfuerzos han sido aplicados de manera fragmentada, sin una metodología clara y replicable que combine los beneficios de la planificación estructurada con la flexibilidad de los enfoques ágiles. Esto ha llevado a una falsa sensación de transformación, en la cual se adoptan herramientas sin una comprensión profunda de su filosofía (Project Management Institute, 2021).

Adicionalmente, el presente PFG considera la necesidad de una transformación integral que contemple no solo procesos y herramientas, sino también un cambio de mentalidad organizacional hacia una cultura basada en la colaboración, la mejora continua y el valor para el cliente. Por ello, se propone el desarrollo de una metodología híbrida aplicable a la ejecución de proyectos de infraestructura, que articule prácticas de gestión ágil con marcos tradicionales de control.

2.3.2 Investigaciones que se han hecho sobre el tema en estudio

En la revisión bibliográfica realizada, se identificaron diversas investigaciones orientadas a validar el uso de metodologías ágiles en el entorno de la construcción. Estas investigaciones reflejan tanto avances como limitaciones en la aplicación de marcos como Scrum y Lean Construction, específicamente en la gestión de obras civiles. A continuación, se presentan los estudios más relevantes, detallando los métodos utilizados, las conclusiones obtenidas y los aportes directos al desarrollo del presente Proyecto Final de Graduación (PFG):

Carrasco (2021): En su investigación, emplea un método mixto basado en análisis documental y estudio de caso con observación participante. Analiza la aplicación del marco ágil Scrum, complementado con la metodología digital BIM (Building Information Modeling), en proyectos de construcción. Su estudio compara los roles, artefactos y eventos propios de Scrum con los procesos tradicionales, evidenciando que la integración con entornos

colaborativos como BIM mejora la coordinación entre actores, la detección temprana de interferencias y la eficiencia del cronograma. El aporte de esta investigación al presente PFG radica en demostrar que Scrum, cuando se articula con herramientas digitales de planificación colaborativa como BIM, puede aplicarse eficazmente en proyectos de infraestructura dentro de un enfoque híbrido de gestión.

Chacña y Medina (2020): Desarrollaron una investigación de enfoque aplicado con método cualitativo, basada en la observación de campo y el análisis de resultados en obra. Implementaron el marco ágil Scrum en un proyecto de ampliación del campus universitario San Miguel, en Perú, con el propósito de evaluar la reducción de tiempos de ejecución mediante una planificación iterativa. Para ello, emplearon los artefactos ágiles propios del marco —como el *Product Backlog*, el *Sprint Backlog* y los *Incrementos*— como herramientas de control y retroalimentación continua. Los autores concluyen que la adopción de Scrum generó una estructura operativa más flexible, con mayor visibilidad del avance y mejor capacidad de respuesta ante cambios. El principal aporte de este estudio al PFG radica en la validación empírica de Scrum como marco eficaz de planificación y control en proyectos de infraestructura educativa, demostrando su potencial para integrarse dentro de metodologías híbridas de gestión.

Sánchez y Quintero (2020): Mediante un diseño de investigación aplicada y el uso de entrevistas y análisis comparativo, proponen un marco de trabajo ágil basado en Scrum para la gestión de proyectos viales urbanos en el municipio de Funza (Colombia). En su estudio, definen roles, eventos y artefactos del marco para organizar equipos multidisciplinares y estructurar las fases del proyecto. Concluyen que la implementación de Scrum mejora la retroalimentación entre los actores, incrementa la transparencia y facilita la adaptación frente a los cambios propios del entorno público. El aporte de este estudio al PFG radica en ofrecer una base metodológica clara para la adaptación de Scrum en proyectos de infraestructura pública

compleja, evidenciando su potencial para integrarse dentro de una metodología híbrida que combine la estructura del enfoque predictivo con la flexibilidad de los marcos ágiles.

360 Lean Consultores (2020): presenta un estudio de caso documental sobre la implementación del marco de trabajo ágil Scrum en un proyecto de remodelación de un centro comercial. La investigación se apoya en análisis comparativo y en el seguimiento de indicadores de gestión para evaluar la eficiencia del proceso. Los resultados muestran que, incluso en obras de baja complejidad estructural, pero con alta exigencia logística, Scrum —al operar mediante ciclos iterativos de planificación, revisión y mejora— facilita la coordinación entre equipos y permite una respuesta ágil frente a los imprevistos. El aporte de este estudio al presente PFG es relevante, al demostrar que este marco puede aplicarse eficazmente en proyectos con condiciones cambiantes y contextos operativos complejos, como los que caracterizan al entorno constructivo colombiano.

Sánchez (2020): Desarrolla una investigación de tipo aplicada con enfoque cualitativo, comparando los resultados obtenidos en la remodelación de una vivienda de dos niveles bajo un enfoque predictivo y otro ágil (Scrum). Se centra en el comportamiento del Product Backlog ante los imprevistos y su impacto en el cronograma. La investigación concluye que Scrum es especialmente útil en proyectos con alta variabilidad, permitiendo mantener los objetivos sin comprometer los plazos. Este caso refuerza el argumento del PFG en torno a la flexibilidad de los marcos ágiles frente a condiciones imprevistas durante la ejecución.

Síntesis de los aportes al PFG: Estas investigaciones demuestran que la aplicación de Scrum y otras metodologías ágiles en el sector de la construcción es viable, siempre que se adapte a las particularidades del proyecto y se integre con herramientas de planificación colaborativa. Además, evidencian que el enfoque ágil permite mejorar la eficiencia operativa, la trazabilidad de actividades y la coordinación entre actores en entornos complejos. Por lo tanto,

sustentan la propuesta metodológica del presente Proyecto Final de Graduación, orientada a diseñar una metodología híbrida aplicable a obras de infraestructura civil.

Las metodologías utilizadas en estos estudios incluyen principalmente enfoques cualitativos, estudios de caso, observación participante y análisis documental. Estas técnicas permitieron comprender cómo los marcos ágiles impactan la gestión de obras, y proporcionan referencias directas para la adaptación de prácticas ágiles dentro de esquemas predictivos tradicionales.

2.3.3 Otra teoría relacionada con el tema en estudio

En el marco del presente proyecto, resulta fundamental comprender y analizar aquellas metodologías que han demostrado ser útiles en la gestión de proyectos de construcción desde un enfoque ágil. Entre ellas, destacan el marco Scrum, Lean Construction y el sistema Last Planner, los cuales han sido objeto de adaptaciones en distintos contextos del sector. Estos marcos no solo aportan herramientas prácticas, sino que constituyen una base conceptual sólida para el diseño de una metodología híbrida orientada a la etapa de ejecución de obras de infraestructura.

En este contexto, la selección de Scrum como el marco ágil central dentro de la propuesta metodológica se sustenta en diversos estudios realizados tanto a nivel nacional como internacional, los cuales han explorado su aplicabilidad en proyectos de construcción, especialmente en países como Colombia y Perú. Estos trabajos han demostrado que, si bien Scrum ha sido implementado en entornos constructivos, su aplicación ha sido en muchos casos lineal y descontextualizada, lo que limita el aprovechamiento de todo su potencial. No obstante, se identificó que sus principios de iteración, colaboración, mejora continua y definición clara de roles y artefactos, ofrecen ventajas estratégicas que lo convierten en un marco idóneo para complementar metodologías tradicionales. Por tal motivo, se propone su integración estructurada dentro de un modelo híbrido, junto a Lean Construction y Last Planner System, lo

cual permite no solo superar las rigideces del enfoque predictivo, sino también potenciar la capacidad de adaptación, el control operativo y el enfoque colaborativo en el desarrollo de obras civiles.

A continuación, se presenta un análisis específico de cada uno, su aplicabilidad y su relación directa con el objetivo del presente Proyecto Final de Graduación.

2.3.3.1 Scrum aplicado a la construcción

Scrum es un marco de trabajo ágil orientado al desarrollo incremental de productos complejos. Su estructura se basa en iteraciones cortas llamadas sprints, en las cuales un equipo multidisciplinario planifica, ejecuta y revisa tareas con el fin de entregar valor de manera continua. La metodología está sustentada en tres pilares: transparencia, inspección y adaptación, y es guiada por eventos como el Sprint Planning, el Daily Scrum, el Sprint Review y el Sprint Retrospective; además de roles definidos (Product Owner, Scrum Master y Developers) y artefactos clave como el Product Backlog, Sprint Backlog e Increment (Schwaber & Sutherland, 2020).

Desde la perspectiva del presente Proyecto Final de Graduación, Scrum representa una base metodológica altamente funcional para gestionar de forma flexible la ejecución de proyectos de infraestructura. Su enfoque iterativo y adaptable resulta particularmente útil para entornos en los que se presentan cambios frecuentes, incertidumbre operativa y la necesidad de respuestas ágiles ante imprevistos. Esta capacidad de adaptación permite ajustar la planificación de tareas, facilitar la coordinación entre cuadrillas y promover entregas parciales que agreguen valor al cliente final durante el desarrollo de la obra.

Su aplicabilidad en el sector de la construcción ha sido objeto de creciente análisis debido a su potencial para resolver limitaciones propias del enfoque predictivo tradicional, como la rigidez en la programación, la dificultad para absorber modificaciones durante la ejecución y

la escasa retroalimentación efectiva entre los diferentes actores del proyecto. En este sentido, la posibilidad de incorporar Scrum en obras civiles abre la puerta a una gestión más dinámica, centrada en el cumplimiento progresivo de objetivos parciales y en la mejora continua de los procesos constructivos.

Por ejemplo, En el marco de trabajo ágil Scrum, los artefactos y eventos pueden adaptarse de manera operativa al entorno constructivo, sin perder su esencia iterativa y colaborativa (Schwaber & Sutherland, 2020). Por ejemplo, el Product Backlog puede reinterpretarse como un inventario dinámico de actividades constructivas priorizadas, actualizable semanalmente según las condiciones reales del sitio de obra. El Daily Scrum, por su parte, puede adoptar la forma de una breve reunión de coordinación matutina entre frentes de trabajo o equipos contratistas, enfocada en detectar desviaciones, gestionar interferencias operativas y promover la rendición de cuentas diaria. Asimismo, la Sprint Review puede implementarse como una instancia periódica para revisar entregables parciales, validarlos con las partes interesadas y ajustar la planificación futura. Finalmente, la Sprint Retrospective se constituye en un espacio de mejora continua al cierre de cada ciclo semanal, donde los equipos reflexionan sobre los aprendizajes obtenidos y las oportunidades de optimización para el siguiente sprint. Esta adaptación de los componentes de Scrum permite trasladar los principios ágiles al contexto de la obra civil, fortaleciendo la planificación colaborativa, la transparencia y la capacidad de respuesta frente al cambio.

A diferencia del apartado 2.3.2, donde se documentaron experiencias prácticas sobre la aplicación de Scrum, en este numeral se profundiza su análisis conceptual como marco estructural dentro de la metodología híbrida propuesta. El objetivo es evidenciar cómo sus principios pueden adaptarse operativamente al entorno de las obras civiles, reconociendo que no se trata de una aplicación literal del modelo ágil, sino de una reinterpretación contextualizada y metodológicamente fundamentada. Esta reinterpretación mantiene los

valores esenciales de Scrum —transparencia, inspección y adaptación—, pero ajusta sus eventos, artefactos y roles a las particularidades del sector, tales como la normativa contractual, la secuencia constructiva, la variabilidad climática, la gestión de subcontratos y la coordinación entre múltiples actores internos y externos. En consecuencia, se plantea una integración equilibrada entre la estructura del enfoque predictivo y la flexibilidad ágil, coherente con las necesidades reales de la gestión en obra.

En este sentido, el presente PFG propone integrar prácticas fundamentales de Scrum dentro de un esquema de planificación tradicional, combinando su enfoque incremental con la disciplina del control de proyectos. Esta integración permitirá fortalecer la capacidad de respuesta ante eventos no planificados, mejorar la colaboración entre actores técnicos y operativos, y aumentar la trazabilidad y visibilidad del avance de obra. Asimismo, la implementación de ciclos cortos de planificación y revisión contribuirá a mejorar la productividad y calidad, sin sacrificar el cumplimiento de cronogramas ni el rigor técnico propio del enfoque predictivo.

De esta manera, la articulación entre Scrum y las prácticas tradicionales forma un componente esencial en la propuesta de una metodología híbrida de gestión, particularmente adaptada para la etapa de ejecución en proyectos de infraestructura. Su aplicación, más allá de representar una novedad técnica, constituye una respuesta estratégica a los desafíos contemporáneos de la industria de la construcción.

2.3.3.2 Lean Construction en obras civiles

Lean Construction es un enfoque de gestión de proyectos que adapta los principios del sistema de producción Lean al sector de la construcción. Este enfoque fue desarrollado en la década de 1990 por Lauri Koskela, investigador del *Technical Research Centre of Finland (VTT)*, quien publicó en 1992 el informe técnico “Application of the New Production Philosophy

to Construction”, considerado el punto de partida formal del movimiento Lean en la construcción. Su objetivo principal es maximizar el valor entregado al cliente y minimizar las pérdidas en los procesos constructivos, promoviendo la mejora continua, la colaboración entre equipos y el uso eficiente de recursos (Koskela, 2000). A diferencia de los métodos tradicionales centrados únicamente en los entregables, Lean pone el foco en el proceso, asegurando que cada actividad realizada agregue valor real al proyecto.

Desde esta perspectiva, Lean Construction trasciende la simple programación de tareas y se consolida como una filosofía organizacional orientada al flujo continuo de valor, la eliminación sistemática de desperdicios y la mejora constante de las operaciones (Lean Construction Enterprise, 2022). Su propósito es que el proyecto fluya sin interrupciones, identificando y corrigiendo los factores que generan retrasos, reprocesos o tiempos muertos. Entre sus herramientas más representativas se encuentra la “prueba de los cinco minutos”, una técnica de observación de campo utilizada para clasificar las actividades como productivas, contributivas o no contributivas (Lean Construction Enterprise, 2022). Esta herramienta permite evaluar en tiempo real la eficiencia operativa de los equipos y detectar oportunidades inmediatas de optimización, fomentando una cultura de mejora continua en obra.

Lean Construction se fundamenta en la premisa de que los problemas recurrentes en la ejecución de obras —como retrasos, sobrecostos o deficiencias en la calidad— no derivan exclusivamente de imprevistos técnicos, sino de ineficiencias estructurales asociadas a la planificación fragmentada, la comunicación deficiente y la falta de alineación entre los procesos de diseño y ejecución. Desde esta perspectiva, el enfoque Lean promueve la realización de diagnósticos de productividad, la implementación de herramientas de visualización del flujo de trabajo y el rediseño colaborativo de procesos, con el fin de eliminar reprocesos, desplazamientos innecesarios y cualquier actividad que no agregue valor al proyecto.

Este marco cobra especial relevancia en el contexto colombiano, donde persisten rezagos significativos frente a los estándares internacionales de productividad en la industria de la construcción. Según el informe de CAMACOL (2018), Colombia apenas alcanza un 14 % en la adopción de mejores prácticas tecnológicas, frente a un 48 % global. Esta brecha refleja un amplio margen de mejora y sustenta la necesidad de integrar enfoques de gestión modernos, como Lean Construction, entendidos no solo como herramientas operativas, sino como sistemas de pensamiento orientados al flujo continuo, la eliminación de desperdicios y la mejora integral de los procesos. Su incorporación permitiría incrementar la eficiencia operativa, fortalecer la coordinación entre actores y mejorar la competitividad del sector, contribuyendo al cierre de la brecha de productividad identificada.

Sin embargo, más allá de su dimensión técnica, Lean Construction representa un cambio cultural profundo en la forma de gestionar los proyectos de construcción, al reemplazar los esquemas jerárquicos y fragmentados por una visión colaborativa centrada en la creación de valor. Este cambio requiere el compromiso activo de todos los niveles de la organización — desde la alta dirección hasta el personal operativo— para adoptar una mentalidad orientada a la eficiencia colectiva, entendida como la capacidad de coordinar esfuerzos, optimizar procesos y alcanzar resultados globales sostenibles en lugar de desempeños individuales aislados. Esta transformación cultural se consolida mediante el fortalecimiento de habilidades blandas, el liderazgo compartido, la formación continua y la implementación de sistemas de control y retroalimentación efectivos, elementos que permiten mantener la alineación entre los equipos, impulsar la mejora continua y garantizar la estabilidad del flujo de trabajo.

Desde la perspectiva del presente Proyecto Final de Graduación, Lean Construction constituye un pilar metodológico esencial dentro del enfoque híbrido propuesto, al aportar herramientas y principios que fortalecen la planificación y la eficiencia operativa. Su integración mejora la confiabilidad del cronograma, fomenta la transparencia en los procesos constructivos

y optimiza el uso de los recursos humanos, técnicos y financieros. Asimismo, contribuye a la reducción de pérdidas operativas mediante la eliminación sistemática de actividades que no agregan valor, al diseñar flujos de trabajo más estables y ágiles que favorecen el ritmo continuo de producción, y al impulsar la entrega progresiva de valor al cliente durante la ejecución de proyectos de infraestructura. De igual forma, su aplicación promueve la toma de decisiones basada en datos reales y fortalece una cultura de mejora continua, aspectos clave para elevar los estándares de calidad, desempeño y sostenibilidad del proyecto.

A continuación, se presenta el formato para el registro de la información recolectada, en el cual se consigna la actividad evaluada, el responsable de su ejecución y la fecha de la observación.

Figura 7.

Plantilla de toma de tiempo prueba de los cinco minutos

Fecha: Enero 12 de 2012	Hora: 8:00 AM	
Actividad: Mampostería	Oficio: Ayudante	
TIEMPO PRODUCTIVO	0.00 (140 segundos)	Observación: Pegando ladrillo
TIEMPO CONTRIBUTIVO	2.20 (100 segundos)	Observación: Preparando mortero
TIEMPO NO CONTRIBUTIVO	4.00 (60 segundos)	Observación: Conversando
COMENTARIOS: En el momento de la medición estaba cayendo una ligera lluvia		

Nota. La imagen presenta los tres tiempos que permiten evaluar la productividad de una actividad.

Tomado de *Lean Construction Enterprise (2022)*. Lean Construction. Recuperado de <http://www.leaconstructionenterprise.com/>

2.3.3.3 Implementación del Last Planner System

El Last Planner System (LPS) es un sistema de planificación colaborativa desarrollado en el marco del enfoque Lean Construction, orientado a incrementar la fiabilidad de la producción y fortalecer el cumplimiento de compromisos en los proyectos de construcción. Su

funcionamiento se basa en principios de planificación realista y participación activa de los responsables directos de las tareas, lo que traslada la toma de decisiones al nivel operativo y fomenta una gestión compartida del trabajo. A diferencia de los enfoques tradicionales, centrados exclusivamente en lo que se “debería hacer”, el LPS pone el foco en lo que realmente se “puede hacer”, apoyándose en la identificación y eliminación anticipada de restricciones —como la falta de materiales, información o equipos— que podrían obstaculizar el avance del proyecto. Este enfoque colaborativo permite desarrollar planes semanales de trabajo confiables, basados en compromisos verificables, medición del Porcentaje de Plan Completado (PPC) y retroalimentación continua. En consecuencia, el LPS se convierte en una herramienta clave para reducir la incertidumbre, estabilizar el flujo de producción y aumentar la eficiencia operativa en el marco del enfoque Lean Construction (Lean Construction Enterprise, 2022; González et al., 2020).

El sistema se estructura en diferentes niveles de planificación que se complementan entre sí: la planificación maestra (de largo plazo), que establece los hitos principales del proyecto; la planificación intermedia (de mediano plazo), donde se define cómo se alcanzarán dichos hitos; y la planificación semanal (de corto plazo), donde se detallan las tareas específicas que serán ejecutadas durante la semana inmediata. La esencia del LPS radica en que solo se programan actividades que estén listas para ejecutarse, es decir, que hayan cumplido con todos los requisitos técnicos, logísticos y administrativos necesarios, eliminando previamente cualquier restricción que pueda comprometer su desarrollo.

Para garantizar esta condición, se aplica una herramienta fundamental del Last Planner System (LPS) denominada estudio de restricciones, la cual permite visualizar, analizar y gestionar de manera estructurada los factores que pueden impedir la ejecución oportuna de las actividades programadas. Este proceso forma parte del *make-ready planning* del enfoque Lean, orientado a asegurar que las tareas estén completamente preparadas antes de su inicio. Su

desarrollo se realiza con la participación activa y colaborativa del equipo de obra, lo que fomenta un entorno de planificación realista, coordinación efectiva y toma de decisiones basadas en condiciones operativas verificadas. De esta manera, el estudio de restricciones facilita la identificación anticipada de posibles cuellos de botella —como limitaciones de materiales, información, acceso o equipos— y permite actuar preventivamente antes de que estas condiciones afecten el rendimiento del cronograma o el flujo de trabajo.

Como parte de las buenas prácticas recomendadas por el enfoque Lean, Lean Construction Enterprise (2022) propone una plantilla estándar diseñada para documentar de manera clara y sistemática las restricciones detectadas directamente en campo. Esta herramienta no solo permite asegurar la trazabilidad de los factores críticos que condicionan la ejecución, sino que también promueve la transparencia en la gestión del proyecto, fortalece la comunicación entre los distintos actores involucrados y facilita el seguimiento proactivo de las condiciones necesarias para ejecutar cada actividad según lo planificado. La plantilla se presenta a continuación:

Figura 8.

Esquema representativo del estudio de restricciones

ACTIVIDADES (SE DEBEN HACER)	DISEÑO	MATERIALES	MANO DE OBRA	EQUIPOS	PRE-REQUISITOS	SE PUEDE HACER
Actividades No. 1	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Actividades No. 2	SI	NO	NO	SI	SI	NO
Actividades No. 3	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Actividades No. 4	SI	SI	NO	SI	NO	NO

Nota. La imagen muestra un análisis de interferencias operativas realizado para evaluar la viabilidad y secuencia de actividades constructivas durante la ejecución de un proyecto de obras civiles. Este tipo de análisis, aplicado dentro del enfoque Lean Construction, permite anticipar conflictos espaciales o logísticos entre frentes de trabajo, optimizando la coordinación y el flujo continuo de producción.

Adaptado de Lean Construction Enterprise (2022), “Lean Construction: Last Planner”. Recuperado de <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/last-planner>

La implementación efectiva del Last Planner System (LPS) exige la participación activa y comprometida de todos los actores del proyecto, desde los equipos operativos hasta la dirección técnica, ya que su efectividad depende de la construcción colectiva de compromisos realistas. Este enfoque colaborativo permite alinear expectativas, generar acuerdos confiables sobre los plazos y fomentar una toma de decisiones basada en condiciones verificables en terreno, no en suposiciones. Entre los resultados más relevantes documentados en su aplicación se destaca el incremento del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), indicador que refleja la confiabilidad de la planificación y la reducción de variabilidad en la ejecución. Además, el sistema favorece la detección anticipada de interferencias o cuellos de botella, gracias al análisis conjunto de restricciones y dependencias entre actividades, lo que permite implementar acciones preventivas que estabilizan el flujo de trabajo y optimizan el uso de recursos humanos y materiales.

Para asegurar la eficiencia y sostenibilidad del sistema, Lean Construction Enterprise (2022) enfatiza que los planes semanales deben formularse únicamente con actividades que estén realmente listas para ejecutarse, conforme al principio Lean de “make-ready planning” o preparación del trabajo. Esto implica que cada tarea incluida debe contar previamente con todos los insumos, recursos físicos, materiales disponibles, condiciones logísticas, permisos aprobados y definiciones técnicas necesarias para su ejecución. De esta manera, se evitan compromisos incumplibles y se incrementa la fiabilidad del plan de producción. Asimismo, se recomienda registrar de manera detallada las causas de incumplimiento de las actividades no ejecutadas y utilizar dicha información como base para acciones correctivas, fortaleciendo así el ciclo de mejora continua y la estabilidad del flujo de trabajo dentro del proyecto.

En el contexto del presente Proyecto Final de Graduación (PFG), el Last Planner System (LPS) constituye un componente estratégico dentro de la metodología híbrida propuesta, al integrar mecanismos de control estructurado con principios ágiles de adaptación,

retroalimentación y flexibilidad operativa. Su implementación permite reducir la variabilidad en obra, fortalecer la toma de decisiones en tiempo real y generar una planificación más confiable y consensuada entre los distintos actores del proyecto. En particular, durante la fase de ejecución, su aplicación potencia la capacidad del equipo para anticipar problemas mediante la detección temprana de restricciones, coordinar acciones preventivas y asegurar el cumplimiento realista de los compromisos asumidos, promoviendo así un flujo de trabajo continuo. Esta dinámica colaborativa eleva la eficiencia global y la confiabilidad del proyecto, al garantizar que la planificación se base en información verificada, tareas preparadas y una comunicación efectiva entre los niveles operativos y directivos.

Con la integración del LPS se consolida una propuesta metodológica robusta, que articula los aportes de los tres marcos analizados en este apartado (Scrum, Lean Construction y Last Planner), los cuales actúan como pilares técnicos y conceptuales de una gestión híbrida, contextualizada a las características del sector de la infraestructura. Esta combinación se alinea con los lineamientos expuestos en la *Construction Extension to the PMBOK® Guide* del Project Management Institute (PMI, 2016), documento que amplía las buenas prácticas de la gestión de proyectos tradicionales hacia el contexto particular de la construcción, incorporando conceptos de colaboración, integración y control de producción. En conjunto, esta sinergia busca no solo mejorar los resultados en términos de plazo, costo y calidad, sino también generar una cultura organizacional orientada al aprendizaje, la transparencia y la mejora continua.

3. Marco metodológico

El marco metodológico constituye una parte esencial en el desarrollo de un Proyecto Final de Graduación, ya que permite definir el conjunto de métodos, técnicas, procedimientos y herramientas que orientan la investigación y aseguran la validez de los resultados obtenidos. Su finalidad es estructurar de manera lógica y fundamentada la forma en que se recolectará, procesará y analizará la información necesaria para responder a los objetivos del proyecto, y plantear soluciones viables al problema identificado.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2021), la metodología de investigación traza el camino que guía una indagación científica, determinando el tipo de estudio, las fuentes de información, los métodos de análisis y los criterios que permiten tomar decisiones fundamentadas.

Este capítulo presenta, en primer lugar, las fuentes de información primarias y secundarias utilizadas para sustentar teóricamente la propuesta. Posteriormente, se describen los métodos de investigación aplicados, entre ellos el método analítico-sintético, el inductivo y el deductivo, los cuales orientan la lógica del análisis. En tercer lugar, se detallan las herramientas utilizadas para el procesamiento de datos y la estructuración de la propuesta. También se exponen los supuestos y restricciones que delimitan el alcance del estudio, y finalmente se identifican los entregables esperados del proyecto. Esta organización garantiza una ruta metodológica coherente, sólida y alineada con los propósitos del PFG.

3.1. Fuentes de información

Las fuentes de información son todos aquellos recursos que permiten obtener datos, hechos, conceptos o interpretaciones sobre una temática específica, con el propósito de sustentar el desarrollo de un trabajo académico, científico o técnico. Según Sampieri, Collado y Lucio (2021), una fuente de información es cualquier medio, documento, persona u objeto que proporciona datos pertinentes y confiables para el análisis e interpretación en una

investigación. Estas fuentes pueden clasificarse en primarias, cuando ofrecen información de primera mano recolectada directamente por el investigador, o secundarias, cuando consisten en datos ya procesados, analizados o interpretados por otros autores (Mertens, 2020).

En este contexto, se puede entender como fuente de información todo medio que permita satisfacer la necesidad de datos o conocimientos, con el fin de poder dar explicación a una condición o duda particular sobre una materia de estudio. Estas fuentes comprenden libros, artículos científicos, informes técnicos, entrevistas, encuestas, bases de datos, videos, pódcast, páginas web y cualquier otro medio de comunicación que contenga información relevante y útil para la investigación.

De acuerdo con la Universidad de Valencia (s.f.), las fuentes deben tener características que les permitan responder a los requerimientos y expectativas del estudio; es decir, debe existir una relación directamente proporcional entre la calidad de la fuente y el tipo de investigación realizada. En este sentido, contar con fuentes válidas, actuales y verificables garantiza la pertinencia de los argumentos presentados y la fiabilidad de las conclusiones obtenidas.

Su relevancia en el marco del presente Proyecto Final de Graduación radica en que las fuentes utilizadas no solo respaldan los planteamientos teóricos y metodológicos, sino que permiten contrastar los resultados con estudios previos, identificar vacíos en el conocimiento y construir propuestas con sustento técnico y científico. Además, contribuyen a la toma de decisiones fundamentadas y a la claridad en la delimitación del problema y su abordaje metodológico.

A continuación, se presentan las fuentes de información utilizadas para la elaboración de este documento, clasificadas según su naturaleza primaria o secundaria, en la tabla titulada "Fuentes de información utilizadas".

3.1.1. Fuentes primarias

Según Hernández, Fernández y Baptista (2021), las fuentes primarias corresponden a datos, conceptos, teorías o resultados generados directamente por sus autores, sin interpretación ni modificación previa. De forma complementaria, Villarreal (2020) señala que estas fuentes representan la evidencia empírica o conceptual base de una investigación, y permiten establecer un vínculo directo con el fenómeno estudiado, ofreciendo objetividad y actualidad en el análisis.

Este tipo de fuentes reviste especial relevancia en el presente Proyecto Final de Graduación (PFG), ya que a partir de ellas se construye el sustento metodológico y contextual de la propuesta híbrida planteada. Las fuentes primarias permiten analizar directamente investigaciones aplicadas, casos documentados y experiencias reales en la aplicación de metodologías ágiles como Scrum, Lean Construction y Last Planner System en obras civiles. Su utilización garantiza la validez y pertinencia de los argumentos, evitando distorsiones producto de interpretaciones secundarias.

A continuación, se listan las principales fuentes primarias utilizadas para el desarrollo de este trabajo:

- Chacña, D. & Medina, L. (2020). Programación en obras de ampliación y tiempos de ejecución mediante el marco de trabajo Scrum [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma].
- Carrasco, A. (2021). Integrando Scrum en la Dirección de Proyectos de Construcción.
- PMI Capítulo México. (2020). Webinar - Scrum aplicado a Construcción.
- PMI Madrid Spain Chapter. (2019). Webinar – Reunión de socios febrero.

- Sánchez, H. & Quintero, J. (2020). Propuesta de una metodología para la construcción de vías urbanas mayores a cien (100) metros basada en las mejores prácticas de Scrum en el municipio de Funza – Cundinamarca.
- Sánchez, H. (2020). Metodología Ágil de Gestión de Proyectos en el sector de la Construcción.
- 360 Lean Consultores. (2020). Webinar – Primer caso documentado de Scrum en la construcción.
- Agudelo Gallo, D. et al. (2023). Análisis de la metodología Scrum en gerencia de proyectos de construcción. Revista Digital de Ingeniería Civil, Universidad Católica de Colombia.
- International Group for Lean Construction (2023). 25th Annual Lean Construction Congress. <https://iglc.net>

Estas fuentes fueron revisadas de forma rigurosa, extrayendo de ellas métodos, conclusiones, herramientas y experiencias de implementación que aportan a la construcción de una metodología híbrida robusta, contextualizada y técnicamente fundamentada para la ejecución de obras de infraestructura bajo marcos ágiles.

3.1.2. Fuentes secundarias

Las fuentes de información secundarias son aquellas que no contienen datos originales, sino que interpretan, analizan, reorganizan o sintetizan información previamente publicada en fuentes primarias. Según Técnicas de Investigación (2020), estas fuentes permiten comprender y contextualizar el conocimiento existente mediante el análisis, la evaluación o el comentario de datos originales. De forma complementaria, Hernández, Fernández y Baptista (2021) explican que las fuentes secundarias incluyen documentos que, aunque no derivan de una investigación original, aportan valor mediante su sistematización crítica o su función interpretativa, como libros de texto, artículos de revisión, ensayos, manuales o guías de buenas prácticas.

En el contexto del presente Proyecto Final de Graduación (PFG), las fuentes secundarias son fundamentales, ya que permiten construir el marco conceptual y contextual necesario para sustentar la propuesta metodológica híbrida. Aportan una visión crítica y amplia del estado del arte en torno a la gestión ágil de proyectos de construcción, lo cual facilita la identificación de tendencias, enfoques comparativos, herramientas emergentes y desafíos actuales del sector.

Además, estas fuentes permiten validar teóricamente la aplicabilidad de marcos como Scrum, Lean Construction y Last Planner System, al tiempo que contribuyen a fortalecer los argumentos técnicos y metodológicos del estudio. Su uso permite, por ejemplo:

- Comprender los principios y fundamentos del enfoque Lean desde publicaciones especializadas.
- Contrastar enfoques ágiles en gestión de proyectos con modelos predictivos tradicionales.
- Identificar recomendaciones internacionales para adaptar metodologías ágiles a la construcción civil.
- Ejemplos específicos de fuentes secundarias utilizadas en este trabajo incluyen:
- Artículos de análisis como ¿Podemos aplicar metodologías ágiles en los proyectos de construcción?
- Plataformas especializadas como Scrum Colombia.org
- Guías prácticas de Lean Construction y Last Planner System
- Documentos académicos de revisión sobre implementación de BIM en la construcción
- Webinars de actualización profesional emitidos por organizaciones reconocidas

Estas fuentes han sido clave para comprender la evolución reciente del pensamiento ágil, así como para evaluar cómo puede integrarse de forma efectiva al modelo tradicional en la ejecución de obras de infraestructura.

A continuación, se presenta la tabla de fuentes de información utilizadas, clasificadas según su tipo (primaria o secundaria) y alineadas con los objetivos específicos del PFG:

Tabla 3

Fuentes de información utilizadas según tipo y objetivo específico del proyecto

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
1. Analizar la aplicabilidad de los marcos ágiles en proyectos de obras civiles, incluyendo los avances nacionales e internacionales en su implementación.	Chacña & Medina (2020); Carrasco (2021); Sánchez & Quintero (2020); Sánchez (2020); 360 Lean Consultores (2020); PMI México (2020); Agudelo Gallo et al. (2023); PMI Madrid (2019)	ScrumColombia.org (2019); Metodologías ágiles en construcción (Blog Profesional Ágil); ¿Podemos aplicar metodologías ágiles en proyectos de construcción?
2. Conocer y analizar los marcos Lean Construction, Last Planner y Scrum, con el propósito de incorporarlos en el diseño de una metodología de gestión de proyectos para obras civiles.	Aplicación de la metodología VDC/BIM; Carrasco (2021); Chacña & Medina (2020)	BIM en la Construcción; Guías prácticas de Lean Construction; Congreso Lean Construction (2023); Lean Construction Enterprise (2022)
3. Analizar el modelo predictivo de gestión de proyectos, a fin de identificar el punto de integración más adecuado para la incorporación de herramientas propias de los marcos ágiles.	Carrasco (2021); Sánchez (2020); Webinar PMI Madrid (2019)	¿Podemos aplicar metodologías ágiles en los proyectos de construcción?
4. Proponer una metodología híbrida para la ejecución de proyectos	Aplicación VDC/BIM; Chacña & Medina (2020)	Congreso Lean Construction (2023); ScrumColombia.org; ¿Podemos aplicar metodologías ágiles?; Lean Construction Enterprise (2022)
5. Aplicar la metodología híbrida de gestión en la etapa de ejecución de una obra de infraestructura, con el fin de analizar su desempeño en la planificación, seguimiento y control de procesos constructivos	Chacña & Medina (2020)	Sin fuentes secundarias para este objetivo (no requeridas en esta fase específica del estudio).

Nota. Esta tabla clasifica las fuentes primarias y secundarias utilizadas para el desarrollo de los objetivos específicos del Proyecto Final de Graduación. Elaboración propia.

En conclusión, las fuentes secundarias consultadas han permitido sustentar teóricamente los marcos metodológicos propuestos, validar su aplicabilidad al contexto de infraestructura en Colombia y reforzar la solidez argumentativa del presente estudio. Su

selección y uso responden a criterios de pertinencia, confiabilidad y relevancia para los objetivos definidos.

3.2. Métodos de Investigación

Los métodos de investigación son estrategias sistemáticas utilizadas para recolectar, analizar y presentar información relevante dentro de un proceso investigativo. De acuerdo con Hernández, Fernández-Collado y Baptista (2021), los métodos orientan la lógica general del estudio, estableciendo las pautas para el diseño, la recolección de datos y el análisis de resultados. Asimismo, Creswell y Creswell (2018) sostienen que los métodos de investigación proporcionan una estructura ordenada para abordar problemas científicos, facilitando la comprensión de fenómenos complejos desde enfoques cuantitativos, cualitativos o mixtos.

En el marco del presente Proyecto Final de Graduación, los métodos seleccionados buscan dar respuesta a los objetivos planteados mediante un enfoque mixto que articula el análisis sistemático de datos y la interpretación de evidencias documentadas, en función del diseño de una metodología híbrida de gestión de proyectos de construcción.

Los métodos utilizados son:

3.2.1. Método analítico-sintético

Este método se basa en descomponer un fenómeno en sus partes para analizarlas de manera individual (análisis) y luego integrarlas nuevamente para comprender su totalidad (síntesis). Es útil para estudiar fenómenos complejos y establecer relaciones entre sus componentes (Concepto.de, 2022). En el presente trabajo, se aplica para analizar por separado los marcos metodológicos ágiles y tradicionales, con el fin de integrarlos en una propuesta coherente.

3.2.2 Método inductivo

Consiste en obtener conclusiones generales a partir de la observación de casos particulares. Se basa en procesos de identificación de patrones, clasificación y formulación de

principios generales a partir de evidencias específicas (TodoMateria, 2022). En esta investigación se emplea para generalizar buenas prácticas de la aplicación de metodologías ágiles en obras específicas hacia un enfoque más amplio.

3.2.3 Método deductivo

Este método parte de principios generales o teorías para aplicarlos en situaciones particulares. Permite inferir conclusiones específicas mediante un razonamiento lógico descendente (Concepto.de, 2022). En este PFG se utiliza para aplicar marcos conceptuales como Lean Construction o Scrum a un caso específico de obra civil.

A continuación, se presenta la relación entre los objetivos del proyecto y los métodos de investigación utilizados. Esta conexión permite evidenciar cómo cada enfoque metodológico ha sido elegido para dar respuesta a las necesidades del estudio, asegurando coherencia entre los objetivos planteados y las herramientas aplicadas. De este modo, se establece una base metodológica clara que respalda la validez de los resultados obtenidos

Tabla 4

Métodos de Investigación utilizados

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método analítico-sintético	Método inductivo	Método deductivo
1. Analizar la aplicabilidad de los marcos ágiles en proyectos de obras civiles, incluyendo los avances nacionales e internacionales en su implementación, con el fin de establecer una base conceptual sólida para el desarrollo de la metodología híbrida.	Se descomponen las características de los marcos ágiles utilizados en la construcción para identificar sus componentes clave.	Se generalizan buenas prácticas observadas en proyectos de menor escala para aplicarlas a contextos más amplios.	Se parte del principio de que los marcos ágiles son aplicables a cualquier tipo de industria para justificar su uso en obras civiles.
2. Conocer y analizar los marcos Lean Construction, Last Planner y Scrum, con el propósito de incorporarlos en el diseño de una metodología de gestión de proyectos para obras civiles.	Se analizan los fundamentos teóricos y operativos de cada marco para integrarlos en un enfoque híbrido.	Se identifican patrones comunes de uso en diferentes tipos de proyectos.	Se trasladan principios metodológicos generales a un modelo específico de obra civil.
3. Analizar el modelo predictivo de gestión de proyectos, a fin de identificar el punto de integración más adecuado para la incorporación de herramientas propias de los marcos ágiles.	Se desglosan las fases del modelo predictivo y se identifican los puntos críticos de mejora.	Se observan experiencias prácticas donde se han incorporado herramientas ágiles dentro de estructuras tradicionales.	Se aplican fundamentos del enfoque ágil a segmentos específicos del ciclo de vida de proyectos tradicionales.
4. Proponer una metodología híbrida de gestión de proyectos, que combine	Se sintetizan los elementos de los	Se proyecta una metodología viable a	Se parte del principio de compatibilidad entre

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método analítico-sintético	Método inductivo	Método deductivo
enfoques clásico y ágil, orientada a optimizar la etapa de ejecución en proyectos constructivos de obras civiles.	modelos estudiados en una propuesta integral.	partir de casos exitosos documentados.	enfoques para generar una nueva estructura metodológica.
5. Aplicar la metodología híbrida de gestión en la etapa de ejecución de una obra de infraestructura, con el fin de analizar su desempeño en la planificación, seguimiento y control de procesos constructivos.	Se evalúan individualmente las herramientas utilizadas en la implementación de la metodología.	Se infieren conclusiones a partir de la experiencia obtenida durante la aplicación.	Se contrastan los resultados observados con los principios teóricos planteados.

Nota. Esta tabla presenta la relación entre los métodos de investigación seleccionados y su aplicación en el cumplimiento de los objetivos específicos del Proyecto Final de Graduación. Elaboración propia.

En síntesis, la aplicación combinada de los métodos analítico-sintético, inductivo y deductivo permite abordar el objeto de estudio desde distintas dimensiones: descomponiendo sus elementos, generalizando buenas prácticas y aplicando principios teóricos a casos concretos. Esta triangulación metodológica garantiza un enfoque integral y estructurado que fortalece el rigor de la investigación y respalda la construcción de una propuesta metodológica híbrida. Así, los métodos seleccionados no solo permiten una comprensión profunda del problema, sino que también orientan la formulación de soluciones aplicables y viables en el contexto específico de la ejecución de proyectos de infraestructura.

3.2.4 Herramientas

Una herramienta puede definirse como un instrumento, técnica o recurso que permite la recopilación, análisis, interpretación y organización de información, así como la solución de problemas en un contexto específico. Meredith, Shafer y Mantel (2019) sostienen que las herramientas de gestión de proyectos son medios estructurados que apoyan sistemáticamente la planificación, ejecución y control de los proyectos para garantizar el logro de sus objetivos. Por su parte, el Project Management Institute (2023) las define como medios técnicos que, en

combinación con técnicas, ayudan a implementar buenas prácticas de gestión en los distintos grupos de procesos.

Las herramientas son fundamentales para garantizar el rigor metodológico de una investigación. En el contexto del presente Proyecto Final de Graduación (PFG), estas permiten recopilar información confiable, validar hallazgos, estructurar soluciones y apoyar la toma de decisiones para desarrollar e implementar una metodología híbrida de gestión de proyectos de infraestructura.

A continuación, se describen las herramientas utilizadas en este proyecto, acompañadas de su respectiva definición y fundamentación teórica:

Juicio de Expertos: Técnica basada en la opinión de personas con experiencia y conocimientos especializados en el ámbito del proyecto. Se emplea para validar información, identificar buenas prácticas y fundamentar decisiones estratégicas en contextos de incertidumbre o complejidad (PMI, 2021).

Análisis de Datos: Proceso de inspección, depuración, transformación y modelado de datos con el objetivo de extraer información útil, proponer conclusiones y respaldar la toma de decisiones (QuestionPro, 2022).

Recopilación de Datos: Es la obtención sistemática de información relevante sobre variables específicas que permiten responder preguntas de investigación, probar hipótesis o cumplir objetivos definidos (KIO Networks, 2022).

Representación de Datos: Conjunto de técnicas gráficas que facilitan la comunicación efectiva de la información obtenida en el proceso investigativo (Gascón, 2022).

Habilidades Interpersonales: Conjunto de comportamientos y competencias sociales que permiten establecer relaciones de colaboración, comunicación efectiva y liderazgo dentro del equipo de trabajo. Estas habilidades son esenciales para fomentar entornos de confianza, cohesión y desempeño colectivo (Goleman, Boyatzis, & McKee, 2018; PMI, 2021).

Entrevistas: Técnica cualitativa que consiste en una conversación dirigida entre un entrevistador y uno o varios entrevistados para obtener información sobre percepciones, experiencias u opiniones respecto a un tema particular (Concepto, 2022).

Descomposición: Técnica utilizada para dividir y subdividir entregables o actividades del proyecto en componentes más manejables y comprensibles (Gascón, 2022).

Inspección: Proceso formal de revisión, medición o examen de productos o servicios para verificar su conformidad con los requisitos establecidos (SoyPM, 2022).

Registro de Supuestos: Documento que incluye condiciones asumidas como verdaderas para la planificación, aunque no se encuentren confirmadas, y que podrían afectar el desarrollo del proyecto (SoyPM, 2022).

Registro de Restricciones: Documento que recopila los factores limitantes identificados en el proyecto, tales como disponibilidad de recursos, tiempos definidos o requisitos legales y normativos. Estas restricciones condicionan las decisiones de planificación, ejecución y control, por lo que deben ser monitoreadas a lo largo del ciclo de vida del proyecto (PMI, 2021).

En la siguiente tabla se presenta el resumen de las herramientas utilizadas, organizadas según los objetivos específicos del Proyecto Final de Graduación (PFG). Estas herramientas fueron seleccionadas por su utilidad para cumplir cada objetivo, permitiendo estructurar adecuadamente la planificación, el análisis de la información y el diseño metodológico de la propuesta planteada.

Tabla 5

Herramientas utilizadas en el desarrollo de los objetivos del PFG

Objetivos	Herramienta
1. Analizar la aplicabilidad de los marcos ágiles en proyectos de obras civiles, incluyendo los avances nacionales e internacionales en su implementación, con el fin de establecer una base conceptual sólida para el desarrollo de la metodología híbrida.	Juicio de expertos, Entrevistas, Estudios comparativos, Toma de decisiones, Inspección, Análisis documental

Objetivos	Herramienta
2. Conocer y analizar los marcos Lean Construction, Last Planner y Scrum, con el propósito de incorporarlos en el diseño de una metodología de gestión de proyectos para obras civiles.	Análisis de alternativas, Juicio de expertos, Análisis documental, Toma de decisiones, Inspección, Descomposición, Registro de supuestos
3. Analizar el modelo predictivo de gestión de proyectos, a fin de identificar el punto de integración más adecuado para la incorporación de herramientas propias de los marcos ágiles.	Juicio de expertos, Toma de decisiones, Análisis documental, Registro de restricciones
4. Proponer una metodología híbrida de gestión de proyectos, que combine enfoques clásico y ágil, orientada a optimizar la etapa de ejecución en proyectos constructivos de obras civiles.	Toma de decisiones, Juicio de expertos, Análisis documental, Descomposición
5. Aplicar la metodología híbrida de gestión en la etapa de ejecución de una obra de infraestructura, con el fin de analizar su desempeño en la planificación, seguimiento y control de procesos constructivos.	Representación de datos, Registro de restricciones, Habilidades interpersonales

Nota. La tabla resume las herramientas empleadas para alcanzar cada uno de los objetivos del PFG.

Elaboración propia.

En resumen, la selección y aplicación adecuada de herramientas metodológicas ha sido clave para orientar el desarrollo de este Proyecto Final de Graduación. Estas herramientas no solo facilitaron la recolección y análisis de información relevante, sino que también permitieron estructurar los procesos de evaluación, toma de decisiones, validación de supuestos y diseño de propuestas metodológicas adaptadas al contexto de obras de infraestructura. Su uso riguroso y contextualizado garantiza la coherencia interna del estudio y fortalece la validez de los resultados obtenidos en cada una de las fases del proyecto.

3.3 Supuestos y restricciones

Los supuestos y restricciones son elementos fundamentales en la gestión de proyectos, ya que ayudan a establecer un marco de referencia y a definir los límites dentro de los cuales se llevará a cabo el proyecto. Al identificarlos y gestionarlos adecuadamente, se incrementan significativamente las probabilidades de éxito en la ejecución del proyecto.

Según DeConceptos (2022), los supuestos son condiciones que se asumen como ciertas, aun cuando no hayan sido probadas, es decir, son posibilidades que consideran causas que conducen a efectos. Son las premisas en las que se basan los razonamientos lógicos. Cuando el supuesto reviste la característica de evidente y no requiere ser demostrado, se

convierte en un axioma. Por su parte, Heldman (2021) afirma que, en el contexto de proyectos, los supuestos son afirmaciones aceptadas sin evidencia inmediata, que influyen en la planificación, el cronograma, el presupuesto y el alcance, y que pueden representar riesgos si no se gestionan adecuadamente.

En cuanto a las restricciones, Schwalbe (2021) las define como factores que limitan las opciones de planificación del proyecto, comúnmente relacionados con el tiempo, el costo, el alcance, la calidad o los recursos. Su gestión adecuada es fundamental para evitar desviaciones que comprometan los objetivos del proyecto. De igual forma, Heldman (2018) sostiene que las restricciones son condiciones que restringen las decisiones del gerente del proyecto y deben ser gestionadas activamente para evitar impactos negativos en el desempeño del proyecto.

A continuación, se presenta la Tabla 6, en la que se consignan de manera clara y estructurada los principales supuestos y restricciones identificadas en relación directa con cada uno de los objetivos específicos establecidos para el desarrollo del presente Proyecto Final de Graduación (PFG). La inclusión de estos elementos resulta fundamental, ya que permite delimitar el alcance del estudio, establecer las condiciones bajo las cuales se plantea la investigación y prever los posibles factores que podrían influir positiva o negativamente en su ejecución. Asimismo, esta información facilita la planificación estratégica del proyecto, orienta la toma de decisiones en función de los recursos disponibles, y contribuye a mitigar los riesgos asociados a la aplicación de la metodología híbrida propuesta en contextos reales de construcción de obras civiles.

Tabla 6

Supuestos y restricciones

Objetivos	Supuestos	Restricciones
1. Analizar la aplicabilidad de los marcos ágiles en proyectos de obras civiles, incluyendo los avances nacionales e internacionales en su implementación, con el	La información recopilada en estudios previos es suficiente y	Carencia de información de casos prácticos de integración de marcos

Objetivos	Supuestos	Restricciones
fin de establecer una base conceptual sólida para el desarrollo de la metodología híbrida.	aplicable al análisis contextual del sector de obras civiles.	ágiles en proyectos de construcción.
2. Conocer y analizar los marcos Lean Construction, Last Planner y Scrum, con el propósito de incorporarlos en el diseño de una metodología de gestión de proyectos para obras civiles.	Se dispone de suficiente documentación técnica y académica sobre Lean Construction, Last Planner y Scrum para realizar un análisis integral.	Falta de conocimiento, manejo y capacitación sobre metodologías ágiles por parte de algunos actores del sector.
3. Analizar el modelo predictivo de gestión de proyectos, a fin de identificar el punto de integración más adecuado para la incorporación de herramientas propias de los marcos ágiles.	Existe disponibilidad de fuentes expertas y asesoría técnica para validar la compatibilidad entre enfoques predictivos y ágiles.	Predisposición negativa frente a la funcionalidad de metodologías ágiles en obras de construcción tradicionales.
4. Proponer una metodología híbrida de gestión de proyectos, que combine enfoques clásico y ágil, orientada a optimizar la etapa de ejecución en proyectos constructivos de obras civiles.	Existe viabilidad técnica y conceptual en la implementación de una metodología híbrida en proyectos de infraestructura.	Resistencia al cambio por parte de algunos actores involucrados en la ejecución de los proyectos.
5. Aplicar la metodología híbrida de gestión en la etapa de ejecución de una obra de infraestructura, con el fin de analizar su desempeño en la planificación, seguimiento y control de procesos constructivos.	Se cuenta con los recursos técnicos, humanos y metodológicos adecuados para aplicar la propuesta en condiciones reales o simuladas.	Limitada disponibilidad de escenarios controlados o entornos reales para aplicar la metodología de forma experimental.

Nota. Esta tabla muestra los supuestos y restricciones tenidos en cuenta en cada uno de los objetivos específicos del Proyecto Final de Graduación. Elaboración propia.

En conclusión, los supuestos y restricciones identificados en este estudio permiten delimitar claramente el alcance y las condiciones del desarrollo del PFG. Estos elementos orientan la ejecución del proyecto, permiten anticipar obstáculos, y fortalecen la planificación estratégica del proceso investigativo. Gestionarlos con criterio resulta esencial para maximizar la eficiencia, reducir riesgos, y lograr una implementación efectiva de la propuesta metodológica planteada.

3.4 Entregables

En el contexto de la gestión de proyectos, los entregables representan los productos o resultados verificables que se generan como consecuencia del desarrollo de las actividades planificadas. Según el Project Management Institute (2021), un entregable es cualquier resultado único y verificable que se debe producir para completar un proceso, una fase o un proyecto. Por su parte, Martins (2022) sostiene que los entregables pueden entenderse como los resultados esperados al finalizar un proyecto, ya sean tangibles (productos, informes) o

intangibles (servicios, resultados). En este sentido, los entregables permiten evaluar el avance y cumplimiento de los objetivos del proyecto, siendo fundamentales para la toma de decisiones, el control de calidad y la validación de los resultados.

En este Proyecto Final de Graduación (PFG), los entregables cumplen una función crítica, ya que no solo evidencian el cumplimiento de los objetivos específicos, sino que permiten evaluar los avances, generar conocimiento aplicable y estructurar una propuesta metodológica concreta. Cada entregable fue definido desde el inicio del proyecto y se corresponde con uno de los objetivos establecidos en el acta del proyecto.

A continuación, se presenta la Tabla 7, en la que se detallan los entregables correspondientes a cada uno de los objetivos específicos del Proyecto Final de Graduación. Esta tabla no solo identifica los productos resultantes del proceso investigativo, sino que también incluye una breve descripción de su contenido, con el fin de facilitar su comprensión y contextualización. Cada entregable responde a una necesidad concreta del estudio, y su definición permite establecer con claridad los insumos que se generarán a lo largo del desarrollo del proyecto, contribuyendo así al control, seguimiento y validación de los resultados

Tabla 7

Entregables asociados a los objetivos específicos del Proyecto Final de Graduación

Objetivos	Entregable	Descripción
1. Analizar la aplicabilidad de los marcos ágiles en proyectos de obras civiles, incluyendo los avances nacionales e internacionales en su implementación, con el fin de establecer una base conceptual sólida para el desarrollo de la metodología híbrida.	Informe de análisis documental	Documento técnico que presenta los hallazgos obtenidos del estudio de casos reales de aplicación de metodologías ágiles en obras civiles, destacando similitudes, diferencias y elementos transferibles.
	Revisión comparativa de experiencias	Cuadro de análisis comparativo de casos nacionales e internacionales que aplican Scrum, Lean Construction o Last Planner en el sector construcción.
2. Conocer y analizar los marcos Lean Construction, Last Planner y Scrum, con el propósito de incorporarlos en el diseño de una metodología de gestión de proyectos para obras civiles.	Guía metodológica de marcos ágiles	Documento que explica los fundamentos, beneficios, herramientas y condiciones de aplicación de los tres marcos seleccionados.

Objetivos	Entregable	Descripción
3. Analizar el modelo predictivo de gestión de proyectos, a fin de identificar el punto de integración más adecuado para la incorporación de herramientas propias de los marcos ágiles.	Documento de diagnóstico del modelo predictivo	Informe técnico que identifica las debilidades del enfoque tradicional en proyectos de infraestructura y propone oportunidades de mejora mediante metodologías ágiles.
	Plan de mejoramiento de procesos	Propuesta con acciones específicas para integrar herramientas ágiles en fases críticas del modelo predictivo, orientadas a incrementar eficiencia y flexibilidad.
4. Proponer una metodología híbrida de gestión de proyectos, que combine enfoques clásico y ágil, orientada a optimizar la etapa de ejecución en proyectos constructivos de obras civiles.	Propuesta metodológica híbrida	Documento estructurado que describe la metodología híbrida resultante, sus fases, roles, herramientas y principios operativos.
	Diagrama metodológico	Representación visual de la metodología híbrida propuesta, detallando los flujos de trabajo y sus componentes.
5. Aplicar la metodología híbrida de gestión en la etapa de ejecución de una obra de infraestructura, con el fin de analizar su desempeño en la planificación, seguimiento y control de procesos constructivos.	Informe de aplicación piloto	Documento que registra la implementación controlada de la metodología en un escenario simulado o real, incluyendo los resultados observados.
	Análisis de desempeño y resultados	Evaluación con indicadores de gestión, análisis de eficacia y recomendaciones de mejora con base en la experiencia de aplicación.

Nota. Esta tabla detalla los entregables definidos para cada objetivo del PFG, incluyendo una breve descripción de su contenido. Elaboración propia.

En síntesis, los entregables definidos para este PFG no solo estructuran el desarrollo del proyecto, sino que también constituyen instrumentos clave para garantizar la trazabilidad del trabajo, evaluar los resultados, y facilitar la aplicación práctica de la metodología híbrida propuesta. Cada entregable está directamente vinculado con un objetivo específico y responde a una necesidad técnica, metodológica o de gestión, lo que asegura su pertinencia y relevancia dentro del marco del estudio.

4. Desarrollo

Con el propósito de dar claridad al proceso de implementación metodológica propuesto en este Proyecto Final de Graduación, se presenta a continuación la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) como instrumento organizador del desarrollo de los objetivos específicos. Esta herramienta resulta esencial, ya que permite fragmentar el proyecto en componentes manejables y coherentes, facilitando su planificación, ejecución, control y evaluación. En este caso, la EDT ha sido concebida no como un elemento operativo genérico, sino como una guía estructurada para evidenciar cómo se abordó cada uno de los objetivos específicos en el marco de la metodología híbrida aplicada a la etapa de ejecución de obras civiles.

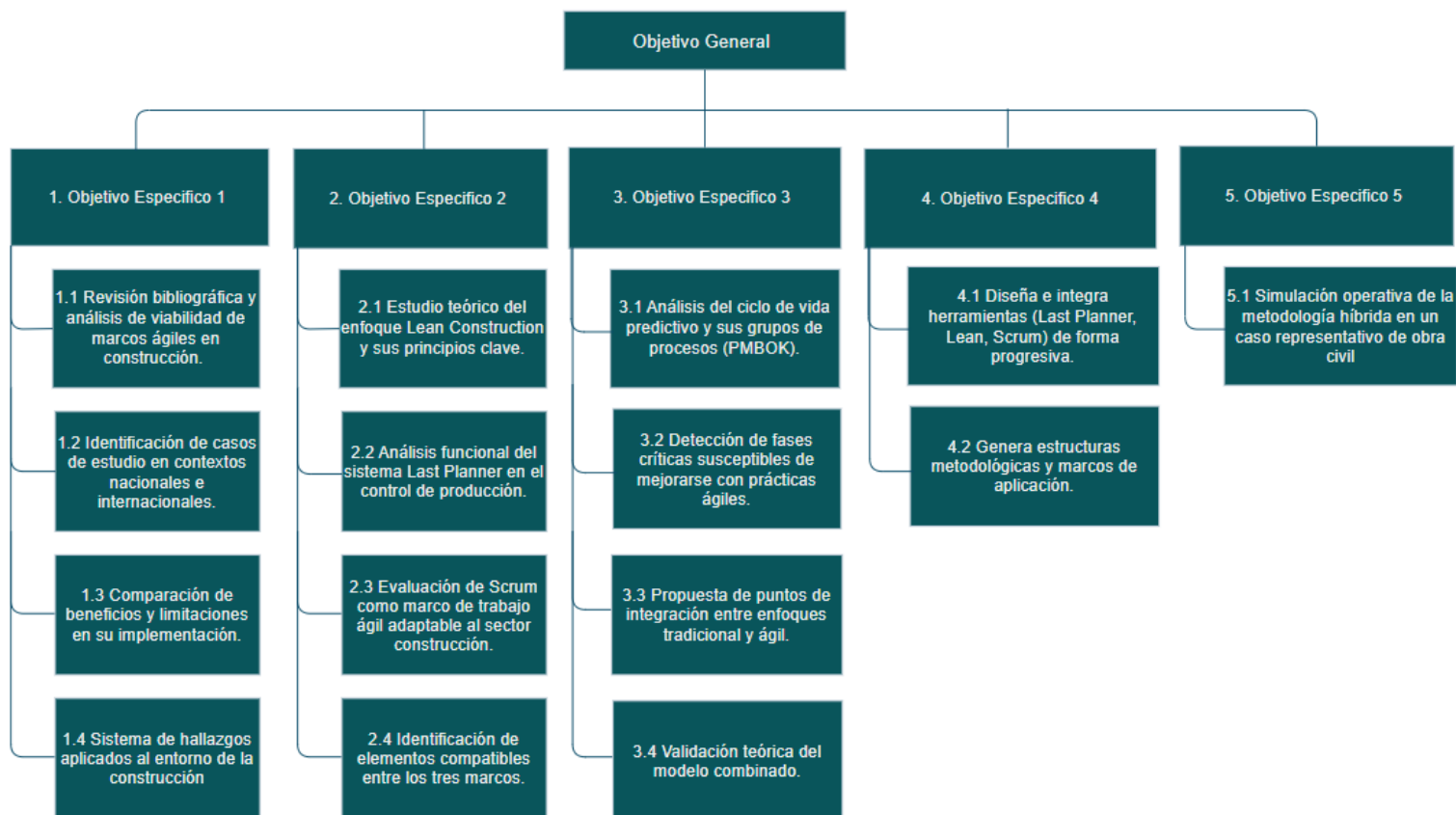
La importancia de esta EDT radica en su capacidad para coordinar y orientar el desarrollo de los objetivos, permitiendo mantener trazabilidad entre las actividades realizadas, las metodologías utilizadas y los resultados obtenidos. Su estructura facilita el seguimiento detallado del progreso, el control del alcance y la identificación de productos intermedios, enmarcando cada acción dentro de la lógica metodológica propuesta. Además, proporciona una base clara para analizar los avances en relación con la implementación progresiva de los marcos Scrum, Lean Construction y Last Planner, dentro de un entorno de obra real.

A continuación, se presenta la Figura correspondiente a la Estructura de Desglose del Trabajo del PFG, la cual sintetiza gráficamente la relación entre los objetivos específicos planteados, las actividades desarrolladas para su cumplimiento y los entregables derivados de cada fase. Esta representación visual permite comprender de manera integral cómo se articula el desarrollo del proyecto a lo largo de los capítulos que conforman el presente documento. Asimismo, la Estructura de Desglose del Trabajo facilita la identificación clara y ordenada de los componentes clave del proyecto, permitiendo visualizar la secuencia lógica entre las acciones propuestas y su correspondencia directa con los resultados esperados. De esta forma, se convierte en una herramienta esencial para el seguimiento, control y validación del avance del

trabajo, garantizando la coherencia entre el planteamiento metodológico y el cumplimiento progresivo de los objetivos establecidos.

Figura 9.

EDT para el desarrollo y cumplimiento de objetivos



Nota. La imagen presenta la estructura de desglose de trabajo para el cumplimiento de los objetivos del trabajo de grado. Elaboración Propia

Por lo tanto, el presente capítulo se organiza tomando como referencia esta estructura de desglose, describiendo de forma sistemática el proceso seguido para cada objetivo específico. A través de este enfoque, se exponen las actividades desarrolladas, las herramientas aplicadas, los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas, permitiendo evaluar la efectividad de la metodología híbrida propuesta y su aplicabilidad en contextos reales de ejecución de obras de infraestructura.

4.1. Análisis de la viabilidad y pertinencia de la incorporación de marcos ágiles en proyectos de obras civiles: avances nacionales e internacionales como base conceptual para el desarrollo de una metodología híbrida.

El creciente interés por mejorar la eficiencia y adaptabilidad en la gestión de proyectos de construcción ha impulsado la exploración de nuevas metodologías que superen las limitaciones de los enfoques tradicionales. En este contexto, los marcos ágiles, tradicionalmente asociados al desarrollo de software, han comenzado a evaluarse como alternativas viables para proyectos en sectores como el de la infraestructura y obras civiles. El presente objetivo tiene como finalidad analizar la aplicabilidad de estos marcos ágiles en el contexto de la construcción, considerando los avances reportados a nivel nacional e internacional y estableciendo una base conceptual que permita su futura integración dentro de una metodología híbrida.

Para ello, se han estructurado diversas actividades que abordan desde el análisis bibliográfico y documental, hasta la aplicación de herramientas como el modelo de idoneidad propuesto por el PMI. Esta primera actividad se enfoca en revisar críticamente la posibilidad de integrar enfoques ágiles a proyectos de obras civiles, particularmente en la etapa de ejecución, desde una perspectiva fundamentada en la gestión de procesos.

4.1.1. Revisión bibliográfica y análisis de viabilidad de marcos ágiles en construcción

Una mirada rápida podría sugerir que la aplicación de metodologías ágiles en la construcción de obras civiles resulta inviable, dado que estos proyectos tienden a seguir una secuencia lineal y sus entregables se materializan al final del proceso. No obstante, tal como se ha establecido en diferentes apartados del presente estudio, es posible una integración efectiva si se enfoca la aplicabilidad de los enfoques ágiles en los procesos internos, en lugar de centrarse exclusivamente en la planificación del producto.

Con base en la información analizada y sistematizada, se concluye que existen fundamentos teóricos y prácticos que respaldan la implementación de metodologías ágiles en proyectos de construcción. La Guía del PMBOK (PMI, 2021) respalda esta posibilidad al presentar el enfoque híbrido como una alternativa viable que combina elementos predictivos y adaptativos, lo cual resulta especialmente útil en entornos de complejidad creciente y alta exigencia.

Aunque los enfoques ágiles están diseñados para contextos con alta incertidumbre, su aplicación puede adaptarse a proyectos de construcción siempre que se enfoquen en procesos iterativos y en la entrega incremental de valor en actividades críticas. Para determinar la pertinencia de aplicar estos marcos en contextos constructivos específicos, el Project Management Institute (2021) sugiere evaluar el enfoque de entrega más adecuado (predictivo, adaptativo o híbrido), de acuerdo con las características del entorno, el equipo y los objetivos del proyecto.

Este modelo permite evaluar cuál es el ciclo de vida más adecuado para un proyecto, según factores como la cultura organizacional, la composición del equipo y las características del proyecto. Entre los antecedentes de este modelo se destacan los desarrollados por DSDM y Crystal, los cuales sirvieron como base para el modelo consolidado de Boehm y Turner. Dicho modelo considera atributos clave como: aceptación del enfoque, autonomía del equipo, experiencia del personal, criticidad del proyecto, y posibilidad de entregas incrementales.

En la Tabla 8 se presentan los criterios de evaluación utilizados en el cuestionario de idoneidad para enfoques ágiles, organizados por atributos, categorías, preguntas y parámetros de calificación. Esta estructura permite una interpretación clara y sistemática de los elementos considerados durante la valoración, brindando una base objetiva para determinar en qué medida un proyecto puede beneficiarse de la aplicación de marcos ágiles. Además, la organización detallada de la información en esta tabla facilita la comparación entre distintos

escenarios o casos de estudio, asegurando la consistencia en los juicios emitidos y promoviendo una toma de decisiones fundamentada en criterios previamente definidos y alineados con las buenas prácticas del Project Management Institute.

Tabla 8

Criterios de Evaluación de Idoneidad

CUESTIONARIO DE FILTROS DE IDONEIDAD PARA ÁGIL				
ATRIBUTOS	CATEGORÍA	PREGUNTAS	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	CALIFICACIÓN DEL EQUIPO
Cultura	Aceptación de Enfoque	¿Existe un patrocinador maduro (sénior) que entienda y apoye el uso de un enfoque ágil para este proyecto?	Sí=1 Parcial=5 No=10	
	Confianza en el Equipo	Tomando en cuenta los patrocinadores y los representantes del negocio que trabajarán con el equipo. ¿Tienen estos interesados la confianza en que el equipo puede transformar su visión y necesidades en un producto o servicio exitoso, con apoyo y retroalimentación continuos en ambas direcciones?	Sí=1 Probable=5 Poco Probable=10	
	Poderes del Equipo para la Toma de Decisiones	¿Se le dará autonomía al equipo para tomar sus propias decisiones locales sobre cómo emprender el trabajo?	Sí=1 Probable=5 Poco Probable=10	
Equipo	Tamaño del Equipo	¿Cuál es el tamaño del equipo principal?, Usar esta escala 1-9 = 1, 10 – 20 = 2, 21 -30 = 3, 31 – 45 = 4, 46 – 60 = 5, 61 – 80 = 6, 81 - 110 = 7, 111 – 150 = 8, 151 – 200 = 9, 201 + = 10	de 1 a 10	
	Niveles de Experiencia	Considerar los niveles de experiencia y habilidades de los roles del equipo principal. Aunque es normal tener una mezcla de personas experimentadas e inexpertas en los roles, para que los proyectos ágiles funcionen sin problemas es más fácil cuando cada rol tiene al menos un miembro experimentado	Sí=1 Parcial=5 No=10	
	Acceso al Cliente/Negocio	¿Tendrá el equipo acceso diario a por lo menos un representante del negocio/del cliente con el fin de hacer preguntas y obtener retroalimentación?”	Sí=1 Parcial=5 No=10	
Proyecto	Probabilidad de Cambio	¿Qué porcentaje de requisitos podrían cambiar o ser descubiertos mensualmente?	50%=1 25%=5 5%=10	
	Criticidad del Producto o Servicio	Para ayudar a determinar los niveles probables de rigor adicional para verificación y documentación que puedan requerirse, evaluar la criticidad del producto o servicio que se está construyendo. Utilizando una evaluación que considere pérdidas debida al posible impacto de los defectos, determinar que podría ocasionar una falla	Tiempo=1 Fondos Discrecionales=2 a 4 Fondos Esenciales= 5 Vida Única=6 a 9 Muchas Vidas=10	
	Entrega incremental	¿Se puede construir y evaluar el producto o servicio en porciones? Además, ¿estarán disponibles los representantes de la empresa o del cliente para proporcionar retroalimentación oportuna sobre los incrementos entregados?	Sí=1 Quizás=5 Poco Probable=10	

Nota. Adaptado del *Project Management Institute* (2017a, pp. 129–133). *PMBOK® Guide* (6.^a ed.).

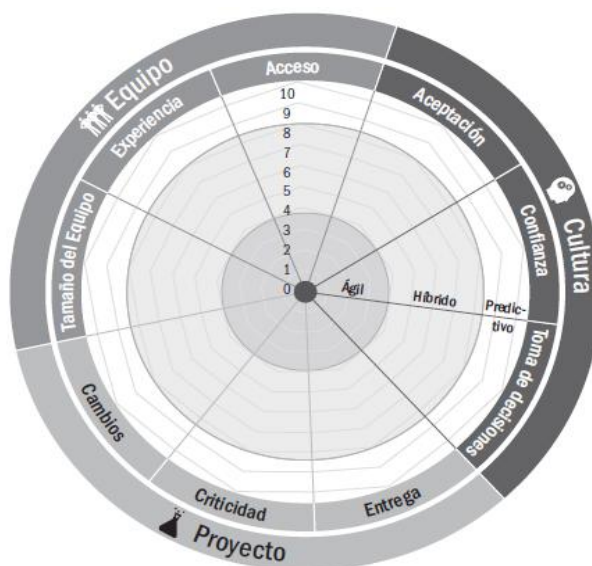
Elaboración propia.

Esta herramienta se complementa con una representación visual que permite analizar los resultados de forma integrada. La Figura 11 presenta una gráfica de radar con tres franjas:

ágil, híbrida y predictiva, que permite identificar de forma clara el enfoque más adecuado según los resultados del cuestionario.

Figura 10

Grafica para la Evaluación de idoneidad



Nota. Reproducido de *Project Management Institute* (2017a, p. 134). *PMBOK® Guide* (6.ª ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute.

La interpretación de esta gráfica permite establecer con mayor precisión el grado de adaptabilidad del proyecto al enfoque ágil, identificando claramente los niveles de alineación entre las características del proyecto y los principios de este tipo de metodología. Cuando los criterios evaluados se alejan de las zonas deseadas, la gráfica recomienda tomar medidas adicionales que garanticen una transición o implementación más controlada y efectiva. Esta evaluación no solo facilita la toma de decisiones informadas sobre el enfoque de gestión más adecuado, sino que también permite diagnosticar el estado actual de madurez de la organización en términos de cultura, estructura y competencias. Además, ofrece insumos relevantes para diseñar estrategias de preparación o fortalecimiento institucional, necesarias para adoptar con éxito una metodología más flexible, iterativa y centrada en la entrega continua de valor.

Para aplicar el cuestionario de filtros de idoneidad al inicio de un proyecto de construcción, se recomienda realizar una evaluación conjunta entre los responsables de la planeación estratégica, el equipo de proyecto y los principales stakeholders. Esta evaluación debe llevarse a cabo en la fase inicial de definición del proyecto (etapas 1 o 2 del ciclo de vida), antes de seleccionar el enfoque de gestión a implementar. La calificación obtenida por cada uno de los atributos (cultura, equipo, proyecto) permite identificar de forma temprana el nivel de preparación organizacional y la compatibilidad del proyecto con un enfoque ágil, híbrido o predictivo. Si los resultados muestran una alta alineación con los principios ágiles, se puede proceder con mayor confianza hacia la implementación de la metodología híbrida. En caso contrario, los hallazgos permitirán diseñar acciones de preparación institucional, como capacitaciones, fortalecimiento de roles clave o ajustes en los mecanismos de control. De este modo, el cuestionario no solo guía la decisión estratégica del enfoque más adecuado, sino que también actúa como una herramienta preventiva para reducir resistencias y aumentar la efectividad de la adopción metodológica

4.1.2. Identificación de casos de estudio en contextos nacionales e internacionales

Con el fin de identificar antecedentes que evidencien la aplicabilidad de enfoques ágiles en la industria de la construcción, se presenta a continuación una revisión documental de casos de estudio tanto nacionales como internacionales. Esta revisión permite observar cómo diferentes actores, en distintos entornos, han experimentado con la adopción de marcos como Scrum o Lean, y proporciona una base sólida para comprender los alcances, limitaciones y aprendizajes obtenidos en estos contextos. El análisis de estos casos sirve como insumo para validar la posibilidad de aplicar enfoques ágiles en la ejecución de obras civiles, al tiempo que se identifica el grado de madurez organizacional requerido, los beneficios alcanzados y las barreras enfrentadas en el proceso de implementación.

4.1.2.1. Casos Nacionales – Colombia

Uno de los casos destacados es el trabajo de Sánchez y Quintero (2020), titulado "Propuesta de una metodología para la construcción de vías urbanas mayores a cien (100) metros basados en las mejores prácticas de Scrum en el municipio de Funza – Cundinamarca". Este estudio propone aplicar el marco Scrum en la ejecución de proyectos viales, permitiendo entregas parciales por tramos para reducir los impactos sociales y económicos. La investigación concluye que mediante una correcta adaptación de roles, tareas y ciclos iterativos es posible implementar prácticas ágiles en este tipo de proyectos, generando beneficios para los diferentes actores involucrados.

La propuesta reconoce las diferencias con el enfoque predictivo tradicional, subrayando cómo la transparencia, la mejora continua y la entrega incremental de valor pueden aportar a la optimización de la gestión de obras públicas. Este enfoque se justifica a partir de la necesidad de atender de manera más flexible la variabilidad inherente en los proyectos constructivos y lograr una mayor aceptación social durante la ejecución de las obras.

4.1.2.2. Casos Internacionales

Diversos estudios internacionales han explorado la implementación de marcos ágiles en contextos constructivos, confirmando su aplicabilidad bajo condiciones específicas. Por ejemplo, Ingle (2019) en su artículo "Agile Project Management: Feasible Methodology in Construction Industry", identifica barreras culturales y estructurales para la adopción de metodologías ágiles, pero también evidencia su potencial para mejorar la coordinación, la eficiencia y la respuesta al cambio.

Carrasco (2021) presenta una mirada histórica y evolutiva del uso de BIM y Scrum en obras civiles, mientras que Chacña y Medida (2020) analizan cómo la programación de obras puede optimizarse aplicando principios ágiles, integrando además herramientas como Lean

Construction y Jira para el seguimiento de tareas. Dumrak et al. (2020) emplean el Analytic Hierarchy Process para evaluar las barreras de implementación en Australia, destacando la importancia del liderazgo, la comunicación y la toma de decisiones para el éxito de este enfoque.

Otros autores como Vidal, Marle y Bocquet (2020) discuten las restricciones propias del entorno constructivo, como la variabilidad en la formación del personal y la fragmentación operativa, y proponen enfoques híbridos que integren prácticas ágiles en etapas tempranas del diseño, donde las condiciones del equipo lo permiten. Asimismo, experiencias documentadas por PMI México (2020), PMI Madrid (2019) y consultoras como 360 Lean evidencian la viabilidad del Scrum en proyectos de ingeniería civil, siempre que se logre romper con paradigmas tradicionales y se promueva una cultura de colaboración, transparencia y mejora continua.

A continuación, se presenta la Tabla 8, la cual recopila de manera estructurada los principales estudios nacionales e internacionales relacionados con la implementación de metodologías ágiles en proyectos de construcción de obras civiles. Esta matriz permite identificar los aportes, enfoques, autores y contextos de aplicación, sirviendo como base referencial para el análisis comparativo y la fundamentación de la propuesta metodológica desarrollada en esta investigación.

Tabla 9.

Relación de investigaciones nacionales e internacionales

Avances Nacional e Internacionales sobre Implementación Ágil				
Origen	Autor	Año	Título	Descripción
Nacional - Colombia	Sánchez, L. y Quintero, M.L.	2020	Propuesta de una metodología para la construcción de vías urbanas mayores a cien (100) metros basados en las mejores prácticas de scrum en el municipio de Funza – Cundinamarca.	Busca implementar una estructura ágil para vías de más de 100 m, bajo un modelo Scrum identificando roles y responsabilidades.
Nacional - Colombia	Scrum Colombia	2019	Scrum en Construcción	El documento se basa en responder la siguiente pregunta, ¿Se puede aplicar Scrum en la construcción? Fundamentada en el aporte de valor permanentemente

Avances Nacional e Internacionales sobre Implementación Ágil				
Origen	Autor	Año	Título	Descripción
Internacional	Journal of Engineering and Advanced Technology	2019	Agile Project Management: Feasible Methodology in Construction Industry	Se basa en la verificación, conocimiento y masificación de las metodologías ágiles, para lo cual desarrollan una encuesta a personal con un nivel de formación alto del sector de la construcción
Internacional	Carrasco, O.L.	2021	Metodologías ágiles para la gestión de proyectos de construcción	Presenta cómo ha sido el origen de la aplicación de marcos ágiles en la construcción iniciando por el BIM y hace una introducción al SCRUM desde el punto del desarrollo de las obras civiles.
Internacional	Chacña, D. y Medida. L.E.	2020	Programación en obras de ampliación y tiempos de ejecución mediante el marco de trabajo scrum	Busca primordialmente mejorar la programación de los proyectos de obras civiles, apuntando a la reducción de los tiempos y a la eficiencia de la planeación con base en los conceptos Scrum
Internacional	Dumrak, Mostafa, & Hadjinicolaou	2020	Using Analytic Hierarchy Process to Evaluate Implementation Barriers of Agile Project Management in Australian Project Environments	Busca determinar y estudiar las barreras que permiten la implementación de la metodología ágil en diferentes proyectos. Para lo cual toman como base lo expresado en el manifiesto ágil, analizado y estudiado por profesionales en la materia, los cuales brindan conceptos sobre la eliminación de estas barreras.
Internacional	E_Gerence	2020	Integrando Scrum en la Dirección de Proyectos de Construcción	Esta presentación muestra como se ha incorporado algunas metodologías relacionadas con Scrum, BIM, Last Planner de Lean, Construction, Project Production Management (PPM) e Integrated, a lo largo de varios proyectos de ingeniería, su aplicabilidad, funcionalidad y el valor que las mismas pueden ofrecer al desarrollo de proyectos de ingeniería
Internacional	Medina, G.	2022	¿Podemos aplicar metodologías ágiles en los proyectos de construcción?	Presenta como ha sido la implementación de las herramientas ágiles en el desarrollo de obras de construcción, empezando por la masificación del BIM, y la introducción de Last Planner como estructuras que han dado aplicación en las obras de ingeniería y soporte a la introducción de las metodologías a los proyectos de construcción.
Internacional	Owen y Koskela	2006	¿Is Agile Project Management applicable to construction?	Presentan un análisis del uso de la metodología en el sector de la construcción, en donde se muestra que la mayor complejidad de la implementación está relacionada con disparidad de empleados, pues gran parte de estos tienen una formación profesional empírica, carente de formalidad y formación estatal
Internacional	PMI Capítulo México	2020	Webinar - Scrum aplicado a Construcción	La presentación se basa en la aplicación del Scrum y las ventajas que esto ha presentado en algunas obras de ingeniería, recalando que lo más complejo no ha sido la aplicación de estas herramientas, si no, el doblegar paradigmas establecidos por la gestión tradicional de estos proyectos, presenta una amplia experiencia en la aplicación de Ágiles en la construcción con datos relevantes desde el 2014
Internacional	PMI Madrid	2019	Webinar reunión de socios febrero 2019 – PMI Madrid Spain Chapter	Presenta los avances que se están generando en el mundo en la cuarta revolución la aplicación de marcos ágiles en aspectos y áreas diferentes a la del software e incursionando con éxito a automotriz, medicina y dando avances fuertes en la construcción, por lo cual este material permite si no de manera explícita ver y hacer paralelos de otros enfoques que pueden servir para esta investigación y aplicación
Internacional	Sánchez, R.	2020	Metodología Ágil de Gestión de Proyectos en el sector de la Construcción	El desarrollo de este documento se hace teniendo como idea fundamental la estructuración e implementación de los modelos ágiles en la industria de la construcción, este trabajo de acuerdo a lo que presenta se puede tomar como una base para el desarrollo del tema propuesto, en el PFG que es caso de estudio y de investigación, pues busca realizar una recopilación de las investigaciones existentes y su aplicabilidad en este mercado, con el fin de buscar cual es la estructura recomendada en estas actividades

Avances Nacional e Internacionales sobre Implementación Ágil				
Origen	Autor	Año	Título	Descripción
Internacional	360 Lean Consultores	2020	Webinar- Primer caso documentado de SCRUM en la construcción	Presenta la aplicación de Scrum en un proceso de recuperación y remodelación de un centro comercial en Perú, en donde explica cómo se analizó y ponderó la utilización de este marco por encima del predictivo, además analiza y se enfoca en las herramientas Scrum aplicadas en un proceso de construcción, aunque, no es un desarrollo complejo si se compara entre el abanico de las obras de ingeniería, generaba un reto en el tema de logística, y además deja entrever la forma de poder incluir este tipo de marcos a los procesos de construcción de obras civiles.

Nota. Esta tabla relaciona los avances sobre la implementación de metodologías ágiles en los proyectos de construcción. Elaboración Propia.

Esta tabla resume los estudios analizados, organizando por origen, autor, año, título y una breve descripción de cada caso. Permite identificar patrones comunes y diferencias relevantes en el enfoque de implementación.

En síntesis, los casos revisados permiten afirmar que sí existe una tendencia creciente a explorar la aplicación de metodologías ágiles en el sector de la construcción, especialmente el marco Scrum. Sin embargo, la mayoría de las implementaciones analizadas han adoptado una forma rígida del enfoque ágil, generando tensiones con las estructuras predictivas dominantes. De ahí que la integración mediante enfoques híbridos aparezca como una opción viable y estratégica para adaptar los principios ágiles a la naturaleza compleja y variable de los proyectos de infraestructura civil.

4.1.3. Comparación de beneficios y limitaciones en su implementación

El análisis de los beneficios y limitaciones en la implementación de metodologías ágiles en la gestión de proyectos de obras civiles requiere una visión integral y crítica, que considere tanto la evidencia documentada en la literatura especializada como las particularidades del entorno constructivo. Este análisis no solo busca describir los aportes de los enfoques ágiles — como la mejora en la adaptabilidad, la comunicación y la generación de valor—, sino también reconocer las restricciones culturales, contractuales y organizacionales que pueden limitar su

aplicación plena. En el marco del presente Proyecto Final de Graduación, este apartado tiene como propósito establecer un marco comparativo y evaluativo que permita identificar oportunidades de mejora y condiciones de adaptación necesarias para incorporar de manera efectiva los principios ágiles en proyectos de infraestructura, especialmente en contextos donde tradicionalmente han prevalecido metodologías predictivas.

Entre los principales beneficios identificados se destaca la mejora sustancial en la comunicación y coordinación entre los equipos de trabajo y las partes interesadas del proyecto. Esta mejora no surge de manera espontánea, sino que es consecuencia directa de las estructuras colaborativas que establecen los marcos ágiles. En el caso de Scrum, los eventos recurrentes —como las reuniones diarias y las revisiones de sprint— generan canales formales de intercambio de información que facilitan la identificación temprana de problemas y la toma de decisiones oportuna (Carrasco, 2021). Por su parte, Lean Construction potencia la interacción constante entre los actores del proyecto mediante herramientas visuales y prácticas de planificación colaborativa, promoviendo transparencia y compromiso compartido con los objetivos de valor. Además, estudios como el de Dumrak, Mostafa y Hadjinicolaou (2020) demuestran que la adopción de estos enfoques fortalece la colaboración entre equipos multidisciplinarios, reduce los ciclos de retroalimentación y minimiza errores que podrían impactar en el cronograma o presupuesto, consolidando así un entorno de trabajo más integrado y eficiente.

Otro beneficio esencial es la capacidad de adaptación al cambio, entendida como la habilidad del proyecto para ajustar su planificación, prioridades y recursos frente a condiciones emergentes sin comprometer los objetivos globales. En los enfoques ágiles, esta capacidad se sustenta en ciclos iterativos de trabajo, la retroalimentación continua y la revisión constante de entregables, lo que permite responder con rapidez ante modificaciones en el alcance o el contexto operativo. En el ámbito de la construcción, donde los requerimientos pueden variar por

causas técnicas, normativas o ambientales, esta adaptabilidad resulta fundamental para mantener la continuidad productiva y evitar desviaciones mayores. Como señalan Ingle (2019) y Sánchez (2020), los marcos ágiles proporcionan un entorno estructurado pero flexible, que posibilita incorporar cambios de manera controlada y progresiva, reduciendo el impacto de la incertidumbre y fortaleciendo la capacidad de respuesta del equipo frente a contingencias propias de obras en ejecución.

La visibilidad temprana del progreso mediante entregas incrementales constituye uno de los beneficios más relevantes de la adopción de enfoques ágiles en la gestión de obras civiles. Este principio, basado en la generación de entregables parciales y revisiones frecuentes, permite que los avances del proyecto sean observables y evaluables en tiempo real, fortaleciendo la percepción de valor por parte del cliente y su participación activa en la validación de resultados. Como destacan Chacña y Medina (2020), la implementación de iteraciones cortas y la revisión continua del trabajo facilitan la detección temprana de desviaciones y la incorporación oportuna de mejoras, reduciendo el riesgo de errores acumulativos que suelen presentarse cuando la retroalimentación se produce solo al final del proceso constructivo. En consecuencia, este enfoque no solo optimiza la calidad del producto final, sino que también promueve una relación más transparente, colaborativa y orientada al valor entre el equipo de proyecto y el cliente.

No obstante, las limitaciones también son evidentes y deben analizarse con una perspectiva crítica. Una de las principales restricciones identificadas radica en la imposibilidad de aplicar entregas parciales en ciertas tipologías de obra —como túneles, cimentaciones profundas o estructuras complejas de infraestructura—, donde el producto final solo adquiere valor en su totalidad. En estos casos, el principio ágil de entrega incremental encuentra una barrera técnica derivada de la propia secuencia constructiva, la dependencia entre actividades y las condiciones contractuales que rigen este tipo de proyectos. Tal como plantean Medina

(2022) y Brockmann y Girmscheid (2018), esta realidad obliga a replantear el enfoque de aplicación de las metodologías ágiles, orientándolas no hacia la fragmentación del producto, sino hacia la optimización de los procesos intermedios como medio para reducir desperdicios, acortar plazos y mejorar la coordinación entre equipos. Desde la perspectiva del presente PFG, esta adaptación representa la esencia del modelo híbrido propuesto: aplicar la flexibilidad y retroalimentación propias de lo ágil dentro de un marco de control predictivo, garantizando así la eficiencia sin comprometer la integridad del producto final.

Otra limitante sustancial radica en la disparidad en la formación del personal involucrado en los proyectos. Según Marcelino-Sádaba, Pérez-Ezcurdia y Echeverría Lazcano (2020), la industria de la construcción aún presenta altos niveles de informalidad y una limitada formación técnica en los niveles operativos, situación que contrasta con otros sectores más tecnificados y estandarizados. Esta condición no solo restringe la comprensión de los principios ágiles, sino que también dificulta la consolidación de equipos autónomos, colaborativos y orientados a la mejora continua. En el contexto colombiano, esta brecha formativa constituye una de las principales barreras para la implementación efectiva de enfoques modernos de gestión, pues reduce la capacidad de los trabajadores para adaptarse a metodologías basadas en la planificación participativa y la retroalimentación constante. Por ello, el modelo híbrido propuesto en el presente PFG plantea la incorporación de mecanismos de capacitación progresiva y liderazgo facilitador, con el fin de fortalecer las competencias del equipo, alinear los niveles de conocimiento y garantizar la apropiación práctica de los principios ágiles dentro del proceso constructivo.

Adicionalmente, la cultura organizacional y la resistencia al cambio constituyen factores críticos que condicionan la adopción de nuevas metodologías en el sector construcción. Tal como señala el Project Management Institute (2021), los entornos con estructuras jerárquicas rígidas y procesos normativos altamente formalizados tienden a rechazar los modelos de

trabajo más flexibles, lo que retrasa o incluso impide su implementación efectiva. Este fenómeno es particularmente visible en organizaciones con una marcada tradición técnica y de control, donde la delegación de decisiones o la autogestión de los equipos se perciben como una pérdida de autoridad. Por ello, resulta indispensable complementar cualquier innovación metodológica con una estrategia de cambio organizacional que involucre liderazgo transformacional, comunicación abierta y programas de capacitación progresiva. Solo así puede promoverse una transición cultural que fomente la colaboración, la confianza y la mejora continua, asegurando que la adopción de marcos híbridos se traduzca en un cambio sostenible y no solo procedimental.

Por último, se resalta que la implementación de marcos ágiles sin una adecuada adaptación al contexto del proyecto puede generar resultados contraproducentes. Como advierte Sánchez (2020), imponer modelos ágiles de manera rígida, sin considerar las particularidades técnicas, contractuales o culturales del entorno, puede derivar en confusión, descoordinación o duplicidad de esfuerzos. En este sentido, la propuesta metodológica híbrida desarrollada en el presente PFG se fundamenta en el principio de flexibilidad adaptativa, entendida como la capacidad estructurada de ajustar prácticas y herramientas según el ciclo de vida del proyecto, la madurez organizacional y el tipo de obra. Esta flexibilidad no implica improvisación, sino una adaptación estratégica que equilibra el control del enfoque predictivo con la agilidad requerida para responder a entornos dinámicos. De este modo, se promueve una gestión más realista, contextualizada y orientada a la generación sostenida de valor.

A continuación, se presenta la Tabla 9 como una síntesis comparativa de los beneficios y limitaciones identificados en la implementación de enfoques ágiles en proyectos de construcción de obras civiles.

Tabla 10.

Comparación de beneficios y limitaciones en la implementación de marcos ágiles en obras civiles

Categoría	Beneficios	Limitaciones
Comunicación	Mejora la interacción entre stakeholders y equipos de obra (Carrasco, 2021).	Formación informal limita comprensión del enfoque (Owen y Koskela, 2006).
Adaptabilidad	Posibilidad de integrar cambios sin comprometer el desarrollo (Ingle, 2019; Sánchez, 2020).	Estructuras jerárquicas dificultan la flexibilidad metodológica (PMI, 2017).
Seguimiento	Visibilidad temprana del avance mediante entregables incrementales (Chacña y Medida, 2020).	Imposibilidad de entregas parciales en ciertos tipos de obra (Medina, 2022).
Colaboración	Mayor cohesión de equipos multidisciplinarios (Dumrak et al., 2020).	Resistencia cultural y organizacional a nuevos modelos (PMI, 2017).
Optimización del proceso	Mejora continua en la ejecución y control de obra mediante iteraciones (Medina, 2022).	Aplicación inadecuada puede generar confusión o duplicidad de esfuerzos (Sánchez, 2020).

Nota. Esta tabla resume los principales beneficios y limitaciones documentados en la implementación de metodologías ágiles en proyectos de obras civiles. Elaboración propia.

En conclusión, la aplicación de marcos ágiles en el sector de la construcción representa una oportunidad significativa para mejorar la gestión de procesos, siempre que su implementación se adapte a las condiciones reales de cada proyecto. La clave radica en centrar los esfuerzos más en el desarrollo y optimización de los procesos que en la entrega del producto final, especialmente en aquellas tipologías de obra donde la naturaleza técnica impide una aplicación ágil convencional. Este enfoque basado en procesos permite generar valor sostenido, fortalecer la comunicación entre los actores y consolidar una cultura de mejora continua. A largo plazo, su adopción progresiva contribuye a avanzar hacia estructuras organizacionales más flexibles y colaborativas, capaces de responder con mayor agilidad a las demandas del entorno y de integrar de manera coherente los principios del enfoque predictivo con los del enfoque ágil dentro de una metodología híbrida.

4.1.4. Sistema de hallazgos aplicados al entorno de la construcción

Este apartado presenta un sistema de hallazgos derivados del análisis crítico y documental realizado, con el propósito de establecer criterios aplicables al desarrollo de proyectos de construcción desde la perspectiva de adopción de metodologías ágiles. Más que

una simple recopilación, se busca identificar elementos funcionales, adaptables y transferibles a los procesos constructivos, partiendo de experiencias previas internacionales y del análisis reflexivo orientado por las particularidades del entorno técnico y operativo de las obras civiles.

Al revisar las investigaciones y estudios recopilados, se observa que muchos de ellos han intentado implementar marcos como Scrum de manera integral en el proceso constructivo, estableciendo correspondencias directas entre sus roles, artefactos y eventos con los elementos propios de la planificación y ejecución de obras. Sin embargo, este enfoque, aunque teóricamente coherente, no necesariamente garantiza una mejor gestión del proyecto si no se acompaña de una adaptación contextualizada a las particularidades del sector. En la construcción, factores como la secuencia técnica de actividades, las restricciones contractuales y la dependencia entre frentes de trabajo requieren una aplicación flexible de los principios ágiles, más orientada a fortalecer la coordinación, la transparencia y la toma de decisiones colaborativa que a replicar el marco original en su totalidad. En este sentido, la propuesta metodológica híbrida del presente PFG plantea una integración práctica de los fundamentos de Scrum con las estructuras predictivas tradicionales, priorizando la efectividad operativa sobre la aplicación literal del modelo.

Desde la perspectiva adoptada en este Proyecto Final de Graduación, la adopción de herramientas ágiles puede contemplar la integración de artefactos y eventos provenientes de marcos como Scrum, siempre que estos sean debidamente adaptados al contexto técnico, operativo y cultural del entorno constructivo. Dicha adopción no debe responder a la simple transferencia de modelos predefinidos, sino a una evaluación estratégica orientada a identificar qué elementos de valor —como las reuniones diarias, retrospectivas, tableros visuales o entregas iterativas— aportan mejoras tangibles en la planificación, la coordinación y el control de obra. En este sentido, el valor no se limita al producto entregado, sino que se traduce en procesos más eficientes, equipos más cohesionados y una mayor transparencia en la gestión.

Por ello, la propuesta metodológica plantea una implementación progresiva y contextualizada, donde cada práctica ágil se incorpore con propósito claro y compatibilidad técnica, fortaleciendo la dinámica operativa sin alterar la lógica constructiva del proyecto.

Por ejemplo, actividades como la planificación de cimentaciones profundas, la gestión de obras subterráneas o los procesos estructurales repetitivos pueden beneficiarse del uso de herramientas como tableros visuales, planificación iterativa o retrospectivas. Sin embargo, su aplicación debe diseñarse a la medida de cada contexto, reconociendo que cada fase de una obra puede requerir herramientas distintas y un enfoque adaptativo en función de su criticidad, incertidumbre e innovación. En las etapas iniciales o de alto riesgo, donde la criticidad es elevada, resulta más apropiado mantener un control predictivo robusto; mientras que en fases de ejecución con alta incertidumbre o presencia de procesos innovadores, la incorporación de prácticas ágiles facilita la retroalimentación continua y la toma de decisiones colaborativa. Este principio refuerza la lógica del modelo híbrido propuesto, donde la elección metodológica no es rígida, sino estratégicamente flexible para optimizar la gestión según las particularidades de cada etapa del ciclo de vida del proyecto.

Con base en lo anterior, se estructuran los siguientes hallazgos aplicables al entorno de la construcción:

Tabla 11.

Sistema de hallazgos aplicables a la adopción de metodologías ágiles en obras civiles

N.º	Hallazgo sistematizado	Aplicabilidad
1	La mayoría de los estudios aplican Scrum como marco completo en proyectos de construcción.	Esta práctica puede ser viable en obras de pequeña o mediana escala, pero no siempre se adapta eficientemente a procesos complejos o de alta variabilidad.
2	La adaptación del enfoque ágil debe ser dinámica y por actividades, no por proyecto completo.	Cada actividad o fase constructiva puede implementar herramientas ágiles según su grado de madurez, criticidad técnica y necesidad de seguimiento.
3	No es viable establecer una equivalencia fija entre roles de Scrum y actores de obra.	Los roles pueden variar según la actividad, por lo que se recomienda identificar responsables funcionales por fase o proceso.
4	El entorno de la construcción presenta retos estructurales, como la formación empírica en niveles operativos (Marcelino-Sádaba, Pérez-Ezcurdia, & Echeverría Lazcano, 2020).	Estos desafíos requieren un enfoque gradual en la formación, comunicación y adopción de nuevas herramientas.

N.º	Hallazgo sistematizado	Aplicabilidad
5	El modelo de idoneidad para el enfoque ágil permite evaluar fortalezas y oportunidades antes de la implementación.	No debe usarse como filtro excluyente, sino como herramienta de diagnóstico y ajuste para facilitar una implementación progresiva de una metodología híbrida.

Nota. La tabla resume hallazgos clave sobre la aplicabilidad de herramientas ágiles en proyectos constructivos, con base en el análisis documental realizado en este estudio. Elaboración propia

En síntesis, el conjunto de hallazgos analizados demuestra que la implementación de enfoques ágiles en la construcción no puede ser estandarizada ni lineal, dado que cada proyecto presenta condiciones técnicas, contractuales y culturales particulares que influyen directamente en su gestión. La singularidad de las obras civiles —por su variabilidad en escala, entorno, riesgo y complejidad— exige que la aplicación de los marcos ágiles sea el resultado de una lectura crítica y contextual del proyecto, más que de la adopción literal de modelos predefinidos. Por ello, se reafirma la necesidad de proponer una metodología híbrida flexible, que permita integrar principios ágiles dentro de estructuras predictivas consolidadas, centrando la gestión en los procesos, la colaboración y la mejora continua, en lugar de una aplicación rígida o uniforme de los marcos existentes.

A partir del análisis documental realizado y del estudio detallado de casos nacionales e internacionales, se concluye que es plenamente válido, pertinente y técnicamente viable gestionar proyectos de construcción de obras civiles mediante una metodología híbrida. Esta afirmación no parte únicamente de una suposición teórica ni de una postura conceptual aislada, sino que se fundamenta en la evidencia empírica proveniente de múltiples experiencias reales, en las cuales la aplicación de herramientas ágiles ha contribuido significativamente a la mejora en el desarrollo, la organización y la eficiencia de los proyectos constructivos. En consecuencia, el enfoque híbrido surge como una respuesta pertinente a las nuevas dinámicas del sector y a la necesidad de transformación en los modelos tradicionales de gestión.

Esta viabilidad se confirma al observar que, aunque muchas de las experiencias revisadas intentaron aplicar Scrum en su forma estructural sobre proyectos completos, el

verdadero potencial del enfoque híbrido radica en su capacidad de adaptar herramientas y principios ágiles a segmentos específicos del proceso constructivo, considerando variables como el tipo de actividad, el nivel de complejidad, la estabilidad de los requisitos y la madurez del equipo. En consecuencia, se plantea la propuesta de una metodología híbrida que no sustituye al enfoque tradicional, sino que lo complementa mediante una combinación inteligente y flexible, capaz de responder simultáneamente a los requerimientos técnicos del producto y a las dinámicas humanas y organizacionales del proceso. Esta integración busca equilibrar el control estructurado propio del enfoque predictivo con la adaptabilidad y colaboración características de los marcos ágiles, generando una gestión más eficiente, contextualizada y orientada al valor.

En este sentido, el modelo híbrido se configura como una solución integradora, capaz de superar los límites de la gestión predictiva sin perder su estructura y, al mismo tiempo, de aprovechar los beneficios de la adaptabilidad, la transparencia y la mejora continua que caracterizan a los marcos ágiles. Esta integración permite mantener la rigurosidad técnica y el control propios de la planificación tradicional, incorporando al mismo tiempo mecanismos de retroalimentación y aprendizaje continuo que fortalecen la capacidad de respuesta ante la variabilidad del entorno constructivo. Con base en la revisión académica, técnica y práctica desarrollada en este Proyecto Final de Graduación, se establece que la gestión híbrida constituye una alternativa viable y estratégica para obras civiles, ya que representa una oportunidad real para optimizar la planificación, el seguimiento y el control durante la etapa de ejecución, mejorando el desempeño del proyecto en valor, eficiencia, colaboración y resultados tangibles. En conjunto, este modelo contribuye a consolidar una cultura de gestión más proactiva, integrada y orientada a la creación sostenida de valor dentro del sector construcción.

4.2. Análisis de los fundamentos, principios y herramientas de los marcos Lean Construction, Last Planner System y Scrum para su integración en una metodología híbrida aplicada a proyectos de obras civiles.

La necesidad de fortalecer la gestión de proyectos en la industria de la construcción ha impulsado la búsqueda de enfoques metodológicos alternativos que superen las limitaciones del modelo tradicional, caracterizado por su rigidez y baja capacidad de adaptación frente a entornos cambiantes. En este contexto, el presente capítulo desarrolla el segundo objetivo específico del Proyecto Final de Graduación (PFG), orientado al análisis detallado de los marcos Lean Construction, Last Planner System y Scrum, considerados pilares fundamentales para la estructuración de una metodología de gestión híbrida aplicada a la etapa de ejecución de obras civiles.

Este análisis se justifica no solo por el reconocimiento internacional que han alcanzado dichos marcos, sino también por el valor estratégico que pueden aportar en contextos constructivos donde se requiere mayor eficiencia, colaboración, control operativo y enfoque en la entrega de valor. Cada uno de estos enfoques ofrece principios, herramientas y mecanismos complementarios que, al integrarse adecuadamente, pueden conformar una propuesta metodológica robusta, flexible y adaptable a los desafíos del sector.

A lo largo del desarrollo de este objetivo, se abordan los fundamentos teóricos y operativos de cada marco, su aplicabilidad en proyectos constructivos y las sinergias existentes entre ellos. Asimismo, se examinan experiencias prácticas y casos documentados que evidencian cómo la implementación de Lean Construction, Last Planner System y Scrum ha contribuido a mejoras sustanciales en aspectos como la planificación, el flujo de trabajo, la comunicación efectiva, la toma de decisiones y el control de avances.

Este análisis crítico permitirá identificar los aportes más relevantes de cada marco y establecer las bases conceptuales para su integración dentro del modelo híbrido propuesto,

garantizando la coherencia metodológica y la aplicabilidad del enfoque en obras civiles reales. De esta manera, se consolida un marco de referencia sólido que orienta la evolución hacia procesos constructivos más eficientes, colaborativos y sostenibles.

4.2.1. Estudio teórico del enfoque Lean Construction (Construcción sin Pérdidas) y sus principios clave.

El enfoque Lean Construction se fundamenta en la mejora continua de la confiabilidad del flujo de trabajo, orientado a maximizar los beneficios del proyecto mediante la reducción sistemática de pérdidas. Su principio rector es eliminar todo aquello que no aporte valor, entendido como cualquier actividad, proceso o recurso que no contribuya directamente al cumplimiento de los objetivos del cliente o al avance efectivo de la obra. Este enfoque busca identificar y suprimir los distintos tipos de desperdicio (muda) presentes en los proyectos constructivos —como esperas, reprocesos, exceso de inventario, transporte innecesario o tiempos improductivos—, promoviendo un uso más eficiente de los recursos y una ejecución más fluida. En los procesos de construcción, esto implica no solo el control de costos y cronogramas, sino también una gestión precisa de materiales, equipos y mano de obra, garantizando así una mayor productividad, rentabilidad y generación sostenida de valor.

Lean se apoya en el análisis del tiempo como variable crítica de la productividad, dividiéndolo en tres categorías:

- **Tiempo productivo:** aquel que agrega valor directo a la actividad ejecutada.
- **Tiempo contributivo:** tiempo que facilita o habilita la ejecución de tareas productivas.
- **Tiempo no contributivo:** representa las pérdidas del proceso; es decir, actividades que no agregan ni facilitan valor.

La identificación de estas categorías se apoya en herramientas como la prueba de cinco minutos (citada anteriormente en el punto 2.3.3.2), que permite registrar y clasificar el uso del tiempo por parte del personal operativo.

Además, se recomienda el control detallado de horas hombre, horas máquina y consumo de insumos, ya que estos indicadores son esenciales para comparar lo planeado con lo ejecutado, identificar desviaciones y aplicar medidas correctivas que reduzcan sobrecostos.

A partir de estos fundamentos, Lean Construction propone un ciclo de mejora continua estructurado en cinco pasos, orientado a incrementar la eficiencia operativa, reducir las pérdidas y fortalecer la toma de decisiones basada en datos reales. Este ciclo inicia con la medición indirecta de la productividad, donde se evalúan los tiempos productivos, contributivos y no contributivos de las actividades en campo para diagnosticar el desempeño operativo. Luego, en la fase de registro y tabulación de la información, los datos se organizan en matrices que permiten visualizar las causas de ineficiencia y priorizar los procesos críticos. Posteriormente, mediante la identificación de la magnitud del tiempo improductivo, se clasifican y cuantifican las fuentes de pérdida utilizando herramientas estadísticas. El cuarto paso, análisis y diseño de alternativas de mejora, implica la realización de reuniones y talleres colaborativos para definir estrategias correctivas y acciones de optimización. Finalmente, el proceso culmina con la implementación y control de mejoras, donde se establecen planes de acción, responsables, cronogramas y mecanismos de seguimiento que aseguran la sostenibilidad del cambio.

4.2.1.1. Medición Indirecta de la Productividad (Control de tiempo)

El primer paso consiste en realizar una evaluación de la productividad en campo, seleccionando una muestra representativa de actividades y colaboradores que reflejen las condiciones reales de ejecución. A través del seguimiento directo en obra, se identifican las

proporciones de tiempo productivo, contributivo y no contributivo, categorías que permiten medir la eficiencia del proceso: el tiempo productivo corresponde a las actividades que agregan valor directo al proyecto; el contributivo, a las tareas que apoyan o preparan la ejecución; y el no contributivo, a los periodos de espera, desplazamiento o reproceso que representan pérdidas. Esta medición constituye una herramienta esencial para diagnosticar la eficiencia operativa y establecer una línea base que oriente los ciclos posteriores de mejora continua dentro del enfoque Lean Construction.

4.2.1.2 Registro y tabulación de la información

La información recolectada se organiza en una matriz que facilita su interpretación, permitiendo visibilizar la distribución del tiempo por actividad, cargo, día y tipo de pérdida. Este análisis facilita la priorización de procesos críticos donde deben enfocarse las estrategias de mejora.

A continuación, se presenta una matriz a modo de ejemplo donde se relacionan la información recopilada en la etapa de medición de productividad de las diferentes actividades seleccionadas o requieren un análisis de acuerdo con su relevancia en la cadena de producción.

Tabla 12.

Registro de control de tiempos para un proyecto de Construcción de un Puente.

Fecha	24 agosto de 2022	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
		Productivo	Contributivo	No Contributivo		Contributivo	No Contributivo
Oficial	Instalación Acero	2	2	1	5	Traslado de acero al frente obra	Sin Claridad en el proceso
Ayudante	Instalación Acero	2	2	1	5	Traslado de acero al frente obra	Sin Claridad en el proceso
Oficial	Encofrado	3	0.5	1.5	5	Trasladando formaleta	Reproceso por acero mal Instalado
Ayudante	Encofrado	3	0.5	1.5	5	Trasladando formaleta	Reproceso por acero mal Instalado
Oficial	Instalación de concreto	3	0	2	5	NA	Sin suministro
Ayudante	Instalación de concreto	3	0	2	5	NA	Sin suministro

Fecha	24 agosto de 2022	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
Colaborador	Actividad	Productivo	Contributivo	No Contributivo		Contributivo	No Contributivo
Oficial	Tensionamiento Cables de Alta Tensión	2.5	1.5	1	5	Corte de Cables	Gato averiado
Ayudante	Tensionamiento Cables de Alta Tensión	2.5	1.5	1	5	Corte de Cables	Gato averiado
Oficial	Perforación en Roca	3.5	1	0.5	5	Traslado de equipo de perforación	Daño en broca
Ayudante	Perforación en Roca	3.5	1	0.5	5	Traslado de equipo de perforación	Daño en broca

Nota. La tabla presenta un modelo para la recopilación y clasificación de los tiempos de ejecución de actividades críticas en obra. Elaboración propia.

Este registro permite obtener una visión clara de los puntos críticos donde se concentran las pérdidas de productividad, así como las causas que las originan, facilitando la toma de decisiones informadas.

El registro de control de tiempo proporciona una caracterización cuantitativa y cualitativa de las actividades donde se evidencian ineficiencias en la ejecución de tareas, identificando tanto los cargos involucrados como las causas que las originan. Este diagnóstico inicial permite visualizar con claridad los puntos críticos del flujo de trabajo y constituye la base para definir estrategias de mejora específicas. La información obtenida facilita la priorización de acciones, el establecimiento de indicadores de desempeño y la implementación de un plan de intervención progresiva, ajustado a las prioridades del proyecto y fortalecido mediante ciclos iterativos de evaluación propios del enfoque Lean Construction.

4.2.1.3. Identificación de la magnitud del tiempo improductivo

Una vez registrada la información, se procede a clasificar las causas de improductividad —como tiempos de espera, reprocesos, falta de materiales o deficiencias en la coordinación— y a determinar su peso relativo dentro del proceso general, identificando qué factores concentran la mayor proporción del tiempo no productivo. Esta cuantificación permite jerarquizar las fuentes de pérdida y orientar los esfuerzos hacia aquellas con mayor impacto en

la eficiencia operativa. A través de herramientas estadísticas, como gráficos de barras o diagramas de Pareto, es posible visualizar con claridad las causas predominantes y definir acciones correctivas específicas para cada una.

4.2.1.4. Análisis y diseño de alternativas de mejora

El análisis detallado de las causas de improductividad constituye la base para definir estrategias correctivas específicas, sustentadas en evidencia y priorizadas según su impacto en la eficiencia del proyecto. Estas estrategias deben orientarse a eliminar las causas raíz de las pérdidas, optimizar los flujos de trabajo y fortalecer la coordinación entre los equipos. Para ello, se recomienda la realización de reuniones de retroalimentación y mesas de trabajo colaborativas, en las cuales se presenten los resultados del análisis, se discutan las alternativas de mejora y se promueva la participación activa de quienes están directamente involucrados en la ejecución de las actividades.

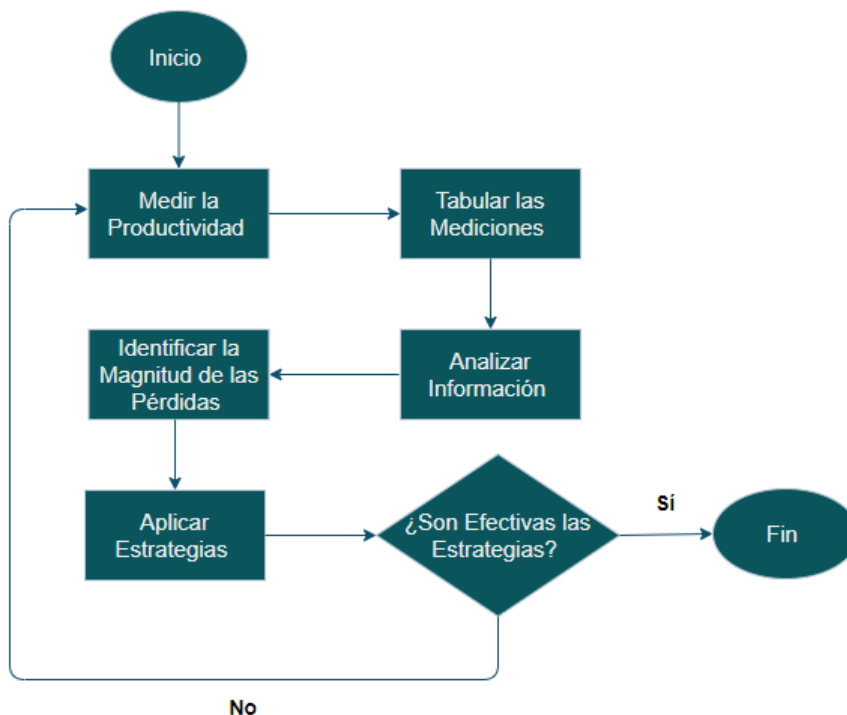
4.2.1.5 Implementación y control de mejoras

Se debe elaborar un plan de acción estructurado, que contemple estrategias claras, responsables asignados, objetivos medibles, cronograma de ejecución y mecanismos de seguimiento y control. Este plan actúa como una hoja de ruta para implementar las mejoras priorizadas, garantizando la trazabilidad de las decisiones y la verificación sistemática de los resultados. Su correcta formulación es esencial dentro del ciclo de mejora continua, ya que permite evaluar si las soluciones adoptadas están generando el impacto esperado. Finalmente, el proceso es iterativo: una vez ejecutadas las acciones, se regresa al paso inicial para una nueva medición, en un ciclo constante de aprendizaje y perfeccionamiento operativo.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que muestra el paso a paso de la implementación Lean Construction:

Figura 11.

Proceso de implementación de herramientas de Lean Construction.



Nota. La figura muestra el procedimiento iterativo propuesto por Lean Construction para mejorar la productividad y reducir pérdidas. Elaboración propia.

En conclusión, la definición clara y estructurada de cada uno de los pasos dentro del enfoque Lean Construction constituye una herramienta esencial para transformar la gestión tradicional de proyectos constructivos en un sistema proactivo, colaborativo y orientado a la eficiencia, la reducción de pérdidas y la generación sostenida de valor. Este modelo no solo fortalece el control preciso de los recursos, insumos y actividades interdependientes, sino que introduce una lógica de pensamiento sistémico, en la cual cada proceso es entendido como parte de un flujo continuo que requiere equilibrio y coordinación entre todas las partes. De esta forma, Lean Construction impulsa una visión integral del flujo de trabajo y de los actores involucrados, promoviendo la sincronización entre áreas, la eliminación de desperdicios y la

toma de decisiones basada en la comprensión del sistema completo, más allá de las tareas aisladas.

El enfoque Lean, al centrarse en la eliminación de actividades que no agregan valor, impulsa una cultura de mejora continua, colaboración y aprendizaje dentro de los equipos de obra, fortaleciendo la toma de decisiones basada en datos reales, medibles y verificables, en lugar de suposiciones o percepciones subjetivas. Este principio permite evaluar el desempeño de manera objetiva y detectar de forma temprana las desviaciones operativas. La implementación de herramientas como el control de tiempos productivos, contributivos y no contributivos, así como el análisis de productividad mediante la “prueba de los cinco minutos”, posibilita obtener información empírica del comportamiento del proceso constructivo, identificar cuellos de botella y aplicar medidas correctivas con mayor oportunidad y precisión.

El enfoque Lean, al centrarse en la eliminación de actividades que no agregan valor, impulsa una cultura de mejora continua, colaboración y aprendizaje dentro de los equipos de obra, fortaleciendo la toma de decisiones basada en datos reales, objetivos y verificables, en lugar de suposiciones o juicios intuitivos. Este principio promueve la gestión basada en evidencia, donde las acciones correctivas y los ajustes operativos se sustentan en información obtenida directamente del proceso constructivo —como mediciones de tiempos, causas de improductividad o desempeño de equipos—. La implementación de herramientas como el control de tiempos productivos, contributivos y no contributivos, junto con el análisis de productividad mediante la “prueba de los cinco minutos”, permite identificar de forma temprana los cuellos de botella y aplicar medidas correctivas con mayor oportunidad y precisión, fortaleciendo así la capacidad de aprendizaje y adaptación del sistema.

Además, Lean Construction favorece el alineamiento entre los objetivos operativos y los estratégicos del proyecto mediante prácticas como la estandarización de procesos, que reduce la variabilidad y garantiza consistencia en la ejecución, y la adaptación flexible, que permite

ajustar las operaciones ante cambios o contingencias sin comprometer la estabilidad del sistema. Esta complementariedad entre control y agilidad contribuye a mantener el flujo de trabajo estable y eficiente. En consecuencia, el enfoque no solo mejora los resultados en términos de cronograma y costos, sino que también promueve un entorno más confiable y predecible, donde la comunicación, la coordinación y la transparencia facilitan la toma de decisiones compartidas. De este modo, cada actor entiende su rol dentro de la cadena de valor, comprendiendo cómo sus acciones inciden en el rendimiento colectivo y en la generación sostenida de valor para el proyecto.

Así, adoptar Lean Construction no debe entenderse únicamente como la aplicación de una herramienta técnica, sino como un cambio cultural profundo que transforma la manera en que se planifican, ejecutan y controlan los proyectos de infraestructura. Este cambio implica sustituir estructuras jerárquicas y procesos fragmentados por modelos colaborativos, basados en la confianza, la transparencia y el aprendizaje compartido. Supone también promover una mentalidad orientada a la mejora continua, la prevención del desperdicio y la generación de valor para todos los actores del proyecto. Esta transformación resulta especialmente relevante en contextos donde la presión por optimizar los recursos, garantizar la sostenibilidad y elevar los estándares de productividad del sector es cada vez mayor.

4.2.2. Análisis funcional del sistema Last Planner (Último Planificador) en el control de producción.

El sistema Last Planner System (LPS) o *Último Planificador* se consolida como una herramienta clave dentro del enfoque Lean Construction, al traducir sus principios en prácticas concretas de planificación y control colaborativo. Su propósito es reducir la incertidumbre en la ejecución de obra mediante la mejora en el cumplimiento de las actividades programadas y la incorporación de mecanismos efectivos de control de producción, que permiten monitorear los avances de forma continua y ajustar el plan según las condiciones reales del proyecto. A

diferencia de los modelos tradicionales, el LPS transforma la planificación en un proceso participativo al integrar a todos los actores relevantes del proyecto —desde la dirección hasta el personal operativo— en un sistema de coordinación conjunta que facilita la toma de compromisos realistas, alcanzables y transparentes, fortaleciendo así la confiabilidad del flujo de trabajo y la eficiencia global del proyecto.

El sistema se fundamenta en una estructura jerárquica de planificación integrada, conformada por tres niveles complementarios: planificación maestra, intermedia y semanal, los cuales permiten vincular la estrategia general del proyecto con la operación diaria en obra. La planificación maestra define los hitos y metas globales; la intermedia traduce estos hitos en fases operativas; y la planificación semanal asegura la ejecución realista de las tareas mediante compromisos asumidos por los equipos responsables. Este esquema se articula a través del seguimiento continuo de indicadores de desempeño, como el PAC (Porcentaje de Actividades Completadas) y la productividad real, los cuales permiten evaluar la confiabilidad de los compromisos, detectar desviaciones y fortalecer los ciclos de mejora continua. De esta manera, se garantiza un flujo de trabajo coordinado, enfocado en el cumplimiento efectivo del cronograma y en la optimización progresiva del desempeño del proyecto.

Dentro del Last Planner System (LPS), el rol del último planificador corresponde a la persona o equipo directamente responsable de cumplir y validar los compromisos de ejecución asumidos en cada nivel de planificación. Su participación garantiza que las decisiones de programación se basen en información real del terreno, considerando la disponibilidad de recursos, las condiciones operativas y las restricciones técnicas.

En función de la etapa —entendida como el momento técnico del desarrollo del proyecto— este rol puede estar a cargo de:

- El coordinador de diseño, durante la fase de preconstrucción, asegurando la coherencia entre los planos, especificaciones y la secuencia de ejecución.
- El ingeniero residente, en la etapa constructiva, validando la viabilidad de las tareas y liderando la coordinación diaria de los frentes de trabajo.
- El profesional que supervisa la ejecución directa en obra, quien traduce los compromisos semanales en acciones concretas dentro del campo operativo.
- El gerente del proyecto o el director de proyecto, quienes, en niveles superiores, alinean los compromisos de ejecución con los objetivos estratégicos, financieros y contractuales del proyecto.

En todos los casos, el último planificador actúa como un enlace entre la planificación y la acción, asegurando que los planes no se formulen desde la teoría, sino desde la realidad productiva, fomentando así la confiabilidad del sistema y la mejora continua en la gestión del proyecto.

4.2.2.1. Programa Maestro

El programa maestro constituye el primer nivel jerárquico de la planificación dentro del sistema de control de producción. Representa el cronograma base del proyecto, donde se establecen los hitos principales, las fases constructivas y las metas globales de cumplimiento. Generalmente se desarrolla en herramientas especializadas como MS Project o Primavera P6, que permiten estructurar la secuencia lógica de actividades, definir duraciones y asignar recursos de manera preliminar.

Este programa actúa como la hoja de ruta para toda la ejecución del proyecto, orientando las decisiones estratégicas de tiempo, costo y recursos, y sirviendo como marco de referencia para la planificación intermedia y semanal. Su elaboración se fundamenta en la experiencia previa del equipo técnico, en la identificación de actividades críticas y en la

evaluación de riesgos iniciales, proporcionando una visión integral y estructurada que guía el desarrollo del proyecto desde su inicio hasta su cierre.

4.2.2.2. Planificación Intermedia

El segundo nivel de planificación, también conocido como planificación intermedia o de fase, desagrega el programa maestro en paquetes de trabajo manejables, estructurados de acuerdo con la secuencia lógica de ejecución y la disponibilidad real de recursos. Este nivel opera con un horizonte temporal de entre 4 y 6 semanas, lo que permite mantener una visión anticipada suficiente para prever restricciones sin perder la capacidad de adaptación ante cambios del entorno.

Su propósito principal es refinar las actividades planificadas, verificando su factibilidad técnica y logística, eliminar restricciones antes de que afecten el flujo de trabajo, y asegurar la disponibilidad oportuna de los recursos —materiales, equipos, personal y permisos— necesarios para la ejecución. De esta manera, la planificación intermedia actúa como un puente entre el programa maestro y el plan semanal, garantizando que las metas estratégicas se traduzcan en tareas realizables y controladas dentro de un contexto operativo realista.

Las actividades deben someterse a un proceso de preparación previa (make-ready process), en el cual se identifican y eliminan restricciones logísticas, técnicas o administrativas que puedan impedir su ejecución o afectar la continuidad del flujo de trabajo. Este análisis incluye la verificación de condiciones en sitio, la disponibilidad de materiales, la validación de diseños, la gestión de permisos y la coordinación entre frentes de trabajo.

Este proceso preventivo garantiza que cada tarea esté lista para ser ejecutada según lo previsto, reduciendo la incertidumbre y aumentando la confiabilidad del plan.

La planificación intermedia, al integrar este enfoque, permite:

- Establecer secuencia lógica y flujo operativo.

- Estimar recursos con mayor precisión.
- Desglosar tareas complejas en componentes simples.
- Generar planes de trabajo ejecutables con mayor control.
- Monitorear la alineación con el cronograma general.

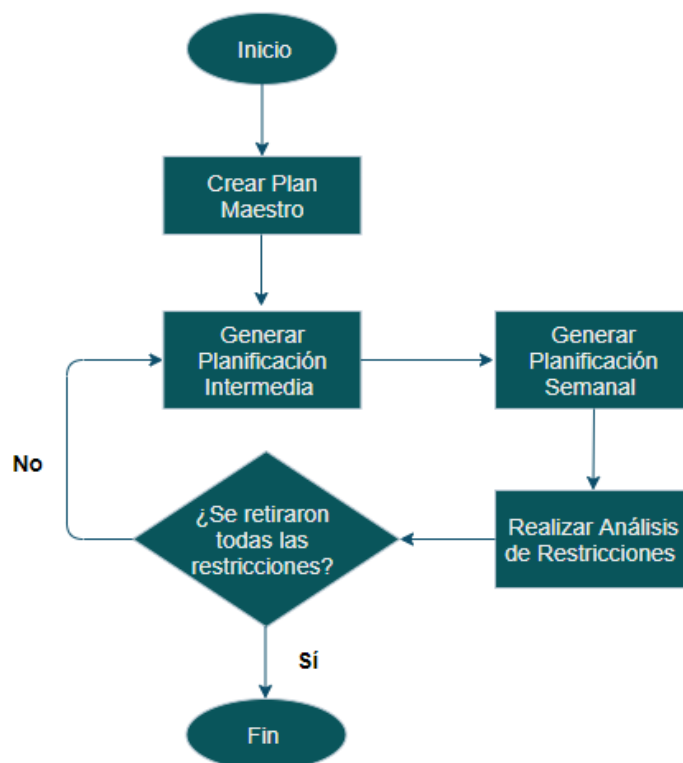
A continuación, se presenta el diagrama de flujo que describe el proceso de implementación del sistema Last Planner, el cual sintetiza los pasos necesarios para asegurar una planificación eficiente, colaborativa y orientada al cumplimiento de los objetivos de producción. Esta representación visual facilita la comprensión del funcionamiento progresivo del sistema, desde la definición del cronograma maestro hasta el seguimiento y ajuste de las actividades mediante mecanismos de retroalimentación continua.

Su correcta aplicación permite reducir la incertidumbre, eliminar restricciones y optimizar el flujo de trabajo en proyectos constructivos complejos. Además, fomenta el compromiso del equipo con los plazos establecidos, ya que los planes se construyen de forma conjunta y basada en acuerdos factibles; promueve una mayor visibilidad de las condiciones de trabajo, facilitando la detección temprana de interferencias o riesgos; y genera información clave para la toma de decisiones estratégicas en obra, al ofrecer indicadores confiables sobre desempeño, avance y cumplimiento.

De esta forma, el sistema Last Planner se consolida como una herramienta integral para fortalecer la planificación, mejorar la coordinación entre actores y garantizar la confiabilidad y mejora continua durante la ejecución del proyecto.

Figura 12.

Proceso de implementación de herramientas de Last Planner



Nota. La imagen presenta los pasos a seguir para una ejecución de Last Planner. Elaboración Propia.

La eficacia del sistema Last Planner depende en gran medida del cumplimiento riguroso y progresivo de cada uno de los pasos establecidos en el diagrama de flujo previamente expuesto. Este sistema actúa como una herramienta integral de control de producción, permitiendo gestionar de manera sistemática las actividades programadas, con el objetivo de maximizar la productividad, minimizar las restricciones y garantizar un flujo continuo de trabajo dentro del proyecto constructivo.

Para asegurar una implementación efectiva del sistema Last Planner en el entorno de los proyectos de construcción, es necesario desarrollar una secuencia estructurada de pasos que permitan alinear la planificación con la ejecución en campo, garantizando que los compromisos asumidos en la fase de planeación se materialicen en acciones concretas y medibles.

Esta secuencia metodológica constituye la base operativa del sistema y tiene como propósito reducir la variabilidad, eliminar restricciones y promover una gestión colaborativa del trabajo, articulando la visión estratégica del proyecto con la dinámica diaria de la obra.

A continuación, se describen detalladamente las etapas que deben seguirse para garantizar una aplicación exitosa del enfoque Last Planner, maximizando el cumplimiento de los compromisos de producción y fortaleciendo la mejora continua dentro de los procesos constructivos.

Paso 1. Obtención y estructuración del programa maestro del proyecto

El primer paso en la implementación del sistema Last Planner consiste en la elaboración del programa maestro de la obra, el cual constituye el cronograma general y estratégico que orienta todas las fases posteriores del proyecto. Este programa permite visualizar con claridad las fechas de inicio y finalización, las relaciones de precedencia entre actividades y los recursos necesarios para cada tarea, estableciendo la línea base temporal sobre la que se construyen las planificaciones intermedias y semanales.

Su correcta formulación resulta esencial para garantizar la coherencia entre la planificación inicial y la ejecución en campo, facilitando el control del avance global y la toma de decisiones tempranas.

Para su desarrollo, se recomienda el uso de herramientas digitales como Microsoft Project, Primavera P6 o Microsoft Excel, que permiten modelar la secuencia lógica de actividades, asignar responsables, estimar duraciones, definir hitos críticos y realizar simulaciones de escenarios. Estas plataformas, cuando se integran adecuadamente con los principios del Last Planner, optimizan la visualización del cronograma, refuerzan la trazabilidad de los compromisos y facilitan el seguimiento en tiempo real del cumplimiento de los objetivos de producción.

A continuación, se muestra un ejemplo de cronograma maestro para la construcción de un puente, que ilustra la aplicación práctica de esta primera fase del sistema Last Planner.

Figura 13.

Ejemplo de Cronograma Maestro de la Obra.

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	1	Construcción de Puente	404 días	mié 27/10/21	lun 15/05/23
2	1.1	Diseños de Proyecto (Hto)	0 días	mié 27/10/21	mié 27/10/21
3	1.2	Acceso Provisional	7 días	mié 27/10/21	ju e 4/11/21
4	1.3	Construcción de Estructuras de Apoyo 1	120 días	mié 27/10/21	mar 12/04/22
5	1.3.1	Orimentaciones Apoyo 1	2 días	mié 27/10/21	ju e 28/10/21
6	1.3.1.1	Replanteo	1 día	mié 27/10/21	mié 27/10/21
7	1.3.1.2	Excavación Estribo Apoyo 1	1 día	ju e 28/10/21	ju e 28/10/21
8	1.3.2	Construcción de Caisson Apoyo 1	96 días	vie 29/10/21	vie 11/03/22
9	1.3.2.1	Excavación Caisson Apoyo 1	66 días	vie 29/10/21	vie 28/01/22
10	1.3.2.2	Instalación Acero Caisson Apoyo 1	27 días	lun 31/01/22	mar 8/03/22
11	1.3.2.3	Instalación de Concreto Caisson Apoyo 1	3 días	mié 9/03/22	vie 11/03/22
12	1.3.3	Subestructura Apoyo 1	22 días	lun 14/03/22	mar 12/04/22
13	1.3.3.1	Construcción de Estribo Apoyo 1	15 días	lun 14/03/22	vie 1/04/22
14	1.3.3.1.1	Instalación de Acero para Estribo Apoyo 1	9 días	lun 14/03/22	ju e 24/03/22
15	1.3.3.1.2	Instalación de Concreto para Estribo Apoyo 1	6 días	vie 25/03/22	vie 1/04/22
16	1.3.3.2	Construcción de Espaldar Apoyo 1	7 días	lun 4/04/22	mar 12/04/22
17	1.3.3.2.1	Instalación de Acero para Espaldar Apoyo 1	2 días	lun 4/04/22	mar 5/04/22
18	1.3.3.2.2	Instalación de Concreto para Estribo Apoyo 1	5 días	mié 6/04/22	mar 12/04/22
19	1.4	Construcción de Estructuras Apoyo 2	397 días	vie 5/11/21	lun 15/05/23
20	1.4.1	Orimentaciones Apoyo 2	4 días	vie 5/11/21	mié 10/11/21
21	1.4.1.1	Replantar apoyo 2	1 día	vie 5/11/21	vie 5/11/21
22	1.4.1.2	Excavación Zapata Apoyo 2	3 días	lun 8/11/21	mié 10/11/21
23	1.4.2	Construcción de Caisson Apoyo 2	142 días	ju e 11/11/21	vie 27/05/22
24	1.4.2.1	Excavación Caisson Apoyo 2	120 días	ju e 11/11/21	mié 27/04/22
25	1.4.2.2	Instalación Acero Caisson Apoyo 2	18 días	ju e 28/04/22	lun 23/05/22
26	1.4.2.3	Instalación de Concreto Caisson Apoyo 2	4 días	mar 24/05/22	vie 27/05/22
27	1.4.3	Subestructura Apoyo 2	72 días	lun 30/05/22	mar 6/09/22
28	1.4.3.1	Construcción de Zapata Apoyo 2	30 días	lun 30/05/22	vie 8/07/22
29	1.4.3.1.1	Instalación de Acero para Zapata Apoyo 2	21 días	lun 30/05/22	lun 27/06/22
30	1.4.3.1.2	Instalación de Concreto para Zapata Apoyo 2	9 días	mar 28/06/22	vie 8/07/22
31	1.4.3.1.3	Terminación Zapata (Hto)	0 días	vie 8/07/22	vie 8/07/22
32	1.4.3.2	Construcción de Columna Apoyo 2	42 días	lun 11/07/22	mar 6/09/22
33	1.4.3.2.1	Instalación de Acero para Columna Apoyo 2	18 días	lun 11/07/22	mié 3/08/22
34	1.4.3.2.2	Instalación de Concreto para Columna Apoyo 2	24 días	ju e 4/08/22	mar 6/09/22
35	1.4.4	Superestructura Apoyo 2	179 días	mar 6/09/22	lun 15/05/23
36	1.4.4.1	Consecución de Carro de Avance (Hto)	0 días	mar 6/09/22	mar 6/09/22
37	1.4.4.2	Construcción de Dovelas Apoyo 2	179 días	mié 7/09/22	lun 15/05/23
38	1.4.4.2.1	Instalación de Acero para Dovelas Apoyo 2	52 días	mié 7/09/22	ju e 17/11/22
39	1.4.4.2.2	Instalación de Concreto para Dovelas Apoyo 2	120 días	vie 18/11/22	ju e 4/05/23
40	1.4.4.2.3	Instalación de Cables de Postensado para Dovelas Apoyo 2	120 días	mar 29/11/22	lun 15/05/23
41	1.5	Construcción de Estructuras de Apoyo 3	64 días	mié 13/04/22	lun 11/07/22
42	1.5.1	Orimentaciones Apoyo 3	2 días	mié 13/04/22	ju e 14/04/22
43	1.5.1.1	Replantar apoyo 3	1 día	mié 13/04/22	mié 13/04/22
44	1.5.1.2	Excavación Estribo Apoyo 3	1 día	ju e 14/04/22	ju e 14/04/22
45	1.5.2	Construcción de Caisson Apoyo 3	40 días	vie 15/04/22	ju e 9/06/22
46	1.5.2.1	Excavación Caisson Apoyo 3	20 días	vie 15/04/22	ju e 12/05/22
47	1.5.2.2	Instalación Acero Caisson Apoyo 3	18 días	vie 13/05/22	mar 7/06/22
48	1.5.2.3	Instalación de Concreto Caisson Apoyo 3	2 días	mié 8/06/22	ju e 9/06/22
49	1.5.3	Subestructura Apoyo 3	22 días	vie 10/06/22	lun 11/07/22
50	1.5.3.1	Construcción de Estribo Apoyo 3	15 días	vie 10/06/22	ju e 30/06/22
51	1.5.3.1.1	Instalación de Acero para Estribo Apoyo 3	9 días	vie 10/06/22	mié 22/06/22
52	1.5.3.1.2	Instalación de Concreto para Estribo Apoyo 3	6 días	ju e 23/06/22	ju e 30/06/22
53	1.5.3.2	Construcción de Espaldar Apoyo 3	7 días	vie 1/07/22	lun 11/07/22
54	1.5.3.2.1	Instalación de Acero para Estribo Apoyo 3	2 días	vie 1/07/22	lun 4/07/22
55	1.5.3.2.2	Instalación de Concreto para Estribo Apoyo 3	5 días	mar 5/07/22	lun 11/07/22
56	1.6	Final Puente	0 días	lun 15/05/23	lun 15/05/23

Nota. La imagen presenta la estructura de un cronograma para la construcción de un puente usando Ms Project. Elaboración Propia.

Paso 2. Descomposición del plan maestro y estructuración de la planificación intermedia

Una vez establecido el cronograma general del proyecto, el siguiente paso consiste en descomponer el plan maestro en paquetes de trabajo más pequeños, concretos y manejables, lo que permite facilitar su control, seguimiento y evaluación de manera más precisa. Esta segmentación busca transformar la planificación global en unidades operativas claramente definidas, optimizando la coordinación entre equipos y permitiendo una respuesta ágil ante posibles desviaciones.

En este nivel, el enfoque Last Planner promueve la trazabilidad de los compromisos — asumidos directamente por quienes ejecutan las actividades—, la asignación efectiva de responsabilidades y la detección temprana de restricciones, fortaleciendo la adaptabilidad del proceso constructivo frente a las variaciones del entorno y la detección temprana de restricciones, fortaleciendo la adaptabilidad del proceso constructivo frente a las variaciones del entorno.

Para realizar esta subdivisión, se toma como punto de partida la fecha actual del proyecto y se establece un horizonte temporal para la planificación intermedia. Aunque tradicionalmente este horizonte abarca un período de tres meses, en el presente estudio se ha optado por un intervalo más corto, de seis semanas, con el propósito de fortalecer la retroalimentación entre los actores del proyecto y mejorar la capacidad de respuesta frente a interferencias o restricciones emergentes.

Esta decisión metodológica responde al principio Lean de control de producción colaborativo, que promueve la detección temprana de desviaciones, la revisión continua de compromisos y la mejora progresiva de la confiabilidad en la planificación.

Durante esta fase, se definen las actividades específicas que deben ejecutarse en las próximas semanas y que contribuyen de manera directa al cumplimiento del cronograma

general. Para ello, es indispensable que el equipo de trabajo identifique y gestione de forma proactiva todas las restricciones que puedan impedir la ejecución efectiva de dichas actividades. El retiro de restricciones —como ausencia de insumos, personal no disponible, planos incompletos o condiciones técnicas no resueltas— debe ser una prioridad, garantizando así que cada actividad esté completamente lista para ejecutarse en el plazo asignado.

Como parte del control y seguimiento de esta planificación, se lleva un registro detallado que incluye el período de evaluación, las actividades programadas, las cantidades planificadas y las cantidades efectivamente ejecutadas. Esta información es fundamental para realizar análisis comparativos entre lo planeado y lo realmente alcanzado, permitiendo evaluar el desempeño de la planificación intermedia y tomar decisiones correctivas si es necesario. A continuación, se presenta un ejemplo ilustrativo del esquema de control y seguimiento aplicado mediante la metodología Last Planner®.

Figura 14.

Registro de control y seguimiento Last Planner (Último Planificador) en la Construcción de un Puente.

Actividad	Realce Pilar Central-Puente			
	Período (Semanas)	Programado	Ejecución	Observaciones de no cumplimiento
S1 (02 Ago. Al 08 de Ago)	Concreto (m3)	Concreto (m3)		
	27	0		Suministro tardío del equipo de encofrado
S2 (09 Ago. Al 15 de Ago)	Concreto (m3)	Concreto (m3)		
	27	27		
S3 (16 Ago. Al 22 de Ago)	Concreto (m3)	Concreto (m3)		
	27	27		
S4 (23 Ago. Al 29 de Ago)	Concreto (m3)	Concreto (m3)		
	27	0		Traslado a mano de formaleta
S5 (30 Ago. Al 05 de Sep)	Concreto (m3)	Concreto (m3)		
	27	27		
S6 (06 Sep. Al 12 de Sep)	Concreto (m3)	Concreto (m3)		
	27	0		Planta de concreto sin capacidad de suministro
Total	162	81		

- Terminado
- Avance adicional
- Sin intervención
- Intervención sin llegar al 100% programado

Nota. La imagen presenta la estructura de un plan intermedio de distribución de actividades en el periodo de evaluación. Elaboración Propia.

Paso 3. Evaluación del PAC y análisis de productividad

Una vez implementadas la planificación intermedia y la programación semanal, se procede a determinar el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), indicador clave que refleja el nivel de cumplimiento real frente a lo planificado. Este porcentaje se calcula de manera semanal, dado que este intervalo permite un seguimiento oportuno del avance, facilita la detección temprana de desviaciones y promueve la mejora continua del proceso constructivo. El PAC constituye, por tanto, un parámetro fundamental para evaluar la confiabilidad del sistema de planificación, medir la productividad de los equipos y generar retroalimentación constante hacia los responsables de la obra. Su análisis periódico posibilita la toma de decisiones operativas y estratégicas basadas en datos objetivos, fortaleciendo la capacidad de respuesta ante cambios o restricciones que puedan surgir durante la ejecución.

El cálculo del PAC se basa en una lógica estrictamente binaria, que busca eliminar la subjetividad en la evaluación del avance. En este sentido, una actividad se considera completada únicamente si ha sido ejecutada en su totalidad (100%), asignándole un valor de 1. Por el contrario, si la actividad no alcanza su ejecución completa, aun cuando presente avances parciales significativos, se le asigna un valor de 0. Este enfoque permite distinguir con precisión entre tareas efectivamente terminadas y aquellas aún en proceso, evitando sobreestimar el rendimiento del equipo o del plan de trabajo. Gracias a esta metodología rigurosa, el indicador mantiene una medición objetiva, estandarizada y confiable, eliminando ambigüedades derivadas de juicios individuales o interpretaciones subjetivas del progreso físico de la obra.

De manera complementaria al PAC, se analiza la productividad, entendida como la relación entre los avances reales obtenidos en obra y los avances programados según la planificación intermedia. Este indicador refleja la eficiencia con la que los recursos (mano de obra, equipos y materiales) se transforman en resultados tangibles dentro del periodo de

análisis. La comparación entre el rendimiento real y el planificado permite identificar desviaciones tempranas, detectar ineficiencias operativas o sobrecargas de trabajo, y reconocer posibles interferencias en el flujo productivo. Evaluar la productividad de forma sistemática se convierte así en un insumo esencial para retroalimentar el sistema de planificación, optimizar el uso de recursos y promover la mejora continua del proceso constructivo.

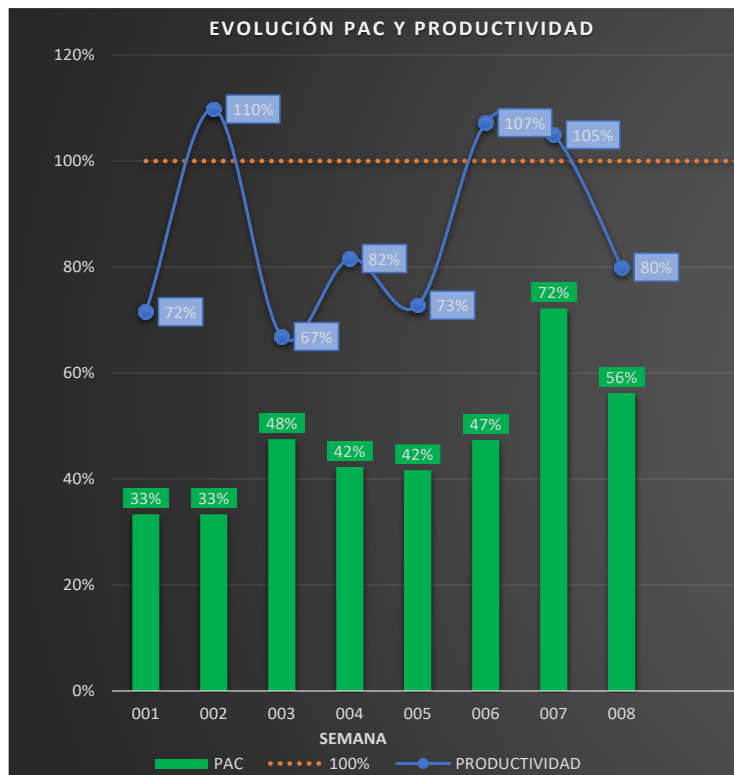
Una vez realizada la evaluación del PAC, se lleva a cabo un seguimiento sistemático, estructurado y progresivo de su comportamiento a lo largo del tiempo. Esta trazabilidad se materializa mediante una gráfica de control y seguimiento, en la cual se registran de manera visual y cronológica los resultados semanales del cumplimiento de las actividades. Este tipo de representación facilita no solo la visualización de datos, sino también la identificación de tendencias positivas o negativas, patrones recurrentes, desviaciones significativas, puntos críticos de intervención y oportunidades concretas de mejora continua.

Adicionalmente, el análisis conjunto de la evolución del PAC y de los niveles de productividad permite establecer relaciones causa-efecto entre las decisiones de planificación, la disponibilidad de recursos, el comportamiento de los equipos de trabajo y los resultados obtenidos. Esta correlación aporta valor estratégico a los procesos de gestión, en tanto promueve la toma de decisiones informadas y basadas en datos reales de desempeño.

A continuación, se presenta una representación gráfica del comportamiento del PAC en el tiempo, junto con los niveles de productividad alcanzados para las actividades programadas durante el periodo de observación.

Figura 15.

Seguimiento del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y Productividad de las actividades programadas.



Nota. La imagen presenta una propuesta para el control y seguimiento de las actividades programadas. Elaboración Propia.

Paso 4. Análisis de causas de no cumplimiento y aplicación del Principio de Pareto

Con el propósito de identificar de manera precisa las causas que impactan negativamente el cumplimiento de las actividades planificadas en obra, resulta fundamental registrar, clasificar y analizar de forma estructurada las causas del no cumplimiento. Este proceso permite transformar los datos obtenidos en información útil para la gestión, diferenciando entre restricciones operativas, técnicas, logísticas o de coordinación. A partir de este diagnóstico, el sistema Last Planner posibilita retroalimentar el proceso de planificación con datos objetivos, fortaleciendo la capacidad de aprendizaje del equipo y la toma de decisiones basada en evidencia. Con esta información se diseñan planes de acción correctivos

y preventivos, orientados a eliminar las causas raíz de las restricciones, reducir su recurrencia y mejorar la confiabilidad de los compromisos en los ciclos de planificación posteriores.

Para realizar este análisis se emplea el principio de Pareto, también conocido como la regla 80/20, una herramienta ampliamente utilizada en ingeniería, gestión de calidad, administración de proyectos y análisis de productividad. Este principio establece que una minoría de causas (aproximadamente el 20 %) genera la mayoría de los efectos (cerca del 80 %), lo que permite concentrar los esfuerzos en los factores que realmente determinan el desempeño global del proyecto. Aplicado al contexto constructivo, el uso del principio de Pareto facilita priorizar intervenciones sobre las causas más recurrentes o de mayor impacto en el incumplimiento de actividades, optimizando el uso de los recursos humanos, técnicos y financieros disponibles.

Este principio fue formulado por el economista y sociólogo italiano Vilfredo Pareto (1848–1923), quien observó que en la sociedad una minoría concentraba la mayoría de los bienes o efectos. En su análisis de la distribución de la tierra en Italia, Pareto evidenció que el 20 % de los propietarios poseían el 80 % de las tierras, mientras que el 80 % restante de la población se distribuía apenas el 20 %. A partir de este hallazgo, se generalizó la regla para expresar que una pequeña parte de las causas (el 20 %) es responsable de la mayoría de las consecuencias (el 80 %), principio que ha sido validado en numerosos contextos organizacionales y productivos.

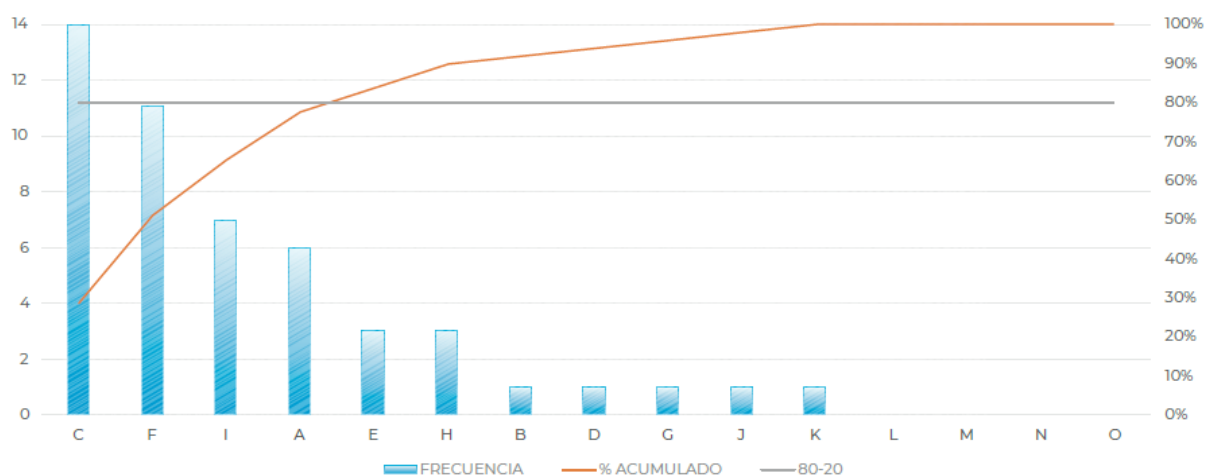
En el marco de la planificación de obra, el diagrama de Pareto permite agrupar las causas de incumplimiento por categorías, ordenándolas de acuerdo con su frecuencia de ocurrencia o impacto acumulado. Para la construcción de dicho gráfico, se procede de la siguiente forma: el primer punto se obtiene dividiendo la pérdida generada por la causa más frecuente entre la suma total de pérdidas; el segundo punto surge de la suma acumulada de las dos causas más frecuentes, dividida también entre el total; y así sucesivamente, hasta

completar el conjunto de causas registradas. Este proceso permite visualizar claramente los factores críticos que deben ser atendidos prioritariamente, concentrando esfuerzos en resolver los problemas más determinantes para mejorar el desempeño del proyecto.

A continuación, se presenta una gráfica de Pareto que muestra las principales causas de no cumplimiento identificadas en el marco de la planificación intermedia y su respectiva frecuencia relativa:

Figura 16.

Gráfico de Pareto Causas de no Cumplimiento



Nota. La imagen muestra la distribución y frecuencia de las principales causas que afectan el cumplimiento de las actividades programadas en obra. Adaptado de *Lean Construction y Planificación Colaborativa* (p. 70), por Lean Construction, 2019.

A continuación, se presenta un ejemplo ilustrativo para la exposición de las causas que generan el no cumplimiento de las actividades programadas, utilizando la metodología del análisis de Pareto. Este recurso gráfico permite identificar, agrupar y visualizar de manera clara las causas detectadas durante el proceso constructivo, facilitando su interpretación y el análisis de su impacto en el desarrollo de las actividades.

Figura 17.*Ejemplo de Categorías de Causas de no Cumplimiento*

A	Mala Planificación	L	Requerimientos externos al proyecto
B	Terminación de un trabajo anterior	M	Condiciones meteorológicas
C	Terminación de un trabajo anterior propio	N	Condiciones inseguras de trabajo
D	Falta de información	O	Mala definición del Proyecto
E	Cambios en el diseño	P	Mala Calidad o Retrabajo/NO Conformidad
F	Ausencia no planificada	Q	Rendimiento inferior al esperado
G	Falta de personal	R	Malas condiciones del entorno
H	Falta de materiales, equipos, andamios, etc.	S	Cierre por Vacaciones/Abandono de la obra
I	Cambios del Cliente	T	Reorganización Tareas
J	Falta de supervisión	U	Avería de maquinaria
K	Estimación incorrecta de tiempo	V	Otras

Nota. La imagen presenta una clasificación de las principales causas que generan el no cumplimiento de las actividades programadas. Adaptado de *Lean Construction y Planificación Colaborativa* (p. 70), por Lean Construction, 2019.

La aplicación del principio de Pareto mediante una gráfica específica permite al equipo de obra identificar de manera clara y priorizada las causas que tienen mayor impacto en el incumplimiento de las actividades programadas. Al organizar los datos por frecuencia y representarlos visualmente, se facilita la focalización de esfuerzos en aquellas restricciones que, por su recurrencia o gravedad, afectan significativamente el flujo de trabajo.

Esta herramienta analítica permite establecer planes de acción dirigidos a eliminar o mitigar las causas más críticas, lo que repercute directamente en una mejora del cumplimiento del cronograma y en la eficiencia del sistema de planificación. Además, al identificar las fuentes de improductividad más relevantes, se fortalece la toma de decisiones basada en datos reales, optimizando la gestión de recursos y promoviendo una cultura de mejora continua en el proceso constructivo.

El análisis funcional del sistema Last Planner ha permitido evidenciar su relevancia como herramienta estratégica para la planificación y control de la producción en proyectos de construcción. Su implementación no solo redefine la manera en que se estructura la planificación, al pasar de modelos tradicionales unidireccionales a esquemas colaborativos y

dinámicos, sino que también introduce mecanismos de retroalimentación y mejora continua que impactan directamente en la eficiencia operativa del proyecto.

Uno de los principales aportes del sistema Last Planner radica en su capacidad para transformar el cumplimiento de cronogramas en un objetivo alcanzable mediante la gestión efectiva de restricciones, entendida como la identificación, eliminación y prevención de los factores que impiden el avance continuo de las actividades planificadas. Este enfoque, sumado al compromiso de los equipos de trabajo y a la evaluación sistemática del desempeño mediante indicadores como el PAC, permite mantener un control proactivo del proceso constructivo. De igual manera, la aplicación del principio de Pareto para analizar las causas del incumplimiento fortalece la toma de decisiones basada en evidencia, al posibilitar la priorización de acciones correctivas sobre aquellas variables que generan las desviaciones de mayor impacto dentro del proyecto.

En conjunto, el Last Planner System no solo aporta valor en términos de control del tiempo, sino que fortalece la cultura organizacional y promueve la responsabilidad compartida, asegurando que los compromisos sean asumidos directamente por quienes ejecutan las actividades. Este principio fomenta la colaboración efectiva entre todos los actores del proyecto y potencia el flujo continuo de trabajo. Dichos elementos lo posicionan como un componente esencial dentro de una metodología híbrida, orientada a la optimización de los procesos constructivos mediante la integración de la planificación colaborativa con el control adaptativo. De esta manera, el sistema contribuye a generar un enfoque más predecible, al mejorar la confiabilidad de los compromisos; más flexible, al permitir ajustes dinámicos frente a cambios o imprevistos; y más adaptativo ante los desafíos propios de la industria de la construcción, caracterizada por su alta variabilidad, interdependencia de tareas y necesidad constante de innovación operativa.

4.2.3. Evaluación de Scrum como marco de trabajo ágil adaptable al sector construcción

La selección de Scrum como uno de los marcos ágiles centrales dentro de la metodología híbrida propuesta se fundamenta en su aplicabilidad progresiva en entornos productivos complejos, como los que caracterizan a la industria de la construcción. Diversos estudios, tanto nacionales como internacionales, han explorado su implementación en el sector, particularmente en Colombia y Perú, aunque en muchos casos se ha observado una aplicación lineal y descontextualizada. Esta situación motivó un análisis detallado de Scrum, no solo desde su estructura teórica, sino en función de su potencial adaptabilidad a los procesos constructivos.

A diferencia de otros marcos ágiles como Kanban o XP, Scrum proporciona una estructura iterativa basada en ciclos cortos (sprints), con roles definidos y eventos sistemáticos que facilitan el seguimiento, la retroalimentación y la adaptación continua. Esta lógica de trabajo permite ajustar los procesos constructivos ante imprevistos, fomentar la colaboración entre los equipos y fortalecer la autogestión, aspectos clave para contrarrestar la rigidez de los enfoques predictivos tradicionales. Por esta razón, se ha considerado que Scrum constituye el marco más adecuado para liderar la integración ágil dentro del modelo híbrido planteado.

Scrum es un marco de trabajo ágil que se fundamenta en el control empírico de procesos, la inspección continua y la adaptación iterativa, promoviendo un enfoque colaborativo y flexible para la resolución de problemas complejos. Aunque su origen está vinculado al desarrollo de software, en los últimos años su aplicabilidad se ha extendido a otros sectores industriales, incluido el de la construcción, en los que se requiere gestionar entornos de alta incertidumbre, múltiples actores y necesidades cambiantes.

Este marco ofrece una estructura clara y liviana basada en roles definidos, eventos recurrentes y artefactos específicos que permiten la generación incremental de valor. A través de iteraciones llamadas sprints, el equipo desarrolla entregables funcionales y mejora

continuamente los procesos productivos. Esto lo convierte en una herramienta especialmente valiosa para obras civiles que requieren agilidad en la toma de decisiones, adaptación a cambios imprevistos, y una mayor transparencia en la planificación y control de actividades.

La implementación de Scrum en la construcción no implica sustituir los métodos tradicionales, sino complementar los procesos existentes con una estructura que incentive la autogestión del equipo, la mejora continua, la retroalimentación constante y la entrega progresiva de resultados. Estos beneficios se alinean con los principios de eficiencia, calidad y enfoque al cliente que hoy exige el sector, posicionando a Scrum como un componente estratégico dentro de metodologías híbridas de gestión de proyectos.

A diferencia de los enfoques tradicionales, Scrum se estructura en torno a ciclos de trabajo denominados sprints, durante los cuales se genera valor de forma incremental. Este marco está compuesto por tres elementos principales que interactúan constantemente en cada iteración:

- **Roles**
- **Eventos**
- **Artefactos**

A continuación, se presenta la tabla que sintetiza los principales componentes del marco de trabajo Scrum, organizados en tres categorías clave: roles, eventos y artefactos. Estos elementos conforman la base estructural del modelo ágil y permiten planificar y controlar con eficiencia las distintas fases de un proceso productivo. En proyectos de construcción, su adecuada identificación y aplicación favorecen la adaptabilidad, la coordinación entre equipos y una gestión colaborativa orientada a la entrega continua de valor durante la ejecución de la obra.

Tabla 13.*Roles, Eventos y Artefactos de Scrum.*

Roles	Eventos	Artefactos
Dueño del Producto (Product Owner)	Iteración (Sprint)	Pila del Producto (Product Backlog)
Facilitador del Equipo (Scrum Master)	Planeación de la Iteración (Sprint Planning)	Pila de la Iteración (Sprint Backlog)
Miembros del Equipo (Developers Team)	Reunión Corta (Daily Scrum)	Incremento (Increment)
	Revisión (Sprint Review)	
	Retrospectivas (Sprint Retrospective)	

Nota. La tabla presenta las componentes de Scrum. Elaboración Propia.

Para la implementación de esta metodología es fundamental identificar los Roles, definir el Proceso Scrum y la Iteración.

Identificación de los Roles en Scrum

Scrum establece una estructura de roles bien definida que garantiza la claridad en las responsabilidades, fomenta la colaboración constante entre los miembros del equipo y fortalece los mecanismos de rendición de cuentas. Esta delimitación funcional permite que cada integrante conozca con precisión su ámbito de actuación y se comprometa activamente con los objetivos comunes del proyecto. En el contexto de los proyectos de construcción, estos roles no solo pueden adaptarse, sino que encuentran equivalencias claras con los perfiles técnicos y operativos que intervienen en obra. De este modo, se facilita la integración del marco ágil dentro de entornos tradicionalmente lineales, promoviendo una comunicación más fluida, una toma de decisiones más oportuna y una gestión más eficiente de los recursos y actividades.

A continuación, se describen los roles fundamentales que conforman el equipo Scrum, detallando sus responsabilidades, funciones clave y su posible adaptación al sector de la construcción, con el fin de ilustrar cómo este enfoque puede implementarse de forma efectiva en escenarios constructivos reales.

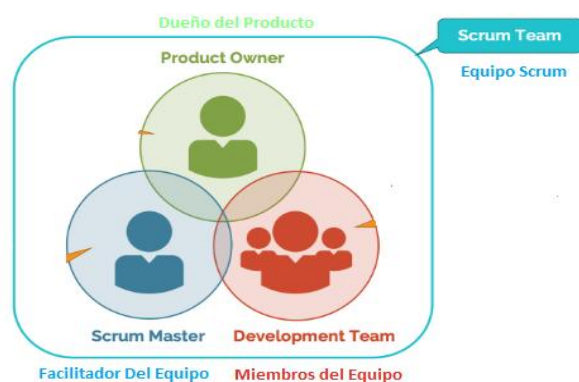
Product Owner (Dueño del Producto): representa los intereses del cliente y prioriza las tareas según su impacto en los objetivos del proyecto. En construcción, puede ser desempeñado por el director de obra, el gerente del proyecto o un coordinador técnico.

Scrum Master (Facilitador del Equipo): vela por el cumplimiento de los principios ágiles, elimina impedimentos y facilita la comunicación. Este rol puede ser ocupado por un ingeniero residente o un encargado de obra con dominio operativo.

Development Team (Equipo de Desarrollo): conformado por los operarios, técnicos y profesionales que ejecutan las tareas programadas. En obras civiles, este equipo lo conforman cuadrillas, auxiliares técnicos y personal de oficina técnica.

Figura 18.

Componentes del Equipo Scrum.



Nota. La imagen muestra los diferentes roles que conforman el marco de trabajo Scrum. Adaptado de *Agile Softwareentwicklung mit Scrum: Mit einem starken Team zum Erfolg*, por A. Hunts, 2020, 29 de septiembre, *Rocketloop*. <https://rocketloop.de/de/blog/agile-softwareentwicklung-scrum/>

Definición de los Artefactos de Scrum

Los artefactos de Scrum proporcionan una base estructurada y coherente para gestionar de forma transparente, visible y eficiente el avance de un proyecto. Su función principal radica en facilitar la toma de decisiones informadas por parte del equipo, garantizar una comunicación fluida entre los diferentes actores del proceso, y maximizar la entrega de valor en cada iteración del trabajo.

En el ámbito de la construcción, donde los procesos suelen ser secuenciales, rigurosos y con múltiples restricciones físicas y logísticas, estos artefactos adquieren una relevancia particular. Se adaptan no solo para representar unidades de producción concretas —como un tramo de cimentación, una viga fundida o una sección de acabados—, sino también para visualizar oportunidades de mejora en la gestión, optimización de tiempos, asignación de recursos y eliminación de desperdicios.

Así, los artefactos se convierten en herramientas clave para alinear al equipo, monitorear avances tangibles y asegurar que las decisiones estén respaldadas por información clara y accesible. Permiten traducir las necesidades del cliente y del proyecto en tareas priorizadas, medibles y ejecutables de manera iterativa.

A continuación, se presentan los artefactos fundamentales del marco Scrum y su correspondiente adaptación al sector de la construcción, destacando su funcionalidad, sus componentes principales y la forma en que pueden integrarse a los procesos constructivos para mejorar su desempeño.

Figura 19.

Artefactos de Scrum.



Nota. La imagen muestra los diferentes artefactos pertenecientes a Scrum. Viewnext. (s.f.). ¿Qué son y para qué sirven los artefactos Scrum? Recuperado de <https://www.viewnext.com/artefactos-scrum/>

1. Pila del Producto (Product Backlog):

Es un listado ordenado de todo el trabajo pendiente por realizar, enfocado en generar valor. En obras civiles, esta pila puede componerse de actividades o procesos que presentan ineficiencias, cuellos de botella o potenciales mejoras, identificadas previamente en las etapas de planificación y control.

Ejemplo: En un puente ejecutado con voladizos sucesivos, podrían incluirse tareas como:

- Mejorar la velocidad y coordinación en la excavación de pilotes.
- Optimizar la logística de vaciado de concreto.
- Reducir tiempos muertos entre fraguados consecutivos.

2. Pila de la Iteración (Sprint Backlog):

Se refiere al subconjunto de elementos del Product Backlog seleccionados para desarrollarse durante un Sprint. Este backlog operacional guía la ejecución puntual de actividades, asegurando que el equipo se enfoque solo en los objetivos más relevantes y alcanzables en ese lapso.

3. Incremento (Increment):

Corresponde al resultado tangible entregado al finalizar cada Sprint. En construcción, esto puede representarse como una porción de obra concluida (una zapata, una viga fundida, un tramo del muro terminado) que cumple con los criterios de aceptación definidos.

Definición de los Eventos de Scrum

Los eventos de Scrum estructuran y organizan el trabajo del equipo, estableciendo una cadencia regular que facilita la inspección constante, la adaptación oportuna y la entrega continua de valor en cada ciclo de trabajo. Estos eventos no solo marcan el ritmo del proyecto, sino que también fortalecen la colaboración, permiten identificar obstáculos en tiempo real y fomentan la mejora continua mediante espacios formales para el análisis y la retroalimentación.

En proyectos de construcción, donde los procesos suelen estar sujetos a múltiples variables externas como condiciones climáticas, disponibilidad de materiales o interferencias entre actividades, estos eventos adquieren un rol fundamental. Al integrarlos adecuadamente, se asegura un mayor alineamiento del equipo, una toma de decisiones más rápida y una respuesta ágil frente a desviaciones o cambios en el entorno del proyecto. Además, contribuyen a mantener el enfoque del equipo sobre las prioridades clave, garantizando que cada iteración genere resultados concretos y medibles.

A continuación, se describen los eventos principales de Scrum, adaptados al contexto constructivo, destacando su propósito, periodicidad y beneficios para el control de producción en obra.

Figura 20.

Eventos de Scrum.



Nota. La imagen muestra los diferentes eventos pertenecientes a Scrum. Masterkapell. (2018, noviembre 1). Eventos de Scrum. Recuperado de <https://masterkapell.wordpress.com/2018/11/01/eventos-de-scrum/>

Los eventos de Scrum son fundamentales para estructurar el trabajo, fomentar la transparencia, inspección y adaptación continua dentro del equipo. Cada evento permite alinear

esfuerzos, mejorar la toma de decisiones y garantizar entregas con valor. A continuación, se presenta una descripción de cada uno de ellos.

1. Iteración (Sprint):

Es el corazón de Scrum. Se trata de un período con duración fija (por ejemplo, una semana) durante el cual se desarrolla un conjunto definido de tareas. Al adaptarlo a la construcción, un Sprint puede enfocarse en mejorar un proceso particular (como fundida de losas) o ejecutar una secuencia productiva.

2. Planeación del Sprint (Sprint Planning):

En esta sesión se define el objetivo del Sprint, las tareas a ejecutar y los responsables. Es crucial que el equipo comprenda el valor de cada actividad seleccionada y cómo contribuye al progreso global del proyecto.

3. Reunión Diaria (Daily Scrum):

Encuentro de no más de 15 minutos donde el equipo discute los avances del día anterior, las tareas del día y los obstáculos identificados. Esta reunión permite ajustar en tiempo real la planificación y mejorar la coordinación.

4. Revisión del Sprint (Sprint Review):

Al concluir el Sprint, se evalúan los resultados obtenidos frente a lo planificado. Se analizan las causas de desviaciones y se extraen lecciones que serán consideradas en el próximo ciclo.

5. Retrospectiva del Sprint (Sprint Retrospective):

Espacio de reflexión sobre el proceso mismo. El equipo identifica qué funcionó bien, qué se puede mejorar y plantea acciones concretas para aumentar su rendimiento en la siguiente iteración.

La siguiente figura ilustra el ciclo de interacción propio del marco de trabajo Scrum, mostrando la relación entre sus elementos clave: roles, eventos y artefactos. Se observa cómo

el flujo inicia con la definición de la pila del producto (Product Backlog), continúa con la planificación del sprint (Sprint Planning) y avanza hacia los procesos iterativos que integran reuniones diarias, revisiones y retrospectivas. Este esquema permite visualizar de manera clara la secuencia de actividades y la interacción constante entre el Product Owner, el Scrum Master y el equipo de desarrollo, destacando el enfoque colaborativo y adaptativo que caracteriza a esta metodología ágil.

Adaptación del Proceso Scrum al Sector de la Construcción

Figura 21.

Proceso de Interacción Scrum



Nota. La figura muestra el ciclo de interacción entre Roles, Eventos y Artefactos. Agile (2020). Scrum Meetings: Sprint Review. Recuperado de <https://youtu.be/m1b1VRt1AW0>

A diferencia del desarrollo de software, donde Scrum nació, los proyectos de construcción presentan restricciones físicas, secuenciales y normativas que dificultan su aplicación directa. No obstante, su implementación parcial como marco de gestión de

subprocesos o fases específicas (por ejemplo, cimentación, estructura o acabados) ha demostrado beneficios considerables, tales como:

- Incremento del control operativo diario.
- Mejor visualización de impedimentos.
- Fomento del trabajo colaborativo y compromiso.
- Identificación más rápida de desperdicios y errores.

Los estudios analizados indican que la implementación de Scrum en obras civiles no se da a nivel de todo el proyecto, sino que se restringe a niveles intermedios (por actividades repetitivas o por frentes productivos específicos). Esto ha motivado la necesidad de combinarlo con otros marcos como Last Planner o Lean Construction, conformando así una metodología híbrida, tal como se propone en este Proyecto Final de Graduación.

Con el fin de consolidar los aspectos fundamentales abordados en torno a la metodología Scrum y facilitar su comprensión e implementación en el contexto de la construcción, a continuación, se presenta una tabla resumen que sintetiza sus principales componentes: roles, artefactos y eventos. Esta tabla permite visualizar de manera integrada la función de cada elemento dentro del marco ágil, su adaptación al entorno constructivo y su propósito dentro del flujo de trabajo. Además, actúa como una herramienta de consulta rápida que refuerza la aplicabilidad de Scrum en la gestión colaborativa, aportando claridad operativa y fomentando la toma de decisiones informadas en cada etapa del proyecto.

Tabla 14.

Resumen de Aspectos Relevantes de Scrum

Matriz Resumen de los Pilares, Valores, Roles, Eventos y Artefactos de Scrum				
Pilares	Valores	Roles	Eventos	Artefactos
<p>Transparencia:</p> <ol style="list-style-type: none"> Los Procesos y Trabajos, deben estar a la vista y al alcance de todos los interesados. La falta de transparencia disminuye el valor (Increment) y aumenta el riesgo de los procesos. La Transparencia permite la Inspección, la inspección sin transparencia es engañosa y derrochadora. 	<p>Compromiso:</p> <p>Con alcanzar los logros y el apoyo mutuo entre los interesados</p>	<p>Product Owner:</p> <ol style="list-style-type: none"> Proporciona dirección al equipo en cada Sprint Maximiza el valor del producto resultante del trabajo Scrum Desarrolla y comunica explícitamente el Objetivo del Producto Crea y comunica claramente los elementos del Product Backlog Ordena los elementos del Product Backlog Asegura que el Product Backlog sea transparente, visible y se entienda. Delega, pero no transfiere sus responsabilidades Debe tener autonomía y respaldo para garantizar el éxito Es un individuo no un comité Representa las necesidades de muchos interesados 	<p>Sprint:</p> <p>Es el corazón del Scrum, la idea se convierte en valor, su objetivo es entregar incremento del producto y dar valor al cliente.</p> <ol style="list-style-type: none"> Es el contenedor de los demás eventos Tienen una duración fija 1 a 4 semanas Un Sprint inicia cuando termina el anterior En el Sprint se da todo el trabajo para lograr el objetivo del producto, Sprint Planning, Daily Scrums, Sprint Review y Sprint Restrospective No se hacen cambios que pongan en peligro el objetivo del Sprint El product Backlog se refina según se requiera El alcance se aclara y renegocia al terminar un Sprint con el PO Una duración corta reduce los riesgos y los costos Se revisa a diario el trabajo realizado y el pendiente 	<p>Product Backlog:</p> <p>Lista de los trabajos pendientes asociados al producto (historias de usuario, funciones, requerimientos y tareas)</p> <ol style="list-style-type: none"> Es un inventario de los trabajos pendientes del producto Se listan en orden de prioridad Está disponible para todos los interesados Está en constante cambio se le pueden agregar y/o quitar historias
<p>Inspección:</p> <ol style="list-style-type: none"> El producto y los procesos, que permitan alcanzar los objetivos del proyecto deben ser inspeccionados con constancia, para verificar desviaciones las cuales deben ser corregidas de manera pronta y ágil. La inspección permite la adaptabilidad La Inspección sin Adaptación se considera Inútil 	<p>Foco: En el desarrollo del Sprint, que permita alcanzar los objetivos del proyecto</p>	<p>Scrum Master:</p> <ol style="list-style-type: none"> Facilitador, se enfoca completamente en el proceso Responsable de establecer Scrum en el Scrum Team y en la organización (comprendiendo la teórica y la práctica de Scrum) Responsable de lograr eficiencia del Scrum Team, mejorando sus prácticas del marco Scrum Promueve el liderazgo servicial Guía a los miembros del equipo en ser autogestionados y multifuncionales; Ayuda a crear Increments de alto valor que cumplan con la Definición de Terminado; Elimina impedimentos para el progreso del Scrum Team Asegura que los eventos de Scrum se realicen, sean positivos, productivos y dentro del tiempo recomendado. Ayuda a encontrar técnicas para la definición efectiva de Objetivos del Producto y la gestión del Product Backlog; Ayuda al Scrum Team a comprender el Product Backlog Ayuda a establecer una planificación empírica de productos en entornos complejo Facilita la colaboración entre los interesados. Ayuda a los empleados y los interesados a comprender y aplicar un enfoque empírico para el trabajo complejo 	<p>Sprint Planning:</p> <p>Durante este evento se planifica todo el trabajo de la iteración, explica exactamente qué vamos a lograr durante ese Sprint, quien lo está haciendo y los objetivos de la iteración</p> <ol style="list-style-type: none"> Se realiza antes de iniciar una iteración (inicia el Sprint) Su duración es de 2 horas por semana de iteración Aborda los siguientes temas: <ol style="list-style-type: none"> ¿Por qué es valioso este Sprint? ¿Qué se puede hacer en este Sprint? ¿Cómo se realiza el trabajo elegido? 	<p>Sprint Backlog:</p> <p>Es el trabajo pendiente de la iteración.</p> <ol style="list-style-type: none"> Se compone del objetivo del Sprint (Por qué) Son los elementos del Product Backlog que serán completados en la próxima Sprint (Qué) Se presenta el plan de acciones para entregar Increment Incluye las funcionalidades que serán parte del incremento del producto en la próxima iteración Es un plan realizado por y para los Developers Se actualiza a lo largo del Sprint con el fin de alcanzar el objetivo del Sprint

Matriz Resumen de los Pilares, Valores, Roles, Eventos y Artefactos de Scrum				
Pilares	Valores	Roles	Eventos	Artefactos
		14. Elimina las barreras entre los interesados y los Scrum Teams.		
<p>Adaptación:</p> <ol style="list-style-type: none"> Si los productos y/o procesos no cumplen las métricas, se debe ajustar para evitar y/o mitigar desviaciones El empoderamiento y la autogestión, permiten la adaptación. 	<p>Franqueza:</p> <p>Sobre le trabajo y los desafíos, promueven la transparencia</p>	<p>Developers:</p> <ol style="list-style-type: none"> Comprometidos con la creación de Increment Conformado entre 3 a 10 profesionales en diferentes disciplinas, distribuyen la responsabilidad de manera conjunta Encargados de crear un plan para el Sprint (<i>Sprint Backlog</i>) Inculcan calidad al adherirse a una Definición de Terminado Adaptan su plan cada día hacia el Objetivo del Sprint 	<p>Daily Scrum:</p> <p>Su propósito es inspeccionar el progreso hacia el objetivo del Sprint y adaptar el Sprint Backlog según se necesite</p> <ol style="list-style-type: none"> Se realizan todos los días, en el mismo lugar, antes de iniciar los trabajos y para preparar las actividades de las próximas 24 horas Su duración es de 15 minutos y se desarrolla por los Developers (PO y SM solo participan si esto trabajan de manera activa en el Spring Backlog) Mejora la comunicación Identifica impedimentos Promueve la toma rápida de decisiones (Elimina la necesidad de muchas reuniones) 	<p>Increment:</p> <p>Es el valor del producto que se puede entregar al cliente para que él mismo lo ponga a su servicio,</p> <ol style="list-style-type: none"> Es un pequeño logro hacia el objetivo del producto. Los Increment deben ser revisados y sumados con el fin de verificar que funcionen juntos El trabajo se vuelve Increment si este cumple con la definición de terminado
	<p>Respeto:</p> <ol style="list-style-type: none"> Los miembros del Scrum Team se respetan entre si Promueve la competencia y la independencia de los integrantes 		<p>Sprint Review:</p> <p>Su propósito es inspeccionar el resultado de la iteración y determinar las adaptaciones futuras</p> <ol style="list-style-type: none"> Permite ajustar el Producto Backlog para satisfacer nuevas oportunidades Se presenta el producto funcionando a los interesados con el fin de obtener una retroalimentación y mejorar las próximas iteraciones Tiene una duración es de 1 hora por semana de iteración Se realiza al finalizar la iteración 	
	<p>Coraje: De hacer lo correcto, para trabajar problemas difíciles</p>		<p>Sprint Retrospective:</p> <p>Su objetivo es aumentar la calidad y efectividad, esto se hace mirando hacia atrás en el proceso y reflexiona sobre lo que funcionó bien y que se debe mejorar, con esto se crea un plan de mejora en los próximos procesos.</p> <ol style="list-style-type: none"> Permite centrarse en la inspección, adaptación y mejora continua Su duración es de 45 min por semana de iteración 	

Nota. La tabla recopila los pilares, valores, roles, eventos y artefactos necesarios para la implementación y entendimiento de Scrum. Elaboración Propia.

En conclusión, Scrum representa una alternativa ágil con gran potencial para fortalecer la gestión de subprocesos en proyectos constructivos, siempre que se realicen las adaptaciones necesarias a las particularidades del sector. Su estructura clara de roles, eventos

y artefactos facilita la planificación colaborativa, la entrega continua de valor y la mejora del desempeño operativo. Si bien su aplicación no sustituye las metodologías clásicas de gestión, sí contribuye significativamente cuando se utiliza como complemento en un enfoque híbrido. Por tanto, su inclusión en el modelo propuesto para este PFG resulta no solo pertinente, sino estratégica para alcanzar mayores niveles de productividad, calidad y eficiencia en la ejecución de obras civiles.

4.2.4 Identificación de elementos compatibles entre los tres marcos: Lean Construction, Last Planner y Scrum

La aplicación conjunta de los marcos Lean Construction, Last Planner y Scrum en la gestión de proyectos constructivos representa una oportunidad estratégica para integrar enfoques complementarios, orientados a mejorar la eficiencia operativa, el control colaborativo de la producción y la capacidad de adaptación frente a entornos cambiantes. Si bien estos marcos provienen de contextos distintos —industria manufacturera, planificación colaborativa y desarrollo ágil, respectivamente—, comparten principios y objetivos que pueden articularse de forma sinérgica dentro de una metodología híbrida.

Este punto del Proyecto Final de Graduación (PFG) cobra especial importancia porque permite identificar y analizar los elementos conceptuales, operativos y prácticos que hacen posible dicha integración. La identificación de estos elementos compartidos constituye la base para construir un modelo metodológico robusto, adaptado a las particularidades del sector de la construcción civil, que mejore la planificación, ejecución y control de obras mediante la combinación de buenas prácticas provenientes de enfoques ágiles y lean.

Con este entregable, se busca introducir y evidenciar los elementos de compatibilidad entre Lean Construction, Last Planner y Scrum, resaltando cómo sus principios, prácticas y herramientas pueden alinearse estratégicamente. Esta identificación no solo permite visualizar los puntos de convergencia entre los marcos, sino que también constituye un insumo clave

para el diseño de una metodología híbrida robusta, flexible y orientada a la mejora continua. Así, se responde de manera más eficaz a los desafíos dinámicos que enfrentan los proyectos constructivos contemporáneos, fortaleciendo el enfoque propuesto en el presente Proyecto Final de Graduación.

Enfoque en la generación de valor

Los tres marcos comparten una orientación hacia la maximización del valor entregado al cliente. Lean Construction enfatiza la eliminación de desperdicios y actividades que no agregan valor; Last Planner busca garantizar el cumplimiento confiable de los compromisos de trabajo; y Scrum promueve la entrega incremental de productos con valor tangible. Esta coincidencia permite diseñar procesos constructivos que prioricen continuamente aquello que aporta resultados concretos, reduciendo al mínimo los esfuerzos innecesarios.

Planificación colaborativa y compromiso del equipo

Tanto el Last Planner System como Scrum se fundamentan en la participación activa del equipo para definir los compromisos de ejecución, consolidando un modelo de gestión basado en la colaboración y la transparencia. En el primero, los actores involucrados acuerdan las tareas semanales a partir de las restricciones reales del proyecto, garantizando la viabilidad de los compromisos adquiridos; mientras que, en Scrum, el equipo selecciona de manera autónoma los elementos del product backlog que abordará en el siguiente sprint, de acuerdo con su capacidad y prioridades. Esta coincidencia conceptual fortalece la confiabilidad de la planificación y promueve un entorno donde las decisiones se sustentan en información compartida, consolidando la responsabilidad colectiva, la autoorganización y la mejora continua como principios comunes de ambos marcos.

Ciclos cortos de planificación y revisión

La planificación por iteraciones cortas constituye un eje estructural de Scrum y, a la vez, una práctica fundamental en el sistema Last Planner, expresada a través de la planificación

semanal e intermedia. Este enfoque iterativo permite dividir el proyecto en ciclos breves de ejecución y evaluación, manteniendo una alta visibilidad del progreso y facilitando la detección temprana de desviaciones. Al trabajar con horizontes cortos y retroalimentación constante, ambos marcos fortalecen la capacidad de adaptación frente a cambios, restricciones o interferencias que surgen en obra. Por su parte, Lean Construction respalda este dinamismo mediante su principio de flujo continuo y la filosofía de mejora continua (kaizen), que se refuerza de manera progresiva en cada ciclo de planificación y revisión.

Visualización y control de procesos

El uso de tableros físicos o digitales, cronogramas visuales y diagramas de flujo constituye un elemento común en los tres marcos, al servir como soporte para la comunicación, la coordinación y el control visual del trabajo. En Lean Construction, estas herramientas se expresan mediante el Value Stream Mapping (VSM), que permite identificar desperdicios y optimizar el flujo de valor; en el Last Planner System, a través de los planes de trabajo semanales y las matrices de restricciones que facilitan la toma de decisiones colaborativas; y en Scrum, mediante los tableros Kanban y los gráficos de velocidad, que ofrecen una representación dinámica del avance y la capacidad del equipo. Esta coincidencia metodológica favorece la unificación de los mecanismos de monitoreo y seguimiento, generando mayor transparencia, trazabilidad y comprensión colectiva sobre el estado actual del proyecto.

Reuniones estructuradas y retroalimentación constante

Scrum introduce eventos estructurados como el Daily Scrum, la Sprint Review y la Retrospectiva, los cuales garantizan la inspección continua del progreso, la evaluación de los resultados obtenidos y la reflexión colectiva sobre las oportunidades de mejora. De manera análoga, el Last Planner System contempla reuniones semanales orientadas a la planificación colaborativa y al análisis de causas de no cumplimiento, con el fin de fortalecer la planificación confiable y eliminar restricciones que afecten la producción. Por su parte, Lean Construction

impulsa reuniones de mejora continua, la aplicación de los ciclos PDCA (plan–do–check–act) y espacios de reflexión postactividad, consolidando una cultura de aprendizaje permanente. En conjunto, estos marcos promueven la inspección, adaptación y generación de conocimiento colectivo, pilares fundamentales de una metodología híbrida orientada a la mejora del desempeño en proyectos de construcción.

Priorización de tareas según valor y restricciones

El Product Backlog de Scrum establece la priorización de tareas con base en el valor y la necesidad, de modo que el equipo enfoque sus esfuerzos en aquellas actividades que generan el mayor impacto para el proyecto o el cliente. Este principio orienta la planificación hacia la entrega progresiva de valor y la maximización de resultados tangibles en cada iteración. En el Last Planner System, la priorización se aborda mediante la eliminación de restricciones, garantizando que las actividades seleccionadas para ejecución sean realmente factibles y estén listas para cumplirse de forma confiable. Por su parte, Lean Construction aplica la priorización a partir del análisis del flujo de valor, asegurando que los recursos se dirijan a los procesos que contribuyen directamente al objetivo final. Esta visión compartida de priorización por valor permite sincronizar tareas relevantes y asegurar que se ejecute primero aquello que aporta mayor beneficio al avance global del proyecto.

Transparencia, comunicación y empoderamiento

Los tres enfoques —Lean Construction, Last Planner System y Scrum— promueven entornos de trabajo donde la información fluye de manera transparente, se fortalecen los canales de comunicación y se empodera a los equipos para la toma de decisiones. Esta estructura colaborativa fomenta la confianza entre los participantes, reduce los tiempos de respuesta ante cambios y garantiza que las decisiones se basen en información verificada y compartida. Como resultado, se incrementa la motivación y el compromiso del equipo, al

tiempo que se optimiza la capacidad de adaptación del proyecto frente a eventos imprevistos o condiciones variables propias del entorno constructivo.

A continuación, se presenta una tabla en la que se recopila de manera estructurada la información correspondiente a los elementos compatibles entre los marcos Lean Construction, Last Planner y Scrum. Esta síntesis permite identificar los puntos de convergencia más relevantes, facilitando su análisis comparativo y resaltando las oportunidades de integración metodológica dentro del contexto de la gestión de proyectos de construcción.

Tabla 15.

Recopilación de elementos compatibles entre los tres marcos ágiles

Elementos	Lean Construction	Last Planner	Scrum
Orientación al cliente	Busca maximizar el valor entregado al cliente y reducir desperdicios en cada fase del proyecto	Promueve el cumplimiento de compromisos asumidos por los responsables de ejecución, con base en una planificación colaborativa y realista.	El Product Owner representa las necesidades del cliente
Iteración y mejora continua	Utiliza el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) para mejorar continuamente.	Evalúa semanalmente el cumplimiento de actividades (PAC) y se retroalimenta el proceso.	Cada Sprint permite entregar mejoras constantes y se realizan retrospectivas para aprender.
Visualización del trabajo	Aplica mapas de procesos, tableros y herramientas visuales en obra para facilitar la gestión.	Planes y tareas se muestran en tableros visibles que se revisan a diario.	Se usan tableros visuales y listas (backlogs) para seguir el trabajo y los avances.
Trabajo colaborativo	Impulsa equipos colaborativos e integración temprana de partes.	Participación activa de todos los actores del proyecto.	Roles definidos que fomentan la colaboración continua.
Gestión de restricciones	Identifica y elimina de forma proactiva las restricciones que impiden el avance.	Se analizan y eliminan restricciones antes de liberar tareas para ejecución.	Los impedimentos son detectados y gestionados diariamente en la reunión Daily Scrum.
Evaluación del rendimiento	Evalúa el desempeño a través de indicadores medibles como tiempos, costos y productividad.	Monitorea el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y analiza causas de incumplimiento.	Se mide el avance real del proyecto mediante entregables funcionales y retroalimentación constante.
Enfoque en valor	Se enfoca en entregar valor al cliente desde el diseño hasta la ejecución de la obra.	Las actividades seleccionadas buscan maximizar el valor entregado al proyecto.	Cada iteración (Sprint) está enfocada en entregar incrementos de valor para el cliente.
Priorización de tareas	Las tareas se priorizan en función del impacto y necesidades del cliente.	Las tareas listas se priorizan y planifican en reuniones colaborativas.	El equipo selecciona tareas del backlog en función de valor y capacidad del Sprint.
Control de producción	Aplica técnicas que aseguran flujo continuo y estable en la producción.	Utiliza planificación semanal e intermedia para controlar el ritmo de ejecución.	El progreso se evalúa diariamente mediante reuniones y entregables verificables.
Transparencia y Comunicación	Reuniones frecuentes y uso de tableros para asegurar que toda la información esté clara y compartida.	Reuniones estructuradas como planificación semanal, evaluación de PAC y análisis de causas.	Eventos como reuniones diarias, revisiones y retrospectivas aseguran claridad y adaptación continua.

Nota. Síntesis de elementos comunes entre Lean Construction, Last Planner y Scrum, y su relación con principios, prácticas y herramientas que facilitan una metodología híbrida en proyectos de construcción.

Elaboración propia.

La identificación de elementos compartidos entre Lean Construction, Last Planner y Scrum representa mucho más que un ejercicio comparativo: constituye un fundamento técnico esencial para justificar la viabilidad de su integración metodológica. Este análisis demuestra que, pese a sus diferencias de origen y aplicación, los tres marcos convergen en principios comunes orientados a la mejora continua, la planificación colaborativa y la entrega incremental de valor. Reconocer estas compatibilidades permite construir una base sólida para el diseño de una metodología híbrida coherente, adaptativa y técnicamente sustentada, capaz de responder a los retos complejos de los proyectos constructivos actuales. En consecuencia, este punto se convierte en un insumo estratégico que orienta la selección e integración de herramientas y prácticas que maximicen la eficiencia y el control en la ejecución de obras civiles.

En conclusión, con relación al desarrollo del objetivo específico 2 ha permitido realizar un análisis profundo, estructurado y comparativo de los marcos Lean Construction, Last Planner System y Scrum, identificando sus principios, estructuras operativas y herramientas clave, así como su aplicabilidad dentro del entorno de la construcción. Esta evaluación no solo ha facilitado la comprensión individual de cada enfoque, sino que ha sentado las bases para una integración coherente y estratégica, orientada a optimizar la ejecución de proyectos bajo condiciones reales del sector.

En particular, la exploración de sus elementos compatibles evidencia que estos marcos, aunque distintos en origen y alcance, comparten principios fundamentales como la mejora continua, la planificación colaborativa, la eliminación de desperdicios, el trabajo en equipo y la entrega de valor progresiva. Al contrastar sus características y adaptarlas al ciclo de vida constructivo, se vislumbra la posibilidad concreta de diseñar una metodología híbrida que reúna lo mejor de cada marco, potenciando el control de producción, la productividad y la capacidad de adaptación frente a los cambios e incertidumbres propias de los proyectos de infraestructura.

Por tanto, este objetivo cumple un papel central dentro del Proyecto Final de Graduación (PFG), al aportar el sustento teórico y práctico necesario para justificar y estructurar la propuesta metodológica final. Dicho sustento permite integrar los conceptos, principios y herramientas analizadas en los marcos Lean Construction, Last Planner System y Scrum, proporcionando una base sólida para su articulación dentro de un modelo de gestión híbrido. Además, fortalece la pertinencia, coherencia y viabilidad de la metodología propuesta como una solución innovadora para la gestión eficiente de obras civiles, en consonancia con las tendencias internacionales en dirección de proyectos y con la necesidad de adaptar los enfoques tradicionales a entornos de alta complejidad y variabilidad.

4.3. Análisis del modelo predictivo de gestión de proyectos en el contexto constructivo: identificación de oportunidades para la integración de herramientas ágiles dentro de una metodología híbrida.

En el contexto de los proyectos de construcción, el modelo predictivo tradicional ha sido históricamente el marco dominante para la gestión, caracterizándose por su enfoque secuencial y por la definición detallada de los entregables desde etapas tempranas, lo que permite establecer una visión completa del producto final antes de iniciar la ejecución. Este modelo se sustenta en un control estricto del alcance, el tiempo y el costo, asegurando la trazabilidad y el cumplimiento de los objetivos planificados. Asimismo, privilegia la planificación anticipada y la linealidad de los procesos, de modo que cada fase debe completarse antes de iniciar la siguiente. Esta estructura resulta especialmente útil en entornos donde los requerimientos son estables, los riesgos son predecibles y los cambios durante la ejecución son mínimos, como ocurre en proyectos con diseños y especificaciones bien definidos desde su origen.

No obstante, frente a los desafíos contemporáneos del sector de la construcción, caracterizados por una creciente complejidad técnica, niveles de alta incertidumbre y plazos de ejecución cada vez más ajustados, el modelo predictivo ha mostrado limitaciones en su

capacidad de respuesta oportuna ante eventos imprevistos o necesidades emergentes. Su rigidez estructural y la dependencia de planes estáticos dificultan la adaptación a cambios repentinos en las condiciones del entorno, los requerimientos del cliente o la disponibilidad de recursos. En este contexto, la integración de marcos ágiles adquiere una relevancia estratégica, al ofrecer mecanismos de planificación incremental, comunicación continua y retroalimentación temprana que fortalecen la capacidad del proyecto para ajustarse eficazmente a la variabilidad propia de la obra.

En este sentido, el presente objetivo se orienta a analizar de manera crítica el modelo predictivo de gestión de proyectos, no solo para comprender su estructura y funcionamiento en el ámbito constructivo, sino para identificar con precisión los puntos de fricción, oportunidad o complementariedad en los cuales puedan incorporarse herramientas propias de los marcos ágiles. Este análisis permitirá establecer el punto de integración más adecuado dentro del modelo clásico, facilitando así el diseño de una metodología híbrida robusta.

Con ello, se busca aportar un sustento técnico y argumentativo esencial para el desarrollo del Proyecto Final de Graduación (PFG), dado que la integración inteligente y justificada de marcos ágiles en el modelo predictivo constituye el núcleo de la propuesta metodológica planteada. Esta integración no responde a una simple fusión de prácticas, sino a un proceso analítico que identifica los puntos de convergencia entre ambos enfoques, maximizando sus fortalezas y compensando sus limitaciones. De esta manera, se fortalece la aplicabilidad, coherencia y pertinencia del enfoque híbrido propuesto, permitiendo optimizar la ejecución de proyectos de infraestructura bajo una visión moderna, flexible y orientada a la entrega continua de valor.

4.3.1. Análisis del ciclo de vida predictivo y sus grupos de procesos (PMBOK)

El análisis del ciclo de vida predictivo constituye una base fundamental en la estructuración y planificación de proyectos de infraestructura, como es el caso de los proyectos

de construcción de puentes, carreteras o edificaciones civiles. Este enfoque, caracterizado por su secuencialidad, permite una gestión basada en la certeza y el control, definiendo desde el inicio el alcance, los costos y los plazos. En el contexto del presente Proyecto Final de Graduación (PFG), esta actividad se orienta a comprender cómo este enfoque puede servir como columna vertebral para articular de manera estratégica herramientas y marcos ágiles, generando así un sistema híbrido de gestión eficiente y adaptable.

A través de este análisis se busca:

- Reconocer cómo se estructura el ciclo de vida predictivo, sus fases y grupos de procesos según el PMBOK.
- Identificar los puntos críticos en los que pueden integrarse herramientas de control y mejora continua.
- Establecer una base conceptual para alinear el marco tradicional con enfoques adaptativos, maximizando la eficiencia sin comprometer el control.

4.3.1.1. Ciclo de vida predictivo y características clave

El ciclo de vida predictivo se organiza en una secuencia lineal de fases, donde el inicio de una depende de la finalización completa de la anterior. Esta lógica secuencial favorece una planificación detallada desde el inicio, disminuyendo la incertidumbre, pero también limitando la capacidad de adaptación a cambios emergentes durante la ejecución.

Características principales:

- Alcance claramente definido desde el inicio.
- Bajo grado de tolerancia a cambios durante la ejecución.
- Valor entregado al cliente al final del proyecto.
- Riesgo y variabilidad controlados mediante planificación anticipada.

Figura 22.

Desarrollo de ciclo de vida predictivo



Nota: La imagen muestra el desarrollo del ciclo de vida predictivo. *Elaboración propia.*

Es importante precisar que, mientras las fases constituyen componentes de gestión definidos por el modelo de administración del proyecto, las etapas corresponden a componentes técnicos u operativos que describen el desarrollo físico y funcional de la obra. Ambas dimensiones se complementan entre sí: las fases garantizan el control y seguimiento del proceso de gestión, mientras que las etapas aseguran la secuencia lógica y coherente de la ejecución técnica.

4.3.1.2. Grupos de procesos según el PMBOK y su aplicación al modelo constructivo

De acuerdo con el Project Management Institute (PMI, 2021), el ciclo de vida de un proyecto se desarrolla mediante cinco grupos de procesos: Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control, y Cierre. Estos no representan fases del proyecto, sino conjuntos de actividades interrelacionadas que se aplican de forma transversal en cada fase del ciclo de vida, garantizando la integración, coherencia y control de la gestión.

En el ámbito de la construcción, los grupos de procesos se implementan dentro de cada fase —por ejemplo, en la fase de diseño, ejecución o cierre— adaptando sus prácticas a las particularidades técnicas y operativas del proyecto. De esta manera, se asegura una administración formal de los recursos, tiempos, costos, calidad y riesgos, manteniendo trazabilidad y control a lo largo de toda la ejecución.

La siguiente tabla ilustra cómo los grupos de procesos del PMBOK se aplican de manera transversal dentro de las fases típicas del desarrollo de un proyecto constructivo, evidenciando la correspondencia funcional entre la gestión de proyectos y la secuencia técnica

propia del sector. Comprender esta relación es fundamental para identificar los momentos clave de intervención y establecer una base coherente que permita posteriormente integrar enfoques ágiles que fortalezcan la planificación, ejecución y control del proyecto.

Tabla 16.

Correspondencia entre fases y la aplicación dentro de las fases constructivas

Fase del ciclo de vida del proyecto constructivo	Aplicación dentro de fases Constructivos
Prefactibilidad	Formulación del proyecto, evaluación técnica y económica inicial, definición de alcance preliminar, identificación de riesgos, estudios de impacto ambiental y análisis de viabilidad.
Diseño	Desarrollo de diseños conceptuales, básicos y detallados; revisión técnica y normativa; planificación del cronograma general; elaboración del presupuesto referencial; validación de especificaciones con las partes interesadas.
Planeación	Estructuración del plan maestro del proyecto (EDT, cronograma, presupuesto, recursos); definición de indicadores de control; desarrollo de la estrategia de adquisiciones y gestión de riesgos; coordinación interdisciplinaria.
Contratación	Preparación de pliegos, licitaciones y análisis de propuestas; adjudicación y formalización de contratos; definición de roles, responsabilidades y flujos de comunicación; reuniones de arranque e inducción de equipos.
Construcción	Ejecución de actividades en campo; implementación de controles de calidad y seguridad; aplicación del Last Planner System y prácticas Lean; monitoreo de avances físicos y financieros; ajustes operativos ante restricciones.
Mantenimiento y Operación	Supervisión del desempeño operativo; control de mantenimiento preventivo y correctivo; evaluación de desempeño energético y ambiental; retroalimentación de datos para nuevos proyectos.
Renovación o cierre del ciclo	Evaluación del estado estructural; planificación de intervenciones; rediseño o modernización de componentes; gestión documental de cierre técnico; actualización de lecciones aprendidas.
Prefactibilidad	Formulación del proyecto, evaluación técnica y económica inicial, definición de alcance preliminar, identificación de riesgos, estudios de impacto ambiental y análisis de viabilidad.

Nota. La tabla muestra la correspondencia entre las fases del ciclo de vida del proyecto constructivo y su aplicación práctica en los procesos de gestión del proyecto. Elaboración Propia.

4.3.1.3. Identificación de puntos de convergencia operativa: ejemplo aplicado a proyectos de infraestructura lineal.

Aunque los proyectos de obras civiles suelen desarrollarse bajo un enfoque predictivo tradicional, caracterizado por su secuencia lineal y planificación rigurosa, es posible identificar momentos o componentes dentro del ciclo de vida en los que puede integrarse el enfoque ágil sin alterar su estructura fundamental. El objetivo de este apartado es demostrar que, dentro de determinadas fases del proyecto —particularmente la fase de construcción—, pueden aplicarse herramientas ágiles como Scrum, en sinergia con Lean Construction y Last Planner, para optimizar la ejecución de actividades repetitivas o cíclicas, mejorar la productividad y fortalecer la adaptabilidad operativa del proyecto.

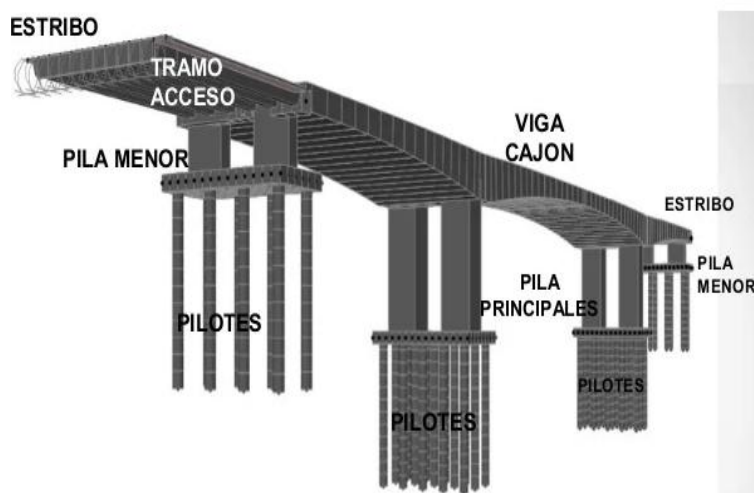
Cabe aclarar que, debido a los requerimientos contractuales y de financiamiento, las fases previas —como diseño, planeación y contratación— deben completarse y aprobarse antes del inicio de la ejecución, ya que en ellas se definen los alcances, costos y plazos del proyecto. Por tanto, la aplicación de metodologías ágiles en construcción se orienta a mejorar la gestión interna y la eficiencia productiva, sin modificar los compromisos formales establecidos.

Para ilustrar esta convergencia, se toma como ejemplo el proceso constructivo de un puente de voladizos sucesivos, el cual presenta una estructura de desarrollo segmentada en etapas técnicas bien definidas. En este tipo de infraestructura, la planificación predictiva proporciona una guía detallada y controlada de la ejecución, mientras que las herramientas ágiles permiten optimizar el flujo de trabajo, reducir los tiempos de respuesta ante imprevistos y fomentar la mejora continua en campo.

A continuación, se presenta una imagen ilustrativa que muestra la composición estructural y los elementos principales de un puente construido mediante voladizos sucesivos. Esta representación tiene como objetivo contextualizar de manera clara el caso de estudio seleccionado, sirviendo como base técnica y visual para la aplicación del enfoque híbrido propuesto.

Figura 23.

Composición y elementos de un puente de voladizos sucesivos



Nota. La figura muestra las partes y estructuras típicas que conforman un puente de voladizos sucesivos.

Fuente: Benítez, A. (2014).

La construcción de un puente se desarrolla a través de un conjunto de etapas planificadas bajo una lógica secuencial, que conforman la fase constructiva del proyecto. Estas etapas se organizan mediante una Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT), herramienta que permite descomponer la fase de construcción en componentes jerárquicos, facilitando la asignación de recursos, la programación de actividades y el seguimiento del avance físico. En el caso del puente seleccionado, la EDT se ha estructurado hasta el nivel 4, lo que permite identificar tareas específicas repetitivas, predecibles y susceptibles de mejora continua, donde las prácticas ágiles pueden aplicarse para optimizar la productividad y la adaptabilidad del proceso.

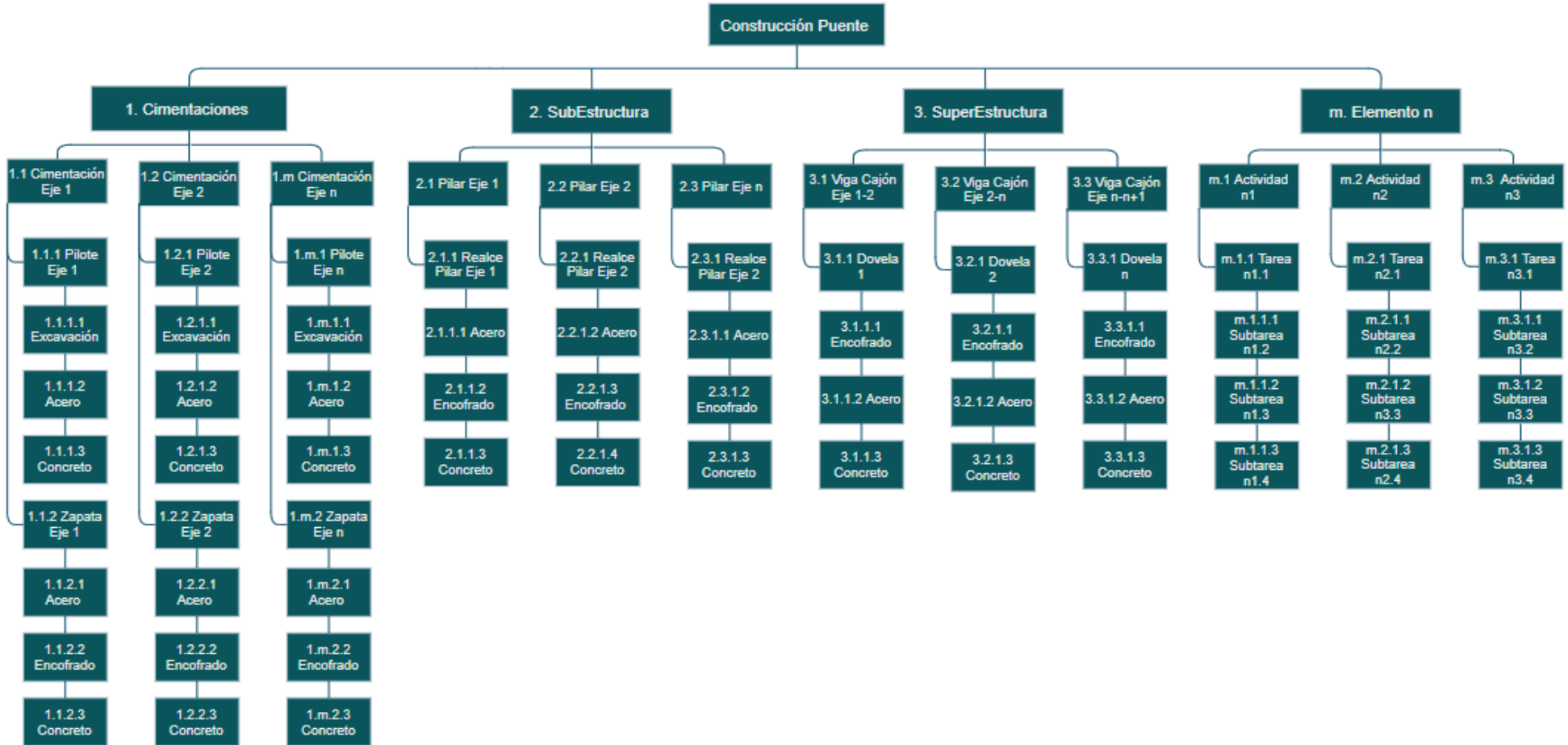
En la gestión tradicional, las fases del ciclo de vida —como formulación, diseño, construcción y cierre— suelen desarrollarse de forma secuencial, de modo que el inicio de una depende de la aprobación o culminación de la anterior, por ejemplo, no se puede comenzar la fase de construcción sin contar con la viabilidad técnica y financiera ni con los diseños aprobados. Sin embargo, las tendencias actuales en dirección de proyectos apuntan hacia la

integración de fases, como ocurre en los contratos de diseño y construcción (Design & Build), los cuales constituyen un avance hacia la agilidad al reducir tiempos y mejorar la coordinación.

Asimismo, la implementación de contratos colaborativos, como el modelo Integrated Project Delivery (IPD), representa un paso adicional hacia la agilidad organizacional, al promover la transparencia, la distribución equitativa de riesgos y la cooperación entre las partes. Aunque su adopción implica retos asociados a la regulación, la gestión del riesgo y la cultura contractual, su aplicación progresiva podría transformar la forma en que se planifican y ejecutan las obras civiles, haciendo los procesos más eficientes, adaptativos y colaborativos.

Figura 24.

EDT Construcción de un Puente



Nota. La figura representa un ejemplo de EDT descompuesta para un puente de voladizos sucesivos. Elaboración propia.

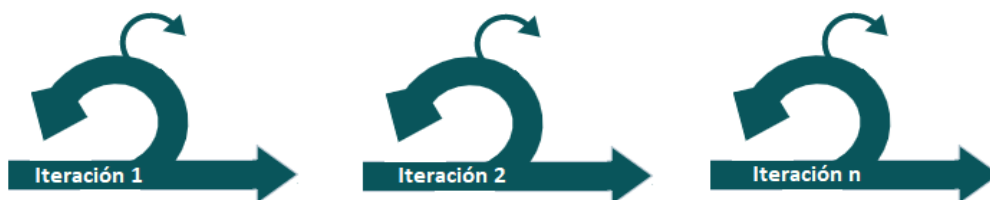
En particular, tareas como la excavación de pilotes siguen una secuencia técnica repetitiva, que se ejecuta de manera cíclica en cada unidad estructural hasta alcanzar las condiciones de diseño establecidas para dicha estructura. Este patrón de trabajo es técnicamente constante, lo que facilita su planificación y control dentro de un enfoque híbrido.

En este punto, se propone utilizar el enfoque ágil como refuerzo operativo dentro del modelo predictivo, aplicando ciclos cortos de planificación, ejecución, revisión y mejora continua para aquellas actividades que lo permitan. Esto no implica una sustitución del enfoque general, sino una integración progresiva y contextualizada.

Además, para facilitar la comprensión del modelo adaptativo que fundamenta esta propuesta, se incluye la siguiente imagen, donde se representa el ciclo de vida adaptativo, caracterizado por su enfoque iterativo, entregas incrementales y mejora continua:

Figura 25.

Iteraciones dentro de las fases del ciclo de vida predictivo



Nota. La figura muestra los procesos de iteración en un ciclo de vida adaptativo. Elaboración Propia.

Este análisis demuestra que, si bien el modelo predictivo proporciona un marco robusto para el desarrollo de obras civiles, su rigidez puede ser mitigada mediante la integración estratégica de herramientas ágiles en etapas específicas. La adopción de un enfoque híbrido en actividades repetitivas no solo potencia el rendimiento operativo, sino que también favorece una mayor capacidad de adaptación frente a condiciones variables del entorno constructivo.

4.3.2 Detección de actividades críticas susceptibles de mejorarse con prácticas ágiles

La naturaleza de los proyectos de obras civiles, particularmente aquellos que implican procesos repetitivos y técnicamente complejos, como puentes, túneles y edificaciones, expone múltiples fases críticas en las que se concentra gran parte de las ineficiencias del ciclo constructivo. Estas fases suelen presentar cuellos de botella, reprocesos, retrasos y pérdida de recursos, elementos que afectan directamente la productividad, los costos y el cumplimiento de cronogramas.

El objetivo de esta actividad es identificar dichas fases críticas dentro de diferentes tipos de estructuras civiles, con el fin de determinar su susceptibilidad a ser mejoradas mediante la implementación de prácticas ágiles, particularmente aquellas provenientes de los marcos **Scrum, Last Planner System** y **Lean Construction**.

Para lograr esto, se realizó un análisis técnico de estructuras representativas: **puentes en voladizos sucesivos, túneles** y **edificaciones en altura**. A partir de la descomposición de cada estructura en sus elementos constructivos clave, se identificaron las fases que presentan mayor repetitividad, complejidad operativa y posibilidad de retroalimentación, condiciones necesarias para viabilizar la integración de marcos ágiles en su ejecución.

Este análisis permite ir más allá del enfoque tradicional, y detectar no solo actividades críticas en términos técnicos, sino también desde el punto de vista del flujo de trabajo, la coordinación de equipos, la gestión de restricciones y la entrega incremental de valor. Se contemplan problemas comunes como reprocesos, demoras en suministros, fallos en el soporte topográfico, y daños en maquinaria, entre otros.

A continuación, se presenta una tabla resumen que consolida la estructura analizada, el elemento constructivo, la fase crítica, los problemas detectados, el marco ágil sugerido y su justificación técnica. Este insumo permite adaptar la aplicación de marcos ágiles a distintos contextos constructivos.

Tabla 17.

Actividades críticas en estructuras civiles susceptibles de mejorarse con metodologías ágiles

Estructura	Elemento	Ciclo / Fase crítica	Problemas frecuentes	Marco ágil sugerido	Justificación de aplicación
Puente en voladizo	Pilotes y Caissons	Marcación topográfica, excavación manual/mecánica/explosivos, retiro de material, soporte y tratamiento (ciclo hasta alcanzar la profundidad de diseño).	Daños en equipos de perforación o extracción, retrasos por disponibilidad de concreto de soporte, llegada tardía de explosivos o materiales de soporte.	Scrum + Last Planner	La repetición del ciclo permite implementar iteraciones que mejoren continuamente la productividad y reduzcan el impacto de restricciones.
	Pilar central	Instalación de acero, instalación de encofrado, revisión topográfica, instalación de concreto (repetido por tramos según la altura).	Figuras mal ejecutadas de acero, errores en encofrado, desalineación topográfica, espera por concreto, fallas en equipos de bombeo.	Scrum + Lean Construction	Alta repetitividad en el ciclo constructivo permite aplicar prácticas ágiles que mejoran eficiencia y reducen reprocesos.
	Dovelas	Instalación de acero, instalación de encofrado, revisión topográfica, instalación de concreto (repetido según el número de dovelas del puente).	Reprocesos por acero mal figurado, errores en encofrado, demoras por falta de concreto.	Scrum + Lean Construction + Last Planner	Alta repetitividad en la fabricación secuencial de dovelas permite implementar ciclos ágiles enfocados en la calidad y mejora continua.
Túnel	Frente de Excavación	Marcación topográfica, barrenación, cargue y detonación de explosivos, retiro de material excavado, revisión topográfica, tratamiento y soporte (ciclo hasta longitud proyectada).	Fallas topográficas, demoras por disponibilidad de concreto, daños en maquinaria (robot jet, volquetas, cargadores).	Scrum + Last Planner	La repetición sistemática del ciclo permite aplicar Scrum en iteraciones para reducir fallas y mantener la continuidad productiva.
Edificaciones	Pilotes y Caissons	Marcación topográfica, excavación manual/mecánica/explosivos, retiro de material, soporte y tratamiento (ciclo hasta alcanzar la profundidad de diseño).	Daños en maquinaria de excavación, demoras por soporte, entrega tardía de explosivos.	Scrum + Last Planner	La alta repetición de actividades permite aplicar herramientas ágiles de forma iterativa y enfocada en eliminar restricciones críticas.
	Columnas, vigas y losas	Construcción cíclica por niveles: columnas, vigas y losas (repetido por cada piso del edificio).	Errores topográficos, retrasos en el suministro de concreto, acero mal figurado o faltante.	Scrum + Lean Construction	La repetición por niveles facilita la adopción de ciclos ágiles para maximizar eficiencia, prevenir reprocesos y garantizar continuidad constructiva.

Nota. La tabla presenta la identificación de actividades críticas repetitivas en proyectos de construcción de puentes, túneles y edificaciones, junto con los problemas comunes asociados, los marcos ágiles sugeridos y la justificación técnica para su aplicación. Elaboración propia.

El análisis evidencia que las actividades repetitivas y cíclicas en proyectos de construcción representan una oportunidad ideal para introducir iteraciones, sistemas de control visual y dinámicas de mejora continua propias de enfoques ágiles. Por ejemplo, el avance repetitivo en túneles, la ejecución secuencial de dovelas en puentes o los ciclos piso a piso en edificaciones, permiten aplicar herramientas como el PAC, la evaluación de productividad, reuniones retrospectivas y tableros Kanban adaptados a obra, facilitando la trazabilidad, transparencia y acción temprana frente a las restricciones.

En resumen, esta actividad identifica las actividades críticas y establece un marco práctico para adoptar metodologías ágiles en la construcción. Destaca la aplicación focalizada de Scrum, Last Planner y Lean para aumentar la eficiencia, reducir pérdidas y transformar la cultura de gestión de obra.

4.3.3. Propuesta de puntos de integración entre enfoques tradicional y ágil

La gestión de proyectos en el sector de la construcción ha estado históricamente dominada por el enfoque tradicional o predictivo, caracterizado por la secuencialidad de las fases, la planificación detallada desde el inicio y una baja tolerancia al cambio. Sin embargo, como se ha evidenciado en los puntos anteriores, dentro de este marco existen momentos específicos que, por su naturaleza cíclica, repetitiva o problemática, resultan propicios para la aplicación de marcos ágiles, sin necesidad de alterar la estructura general del proyecto.

Con base en los hallazgos de la actividad 2, y teniendo en cuenta los grupos de procesos definidos por el enfoque del PMBOK, esta actividad tiene como propósito identificar los puntos de convergencia más adecuados donde pueden integrarse prácticas y herramientas ágiles dentro del ciclo de vida tradicional. Esta integración permitirá una gestión más flexible, eficiente y reactiva, potenciando los beneficios del enfoque predictivo mediante mejoras localizadas a nivel operativo.

4.3.3.1. Lógica de integración propuesta

La propuesta parte de la idea de que los enfoques ágiles no deben sustituir el modelo tradicional, sino complementarlo en aquellas fases donde la adaptabilidad, la colaboración continua y la mejora incremental representen ventajas competitivas claras. Esto se hace particularmente evidente en fases críticas o actividades repetitivas que requieren seguimiento continuo, coordinación entre múltiples actores, o presentan alta sensibilidad a los cambios o restricciones del entorno constructivo.

En este sentido, se propone una lógica de integración por capas, donde:

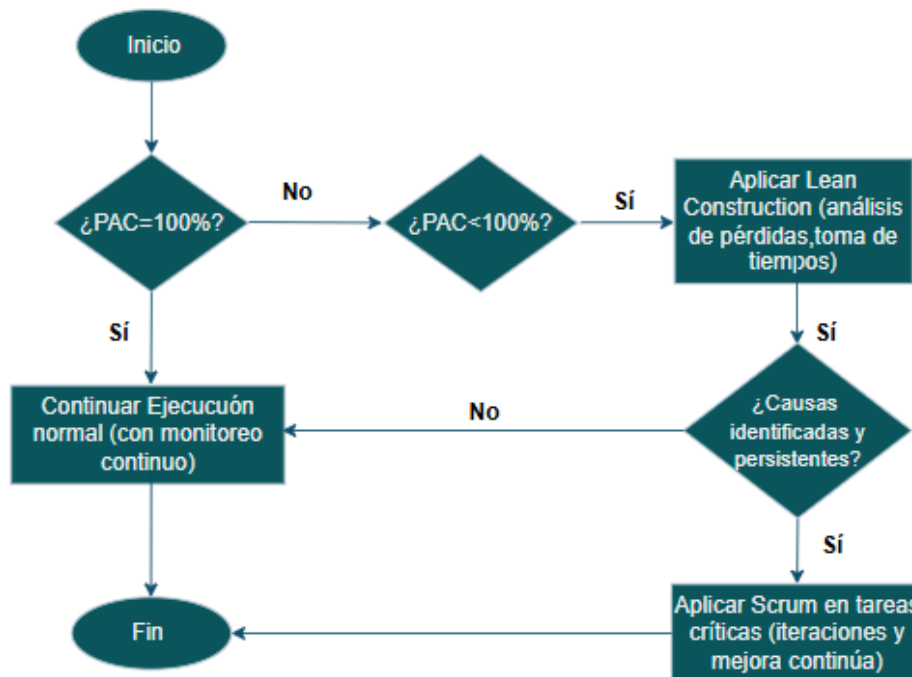
- **El enfoque predictivo se mantiene como columna vertebral del modelo híbrido**, ya que proporciona la estructura general del proyecto, define los hitos clave, la EDT y la planificación a gran escala. Su función es asegurar la coherencia, trazabilidad y control integral de las actividades, sobre la cual se integran las prácticas ágiles para optimizar la ejecución operativa y aumentar la capacidad de adaptación frente a los cambios durante la fase constructiva.
- **Last Planner System actúa como filtro operativo**, evaluando el cumplimiento de metas semanales e identificando restricciones que afectan la confiabilidad del plan.
- **Lean Construction entra en acción cuando el cumplimiento del PAC cae por debajo del 100%**, activando herramientas de análisis de pérdidas y optimización del flujo de trabajo.
- **Scrum se implementa como mecanismo de mejora iterativa**, particularmente útil en ciclos de producción repetitiva, donde se busca eficiencia, adaptación rápida y entrega incremental de valor.

4.3.3.2. Representación visual del esquema de integración

En el contexto del presente Proyecto Final de Graduación, el siguiente esquema permite visualizar de manera estructurada cómo pueden articularse los enfoques tradicionales basados en el ciclo de vida predictivo con herramientas y prácticas propias de marcos ágiles como Lean Construction, Last Planner System y Scrum. Esta integración metodológica no solo responde a la necesidad de adaptar los procesos a entornos constructivos complejos, sino que también busca optimizar la gestión de actividades repetitivas, reducir restricciones operativas, mejorar la toma de decisiones y elevar el desempeño global durante la etapa de ejecución de obras civiles.

Figura 26.

Esquema de integración operativa entre enfoques predictivo y ágiles en proyectos de construcción.



Nota. El esquema presenta un modelo de integración entre los enfoques de gestión predictivo y ágiles, aplicado a proyectos de construcción con base en las metodologías Lean Construction, Last Planner System y Scrum. Elaboración propia.

Este esquema constituye un aporte central al Proyecto Final de Graduación, ya que establece de manera clara y estructurada los puntos de convergencia entre ambos enfoques y orienta su implementación práctica en contextos reales de obra. Al definir con precisión cómo, en qué momentos y bajo qué condiciones integrar herramientas ágiles dentro de un marco predictivo, se garantiza que la aplicación de prácticas adaptativas responda a necesidades concretas del proyecto, evitando la pérdida de control o coherencia metodológica. Esta integración permite optimizar la ejecución en ciclos constructivos repetitivos, fortalecer la adaptabilidad del proyecto ante variaciones operativas imprevistas y, al mismo tiempo, mantener el control secuencial y sistemático propio de la planificación tradicional.

En conjunto, esta sinergia metodológica posibilita conservar los beneficios del orden y la previsión característicos del modelo predictivo, mientras se incorporan elementos de flexibilidad, respuesta ágil y mejora continua necesarios para afrontar la complejidad y dinamismo de los entornos constructivos actuales.

4.3.3.3. Puntos de integración recomendados

La identificación de puntos de integración entre los enfoques predictivo y ágiles representa un paso clave en la estructuración de una metodología híbrida aplicable a la ejecución de obras civiles. Esta propuesta busca definir con claridad los momentos del ciclo de vida tradicional donde resulta más pertinente incorporar herramientas, prácticas o principios provenientes de marcos como Lean Construction, Last Planner System y Scrum, con el fin de aprovechar sus beneficios sin alterar la lógica secuencial del modelo clásico.

En el marco de este Proyecto Final de Graduación, enfocado en la implementación de una metodología híbrida para la etapa de ejecución, se plantea una alineación estratégica entre los grupos de procesos definidos por el PMI, las etapas constructivas observadas en campo y los marcos ágiles más adecuados según el contexto operativo. Este enfoque permite identificar momentos clave donde la integración de prácticas ágiles no solo es viable, sino deseable para mejorar la eficiencia, reducir restricciones, aumentar la adaptabilidad y fortalecer la toma de decisiones en terreno.

Esta propuesta se fundamenta en el análisis previo de actividades críticas susceptibles de mejora —detectadas a través del estudio de casos reales como puentes, túneles y edificaciones— y parte de la necesidad de adaptar la gestión de proyectos a entornos complejos, cambiantes y de alta exigencia operativa.

Cabe señalar que el grupo de procesos de inicio no se considera dentro de este análisis, debido a que el proyecto objeto de estudio se sitúa en una fase de ejecución ya en

curso, en la cual las decisiones estratégicas, la definición del acta del proyecto y la identificación de partes interesadas ya fueron gestionadas en etapas anteriores. Por tanto, este grupo no aporta elementos aplicables al análisis operativo de integración ágil en obra, y su inclusión no resultaría coherente con el enfoque aplicado.

La siguiente tabla presenta la integración de los marcos Lean Construction, Last Planner System y Scrum dentro de las distintas fases del ciclo de vida de los proyectos constructivos, identificando los momentos y justificaciones de su aplicación ágil en entornos predictivos.

Tabla 18.

Relación de puntos de integración de prácticas ágiles dentro de las fases del ciclo de vida del proyecto constructivos y las etapas constructivas.

Fase del ciclo de vida del proyecto constructivo	Etapas constructivas	Momento de integración ágil	Marco(s) sugerido(s)	Justificación de integración
Prefactibilidad	Evaluación técnica y económica inicial, análisis de viabilidad y estudios preliminares.	Durante la revisión colaborativa de alternativas técnicas y la definición progresiva del alcance del proyecto.	Lean Construction	Promueve la identificación temprana de valor, la optimización de recursos y la reducción de desperdicios en la fase de formulación.
Diseño	Desarrollo de diseños conceptuales, básicos y detallados, revisión técnica interdisciplinaria.	En las sesiones de coordinación entre disciplinas y validación de entregables.	Lean Construction + Scrum	Facilita la coordinación continua, el trabajo colaborativo y la revisión iterativa de avances, mejorando la calidad y reduciendo retrabajos.
Planeación	Programación y secuenciación de actividades constructivas.	Durante la definición semanal de tareas y restricciones con equipos en terreno.	Last Planner System	Permite ajustar la planificación a las condiciones reales del proyecto, anticipando restricciones y promoviendo compromisos colaborativos dentro del proceso de planificación continua.
Contratación	Procesos de licitación, adjudicación y formalización contractual.	En la coordinación interna de revisiones técnicas, administrativas y logísticas entre los equipos responsables.	Lean Construction	Favorece la estandarización de procesos, la gestión visual y la eficiencia en la toma de decisiones durante la preparación contractual.
Construcción	Producción de elementos constructivos repetitivos (pilotes, pilares, dovelas, frente de excavación).	Al inicio de cada ciclo constructivo que se repite en la obra.	Scrum + Lean Construction + Last Planner System	Las iteraciones permiten la mejora continua, la adaptación ante impedimentos y el control diario del avance, incrementando la eficiencia, calidad y cumplimiento de metas.
Mantenimiento y Operación	Supervisión del desempeño operativo y evaluación del estado de los sistemas constructivos.	Durante la revisión periódica de indicadores de desempeño y ejecución de acciones preventivas o correctivas.	Lean Construction + Last Planner System	Facilita la priorización de tareas de mantenimiento, la retroalimentación de datos y la mejora continua basada en resultados medibles.
Renovación o cierre del ciclo	Consolidación de entregables parciales o finalización de ciclos de producción.	Al cierre de cada ciclo o hito de obra para consolidar aprendizajes.	Scrum + Lean Construction	Las retrospectivas permiten registrar lecciones aprendidas, fortalecer la mejora continua y transferir conocimiento hacia los siguientes proyectos o ciclos constructivos.

Nota. La tabla integra prácticas ágiles dentro de la fase constructiva, complementando el enfoque predictivo para optimizar la planificación, ejecución y control de los proyectos. Elaboración propia.

La exclusión del grupo de procesos de inicio obedece a una decisión metodológica alineada con el objetivo central del PFG, el cual se orienta a mejorar los procesos constructivos en la etapa de ejecución mediante la integración de marcos ágiles. Esta delimitación no solo evita redundancias, sino que permite focalizar el análisis en los momentos donde la intervención ágil puede generar mayor valor, como en la planificación detallada, la ejecución colaborativa, la gestión de restricciones y el cierre técnico-administrativo de fases constructivas.

Con esta alineación, se aporta una guía práctica y fundamentada que permite a otros profesionales del sector identificar puntos críticos para la implementación de prácticas ágiles, adaptadas a la realidad de los proyectos de infraestructura y con el potencial de mejorar el rendimiento operativo sin alterar el marco contractual tradicional.

4.3.3.4. Aplicabilidad y beneficios esperados

La integración de prácticas ágiles dentro de marcos tradicionales de gestión no representa una ruptura metodológica, sino una evolución hacia esquemas híbridos más eficientes y adaptativos. Esta convergencia resulta especialmente pertinente en el contexto de la construcción civil, donde los procesos constructivos se caracterizan por su alta variabilidad, complejidad operativa y la necesidad de coordinación entre múltiples actores.

La propuesta de puntos de integración —alineados con los grupos de procesos del PMBOK— permite introducir herramientas como Last Planner System, principios de Lean Construction y el marco de trabajo Scrum en momentos clave de la planificación, ejecución, control y cierre. Cada uno de estos marcos aporta prácticas complementarias que fortalecen la capacidad operativa sin alterar la lógica secuencial del enfoque predictivo.

En particular, se espera que la integración planteada aporte los siguientes beneficios tangibles y medibles:

- **Mayor eficiencia en la ejecución de ciclos repetitivos**, como pilotes, dovelas, columnas o frentes de excavación, al permitir su planificación detallada, monitoreo constante y mejora iterativa.
- **Detección temprana de restricciones o cuellos de botella**, gracias al uso de herramientas como el análisis de causas del PAC < 100%, los tableros de control y la planificación colaborativa semanal.
- **Capacidad de adaptación continua**, basada en la retroalimentación diaria del equipo de obra, permitiendo ajustes dinámicos frente a impedimentos o condiciones cambiantes del entorno.
- **Mejora en la trazabilidad y visibilidad del avance**, mediante reuniones diarias tipo daily meeting, retrospectivas de sprint y ciclos de revisión que registran el cumplimiento y desempeño.
- **Fomento del trabajo colaborativo** entre frentes, disciplinas y niveles jerárquicos, alineando expectativas, responsabilidades y compromisos mediante sesiones de planificación participativa.
- **Generación de una cultura de aprendizaje continuo**, donde los errores se transforman en oportunidades de mejora y los logros alimentan nuevas buenas prácticas para ciclos futuros.

En suma, esta integración constituye una estrategia viable y escalable para transformar la gestión de obras desde adentro, partiendo de lo operativo, sin perder la estructura de lo estratégico. Representa, por tanto, una propuesta con alto potencial de aplicabilidad práctica en proyectos de infraestructura bajo condiciones reales.

4.3.4. Validación teórica del modelo combinado

La implementación de un modelo de gestión híbrido en proyectos de obras civiles requiere una validación rigurosa que respalde su coherencia, aplicabilidad y potencial de éxito.

Esta validación, en el marco del presente Proyecto Final de Graduación, se realiza de forma teórica a partir de la comparación del modelo propuesto con marcos conceptuales existentes, estudios de caso, publicaciones científicas y lineamientos metodológicos internacionales, como los establecidos por el Project Management Institute (PMI), el International Group for Lean Construction (IGLC), y diversas adaptaciones de Scrum al entorno constructivo. El objetivo es demostrar que la integración de herramientas tradicionales con enfoques ágiles no solo es viable, sino también deseable bajo ciertas condiciones de proyecto.

El modelo híbrido planteado combina la estructura del enfoque predictivo — especialmente su organización en grupos de procesos— con prácticas específicas provenientes de **Scrum**, **Last Planner System** y **Lean Construction**. Esta convergencia responde a la necesidad de optimizar procesos repetitivos, gestionar restricciones en tiempo real y fomentar la adaptabilidad operativa, sin romper con la lógica secuencial y documental exigida en entornos de alta responsabilidad técnica como lo son las obras civiles.

Desde la perspectiva teórica, diversos autores respaldan la integración parcial de marcos ágiles en contextos tradicionalmente predictivos. Por ejemplo, Rodríguez et al. (2020) y Carrasco (2021) documentan la aplicación exitosa de Scrum en fases constructivas mediante la implementación de sprints, reuniones diarias (daily meetings) y retrospectivas, adaptadas al lenguaje técnico y a la dinámica operativa de obra.

De manera complementaria, el Last Planner System (LPS) ha sido ampliamente validado como una herramienta eficaz para gestionar restricciones, mejorar la confiabilidad del plan semanal y aumentar el cumplimiento de compromisos de producción, lo que contribuye a una ejecución más fluida y controlada del proyecto (Ballard, 2000; Lean Construction Enterprise, 2022).

Por su parte, el enfoque Lean Construction, del cual forma parte LPS, se centra en la reducción sistemática de desperdicios y la maximización del valor para el cliente, integrando principios de mejora continua en todas las etapas del proceso constructivo.

En este sentido, el modelo híbrido propuesto en el presente estudio encuentra su validación en tres aspectos fundamentales:

Correspondencia metodológica: Cada práctica ágil sugerida tiene un correlato en la lógica operativa del proyecto. Por ejemplo, las reuniones diarias de Scrum encuentran equivalencia funcional en los encuentros de obra matutinos; los tableros físicos de control de avances cumplen una función similar a la visualización de tareas que propone Kanban —sin que esto implique su adopción formal dentro de la metodología aplicada—, y los sprints coinciden con ciclos constructivos definidos (como la ejecución de dovelas o pilotes).

Respaldo bibliográfico: Los estudios analizados muestran resultados positivos cuando se integran herramientas ágiles de forma progresiva y controlada en proyectos de construcción, especialmente en actividades repetitivas o con alta carga de coordinación.

Alineación con tendencias internacionales: Organizaciones como el Project Management Institute (PMI) han reconocido oficialmente la necesidad de adoptar enfoques híbridos en la dirección de proyectos, especialmente en aquellos que presentan alta incertidumbre, presión temporal y cambios frecuentes, condiciones comunes en la industria de la construcción (PMI, 2021). En esta misma línea, la Construction Extension to the PMBOK® Guide (PMI, 2016) amplía los lineamientos del estándar general hacia el contexto constructivo, resaltando la importancia de combinar prácticas predictivas y adaptativas para optimizar la gestión del tiempo, los recursos y los riesgos en obras de infraestructura.

Por tanto, la propuesta desarrollada en este proyecto no constituye una invención aislada, sino una síntesis racional de marcos metodológicos existentes, validada teóricamente

a partir de referentes internacionales confiables y orientada a resolver necesidades reales del sector.

La validación teórica del modelo híbrido propuesto demuestra que su estructura es sólida, su enfoque pertinente y sus herramientas funcionales bajo condiciones reales de obra. Al fundamentarse en estudios previos, adaptaciones documentadas y principios reconocidos por organismos internacionales como el PMI, el modelo adquiere legitimidad, factibilidad y relevancia práctica como propuesta de valor para la gestión de proyectos de construcción.

En el contexto del Proyecto Final de Graduación, esta validación resulta crucial, pues consolida el sustento técnico y académico de la propuesta, y establece una base sólida para futuras aplicaciones, mejoras y adaptaciones en el ámbito profesional, en consonancia con las tendencias internacionales hacia la integración metodológica en la dirección moderna de proyectos.

4.4. Diseño y propuesta de una metodología híbrida de gestión de proyectos: integración de enfoques predictivos y ágiles para optimizar la planificación, seguimiento y control en la ejecución de obras civiles.

La propuesta metodológica presentada en este capítulo constituye un componente central para optimizar la gestión de la etapa de ejecución en proyectos constructivos de obras civiles. Su valor radica en la integración coherente de enfoques predictivos y ágiles dentro de un mismo modelo, articulando herramientas como Lean Construction, Last Planner System y Scrum para superar la rigidez, fragmentación y limitada capacidad de adaptación que caracterizan a los métodos tradicionales de gestión.

Este planteamiento busca trasladar los fundamentos conceptuales a un escenario práctico mediante una simulación representativa, que permite validar la aplicabilidad del modelo híbrido y demostrar sus beneficios tangibles en términos de eficiencia operativa, reducción de desperdicios, productividad y mejora continua. A través de esta aproximación, se genera un

marco técnico flexible, capaz de responder ágilmente a los desafíos propios del entorno constructivo, sin perder el control, la trazabilidad y la planificación estructurada que ofrece el enfoque clásico.

Además, la propuesta reconoce que la implementación exitosa de un modelo híbrido requiere transformaciones culturales y organizacionales significativas. En este sentido, el liderazgo directivo debe evolucionar hacia un liderazgo facilitador o tipo coach, que promueva la autonomía de los equipos, el trabajo colaborativo, la toma de decisiones compartida y la retroalimentación continua. Estas condiciones son esenciales para lograr que la metodología funcione como un sistema vivo, basado en la comunicación abierta y el compromiso colectivo.

Finalmente, la secuencia metodológica desarrollada ofrece una guía replicable y adaptable a diferentes contextos, tipologías y escalas de proyecto. Su aplicación permite fortalecer la planificación, el seguimiento y el control durante la ejecución, al mismo tiempo que fomenta la colaboración interdisciplinaria, el aprendizaje organizacional y la entrega de valor sostenido a lo largo del ciclo de vida del proyecto. De esta manera, la metodología propuesta no solo mejora la eficiencia técnica, sino que también impulsa la madurez organizacional y la sostenibilidad operativa en el sector de la construcción.

4.4.1 Diseño e integración de herramientas (Last Planner, Lean, Scrum) de forma progresiva.

El diseño e integración progresiva de herramientas provenientes de los marcos Last Planner, Lean Construction y Scrum, dentro de una metodología híbrida, constituye un proceso estratégico orientado a transformar el enfoque tradicional de planificación y ejecución de proyectos de obras civiles. Esta actividad se fundamenta en identificar las sinergias funcionales que pueden establecerse entre dichas herramientas, estructurando un modelo práctico, adaptable y centrado en la mejora continua del rendimiento.

Este análisis demuestra cómo, incluso en proyectos estructurados bajo un marco predictivo, es posible incorporar enfoques ágiles que aporten flexibilidad y adaptabilidad.

Así las cosas, se incorporará a estas etapas el uso de los marcos Last Planner System, Lean Construction y Scrum, de la siguiente manera. Sin embargo, esta integración no se limita a la adopción de herramientas o rutinas operativas, sino que implica un profundo cambio cultural dentro de los equipos de trabajo. La transición hacia modelos colaborativos y autogestionados requiere procesos de capacitación en sitio, fortalecimiento de la comunicación horizontal y el empoderamiento progresivo de los participantes en todos los niveles de la obra. Solo mediante este cambio de paradigma es posible consolidar equipos capaces de realizar una planificación colaborativa efectiva, asumir responsabilidades compartidas y sostener un proceso de mejora continua basado en la confianza y la transparencia.

Paso 1. Implementación de Last Planner

Se inicia con la implementación del *Last Planner System (LPS)*. En este proceso se establece el horizonte de planificación intermedia, con el fin de revisar, analizar y preparar lo concerniente a un período de seis semanas. Se definen las actividades a controlar por semana, y se realiza seguimiento al cumplimiento de las actividades programadas (PAC) y a la productividad.

En la siguiente ilustración se presenta, a modo de ejemplo, una plantilla para el control y seguimiento, en donde se relacionan la actividad programada, la cantidad programada, la cantidad ejecutada, el PAC, la productividad y las observaciones que no permitieron su cumplimiento.

Tabla 20.

Plantilla de registro y control de tiempos para actividades de un proyecto de Construcción de Obra Civil

Registro de Tiempos en Actividades a Controlar (Plan Intermedio #)								
Fecha	Colaborador/Cargo	Actividad/ Tarea	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
			Productivo	Contributivo	No Contributivo		Tiempo Contributivo	Tiempo No Contributivo
						0		
						0		
						0		
						0		
						0		
						0		
						0		
						0		
						0		
						0		
						0		
						0		
						0		

Nota. La tabla permite monitorear tiempos improductivos y situaciones de bajo valor agregado.

Elaboración propia.

La actividad de monitoreo, registro y control de tiempos estará a cargo de los capataces, encargados de frente o del personal designado por el director o el residente de obra, quienes deberán contar con las competencias técnicas necesarias para garantizar la precisión y confiabilidad de la información recopilada.

Paso 3. Análisis de resultados y causas de interferencia

Una vez finalizadas las fases de planeación semanal e intermedia, así como el análisis de productividad, se procede a revisar la totalidad de las actividades realizadas: aquellas que lograron un PAC del 100 % durante todo el horizonte y aquellas que no alcanzaron el indicador.

En este punto se identifican las causas y los tiempos de las situaciones que generaron interferencias en los procesos, con el fin de refinar y mejorar los procedimientos, buscando maximizar los beneficios en futuras aplicaciones de actividades similares. Así mismo, se plantea mejorar el desempeño de las actividades con bajos resultados, lo cual requiere monitoreo y seguimiento constante, acompañados de un adecuado proceso de tabulación y análisis de la información recabada, para lograr el cumplimiento del PAC en nuevos horizontes.

A continuación, se presenta la plantilla de registro utilizada para documentar de manera estructurada las causas y los tiempos asociados a pérdidas e interferencias durante el proceso

constructivo. Este recurso facilita la identificación y análisis de los factores que afectan el desempeño del proyecto, sirviendo como base para la implementación de acciones correctivas y estrategias de mejora continua.

Tabla 21.

Plantilla de registro de causas y tiempos de pérdidas e interferencias

Distribución de Tiempos y Causas tipo					
Causa Tipo	Tiempo de Pérdida (min)	Causa Tipo	Tiempo de Pérdida (min)	Causa Tipo	Tiempo de Pérdida (min)
Tiempo Total Perdidas					

Nota. La tabla documenta interferencias y obstáculos que afectan el rendimiento. Elaboración propia.

La recopilación de datos debe complementarse con un proceso de interpretación y análisis de las causas del problema. Para tal fin, se recomienda aplicar el gráfico de Pareto, según lo descrito en el numeral 4.2.2.2, Paso 4. La información resultante debe ser procesada y validada por el ingeniero residente, quien es responsable de garantizar la confiabilidad de la información presentada.

Paso 4. Rediseño de procesos constructivos

Definidas las actividades con deficiencias en el cumplimiento de sus indicadores, se procede a redefinir y rediseñar los procesos de construcción y planeación, de acuerdo con la información recolectada en los pasos anteriores. En este punto se generan las medidas a implementar en futuras ejecuciones, así como los responsables asignados, con el fin de mejorar los indicadores de cumplimiento y las metas trazadas.

Para ello, se emplea la siguiente plantilla, la cual permite recopilar de manera estructurada las causas identificadas y las estrategias diseñadas para su tratamiento. Este

formato facilita no solo el registro ordenado de la información, sino también el análisis posterior que orienta la toma de decisiones y la implementación de medidas correctivas dentro del proceso constructivo.

Tabla 22.

Plantilla de registro, rediseño y redefinición de procesos constructivos y de planeación

Actividad o Proceso	Descripción de la Causa	Estrategia (Aceptar, Mitigar, Transferir, Escalar o Eliminar)	Plan Redefinido y Rediseñado	Plan de Respaldo	Responsable

Nota. La tabla presenta una propuesta de plantilla para el registro de los procesos y planes de mejora, a implementar sobre causas que generan pérdidas de tiempo. Elaboración Propia.

El proceso de redefinición, rediseño y planificación de las actividades estará a cargo del director del proyecto y del ingeniero residente, quienes serán responsables de garantizar la coherencia técnica, la viabilidad operativa y la correcta implementación de las medidas de mejora establecidas.

Paso 5. Implementación de Scrum en procesos críticos

Una vez completado el Paso 4 —en el cual se identificaron las actividades con deficiencias y se establecieron planes de mejora—, se procede al desarrollo y aplicación de la metodología *Scrum* en cada una de las tareas que requieren medidas adicionales para alcanzar sus objetivos planificados.

En este punto, se implementan de manera integral los conceptos y prácticas de *Scrum*, enfocándose en establecer un marco ágil de trabajo que permita gestionar, priorizar y optimizar los procesos. El propósito es garantizar la mejora continua y llevar a término exitoso cada actividad identificada, maximizando el valor entregado y asegurando el cumplimiento de los objetivos del proyecto de manera eficiente y efectiva.

A continuación, se presenta una plantilla diseñada para registrar y definir de manera estructurada los roles, artefactos y eventos propios del marco de trabajo Scrum, facilitando su aplicación práctica en el contexto operativo del proyecto.

Es importante destacar que los actores involucrados son los mismos que participan en la aplicación del Last Planner System, ya que ambos marcos comparten principios de planificación colaborativa, compromiso de equipo y mejora continua.

La diferencia radica en el nivel y alcance de aplicación: el LPS orienta la planificación general e intermedia del proyecto, permitiendo la coordinación de equipos y la gestión de restricciones a nivel global, mientras que el Scrum se implementa en actividades críticas o repetitivas, donde se requiere seguimiento diario, iteraciones cortas y entregables parciales que promuevan el aprendizaje y la optimización continua.

En este sentido, la adopción de ambos marcos no implica una duplicidad de esfuerzos, sino una complementariedad funcional, en la cual los mismos actores aplican diferentes dinámicas de gestión según las características y el nivel de criticidad de las tareas.

Tabla 23.

Plantilla de registro y definición de roles, eventos y artefactos de Scrum

Actividad / Tarea	Product Owner Dueño del Producto	Scrum Master Facilitador del Equipo	Development Team Miembros del Equipo	Product Backlog Item (PBIs) Elementos de la Pila del Producto	Product Backlog Pila del Producto (Historias de Usuario)	Sprint Planning Planeación de la Iteración	Sprint Iteración	Sprint Backlog Pila de la Iteración	Daily Scrum Reunión Corta	Incremento	Sprint Review Revisión	Sprint Retrospective Retrospectiva

Nota. La tabla presenta una propuesta de plantilla para el registro de roles, eventos y artefactos de Scrum. Elaboración Propia.

La realización de esta actividad resulta fundamental para el desarrollo del objetivo 4, en tanto permite operativizar la integración metodológica entre los enfoques predictivo y ágil mediante una secuencia clara de pasos y herramientas aplicables en obra. Cada fase presentada no solo refleja la aplicación práctica de los marcos *Last Planner*, *Lean Construction*

y *Scrum*, sino que también aporta evidencia técnica sobre su viabilidad y complementariedad. Gracias a este enfoque progresivo, se logra construir un sistema funcional con capacidad de adaptación al contexto operativo real, alineado con los principios de planificación colaborativa, control de producción y mejora continua.

Desde la perspectiva general del Proyecto Final de Graduación, esta actividad constituye un pilar estructural para la validación de la propuesta metodológica híbrida, ya que permite pasar del análisis conceptual a una aplicación concreta y medible. A través de esta experiencia aplicada, se demuestran las condiciones necesarias para la implementación efectiva de herramientas ágiles en entornos tradicionalmente predictivos, aportando un modelo de intervención realista, replicable y orientado a resultados. De este modo, la actividad 4.4.1 representa un avance sustancial en la construcción de una metodología integral, capaz de responder a los desafíos contemporáneos en la gestión de obras civiles.

Esta convergencia metodológica entre Lean Construction, Last Planner System y Scrum no solo permite una articulación operativa en la etapa de ejecución, sino que potencia el rendimiento del sistema al aprovechar las fortalezas específicas de cada marco. Por un lado, Lean Construction proporciona los principios fundamentales de reducción de desperdicios y generación de valor. El Last Planner System, como herramienta de planificación colaborativa, facilita la confiabilidad en el cumplimiento de los compromisos semanales. Por otro lado, Scrum introduce ciclos iterativos de trabajo, roles definidos, revisión continua y adaptación rápida ante imprevistos. Al integrarse en una secuencia lógica, estos marcos permiten que la ejecución de obra no sea una operación lineal y rígida, sino una dinámica controlada, adaptable y centrada en la mejora continua. Esta complementariedad habilita una toma de decisiones ágil, una retroalimentación frecuente y un enfoque centrado en el valor, lo cual resulta crucial para entornos constructivos complejos y variables.

4.4.2 Propuesta conceptual y operativa de metodología híbrida

La construcción de una metodología híbrida aplicable a la ejecución de proyectos de obras civiles surge como respuesta a la necesidad de combinar la estructura, previsibilidad y control del enfoque tradicional (predictivo) con la flexibilidad, adaptabilidad y mejora continua de los marcos ágiles, particularmente *Lean Construction*, *Last Planner System* y *Scrum*. A partir del proceso de integración desarrollado en las actividades previas, se consolida una propuesta metodológica que articula tanto los principios teóricos como los procedimientos operativos validados en campo.

Propuesta conceptual

Desde una perspectiva conceptual, la metodología híbrida se sustenta en tres pilares fundamentales:

Planificación estructurada y confiabilidad (enfoque predictivo):

Basada en la planificación intermedia y semanal mediante Last Planner System, permite establecer compromisos realistas, evaluar el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), identificar restricciones y mejorar la confiabilidad del plan.

Eliminación de desperdicios y mejora continua (Lean Construction):

Aplicada mediante herramientas de medición de pérdidas, análisis de interferencias y rediseño de procesos, posibilita mantener un flujo de trabajo eficiente y enfocado en la generación de valor.

Adaptabilidad operativa y entrega incremental (Scrum):

Implementada en frentes de trabajo con alta complejidad o variabilidad, mediante la incorporación de roles, eventos y artefactos propios de *Scrum*, facilita la priorización de tareas, la gestión iterativa y la retroalimentación constante.

El modelo reconoce que no todos los proyectos requieren el mismo nivel de intervención ágil. Por ello, propone un enfoque adaptable, activando cada componente metodológico según

el contexto del proyecto, el tipo de actividad constructiva, la madurez del equipo y el grado de incertidumbre presente en la ejecución.

Propuesta operativa

La implementación de la metodología híbrida se organiza en cinco fases secuenciales, directamente derivadas de la integración aplicada en la Actividad 1 del objetivo 4. Estas fases pueden ser ajustadas según las características del entorno y necesidades del proyecto:

Fase 1 – Planificación y programación inicial:

Aplicación del *Last Planner System* para establecer la planificación a seis semanas, identificar actividades críticas, evaluar condiciones de arranque y anticipar restricciones.

Fase 2 – Evaluación de cumplimiento y análisis de pérdidas:

Seguimiento semanal de actividades, cálculo del PAC y aplicación de herramientas *Lean* para registrar desperdicios, interferencias y situaciones de bajo valor agregado.

Fase 3 – Análisis de causas y rediseño de procesos:

Clasificación de causas de no cumplimiento, análisis mediante el diagrama de Pareto y rediseño de procesos constructivos, incluyendo responsables y estrategias de mejora.

Fase 4 – Aplicación de Scrum en procesos críticos:

Definición de equipos Scrum, planificación de sprints para actividades complejas, seguimiento a través de reuniones diarias, revisión y retrospectiva de avances, así como actualización del backlog de tareas.

Fase 5 – Evaluación, ajuste y aprendizaje:

Medición de mejoras en indicadores de cumplimiento y productividad, cierre de ciclos, documentación de aprendizajes y ajustes para próximas iteraciones.

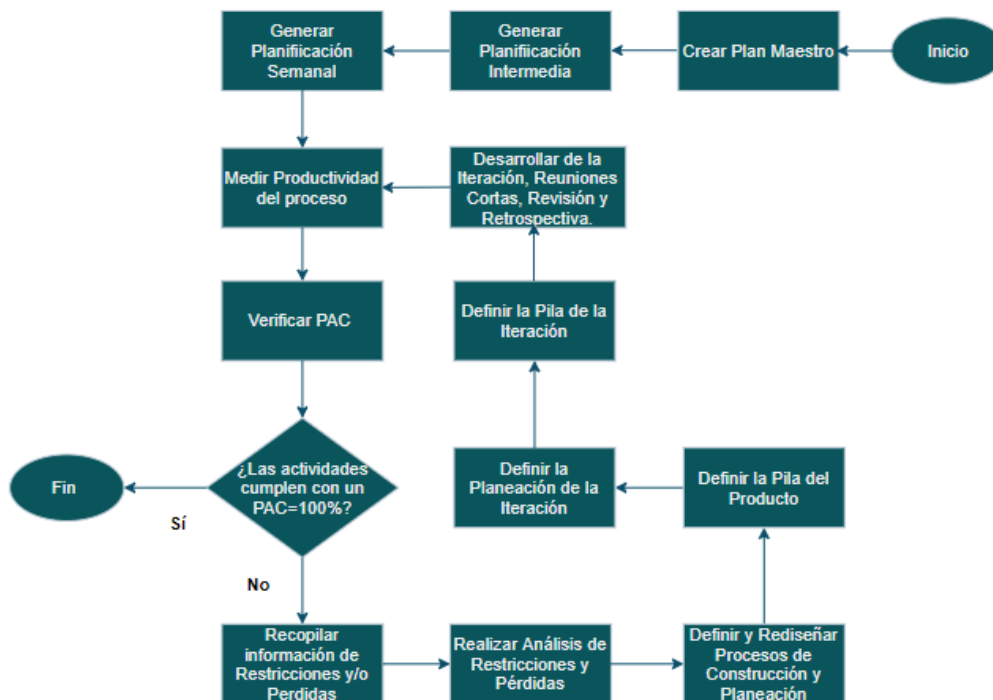
Esquema general de la metodología híbrida

Para visualizar de manera clara y ordenada el proceso de integración metodológica, se recurre a un esquema general que describe los pasos desde la planificación hasta la ejecución

bajo un enfoque ágil, manteniendo la estructura del modelo predictivo. Este esquema sintetiza las cinco fases propuestas, articulando herramientas como el Last Planner System y Scrum dentro de una secuencia lógica que respeta el ciclo de vida tradicional de los proyectos constructivos. La representación gráfica permite identificar los momentos clave en los que se introduce cada marco metodológico, facilitando su comprensión y aplicación por parte del equipo de obra. Además, permite observar cómo se mantiene la trazabilidad de los procesos, a la vez que se favorece la adaptabilidad, la colaboración y la mejora continua. Este enfoque visual no solo cumple una función explicativa, sino que también se convierte en una guía operativa que orienta la implementación progresiva del modelo híbrido en campo, asegurando su alineación con los objetivos de planificación, control y optimización de recursos.

Figura 27.

Proceso de implementación de metodología ágil en modelo predictivo



Nota. La imagen presenta los pasos a seguir para la implementación de la metodología ágil. Elaboración propia.

La Figura 27 constituye una síntesis visual del proceso de implementación progresiva de una metodología ágil en un entorno predictivo de obra, reflejando de forma secuencial la integración de herramientas como *Last Planner*, *Lean Construction* y *Scrum*. Su valor radica en que articula lo teórico con lo operativo, facilitando la comprensión de fases, actores y decisiones necesarias para migrar desde un modelo tradicional hacia uno híbrido.

Esta figura mantiene una relación directa con el esquema presentado en el apartado *Representación visual del esquema de integración*, donde se definieron los momentos clave y las herramientas aplicables. Mientras aquel esquema ofrece una visión estructural, la Figura 27 traduce dicha estructura en un flujo lógico de implementación, favoreciendo su comprensión y aplicación práctica en el contexto constructivo.

Con este desarrollo, el proceso de integración progresiva de herramientas metodológicas —*Last Planner*, *Lean Construction* y *Scrum*— queda claramente estructurado mediante fases operativas, plantillas aplicadas y una representación visual que consolida su implementación. La experiencia obtenida demuestra que es posible diseñar un sistema híbrido **funcional, adaptable y con trazabilidad**, aplicable al entorno real de la construcción.

Esta propuesta metodológica constituye uno de los principales aportes del presente Proyecto Final de Graduación, al sistematizar una solución que responde a los desafíos contemporáneos de la gestión de obras civiles. Además, establece las bases para futuras simulaciones, adaptaciones o escalamientos de esta metodología en diversos contextos del sector.

4.5. Evaluación de la aplicación de la metodología híbrida de gestión en un caso representativo de obra de infraestructura.

A continuación, se desarrolla la simulación operativa de la implementación de la metodología híbrida propuesta, aplicada al proceso constructivo de una obra civil representativa. Esta simulación tiene como finalidad evaluar la efectividad del modelo en la

planificación, seguimiento y control de las actividades de ejecución, evidenciando su aplicabilidad en contextos reales de infraestructura.

El ejercicio se estructura conforme al flujo metodológico presentado en la Figura 29, integrando de manera progresiva los marcos Last Planner System, Lean Construction y Scrum dentro de un entorno predictivo que conserva la trazabilidad, la secuencia lógica y los controles propios de la gestión tradicional.

El sistema constructivo seleccionado corresponde a un puente ejecutado mediante voladizos sucesivos, técnica ampliamente utilizada para salvar grandes luces en escenarios donde no es viable el uso de cimbras ni sistemas autoportantes convencionales. Este método se distingue por su ejecución gradual desde los pilares centrales, conformando el tablero del puente mediante dovelas —tramos parciales prefabricados o vaciados in situ— que se adicionan simétricamente a ambos lados del pilar, garantizando el equilibrio estructural y reduciendo momentos que podrían inducir al vuelco. Las dovelas, generalmente con sección tipo cajón, presentan variaciones de altura y longitud según el diseño estructural, y se apoyan sobre el tramo anterior mediante cables postensados, los cuales aseguran la estabilidad durante cada ciclo constructivo.

La selección de este sistema constructivo se justifica por su naturaleza repetitiva y técnicamente controlada, que permite aplicar iteraciones de planificación, ejecución y revisión, simulando las condiciones ideales para validar los beneficios del enfoque híbrido en términos de productividad, confiabilidad y mejora continua.

El proceso constructivo para este tipo de sistema se puede resumir en las siguientes etapas:

1. Construcción de cimentaciones profundas mediante caissons.
2. Ejecución de zapatas para el pilar central y los estribos en los extremos.
3. Levantamiento del pilar central.

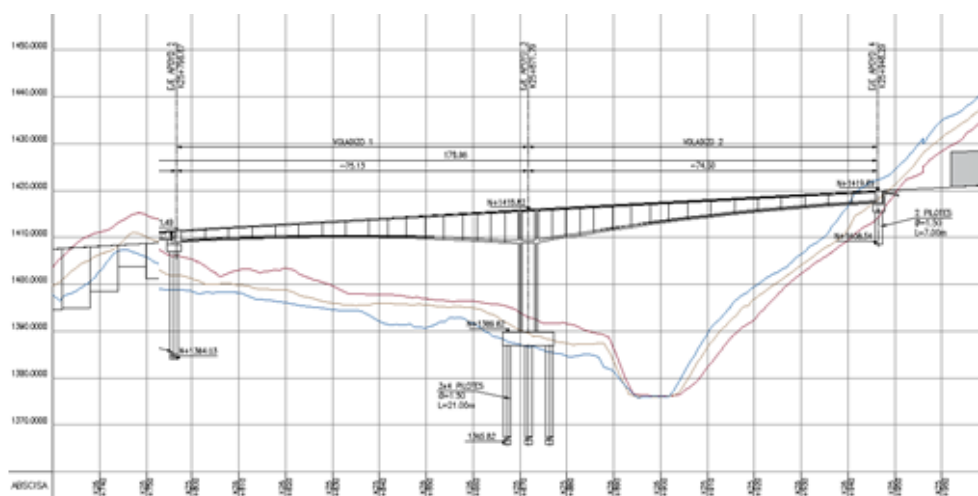
4. Construcción de los voladizos mediante la colocación sucesiva de dovelas, de manera simétrica, con uso de cables postensados.

Para efectos de simulación, se considera la construcción de un puente con tres apoyos y dos luces de igual longitud. En los extremos se ubican dos estribos, cada uno cimentado sobre dos caissons: uno con profundidad de 7 metros y otro con caissons de 3 metros. El apoyo central, debido a sus mayores exigencias estructurales, se fundará sobre seis caissons de 10 metros de profundidad, que soportan una zapata cuadrada de 10 metros de lado por 3 metros de altura. Sobre esta cimentación se construirá un pilar central de 13,5 metros de altura.

La superestructura del puente se ejecutará mediante la colocación progresiva de 17 dovelas, conformando voladizos simétricos desde el apoyo central hacia los extremos, siguiendo el principio de equilibrio inherente a este sistema. Este caso representativo permitirá aplicar y validar, en condiciones simuladas, cada una de las fases operativas de la metodología híbrida propuesta, demostrando su aplicabilidad, trazabilidad y potencial de mejora dentro del contexto de la construcción de infraestructura lineal.

Figura 29.

Esquema de Puente diseñado en voladizo sucesivo



Nota. La imagen presenta la composición de un Puente en Voladizos sucesivos de tres apoyos.

Elaboración Propia.

Según lo expuesto en el numeral 4.4 (p. 146), el primer paso consiste en descomponer el plan maestro del proyecto en paquetes de trabajo más pequeños, conforme a los lineamientos del sistema Last Planner (Último Planificador) descrito previamente.

El plan maestro es elaborado por el equipo de planificación de la empresa, utilizando herramientas como Microsoft Project para definir los hitos globales, la secuencia general de actividades y las fechas objetivo. Posteriormente, el director del proyecto realiza la descomposición del plan en paquetes de trabajo manejables, que permiten un control más detallado y facilitan la gestión operativa.

Una vez definidos estos paquetes, los equipos de trabajo en campo, liderados por el ingeniero de obra y los responsables de frente, desarrollan la planificación colaborativa, la ejecutan y la realimentan semanalmente, aplicando los principios del Last Planner System. Este procedimiento promueve la participación activa, el empoderamiento del equipo y la responsabilidad compartida sobre los compromisos adquiridos.

Para que el sistema funcione de manera efectiva, resulta esencial un cambio cultural en el liderazgo, en el cual el gerente de obra evolucione progresivamente de un liderazgo directivo tradicional hacia un liderazgo tipo coach, orientado a facilitar, acompañar y fortalecer la autogestión del equipo. Solo bajo este modelo de liderazgo colaborativo se logra consolidar una planificación confiable y una mejora continua en la ejecución del proyecto.

Para el presente caso de simulación, se definieron 17 planes intermedios que integran las actividades constructivas previamente mencionadas y se alinean directamente con los objetivos generales del proyecto. Este enfoque segmentado y progresivo no solo facilita una gestión más eficiente de los recursos disponibles, sino que también optimiza el cumplimiento de las metas trazadas, asegurando un seguimiento riguroso de los avances durante cada ciclo.

Asimismo, la descomposición de las actividades permite una supervisión más precisa, favoreciendo la detección temprana de desviaciones y la implementación oportuna de acciones correctivas que contribuyen al control efectivo del proceso constructivo.

A continuación, se presentan las actividades a desarrollar durante las próximas 6 semanas, periodo en el cual se ejecutarán exclusivamente procesos de construcción de caisson en los apoyos 1 y 2, tales como excavación, encofrado e instalación de concreto de soporte. En ella se detallan las cantidades programadas, ejecutadas, el porcentaje de actividades completadas (PAC), la productividad (relacionada con la producción) y las causas de no cumplimiento. Dado que este ejercicio se realiza a modo de ejemplo, se incluyen un número limitado de observaciones que facilitan el manejo adecuado del documento que se está desarrollando.

Tabla 24.

Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 1

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 1)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción de Caisson Apoyo 1	S1 (29 Oct. Al 4 Nov. Del 21)	0.80 m	0.7 m	0%	91%	Falta de Personal
Construcción de Caisson Apoyo 1	S2 (5 Nov. Al 11 Nov. Del 21)	0.80 m	0.7 m	0%	91%	Daño en equipo
Construcción de Caisson Apoyo 1	S3 (12 Nov. Al 19 Nov. Del 21)	0.80 m	0.9 m	100%	109%	Día lluvioso
Construcción de Caisson Apoyo 1	S4 (20 Nov. Al 26 Nov. Del 21)	0.80 m	0.8 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 1	S5 (27 Nov. Al .3 Dic Del 21)	0.80 m	0.73 m	0%	91%	Bajo rendimiento/ cambio de terreno
Construcción de Caisson Apoyo 1	S6 (4 Dic. Al 10 Dic Del 21)	0.80 m	1.0 m	100%	125%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S1 (29 Oct. Al 4 de Nov. Del 21)	0.00 m	0.00 m	-	-	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S2 (5 Nov. Al 11 Nov. Del 21)	0.00 m	0.00 m	-	-	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S3 (12 Nov. Al 19 Nov. Del 21)	1.50 m	1.05 m	0%	70%	Falta de Personal

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 1)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción de Caisson Apoyo 2	S4 (20 Nov. Al 26 Nov. Del 21)	1.50 m	1.5 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S5 (27 Nov. Al .3 Dic Del 21)	1.50 m	1.37 m	0%	91%	Llegada tarde de concreto
Construcción de Caisson Apoyo 2	S6 (4 Dic. Al 10 Dic Del 21)	1.50 m	2.0 m	100%	133%	
Total		10.8 m3	10.8 m3	50.0%	100.1%	

Nota. La tabla presenta el primer horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas.

Elaboración Propia.

De la información presentada se puede concluir que, aunque la productividad se alcanzó en su totalidad al final del ciclo, el PAC logró únicamente un 50 % de cumplimiento. Este bajo desempeño resalta la necesidad de implementar múltiples planes de mejora para optimizar los procesos y aumentar el nivel de cumplimiento en futuros ciclos.

En la siguiente tabla se detallan las actividades programadas para el próximo ciclo de seis semanas, centrado exclusivamente en los procesos constructivos asociados a la ejecución de caissons. Estas labores incluyen la excavación, instalación del acero de refuerzo y fundida del concreto estructural, abarcando tanto uno de los apoyos laterales como el apoyo central del puente. La programación responde a la planificación intermedia definida previamente y busca garantizar el cumplimiento de metas de producción, eficiencia operativa y control de calidad durante esta etapa crítica de cimentación.

Tabla 25.

Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 2

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 2)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción de Caisson Apoyo 1	S1 (11 Dic. Al 18 Dic. Del 21)	0.80 m	0.80 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 1	S2 (19 Dic. Al 28 Nov. Del 21)	0.80 m	0.80 m	100%	100%	

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 2)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción de Caisson Apoyo 1	S3 (29 Nov. Al 7 Ene. Del 22)	0.80 m	0.80 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 1	S4 (8 Ene. Al 14 Ene. Del 22)	0.80 m	0.80 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 1	S5 (15 Ene. Al .21 Ene Del 22)	0.80 m	0.65 m	0%	81%	Llegada tardía de concreto
Construcción de Caisson Apoyo 1	S6 (22 Ene. Al 28 Ene Del 22)	0.80 m	0.96 m	100%	120%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S1 (11 Dic. Al 18 Dic. Del 21)	1.50 m	1.50 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S2 (19 Dic. Al 28 Nov. Del 21)	1.50 m	1.50 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S3 (29 Nov. Al 7 Ene. Del 22)	1.50 m	1.10 m	0%	73%	Daño en equipo
Construcción de Caisson Apoyo 2	S4 (8 Ene. Al 14 Ene. Del 22)	1.50 m	1.50 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S5 (15 Ene. Al .21 Ene Del 22)	1.50 m	1.10 m	0%	73%	Daño en Planta dosificadora de concreto
Construcción de Caisson Apoyo 2	S6 (22 Ene. Al 28 Ene Del 22)	1.50 m	1.50 m	100%	100%	
	Total	13.8 m3	13.0 m3	75.0%	94.7%	

Nota. La tabla presenta el segundo horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas. Elaboración Propia.

En este plan intermedio se evidencia un desempeño significativamente superior respecto al ciclo anterior, reflejado en un aumento sostenido del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y un alto nivel de productividad. Esta mejora sugiere una mayor eficiencia en la ejecución, mejor coordinación entre los equipos de trabajo y una reducción de interferencias operativas.

Tabla 26.

Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 3

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 3)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción de Caisson Apoyo 1	S1 (29 Ene. Al 4 Feb Del 22)	0.80 m	0.80 m	100%	100%	

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 3)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción de Caisson Apoyo 1	S2 (5 Feb. Al 12 Feb. Del 22)	0.80 m	0.85 m	100%	106%	
Construcción de Caisson Apoyo 1	S3 (13Feb. Al 20 Feb. Del 22)	0.80 m	0.85 m	100%	106%	
Construcción de Caisson Apoyo 1	S4 (21 Feb. Al 27 Feb. Del 22)	0.80 m	0.80 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 1	S5 (28 Feb. Al .6 Mar Del 22)	0.80 m	0.85 m	100%	106%	
Construcción de Caisson Apoyo 1	S6 (7 Mar. Al 11 Mar Del 22)	0.40 m	0.20 m	100%	50%	Fin de la excavación
Construcción de Caisson Apoyo 2	S1 (29 Ene. Al 4 Feb Del 22)	1.50 m	1.50 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S2 (5 Feb. Al 12 Feb. Del 22)	1.50 m	1.50 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S3 (13Feb. Al 20 Feb. Del 22)	1.50 m	1.22 m	0%	81%	Daño en equipo
Construcción de Caisson Apoyo 2	S4 (21 Feb. Al 27 Feb. Del 22)	1.50 m	1.59 m	100%	106%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S5 (28 Feb. Al .6 Mar Del 22)	1.50 m	1.50 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S6 (7 Mar. Al 11 Mar Del 22)	1.50 m	1.50 m	100%	100%	
Total		13.4 m3	13.2 m3	91.7%	96.3%	

Nota. La tabla presenta el tercer horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas.

Elaboración Propia.

Se evidencia una productividad estable durante los ciclos desarrollados hasta el momento, acompañada de una evolución positiva en el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC). Este comportamiento indica una mejora progresiva en la ejecución, así como una mayor consistencia en el cumplimiento de las metas semanales. Además, refleja una alineación creciente entre la planificación y la ejecución en campo, lo que fortalece la confiabilidad del sistema de control implementado.

Este desempeño también evidencia que el equipo de obra asume un compromiso directo con la planificación y con el cumplimiento de los acuerdos establecidos, participando activamente en la definición de tareas, la detección de restricciones y la retroalimentación de

resultados. No obstante, dada la alta complejidad técnica de ciertas actividades, el proceso requiere de un liderazgo más directivo por parte del residente de obra, especialmente en aquellas operaciones que demandan mayor precisión, control de calidad o cumplimiento de protocolos de seguridad.

De esta forma, el sistema logra un equilibrio entre la autogestión del equipo y la dirección técnica, combinando la responsabilidad colaborativa promovida por el enfoque ágil con la supervisión experta necesaria para garantizar la seguridad, calidad y cumplimiento de los objetivos constructivos.

La siguiente tabla presenta la continuidad en la ejecución de las actividades relacionadas con la construcción de caissons, enfocándose en esta ocasión en los correspondientes a los apoyos 3 y 2. Se detallan los avances obtenidos en este nuevo ciclo de planificación, manteniendo el seguimiento riguroso a los indicadores de desempeño establecidos. También se evalúa el impacto de las acciones correctivas aplicadas previamente, evidenciando su efecto positivo sobre los tiempos de ejecución y la calidad de los resultados obtenidos.

Tabla 27.

Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 4

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 4)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción de Caisson Apoyo 3	S1 (12 Mar. Al 18 Mar Del 22)	0.00 m	0.00 m	-	-	
Construcción de Caisson Apoyo 3	S2 (19 Mar. Al 25 Mar. Del 22)	0.00 m	0.00 m	-	-	
Construcción de Caisson Apoyo 3	S3 (26 Mar. Al 1 Abr. Del 22)	0.00 m	0.00 m	-	-	
Construcción de Caisson Apoyo 3	S4 (2 Abr. Al 8 Abr. Del 22)	0.00 m	0.00 m	-	-	
Construcción de Caisson Apoyo 3	S5 (9 Abr. Al 15 Abr. Del 22)	0.00 m	0.00 m	-	-	
Construcción de Caisson Apoyo 3	S6 (16 Abr. Al 22 Abr Del 22)	0.74 m	0.74 m	100%	100%	

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 4)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción de Caisson Apoyo 2	S1 (12 Mar. Al 18 Mar. Del 22)	1.50 m	1.78 m	100%	119%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S2 (19 Mar. Al 25 Mar. Del 22)	1.50 m	1.50 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S3 (26 Mar. Al 1 Abr. Del 22)	1.50 m	1.35 m	0%	90%	Daño en equipo
Construcción de Caisson Apoyo 2	S4 (2 Abr. Al 8 Abr. Del 22)	1.50 m	1.50 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S5 (9 Abr. Al 15 Abr. Del 22)	1.50 m	1.67 m	100%	111%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S6 (16 Abr. Al 22 Abr. Del 22)	1.50 m	1.50 m	100%	100%	
	Total	9.7 m3	10.0 m3	85.7%	102.9%	

Nota. La tabla presenta el cuarto horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas.

Elaboración Propia.

Asimismo, en el Plan Intermedio 4, el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) mantiene un nivel elevado de cumplimiento, lo que confirma la consistencia operativa alcanzada y consolida el desempeño proyectado para esta fase del proceso constructivo.

A continuación, se presenta el Plan Intermedio 5, el cual da continuidad al desarrollo de las actividades asociadas a la construcción de caissons en los apoyos 3 y 2. Este plan permite observar la progresión en la ejecución de dichas labores, consolidando el avance estructural del proyecto y manteniendo el seguimiento detallado sobre productividad, cumplimiento y eficiencia operativa.

Tabla 28.

Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 5

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 5)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción de Caisson Apoyo 3	S1 (23 Abr. Al 29 Abr. Del 22)	0.74 m	0.74 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 3	S2 (30 Abr. Al 6 May. Del 22)	0.74 m	0.74 m	100%	100%	

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 5)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción de Caisson Apoyo 3	S3 (7 May. Al 13 May. Del 22)	0.74 m	0.74 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 3	S4 (14 May. Al 20 May. Del 22)	0.74 m	0.74 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 3	S5 (21 May. Al 27 May Del 22)	0.74 m	0.74 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 3	S6 (28 May. Al 3 Jun Del 22)	0.74 m	0.74 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S1 (23 Abr. Al 29 Abr. Del 22)	1.50 m	1.50 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S2 (30 Abr. Al 5 May. Del 22)	1.50 m	1.50 m	100%	100%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S3 (6 May. Al 12 May. Del 22)	1.50 m	1.25 m	0%	83%	Daño en Planta dosificadora de concreto
Construcción de Caisson Apoyo 2	S4 (13 May. Al 19 May. Del 22)	1.50 m	1.85 m	100%	123%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S5 (20 May. Al 26 May. Del 22)	1.50 m	1.59 m	100%	106%	
Construcción de Caisson Apoyo 2	S6 (27 May. Al 2 Jun. Del 22)	1.50 m	1.64 m	100%	109%	
Total		13.4 m3	13.8 m3	91.7%	101.8%	

Nota. La tabla presenta el quinto horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas.

Elaboración Propia.

Durante el desarrollo de las actividades constructivas correspondientes a los caisson del apoyo 3, iniciados a partir del Plan Intermedio 4, se evidencia una evolución positiva en la implementación metodológica. Es importante destacar que, aunque se trata del inicio de un nuevo frente de trabajo, el Plan Intermedio 5 refleja cómo los procesos ya se encuentran debidamente estandarizados. Esta estandarización operativa ha permitido mantener niveles consistentes de productividad y un elevado Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), consolidando así la eficiencia en la ejecución.

Por otra parte, se presenta a continuación el Plan Intermedio 6, en el cual se detallan las actividades correspondientes a la construcción de la zapata del apoyo 2. Este nuevo ciclo marca la transición hacia una fase estructural de mayor envergadura, al involucrar elementos

fundamentales para la transmisión de cargas desde el pilar hacia la cimentación profunda previamente ejecutada. La programación y seguimiento de estas actividades permiten continuar con la validación de la metodología híbrida aplicada, asegurando la trazabilidad de los procesos, la eficiencia en la gestión operativa y el control sobre los indicadores clave de desempeño. Además, se fortalece la coordinación entre equipos técnicos y operativos, lo que permite una mejor articulación de recursos, materiales y maquinaria en campo, minimizando cuellos de botella e interferencias entre actividades.

Seguidamente, se presenta a continuación el Plan Intermedio 6, en el que se incluyen de forma detallada las actividades programadas para la construcción de la zapata del apoyo 2. Este ciclo operativo da continuidad al avance de obra, permitiendo mantener la secuencia lógica y estructurada del proceso constructivo, sin generar interrupciones entre frentes o fases de trabajo. La planificación de estas tareas sigue de manera estricta los lineamientos definidos por la metodología híbrida propuesta, asegurando la integración progresiva de los marcos de gestión aplicados —como Lean Construction, Last Planner y Scrum— y facilitando tanto el monitoreo del cumplimiento como el análisis de la productividad real en obra. Este enfoque busca maximizar el valor entregado en cada iteración y reducir los desperdicios operativos, consolidando una dinámica de mejora continua en la ejecución.

Tabla 29.

Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 6

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 6)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Zapata Apoyo 2	S1 (30 May. Al 7 Jun. Del 22)	55.0 m3	0.00 m	0%	0%	Trasladando Formaleta y Acero de Refuerzo
Construcción Zapata Apoyo 2	S2 (8 Jun. Al 14 Jun. Del 22)	55.0 m3	55.00 m	100%	100%	
Construcción Zapata Apoyo 2	S3 (15 Jun. Al 21 Jun. Del 22)	55.0 m3	55.00 m	100%	100%	
Construcción Zapata Apoyo 2	S4 (22 Jun. Al 28 Jun. Del 22)	55.0 m3	0.00 m	0%	0%	Refigurando Acero de Refuerzo

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 6)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Zapata Apoyo 2	S5 (29 Jun. Al 5 Jul. Del 22)	55.0 m3	150.00 m	100%	273%	
Construcción Zapata Apoyo 2	S6 (6 Jul. Al 12 Jul. Del 22)	25.0 m3	40.00 m	100%	160%	
Total		300.0 m3	300.0 m3	66.7%	105.5%	

Nota. La tabla presenta el sexto horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas.

Elaboración Propia.

En el plan intermedio 6 se observa una productividad alta, superando lo establecido. Sin embargo, en relación con el PAC, se evidencia una caída notable en este indicador. Esta situación puede explicarse por el inicio de las actividades relacionadas con la construcción de la zapata del apoyo 2, una tarea compleja y técnica que aún no ha transitado por la curva de aprendizaje necesaria para estabilizar los procesos y alcanzar la eficiencia observada en ciclos anteriores. Además, la falta de familiaridad del equipo con los nuevos procedimientos puede estar contribuyendo al bajo desempeño inicial.

En seguida, se presenta el Plan Intermedio 7, el cual da continuidad a las obras del apoyo central, concentrándose en las actividades correspondientes a la construcción del pilar del apoyo 2. Esta etapa mantiene la secuencia establecida en el cronograma, asegurando la progresión ordenada del proceso constructivo y permitiendo evaluar la consistencia en los indicadores de cumplimiento y productividad.

Tabla 30

Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 7

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 7)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S1 (12 Jul. Al 18 Jul. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S2 (19 Jul. Al 25 Jul. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 7)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S3 (26 Jul. Al 1 Ago. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S4 (2 Ago. Al 8 Ago. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S5 (9 Ago. Al 15 Ago. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S6 (16 Ago. Al 22 Ago. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
Total		4.8 m3	4.8 m3	100.0%	100.0%	

Nota. La tabla presenta el séptimo horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas.

Elaboración Propia.

Se continúa con el desarrollo de las actividades definidas en el plan maestro. En el plan intermedio 7, se inician las actividades relacionadas con la construcción del pilar central ubicado en el apoyo 2. En este ciclo, se evidencia un cumplimiento satisfactorio tanto en la productividad como en el PAC, lo que refleja que las acciones correctivas implementadas han sido eficaces para estabilizar y optimizar los procesos. Este logro representa un avance significativo en el aprendizaje del equipo, consolidando la eficiencia operativa en las actividades programadas y generando confianza para abordar tareas futuras con mayores niveles de desempeño, consistencia y alineación con los objetivos estratégicos. Asimismo, destaca el compromiso efectivo con la mejora continua y la capacidad del equipo para adaptarse a los desafíos técnicos propios del proyecto.

De acuerdo con el proceso establecido, se da continuidad al desarrollo del Plan Intermedio 8, el cual contempla las actividades correspondientes a la construcción del pilar central ubicado en el apoyo 2. Esta etapa mantiene la línea de avance estructural iniciada en el ciclo anterior, permitiendo dar seguimiento a la ejecución progresiva del elemento vertical central del puente.

Tabla 31.*Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 8*

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 8)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S1 (23 Ago. Al 29 Ago. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S2 (30 Ago. Al 5 Sep. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S3 (6 Sep. Al 12 Sep. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S4 (13 Sep. Al 19 Sep. Del 22)	0.794 m	0.00 m	0%	0%	Trasladando Acero de Refuerzo
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S5 (20 Sep. Al 26 Sep. Del 22)	0.794 m	1.59 m	100%	200%	
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S6 (27 Sep. Al 3 Oct. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
	Total	4.8 m3	4.8 m3	83.3%	100.0%	

Nota. La tabla presenta el octavo horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas.

Elaboración Propia.

En el desarrollo del plan intermedio 8, se observa que la productividad continúa siendo sostenida en el tiempo, lo que indica procesos y procedimientos constructivos adecuados. Por otra parte, se aprecia un leve descenso en el PAC durante este ciclo, aunque este indicador sigue siendo alto. Esta disminución se debe a una condición particular en la construcción del pilar central, relacionada con una zona de traslapo que requiere un incremento en la cantidad de acero instalado, lo cual ha obligado a invertir más tiempo en el proceso.

Se presenta el plan intermedio 9, el cual da continuidad al proceso constructivo del pilar central del apoyo 2, reforzando la aplicación progresiva del enfoque híbrido definido para esta simulación.

Tabla 32*Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 9*

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 9)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S1 (4 Oct. Al 10 Oct. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S2 (11 Oct. Al 17 Oct. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S3 (18 Oct. Al 24 Oct. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S4 (25 Oct. Al 31 Oct. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S5 (1 Nov. Al 7 Nov. Del 22)	0.794 m	0.794 m	100%	100%	
Construcción Pilar Central Apoyo 2	S6 (8 Nov. Al 14 Nov. Del 22)	0.00 m	0.00 m	-	-	
Total		4.0 m3	4.0 m3	100.0%	100.0%	

Nota. La tabla presenta el noveno horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas.

Elaboración Propia

En el ciclo 9, se evidencia que el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) alcanza los niveles planificados, mientras que la productividad mantiene un comportamiento sostenido, reafirmando la estabilidad de los procesos y la eficacia de los procedimientos implementados durante esta fase del proyecto.

Siguiendo con la implementación de la metodología híbrida definida en el presente proyecto, se avanza con el Plan Intermedio 10, el cual está enfocado en el desarrollo de las dovelas que conforman la superestructura del puente. En esta etapa se da inicio a la construcción segmentada de los voladizos sucesivos, una técnica que exige una planificación precisa y rigurosa. Para ello, se aplican criterios de simetría, equilibrio estructural y secuencia controlada, los cuales son fundamentales para garantizar la estabilidad progresiva de este tipo de solución constructiva. La integración de herramientas predictivas y ágiles en esta fase

permite un mayor control sobre los avances, facilita la toma de decisiones en tiempo real y promueve la eficiencia operativa del proceso constructivo.

Tabla 33.

Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 10

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 10)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Dovelas 0-0	S1 (15 Nov. Al 21 Nov. Del 22)	29.2 m3	0.0 m3	0%	0%	Reproceso por Mal Encofrado
Construcción Dovelas 0-0	S2 (22 Nov. Al 28 Nov. Del 22)	29.2 m3	0.0 m3	0%	0%	Reproceso por Mal Encofrado
Construcción Dovelas 0-0	S3 (29 Nov. Al 5 Dic. Del 22)	29.2 m3	29.2 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 0-0	S4 (6 Dic. Al 13 Dic. Del 22)	29.2 m3	29.2 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 0-0	S5 (14 Dic. Al 20 Dic. Del 22)	29.2 m3	34.2 m3	100%	117%	
Construcción Dovelas 0-0	S6 (21 Dic. Al 27 Dic. Del 22)	29.2 m3	36.5 m3	100%	125%	
Total		175.2 m3	129.1 m3	66.7%	73.7%	

Nota. La tabla presenta el decimo horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas.

Elaboración Propia

En este nuevo plan intermedio, se inicia el desarrollo de actividades relacionadas con las dovelas del voladizo sucesivo. Durante este ciclo, tanto la productividad como el PAC evidenciaron una caída significativa, asociada al inicio de una actividad nueva con implicaciones constructivas diferentes a las desarrolladas anteriormente. Este escenario pone de manifiesto la necesidad de ajustar los procesos y fortalecer la curva de aprendizaje para optimizar los resultados en las siguientes etapas del proyecto.

En coherencia con el ciclo anterior, se presenta el plan intermedio 11, que da continuidad al proceso constructivo de las dovelas que conforman la superestructura del puente. Esta fase reafirma la aplicación progresiva del sistema de voladizos sucesivos, asegurando la simetría y estabilidad necesarias para el avance controlado de la obra.

Tabla 34.*Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 11*

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 11)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Dovelas 0-0	S1 (28 Dic. Al 3 Ene. Del 23)	29.2 m3	35.0 m3	100%	120%	
Construcción Dovelas 0-0	S2 (4 Ene. Al 10 Ene. Del 23)	29.2 m3	37.7 m3	100%	129%	
Construcción Dovelas 0-0	S3 (11 Ene. Al 17 Ene. Del 23)	29.2 m3	40.6 m3	100%	139%	
Construcción Dovelas 0-0	S4 (18 Ene. Al 24 Ene. Del 23)	29.2 m3	29.2 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 0-0	S5 (25 Ene. Al 31 Ene. Del 23)	29.2 m3	39.4 m3	100%	135%	
Construcción Dovelas 0-0	S6 (1 Feb. Al 7 Feb. Del 23)	29.2 m3	39.4 m3	100%	100%	
	Total	175.2 m3	221.3 m3	100.0%	120.5%	

Nota. La tabla presenta el décimo primer horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas. Elaboración Propia

En el desarrollo de las actividades del plan intermedio 11, se observa una mejora respecto al ciclo anterior. La productividad supera las metas establecidas, mientras que el PAC cumple con lo programado, reflejando una optimización en los procesos y un desempeño alineado con los objetivos establecidos.

A continuación, se presenta el plan intermedio 12, que continúa con el proceso de ejecución de las dovelas correspondientes a la superestructura del puente, dando seguimiento a la secuencia constructiva establecida mediante el sistema de voladizos sucesivos.

Tabla 35*Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 12*

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 12)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Dovelas 1-1	S1 (8 Feb. Al 14 Feb. Del 23)	41.7 m3	41.7 m3	100%	100%	

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 12)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Dovelas 1-1	S2 (15 Feb. Al 21 Feb. Del 23)	41.7 m3	41.7 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 1-1	S3 (22 Feb. Al 28 Feb. Del 23)	41.7 m3	41.7 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 1-1	S4 (1 Mar. Al 7 Mar. Del 23)	41.7 m3	31.7 m	0%	76%	Día Lluvioso
Construcción Dovelas 1-1	S5 (8 Mar. Al 14 Mar. Del 23)	41.7 m3	41.7 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 1-1	S6 (15 Mar. Al 21 Mar. Del 23)	41.7 m3	51.7 m3	100%	100%	
Total		250.0 m3	250.0 m3	83.3%	96.0%	

Nota. La tabla presenta el décimo segundo horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas. Elaboración Propia

Se continúa con el desarrollo de las actividades de construcción de dovelas en el ciclo 12 del plan maestro. En términos generales, se observa un buen avance en las actividades programadas. Sin embargo, una condición externa impidió completar la instalación de concreto en el día previsto, lo que afectó significativamente el PAC. A pesar de ello, la productividad se mantiene alta, evidenciando un cumplimiento sólido de los objetivos establecidos.

Siguiendo con la continuidad de los planes intermedios establecidos, se presenta a continuación el Ciclo 13, en el cual se continúa con la construcción progresiva de las dovelas del puente, manteniendo la secuencia constructiva definida para la superestructura. Esta fase contribuye directamente al avance estructural del proyecto y al cumplimiento del cronograma establecido.

Tabla 36.

Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 13

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 13)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Dovelas 2-2	S1 (22 Mar. Al 28 Mar. Del 23)	56.3 m3	56.3 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 2-2	S2 (29 Mar. Al 4 Abr. Del 23)	56.3 m3	56.3 m3	100%	100%	

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 13)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Dovelas 2-2	S3 (5 Abr. Al 11 Abr. Del 23)	56.3 m3	50.1 m3	0%	89%	Refigurando Acero de Refuerzo
Construcción Dovelas 2-2	S4 (12 Abr. Al 18 Abr. Del 23)	56.3 m3	62.4 m3	100%	111%	
Construcción Dovelas 3-3	S5 (19 Abr. Al 25 Abr. Del 23)	66.7 m3	66.7 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 3-3	S6 (26 Abr. Al 2 May. Del 23)	66.7 m3	66.7 m3	100%	100%	
Total		358.3 m3	358.3 m3	83.3%	100.0%	

Nota. La tabla presenta el décimo tercero horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas. Elaboración Propia

Se continúa con las actividades de construcción de dovelas, habiéndose completado la fabricación de 4 de estos elementos. Es evidente que el desarrollo de este tipo de estructuras presenta variabilidad en el PAC, lo que refleja una falta de estabilidad en los procesos y en la curva de aprendizaje del equipo de trabajo. No obstante, en términos de productividad, se observa una consistencia a lo largo de estos mismos 4 ciclos, lo que indica un aumento sostenido en la producción.

A continuación, se presenta el plan intermedio 14, el cual da continuidad a las actividades constructivas relacionadas con la ejecución de las dovelas del puente, manteniendo el avance progresivo y simétrico propio del sistema de voladizos sucesivos.

Tabla 37.

Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 14

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 14)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Dovelas 3-3	S1 (3 May. Al 9 May. Del 23)	66.7 m3	66.7 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 4-4	S2 (10 May. Al 16 May. Del 23)	61.7 m3	61.7 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 4-4	S3 (17 May. Al 23 May. Del 23)	61.7 m3	61.7 m3	100%	100%	

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 14)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Dovelas 4-4	S4 (24 May. Al 30 May. Del 23)	61.7 m3	61.7 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 5-5	S5 (31 May. Al 6 jun. Del 23)	58.3 m3	58.3 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 5-5	S6 (7 Jun. Al 13 Jun. Del 23)	58.3 m3	58.3 m3	100%	100%	
Total		368.3 m3	368.3 m3	100.0%	100.0%	

Nota. La tabla presenta el décimo cuarto horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas. Elaboración Propia

En el desarrollo del plan intermedio 14, el PAC muestra un incremento en el cumplimiento de las actividades, mientras que la productividad se mantiene constante, como en ciclos anteriores. Este comportamiento refleja un conocimiento claro y consolidado de las actividades a realizar por parte del personal de la obra.

Se procede con el desarrollo progresivo de los planes intermedios, presentándose a continuación el Plan Intermedio 15, el cual da continuidad al proceso constructivo de las dovelas del puente, siguiendo la secuencia operativa previamente establecida en el sistema de voladizos sucesivos. Esta etapa permite mantener la estabilidad estructural durante la ejecución y asegurar la alineación técnica entre los elementos que componen la superestructura.

Tabla 38.

Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 15

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 15)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Dovelas 5-5	S1 (14 Jun. Al 20 Jun. Del 23)	58.3 m3	58.3 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 6-6	S2 (21 Jun. Al 27 Jun. Del 23)	77.5 m3	77.5 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 6-6	S3 (28 Jun. Al 4 Jul. Del 23)	77.5 m3	77.5 m3	100%	100%	

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 15)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Dovelas 7-7	S4 (5 Jul. Al 11 Jul. Del 23)	72.5 m3	72.5 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 7-7	S5 (14 Feb. Al 20 Feb. Del 23)	72.5 m3	72.5 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 8-8	S6 (21 Feb. Al 27 Feb. Del 23)	67.5 m3	67.5 m3	100%	100%	
Total		425.8 m3	425.8 m3	100.0%	100.0%	

Nota. La tabla presenta el décimo quinto horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas. Elaboración Propia

En el plan intermedio 15, se observa un comportamiento similar en el cumplimiento tanto del PAC como de la productividad. Este patrón, junto con los resultados del ciclo anterior, sugiere la estandarización de todos los procesos del proyecto.

A continuación, se presenta el plan intermedio 16, mediante el cual se continúa la ejecución secuencial de dovelas, manteniendo la simetría en el proceso constructivo del voladizo. Esta etapa refleja la consolidación del flujo de trabajo definido, reafirmando la estabilidad técnica alcanzada en la aplicación de la metodología híbrida.

Tabla 39.

Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 16

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 16)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Dovelas 8-8	S1 (28 Feb. Al 6 Mar. Del 23)	67.5 m3	67.5 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 9-9	S2 (7 Mar. Al 13 Mar. Del 23)	62.5 m3	62.5 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 9-9	S3 (14 Mar. Al 20 Mar. Del 23)	62.5 m3	62.5 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 10-10	S4 (21 Mar. Al 27 Mar. Del 23)	57.5 m3	57.5 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 10-10	S5 (28 Mar. Al 3 Abr. Del 23)	57.5 m3	57.5 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 11-11	S6 (4 Abr. Al 10 Abr. Del 23)	98.5 m3	98.5 m3	100%	100%	

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 16)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Total		406.0 m3	406.0 m3	100.0%	100.0%	

Nota. La tabla presenta el décimo sexto horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas. Elaboración Propia

Se continúa avanzando en el cumplimiento de las metas establecidas para el proyecto, lo que permite afirmar que se ha logrado una consistente mejora tanto en el PAC como en la productividad. Esta estabilidad refleja un proceso de optimización continua, evidenciado por el alineamiento de los resultados con los objetivos trazados, lo que refuerza la eficiencia operativa y proporciona una base sólida para enfrentar las siguientes etapas del proyecto.

Finalmente, el Plan Intermedio 17 marca el cierre de la fase de construcción de dovelas del puente, completando la secuencia estructural previamente establecida desde el pilar central hacia los extremos laterales. Esta última etapa no solo concluye el proceso constructivo de la superestructura, sino que también evidencia la eficacia del modelo híbrido aplicado para mantener la trazabilidad, el control operativo y la coordinación entre frentes de trabajo a lo largo de un proceso caracterizado por su alta complejidad técnica y necesidad de precisión estructural.

Tabla 40.

Actividades en Control y Seguimiento Plan Intermedio 17

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 17)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Dovelas 12-12	S1 (11 Abr. Al 17 Abr. Del 23)	89.6 m3	27.4 m3	0%	31%	Daño en Planta dosificadora de concreto
Construcción Dovelas 13-13	S2 (18 Abr. Al 24 Abr. Del 23)	78.8 m3	78.8 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 14-14	S3 (25 Abr. Al 1 May. Del 23)	69.5 m3	69.5 m3	100%	100%	
Construcción Dovelas 15-15	S4 (2 May. Al 8 May. Del 23)	58.2 m3	75.7 m3	100%	130%	

Actividades en Control y Seguimiento (Plan Intermedio 17)						
Actividad	Plan Semanal	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada	PAC	Productividad	Observaciones de no Cumplimiento
Construcción Dovelas 16-16	S5 (9 May. Al 15 May. Del 23)	49.7 m3	94.4 m3	100%	190%	
Construcción Dovelas	S6 (16 May. Al 22 May. Del 23)	0.0 m3	0.0	0%	0%	
Total		345.8 m3	345.8 m3	80.0%	110.1%	

Nota. La tabla presenta el décimo séptimo horizonte de la Planificación Intermedia con un periodo de 6 semanas. Elaboración Propia

En este último ciclo del plan maestro del proyecto, se observa un desempeño sobresaliente en términos de productividad, superando las metas establecidas. Sin embargo, en lo que respecta al Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), se evidenció un impacto derivado de una condición externa relacionada con el proveedor encargado del suministro de concreto.

Este contratiempo, aunque fuera del control directo del equipo de trabajo, evidenció una notable cohesión y capacidad de respuesta colectiva, lo que permitió mantener un alto nivel de productividad y cumplir con el cronograma de actividades de la obra. Este comportamiento demuestra una sólida capacidad de adaptación, así como un enfoque constante hacia la mejora continua y la eficiencia de los procesos, reflejando la madurez alcanzada en la aplicación del modelo de gestión implementado.

El paso 2, definido en el numeral 4.4 (p. 148), consiste en establecer un plan de control para la medición de pérdidas, conforme a lo estipulado por la metodología Lean Construction. Este proceso implica llevar a cabo un seguimiento detallado y un registro exhaustivo del tiempo y las causas que no agregan valor en relación con la productividad. Aunque este paso se presenta como un segundo nivel dentro de la metodología, su implementación debe realizarse de manera paralela a la ejecución, análisis y retroalimentación de los planes intermedios. De este modo, se garantiza una visión integral y continua del proyecto, permitiendo ajustar los

procesos conforme se desarrollan. No obstante, con el fin de mejorar la presentación y comprensión de la información, se optará por exponer los detalles relacionados con el plan de control de pérdidas de forma independiente, pero de manera sucesiva dentro del documento. Este enfoque asegura una mayor claridad y optimización en el desarrollo de la información.

A continuación, se presenta el formato de control y registro de tiempos correspondiente al plan intermedio 1. En este se documenta detalladamente la relación entre el personal involucrado, las actividades desarrolladas, y la medición del tiempo clasificado como productivo, contributivo y no contributivo. Además, se incluyen observaciones asociadas a cada registro.

Tabla 41.

Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 1

Registro de Tiempos en Actividades a Controlar (Plan Intermedio 1)								
Fecha	Colaborador Cargo	Actividad Tarea	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
			Productivo	Contributivo	No Contributivo		Tiempo Contributivo	Tiempo No Contributivo
29-oct-21	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 1	2	1	2	5	Retirando Material de Excavación desde Caisson	Esperando por Retirando Material de Excavación al Acopio
29-oct-21	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 1	2	3	0	5	Retirando Material de Excavación al Acopio	NA
7-nov-21	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 1	2.5	1.5	1	5	Retirando Material de Excavación desde Caisson	Daño en el Equipo de Perforación y Demolición
7-nov-21	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 1	2.5	1.5	1	5	Retirando Material de Excavación desde Caisson	Daño en el Equipo de Perforación y Demolición
7-nov-21	Ayudante Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 1	0	5	0	5	Retirando Material de Excavación al Acopio	NA
1-dic-21	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 1	2	2	1	5	Perforación para uso de Material Explosivo	Esperando Cargue Material de Explosivo
1-dic-21	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 1	0	3.5	1.5	5	Retirando Material de Excavación desde Caisson Operadon Compresor	Esperando Cargue Material de Explosivo
1-dic-21	Ayudante Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 1	0	3.75	1.25	5	Transporte de Equipo de Perforación Retirando Material de Excavación al Acopio	Esperando Cargue Material de Explosivo
12-nov-21	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	2	1.5	1.5	5	Retirando Material de Excavación desde Caisson	Esperando por Retiro de Material al Acopio
12-nov-21	Ayudante Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	0	5	0	5	Retirando Material de Excavación desde Caisson Retirando Material de Excavación al Acopio	NA

Registro de Tiempos en Actividades a Controlar (Plan Intermedio 1)								
Fecha	Colaborador Cargo	Actividad Tarea	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
			Productivo	Contributivo	No Contributivo		Tiempo Contributivo	Tiempo No Contributivo
3-dic-21	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	0	3	2	5	Retirando Material de Excavación desde Caisson Encofrando para Instalacion de Concreto	Esperando Concreto
3-dic-21	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	0	3	2	5	Trasladando Formaleta Retirando Material de Excavación desde Caisson	Esperando Concreto
3-dic-21	Ayudante Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	0	5	0	5	Retirando Material de Excavación al Acopio Trasladando Formaleta	NA
Total			13	38.75	13.25	65		

Nota. La tabla presenta el registro del tiempo de las actividades a controlar del Plan Intermedio 1.

Elaboración Propia

La información contenida en la tabla anterior evidencia una situación crítica que afecta el cumplimiento de las metas programadas del proyecto. Al analizar la distribución del tiempo dedicado a las actividades, se identifica un equilibrio desfavorable entre el tiempo productivo y el tiempo no contributivo. Específicamente, por cada unidad de tiempo empleada en la ejecución efectiva de las tareas, se pierde una cantidad similar en actividades que no generan valor directo al proceso constructivo. Esta relación refleja una ineficiencia operativa significativa, que requiere ser abordada mediante ajustes estratégicos en la planificación, supervisión y asignación de recursos, con el fin de optimizar los flujos de trabajo y fortalecer el rendimiento del equipo en terreno.

En particular, al evaluar el tiempo total de la muestra, se identifica que el tiempo no contributivo representa un 20%. Esto equivale a 67 horas (aproximadamente 8.4 días) de un total de 336 horas disponibles para las actividades de excavación de caisson en el plan intermedio 1, que podrían perderse en caso de no tomar las medidas necesarias. Dada la magnitud e impacto de esta pérdida de tiempo, es fundamental implementar acciones correctivas para mitigar sus efectos en los costos y los tiempos del proyecto.

Seguidamente, se presenta el control y registro de tiempo del plan intermedio 3, en el cual se presentan actividades con bajos niveles de eficiencia. Se evidencian tiempos no contributivos relevantes, lo que indica la necesidad de reforzar el control operativo y ajustar procesos para mejorar el desempeño.

Tabla 42.

Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 3

Registro de Tiempos en Actividades a Controlar (Plan Intermedio 3)								
Fecha	Colaborador Cargo	Actividad Tarea	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
			Productivo	Contributivo	No Contributivo		Tiempo Contributivo	Tiempo No Contributivo
14-feb-22	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	2.5	1.5	1	5	Retirando Material de Excavación desde Caisson	Daño en el Equipo de Perforación y Demolición
14-feb-22	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	0	3.5	1.5	5	Retirando Material de Excavación desde Caisson	Daño en el Equipo de Perforación y Demolición
14-feb-22	Ayudante Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	0	5	0	5	Retirando Material de Excavación al Acopio	NA
Total			2.5	10	2.5	15		

Nota. La tabla presenta el registro del tiempo de las actividades a controlar del Plan Intermedio 3.

Elaboración Propia

En el plan intermedio 3 se identificaron interferencias que impactaron el cumplimiento de las actividades programadas, las cuales se detallan en la tabla anterior. El análisis de tiempos evidencia que el 17 % del total invertido corresponde a actividades sin valor agregado para el proceso constructivo. Para este ciclo se dispone de un total de 41 días (equivalentes a 328 horas), de los cuales se estima una pérdida de 55,76 horas —aproximadamente 6,97 días— atribuibles a tiempos no contributivos. Estos resultados destacan la necesidad de implementar medidas correctivas que permitan mitigar las ineficiencias detectadas, optimizar el uso de los recursos disponibles y fortalecer el rendimiento general del proyecto.

Se continúa con la presentación del control y registro de tiempo correspondiente al Plan Intermedio 4, en el cual se identifican, clasifican y analizan detalladamente los tiempos no contributivos, así como las causas asociadas que impactaron negativamente la eficiencia

operativa durante la fase de ejecución. Este análisis permite generar información clave para la toma de decisiones, facilitando la implementación de medidas correctivas y la mejora continua en ciclos posteriores

Tabla 43.

Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 4

Registro de Tiempos en Actividades a Controlar (Plan Intermedio 4)								
Fecha	Colaborador Cargo	Actividad Tarea	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
			Productivo	Contributivo	No Contributivo		Tiempo Contributivo	Tiempo No Contributivo
28-mar-22	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	3	1	1	5	Retirando Material de Excavación desde Caisson	Daño en el Equipo de Perforación y Demolición
28-mar-22	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	0	2	3	5	Retirando Material de Excavación desde Caisson	Daño en el Equipo de Perforación y Demolición
28-mar-22	Ayudante Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	0	5	0	5	Retirando Material de Excavación al Acopio	NA
Total			3	8	4	15		

Nota. La tabla presenta el registro del tiempo de las actividades a controlar del Plan Intermedio 4.

Elaboración Propia

De acuerdo con la revisión del tiempo no contributivo en comparación con el tiempo total utilizado en la ejecución de las tareas analizadas, se determinó que el 26.7% del tiempo destinado al desarrollo de las actividades corresponde a procesos que no generan valor. En este plan intermedio, se cuenta con una disponibilidad total de 240 horas para la ejecución de las tareas, de las cuales 64 horas se destinarían a actividades que no aportan al progreso de las mismas. Por lo tanto, necesita implementar medidas que permitan reducir el tiempo improductivo que se podría generar y optimizar la eficiencia en el desarrollo de las actividades.

Por otra parte, y en coherencia con la metodología híbrida propuesta, se presenta el control y registro de tiempo correspondiente al Plan Intermedio 5, en el cual se analizan en detalle las actividades asociadas a la excavación del caisson del Apoyo 2. Este análisis permite identificar con mayor precisión los tiempos improductivos, evaluar el desempeño operativo real de esta fase constructiva y detectar posibles oportunidades de mejora en cuanto a la planificación, recursos asignados y coordinación entre frentes de trabajo.

Tabla 44.*Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 5*

Registro de Tiempos en Actividades a Controlar (Plan Intermedio 5)								
Fecha	Colaborador Cargo	Actividad Tarea	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
			Productivo	Contributivo	No Contributivo		Tiempo Contributivo	Tiempo No Contributivo
10-may-22	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	0	1	4	5	Encofrando para Instalacion de Concreto	Esperando Concreto
10-may-22	Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	0	2	3	5	Trasladando Formaleta Retirando Material de Excavación del Caisson	Esperando Concreto
10-may-22	Ayudante Pilero	Excavación de Caisson Apoyo 2	0	4	1	5	Retirando Material de Excavación al Acopio Trasladando Formaleta	Esperando Concreto
Total			0	7	8	15		

Nota. La tabla presenta el registro del tiempo de las actividades a controlar del Plan Intermedio 5.

Elaboración Propia

Del análisis del registro de tiempos presentado en la tabla anterior, se observa que el 53.3% del tiempo total corresponde a actividades no contributivas, lo que representa un impacto significativo en el desarrollo y cumplimiento de los objetivos del proyecto. En el caso del plan intermedio 5, se cuenta con una disponibilidad de 328 horas, de las cuales 174.9 horas se perderían en procesos que no están directamente relacionados con las actividades planificadas. Esta situación subraya la importancia de implementar medidas correctivas para reducir el tiempo improductivo y optimizar la ejecución de las tareas programadas.

En relación con el control y registro de tiempo, se continúa con el análisis correspondiente al Plan Intermedio 6, el cual detalla de manera específica las situaciones presentadas y los tiempos asociados al proceso constructivo de la zapata del Apoyo 2. Este registro proporciona una visión clara del comportamiento operativo durante la ejecución, permitiendo evaluar la eficiencia real de los recursos utilizados, identificar los factores que generaron retrasos o improductividades, y detectar oportunidades concretas de mejora en la planificación y coordinación de esta fase constructiva.

Tabla 45.*Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 6*

Registro de Tiempos en Actividades a Controlar (Plan Intermedio 6)								
Fecha	Colaborador Cargo	Actividad/ Tarea	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
			Productivo	Contributivo	No Contributivo		Tiempo Contributivo	Tiempo No Contributivo
1-jun-22	Oficial	Construcción Zapata Apoyo 2	0	4	1	5	Trasladando Formaleta Trasladando Acero de Refuerzo	Esperando Acero de Refuerzo y Formaleta
1-jun-22	Ayudante	Construcción Zapata Apoyo 2	0	4	1	5	Trasladando Formaleta Trasladando Acero de Refuerzo	Esperando Acero de Refuerzo y Formaleta
22-jun-22	Oficial	Construcción Zapata Apoyo 2	0	4	1	5	Refigurando Acero de Refuerzo	Desistalando Acero
22-jun-22	Ayudante	Construcción Zapata Apoyo 2	0	4	1	5	Refigurando Acero de Refuerzo	Desistalando Acero
Total			0	16	4	20		

Nota. La tabla presenta el registro del tiempo de las actividades a controlar del Plan Intermedio 6.

Elaboración Propia

Los tiempos no contributivos asociados a las actividades del plan intermedio 6 representan el 20% del tiempo total destinado a las tareas que presentaron anomalías durante su ejecución. De las 344 horas disponibles para el desarrollo de las actividades en este ciclo, aproximadamente 68.8 horas (equivalentes a 8.6 días) que se podrían perder en procesos que no generan valor. Esta situación evidencia la necesidad de implementar acciones correctivas para minimizar estas posibles pérdidas y optimizar la eficiencia en la ejecución de las actividades programadas.

En el proceso de control y registro de tiempos asociados a actividades con baja eficiencia, se continúa con el análisis correspondiente a la construcción de las estructuras del apoyo 2. A continuación, se presenta la información específica relacionada con la ejecución del pilar central, destacando los tiempos productivos, contributivos y no contributivos registrados durante esta fase.

Tabla 46.*Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 8*

Registro de Tiempos en Actividades a Controlar (Plan Intermedio 8)								
Fecha	Colaborador Cargo	Actividad Tarea	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
			Productivo	Contributivo	No Contributivo		Tiempo Contributivo	Tiempo No Contributivo
14-sep-22	Oficial	Construcción Pilar Central Apoyo 2	0	3.5	1.5	5	Trasladando Acero de Refuerzo	Esperando Acero de Refuerzo
14-sep-22	Ayudante	Construcción Pilar Central Apoyo 2	0	3.5	1.5	5	Trasladando Acero de Refuerzo	Esperando Acero de Refuerzo
Total			0	7	3	10		

Nota. La tabla presenta el registro del tiempo de las actividades a controlar del Plan Intermedio 8.

Elaboración Propia

En el plan intermedio 8, el tiempo no contributivo representa el 30% del total asignado para este ciclo. De las 328 horas disponibles para el desarrollo de las actividades, 98.4 horas (equivalentes a 12.3 días) corresponderían a procesos que no generan valor. Esta condición resalta la importancia de identificar y abordar las causas de estas ineficiencias para mejorar la productividad y garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos.

A continuación, se presenta el control y registro de tiempos correspondientes al plan intermedio 10, el cual comprende las actividades asociadas a la construcción de las dovelas de la superestructura del puente. Este análisis permite identificar los niveles de eficiencia alcanzados, así como las causas que influyen en los tiempos no contributivos durante esta fase del proceso constructivo.

Tabla 47.*Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 10*

Registro de Tiempos en Actividades a Controlar (Plan Intermedio 10)								
Fecha	Colaborador Cargo	Actividad Tarea	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
			Productivo	Contributivo	No Contributivo		Tiempo Contributivo	Tiempo No Contributivo
15-nov-22	Oficial	Construcción Dovelas 0-0	0	1	4	5	Trasladando Formaleta Encofrando Dovela	Desistando Formaleta
15-nov-22	Ayudante	Construcción Dovelas 0-0	0	1	4	5	Trasladando Formaleta Encofrando Dovela	Desistando Formaleta
22-nov-22	Oficial	Construcción Dovelas 0-0	0	0	5	5	NA	Desistando Formaleta

Registro de Tiempos en Actividades a Controlar (Plan Intermedio 10)								
Fecha	Colaborador Cargo	Actividad Tarea	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
			Productivo	Contributivo	No Contributivo		Tiempo Contributivo	Tiempo No Contributivo
22-nov-22	Ayudante	Construcción Dovelas 0-0	0	0	5	5	NA	Desistando Formaleta
Total			0	2	18	20		

Nota. La tabla presenta el registro del tiempo de las actividades a controlar del Plan Intermedio 10.

Elaboración Propia

En el plan interno 10 se evidencia una condición crítica, donde el 90% del tiempo total analizado podría destinarse a actividades que no aportan al desarrollo de las tareas programadas. De las 336 horas disponibles para este ciclo, 302.4 horas (equivalentes a 37.8 días) se verían comprometidas en procesos que no contribuyen al cumplimiento de los objetivos establecidos. Esta situación requiere atención inmediata para identificar las causas de estas posibles ineficiencias e implementar acciones correctivas que optimicen el uso del tiempo y los recursos, mitigando el impacto de esta situación.

Como parte del seguimiento a la construcción de dovelas, se presenta a continuación el control y registro de tiempos del plan intermedio 12. La tabla resume los tiempos productivos, contributivos y no contributivos, junto con observaciones sobre factores que afectaron la eficiencia operativa en esta fase.

Tabla 48.

Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 12

Registro de Tiempos en Actividades a Controlar (Plan Intermedio 12)								
Fecha	Colaborador Cargo	Actividad Tarea	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
			Productivo	Contributivo	No Contributivo		Tiempo Contributivo	Tiempo No Contributivo
3-mar-23	Oficial	Construcción Dovelas 1-1	2	1.5	1.5	5	Transporte de Concreto	Esperando por Lluvia
3-mar-23	Ayudante	Construcción Dovelas 1-1	2	1.5	1.5	5	Transporte de Concreto	Esperando por Lluvia
Total			4	3	3	10		

Nota. La tabla presenta el registro del tiempo de las actividades a controlar del Plan Intermedio 12.

Elaboración Propia

Al analizar los tiempos no contributivos del plan intermedio 12 en relación con el tiempo total, se observa que representan el 30% de las 328 horas previstas para este ciclo. Esto implica que, de no implementarse medidas correctivas, podrían perderse aproximadamente 98.4 horas, equivalentes a 12.3 días, durante el desarrollo de las actividades de este ciclo.

Se continúa con la recopilación de información correspondiente al plan intermedio 13, en el cual prosiguen las actividades constructivas relacionadas con las dovelas del puente. Este plan permite registrar y analizar los tiempos asociados a cada proceso, facilitando la identificación de posibles ineficiencias

Tabla 49.

Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 13

Registro de Tiempos en Actividades a Controlar (Plan Intermedio 13)								
Fecha	Colaborador Cargo	Actividad Tarea	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
			Productivo	Contributivo	No Contributivo		Tiempo Contributivo	Tiempo No Contributivo
6-abr-23	Oficial	Construcción Dovelas 2-2	0	3	2	5	Refigurando Acero de Refuerzo	Desistalando Acero
6-abr-23	Ayudante	Construcción Dovelas 2-2	0	3	2	5	Refigurando Acero de Refuerzo	Desistalando Acero
Total			0	6	4	10		

Nota. La tabla presenta el registro del tiempo de las actividades a controlar del Plan Intermedio 13.

Elaboración Propia

Del control y registro de tiempo se evidencian condiciones que generaron interferencias en la ejecución de las actividades. Se identificó que los tiempos que no generan valor corresponden al 40% del tiempo total. Así, en un ciclo de trabajo de 328 horas, si no se corrigen estas condiciones ni se implementan medidas de mitigación, podrían perderse hasta 131.2 horas, equivalentes a 16.4 días.

Finalizando el proceso de control y registro de tiempos, se presenta la información correspondiente al plan intermedio 17, el cual da continuidad a las actividades constructivas asociadas a la ejecución de las dovelas del puente

Tabla 50.*Actividades en Control y Registro de Tiempo Plan Intermedio 17*

Registro de Tiempos en Actividades a Controlar (Plan Intermedio 17)								
Fecha	Colaborador Cargo	Actividad Tarea	Tiempo (min)			Tiempo Total (min)	Observaciones	
			Productivo	Contributivo	No Contributivo		Tiempo Contributivo	Tiempo No Contributivo
17-sep-23	Oficial	Construcción Dovelas 12-12	0	3	2	5	Encofrando Dovela	Esperando Concreto
17-sep-23	Ayudante	Construcción Dovelas 12-12	0	3	2	5	Encofrando Dovela	Esperando Concreto
Total			0	6	4	10		

Nota. La tabla presenta el registro del tiempo de las actividades a controlar del Plan Intermedio 17.

Elaboración Propia

Se continúa con el análisis de las afectaciones y sus posibles implicaciones en el plan intermedio. En el ciclo 17, se identificó que el 40% del tiempo destinado al control de las actividades no genera valor ni contribuye al cumplimiento de las tareas. El plan contempla un total de 352 horas para la ejecución y cumplimiento de lo programado, de las cuales, si no se implementan acciones correctivas para abordar las condiciones detectadas, podrían perderse aproximadamente 140.8 horas, equivalentes a 17.6 días, lo que impactaría de manera significativa el desarrollo de las actividades planificadas.

Se avanzará en la implementación de la metodología continuando con el paso 3, en el cual se identifican las causas y se determinan los tiempos asociados a las situaciones que generaron interferencias en los procesos. El objetivo principal es refinar y optimizar dichos procesos, maximizando los beneficios en futuras aplicaciones que involucren actividades de naturaleza similar.

Para ello, se presenta a continuación el registro detallado de la distribución de tiempos y las causas asociadas, con el fin de identificar los factores que afectan la eficiencia en la ejecución y establecer estrategias de mejora basadas en evidencia.

Tabla 51.*Compilación Causas y Tiempos de perdida*

Distribución de Tiempos y Causas Tipo					
Causa Tipo (Daño en Equipos)	Tiempo de Pérdida (min)	Causa Tipo (Esperando Suministro/ Retiro Materiales/ Condiciones Climaticas)	Tiempo de Pérdida (min)	Causa Tipo (Reprocesos)	Tiempo de Pérdida (min)
Daño en el Equipo de Perforación/Demolición	2	Esperando Cargue Material de Explosivo	3.75	Desistalando Acero	2
Daño en el Equipo de Perforación/Demolición	3,5	Esperando Concreto	4	Desistalando Acero	4
Daño en el Equipo de Perforación/Demolición	2.5	Esperando Concreto	2	Desistalando Formaleta	8
Daño en el Equipo de Perforación/Demolición	4	Esperando Concreto	4	Desistalando Formaleta	10
		Esperando Concreto	8		
		Esperando Concreto	4		
		Esperadno Acero de Refuerzo y Formaleta	2		
		Esperadno Acero de Refuerzo	3		
		Esperando por Lluvia	3		
		Esperando por Retiro Material de Excavación	2		
		Esperando por Retiro Material de Excavación	1.5		
Tiempo Total Perdidas					73.25

Nota. La tabla presenta el registro del tiempo perdido y las causas del mismo. Elaboración Propia

En la tabla anterior se presenta la tabulación de las pérdidas clasificadas según su causa, agrupadas en tres categorías principales: Daños en equipos, Esperas por suministro/retiro de material/condiciones climáticas y Reprocesos. Al analizar el impacto general de cada causa en el proceso de construcción del puente, se observa que aproximadamente el 16.4% del tiempo destinado a las actividades se vería afectado por pérdidas asociadas a daños en equipos. Asimismo, cerca del 50.8% del tiempo disponible para estas actividades estaría relacionado con posibles pérdidas debido a esperas en obra. Por último, se estima que el 32.8% del tiempo asignado a las actividades se vería impactado por pérdidas derivadas a reprocesos.

Con base en la información recopilada y analizada en el apartado anterior, se procede a la elaboración del gráfico de Pareto correspondiente a las condiciones que afectaron el cumplimiento de las metas en el caso de estudio. En este sentido, a continuación, se presentan

las principales causas identificadas, junto con su respectiva simbología o notación, con el propósito de facilitar su representación y análisis dentro del gráfico.

Tabla 52.

Tiempos y porcentaje acumulado por causas de no cumplimiento

Notación	Causas	Tiempo	Acumulado	% Acumulado
A	Esperando Concreto	22	22	30%
B	Desistalando Formaleta	18	40	55%
C	Daño en el Equipo de Perforación/Demolición	12	52	71%
D	Desistalando Acero	6	58	79%
E	Esperadno Acero de Refuerzo y Formaleta	5	63	86%
F	Esperando Cargue Material de Explosivo	3.75	66.75	91%
G	Esperando por Retiro Material de Excavación	3.5	70.25	96%
H	Esperando por Lluvia	3	73.25	100%

Nota. La tabla presenta las causas de no cumplimiento, tiempo, acumulado y porcentaje acumulado.

Elaboración Propia

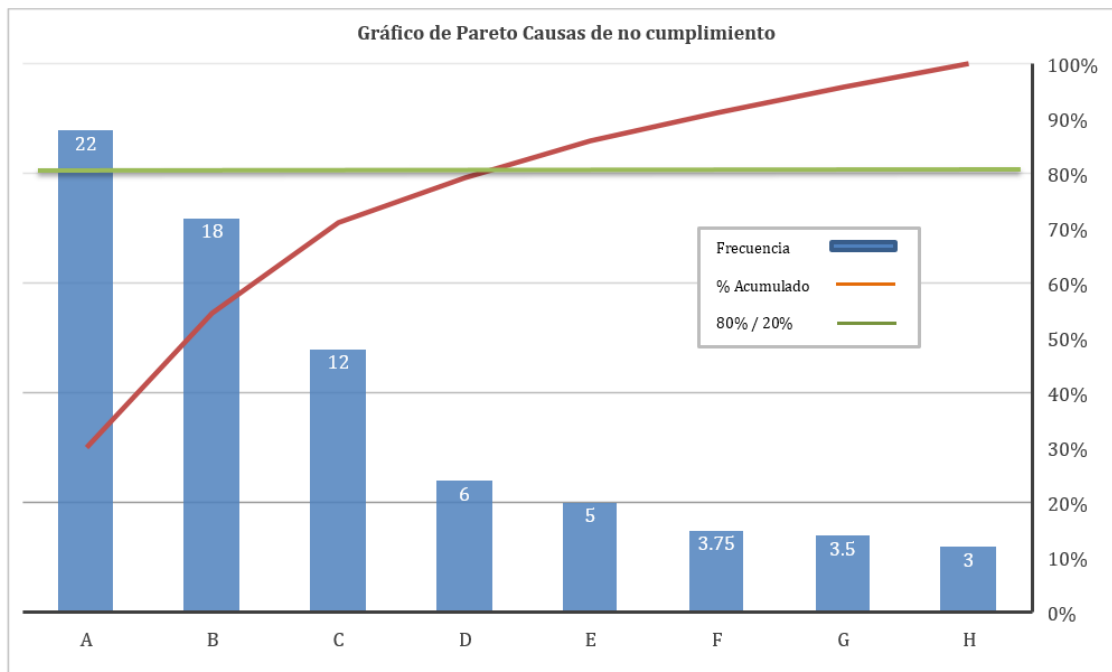
La tabla anterior presenta las causas de no cumplimiento ordenadas de forma descendente según el tiempo de afectación registrado. Esta organización permite identificar de manera precisa aquellas condiciones que ejercen un mayor impacto sobre el desarrollo y cumplimiento de las actividades programadas, facilitando así la priorización de acciones correctivas en función de su relevancia.

Con el objetivo de fortalecer el análisis de los factores que afectan la eficiencia operativa del proyecto, se presenta a continuación una representación gráfica que permite visualizar de manera ordenada y jerarquizada las principales causas de no cumplimiento. Este recurso visual proporciona una perspectiva clara sobre el impacto relativo de cada causa, facilitando así la toma de decisiones estratégicas orientadas a priorizar aquellas intervenciones con mayor potencial de mejora. La visualización permite consolidar la información previamente registrada en la tabla, complementando el análisis cuantitativo con un recurso gráfico que resalta las actividades con mayor incidencia sobre el desempeño del proyecto. De esta forma, se refuerza

el enfoque propuesto por la metodología híbrida, basado en la mejora continua y el control visual como herramienta de gestión en la etapa de ejecución.

Figura 29.

Grafica de Pareto de Causas de no cumplimiento



Nota. Gráfico con frecuencias, causas y línea al 80% para las causas de no cumplimiento. Elaboración Propia

El gráfico anterior organiza las actividades según su impacto en el tiempo perdido, desde las de mayor hasta las de menor relevancia. Se observa que las actividades designadas como A, B, C, D, E y F concentran el 86% del tiempo dedicado a tareas que no generan valor. Estas actividades afectan directamente el cumplimiento de las tareas programadas y comprometen la eficiencia general del proyecto. Este análisis permite identificar y priorizar las acciones correctivas necesarias, enfocándose en resolver las causas de mayor impacto. Así, se busca optimizar el rendimiento, gestionar eficientemente los recursos disponibles, minimizar retrasos innecesarios y garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos. Sin embargo,

es importante precisar que la intervención de cada una de las causas debe priorizarse en función de su impacto y del momento de su ocurrencia dentro del desarrollo de las actividades.

Continuando con la aplicación de la metodología, se procede con el paso 4, donde se identifican las actividades con deficiencias y se rediseñan los procesos de construcción y planeación asociados. Este rediseño se realiza tomando como base la información recopilada en las etapas anteriores, permitiendo implementar mejoras específicas orientadas a optimizar los recursos disponibles, reducir ineficiencias y garantizar el cumplimiento de los objetivos del proyecto de manera más eficiente y efectiva.

A continuación, se presenta el registro correspondiente de actividades afectadas, causas identificadas, estrategias de mejora, rediseño del plan de ejecución y medidas de respaldo implementadas. Esta información se estructura de forma que permita evidenciar el proceso de análisis, toma de decisiones y ajuste operativo aplicado en respuesta a las ineficiencias detectadas, asegurando así la trazabilidad y justificación técnica de las acciones correctivas adoptadas.

Tabla 53.

Actividades con deficiencias y planes redefinidos, rediseñados y de respaldo.

Actividad Tarea	Descripción de la Causa	Estrategia (Aceptar, Mitigar, Transferir, Escalar o Eliminar)	Plan Redefinido y Rediseñado	Plan de Respaldo	Responsable
Excavación de Caisson	Esperando Retiro Material de Excavación	Mitigar	Implementar un sistema automatizado para el transporte de materiales, optimizando la eficiencia operativa y reduciendo los tiempos y costos asociados al movimiento manual	Incrementar la cantidad de personal asignado a la actividad de retiro de material, con el objetivo de acelerar el proceso y garantizar una ejecución más eficiente.	Ingeniero y Encargado de Obra
Excavación de Caisson	Daño en el Equipo de Perforación/Demolición	Mitigar	Disponer de un equipo de respaldo para cada caisson, asegurando la continuidad operativa y minimizando los tiempos de inactividad ante posibles fallas o contingencias	Contar con un equipo de respaldo adicional para cada tres caissons activos, asegurando mayor disponibilidad operativa y mitigando riesgos de interrupciones prolongada	Ingeniero y Encargado de Obra
Excavación de Caisson	Esperando Cargue Material de Explosivo	Mitigar	Ubicar un polvorín en proximidad estratégica al punto de ejecución de las actividades operativas, garantizando eficiencia en los procesos	Garantizar la disponibilidad del material necesario antes de iniciar la actividad de cargue para la quema, asegurando una operación continua y eficiente	Gerente e Ingeniero

Actividad Tarea	Descripción de la Causa	Estrategia (Aceptar, Mitigar, Transferir, Escalar o Eliminar)	Plan Redefinido y Rediseñado	Plan de Respaldo	Responsable
Excavación de Caisson	Esperando Concreto	Mitigar	Solicitar con anticipación el concreto necesario para garantizar la disponibilidad oportuna y evitar retrasos en las actividades programadas	Disponer de equipos como mezcladoras, y materiales necesarios para la fabricación de concreto in situ, asegurando la construcción del anillado protección sin interrupciones	Ingeniero y Encargado de Obra
Construcción de Dovelas	Esperando Concreto	Mitigar	Entregar la programación de requerimientos de concreto con al menos un mes de antelación, garantizando la disponibilidad oportuna para la construcción de las dovelas.	Implementar un plan de mantenimiento para la planta suministradora de concreto, alineado con la programación de suministro, para asegurar su operatividad y evitar interrupciones en la producción.	Gerente, Ingeniero y Maestro de Obra
Construcción Zapata y Pilar Central	Esperando Acero de Refuerzo y Formaleta	Mitigar	Disponer de acopios de acero de refuerzo y formaleta cercanos a los puntos de construcción, junto con el equipo necesario para su cargue y desplazamiento, garantizando agilidad en las operaciones cuando sea requerido	Realizar los requerimientos de acero de refuerzo y formaleta con anticipación, asegurando su disponibilidad y alistamiento oportuno para las actividades de construcción.	Ingeniero y Encargado de Obra
Construcción de Dovelas	Esperando por Lluvia	Mitigar	Implementar el uso de protecciones adecuadas para garantizar la continuidad de los vaciados durante los días lluviosos, minimizando el impacto de las inclemencias del tiempo en el proceso de construcción.	NA	Ingeniero y Encargado de Obra
Construcción Zapata y Dovelas	Desistalando Acero	Mitigar	Establecer un sistema de revisión de planos para identificar y corregir errores a tiempo, evitando retrasos y sobrecostos en el proceso de construcción.	Implementar un proceso de revisión y ejecución de despieces antes de la solicitud de acero, asegurando precisión en las cantidades y longitudes, evitando retrasos o desperdicios en la construcción.	Director Oficina Técnica e Ingeniero
Construcción de Dovelas	Desistalando Formaleta	Mitigar	Establecer puntos de control y revisión durante el proceso de encofrado, para asegurar la correcta ejecución de las actividades y garantizar la calidad y seguridad de la obra	Establecer un sistema de control topográfico que permita la verificación precisa de los elementos a construir, asegurando la correcta alineación y ubicación de las estructuras durante la ejecución del proyecto.	Director Oficina Técnica, Topografo, Ingeniero y Maestro de Obra

Nota. La tabla presenta las actividades, las causas de no cumplimiento, estrategias, *planes redefinidos*., *rediseñados* y *de respaldo*, con su respectivo responsable. Elaboración Propia

En la tabla anterior, se detallan las estrategias y los diferentes planes que deben adoptarse para implementar soluciones efectivas ante la posible ocurrencia futura de alguna de estas causas identificadas. Esta matriz no solo actúa como una guía estructurada, sino que también proporciona una base sólida para resolver y atender estas situaciones de manera proactiva. Además, permite priorizar las acciones correctivas, estableciendo un enfoque

sistemático que garantice la mitigación de riesgos y la mejora continua en los procesos, contribuyendo así al cumplimiento eficiente de los objetivos del proyecto.

Por último, se procede con la implementación de la metodología Scrum en aquellas tareas que, tras el análisis previo, requieren medidas adicionales para optimizar su ejecución. El objetivo de esta etapa es asegurar la mejora continua y lograr el cumplimiento eficiente de cada una de las actividades identificadas como críticas. A continuación, se presenta la matriz que define los roles, artefactos y eventos de Scrum, así como su aplicación específica dentro del caso de estudio. Es importante destacar que ciertos procesos propios de este marco ágil, como el *Daily Scrum*, presentan una alta frecuencia de uso. No obstante, para efectos de claridad y comprensión metodológica, la implementación que aquí se expone se presenta a modo de ejemplo, con el propósito de ilustrar de manera precisa y didáctica el funcionamiento y utilidad de cada componente dentro del entorno constructivo simulado.

Tabla 54.

Actividades, Roles, Eventos y Artefactos de Scrum

Actividad Tarea	Product Owner Dueño del Producto	Scrum Master Facilitador del Equipo	Development Team Miembros del Equipo	Product Backlog Item (PBIs) Elementos de la Pila del Producto	Product Backlog Pila del Producto (Historias de Usuario)	Sprint Planning Planeación de la Iteración	Sprint Iteración	Sprint Backlog Pila de la Iteración	Daily Scrum Reunión Corta	Incremento	Sprint Review Revisión	Sprint Retrospective Retrospectiva	
Excavación de Caisson	Ingeniero	Encargado de Obra	Cuadrilla	Falta de Personal/ Retiro de Material	<p>Mejorar Proceso de Retiro de Material</p> <p>Como Ingeniero encargado del proceso de excavación de caisson, Puedo implementar una solución eficiente para el retiro del material excavado, Para garantizar que la actividad se ejecute dentro del cronograma y sin afectar la productividad del equipo.</p> <p><i>Criterios de Aceptación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dado que las actividades de la obra deben cumplir con los tiempos establecidos en el cronograma, - Cuando se detecte la necesidad de mejorar los procesos de retiro de material, - Entonces se debe implementar un sistema que permita optimizar el tiempo de ejecución y controlar los costos asociados. 	<p><i>Detalles</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - El sistema debe garantizar que el retiro de material se complete en un tiempo máximo de 2 horas por turno, respetando el cronograma general de la obra. - La implementación del sistema no debe superar el 10% del presupuesto asignado para la actividad de excavación. - El volumen de material retirado debe incrementarse en al menos un 25% por turno, asegurando el cumplimiento de los tiempos planificados 	El objetivo de este Sprint es optimizar el proceso de retiro de material, mejorando su eficiencia. Esto se logrará implementando un sistema automatizado para el transporte de materiales o, como alternativa, aumentando el personal asignado a esta actividad. El enfoque está en asegurar el cumplimiento de los tiempos establecidos y el control de los costos asociados	Duración: 1.4 Semana (10 días)	<p><i>Sistema Automatizado:</i></p> <p>Tarea 1. investigar y definir el sistema automatizado más adecuado (1 día)</p> <p>Tarea 2. Seleccionar Proveedor en función de costos y tiempos de entrega (0.5 días)</p> <p>Tarea 3. Planificación de Instalación de equipos (0.5 días)</p> <p>Tarea 4. Recepción e instalación del sistema automatizado (2 días)</p> <p>Tarea 5. Capacitación del personal y prueba del sistema (2 día)</p> <p><i>Aumento Personal</i></p> <p>Tarea 1. Definir y solicitar la cantidad de personal adicional (1 día)</p>	<p>¿Que hice ayer?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se evaluaron tres proveedores para el sistema automatizado. 2. Se publicaron las vacantes para contratar personal adicional. 3. Se definió el plan de instalación. <p>¿Qué haré hoy?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se tendrá las cotizaciones de los proveedores para obtener más detalles 2. Se realizarán entrevistas con los primeros candidatos 3. Se solicitarán elementos para la instalación de los equipos <p>¿Hay algún impedimento?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Algunos candidatos no cumplen con la experiencia mínima que se busca. 2. La entrega de algunos componentes se puede retrasar, se podría afectar 	<p>Incremento 1. Instalación parcial de los equipos para el sistema automatizado</p> <p>Incremento 2. Se realizó la vinculación del 100% personal adicional</p>	<p>Sobre la implementación del sistema, se cuenta con todos los equipos y accesorios necesarios para la instalación del sistema automatizado o, el cual tiene un avance del 90%, se espera se culmine el día de hoy.</p> <p>Con relación al ingreso de personal adicional, este se encuentra en el proyecto capacitado y actualmente apoya actividades de instalación, pendiente hacer pruebas.</p>	<p>Se observa que la instalación del sistema está muy avanzada, y esto marca una gran diferencia en la eficiencia de la operación, además se cuenta con el personal adicional lo cual permitirá que no se generen más atrasos en los procesos.</p> <p>Aunque el sistema está casi completado, se debe asegurar que las pruebas de funcionamiento sean exhaustivas. Con el fin de que el sistema automatizado realmente cumpla con los tiempos establecidos.</p>

Actividad Tarea	Product Owner Dueño del Producto	Scrum Master Facilitador del Equipo	Development Team Miembros del Equipo	Product Backlog Item (PBIs) Elementos de la Pila del Producto	Product Backlog Pila del Producto (Historias de Usuario)	Sprint Planning Planeación de la Iteración	Sprint Iteración	Sprint Backlog Pila de la Iteración	Daily Scrum Reunión Corta	Incremento	Sprint Review Revisión	Sprint Retrospective Retrospectiva	
								Tarea 2. Reclutar y contratar personal adicional (2 días). Tarea 3. ingresar y capacitar el personal (1 día)	calendario de trabajo.				
Excavación de Caisson	Ingeniero	Encargado de Obra	Cuadrilla	Falta de Equipo de Perforación/ Demolición	<p>Garantizar Disponibilidad Operativa para Excavación de Caisson</p> <p>Como Ingeniero encargado de la obra Quiero disponer de equipos de respaldo y contra respaldo para las actividades de excavación de caisson, Para asegurar la continuidad operativa en caso de fallas o averías de los equipos principales, minimizando interrupciones prolongadas y retrasos.</p> <p><i>Criterios de Aceptación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dado que los equipos principales de perforación y demolición pueden fallar, - Cuando se presente una avería en un equipo principal, - Entonces debe 	<p><i>Detalles</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - El uso de equipos de respaldos y contra respaldos deben garantizar la continuidad de los procesos de excavación con una eficiencia no menor al 90% - La implementación del plan de choque debe garantizar un tiempo de inactividad menor a 10min en caso de fallas o averías en los equipos principales. - El sistema de monitoreo para el estado de los equipos debe permitir identificar y reportar averías en un plazo no mayor a 5 minutos desde su ocurrencia, asegurando que los equipos de 	El objetivo de este Sprint es garantizar la continuidad operativa en la excavación de caisson mediante la implementación de equipos de respaldo y contra respaldo, reduciendo los tiempos de inactividad provocados por fallas o averías. Además, se busca incrementar la eficiencia de las actividades de excavación y minimizar los sobrecostos asociados a la inactividad	Duración: 1 Semana (7 días)	<p><i>Equipos de respaldo y contra respaldo</i></p> <p>Tarea 1. Investigar y definir los equipos de respaldo y contra respaldo adecuados (1 día)</p> <p>Tarea 2. Identificar los proveedores de los equipos (0.5 días)</p> <p>Tarea 3. Seleccionar el proveedor en función de costos y tiempos de entrega (0.5 días)</p> <p>Tarea 4. Compra y recepción de los equipos de respaldo y contra respaldo (3 días)</p> <p>Tarea 5. Implementación de sistema de monitoreo de</p>	<p>¿Que hice ayer?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se definieron los proveedores más relevantes. 2. Se realizó matriz de evaluación de proveedores de acuerdo al costo, tiempos de entrega y respaldo. <p>¿Qué haré hoy?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se realizará compra de los equipos de respaldo y contra respaldo. 2. Se desarrollara sistema de control y monitoreo de equipos. <p>¿Hay algún impedimento?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La entrega de algunos equipos pueden retrasarse por problemas de transporte desde el lugar de origen, se podría afectar calendario de trabajo. 	<p>Incremento 1. Creación de sistema de control y monitoreo de los equipos en tiempo real.</p> <p>Incremento 2. Instalación y prueba del 85% de los equipos</p>	El proyecto cuenta con el 100% de los equipos adquiridos y suministrados. Se ha logrado un avance significativo en la implementación del sistema de monitoreo en tiempo real y en la instalación de equipos de respaldo y contra respaldo. Actualmente, el 85% de los equipos están instalados y probados, y el sistema de monitoreo está plenamente operativo. Las pruebas realizadas han sido	Se observa un avance significativo en la instalación de equipos y el sistema de monitoreo. Sin embargo, los retrasos en la entrega de equipos y la falta de pruebas completas identifican áreas de mejora para el próximo Sprint. El equipo debe optimizar la planificación de entregas y el tiempo para pruebas, asegurando que todos los equipos estén operativos. Además, se debe reforzar la comunicación con los proveedores para evitar retrasos.

Actividad Tarea	Product Owner Dueño del Producto	Scrum Master Facilitador del Equipo	Development Team Miembros del Equipo	Product Backlog Item (PBIs) Elementos de la Pila del Producto	Product Backlog Pila del Producto (Historias de Usuario)	Sprint Planning Planeación de la Iteración	Sprint Iteración	Sprint Backlog Pila de la Iteración	Daily Scrum Reunión Corta	Incremento	Sprint Review Revisión	Sprint Retrospective Retrospectiva	
					<p>activarse el equipo de respaldo asignado al caisson activo para garantizar la continuidad de la excavación.</p> <p>respaldo se activen inmediatamente.</p>			<p>equipos en tiempo real (1 día)</p> <p>Tarea 6. Instalación y prueba de equipos de respaldo y contra respaldo (1 día)</p>			<p>exitosas, confirmando la funcionalidad y eficiencia de los equipos. Sin embargo, aún quedan equipos por instalar y probar, lo que continuará como parte de las actividades planificadas para el siguiente Sprint.</p>		
Excavación de Caisson	Gerente	Ingeniero	Encargado de Obra y Cuadrilla	<p>Bajo Rendimiento (Cambio de Terreno) / Esperando Cargue Material de Explosivo</p>	<p>Optimización en el Uso de Explosivos para Excavación de Caisson</p> <p>Como Gerente del proyecto, Quiero garantizar la disponibilidad de explosivos en puntos estratégicos, Para asegurar la eficiencia en el proceso y evitar retrasos.</p> <p><i>Criterios de Aceptación</i> - Dado que los retrasos en la disponibilidad de explosivos afectan el progreso de la actividad,</p>	<p><i>Detalles,</i></p> <p>- Se debe asegurar que el polvorín esté ubicado a una distancia cerca de los puntos donde se realizarán las detonaciones. Con el fin de optimizar los tiempos de llegada y entrega de los explosivos, que deben ser no mayor a 10min.</p> <p>- Se debe contar con un canal y un protocolo de comunicación que garantice la preparación del material</p>	<p>El objetivo de este Sprint es asegurar la continuidad y eficiencia del proceso de excavación de caisson mediante la implementación de un polvorín estratégico cerca de los puntos de trabajo y garantizar la disponibilidad de explosivos antes de la actividad de cargue, cumpliendo con las normativas de seguridad y</p>	<p>Duración: 5 Semanas (35 días)</p>	<p><i>Implementación de Polvorín</i></p> <p>Tarea 1. Definir y analizar la ubicación estratégica para el polvorín (4 días)</p> <p>Tarea 2. Solicitar permisos para manejo de explosivos (5 días)</p> <p>Tarea 3. Generar y aprobar los planos para la construcción del polvorín (5 días)</p> <p>Tarea 4. Construir el</p>	<p>¿Que hice ayer?</p> <p>1. Se revisaron las normativas y regulaciones para la ubicación del polvorín.</p> <p>2. Se seleccionó la ubicación más adecuada para el polvorín.</p> <p>3. Se solicitaron los permisos necesarios para el manejo de explosivos.</p> <p>¿Qué haré hoy?</p> <p>1. Se elaborarán los planos para la construcción del polvorín.</p> <p>2. Se solicitará la aprobación de los planos para la</p>	<p>Incremento 1.</p> <p>Se ha definido y aprobado la ubicación estratégica del polvorín, cumpliendo con todas las normativas y regulaciones.</p> <p>Incremento 2.</p> <p>Se ha obtenido la autorización formal para el manejo de explosivos en el sitio de trabajo.</p> <p>Incremento 3.</p> <p>Los planos detallados para la construcción del polvorín están listos y aprobados para</p>	<p>Se identificó y selecciono la ubicación para el polvorín, cumpliendo con las normativas y regulaciones pertinentes. Los permisos necesarios para la manipulación de explosivos han sido solicitados y aprobados. Los planos para la construcción del polvorín también han</p>	<p>Se logró un cumplimiento del 100% en la selección del sitio, la obtención de permisos, la construcción del polvorín y la capacitación del personal. Sin embargo, se percibe que la planificación inicial pudo haber sido más efectiva en ciertos aspectos, como la disponibilidad de escoltas, lo que podría haber mejorado</p>

Actividad Tarea	Product Owner Dueño del Producto	Scrum Master Facilitador del Equipo	Development Team Miembros del Equipo	Product Backlog Item (PBIs) Elementos de la Pila del Producto	Product Backlog Pila del Producto (Historias de Usuario)	Sprint Planning Planeación de la Iteración	Sprint Iteración	Sprint Backlog Pila de la Iteración	Daily Scrum Reunión Corta	Incremento	Sprint Review Revisión	Sprint Retrospective Retrospectiva	
					<p>- Cuando se solicite el material necesario para el cargue, - Entonces este debe ser preparado y dispuesto para su uso de manera oportuna, evitando retrasos operativos.</p>	solicitado cumpliendo las medias de seguridad y en un tiempo menor a 15min. - Se debe tener procedimientos estrictos y claros sobre la normativa de seguridad en cuanto a la ubicación, almacenamiento y manejo de los explosivos, que evite la ocurrencia de accidentes	evitando retrasos en la operación.	<p>Polvorín (17 días) Tarea 5. Transportar el material explosivo (2 días) 6. Capacitar al personal que custodiará y operará el material explosivo. (2 días)</p>	<p>construcción del polvorín. 3. Se iniciará la capacitación del personal encargado de la operación del material explosivo.</p> <p><i>¿Hay algún impedimento?</i> 1. No hay disponibilidad de escolta para acompañar el material explosivo desde la bodega (proveedor) hasta las instalaciones de la obra, lo cual podría afectar los avances programados.</p>	<p>la construcción. Incremento 4. El personal del proyecto está capacitado en manejo y control de explosivos</p>	<p>sido generados y aprobados. La construcción ha terminado. Además, el 100% del personal ha recibido capacitación en la operación y manejo de explosivos. Se ha confirmado la disponibilidad de explosivos, lo que asegura que no habrá retrasos en la excavación.</p>	<p>y acelerado el proceso. Además, se identificó que una gestión más eficiente de tiempos y recursos habría optimizado la ejecución de estas actividades, permitiendo alcanzar los objetivos de manera más ágil y eficiente.</p>	
Excavación de Caisson	Ingeniero	Encargado de Obra	Cuadrilla	Esperando Concreto / Demoras en Despacho	<p>Garantizar Disponibilidad de Concreto para Soporte en Excavación de Caisson</p> <p>Como Ingeniero del Proyecto, Quiero garantizar la disponibilidad de concreto para el soporte de la excavación de caisson, Para evitar retrasos en el proceso y optimizar los tiempos de ejecución.</p>	<p><i>Detalles,</i></p> <p>- El suministro de concreto debe estar garantizado con al menos 24 horas de anticipación para evitar interrupciones en la obra. - La implementación de equipos como mezcladoras y la adquisición de materiales (cemento, arena, grava y agua) deben garantizar</p>	El objetivo de este Sprint es garantizar la disponibilidad de concreto para el soporte de la excavación de caisson, minimizando los tiempos de inactividad mediante el suministro programado de concreto o la implementación de producción in situ, asegurando	<p>Duración: 1 Semana (7 días)</p>	<p><i>Disponibilidad de Concreto</i></p> <p>Tarea 1: Definir y analizar la opción de suministro de concreto in situ. (0.5 día) Tarea 2: Determinar los materiales y equipos necesarios para la producción de concreto in situ (mezcladora, cemento, agregados,</p>	<p><i>¿Que hice ayer?</i> 1. Se analizó la opción de suministro de concreto in situ 2. Se identificaron los proveedores para los materiales y equipos necesarios para la producción de concreto in situ 3. Se realizó la capacitación del personal para preparación del concreto in situ.</p> <p><i>¿Qué haré hoy?</i></p>	<p>Incremento 1. Se definió proveedor para el suministro de materiales para la producción de concreto. Incremento 2. Se implementó estrategia para asegurar la disponibilidad continua de concreto, ya sea premezclado o producido en el sitio, minimizando</p>	<p>Se implementó y probó un plan operativo para la fabricación de concreto in situ, logrando instalar y operar correctamente las mezcladoras necesarias. Además, se aseguró la disponibilidad de los</p>	<p>Aunque se recibieron e instalaron las mezcladoras para la fabricación de concreto in situ, lo que permitió eliminar tiempos muertos por falta de concreto y garantizar la capacitación del personal al 100%, se identificaron áreas de mejora en la</p>

Actividad Tarea	Product Owner Dueño del Producto	Scrum Master Facilitador del Equipo	Development Team Miembros del Equipo	Product Backlog Item (PBIs) Elementos de la Pila del Producto	Product Backlog Pila del Producto (Historias de Usuario)	Sprint Planning Planeación de la Iteración	Sprint Iteración	Sprint Backlog Pila de la Iteración	Daily Scrum Reunión Corta	Incremento	Sprint Review Revisión	Sprint Retrospective Retrospectiva
					<p><i>Crterios de Aceptación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dado que los retrasos en la llegada del concreto afectan la continuidad de la excavación, - Cuando se requiera concreto para la actividad, - Entonces este debe estar disponible en el lugar de trabajo en el momento solicitado. 	<p>que el concreto fabricado cumpla con los estándares establecidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se establecerán controles en la logística del transporte de concreto, así como mecanismos para monitorear la disponibilidad y calidad del material en tiempo real. 	<p>calidad y continuidad.</p>	<p>etc.). (1.5 días)</p> <p>Tarea 3: Capacitar al personal en el manejo de equipos y materiales para la producción in situ, asegurando cumplimiento de estándares de calidad. (1 día)</p> <p>Tarea 4: Realizar pruebas de calidad del concreto tanto premezclado como in situ para garantizar su resistencia y viabilidad. (2 días)</p> <p>Tarea 5. Implementar y ajustar sistema de monitoreo y control para asegurar que no se presente interrupciones en la entrega o producción de concreto. (1 día)</p> <p>Tarea 6: Evaluar el desempeño de las soluciones implementadas y preparar recomendaciones para el siguiente Sprint. (1 día)</p>	<p>1. Se elaborará análisis de costo de materiales y equipos para producción in situ.</p> <p>2. Se seleccionará y contratará el proveedor para el suministro de materiales.</p> <p>3. Se identificará las zonas para acopio de materiales</p> <p><i>¿Hay algún impedimento?</i></p> <p>1. La información completa sobre costos y disponibilidad de equipos para la producción in situ no ha sido confirmada por algunos proveedores, lo que puede retrasar la planificación.</p>	<p>riesgos de interrupciones.</p> <p>Incremento 3. El personal encargado de la fabricación de concreto in situ se ha capacitado en la operación de los equipos y en el manejo de los materiales para garantizar la calidad del producto.</p>	<p>materiales para garantizar la continuidad en las actividades. Todo el personal encargado fue capacitado, lo que eliminó tiempos muertos por falta de concreto y garantizó la calidad en su producción. Gracias a estas acciones, se logró mantener la continuidad en la actividad de soporte de excavación, cumpliendo con los estándares establecidos tanto para el concreto premezclado como para el producido in situ</p>	<p>planificación del suministro de materiales y la coordinación entre equipos. A pesar de los avances, para el próximo Sprint se implementarán procesos optimizados con una logística más eficiente y una comunicación más efectiva, con el objetivo de mantener la calidad y la continuidad de las operaciones.</p>

Actividad Tarea	Product Owner Dueño del Producto	Scrum Master Facilitador del Equipo	Development Team Miembros del Equipo	Product Backlog Item (PBIs) Elementos de la Pila del Producto	Product Backlog Pila del Producto (Historias de Usuario)	Sprint Planning Planeación de la Iteración	Sprint Iteración	Sprint Backlog Pila de la Iteración	Daily Scrum Reunión Corta	Incremento	Sprint Review Revisión	Sprint Retrospective Retrospectiva	
Construcción de Dovelas	Gerente	Ingeniero	Encargado de Obra y Cuadrilla	Esperando Concreto/ Daño en Planta de Concreto	<p>Optimización del suministro de concreto por parte de la planta productora</p> <p>Como Gerente del Proyecto, Quiero garantizar la entrega oportuna de concreto para la construcción de la subestructura y superestructura del puente, Para asegurar la continuidad y eficiencia en los avances de la obra, evitando retrasos en el proceso de construcción.</p> <p><i>Criterios de Aceptación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dado que las fallas en la planta productora de concreto pueden interrumpir el suministro, - Cuando se realice la solicitud de concreto para la obra, - Entonces la planta debe garantizar su operatividad continua, con capacidad suficiente y planificada para cumplir con la programación de suministro de concreto sin causar 	<p><i>Detalles,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - La programación de los requerimientos de concreto debe ser entregada por el equipo de construcción y validada por el proveedor de concreto, al menos un mes antes del inicio de cada fase. - El plan de mantenimiento de la planta debe incluir revisiones preventivas mensuales y pruebas operativas para asegurar la continuidad de su funcionamiento. - La comunicación fluida entre el equipo de construcción y la planta de concreto debe garantizar que cualquier cambio o imprevisto en los requerimientos sea atendido oportunamente. 	El objetivo de este Sprint es garantizar la entrega continua de concreto para la construcción de la subestructura y superestructura del puente, asegurando la continuidad de los avances de la construcción y evitando retrasos debido a fallas en la planta productora de concreto.	Duración: 1 Semana (7 días)	<p><i>Optimización entrega de concreto</i></p> <p>Tarea 1. Entregar la programación de concreto para una adecuada planificación, gestión de insumos y mantenimiento preventivo. (1 día)</p> <p>Tarea 2. Elaborar y aprobar el plan de mantenimiento para la planta de concreto. (1.5 día)</p> <p>Tarea 3. Realizar una reunión de alineación con el equipo de construcción y el proveedor para asegurar que las entregas sean puntuales. (0.5 días)</p> <p>Tarea 4. Monitorear la ejecución del plan de mantenimiento de la planta productora de concreto. (3 días)</p> <p>Tarea 5.</p>	<p>¿Qué se hizo ayer?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se revisaron y ajustaron los requerimientos de concreto para la próxima fase de la construcción. 2. Se coordinó con el proveedor para validar la capacidad de entrega según la programación. 3. Se definió la estrategia para implementar el plan de mantenimiento preventivo de la planta de concreto. <p>¿Qué se hará hoy?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se entregará la programación de concreto para la validación final por parte del proveedor. 2. Se realizarán ajustes en la logística de entrega del concreto, según las confirmaciones del proveedor. 3. Se empezará la implementación del plan de mantenimiento preventivo para la planta de concreto. 	<p>Incremento 1. Se entregó la programación de requerimientos de concreto con un mes de antelación, para ser validada por el proveedor.</p> <p>Incremento 2. El plan de mantenimiento preventivo para la planta de concreto ha sido implementado y alineado con dicha programación.</p> <p>Incremento 3. La planta productora está operando de manera continua y con la capacidad necesaria para cumplir con los tiempos establecidos.</p>	Se entregó la programación de los requerimientos de concreto para la construcción de la subestructura y superestructura del puente, con un mes de antelación, lo que fue validado y confirmado por el proveedor. El plan de mantenimiento preventivo para la planta de concreto también fue implementado y está alineado con la programación de suministro, asegurando su operatividad continua. No se han presentado retrasos en el suministro de concreto, lo que ha permitido la	Se logró establecer una programación de requerimientos de concreto con antelación, lo que ha mejorado la coordinación con el proveedor y garantizado la continuidad en el suministro. La implementación del plan de mantenimiento preventivo en la planta productora de concreto también ha sido exitosa, contribuyendo a evitar interrupciones. Sin embargo, se identifican algunas oportunidades de mejora en la comunicación entre el equipo de construcción y el proveedor, que podría optimizar aún más la precisión en la programación. Tales como: Mejorar la comunicación continua con el

Actividad Tarea	Product Owner Dueño del Producto	Scrum Master Facilitador del Equipo	Development Team Miembros del Equipo	Product Backlog Item (PBIs) Elementos de la Pila del Producto	Product Backlog Pila del Producto (Historias de Usuario)	Sprint Planning Planeación de la Iteración	Sprint Iteración	Sprint Backlog Pila de la Iteración	Daily Scrum Reunión Corta	Incremento	Sprint Review Revisión	Sprint Retrospective Retrospectiva
					retrasos en la construcción.			Implementar un sistema de solicitud de materiales para la fabricación de concreto in situ, asegurando que se realice cuando la cantidad disponible en obra garantice una autonomía mínima de 3 días (1 día).	¿Hay algún impedimento? 1. Aún no se ha recibido la confirmación final sobre la disponibilidad de la planta de concreto para los próximos meses. 2. Si no se coordina el plan de mantenimiento con la programación de entrega de concreto, podrían generarse demoras en el suministro.		continuidad en las actividades de construcción sin interrupciones. Sin embargo, se continuará supervisando el funcionamiento de la planta para garantizar que los tiempos de entrega y la disponibilidad sigan siendo cumplidos de manera eficiente.	proveedor para asegurar una alineación más fluida. Revisar periódicamente el desempeño de la planta de concreto y su mantenimiento para evitar futuros retrasos.
Construcción Zapata y Pilar Central	Gerente	Ingeniero	Encargado de Obra y Cuadrilla	Falta de Acero de Refuerzo y Formaleta	Optimización en la Logística de Refuerzo y Formaleta para Agilidad en la Construcción Como Gerente del proyecto, Quiero asegurar la disponibilidad oportuna de refuerzo y formaleta en los puntos de construcción, Para evitar inactividad por falta de material y garantizar la continuidad de las actividades. <i>Detalles,</i> <i>- Se deben crear acopios de acero de refuerzo y formaleta cercanos a los puntos de construcción para garantizar la disponibilidad inmediata durante las actividades de construcción.</i> <i>- Se debe presentar la programación de materiales al menos dos días antes si están</i>	El objetivo de este Sprint es asegurar la disponibilidad y el alistamiento oportuno del acero de refuerzo y la formaleta, optimizando la logística para mantener la continuidad de las actividades de construcción.	Duración: 1 Semana (7 días)	<i>Optimización logística de suministro de materiales</i> Tarea 1. Definir puntos estratégicos para los acopios de materiales cercanos a las áreas de construcción. (1.5 día) Tarea 2. Coordinar el transporte y disposición de acero de refuerzo y formaleta en	¿Qué se hizo ayer? 1. Se identificaron y habilitaron los puntos estratégicos para los acopios de acero de refuerzo y formaleta. 2. Se entregó la primera programación de solicitud de materiales al proveedor para revisión. ¿Qué se hará hoy? 1. Se Confirmará	Incremento 1. Se habilitaron acopios cercanos a los puntos de construcción, completamente equipados con herramientas y maquinaria para cargue y desplazamiento. Incremento 2. Se estableció un sistema de programación para solicitudes de materiales con un mes de anticipación	Se implementaron acopios estratégicos cerca de los puntos de trabajo, equipados con herramientas y equipos de transporte, optimizando la logística y reduciendo tiempos de entrega. La comunicación entre el equipo de obra y los	Aunque se establecieron acopios estratégicos cerca de los puntos de trabajo, equipados con herramientas y equipos necesarios, los cuales ya están operativos y funcionales. Además, se optimizaron las rutas logísticas, logrando reducir los tiempos de entrega de

Actividad Tarea	Product Owner Dueño del Producto	Scrum Master Facilitador del Equipo	Development Team Miembros del Equipo	Product Backlog Item (PBIs) Elementos de la Pila del Producto	Product Backlog Pila del Producto (Historias de Usuario)	Sprint Planning Planeación de la Iteración	Sprint Iteración	Sprint Backlog Pila de la Iteración	Daily Scrum Reunión Corta	Incremento	Sprint Review Revisión	Sprint Retrospective Retrospectiva	
					<p><i>Criterios de Aceptación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dado que la logística de los materiales es clave para mantener la continuidad de las operaciones, - Cuando se soliciten materiales para las actividades de construcción, - Entonces se deberá garantizar la disponibilidad oportuna de insumos, personal y equipos necesarios para evitar interrupciones en la obra. 			<p>los acopios definidos. (1 día)</p> <p>Tarea 3. Elaborar la programación mensual de solicitudes de materiales. (1.5 día)</p> <p>Tarea 4. Realizar pedidos de materiales. (1 día)</p> <p>Tarea 5. Realizar inventarios de los materiales existentes en obra una vez por semana. (1 día)</p> <p>Tarea 6. Establecer un plan de contingencia para retrasos o faltantes en los materiales. (1 día)</p>	<p>con el proveedor la disponibilidad del acero y la formaleta según la programación enviada</p> <p>2. Se asegurará el transporte y logística para el traslado de materiales al sitio de construcción</p> <p>¿Hay algún impedimento?</p> <p>1. Se presentó un retraso en la disponibilidad del equipo de transporte debido a mantenimiento no programado.</p>	<p>para insumos externos y dos días para insumos en obra</p>	<p>proveedores mejoró, minimizando interrupciones en el suministro. Aunque los resultados fueron positivos, se identificaron oportunidades de mejora, como garantizar la reposición oportuna en los acopios y sincronizar la programación de materiales con los cronogramas de obra.</p>	<p>materiales. También se percibió una mejora en la comunicación entre el equipo de obra y los proveedores, lo que contribuyó a minimizar las interrupciones. Sin embargo, a pesar de estos avances, se identificaron áreas de mejora, como la reposición oportuna de insumos y la sincronización de la programación de materiales con los cronogramas de obra.</p>	
Construcción de Dovelas	Ingeniero	Encargado de Obra	Cuadrilla	Esperando por Lluvia	<p>Control y Mitigación de Interrupciones por Condiciones Climáticas Adversas</p> <p>Como Ingeniero del proyecto, Quiero garantizar la continuidad de las actividades de instalación de concreto durante lluvias, Para minimizar interrupciones y</p>	<p><i>Detalles,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Instalar carpas, lonas o cubiertas temporales en las zonas de trabajo para proteger los materiales y permitir que las actividades continúen.</i> - <i>Asegurar que el personal disponga de ropa y equipos adecuados para</i> 	<p>El objetivo de este Sprint es asegurar la continuidad de las actividades de obra durante lluvias mediante la implementación de protecciones, condiciones adecuadas y un plan de</p>	<p>Duración: 1 Semana (7 días)</p>	<p><i>Control y Mitigación de interrupción por Lluvias</i></p> <p>Tarea 1. Diseñar, adquirir e instalar carpas, lonas o cubiertas temporales. (3 días)</p> <p>Tarea2. Crear un protocolo de</p>	<p>¿Qué se hizo ayer?</p> <p>1. Se define y diseña protección o cubiertas temporales.</p> <p>2. Se generó protocolo de acciones y respuesta ante lluvias.</p> <p>¿Qué se hará hoy?</p> <p>1. Se realizara la</p>	<p>Incremento 1.</p> <p>Se instalaron protecciones temporales para mitigar los efectos de la lluvia, permitiendo la continuidad de las actividades críticas en obra. Estas protecciones cumplen con</p>	<p>Se instalaron protecciones temporales para mitigar los efectos de la lluvia y garantizar la continuidad de las actividades en obra. Se realizaron ajustes en las áreas de trabajo,</p>	<p>Se lograron avances importantes en la implementación de protecciones para mitigar el impacto de las lluvias en las actividades de construcción. Sin embargo, se identificaron varios puntos</p>

Actividad Tarea	Product Owner Dueño del Producto	Scrum Master Facilitador del Equipo	Development Team Miembros del Equipo	Product Backlog Item (PBIs) Elementos de la Pila del Producto	Product Backlog Pila del Producto (Historias de Usuario)	Sprint Planning Planeación de la Iteración	Sprint Iteración	Sprint Backlog Pila de la Iteración	Daily Scrum Reunión Corta	Incremento	Sprint Review Revisión	Sprint Retrospective Retrospectiva	
					<p>cumplir con los cronogramas de obra establecidos.</p> <p><i>Criterios de Aceptación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dado que las lluvias pueden detener las actividades en obra, - Cuando se presenten interrupciones por esta causa, - Entonces se deben implementar las protecciones y condiciones necesarias que permitan la continuidad de las actividades. 	<p><i>trabajar en condiciones húmedas o lluviosas, garantizando su seguridad y comodidad.</i></p>	contingencia efectivo.	<p>acciones rápidas ante lluvias.(1 día)</p> <p>Tarea 3. Adquirir ropa y equipos adecuados para el personal. (2 días)</p> <p>Tarea 4. Diseñar e implementar un sistema de solicitud de acero de refuerzo, asegurando que se gestione cuando la cantidad disponible en obra garantice una autonomía mínima de 15 días (1 día).</p>	<p>compra de los materiales y carpas para la protección de las instalaciones</p> <p>2. Se realizará la compra de ropa y elementos de protección para el personal.</p> <p><i>¿Hay algún impedimento?</i></p> <p>1. El proveedor enfrenta dificultades en el suministro de los elementos necesarios para la construcción de la protección. Si esta situación no se corrige, podría ocasionar retrasos en el proceso.</p>	<p>los estándares de seguridad y calidad.</p> <p>Incremento 2. Se documentaron las estrategias exitosas y las áreas de mejora identificadas durante este Sprint, facilitando la planificación futura ante situaciones similares.</p>	<p>incluyendo drenajes y cubiertas, para mejorar las condiciones ante lluvias prolongadas. Además, se capacitó al personal en el manejo y mantenimiento de estas protecciones. Los avances logrados han sido significativos, aunque se identificó la necesidad de implementar controles más estrictos para garantizar la reposición constante de insumos en caso de lluvias prolongadas.</p>	<p>de mejora, especialmente en la coordinación de recursos y la reposición de materiales, lo que generó algunas demoras. Uno de los principales desafíos fue la falta de previsión en cuanto a la cantidad de insumos necesarios, lo que afectó la rapidez con la que pudimos instalar las protecciones en su totalidad, sin embargo, las actividades cumplieron con el tiempo asignado.</p>	
Construcción Zapata y Dovelas	Ingeniero	Encargado de Obra	Topografía, Cuadrilla, Encargado	<p>Refigurando Acero/ Desinstalando Acero</p>	<p>Mitigación de retrasos y costos por refiguración y desinstalación de acero</p> <p>Como Ingeniero del Proyecto, Quiero implementar un sistema de revisión de planos y un proceso de revisión y ejecución</p>	<p><i>Detalles,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Revisar todos los planos de construcción antes de la ejecución para asegurar que no haya errores en las especificaciones.</i> - <i>Implementar un proceso de</i> 	<p>El objetivo de este Sprint es los riesgos de refiguración y desinstalación innecesaria de acero mediante la implementación de un proceso riguroso de revisión de planos y</p>	<p>Duración: 1 Semana (7 días)</p>	<p>Mitigación de retrasos y costos por errores en acero</p> <p>Tarea 1. Elaborar plan de revisión de planos y despieces de acero (3 días).</p> <p>Tarea 2.</p>	<p><i>¿Qué se hizo ayer?</i></p> <p>1. Se Elaboró plan de revisión de planos y despieces de acero.</p> <p>2. Se inició con la identificación de discrepancias entre planos y despieces de acero</p>	<p>Incremento 1. Se ha elaborado un plan detallado para la revisión de los planos y despieces de acero, incluyendo las herramientas y el proceso de validación de las cantidades y</p>	<p>Se completó la creación de un plan detallado para la revisión de los planos de construcción y los despieces de acero, estableciendo o los</p>	<p>El plan de revisión y control de planos y despieces de acero ha permitido identificar y actualizar de manera efectiva las condiciones que generan</p>

Actividad Tarea	Product Owner Dueño del Producto	Scrum Master Facilitador del Equipo	Development Team Miembros del Equipo	Product Backlog Item (PBIs) Elementos de la Pila del Producto	Product Backlog Pila del Producto (Historias de Usuario)	Sprint Planning Planeación de la Iteración	Sprint Iteración	Sprint Backlog Pila de la Iteración	Daily Scrum Reunión Corta	Incremento	Sprint Review Revisión	Sprint Retrospective Retrospectiva
				<p>de despieces antes de la solicitud de acero</p> <p>Para Garantizar la precisión en las cantidades y longitudes de acero, evitando retrasos, sobrecostos y desperdicios en la construcción.</p> <p><i>Criterios de Aceptación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dado que los errores en los planos pueden generar refiguración y desinstalación innecesaria de acero, - Cuando se revisen los planos de construcción y los despieces, se debe realizar un cruce de información que permita controlar adecuadamente la solicitud de acero, - Entonces se deben corregir todos los errores y discrepancias, asegurando que las cantidades y longitudes de acero sean correctas, con el fin de evitar desperdicios y retrasos en el proceso de construcción. 	<p><i>revisión de despieces con todos los detalles de acero (cantidades, longitudes y tipo de material) antes de la solicitud de los insumos.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Desarrollar procedimientos para corregir cualquier error detectado en el plano de forma eficiente y sin afectar el cronograma de la obra.</i> - <i>Asegurar que cualquier cambio en el diseño sea comunicado oportunamente al equipo de obra para evitar confusiones o retrasos en la ejecución.</i> 	despieces, asegurando que las cantidades y longitudes de acero sean correctas antes de su solicitud.		<p>Identificar y corregir discrepancias entre planos y despieces (2 días).</p> <p>Tarea 3. Crear plan de control de solicitud de acero (2 días).</p>	<p>¿Qué se hará hoy?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se continuará con la corrección de las discrepancias entre planos y despieces. 2. Se iniciará con la creación del plan de control de solicitud de acero. <p>¿Hay algún impedimento?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No se cuentan con los planos finales de algunas estructuras, lo cual podría generar retrasos en la solicitud de acero. 	<p>longitudes necesarias.</p> <p>Incremento 2.</p> <p>Se ha desarrollado y documentado un plan de control para la solicitud de acero, que incluye los procedimientos de validación de las cantidades antes de realizar la solicitud.</p>	<p>procedimientos necesarios para identificar posibles errores antes de la solicitud de material. Durante este proceso, se revisaron y cruzaron los planos y despieces, lo que permitió identificar y corregir varias discordancias que podrían haber causado retrasos y desperdicios en la obra. Además, se desarrolló un plan de control para garantizar la correcta solicitud de acero, validando las cantidades y longitudes de los materiales, evitando errores en el pedido y posibles retrasos en la entrega.</p>	<p>incongruencias entre las diferentes fuentes de información. Esto ha resultado en una mayor eficiencia en las solicitudes de acero, además de reducir significativamente los desperdicios y los sobrecostos asociados a estos problemas y a los reprocesos en la obra.</p>

Actividad Tarea	Product Owner Dueño del Producto	Scrum Master Facilitador del Equipo	Development Team Miembros del Equipo	Product Backlog Item (PBIs) Elementos de la Pila del Producto	Product Backlog Pila del Producto (Historias de Usuario)	Sprint Planning Planeación de la Iteración	Sprint Iteración	Sprint Backlog Pila de la Iteración	Daily Scrum Reunión Corta	Incremento	Sprint Review Revisión	Sprint Retrospective Retrospectiva	
Construcción de Dovelas	Ingeniero	Encargado de Obra	Topografía, Cuadrilla, Encargado	Reproceso Mal Encofrado/ Desinstalando Formaleta	<p>Sistema de Prevención de Reprocesos por Fallas en el Encofrado</p> <p>Como Ingeniero de proyecto, Quiero establecer puntos de control y un sistema de verificación topográfica durante el proceso de encofrado, Para garantizar la calidad, seguridad y alineación adecuada de las estructuras, eliminando los reprocesos y los costos asociados.</p> <p><i>Criterios de Aceptación</i> - Dado que los errores en el proceso de encofrado generan reprocesos y sobrecostos, - Cuando se realicen actividades de encofrado, - Entonces deben implementarse puntos de control que aseguren la correcta ejecución de las actividades.</p>	<p><i>Detalles,</i></p> <p>- <i>Capacitar al personal en la identificación y corrección de posibles fallas en tiempo real.</i> - <i>Establecer un sistema de control con puntos de verificación durante el proceso de encofrado</i> - <i>Generar reportes diarios sobre las revisiones realizadas en los puntos de control.</i></p>	El objetivo de este Spint es asegurar la calidad y precisión en los procesos de encofrado mediante controles y verificaciones, eliminando reprocesos y optimizando los tiempos de construcción.	Duración: 1 Semana (7 días)	<p>Sistema de Prevención por malos procesos de encofrado</p> <p>Tarea 1. Diseñar puntos de control específicos para la supervisión del encofrado en cada etapa de la obra (1 día) Tarea 2. Configurar el equipo de topografía y realizar las calibraciones necesarias por lo menos una vez al mes (2 días) Tarea 3. Establecer los procedimientos para verificar la alineación y ubicación de los elementos a construir (2 días) Tarea 4. Crear guías y registros para la supervisión y control de encofrados (2 días)</p>	<p>¿Qué se hizo ayer? 1. Se diseñaron los puntos de control para supervisar el proceso de encofrado 2. Se configuraron los equipos topográficos y realizaron las calibraciones iniciales.</p> <p>¿Qué se hará hoy? 1. Se generarán e implementarán los procedimientos de verificación de alineación y ubicación utilizando el sistema topográfico. 2. Se crearán plantillas específicas para el control y la verificación del proceso de encofrado.</p> <p>¿Hay algún impedimento? 1. Es necesario contar con acceso a ciertas áreas de la obra para realizar pruebas y establecer puntos de control, pero estas zonas aún no están</p>	<p>Incremento 1. Se establecieron y documentaron puntos de control estratégicos para supervisar el proceso de encofrado, asegurando que las actividades cumplan con los estándares de calidad y seguridad requeridos. Incremento 2. Se desarrollaron plantillas específicas para estandarizar el control y la verificación de los procesos de encofrado, facilitando la identificación de posibles errores y su corrección oportuna.</p>	<p>Se establecieron y documentaron puntos clave para supervisar el encofrado, mejorando calidad y seguridad. Los equipos topográficos fueron calibrados para verificar la alineación y ubicación de estructuras. Se crearon procedimientos específicos y plantillas para detectar fallas tempranas y evitar reprocesos. Sin embargo, algunas áreas no están despejadas, impidiendo pruebas y control. Este problema será solucionado para evitar retrasos..</p>	<p>A pesar de las restricciones y dificultades en el acceso a algunos puntos del proyecto, no se evidenciaron retrasos ni afectaciones en las pruebas ni en la instalación de los controles, lo que permitió completar la implementación de los planes de acción para prevenir reprocesos por fallas en el encofrado, incluyendo el establecimiento de puntos de control y la calibración de los equipos topográficos.</p>

Actividad Tarea	Product Owner Dueño del Producto	Scrum Master Facilitador del Equipo	Development Team Miembros del Equipo	Product Backlog Item (PBIs) Elementos de la Pila del Producto	Product Backlog Pila del Producto (Historias de Usuario)	Sprint Planning Planeación de la Iteración	Sprint Iteración	Sprint Backlog Pila de la Iteración	Daily Scrum Reunión Corta	Incremento	Sprint Review Revisión	Sprint Retrospective Retrospectiva
									completamente despejadas.			

Nota. La tabla presenta las actividades, los roles definidos, los elementos de la pila del producto y la pila del producto, así como, tareas del Sprint, comentarios de reuniones cortas, el valor agregado, retroalimentación de los stakeholders y reflexión del equipo sobre lo realizado. *Elaboración Propia*

En la tabla anterior se detallan las actividades identificadas con observaciones, es decir, aquellas que no generan valor al desarrollo eficiente de las tareas programadas y que representan puntos críticos en el proceso. Para cada una de estas actividades, se especifican los roles clave necesarios para implementar de manera efectiva la metodología Scrum, así como los elementos asociados a la pila del producto. Además, se incluyen las historias de usuario pertinentes, las cuales permiten definir de forma clara y precisa los requerimientos y resultados esperados. Este enfoque estructurado facilita la identificación de áreas de mejora, promoviendo los cambios necesarios para optimizar los procesos y garantizar una mejora continua en el cumplimiento de los objetivos establecidos.

En este contexto, al equipo de trabajo se le presenta el objetivo del sprint, junto con el tiempo estimado para desarrollar las tareas priorizadas y orientadas a generar valor. Durante el desarrollo del sprint, se fomenta una retroalimentación constante mediante reuniones diarias (Daily Scrum), en las cuales el equipo informa sobre el progreso, identifica posibles obstáculos y ajusta prioridades de manera ágil. Estas reuniones no solo favorecen la resolución de problemas en tiempo real, sino que también fortalecen la cohesión del equipo, alinear los esfuerzos y asegurar un enfoque común en el cumplimiento de los objetivos.

Asimismo, se subraya la importancia de la retrospectiva al final de cada sprint, como un espacio esencial para que el equipo reflexione sobre los avances logrados, los desafíos enfrentados y las lecciones aprendidas. Este proceso permite identificar oportunidades de mejora, optimizar los flujos de trabajo y garantizar la evolución continua de los procesos en futuros sprints.

Finalmente, se contempla la interacción con los stakeholders en una reunión clave donde se presenta el incremento desarrollado. En este espacio, se reciben comentarios constructivos y se discuten posibles ajustes o nuevos requerimientos para los próximos ciclos. Esta etapa garantiza una alineación constante con las expectativas de los stakeholders y los

objetivos estratégicos del proyecto, promoviendo así la entrega de valor de manera eficiente y efectiva.

En resumen, la metodología ágil propuesta permite subdividir los proyectos predictivos en paquetes de trabajo más pequeños y manejables, lo que facilita su control, seguimiento y optimización. Este enfoque permite maximizar el uso eficiente de los recursos y minimizar los esfuerzos en actividades que no contribuyen directamente al cumplimiento de los objetivos del proyecto. Además, se apoya en el uso de indicadores y métricas claras, medibles y observables, que permiten evaluar de manera continua el estado de desarrollo de las actividades. Esto facilita la identificación oportuna de desviaciones respecto a los parámetros establecidos y, en consecuencia, la implementación de acciones correctivas necesarias.

Cuando se detectan actividades que no cumplen con los estándares deseados o que no aportan valor significativo al proyecto, se realiza un análisis detallado de las causas, impactos y posibles soluciones. Este análisis tiene como propósito reducir las interferencias que obstaculizan el progreso, garantizando así un desarrollo fluido y eficiente de las tareas. Para ello, se establece un plan de acción basado en la priorización de actividades según su capacidad de impactar el proyecto. De este modo, los recursos y el tiempo disponibles se asignan estratégicamente a aquellas actividades que requieren atención inmediata, logrando un uso racional y efectivo de los mismos.

La implementación de procesos ágiles dentro de este marco permite que las actividades sean adaptadas dinámicamente a las condiciones presentadas durante el desarrollo del proyecto. Este enfoque busca liberar las tareas de procesos ineficientes, promoviendo un avance continuo y consistente que, a su vez, genere valor en el tiempo. Al adoptar esta metodología, se logra no solo optimizar el rendimiento del equipo y los recursos, sino también fomentar una cultura de mejora continua y colaboración, esenciales para alcanzar los objetivos del proyecto de manera exitosa y sostenible.

En consecuencia, se establece una base metodológica sólida que puede ser replicada, ajustada y escalada en diferentes tipos de obras civiles, contribuyendo así a la transformación de la gestión de proyectos constructivos. La aplicación futura de esta propuesta permitirá continuar refinando sus herramientas, promoviendo una cultura de innovación, aprendizaje continuo y adaptación efectiva en entornos dinámicos y desafiantes.

Aplicación de los eventos de Scrum para enfrentar la incertidumbre y mejorar la respuesta al cambio

La integración de los eventos de Scrum dentro de la metodología híbrida permite enfrentar con mayor eficacia dos de los principales desafíos de los enfoques predictivos: la retroalimentación tardía y la baja capacidad de reacción ante imprevistos.

El **Daily Scrum**, realizado diariamente, proporciona un espacio de comunicación ágil y constante donde el equipo comparte el progreso, identifica bloqueos en tiempo real y define ajustes inmediatos. Esto evita que los problemas se acumulen o se detecten demasiado tarde, como suele ocurrir en los modelos tradicionales.

La **Sprint Review**, al finalizar cada ciclo de trabajo, permite mostrar resultados tangibles a los interesados y recibir retroalimentación oportuna, posibilitando redireccionamientos rápidos si los entregables no cumplen con las expectativas o si han surgido nuevas prioridades.

Finalmente, la **Sprint Retrospective** es clave para la mejora continua, ya que ofrece un espacio estructurado de reflexión sobre el desempeño del equipo, los errores cometidos y las oportunidades de mejora, ajustando de manera iterativa la forma de trabajo para los siguientes ciclos.

En conjunto, estos eventos introducen una dinámica de aprendizaje constante, visibilidad inmediata del avance y capacidad de respuesta flexible, lo que permite que la metodología híbrida aborde de manera efectiva los cambios e incertidumbres propios del entorno constructivo.

Fomento de la autogestión a través de los roles Scrum

La incorporación de los roles definidos por Scrum dentro de la metodología híbrida tiene como objetivo fortalecer la autogestión del equipo y promover una estructura organizativa más colaborativa, descentralizada y orientada al desempeño.

El **Product Owner** representa los intereses del cliente y ayuda a priorizar el trabajo en función del valor que aporta al proyecto, lo cual permite al equipo enfocarse en resultados relevantes. El **Scrum Master**, por su parte, no actúa como un supervisor tradicional, sino como un facilitador que remueve obstáculos y promueve prácticas que empoderan al equipo para tomar decisiones informadas. Finalmente, el **Development Team** asume la responsabilidad colectiva de cumplir los compromisos del sprint, fomentando la autonomía, la rendición de cuentas y la autogestión.

Esta configuración de roles impulsa un entorno en el que la comunicación es constante, los objetivos están claramente definidos y el equipo puede ajustar su trabajo de manera autónoma para enfrentar desafíos emergentes. Así, se transforma la forma en que se gestionan las tareas en obra, pasando de un modelo jerárquico a uno colaborativo, basado en confianza y mejora continua, con impactos positivos en la eficiencia y motivación del equipo.

En este sentido, la información recabada mediante las plantillas de control de tiempos, causas de ineficiencia y el análisis de Pareto, se convierte en un insumo esencial para las reuniones de Sprint Retrospective.

Durante este evento, el equipo analiza detalladamente los registros recopilados, identificando patrones de ineficiencia, tiempos improductivos recurrentes y las causas raíz que afectan el rendimiento del proyecto. Esta revisión crítica permite establecer ajustes inmediatos sobre los procesos constructivos, reorganizar las tareas del próximo sprint, redefinir prioridades y promover prácticas más efectivas en la gestión del tiempo y los recursos.

Además, al vincular la información cuantitativa con la experiencia vivida por los integrantes del equipo, se refuerza un aprendizaje colectivo que fortalece la autogestión, la toma de decisiones informada y el compromiso con la mejora continua.

De esta forma, la Retrospectiva se transforma en un verdadero mecanismo de adaptación del equipo, basado en evidencia real, lo que consolida uno de los principios centrales de la metodología híbrida: responder oportunamente a los desafíos del entorno mediante ciclos iterativos de aprendizaje y ajuste.

5. Conclusiones

5.1. De acuerdo con las investigaciones realizadas sobre el uso y aplicación de modelos ágiles en proyectos de construcción, se concluye que su implementación es factible en obras civiles a través de un enfoque híbrido que integre las fortalezas del modelo predictivo con la flexibilidad del ágil. Esta combinación no solo mejora los procesos de planificación, control y ejecución, sino que también favorece una gestión más eficiente de los recursos y una mayor capacidad de respuesta ante cambios e imprevistos. Asimismo, la evidencia revisada confirma que esta integración se alinea con las tendencias internacionales reconocidas por el Project Management Institute (PMI) y su Construction Extension to the PMBOK® Guide, consolidando la viabilidad técnica, organizacional y cultural del modelo propuesto. En conjunto, este enfoque permite cumplir los objetivos del proyecto en términos de plazo, costo y calidad, combinando la rigurosidad estructurada del método clásico con la adaptabilidad y mejora continua que caracterizan a los marcos ágiles.

5.2. Los estudios analizados evidencian que la implementación del enfoque ágil en el sector de la construcción se ha desarrollado principalmente a partir de la metodología Scrum, la cual ha demostrado alta adaptabilidad a los procesos constructivos. En el marco de esta investigación, Scrum fue analizado y ajustado considerando las características propias de la obra civil y la estructura de sus equipos, alineando sus componentes esenciales —roles, eventos, artefactos y planeación iterativa— con las dinámicas operativas del proyecto. Esta adaptación, integrada dentro del modelo híbrido junto con Last Planner y Lean Construction, facilita un control más efectivo, una retroalimentación constante y una mayor participación de los interesados en la toma de decisiones. Además, el uso de herramientas como las historias de usuario permite priorizar tareas y recursos de manera estratégica, fortaleciendo la gestión colaborativa y la entrega de valor durante cada ciclo constructivo.

5.3. Existen diversos marcos y herramientas ágiles —entre ellos Lean Construction, Last Planner System y Scrum— que, al combinarse estratégicamente, permiten optimizar de manera integral la gestión de proyectos constructivos. Esta integración potencia la eficiencia operativa, maximiza la relación beneficio–costo e incrementa las probabilidades de éxito durante la ejecución. Cada metodología aporta fortalezas específicas y complementarias: Lean Construction optimiza el flujo de trabajo y reduce desperdicios; Last Planner System mejora la planificación, disminuye la incertidumbre y asegura el cumplimiento del cronograma; mientras que Scrum impulsa la mejora continua, el trabajo colaborativo y la adaptabilidad ante imprevistos.

Al relacionar estos aportes con la triple restricción del proyecto —alcance, costo y tiempo—, se evidencia una sinergia clara: Lean Construction contribuye a la reducción de costos, Last Planner garantiza el cumplimiento de los plazos y Scrum fortalece el cumplimiento del alcance y la satisfacción del cliente. En conjunto, su implementación coordinada constituye una metodología híbrida sólida, capaz de integrar control y flexibilidad, aumentando la productividad y la confiabilidad en la gestión de obras civiles.

5.4. Este trabajo propone un marco metodológico híbrido que integra los principios de Lean Construction, Last Planner System y Scrum para la gestión eficiente de obras civiles. La propuesta descompone los procesos constructivos en ciclos iterativos, aplicando principios de mejora continua que incrementan la eficiencia, adaptabilidad y calidad de los resultados. Si bien se trata de un planteamiento teórico y metodológicamente sólido, debe reconocerse que constituye una propuesta inicial, cuya consolidación requiere validación empírica en distintos tipos de proyectos, escalas y culturas organizacionales. Futuras investigaciones podrán evaluar su impacto en indicadores de desempeño, retorno sobre la inversión y gestión del cambio, con el fin de demostrar su viabilidad, replicabilidad y escalabilidad en contextos reales del sector de la construcción.

5.5. La metodología híbrida desarrollada en este estudio constituye un marco integral y flexible que combina las fortalezas de los enfoques tradicionales y ágiles, logrando una gestión más eficiente, colaborativa y orientada a resultados. La incorporación de prácticas derivadas de Lean, Last Planner y Scrum impulsa la eficiencia operativa, mejora la planificación y refuerza la capacidad de adaptación frente a los cambios e imprevistos propios de los entornos constructivos.

Aunque Scrum no es el único marco considerado, sus principios de iteración, adaptación y colaboración resultan esenciales para sostener un proceso de mejora continua dentro del modelo propuesto. En conjunto, esta propuesta equilibra la triple restricción del proyecto — alcance, costo y tiempo—, optimiza el uso de los recursos y fortalece la toma de decisiones estratégicas.

Al promover una cultura de colaboración, aprendizaje y resiliencia organizacional, el modelo contribuye al desarrollo de proyectos más sostenibles, adaptativos y competitivos, alineados con las tendencias internacionales en gestión moderna de la construcción.

5.6. Si bien la propuesta metodológica se centró en la etapa de ejecución, los principios y herramientas analizados permiten proyectar su aplicabilidad a otras fases del ciclo de vida del proyecto. En etapas tempranas, como la definición de requisitos y la planificación inicial, es posible implementar un enfoque ágil que promueva la participación temprana de los interesados, la iteración en la formulación de necesidades y la validación progresiva de soluciones.

Esta adaptación favorecería una mayor alineación entre los objetivos del proyecto y las expectativas reales del cliente, así como una planificación más dinámica, colaborativa y receptiva ante los cambios. En consecuencia, se considera viable y beneficiosa la expansión del modelo híbrido hacia las fases iniciales del ciclo de vida, abriendo nuevas líneas de

investigación orientadas a fortalecer su implementación integral, desde la concepción hasta la entrega y cierre de los proyectos de construcción.

5.7. En conjunto, el presente Proyecto Final de Graduación demuestra que la integración de metodologías ágiles con enfoques tradicionales representa una evolución necesaria en la gestión de obras civiles, al responder a los desafíos actuales de complejidad, incertidumbre y dinamismo del entorno constructivo. El modelo híbrido propuesto no solo aporta una estructura metodológica adaptable y verificable, sino que también promueve una transformación cultural orientada al liderazgo colaborativo, la autogestión y la mejora continua. Este avance contribuye al fortalecimiento de una nueva visión de la dirección de proyectos de construcción, más eficiente, resiliente y alineada con los estándares internacionales de gestión moderna.

6. Recomendaciones

6.1. Se recomienda a los investigadores y profesionales del sector avanzar en esta línea de investigación mediante la implementación práctica del modelo híbrido propuesto en un proyecto constructivo real. Este ejercicio permitirá validar empíricamente cada una de las fases y herramientas que componen la metodología, generando una retroalimentación valiosa para su ajuste, maduración y consolidación.

A través de dicha aplicación, será posible identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (análisis FODA) que incidan en su adopción, desempeño y sostenibilidad. De igual forma, se sugiere que futuras investigaciones profundicen en el desarrollo de estrategias que reduzcan las brechas existentes entre los enfoques tradicionales y ágiles, promoviendo una integración estructurada y progresiva de sus herramientas dentro del ciclo de vida del proyecto.

Este proceso de convergencia metodológica es clave para maximizar los beneficios complementarios de ambos modelos, optimizando la gestión en términos de eficiencia, calidad, flexibilidad y control. Finalmente, la integración adecuada de marcos como Lean Construction, Last Planner y Scrum en estructuras de gestión predictiva puede representar un cambio significativo en la forma de planificar, ejecutar y controlar los proyectos de construcción. Fortalecer esta convergencia impulsará una transformación sostenible, ágil y resiliente en la industria, alineada con las tendencias internacionales de dirección moderna de proyectos.

6.2. Para facilitar la adopción de la metodología híbrida propuesta en organizaciones tradicionales del sector de la construcción, se recomienda a las empresas constructoras implementar estrategias orientadas a mitigar la resistencia al cambio y compensar la falta de experiencias previas documentadas en contextos similares.

Entre las principales acciones sugeridas se destacan:

- **Capacitación progresiva y contextualizada:** dirigida a los equipos de gerencia, mandos medios y personal operativo. Se sugiere diseñar programas de formación diferenciados por nivel, enfatizando los beneficios de las metodologías ágiles en términos de control, eficiencia y adaptabilidad, utilizando ejemplos aplicados al entorno constructivo.
- **Estrategia de piloto interno:** orientada a los líderes de implementación, como directores de obra o jefes de frente. Se propone ejecutar un caso piloto en una fase específica del proyecto, con el fin de evidenciar resultados medibles sin comprometer el cronograma general. Esta práctica permite validar los beneficios del enfoque y reducir la resistencia operacional.
- **Difusión de resultados y lecciones aprendidas:** destinada a los responsables de formación y cultura organizacional. Se recomienda sistematizar los resultados obtenidos durante la implementación y difundirlos internamente mediante boletines, charlas o seminarios técnicos, fomentando el aprendizaje colectivo y la transferencia de conocimiento.
- **Liderazgo como facilitador del cambio:** dirigido a gerentes de proyecto y líderes de equipo. Se sugiere fortalecer un estilo de liderazgo participativo y orientado a la innovación, que promueva la apertura al aprendizaje, la flexibilidad en la gestión y la superación de paradigmas tradicionales.

La aplicación de estas estrategias permitirá avanzar gradualmente en la adopción del enfoque híbrido, reduciendo la fricción cultural y promoviendo la construcción de evidencia local sobre sus beneficios. De esta manera, las organizaciones podrán consolidar una transformación hacia modelos de gestión más adaptativos, colaborativos y efectivos, fortaleciendo su competitividad y sostenibilidad en el sector de la construcción.

6.3. Se recomienda a las entidades públicas responsables de la contratación y supervisión de proyectos de infraestructura —como alcaldías, gobernaciones, ministerios e

institutos de desarrollo urbano o de infraestructura— incorporar criterios de flexibilidad y enfoque adaptativo dentro de sus pliegos de condiciones y procesos de licitación. Esto implica permitir la adopción de metodologías híbridas por parte de los contratistas, siempre que dichas prácticas no comprometan los objetivos, la trazabilidad ni la transparencia contractual.

Asimismo, se sugiere capacitar a interventores, supervisores y revisores técnicos en marcos ágiles como Scrum y Lean Construction, de modo que puedan evaluar adecuadamente los entregables, comprender los procesos iterativos y fomentar una relación colaborativa y orientada a resultados entre las partes.

Finalmente, se recomienda incluir cláusulas contractuales que promuevan la mejora continua, la adaptación al cambio y la entrega progresiva de valor, con el propósito de impulsar una ejecución más eficiente, resiliente y centrada en el usuario final. Estas acciones contribuirán al fortalecimiento institucional del sector público, promoviendo la innovación, la transparencia y la sostenibilidad en la gestión de los proyectos de infraestructura.

6.4. Se recomienda a las instituciones de educación superior revisar e innovar sus planes de estudio, integrando en sus programas académicos contenidos conceptuales y prácticos relacionados con la gestión ágil, Lean Construction, Last Planner System y metodologías híbridas. La formación de futuros profesionales con competencias en modelos de gestión adaptativos resulta esencial para transformar la cultura organizacional del sector de la construcción.

Se sugiere incorporar asignaturas optativas o electivas, talleres multidisciplinarios, ejercicios de simulación, participación en hackatones o bootcamps de innovación, así como proyectos de grado aplicados que permitan validar estas metodologías en entornos reales de obra.

Adicionalmente, se invita a las universidades a establecer alianzas estratégicas con empresas constructoras, gremios y entidades gubernamentales, con el fin de promover

prácticas profesionales, semilleros de investigación y transferencia de conocimiento en esta línea. Estas acciones contribuirán a formar líderes técnicos y gestores de cambio, capaces de impulsar la evolución hacia modelos de gestión más sostenibles, colaborativos y eficientes en el sector.

6.5. Se recomienda a los gremios del sector de la construcción asumir un rol protagónico en la difusión, capacitación e institucionalización de los modelos híbridos de gestión de proyectos. Esto puede lograrse mediante la organización de congresos, foros y seminarios especializados, orientados a socializar experiencias exitosas, identificar barreras comunes y presentar herramientas prácticas para la implementación de enfoques ágiles en obras civiles.

Asimismo, se sugiere que estos gremios lideren la elaboración de guías prácticas sectoriales y estándares técnicos, que faciliten la adopción progresiva de metodologías híbridas por parte de sus afiliados, promoviendo la homogeneización de buenas prácticas a nivel nacional.

Finalmente, se recomienda fomentar la articulación de redes de conocimiento y comunidades de práctica entre empresas, universidades, consultores e instituciones públicas, con el fin de crear un ecosistema colaborativo de innovación, que impulse la transformación cultural y metodológica de la gestión de proyectos en Colombia y América Latina.

6.6. Se recomienda a las empresas tecnológicas desarrolladoras de software para el control de obras —como Microsoft Project, Primavera, Procore, Buildertrend, Smartsheet o plataformas locales— adaptar sus funcionalidades para facilitar la gestión híbrida de proyectos.

Esto implica integrar módulos que combinen herramientas del enfoque predictivo y del ágil, permitiendo la gestión simultánea de cronogramas tradicionales junto con tableros Kanban, gráficos burndown, planificación por sprints, registros de impedimentos y mecanismos de retroalimentación colaborativa.

Asimismo, se sugiere desarrollar interfaces intuitivas y accesibles para usuarios operativos con formación empírica, incorporando capacidades móviles, automatización de flujos y visualización en tiempo real del avance físico y financiero de las obras.

La incorporación de estas funcionalidades contribuirá a cerrar la brecha tecnológica entre el diseño metodológico y su implementación práctica en campo, fortaleciendo la integración digital de la gestión híbrida y promoviendo una mayor eficiencia y trazabilidad en los proyectos de construcción.

6.7. Se recomienda a las firmas consultoras e interventoras de obra incorporar enfoques híbridos en sus metodologías de trabajo, reconociendo que el valor de su gestión no radica únicamente en la verificación del cumplimiento contractual, sino también en la anticipación de riesgos, el fomento de la mejora continua y la facilitación de procesos colaborativos entre los actores del proyecto.

Se sugiere que estas organizaciones rediseñen sus modelos de interventoría y acompañamiento técnico, integrando prácticas de seguimiento ágil, tales como reuniones diarias de obra (dailies), revisión por entregables, control visual de avances y análisis semanal de restricciones.

Asimismo, se invita a las firmas a capacitar a sus equipos técnicos en el uso de herramientas como el Last Planner System, promoviendo un acompañamiento proactivo y orientado a la solución, en lugar de un enfoque centrado únicamente en la fiscalización del contratista.

La adopción de estas prácticas permitirá fortalecer la calidad de los proyectos, reducir la conflictividad durante la ejecución y mejorar la coordinación entre los distintos agentes involucrados, contribuyendo a una gestión más eficiente, colaborativa y orientada a resultados.

7. Validación del trabajo en el campo del desarrollo regenerativo y/o sostenible

En el contexto global actual, el concepto de desarrollo sostenible ha adquirido una importancia vital como respuesta a los retos ambientales, sociales y económicos que enfrentan las sociedades modernas. Según el Informe Brundtland (World Commission on Environment and Development, 1987), el desarrollo sostenible se define como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas. Este enfoque exige la integración equilibrada de tres dimensiones fundamentales: el crecimiento económico, la inclusión social y la sostenibilidad ambiental.

En el ámbito de los proyectos, el desarrollo sostenible implica tomar decisiones responsables y conscientes a lo largo de todo el ciclo de vida, desde la formulación hasta la operación y mantenimiento del producto final. En este marco, la gestión de proyectos se convierte en una herramienta estratégica que permite alinear los objetivos organizacionales con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

Por su parte, el desarrollo regenerativo va más allá de la sostenibilidad. Mientras esta busca mantener los sistemas en equilibrio, el enfoque regenerativo promueve la restauración, renovación y evolución positiva de los ecosistemas y comunidades. Inspirado en autores como Eduard Müller (2020), este enfoque reconoce que el planeta ya ha sido profundamente impactado, por lo que no basta con conservar, sino que es necesario regenerar los sistemas naturales y sociales para garantizar la continuidad de la vida.

Aplicado a la gestión de proyectos, el desarrollo regenerativo representa un cambio de paradigma, que concibe los proyectos no solo como soluciones técnicas, sino como agentes de transformación positiva para los territorios, las comunidades y el entorno natural. Esto exige herramientas que evalúen su impacto sistémico, como el Estándar P5 del Project Management Institute (PMI), que orienta la integración de principios sostenibles a través de cinco dimensiones: Personas, Planeta, Prosperidad, Principios y Procesos.

El Proyecto Final de Graduación (PFG) plantea la implementación de una metodología híbrida en la gestión de la etapa de ejecución de obras civiles. Este tipo de proyectos, históricamente caracterizados por la rigidez metodológica y una limitada eficiencia en el uso de recursos, enfrenta desafíos en productividad, cumplimiento de cronogramas y reducción de impactos ambientales y sociales. En respuesta, la integración de herramientas ágiles y predictivas permite construir procesos más eficientes, colaborativos y adaptativos, mejorando la planificación, reduciendo desperdicios y optimizando la asignación de recursos materiales y humanos.

Desde esta perspectiva, el PFG valida su contribución al desarrollo sostenible y regenerativo al promover una cultura organizacional más colaborativa y consciente del entorno, reducir el desperdicio mediante principios Lean Construction, y fomentar la mejora continua y la participación activa de los equipos mediante Scrum y Last Planner System. Estos elementos fortalecen la eficiencia operativa, disminuyen la huella ambiental de las obras, y aumentan el valor social y económico entregado a las comunidades beneficiarias.

Asimismo, el modelo propuesto contribuye a mejorar la resiliencia del sector construcción, impulsando la transparencia, la corresponsabilidad y la innovación, pilares del desarrollo regenerativo. Este enfoque convierte a la gestión de proyectos en un vehículo para reducir impactos negativos, potenciar beneficios compartidos y generar transformación positiva en los entornos donde se ejecutan las obras.

En este capítulo se presenta el análisis del impacto del PFG frente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), su correspondencia con el Estándar P5 y su relación con las dimensiones del desarrollo regenerativo, abarcando tanto la ejecución como la operación del producto final. Este análisis permite comprender de forma sistémica la contribución del proyecto a los desafíos globales, demostrando que el modelo híbrido propuesto no solo optimiza la gestión técnica, sino que también aporta al bienestar de las personas, la protección del planeta

y la prosperidad de las organizaciones, en coherencia con la visión sostenible y regenerativa promovida por la UCI.

7.1. Relación del proyecto con los objetivos de Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) fueron establecidos por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015 como parte de la Agenda 2030. Están conformados por 17 objetivos y 169 metas que buscan erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos. Cada objetivo plantea metas específicas que deben alcanzarse en un horizonte temporal definido, bajo principios de inclusión, sostenibilidad, equidad y cooperación global (Naciones Unidas, 2015).

Estos objetivos se han convertido en un marco de referencia esencial para alinear los proyectos, políticas y decisiones organizacionales con los retos sociales, ambientales y económicos actuales. En este sentido, la gestión de proyectos en el sector de la construcción, históricamente rezagada en materia de innovación y sostenibilidad, encuentra en los ODS una oportunidad para redefinir sus procesos con responsabilidad y enfoque hacia el bienestar común (Brundtland, 1987; ONU, 2015).

El presente Proyecto Final de Graduación (PFG), enfocado en la aplicación de una metodología híbrida en la etapa de ejecución de obras civiles, guarda estrecha relación con varios de los ODS, ya que su objetivo principal es mejorar la planificación, eficiencia, sostenibilidad y adaptabilidad en los procesos constructivos. Además, al tratarse de una propuesta metodológica que optimiza la ejecución, su impacto se extiende también a la operación y mantenimiento del producto final del proyecto, permitiendo beneficios sostenidos en el tiempo.

A continuación, se describe esta relación, detallando el vínculo específico de cada ODS con el proyecto, el producto y su operación y mantenimiento:

ODS Relacionados directamente con el PFG:

ODS 2: Hambre Cero. Aunque el PFG no aborda directamente temas agrícolas, contribuye indirectamente a este objetivo al mejorar la ejecución de obras como vías y puentes que conectan zonas rurales con mercados urbanos. Esta conectividad favorece el transporte eficiente de productos alimentarios, reduciendo pérdidas postcosecha y mejorando la seguridad alimentaria. En operación, estas infraestructuras siguen facilitando la distribución continua de alimentos.

ODS 3: Salud y Bienestar. El uso de metodologías ágiles permite ejecutar más eficientemente infraestructuras como acueductos y alcantarillados, reduciendo tiempos y errores constructivos. Esto previene enfermedades y mejora las condiciones sanitarias. Durante la operación, la adecuada ejecución garantiza un funcionamiento sostenido de estas estructuras, contribuyendo al bienestar comunitario.

ODS 5: Igualdad de Género. Si bien el objetivo del PFG no es abordar directamente la equidad de género, la aplicación de marcos ágiles fomenta la inclusión y horizontalidad en la toma de decisiones dentro del equipo de proyecto. Esto promueve espacios laborales más equitativos donde se valoran las capacidades sin distinción de género, lo cual puede replicarse también en la operación del proyecto.

ODS 6: Agua limpia y saneamiento. La metodología híbrida propuesta puede aplicarse en obras civiles relacionadas con conducción y tratamiento de agua, optimizando procesos como excavaciones, montaje de redes o estructuras hidráulicas. Su implementación mejora la eficiencia en ejecución y control, reduciendo reprocesos. En la operación y mantenimiento, permite estructurar inspecciones periódicas, reducir pérdidas de agua y mejorar la respuesta ante fallos del sistema.

ODS 7: Energía asequible y no contaminante. En proyectos de infraestructura energética, como redes eléctricas o sistemas solares, la aplicación de prácticas ágiles fomenta

una mejor sincronización entre equipos técnicos y operativos. Esto contribuye a reducir interrupciones, mejorar la calidad de ejecución y garantizar continuidad en el servicio. A nivel operativo, permite establecer protocolos adaptativos de mantenimiento, favoreciendo la sostenibilidad y eficiencia del sistema energético implementado.

ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico. El enfoque híbrido mejora la asignación de tareas, planificación y control en obra, reduciendo riesgos laborales y tiempos muertos. Esto se traduce en condiciones de trabajo más seguras y eficientes. A largo plazo, una obra bien ejecutada promueve la generación de empleo asociado a su mantenimiento.

ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura. El objetivo central del PFG es justamente mejorar la ejecución de infraestructura mediante innovación en la gestión. La propuesta metodológica facilita procesos más eficientes y transparentes, promoviendo una modernización gradual del sector de la construcción. En la operación, el producto final construido bajo estos estándares es más confiable y funcional.

ODS 10: Reducción de las Desigualdades. Al aplicar metodologías que permiten priorizar recursos y atender con eficiencia zonas históricamente marginadas, el proyecto facilita el acceso equitativo a infraestructura básica. La operación continua de estas infraestructuras acorta las brechas territoriales y sociales.

ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles. La mejora en la ejecución de infraestructura urbana impacta en la calidad del entorno construido. Proyectos bien ejecutados mejoran la seguridad, accesibilidad y habitabilidad de los espacios públicos. Su operación y mantenimiento adecuado prolonga estos beneficios para las comunidades.

ODS 12: Producción y Consumo Responsable. El uso eficiente de materiales, la planificación ajustada y la reducción de desperdicios son principios aplicables en la ejecución bajo metodologías ágiles. Esto se mantiene en la operación con estructuras que requieren menos intervención correctiva y mayor durabilidad.

ODS 13: Acción por el Clima. Al minimizar el desperdicio y optimizar recursos, el enfoque del PFG contribuye a reducir la huella de carbono en obras civiles. Esto se complementa con prácticas operativas sostenibles que prolongan la vida útil de la infraestructura, disminuyendo la necesidad de nuevas intervenciones que afecten el clima.

ODS 14: Vida submarina. Aunque el proyecto no interviene directamente ecosistemas marinos, sí contempla acciones para minimizar impactos ambientales en fuentes hídricas superficiales. Al reducir la contaminación por residuos de obra y escorrentías, se mitiga el riesgo de afectación indirecta a cuerpos de agua que puedan desembocar en zonas costeras o marinas, contribuyendo así de forma preventiva al cumplimiento de este objetivo.

ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres. El PFG promueve una ejecución planificada que respeta los ecosistemas aledaños, incorporando prácticas como la protección de cuerpos de agua, la correcta disposición de residuos y la planificación ambiental. Esto se refleja en una menor alteración ecológica durante la operación del producto final.

ODS no relacionados directamente con el PFG:

ODS 1: Fin de la pobreza. No hay una relación directa, pues el proyecto no aborda políticas públicas ni intervenciones sociales.

ODS 4: Educación de calidad. El PFG no involucra intervenciones educativas ni formativas.

ODS 16 y 17: Paz, justicia e instituciones sólidas / Alianzas. No forman parte del alcance operativo del PFG.

En conclusión, el proyecto propuesto demuestra una conexión sustancial con los ODS que promueven la innovación, sostenibilidad, equidad y bienestar. Al enfocarse en mejorar los procesos de ejecución y los resultados del producto final a través de metodologías híbridas, el PFG contribuye significativamente a una transformación positiva del sector de obras civiles, tanto en la etapa constructiva como en su operación posterior.

A continuación, se presenta una tabla que resume la relación entre el Proyecto Final de Graduación (PFG) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), destacando el vínculo entre cada uno de los objetivos y los componentes del proyecto, como su propósito, producto final y operación. Esta síntesis permite visualizar de forma clara y estructurada cómo la propuesta contribuye directa o indirectamente a las metas establecidas por la Agenda 2030.

Tabla 55.

Relación entre ODS y el Proyecto Final de Graduación

Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS)	Relación con el PFG
ODS 2 – Hambre Cero	Mejora de conectividad que facilita el acceso a alimentos en zonas rurales.
ODS 3 – Salud y Bienestar	Infraestructura básica que mejora condiciones sanitarias y calidad de vida.
ODS 5 – Igualdad de Género	Gestión ágil que promueve inclusión y oportunidades de liderazgo a mujeres.
ODS 6 – Agua limpia y saneamiento	Mejora gestión hídrica en obras civiles mediante planificación ágil.
ODS 7: Energía asequible y no contaminante	Optimiza eficiencia energética en infraestructura con prácticas de gestión híbrida.
ODS 8 – Trabajo Decente y Crecimiento Económico	Mejora de la planificación, reducción de tiempos improductivos y seguridad.
ODS 9 – Industria, Innovación e Infraestructura	Enfoque innovador que tecnifica la ejecución de infraestructura.
ODS 10 – Reducción de Desigualdades	Mejora de acceso a infraestructura en zonas vulnerables y aisladas.
ODS 11 – Ciudades y Comunidades Sostenibles	Generación de entornos urbanos más accesibles, seguros y sostenibles.
ODS 12 – Producción y Consumo Responsable	Uso racional de recursos y reducción de desperdicios en obra.
ODS 13 – Acción por el Clima	Metodologías como Lean Construction reducen la huella ambiental de los proyectos.

Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS)	Relación con el PFG
ODS 14 – Vida Submarina	Prevención de afectaciones a cuerpos hídricos mediante buenas prácticas constructivas.
ODS 15 – Vida de Ecosistemas Terrestres	Prácticas de construcción responsables que protegen el entorno natural.

Nota. La tabla resume la relación entre el Proyecto Final de Graduación (PFG), centrado en la aplicación de una metodología híbrida en la ejecución de obras civiles, y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Elaboración propia con base en el análisis del impacto del proyecto y su producto final.

7.2. Análisis del proyecto de acuerdo con el Estándar P5

El Estándar P5, desarrollado por Green Project Management (GPM Global), constituye una herramienta metodológica diseñada para evaluar el impacto de los proyectos desde una perspectiva integral de sostenibilidad. Esta herramienta se basa en tres dimensiones esenciales: **Personas, Planeta y Prosperidad**, y busca alinear la gestión de proyectos con principios de desarrollo sostenible, promoviendo decisiones que generen valor económico, social y ambiental a largo plazo (GPM Global, 2021).

A diferencia de los enfoques tradicionales que se enfocan principalmente en los criterios de tiempo, costo y alcance, el estándar P5 permite una visión más amplia del éxito del proyecto, integrando su aporte al bienestar colectivo y a la resiliencia de los entornos donde se ejecuta. Esta perspectiva facilita no solo la identificación de impactos positivos y negativos generados, sino también el diseño de estrategias orientadas a reducir riesgos, maximizar beneficios y garantizar la sostenibilidad de los resultados en el corto, mediano y largo plazo.

Criterios de evaluación del impacto

El análisis de impacto mediante el estándar P5 se estructura a partir de una matriz detallada que considera los siguientes elementos por cada subcategoría y tipo de impacto:

Causa o descripción del impacto: hace referencia al hecho, condición o acción dentro del proyecto que origina un efecto significativo en alguna de las dimensiones evaluadas.

Impacto potencial: se define la consecuencia que podría derivarse si no se interviene de forma adecuada.

Puntuación de impacto antes: es una evaluación cualitativa (en una escala del 1 al 5) sobre la gravedad o intensidad del impacto antes de ejecutar la respuesta o mejora.

Respuesta propuesta: consiste en las medidas o estrategias de mitigación, adaptación o potenciación que se aplicarán sobre el impacto identificado.

Puntuación de impacto después: se estima el nivel de impacto luego de implementar la respuesta, evidenciando mejoras o cambios significativos.

Cambio: es la diferencia entre el impacto antes y después, lo cual permite visualizar la mejora alcanzada.

Este enfoque permite a los equipos de proyecto tomar decisiones más informadas, priorizar acciones clave y demostrar el valor agregado del proyecto ante sus partes interesadas. En este caso particular, el análisis aplicado al proyecto de implementación de una metodología híbrida en la ejecución de obras civiles permite identificar cómo la gestión sostenible incide en los resultados del proyecto desde una perspectiva sistémica.

Aplicación del estándar P5 al PFG



El estándar P5 se aplicó al Proyecto Final de Graduación (PFG) para evaluar su sostenibilidad en las dimensiones de personas, planeta y prosperidad. La matriz fue diligenciada según las características del proyecto y su etapa de ejecución.


Se examinaron más de 70 elementos del estándar (versión 5.0.1), abordando prácticas laborales, derechos humanos, ética, variables ambientales y factores económicos. El análisis permitió identificar causas, proponer mejoras y medir el impacto de las acciones con puntajes antes y después.


A continuación, se presenta la matriz P5 aplicada al proyecto, como base para decisiones alineadas con los ODS.


Tabla 56.


Análisis de Impacto del Proyecto según el Estándar P5



Impacto a las Personas									
Categoría	Prácticas Laborales y Trabajo Decente	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Definición								
 Aprendizaje Organizacional	<p>Aprendizaje organizacional es una forma de gestión del conocimiento en la que se alienta a los componentes y a los empleados de la organización a capturar, compartir y aplicar su conocimiento. Esto permite a la organización adaptar y mejorar sus procesos, productos y servicios a lo largo del tiempo.</p>	Vida Útil	Yes	La ausencia de registro técnico y operativo dificulta la transferencia de conocimiento para futuras obras.	Riesgo de repetir errores pasados, afectando la calidad constructiva en proyectos similares.	2	Establecer protocolos de documentación sistemática y lecciones aprendidas durante cada fase del proyecto.	4	2
		Mantenimiento	Yes	Sin registros detallados, es difícil entender cómo fue construido un elemento para planificar su mantenimiento.	Riesgo de fallos por mantenimientos incorrectos o tardíos.	2	Documentar procesos técnicos críticos e incluir planos y especificaciones en manuales de mantenimiento.	3	1
		Eficacia	Yes	La falta de trazabilidad impide evaluar si los procesos aplicados cumplieron con los objetivos propuestos.	Dificultad para repetir buenas prácticas o corregir desviaciones.	2	Crear repositorios accesibles de procesos exitosos y aplicar métricas de evaluación periódica.	4	2
		Eficiencia	Yes	Retrabajos por no contar con una base documental clara y disponible para todos los equipos.	Pérdida de tiempo, recursos y aumento de costos.	2	Integrar herramientas digitales colaborativas para la documentación y socialización interna de procesos.	3	1
		Imparcialidad	Yes	Sin acceso equitativo al conocimiento organizacional, se generan brechas entre equipos y jerarquías.	Limitación en el desarrollo profesional y exclusión de aportes valiosos del personal operativo.	2	Establecer mecanismos participativos para la construcción y validación de manuales y procesos.	4	2
 Igualdad de Oportunidades	<p>Igualdad de oportunidades es la práctica de brindar a las personas acceso a trabajos, oportunidades y responsabilidades en función de sus calificaciones,</p>	Vida Útil	Yes	La desigualdad de género en cargos estratégicos limita la sostenibilidad del talento organizacional en el largo plazo.	Dificultad para consolidar equipos diversos, comprometidos y resilientes en futuros proyectos	2	Establecer políticas de inclusión activa que fomenten la participación	3	1
		Mantenimiento	Yes	Equipos homogéneos tienden a tener menor apertura al cambio y	Menor capacidad de innovación y adaptación en etapas posteriores del proyecto.	2	Incluir perfiles diversos en los equipos encargados del mantenimiento y operación del proyecto.	4	2


Impacto a las Personas									
Categoría	Prácticas Laborales y Trabajo Decente	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Definición								
	independientemente del género, la raza, la edad u otras características. Busca eliminar cualquier tipo de discriminación en el lugar de trabajo y asegurar que todos los miembros del equipo reciban un trato justo y tengan las mismas oportunidades de participar de manera adecuada.			adaptación en procesos de mantenimiento.					
		Eficacia	Yes	Falta de equidad en la asignación de responsabilidades afecta la moral y el rendimiento del equipo.	Desmotivación y baja retención del talento humano.	2	Implementar planes de carrera transparentes con evaluación objetiva de desempeño, sin sesgos de género.	4	2
		Eficiencia	Yes	Subutilización de capacidades por discriminación de género en funciones de alta responsabilidad.	Desaprovechamiento del talento disponible, lo que reduce la eficiencia operativa.	2	Establecer criterios meritocráticos y no discriminatorios para la asignación de roles y tareas.	4	2
		Imparcialidad	Yes	Falta de políticas de equidad que garanticen igualdad de condiciones para todos los colaboradores.	Ambientes laborales injustos, propensos al conflicto y a la rotación de personal.	2	Adoptar un enfoque transversal de equidad de género en los procesos de contratación, promoción y formación.	4	2
 Desarrollo de Competencias Locales	Desarrollo de competencias locales es el proceso de fomentar y expandir las habilidades, el conocimiento y la experiencia en las localidades en las que opera el proyecto. Puede implicar brindar capacitación o educación a las personas locales, así como alentar la colaboración y el intercambio de recursos entre la	Vida Útil	Yes	La ausencia de estrategias para formar mano de obra local compromete la sostenibilidad de futuras obras en la región.	Dependencia continua de talento externo, reduciendo la autonomía y el crecimiento local.	3	Implementar programas de formación técnica para residentes locales, fortaleciendo capacidades duraderas.	5	2
		Mantenimiento	Yes	Personal sin competencias dificulta la ejecución adecuada de procesos posteriores como el mantenimiento o ajustes técnicos.	Mayor necesidad de asistencia externa, aumentando los costos operativos en el largo plazo.	2	Incluir módulos de formación en mantenimiento durante las capacitaciones iniciales al personal local.	4	2
		Eficacia	Yes	La escasa experiencia técnica del personal local retrasa la ejecución y genera reprocesos.	Entregas fuera de plazo o con baja calidad, afectando los resultados esperados.	3	Estandarizar un sistema de evaluación de competencias antes de asignar tareas críticas.	4	1
		Eficiencia	Yes	Costos adicionales derivados de la baja productividad y los errores por falta de entrenamiento.	Aumento de costos operativos por demoras y desperdicios de recursos.	4	Crear alianzas con instituciones locales para capacitar a los trabajadores	5	1



Impacto a las Personas									
Categoría	Prácticas Laborales y Trabajo Decente	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Definición								
	organización del proyecto y las organizaciones locales o las personas locales.						antes de incorporarlos al proyecto.		
		Imparcialidad	Yes	Exclusión del talento local por criterios técnicos sin oportunidades de desarrollo previo.	Percepción de desigualdad y pérdida de legitimidad del proyecto ante la comunidad.	2	Establecer metas de inclusión laboral local con seguimiento participativo de líderes comunitarios.	4	2
 <p>Armonía entre Trabajo, Vida y Salud Mental</p>	<p>Armonía trabajo-vida y salud mental se refiere a la capacidad de las personas para lograr un equilibrio entre sus objetivos profesionales y los compromisos dentro de sus vidas.</p> <p>Esto implica tomar descansos regulares del trabajo, desarrollar hábitos de trabajo saludables y participar en actividades que brinden una sensación de alegría y satisfacción.</p>	Vida Útil	Yes	Rutinas laborales prolongadas y estresantes afectan la salud física y emocional del equipo.	Aumento del desgaste profesional (burnout), con consecuencias negativas a largo plazo en la continuidad laboral y profesional.	3	Establecer políticas de desconexión laboral, promover jornadas equilibradas y ofrecer espacios de descanso reales en obra.	5	2
		Mantenimiento	Yes	Falta de mecanismos para identificar y atender síntomas de agotamiento o estrés en el personal.	Disminución de la capacidad del equipo para sostener su rendimiento a lo largo del proyecto.	3	Implementar espacios regulares de retroalimentación emocional, pausas activas, y acceso a orientación psicológica básica	4	1
		Eficacia	Yes	Jornadas excesivas provocan desmotivación, errores por fatiga y menor compromiso con los resultados.	Reducción en la calidad del trabajo y cumplimiento parcial de objetivos.	3	Fomentar la planificación de tareas realistas, equilibrando metas con carga laboral y tiempos de recuperación.	5	2
		Eficiencia	Yes	La fatiga acumulada y el estrés prolongado deterioran el ritmo de trabajo y aumentan los reprocesos	Costos adicionales por disminución de la productividad y mayor rotación de personal.	2	Introducir prácticas de trabajo saludables como horarios flexibles, pausas activas programadas y promoción del bienestar físico.	4	2
		Imparcialidad	Yes	Falta de flexibilidad y apoyo diferencial según las necesidades individuales del personal (madres, cuidadores, etc.).	Injusticia percibida y desmotivación entre quienes enfrentan mayores responsabilidades personales.	2	Diseñar esquemas laborales con enfoque en la equidad, promoviendo la conciliación familiar y profesional sin discriminación.	4	2


Categoría	Sociedad y Clientes	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
 Participación de la Comunidad	<p>Participación de la comunidad es la práctica de tratar a los residentes locales como partes interesadas en el proyecto. Esto es esencial ya que asegura que las necesidades y perspectivas locales se tengan en cuenta al tomar cualquier acción que afecte a la comunidad. También requiere un intercambio bidireccional de información e ideas entre el equipo de proyecto y la comunidad para que el proyecto sea más eficaz, eficiente y beneficioso para todos los involucrados.</p>	Vida Útil	Yes	La falta de consulta comunitaria genera resistencia y rechazo hacia el proyecto.	Riesgo de oposición social sostenida que compromete la continuidad y aceptación del proyecto en el largo plazo.	3	Establecer mesas de trabajo periódicas con líderes comunitarios para integrar sus expectativas en decisiones clave.	5	2
		Mantenimiento	Yes	La comunidad no se involucra ni conoce cómo apoyar el funcionamiento adecuado del proyecto tras su entrega.	Desconocimiento en el uso, mantenimiento o cuidado de la infraestructura entregada.	2	Incluir jornadas de socialización sobre uso y sostenimiento del proyecto con actores locales, antes del cierre de obra.	4	2
		Eficacia	Yes	No identificar correctamente las expectativas y preocupaciones comunitarias puede generar bloqueos, protestas o conflictos sociales.	Riesgo de no alcanzar los objetivos debido a demoras por falta de licencia social para operar.	3	Aplicar encuestas, audiencias y mecanismos de consulta temprana con la comunidad para alinear intereses.	4	1
		Eficiencia	Yes	La desinformación provoca conflictos, retrabajos o ajustes en etapas avanzadas por presiones externas.	Aumento de costos, pérdida de tiempo y desviación del cronograma por oposición comunitaria.	2	Mantener una comunicación fluida con canales formales y no formales, compartiendo avances, medidas de mitigación e impactos esperados.	4	2
		Imparcialidad	Yes	No todas las voces de la comunidad (mujeres, jóvenes, adultos mayores) son consideradas en la toma de decisiones.	Inequidad en la distribución de beneficios e invisibilización de grupos vulnerables.	3	Implementar procesos participativos inclusivos que garanticen representación equitativa de todos los grupos sociales.	4	1
		 Políticas Públicas y Cumplimiento	<p>Políticas públicas y cumplimiento incluye los pasos tomados por el equipo de proyecto para asegurar que el proyecto cumpla con todas las leyes y regulaciones pertinentes. Esto</p>	Vida Útil	Yes	No considerar requisitos normativos aplicables a largo plazo (ambientales, urbanísticos, técnicos).	Riesgo de sanciones, clausuras futuras o restricciones de uso para la obra una vez entregada.	3	Verificar cumplimiento normativo aplicable al proyecto en todas sus fases y actualizar los requisitos según su vigencia.
Mantenimiento	Yes			El proyecto no incorpora disposiciones normativas para mantenimiento y operación segura de la infraestructura.	Fallas operativas por ausencia de protocolos legales, lo que podría generar multas o cierres.	2	Incluir dentro del plan de cierre un componente legal que oriente sobre normas de mantenimiento aplicables al tipo de obra.	4	2



Categoría	Sociedad y Clientes	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	implica investigar las leyes y regulaciones pertinentes, comprender sus implicancias para el proyecto y tomar las medidas necesarias para asegurarse de que estas leyes y regulaciones se respeten durante la duración del proyecto.	Eficacia	Yes	Se omite la obtención de licencias, permisos o conceptos técnicos esenciales.	Suspensión del proyecto, retrasos significativos y pérdida de credibilidad frente a autoridades.	3	Implementar una bitácora legal con seguimiento de trámites, responsable por requisito y fechas clave de cumplimiento.	5	2
		Eficiencia	Yes	Improvisación en la gestión normativa y falta de claridad sobre las competencias de las entidades regulatorias.	Incremento de costos por ajustes imprevistos o sanciones económicas.	3	Asignar un responsable legal al equipo del proyecto con funciones de monitoreo normativo y actualización de requisitos.	5	2
		Imparcialidad	Yes	Se priorizan requerimientos de algunas entidades sobre otras o se ignoran normativas sociales y ambientales.	Afectación a comunidades vulnerables por omisión de normativas de protección o inclusión.	2	Aplicar un enfoque transversal de cumplimiento, que considere normativas técnicas, sociales, ambientales y éticas.	4	2
 Protección para Pueblos Indígenas y Tribales	Protección para los pueblos indígenas y tribales incluye las medidas tomadas para garantizar los derechos y el bienestar de las poblaciones afectadas a lo largo del proyecto. Esto incluye la protección de su cultura, derechos de uso de la tierra, idioma, religión y otras formas de reconocimiento.	Vida Útil	Yes	Ignorar los derechos ancestrales sobre el uso de la tierra o el territorio durante el diseño del proyecto.	Conflictos sociales a largo plazo, interrupciones del uso del activo o cuestionamientos legales posteriores.	2	Realizar consulta previa e incorporar los derechos territoriales y culturales en el diseño del proyecto.	5	3
		Mantenimiento	Yes	No establecer acuerdos con comunidades para el uso compartido o la conservación de recursos vinculados a la obra.	Bloqueos o sabotajes durante la operación por inconformidades no resueltas.	2	Establecer acuerdos de cooperación comunitaria con compromisos claros para la operación y mantenimiento del proyecto.	5	3
		Eficacia	Yes	Ausencia de estrategias de participación efectiva en las decisiones del proyecto.	Rechazo comunitario, pérdida de legitimidad y retrasos operacionales.	3	Incluir voceros indígenas en los comités de seguimiento del proyecto y garantizar el respeto a su autodeterminación.	5	2
		Eficiencia	Yes	Conflictos derivados de omisiones culturales o sociales que requieren costosos procesos de resolución o rediseño.	Costos elevados por demandas, suspensión de actividades o daño reputacional.	2	Diseñar estrategias de identificación y atención culturalmente apropiadas desde el inicio del proyecto.	4	2
		Imparcialidad	Yes	No reconocer las particularidades sociales, lingüísticas o religiosas de pueblos indígenas en el desarrollo del proyecto.	Vulneración de derechos humanos y percepción de discriminación institucional.	2	Incorporar principios de equidad, interculturalidad y respeto a la identidad en los procesos de diálogo y ejecución.	4	2


Categoría	Sociedad y Clientes	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
 Salud y Seguridad del Cliente	Salud y seguridad del cliente incluye las medidas tomadas para asegurar el bienestar físico y mental de los usuarios finales de los productos del proyecto. Esto incluye proporcionar información sobre los riesgos y peligros, el manejo adecuado del cliente durante el proyecto y el cumplimiento de las normas, protocolos, leyes y regulaciones de seguridad pertinentes.	Vida Útil	Yes	Falta de planificación de accesos seguros durante la ejecución puede comprometer la durabilidad de obras expuestas a la intervención de terceros.	.Riesgo de intervención indebida o daño a zonas críticas de la obra por parte de personas externas.	2	Establecer zonas claramente delimitadas y protegidas, con control de acceso.	4	2
		Mantenimiento	Yes	Zonas no protegidas adecuadamente pueden ser vulneradas por terceros, generando deterioro prematuro en componentes del proyecto	Mayor frecuencia de reparación o intervención en zonas expuestas al mal uso por terceros.	3	Crear protocolos de interacción comunitaria y señalización preventiva en zonas críticas.	5	2
		Eficacia	Yes	Ausencia de señalización y medidas preventivas expone a la comunidad a riesgos innecesarios, disminuyendo la aceptación social del proyecto.	Incremento en conflictos sociales y en resistencia al desarrollo del proyecto.	2	Desarrollar un plan de comunicación preventiva con la comunidad y acciones de pedagogía.	5	3
		Eficiencia	Yes	Accidentes de terceros generan parálisis temporales, desvío de recursos y retrasos no programados.	Pérdida de recursos y tiempo por eventos no planificados relacionados con la comunidad.	3	Reforzar cerramientos, señalética y rutas de seguridad comunitaria.	5	2
		Imparcialidad	Yes	No considerar a la comunidad como parte interesada puede afectar negativamente su percepción sobre la equidad del proyecto.	Sensación de exclusión o negligencia frente a la seguridad de quienes no pertenecen al equipo del proyecto.	2	Incluir formalmente a la comunidad como actor en los análisis de riesgos y planes de mitigación.	3	1
 Etiquetado de productos y servicios	Etiquetado de productos y servicios incluye procedimientos utilizados para asegurar que los bienes y servicios se etiqueten con precisión de acuerdo con los	Vida Útil	Yes	Al no contar con etiquetas visibles, los productos pueden ser utilizados fuera de sus condiciones ideales de conservación o vencimiento.	Disminución en la durabilidad de insumos y materiales críticos para el proyecto.	2	Implementar etiquetas con fecha de vencimiento, condiciones de almacenamiento y tipo de uso.	4	2
		Mantenimiento	Yes	La falta de etiquetado dificulta la identificación de materiales que requieren cuidados o mantenimiento especial.	Mal manejo de productos con requerimientos específicos, afectando su desempeño.	2	Rotular insumos con instrucciones claras de manejo y hojas de seguridad (MSDS) en zonas visibles.	4	2


Categoría	Sociedad y Clientes	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio	
Elemento	Descripción									
	estándares legales y éticos. Esto incluye la divulgación adecuada de los posibles riesgos, peligros y efectos secundarios asociados con el uso de productos y servicios, así como el suministro de información adecuada sobre los orígenes de estos productos y servicios.	Eficacia	Yes	La ausencia de instrucciones claras en los insumos puede llevar a errores en la aplicación.	Reducción en la calidad técnica de la obra, afectando la funcionalidad de elementos ejecutados.	2	Incluir etiquetas con usos permitidos, dosificación y advertencias.	5	3	
		Eficiencia	Yes	El tiempo perdido en identificar productos sin rotular disminuye la fluidez operativa.	Aumento de tiempos improductivos, retrabajos y retrasos.	2	Implementar un sistema de rotulación estándar y visible en bodegas y frente de obra	3	1	
		Imparcialidad	Yes	La falta de etiquetado expone a los trabajadores con menor formación técnica a mayores riesgos.	Inequidad en condiciones de trabajo seguras y aumento del riesgo laboral.	2	Etiquetar los productos con pictogramas comprensibles por todo el personal, sin requerir formación especializada.	4	2	
 Privacidad y Protección de Datos del Cliente	Privacidad y protección de datos del cliente abarca las medidas tomadas para salvaguardar los datos del cliente, como información personal o detalles financieros. Incluye proporcionar instalaciones de almacenamiento seguras y tecnologías de encriptación, implementar controles de acceso y procedimientos de autenticación apropiados, y garantizar el cumplimiento de las leyes y regulaciones pertinentes.	Vida Útil	No	No hay afectación						
		Mantenimiento	No	No hay afectación						
		Eficacia	No	No hay afectación						
		Eficiencia	No	No hay afectación						
		Imparcialidad	No	No hay afectación						



Categoría	Derechos Humanos	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
 Acoso y Discriminación	<p>Acoso y discriminación implica las medidas adoptadas para asegurar un entorno laboral seguro, respetuoso y no discriminatorio. Esto incluye el desarrollo de políticas que protejan a los empleados del trato injusto, la creación de un entorno inclusivo, la implementación de procedimientos de denuncia efectivos para casos de comportamiento inapropiado y la capacitación suficiente para la gerencia sobre cómo manejar tales problemas.</p>	Vida Útil	Yes	La falta de políticas claras y de cultura organizacional contra el acoso y la discriminación puede deteriorar el clima laboral, afectar la cohesión del equipo y provocar renuncias.	Pérdida de talento humano y deterioro de la imagen del proyecto.	3	Implementar un código de conducta, canales de denuncia confidenciales y talleres de sensibilización.	5	2
		Mantenimiento	Yes	Si no se abordan los conflictos derivados de acoso o discriminación, se pueden generar tensiones persistentes que afecten la operación continua y futura del proyecto.	Aumento de conflictos internos y deterioro del ambiente organizacional.	2	Fortalecer la gestión del talento humano con enfoque en la prevención de acoso, y monitorear el ambiente laboral.	4	2
		Eficacia	Yes	La discriminación limita la inclusión de talentos diversos y restringe la participación plena del equipo, afectando el rendimiento colectivo.	Reducción de innovación y capacidad de respuesta operativa.	2	Promover la igualdad de oportunidades mediante procesos de selección justos y no discriminatorios.	4	2
		Eficiencia	Yes	Ambientes con acoso laboral generan altos niveles de rotación y ausentismo, lo que incrementa los costos operativos.	Aumento de gastos asociados a capacitación, reclutamiento y baja productividad.	3	Crear protocolos claros de actuación ante casos de acoso, garantizar apoyo psicológico y correctivos efectivos.	4	1
		Imparcialidad	Yes	La falta de equidad en el trato entre trabajadores genera desconfianza hacia los líderes del proyecto y rompe la cohesión social.	Percepción de injusticia y debilitamiento del compromiso con el proyecto.	2	Aplicar criterios de justicia organizacional y auditorías internas sobre procesos de gestión humana.	3	1
 Trabajo Forzado o Involuntario	Trabajo apropiado a la edad significa garantizar que los niños no se encuentren en situaciones	Vida Útil	Yes	Riesgo de que un trabajador menor de edad sufra afectaciones físicas o psicológicas que impacten negativamente su desarrollo futuro.	Reducción de la calidad de vida y salud a largo plazo del individuo.	2	Verificar edad de los trabajadores con documentación válida. Establecer procedimientos para evitar la contratación de menores.	4	2

Categoría	Derechos Humanos	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	peligrosas o de explotación y, al mismo tiempo, permitirles desarrollar habilidades laborales esenciales. Se utiliza para describir el trabajo adecuado para el nivel de habilidad y madurez de una persona.	Mantenimiento	Yes	Ausencia de protocolos que garanticen condiciones seguras de trabajo acorde a la edad legal.	Riesgo de accidentes o lesiones por manipulación de herramientas no aptas.	2	Establecer auditorías internas periódicas y programas de formación sobre edad mínima laboral.	4	2
		Eficacia	Yes	Personal con baja madurez emocional o física puede afectar la ejecución adecuada de tareas.	Bajo rendimiento y aumento de errores o retrabajos.	2	Aplicar filtros de contratación con validación de edad, entrevistas estructuradas y pruebas de habilidades.	4	2
		Eficiencia	Yes	Costos por sanciones legales, rotación y entrenamiento adicional si se contratan menores.	Pérdida de recursos financieros y reputacionales.	2	Capacitar al equipo de RRHH en normativas laborales. Mantener registros actualizados y verificados.	5	3
		Imparcialidad	Yes	Falta de equidad en la aplicación de las normas laborales por presión social o familiar.	Vulneración de derechos laborales y afectación a la equidad social.	2	Garantizar igualdad de condiciones contractuales y aplicación uniforme de políticas laborales.	4	2
 Trabajo Apropriado a la Edad	Trabajo forzado e involuntario significa cualquier trabajo o servicio que se obtiene de una persona bajo la amenaza de una acción punitiva contra ella o sus familias. Incluye trabajo donde el pago está por debajo de los niveles de subsistencia, o donde el pago es en bienes que no son deseables. El trabajo forzado e involuntario puede adoptar muchas formas, como la	Vida Útil	Yes	El trabajo forzado afecta la integridad física y psicológica del colaborador, comprometiendo su bienestar a largo plazo.	Deterioro de la salud física y mental, afectación de la calidad de vida.	1	Establecer políticas claras contra el trabajo forzado e implementar un canal anónimo de denuncias.	5	4
		Mantenimiento	Yes	Sin protocolos de contratación y supervisión, se puede permitir o ignorar la coacción laboral.	Ambientes laborales inseguros, riesgo de sanciones por inspecciones laborales.	2	Capacitar a supervisores en derechos laborales. Hacer auditorías internas para verificar cumplimiento legal.	4	2
		Eficacia	Yes	Personas que trabajan bajo presión no rinden adecuadamente ni se comprometen con los objetivos.	Bajo desempeño, errores frecuentes y desmotivación del equipo.	2	Fortalecer procesos de selección y crear ambientes laborales basados en respeto y voluntariedad.	4	2
		Eficiencia	Yes	El trabajo involuntario incrementa rotación, ausentismo y genera costos legales si se detecta.	Ineficiencia operativa, sanciones legales y pérdida de reputación institucional.	2	Establecer cláusulas en los contratos que garanticen la libre voluntad, reforzar controles legales.	4	2


Categoría	Derechos Humanos	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	trata de personas, la servidumbre por deudas, la esclavitud y jornadas laborales injustamente largas	Imparcialidad	Yes	No garantizar condiciones dignas afecta la equidad entre colaboradores y vulnera sus derechos fundamentales.	Aumento de conflictos laborales y descontento colectivo.	2	Aplicar políticas de cero tolerancia a la coerción, con seguimiento desde recursos humanos.	4	2
 <p>Dignidad, Diversidad, Equidad, e Inclusión</p>	Dignidad, diversidad, equidad e inclusión (DDEI) es un conjunto de valores, principios y prácticas que crean un entorno en el que todos los involucrados en el proyecto se sienten respetados, seguros y valorados. También implica brindar oportunidades para que todos participen en los procesos de toma de decisiones relevantes sin enfrentar discriminación o ser objeto de un trato injusto.	Vida Útil	Yes	La exclusión de ciertos grupos afecta negativamente la trayectoria profesional y bienestar personal de los trabajadores a largo plazo.	Menores oportunidades de desarrollo para poblaciones diversas, perpetuando desigualdades estructurales.	2	Implementar políticas activas de inclusión laboral y planes de carrera con enfoque equitativo	4	2
		Mantenimiento	Yes	Falta de diversidad en la plantilla genera ambientes laborales cerrados y poco resilientes al cambio.	Menor adaptabilidad organizacional y dificultad para sostener el talento en el tiempo.	2	Establecer indicadores de diversidad y rotación con enfoque de sostenibilidad de equipos.	3	1
		Eficacia	Yes	La homogeneidad del equipo limita la innovación, el enfoque multidisciplinario y la resolución de problemas.	Pérdida de oportunidades para enriquecer decisiones mediante perspectivas diversas.	2	Promover equipos diversos con capacidades complementarias, mediante procesos de selección inclusivos	3	1
		Eficiencia	Yes	Las brechas de equidad generan tensiones, rotación innecesaria y pérdida de cohesión en el equipo.	Ineficiencia operativa por conflictos, desmotivación o falta de sentido de pertenencia.	2	Establecer códigos de conducta con enfoque en equidad, respeto y diversidad, con seguimiento periódico.	4	2
		Imparcialidad	Yes	La falta de equidad en condiciones salariales, ascensos o reconocimientos vulnera principios de justicia organizacional.	Discriminación indirecta y pérdida de credibilidad institucional.	2	Auditar periódicamente las condiciones laborales y salariales por género y otros factores de diversidad.	3	1
Categoría	Comportamiento Ético	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
 <p>Adquisiciones y Contratos Sostenibles</p>	Prácticas y contratos de adquisiciones sostenibles incluye prácticas para	Vida Útil	Yes	Adquisición de materiales de baja durabilidad afecta el ciclo de vida del proyecto y sus entregables.	Disminución del tiempo de uso esperado de las obras, mayores necesidades de reposición.	2	Establecer criterios de compra con estándares mínimos de calidad y durabilidad certificados.	5	3

Categoría	Derechos Humanos	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	obtener bienes, materias primas y servicios que toman en cuenta los impactos ambientales, económicos y sociales. Significa contratar recursos de manera ética. Requiere establecer acuerdos que respeten estándares ambientales, sociales y de derechos humanos.	Mantenimiento	Yes	Materiales no sostenibles o mal especificados pueden requerir mantenimientos correctivos prematuros.	Aumento de costos de mantenimiento y reducción del rendimiento esperado.	2	Priorizar proveedores con historial de cumplimiento técnico y ofrecer capacitación sobre mantenimiento preventivo.	5	3
		Eficacia	Yes	Los errores en la adquisición generan demoras por incompatibilidad técnica o necesidad de reprocesos.	Retrasos en la ejecución del proyecto y disminución de la calidad final.	2	Implementar procesos de validación técnica antes de la compra y realizar ensayos de recepción.	4	2
		Eficiencia	Yes	Compras mal planeadas pueden derivar en pérdidas económicas, desperdicio de recursos y gestión ineficiente.	Aumento de los costos por mala gestión de inventario y logística.	2	Diseñar cronogramas de adquisición sincronizados con la planificación de obra y establecer controles de calidad.	5	3
		Imparcialidad	Yes	Procesos de compra sin transparencia o con sesgos pueden generar corrupción o favoritismo.	Riesgo reputacional, legales y pérdida de legitimidad del proyecto ante los stakeholders.	2	Aplicar procesos de selección con criterios técnicos y éticos auditables, bajo control externo.	4	2
 Anti-Corrupción	Anticorrupción es la práctica de rechazar tanto las ofertas como las solicitudes de obsequios, pagos u otras formas de beneficios para influir en las actividades, los productos o los resultados del proyecto. Implica asegurar que el proyecto esté libre de prácticas no éticas como soborno, lavado de dinero, fraude y malversación.	Vida Útil	Yes	Elección de materiales o contratistas por corrupción, sin criterios técnicos adecuados.	Disminución en la calidad de los productos entregables y reducción de su durabilidad.	2	Establecer controles independientes para verificar cumplimiento técnico en adquisiciones y contrataciones.	4	2
		Mantenimiento	Yes	Materiales de baja calidad o mal especificados aumentan la frecuencia de mantenimiento requerido.	Incremento en costos de mantenimiento y desgaste prematuro de la infraestructura.	2	Implementar auditorías técnicas post-adjudicación y penalizaciones contractuales por incumplimiento de especificaciones.	4	2
		Eficacia	Yes	Las decisiones basadas en corrupción pueden afectar la ejecución adecuada del proyecto.	Disminución en la capacidad del proyecto para cumplir sus objetivos y generar valor.	2	Diseñar procesos de adjudicación basados en evaluaciones objetivas, verificables y públicas.	5	3
		Eficiencia	Yes	La corrupción distorsiona el uso racional de los recursos, aumentando costos innecesarios.	Pérdidas económicas directas y disminución del retorno social de la inversión.	2	Aplicar sistemas de control financiero con trazabilidad del gasto y participación ciudadana.	5	3
		Imparcialidad	Yes	Procesos amañados o poco transparentes generan desconfianza entre	Pérdida de legitimidad del proyecto, afectación reputacional y posibles sanciones legales.	3	Implementar políticas anticorrupción claras, firmadas por todos los	5	2

Categoría	Derechos Humanos	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
				stakeholders y competencia desleal.			contratistas, y denuncias anónimas verificables.		
 Competencia Justa	Competencia justa es la práctica de garantizar que todas las partes que deseen proporcionar productos o servicios al proyecto tengan las mismas oportunidades de competir y ganar. Requiere tomar medidas para asegurar que ninguna parte individual tenga una ventaja injusta debido al tamaño, la riqueza, la influencia o cualquier otro factor. Esto incluye hacer cumplir las leyes y regulaciones contra el comportamiento anticompetitivo, como la fijación de precios y la manipulación del mercado. Además, la competencia justa requiere la creación de procesos transparentes para licitaciones y adjudicaciones de contratos para	Vida Útil	Yes	Adjudicación a proveedores no calificados debido a favoritismo.	Productos de baja calidad o incumplimientos técnicos reducen la vida útil de los entregables del proyecto	2	Garantizar procesos de selección transparentes basados en criterios técnicos certificados.	4	2
		Mantenimiento	Yes	Elección de contratistas con historial negativo o sin capacidad técnica comprobada.	Aumenta la necesidad de correcciones y mantenimientos no previstos.	2	Verificar experiencia previa y capacidad técnica de cada oferente antes de la adjudicación.	4	2
		Eficacia	Yes	Desigualdad en los procesos de contratación afecta la ejecución del proyecto.	Las metas del proyecto pueden verse comprometidas por bajo desempeño de contratistas seleccionados sin mérito.	2	Exigir cumplimiento de estándares de calidad y desempeño como criterio obligatorio de adjudicación.	5	3
		Eficiencia	Yes	Selección de proveedores por conveniencia política o personal y no por eficiencia operativa.	Mal uso de los recursos, incremento en costos y tiempos de ejecución.	2	Implementar un sistema de puntuación objetiva que relacione experiencia, calidad y eficiencia del proveedor.	5	3
		Imparcialidad	Yes	Exclusión injustificada de competidores válidos y falta de transparencia en la adjudicación.	Pérdida de credibilidad institucional, conflictos legales y percepción negativa del proyecto.	3	Publicar todos los procesos de selección y resultados, permitiendo auditorías externas e internas.	5	2



Categoría	Derechos Humanos	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	garantizar oportunidades justas para empresas de todos los tamaños y tipos.								
 Tecnología Responsable	<p>Tecnología responsable es la práctica de tener en cuenta las implicancias éticas, legales y sociales al ejecutar proyectos que involucran tecnologías nuevas o emergentes. Esto incluye el desarrollo y la adhesión a marcos y políticas relacionados con la privacidad de datos, los derechos de propiedad intelectual, el impacto ambiental, la diversidad y la inclusión. La tecnología responsable también requiere garantizar que la tecnología se utilice de manera segura y responsable.</p>	Vida Útil	Yes	Tecnologías adquiridas sin considerar su durabilidad o posibilidad de actualización.	Obsolescencia prematura, necesidad de reemplazo frecuente y generación de residuos electrónicos.	2	Seleccionar plataformas tecnológicas actualizables, con soporte técnico a largo plazo y bajo consumo energético.	4	2
		Mantenimiento	Yes	Falta de planificación para el soporte técnico y mantenimiento de herramientas digitales utilizadas en obra.	Fallos en sistemas de seguimiento o coordinación por falta de soporte, afectando el flujo de trabajo.	2	Establecer acuerdos de mantenimiento y soporte con los proveedores tecnológicos desde la etapa de planificación.	4	2
		Eficacia	Yes	Elección de herramientas tecnológicas inadecuadas para el perfil técnico del equipo o incompatibles con procesos constructivos.	Baja adopción tecnológica, errores operativos, demoras en ejecución y pérdida de información.	2	Implementar capacitación y pruebas piloto previas a la adopción tecnológica generalizada en obra.	4	2
		Eficiencia	Yes	Implementación de múltiples sistemas tecnológicos sin integración, generando duplicidad de tareas o repcesos.	Incremento en tiempos operativos, pérdida de productividad y mayores costos administrativos.	2	Unificar las plataformas digitales bajo un sistema interoperable, evitando redundancias.	4	2
		Imparcialidad	Yes	Falta de equidad en el acceso a herramientas tecnológicas para todos los miembros del equipo de obra.	Desigualdad operativa, exclusión de ciertos trabajadores del flujo de información o decisiones.	2	Asegurar el acceso equitativo a las tecnologías y brindar apoyo personalizado según el perfil digital de cada colaborador.	4	2
 Afirmaciones Ecológicas y de Greenwashing	Afirmaciones Ecológicas son declaraciones realizadas por una organización para indicar que un producto o servicio ha sido diseñado y	Vidal Útil	Yes	Afirmar que la metodología híbrida mejora la sostenibilidad a largo plazo sin indicadores ni seguimiento posterior.	Pérdida de credibilidad futura del modelo, rechazo de adopción por parte de entidades públicas o privadas.	2	Establecer métricas de impacto sostenibles (ej. disminución de desperdicios, eficiencia en recursos) que puedan ser verificadas.	4	2


Categoría	Derechos Humanos	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	<p>producido de una manera que se considera ambientalmente responsable. Estas afirmaciones generalmente se relacionan con los esfuerzos de la organización para reducir su impacto ambiental, como el uso de materiales reciclados, fuentes de energía renovables y procesos de producción eficientes.</p>	Mantenimiento	Yes	No contar con un protocolo para evaluar periódicamente los impactos ambientales de la metodología.	Imposibilidad de ajustar el modelo en función de sus resultados reales, lo que debilita su valor en el tiempo.	2	Incluir en el modelo un componente de monitoreo ambiental, aunque sea teórico, con base en indicadores de obra.	4	2
		Eficacia	Yes	Comunicar beneficios ecológicos sin claridad sobre su relación directa con las actividades propuestas.	Confusión entre actores clave (clientes, instituciones, contratistas), disminuyendo la adopción de la metodología.	2	Alinear claramente cada afirmación ambiental con un resultado concreto del proyecto (menor desperdicio, menor consumo de recursos).	4	2
	<p>Greenwashing es la práctica de hacer afirmaciones falsas o engañosas para engañar a los consumidores haciéndoles creer que un producto o servicio es más ecológico de lo que realmente es. Esto se puede hacer a través de lenguaje engañoso, exageraciones u omisión de información relevante sobre las verdaderas prácticas ambientales de una organización</p>	Eficiencia	Yes	Uso de etiquetas “eco-friendly” en presentaciones del proyecto sin sustento en métricas reales o planes de acción.	Dilución del mensaje técnico del modelo y riesgo de desprestigio académico o profesional.	2	Evitar afirmaciones ecológicas generales. Utilizar únicamente datos comparativos cuando sea posible.	4	2
		Imparcialidad	Yes	Atribuir beneficios ecológicos sin reconocer limitaciones contextuales (obra específica, recursos, tipo de proyecto).	Percepción de parcialidad o favoritismo metodológico, reduciendo la aceptación en diferentes entornos de obra.	2	Incluir una sección de limitaciones ambientales en la propuesta metodológica, dejando claro que los beneficios dependen de su correcta implementación.	4	2

Impactos al Planeta									
Categoría	Transporte	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
 Comunicación Digital	Adquisición local es la práctica de adquirir productos y servicios de proveedores locales	Vida Útil	Yes	La adquisición de materiales desde zonas lejanas sin considerar la durabilidad local y su mantenimiento a largo plazo.	Aumento en el deterioro de materiales por incompatibilidad con las condiciones del entorno.	2	Fomentar la adquisición de insumos locales compatibles con el clima y condiciones constructivas del proyecto.	4	2
		Mantenimiento	Yes	Difícil reposición de insumos o partes al depender de proveedores externos, lo cual afecta el mantenimiento.	Mayor tiempo y costo para realizar mantenimientos o reparaciones en obra.	2	Establecer convenios con proveedores locales que garanticen soporte y disponibilidad postventa.	4	2
		Eficacia	Yes	Materiales o servicios adquiridos fuera del entorno local pueden no estar alineados con necesidades del proyecto.	Baja funcionalidad de los productos en obra, errores de compatibilidad o desempeño.	3	Realizar análisis técnico previo para validar la idoneidad de los recursos locales frente a las exigencias del proyecto.	4	1
		Eficiencia	Yes	Incremento en los costos logísticos y tiempos de entrega por el uso de proveedores lejanos.	Demoras en obra, aumento en huella de carbono por transporte prolongado.	3	Diseñar política de compras priorizando insumos de cercanía geográfica y menor impacto logístico.	5	2
		Imparcialidad	Yes	No brindar oportunidad de participación a proveedores regionales, sin evaluar su capacidad real.	Exclusión de actores locales y percepción de favoritismo en procesos de adquisición.	2	Incluir criterios de evaluación que contemplen propuestas locales en igualdad de condiciones técnicas.	4	2
	Comunicación digital es el uso de herramientas y plataformas digitales para comunicar sobre el proyecto. Estas herramientas pueden incluir sitios	Vida Útil	Yes	Falta de registro digital estructurado afecta el seguimiento histórico del proyecto.	Pérdida de trazabilidad de decisiones y acciones durante la ejecución.	1	Implementar plataformas colaborativas (como Trello, Planner o Notion) para documentar decisiones, avances, impedimentos y aprendizajes.	3	2
		Mantenimiento	Yes	La documentación de obra dispersa o poco accesible	Mayor dificultad para inspecciones,	2	Consolidar repositorio digital de planos,	3	1


Impactos al Planeta									
Categoría	Transporte	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
 Viajes y Desplazamientos	web, boletines por correo electrónico, cuentas de redes sociales, aplicaciones de mensajería y otros canales de comunicación digital.			digitalmente dificulta el mantenimiento posterior.	mantenimientos o mejoras futuras.		manuales y registros diarios, con control de versiones.		
		Eficacia	Yes	Retrasos en la comunicación de cambios técnicos u operativos al equipo en terreno	Reprocesos por ejecución desfasada respecto a decisiones recientes.	1	Usar canales digitales sincronizados como grupos cerrados de WhatsApp o herramientas tipo Slack para avisos críticos.	3	2
		Eficiencia	Yes	Flujo de información no estandarizado entre residentes, supervisores y contratistas.	Aumento del tiempo de coordinación y toma de decisiones.	1	Estandarizar reportes digitales diarios y formatos de comunicación en obra.	2	1
		Imparcialidad	Yes	Falta de canales digitales formales excluye a ciertos actores o limita su participación en decisiones.	Percepción de inequidad, conflictos y baja motivación.	1	Garantizar acceso equitativo a plataformas digitales y brindar capacitación básica al personal que lo requiera.	2	1
	Viajes y desplazamientos es el movimiento del personal relacionado con el proyecto entre diferentes locaciones. Los viajes y desplazamientos pueden incluir llegar al sitio del proyecto, asistir a reuniones fuera del sitio, realizar presentaciones fuera del sitio, recopilar datos y	Vida Útil	Yes	Exposición prolongada a desplazamientos sin protocolos adecuados puede afectar la salud del personal.	Agotamiento físico acumulativo, desgaste de personal clave y potencial reducción en su permanencia en el proyecto.	1	Establecer políticas de rotación de turnos con descansos programados y limitar desplazamientos innecesarios mediante reuniones virtuales.	3	2
		Mantenimiento	Yes	Alta frecuencia de desplazamientos sin control de rutas y medios utilizados puede aumentar el desgaste de vehículos y recursos logísticos.	Aumento de costos por mantenimiento correctivo de vehículos y equipos de transporte.	2	Implementar control de kilometraje, mantenimiento preventivo de la flota y priorizar transporte compartido o alternativo.	3	1
		Eficacia	Yes	Tiempo excesivo invertido en desplazamientos puede reducir el tiempo productivo en actividades estratégicas del proyecto.	Disminución del cumplimiento de metas diarias o semanales.	1	Programar reuniones de forma remota cuando sea posible y optimizar las rutas de traslado con herramientas de geolocalización.	2	1


Impactos al Planeta									
Categoría	Transporte	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	brindar apoyo fuera del sitio.	Eficiencia	Yes	Desplazamientos no optimizados generan gastos adicionales en viáticos, combustible y tiempos muertos.	Sobrepaso del presupuesto de operación y baja rentabilidad.	1	Establecer un protocolo de aprobación para viajes, con control de costos y uso de transporte eficiente o compartido.	3	2
		Imparcialidad	Yes	Asignación desigual de desplazamientos o traslados a ciertos miembros del equipo.	Generación de conflictos internos y desmotivación del personal afectado.	1	Definir roles y criterios equitativos para la asignación de desplazamientos, rotando tareas de campo entre los miembros del equipo.	2	1
 Logística	Logística es la planificación y ejecución de actividades relacionadas con el transporte de bienes, materias primas y servicios para uso del proyecto. La logística incluye actividades como la programación del transporte, la estimación de costos, la coordinación del personal y asegurarse de que todos los procedimientos necesarios se completen a tiempo.	Vida Útil	Yes	Mala planificación logística que retrasa entregas críticas, afectando la secuencia constructiva.	Acorta la vida útil del proyecto por ejecución acelerada, improvisada y de menor calidad.	3	Implementar planificación colaborativa de entregas mediante Last Planner System, definiendo hitos logísticos semanales.	4	1
		Mantenimiento	Yes	Adquisición de materiales sin trazabilidad ni especificaciones claras por presión logística.	Se utilizan productos no certificados que requieren mayor mantenimiento y sustituciones tempranas.	2	Establecer checklist de calidad y ficha técnica exigida antes de recibir insumos; crear actas de recepción.	4	2
		Eficacia	Yes	Fallas en la entrega de materiales justo a tiempo impiden ejecutar tareas programadas.	Retrasos en hitos de obra y pérdida de credibilidad ante stakeholders.	2	Integrar cronograma logístico al PAC, y hacer reuniones diarias para validar cumplimiento logístico.	4	2
		Eficiencia	Yes	Movilización repetida de materiales por mala distribución interna en obra.	Desperdicio de tiempo, mayor uso de maquinaria y duplicación de recursos.	3	Implementar layout logístico por frentes de trabajo y zonas de acopio optimizadas.	5	2
		Imparcialidad	Yes	Preferencia a proveedores externos por relaciones previas, sin evaluación objetiva.	Afectación a proveedores locales y falta de transparencia en contrataciones.	2	Aplicar matriz de evaluación objetiva (costo, tiempos, cumplimiento y trazabilidad) para selección logística.	4	2


Categoría	Energía	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
 <p>Consumo de Energía</p>	<p>Consumo de energía es la cantidad de energía utilizada por el proyecto a lo largo de su duración. Abarca todos los aspectos del uso de la energía, desde la iluminación de las oficinas hasta la energía necesaria para el transporte</p>	Vida Útil	Yes	Uso excesivo de maquinaria ineficiente o sin mantenimiento durante la ejecución del proyecto.	Incremento en la huella de carbono del proyecto, mayor desgaste de equipos y costos operativos elevados.	1	Implementar una política de mantenimiento preventivo para maquinaria, priorizar el uso de equipos energéticamente eficientes y realizar auditorías de consumo energético.	3	2
		Mantenimiento	Yes	Falta de seguimiento y monitoreo del consumo energético durante la ejecución del proyecto.	Dificultad para aplicar mejoras o correcciones energéticas a lo largo del proyecto.	1	Instalar sistemas de medición de consumo energético en frentes de obra, y establecer indicadores para el control energético por fase constructiva.	3	2
		Eficacia	Yes	Planificación inadecuada de la distribución energética en las actividades constructivas.	Actividades mal coordinadas que aumentan el tiempo de uso de equipos y desperdicio de energía.	1	Aplicar principios Lean para optimizar la secuencia de tareas, reduciendo tiempos muertos y la duración del uso de equipos energéticos.	2	1
		Eficiencia	Yes	Iluminación continua de áreas de trabajo fuera de horarios productivos.	Consumo innecesario de energía eléctrica y aumento en costos de operación.	1	Usar sistemas de iluminación con sensores de movimiento y luminarias LED de bajo consumo energético.	3	2
		Imparcialidad	Yes	Acceso desigual a equipos energéticamente eficientes por parte de diferentes subcontratistas del proyecto.	Brechas operativas que afectan el rendimiento general del proyecto y generan desigualdad en el acceso a recursos.	1	Establecer políticas de acceso equitativo a maquinaria eficiente para todos los contratistas y subcontratistas involucrados.	2	1
		 <p>Emisiones de GEI</p>	<p>Emisiones de gases de efecto invernadero son gases (principalmente dióxido de carbono y metano) liberados a la atmósfera como</p>	Vida Útil	Yes	Uso prolongado e ineficiente de maquinaria pesada que funciona con combustibles fósiles durante toda la ejecución del proyecto.	Elevadas emisiones acumuladas de CO ₂ y otros GEI que incrementan la huella ambiental del proyecto.	2	Renovar el parque de maquinaria hacia equipos más eficientes o eléctricos y programar paradas técnicas para minimizar tiempos ociosos.


Categoría	Energía	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	resultado directo de las actividades asociadas con el proyecto. Esto incluye las emisiones como resultado directo del consumo de energía del proyecto, así como las emisiones del transporte de bienes, materias primas y servicios adquiridos. También incluye las emisiones de GEI causadas por la distribución, operación y disposición del producto del proyecto	Mantenimiento	Yes	Falta de mantenimiento adecuado en vehículos y equipos genera combustión ineficiente y mayores emisiones.	Incremento innecesario de GEI por mal funcionamiento de equipos.	1	Aplicar un plan riguroso de mantenimiento preventivo y correctivo, con revisiones de emisiones incorporadas en los checklists de inspección.	3	2
		Eficacia	Yes	Falta de coordinación entre actividades que obliga a repetir procesos y genera consumo adicional de recursos.	Reprocesos y traslados innecesarios que aumentan las emisiones indirectas de GEI.	1	Aplicar Lean Construction y Last Planner para optimizar la coordinación operativa y reducir reprocesos y desplazamientos.	3	2
		Eficiencia	Yes	Transporte de materiales en rutas no optimizadas o con baja ocupación vehicular.	Aumento de emisiones indirectas por kilómetros recorridos y baja eficiencia logística.	2	Implementar un sistema de logística de transporte compartido, optimizar rutas y programar entregas por zonas o frentes de trabajo.	4	2
		Imparcialidad	Yes	Subcontratistas pequeños no tienen acceso a vehículos o equipos energéticamente eficientes.	Generación desigual de GEI entre actores del proyecto, afectando la equidad y la trazabilidad ambiental.	1	Establecer un estándar mínimo de emisiones por equipo y facilitar acceso a recursos más sostenibles mediante alianzas o arrendamientos.	2	1
 <p>Retorno de energías renovables y limpias</p>	Energía renovable, también llamada energía alternativa, es energía generada a partir de fuentes que se reponen a un ritmo más rápido de lo que se consumen. Estas fuentes incluyen energía solar, eólica, hidráulica y geotérmica. Retorno de energía limpia (Clean energy)	Vida Útil	No	No hay afectación					
		Mantenimiento	No	No hay afectación					
		Eficacia	No	No hay afectación					


Categoría	Energía	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	return -CER) se refiere a la cantidad de energía renovable generada por el proyecto o el producto del proyecto que excede la cantidad necesaria. El CER normalmente se devuelve a la red para que lo usen otros.	Eficiencia	No	No hay afectación					
		Imparcialidad	No	No hay afectación					


Categoría	Tierra, Aire y Agua	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
 <p>Diversidad Biológica</p>	Diversidad biológica, también conocida como biodiversidad, se refiere a la variedad de formas de vida en la Tierra. Incluye todos los ecosistemas y todas las especies de plantas, animales, bacterias, hongos y microorganismos que conforman un ambiente o hábitat particular. También incluye todas las variaciones	Vida Útil	Yes	La intervención en zonas cercanas a ecosistemas puede generar efectos residuales a largo plazo sobre especies vegetales o animales locales, alterando el equilibrio del hábitat.	Pérdida de biodiversidad nativa, afectación al equilibrio ecológico de largo plazo.	1	Delimitar claramente el área de intervención en obra, aplicar cercado de protección en zonas verdes cercanas, y capacitar al personal en prácticas ambientales.	3	2
		Mantenimiento	Yes	Obras mal ejecutadas pueden requerir intervenciones futuras que reimpacten zonas naturales sensibles.	Mayor frecuencia de ingreso a zonas verdes para correcciones o mantenimientos, generando nuevas afectaciones.	1	Optimizar ejecución desde el inicio con controles de calidad y sostenibilidad, para evitar futuros ingresos a zonas ecológicamente frágiles.	2	1

Categoría	Tierra, Aire y Agua	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	genéticas de esas especies.	Eficacia	Yes	El desconocimiento del entorno natural puede afectar la correcta localización de instalaciones temporales, generando conflictos operativos.	Desviaciones en cronograma o problemas logísticos por no considerar zonas protegidas o sensibles.	1	Incluir en la planificación inicial un diagnóstico ambiental básico con restricción de áreas de alta sensibilidad.	2	1
		Eficiencia	Yes	Uso ineficiente del terreno por falta de zonificación ambiental puede llevar a afectaciones evitables sobre ecosistemas vecinos.	Mayor consumo de recursos y tiempo por reubicación de áreas de trabajo o sanciones ambientales.	1	Implementar zonificación ecológica funcional durante la fase de planificación, integrando criterios ambientales con Lean Construction.	3	2
		Imparcialidad	Yes	No considerar la biodiversidad puede generar tensiones con comunidades que valoran los recursos naturales o áreas protegidas.	Conflictos sociales o reclamos por parte de la comunidad y ONGs ambientales.	1	Incluir actores ambientales locales como interesados del proyecto y socializar el plan de intervención ecológica.	3	2
 Calidad del Aire y del Agua	Calidad del aire y el agua implica medidas de contaminación en el aire y las fuentes de agua.	Vida Útil	Yes	Emisión de partículas y gases contaminantes durante actividades repetitivas sin controles adecuados.	Acumulación de contaminantes reduce la calidad ambiental durante y después del proyecto.	1	Implementar sistemas de monitoreo ambiental, protocolos de control de polvo, y tecnologías de maquinaria con bajas emisiones.	3	2
		Mantenimiento	Yes	Vertimientos accidentales y obstrucción de sistemas de drenaje por mala gestión de residuos líquidos.	Deterioro de fuentes hídricas y aumento de costos de saneamiento posterior.	2	Capacitación sobre manejo de residuos líquidos, uso de bandejas de contención y mantenimiento preventivo de canales y filtros.	4	2

Categoría	Tierra, Aire y Agua	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
		Eficacia	Yes	Interrupciones por sanciones ambientales o bloqueos comunitarios frente a contaminación generada	Pérdida de continuidad operativa y de confianza institucional.	1	Socialización de medidas ambientales, uso de sistemas de contención y protocolos rápidos de mitigación en campo.	3	2
		Eficiencia	Yes	Uso ineficiente de recursos hídricos para limpieza, mezclas o actividades de obra.	Desperdicio de agua potable y aumento de costos operativos	1	Implementar sistemas de recirculación de agua, capacitación sobre uso racional y control de fugas.	3	2
		Imparcialidad	Yes	Mayor afectación a comunidades cercanas por contaminación del aire o agua no controlada.	Percepción de injusticia ambiental, conflictos sociales y demandas.	2	Mapear áreas vulnerables, establecer mecanismos de monitoreo conjunto con la comunidad y canales de denuncia.	4	2
 Consumo de Agua	Consumo de agua es el uso de agua durante las actividades del proyecto. Aunque los proyectos de construcción, manufactura y agricultura son probablemente los principales usuarios de agua, en alguna medida todos los proyectos utilizan agua.	Vida Útil	Yes	El proyecto no contempla estrategias para reducir o optimizar el uso de agua durante su ejecución ni promueve sistemas sostenibles de consumo a lo largo de su operación.	Aumenta el desgaste de fuentes hídricas, afectando la disponibilidad futura y comprometiendo la sostenibilidad de futuras fases constructivas o mantenimiento.	1	Implementar tecnologías de ahorro de agua (válvulas eficientes, mezclas premezcladas, sistemas de recirculación) y estrategias de educación al equipo de obra.	3	2
		Mantenimiento	Yes	No se consideran prácticas para la reducción del consumo de agua durante tareas de mantenimiento del producto del proyecto.	Mayor demanda de agua en actividades de mantenimiento, generando costos recurrentes y afectaciones ambientales sostenidas.	1	Diseñar protocolos de mantenimiento con bajo consumo hídrico y uso de tecnologías secas o de limpieza con vapor.	2	1


Categoría	Tierra, Aire y Agua	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
		Eficacia	Yes	Uso desmedido del agua reduce la eficacia global del proyecto al no considerar el recurso como un factor crítico en la planificación.	Aumenta la probabilidad de retrasos y conflictos si hay restricciones en el suministro de agua.	1	Establecer indicadores de uso racional del agua y controlar el volumen consumido por fase constructiva.	3	2
		Eficiencia	Yes	El desperdicio de agua representa costos adicionales y desaprovechamiento de recursos.	Eleva los costos directos e indirectos por mayor consumo, pérdida de insumos y sobrecarga logística.	1	Instalar medidores, fomentar la reutilización de agua en limpieza y pruebas hidráulicas, e incentivar buenas prácticas.	3	2
		Imparcialidad	Yes	El alto consumo de agua por parte del proyecto puede generar tensiones con la comunidad si se percibe una afectación al acceso equitativo.	Riesgo de rechazo social, protestas o sanciones por uso desproporcionado del recurso frente a necesidades locales.	2	Diseñar una política de uso responsable del agua e informar a la comunidad sobre las acciones de mitigación e impacto positivo.	4	2
 Desplazamiento de Agua	Desplazamiento de agua es la práctica de desviar las fuentes de agua que han sido interrumpidas por el proyecto lejos de las áreas que son propensas a inundaciones y contaminación. Los métodos incluyen la construcción de represas, el desvío del flujo de agua, la construcción de humedales artificiales, el paisajismo con	Vida Útil	Yes	Alteraciones hídricas mal gestionadas pueden comprometer la estabilidad estructural, generar socavaciones o degradar los cimientos con el paso del tiempo.	Puede generar daños estructurales permanentes, comprometiendo la durabilidad de la infraestructura.	1	Diseñar e implementar un plan de manejo hídrico con estudios de escorrentía, sistemas de drenaje apropiados y protecciones en cimentaciones.	4	3
		Mantenimiento	Yes	La acumulación o filtración inadecuada de agua genera deterioro en obras civiles que requiere mantenimientos costosos y frecuentes.	Aumenta la necesidad de intervenciones correctivas y genera interrupciones operativas.	2	Implementar sistemas de drenaje temporales y definitivos, con protocolos de mantenimiento periódico y monitoreo del comportamiento hídrico.	3	1


Categoría	Tierra, Aire y Agua	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	jardines infiltrantes (rain gardens) y la instalación de barreras contra inundaciones. El desplazamiento de agua es principalmente un problema con los proyectos de construcción, manufactura y agricultura	Eficacia	Yes	Inundaciones o encharcamientos causan parálisis de frentes de trabajo y afectan el cumplimiento del cronograma de obra.	Disminuye la capacidad de cumplir metas y entregables planificados.	2	Instalar canales perimetrales, zanjas de drenaje y filtros desde las primeras fases, para evitar interrupciones de actividades.	4	2
		Eficiencia	Yes	La falta de medidas de drenaje ocasiona retrabajos, improductividad y sobrecostos en logística y recursos.	Aumenta el uso de maquinaria para correcciones y reduce la eficiencia operativa del proyecto.	2	Diseñar soluciones de control hídrico temporales adaptadas a cada frente de obra y capacitar al equipo para su instalación oportuna.	4	2
		Imparcialidad	Yes	Si no se considera el impacto hídrico en predios aledaños, pueden generarse conflictos comunitarios y demandas por afectaciones.	Genera tensiones sociales, pérdida de reputación y posibles sanciones legales.	1	Incluir estudios de impacto hídrico y social en el diseño del proyecto, establecer canales de diálogo con vecinos y aplicar medidas preventivas como barreras o jardines infiltrantes.	3	2
 Erosión y Regeneración de Suelos	Erosión del suelo es la pérdida de la capa superior del suelo debido a actividades humanas como la construcción en general, la construcción de carreteras o las prácticas agrícolas. Puede verse exacerbado por cambios en la cobertura natural del suelo y puede	Vida Útil	Yes	La erosión en zonas adyacentes a cimentaciones puede comprometer la estabilidad de estructuras a largo plazo.	Riesgo de asentamientos diferenciales, debilitamiento de taludes o colapsos prematuros.	1	Aplicar técnicas de estabilización como geomallas, siembra de coberturas vegetales y muros de contención en áreas críticas.	4	3
		Mantenimiento	Yes	La pérdida de suelo fértil y compactación puede generar sedimentación en drenajes, requerimientos frecuentes de limpieza y mantenimiento.	Aumenta la frecuencia de mantenimiento y reduce la funcionalidad del sistema hidráulico y vial.	1	Diseñar obras provisionales de control de sedimentos (zanjas de infiltración, trampas de sedimento) y	3	2


Categoría	Tierra, Aire y Agua	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	tener efectos negativos significativos en los ecosistemas locales. Al igual que con el desplazamiento del agua, la erosión del suelo es principalmente un problema con los proyectos de construcción, manufactura y agricultura.						programas de mantenimiento preventivo.		
		Eficacia	Yes	La erosión mal controlada puede detener frentes de trabajo, generar riesgos de colapso en excavaciones o taludes inestables.	Paraliza actividades clave, afectando el cumplimiento de metas y cronogramas.	2	Estabilizar taludes temporal y permanentemente, instalar barreras de control de escorrentía y definir protocolos de actuación ante deslizamientos.	4	2
		Eficiencia	Yes	La necesidad de mover tierra erosionada, reestablecer niveles y corregir pendientes genera retrabajos y uso adicional de maquinaria.	Aumenta los costos y tiempos operativos sin generar valor adicional.	2	Incorporar planificación topográfica eficiente desde el diseño, ejecutar fases de excavación con técnicas de control por etapas.	4	2
		Imparcialidad	Yes	La erosión puede extenderse fuera del predio, afectando tierras agrícolas vecinas o propiedades privadas, sin mitigación ni compensación.	Causa conflictos comunitarios, denuncias ambientales y pérdida de licencia social para operar.	1	Realizar estudios de impacto ambiental y social con participación de comunidades, definir medidas compensatorias y mecanismos de monitoreo participativo.	3	2
 Contaminación Acústica	Contaminación acústica es la creación de sonidos excesivos, desagradables o perturbadores que pueden disminuir la calidad de vida. La	Vida Útil	Yes	La exposición continua de la comunidad al ruido del proyecto puede generar rechazo social, denuncias y bloqueos, comprometiendo la continuidad y aceptación a largo plazo del proyecto.	El ruido constante y excesivo puede generar rechazo de la comunidad hacia el proyecto, dificultando su aceptación y continuidad futura, afectando la	1	Implementar barreras acústicas temporales, limitar horarios de operación ruidosa y realizar monitoreos continuos de niveles sonoros.	3	2


Categoría	Tierra, Aire y Agua	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	contaminación acústica puede ser causada por actividades tales como voladuras (blasting), tráfico de vehículos pesados, embotellamientos y operación de maquinaria o equipo.				sostenibilidad social a largo plazo.				
		Mantenimiento	Yes	El ruido excesivo en áreas de trabajo puede generar daño auditivo al personal operativo, afectando su salud y disponibilidad para realizar mantenimientos preventivos o correctivos.	Ambientes laborales con altos niveles de ruido pueden afectar la salud auditiva de los trabajadores, generando incapacidades y afectando la capacidad del equipo para operar adecuadamente en etapas posteriores.	1	Dotar al personal de EPP auditivo adecuado, capacitar en buenas prácticas y realizar pausas activas en ambientes menos ruidosos.	2	1
		Eficacia	Yes	Las condiciones acústicas elevadas dificultan la comunicación verbal efectiva entre los trabajadores en campo, provocando errores de ejecución, accidentes y baja coordinación.	El ruido excesivo puede interferir en la comunicación entre equipos, reduciendo la coordinación y aumentando errores o accidentes, lo cual disminuye la eficacia operativa.	2	Señalización visual complementaria, protocolos de comunicación no verbal y reuniones operativas en espacios alejados del ruido.	3	1
		Eficiencia	Yes	El ruido ambiental intenso genera fatiga mental y estrés en los trabajadores, disminuyendo su rendimiento y capacidad de concentración en las tareas asignadas.	Ambientes ruidosos generan fatiga y estrés, afectando la concentración y reduciendo la productividad del equipo de trabajo.	1	Rotación de personal en áreas de alto ruido, tiempos de descanso estructurados y reducción de maquinaria simultánea.	3	2

Categoría	Tierra, Aire y Agua	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
		Imparcialidad	Yes	El impacto del ruido afecta de forma desigual a ciertos grupos vulnerables, como adultos mayores, niños o comunidades cercanas al proyecto que no fueron consultadas previamente.	Si no se gestionan adecuadamente los impactos acústicos, se puede generar una percepción de desigualdad al afectar más a ciertos sectores de la comunidad o trabajadores.	1	Realizar mapas de ruido, socializar con la comunidad los planes de mitigación e incluir sus aportes en la toma de decisiones.	2	1


Categoría	Consumo	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	<p>Reciclaje implica transformar un elemento de desecho en uno útil. Los artículos que se pueden reciclar van desde botellas de agua de plástico hasta computadoras y generadores eléctricos.</p> <p>Reutilización implica usar el mismo artículo una y otra vez o encontrarle un nuevo propósito</p>	Vida Útil	Yes	Uso único de materiales que podrían ser reutilizados en otras fases o proyectos, reduciendo su ciclo de vida útil.	Generación innecesaria de residuos, aumento de la huella ambiental, y mayor extracción de recursos.	1	Establecer un protocolo de segregación de residuos y una base de datos de materiales reutilizables. Incentivar el reúso en obra o su donación para otros usos comunitarios.	3	2
		Mantenimiento	Yes	Falta de trazabilidad en el uso de materiales reciclados puede dificultar su monitoreo o mantenimiento posterior.	Posible desgaste acelerado si no se controlan las condiciones de reutilización.	1	Etiquetar e inventariar los materiales reciclados/reutilizados, incluyendo fecha, ubicación y condición para garantizar su seguimiento.	2	1
		Eficacia	Yes	Ausencia de políticas claras sobre reciclaje reduce la eficacia del proceso constructivo y genera acumulación de desperdicios.	Mayor tiempo y recursos invertidos en manejar residuos no reutilizados.	1	Incluir metas de reciclaje y reutilización dentro del plan de gestión de obra, asignando responsabilidades	3	2


Categoría	Consumo	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
							específicas al equipo.		
		Eficiencia	Yes	Falta de procesos para reincorporar residuos útiles al flujo de trabajo (ej., encofrados, empaques reutilizables).	Desperdicio de recursos físicos y financieros, aumento del volumen de compra.	1	Aplicar principios Lean para detectar puntos donde los materiales pueden tener múltiples ciclos de uso antes de desecharse.	3	2
		Imparcialidad	Yes	Ausencia de procesos participativos para la disposición, reutilización o donación de materiales puede excluir a comunidades o grupos locales.	Desaprovechamiento de recursos con valor social o comunitario.	1	Establecer canales con organizaciones sociales o vecinales para donar materiales reciclables y promover economía circular local.	2	1
 <p>Disposición / Eliminación</p>	<p>Eliminación de bienes y materiales es la práctica de deshacerse de elementos que ya no se necesitan o no se desean para el proyecto. Esto incluye la eliminación de residuos peligrosos y no peligrosos de acuerdo con las leyes y regulaciones pertinentes.</p> <p>Disposición de activos es el proceso de deshacerse de un elemento que ha llegado al final de su vida útil. Esto incluye todo, desde</p>	Vida Útil	Yes	Eliminación anticipada de activos que aún podrían tener valor funcional o de recuperación.	Reducción innecesaria de la vida útil de materiales y equipos, aumento de la demanda de nuevos recursos.	1	Aplicar principios de economía circular, evaluando la posibilidad de reacondicionar o reutilizar materiales antes de disponerlos.	3	1
		Mantenimiento	Yes	Ausencia de registro de condiciones finales de activos o residuos descartados.	Dificulta trazabilidad de equipos desechados y su mantenimiento preventivo hasta su disposición.	1	Implementar un sistema de inventario que registre fecha de baja, motivo, condición final y destino del bien eliminado.	2	1
		Eficacia	Yes	Falta de planificación en la eliminación de residuos y bienes genera acumulación y desorden en obra.	Riesgo de contaminación, pérdida de espacio y obstaculización de actividades productivas.	1	Diseñar un cronograma de disposición progresiva alineado al avance del proyecto y las normativas	3	2


Categoría	Consumo	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
 <p>Contaminación y Polución</p>	productos electrónicos de consumo hasta infraestructura pública, como carreteras y puentes. En general, los activos no deben eliminarse hasta que ya no sean aptos para su uso.						ambientales vigentes.		
		Eficiencia	Yes	Costos elevados por manejo improvisado de residuos y activos sin política de eliminación eficiente.	Incremento de gastos operativos y uso ineficiente de recursos logísticos.	1	Tercerizar la gestión de residuos con operadores autorizados que optimicen los procesos y reduzcan los costos.	3	2
		Imparcialidad	Yes	Eliminación de materiales útiles sin considerar beneficios sociales (donación, reutilización comunitaria).	Pérdida de oportunidad para apoyar programas sociales o reducir la inequidad local.	1	Establecer convenios con instituciones educativas o fundaciones para disponer responsablemente de activos reutilizables.	2	1
	Contaminación y polución es la liberación de materiales de desecho o sustancias peligrosas en el medio ambiente. Casi siempre tendrá un impacto negativo en los ecosistemas y la salud humana. La contaminación y la polución ocurren con mayor frecuencia debido a prácticas negligentes en la fabricación, la construcción, la	Vida Útil	Yes	Descarga de contaminantes en fuentes de agua o suelo, que reducen su capacidad productiva a largo plazo.	Degradación ambiental permanente del entorno, afectando la vida útil de ecosistemas adyacentes.	2	Implementar barreras de contención, sistemas de tratamiento primario y monitoreo ambiental periódico.	4	2
		Mantenimiento	Yes	Falta de mantenimiento a maquinaria y equipos que generan fugas o emisiones contaminantes.	Contaminación por hidrocarburos o gases, aumento del deterioro ambiental.	1	Establecer un plan preventivo de mantenimiento de equipos y control de fugas con registros técnicos.	3	2
		Eficacia	Yes	Vertimiento desorganizado de residuos, sin rutas de evacuación o contenedores definidos.	Caos operativo, incremento de riesgos para la salud y sanciones regulatorias.	1	Diseñar rutas de recolección de residuos, asignar responsables y garantizar	3	2

Categoría	Consumo	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	agricultura y las industrias relacionadas que generan materiales de desecho o productos químicos peligrosos, pero también pueden ocurrir en otros proyectos que hacen un mal trabajo de eliminación						disposición técnica de materiales peligrosos.		
		Eficiencia	Yes	Gastos adicionales en limpieza, tratamiento o sanciones por mal manejo de residuos.	Aumento del costo total del proyecto y reducción del margen operativo.	1	Capacitar al personal en manejo de residuos y asegurar una correcta separación en la fuente.	3	2
		Imparcialidad	Yes	Exposición desproporcionada de comunidades vulnerables a los contaminantes generados por el proyecto.	Desigualdad en la afectación ambiental y social, pérdida de confianza por parte de la comunidad.	2	Diseñar planes de manejo ambiental con participación comunitaria y enfoque en zonas de riesgo.	4	2
 <p>Generación de Residuos</p>	Generación de residuos es la creación de cualquier exceso o materiales o subproductos innecesarios durante el proyecto. Esto incluye todo, desde suministros y materiales sobrantes hasta energía desperdiciada.	Vida Útil	Yes	Acumulación de residuos no aprovechados reduce la capacidad funcional y operativa de las zonas de obra.	Afecta la disponibilidad y condiciones del entorno, disminuyendo su vida útil para nuevos proyectos o ampliaciones.	1	Optimizar la planificación de compras, implementar control de materiales y fomentar el uso de prefabricados.	3	2
		Mantenimiento	Yes	Desechos acumulados dificultan el mantenimiento de maquinaria y de la zona de trabajo.	Incremento en deterioro de equipos, aumento del riesgo de accidentes o fallas mecánicas.	1	Establecer áreas limpias de almacenamiento, cronogramas de recolección de residuos y separación en la fuente.	3	2
		Eficacia	Yes	Producción innecesaria de residuos por errores de ejecución o mal uso de materiales.	Menor eficacia operativa, necesidad de reprocesos y pérdida de recursos.	2	Capacitación del personal, uso de BIM y control de avances con metodología Lean para reducir desperdicio.	4	2


Categoría	Consumo	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
		Eficiencia	Yes	Procesos constructivos ineficientes que generan sobrantes o insumos no utilizados.	Aumento en los costos del proyecto y mayor tiempo de ejecución.	1	Aplicar principios de Lean Construction, Just in Time y control de inventarios en tiempo real.	3	2
		Imparcialidad	Yes	Disposición inadecuada de residuos afecta zonas aledañas habitadas por comunidades vulnerables.	Impacto ambiental y social desigual, generando tensión comunitaria y posibles sanciones.	2	Diseñar plan de gestión de residuos con participación comunitaria y protocolos de monitoreo ambiental.	4	2

Impactos a la Prosperidad									
Categoría	Factibilidad del Proyecto	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
 Análisis del Caso de Negocio	Análisis del caso de negocio es el proceso de desarrollar un caso de negocio que justifique el inicio o la continuación del proyecto. Se trata de analizar la lógica que sustenta la financiación del proyecto. Esto requiere identificar los beneficios y dis-beneficios (perjuicios) esperados, los	Vida Útil	Yes	No evaluar los beneficios a largo plazo del enfoque híbrido impide prever su sostenibilidad como metodología aplicable a futuros proyectos.	Riesgo de que la propuesta no trascienda el proyecto actual, limitando su réplica y evolución.	1	Elaborar un mini-caso de negocio que proyecte impactos positivos a largo plazo en productividad, calidad y repetibilidad del modelo.	3	2
		Mantenimiento	Yes	No se establece un análisis que justifique mantener e institucionalizar el enfoque híbrido en futuras implementaciones o fases del proyecto.	Se pierde la oportunidad de integrar la propuesta como una práctica estándar dentro de los procesos organizacionales.	1	Incluir el análisis del caso de negocio en el PFG como parte de las lecciones aprendidas y recomendación estratégica de adopción futura.	3	2

Impactos a la Prosperidad									
Categoría	Factibilidad del Proyecto	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	costos e ingresos probables, los requisitos de personal, los principales riesgos, las alternativas de cronograma y los impactos en las partes interesadas asociados con un proyecto propuesto	Eficacia	Yes	Sin justificación económica ni técnica, el enfoque híbrido puede no ser aprobado o aplicado correctamente, reduciendo su impacto.	Debilita la capacidad de lograr los resultados esperados en la ejecución del proyecto.	2	Presentar un análisis que conecte el enfoque híbrido con mejores resultados en hitos, entregables y calidad final.	4	2
		Eficiencia	Yes	Sin evidencia de eficiencia, se pueden desaprovechar recursos técnicos y humanos en la aplicación de la metodología.	Incremento de costos o tiempos por falta de respaldo técnico-operativo.	1	Comparar costos evitados por reprocesos y demoras entre el enfoque predictivo puro y el modelo híbrido propuesto.	3	2
		Imparcialidad	Yes	Decidir implementar el enfoque híbrido sin considerar los intereses de todas las partes puede generar fricciones o falta de aceptación.	Se afecta la legitimidad del proyecto y la colaboración entre actores.	1	Incluir opiniones de residentes, supervisores, equipo técnico y cliente en la justificación del enfoque híbrido para asegurar aceptación.	3	2
 Análisis Financiero	Análisis financiero es el proceso de evaluación del proyecto desde una perspectiva monetaria. Por lo general, se utiliza para analizar si el proyecto requiere financiamiento inicial o adicional.	Vida Útil	Yes	Falta de evaluación financiera de las decisiones técnicas durante la ejecución, lo que limita la sostenibilidad a largo plazo de la obra.	Riesgo de que decisiones mal fundamentadas aumenten los costos operativos y de mantenimiento futuro	1	Incluir análisis de costos indirectos y del ciclo de vida en la fase de ejecución, especialmente al evaluar cambios, materiales o secuencias constructivas.	3	2
		Mantenimiento	Yes	Desconexión entre las decisiones financieras tomadas durante la ejecución y los requerimientos de mantenimiento futuros.	Incremento en los costos post-obra y en la frecuencia de intervenciones por decisiones de corto plazo.	2	Integrar criterios de costo total de propiedad (TCO) en las decisiones técnicas y de programación durante la obra.	3	1


Impactos a la Prosperidad									
Categoría	Factibilidad del Proyecto	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
		Eficacia	Yes	Desconocimiento del impacto financiero de las ineficiencias operativas y fallos en la planificación.	Dificultad para justificar el valor agregado del enfoque híbrido ante los actores clave del proyecto.	1	Aplicar métricas económicas para validar el impacto de las prácticas ágiles y Lean en la obra (por ejemplo, ahorro por reducción de reprocesos o tiempos ociosos).	2	1
		Eficiencia	Yes	Ausencia de un seguimiento financiero detallado de los efectos de las mejoras introducidas por la metodología híbrida.	Pérdida de oportunidades de escalabilidad o replicación del modelo por falta de evidencia económica.	1	Establecer indicadores económicos de eficiencia (costo por m ³ construido, costo por actividad optimizada, etc.) como parte del sistema de control del proyecto.	3	2
		Imparcialidad	Yes	Los criterios financieros usados durante la ejecución pueden beneficiar solo a ciertos contratistas o actividades, sin considerar impactos globales del proyecto.	Generación de inequidad entre partes interesadas del proyecto (proveedores, comunidad, contratistas).	1	Alinear los criterios financieros a una visión integral del proyecto que contemple impactos para todos los actores involucrados.	2	1
	Retorno social de la inversión (SROI) es un marco para medir y rendir cuentas de los productos y resultados de los proyectos al incluir los costos y beneficios sociales y ambientales junto	Vida Útil	Yes	Falta de medición del impacto social a largo plazo generado por prácticas de gestión innovadoras.	Desconocimiento de los beneficios sostenibles que podrían consolidar el enfoque híbrido como modelo replicable.	1	Implementar métricas SROI para documentar beneficios en bienestar comunitario, capacidades instaladas y calidad de vida posterior al proyecto.	3	2



Impactos a la Prosperidad									
Categoría	Factibilidad del Proyecto	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	con los económicos tradicionales. Se basa en la idea de que los proyectos crean valor de otras maneras además de los rendimientos financieros. Por ejemplo, un proyecto de desarrollo comunitario puede crear valor al mejorar la salud y el bienestar de los residentes, reducir el crimen y aumentar la cohesión social	Mantenimiento	Yes	No se considera el valor social generado por mantener procesos colaborativos y comunitarios tras la ejecución.	Desvinculación del proyecto con su entorno al finalizar, afectando sostenibilidad a largo plazo.	1	Integrar criterios SROI en la planificación de mantenimiento, priorizando el uso de mano de obra local y comunicación transparente postobra.	2	1
		Eficacia	Yes	El enfoque del proyecto solo se basa en entregables técnicos, sin considerar el valor generado en otras dimensiones.	Limitación para evidenciar los impactos transformadores del proyecto en el entorno humano y ambiental.	1	Desarrollar indicadores que midan beneficios sociales como mejora en el empleo, participación ciudadana o reducción de riesgos en obra.	3	2
		Eficiencia	Yes	Falta de integración de los beneficios no económicos en la evaluación del rendimiento del proyecto.	Visión limitada del valor entregado, lo que podría restringir la adopción de enfoques más integrales.	1	Ampliar el análisis costo-beneficio para incluir indicadores sociales y ambientales que justifiquen las prácticas aplicadas.	3	2
		Imparcialidad	Yes	El análisis del proyecto no considera cómo los beneficios se distribuyen entre los distintos grupos sociales involucrados.	Riesgo de inequidad y pérdida de legitimidad si los beneficios se concentran en ciertos actores.	1	Aplicar el SROI para garantizar que los beneficios del proyecto se distribuyan equitativamente entre trabajadores, comunidad, contratistas y usuarios.	2	1

Impactos a la Prosperidad									
Categoría	Factibilidad del Proyecto	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
 <p>Modelado y Simulación</p>	<p>Modelado es la creación de una representación física, matemática o lógica del proyecto utilizando sus características representativas.</p> <p>Simulación es el uso de un modelo para comprender los efectos potenciales de condiciones y elecciones alternativas dada la incertidumbre en las variables de entrada. Puede ser especialmente útil en el contexto del proyecto donde sus características a menudo interactúan de manera impredecible</p>	Vida Útil	Yes	No modelar interacciones clave del cronograma afecta la proyección real de los resultados a largo plazo.	Obras mal planificadas presentan mayores fallas funcionales o necesidad de reintervención en menor tiempo.	1	Utilizar simulaciones para prever cuellos de botella, tiempos muertos y sobrecargas, optimizando durabilidad y desempeño de la obra.	3	2
	Mantenimiento	Yes	Ausencia de simulaciones que evalúen el acceso y facilidad de mantenimiento en diseños operativos.	Incremento de costos operativos y tiempos de parada por dificultades en las labores de mantenimiento.	1	Incluir simulaciones en fase de planificación para validar accesos, ciclos de mantenimiento y compatibilidad de espacios técnicos.	2	1	
	Eficacia	Yes	Desconocimiento de cómo impactan las decisiones de planificación en la coordinación y entrega efectiva del proyecto.	Metas incumplidas, falta de sincronización entre equipos, retrasos acumulados.	1	Simular cronogramas bajo condiciones variables para garantizar coordinación adecuada entre disciplinas y cumplir con los entregables.	3	2	
	Eficiencia	Yes	No simular secuencias constructivas con datos reales o estimados.	Desperdicio de recursos, horas improductivas y baja rentabilidad del proyecto.	1	Aplicar modelos tipo flujo continuo (Lean) para balancear cargas, reducir desperdicios y secuenciar tareas de forma óptima.	3	2	
	Imparcialidad	Yes	Falta de simulaciones impide detectar efectos no deseados en actores internos o externos (como	Aumento de conflictos laborales o comunitarios por malas decisiones	1	Simular impactos operativos en equipos y comunidades para distribuir cargas y	2	1	


Impactos a la Prosperidad									
Categoría	Factibilidad del Proyecto	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
				sobrecarga de un equipo específico).	logísticas o comunicacionales.		afectaciones de forma equitativa.		

Categoría	Agilidad Empresarial	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
 <p>Flexibilidad Opcionalidad</p>	Flexibilidad es la capacidad de adaptarse a circunstancias o situaciones cambiantes. Requiere la capacidad de modificar planes o enfoques ante desafíos inesperados.	Vida Útil	Yes	Falta de alternativas metodológicas y poca adaptabilidad del modelo tradicional frente a eventos inesperados durante la ejecución.	Reduce la capacidad de adaptación ante imprevistos, afectando la continuidad y estabilidad del proyecto a largo plazo.	1	Diseñar una metodología híbrida que permita cambios sin afectar la estructura global del proyecto.	3	2
	Opcionalidad significa tener múltiples soluciones u opciones disponibles. Significa que el proyecto no está restringido por un solo enfoque. Opcionalidad significa que el proyecto es capaz de soportar diferentes	Mantenimiento	Yes	Planificaciones rígidas impiden ajustes operativos o mejoras de proceso durante el ciclo de vida del proyecto.	Dificulta incorporar aprendizajes o soluciones correctivas, impactando negativamente la gestión futura de obras.	1	Incluir herramientas de revisión periódica como retrospectivas y actualización continua del cronograma.	2	1
		Eficacia	Yes	Imposibilidad de adoptar soluciones específicas para problemas no previstos.	Pérdida de oportunidad de implementar mejoras personalizadas que optimicen los resultados.	1	Integrar marcos adaptativos (Scrum, Last Planner) que permitan soluciones a medida según el avance del proyecto.	3	2
		Eficiencia	Yes	Recursos subutilizados por no poder redirigir esfuerzos según el comportamiento real del proyecto	Mayor gasto operativo y desperdicio de tiempo, materiales y talento humano.	1	Establecer un sistema de toma de decisiones ágil con múltiples opciones de respuesta ante desviaciones.	3	2

Categoría	Agilidad Empresarial								
Elemento	Descripción	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
	resultados con diferentes productos sin tener que empezar de nuevo.	Imparcialidad	Yes	Preferencia por métodos únicos que no consideran las necesidades de distintos actores del proyecto.	Desbalance en la participación de los interesados y falta de equidad en la toma de decisiones.	1	Garantizar espacios participativos y mecanismos de retroalimentación activa para elegir el enfoque adecuado en cada fase.	2	1
 <p>Resiliencia</p>	Resiliencia es la capacidad del proyecto para recuperarse o adaptarse fácilmente a condiciones adversas, como fluctuaciones extremas del mercado, inestabilidad política o económica, desastres naturales o emergencias de salud. La resiliencia no hace que los problemas desaparezcan: significa tener la capacidad de hacerles frente a pesar del estrés inesperado.	Vida Útil	Yes	Ausencia de planes adaptativos ante eventos extremos o imprevistos durante la ejecución.	Riesgo de colapso parcial o total del proyecto ante crisis, afectando su durabilidad y propósito a largo plazo.	1	Incorporar estrategias de gestión de riesgos con rutas de acción ante posibles escenarios adversos.	3	2
		Mantenimiento	Yes	Falta de procedimientos estandarizados para la recuperación y continuidad de la operación en condiciones críticas.	Dificulta la reactivación eficiente del proyecto tras eventos disruptivos, aumentando los costos de recuperación.	1	Incluir protocolos de mantenimiento resiliente y mecanismos de aprendizaje post-crisis.	2	1
		Eficacia	Yes	Deficiente capacidad de respuesta ante fluctuaciones del entorno que alteran las metas del proyecto.	Deficiente capacidad de respuesta ante fluctuaciones del entorno que alteran las metas del proyecto.	1	Implementar ciclos de revisión continua y herramientas ágiles que permitan ajustes rápidos sin perder foco estratégico.	3	2
		Eficiencia	Yes	Uso ineficaz de recursos por no contar con estrategias adaptativas para responder a cambios repentinos.	Aumento de desperdicios, sobrecostos y duplicación de esfuerzos ante situaciones adversas.	1	Diseñar planes de contingencia con flujos de reasignación de recursos para enfrentar interrupciones con mínimo impacto.	3	2
		Imparcialidad	Yes	Falta de consideración de grupos vulnerables en los protocolos de respuesta ante emergencias.	Mayor afectación a ciertos actores del proyecto, perpetuando condiciones de inequidad.	1	Incluir en los planes de resiliencia un enfoque diferencial que proteja a todos los interesados sin discriminación.	2	1

Categoría	Agilidad Empresarial								
Elemento	Descripción	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
 <p>Impacto Económico Local</p>	<p>Impacto económico local incluye los efectos directos e indirectos que el proyecto tiene sobre la economía de su área local. Esto puede incluir la creación de empleo, un mayor gasto en la economía local o un mayor desarrollo regional.</p>	Vida Útil	Yes	Poca vinculación del proyecto con la economía regional y los encadenamientos productivos locales.	La infraestructura no genera beneficios económicos duraderos en la zona tras su ejecución.	1	Diseñar estrategias que promuevan el uso y fortalecimiento de cadenas de suministro locales y uso comunitario de la infraestructura.	3	2
		Mantenimiento	Yes	No se incorpora personal local en la fase operativa del proyecto.	Se pierde capacidad técnica local y se debilita el mantenimiento a largo plazo.	1	Capacitar e incluir población local en procesos de mantenimiento, operación y seguimiento técnico de la infraestructura.	3	2
		Eficacia	Yes	Bajo aprovechamiento del potencial económico generado por la ejecución del proyecto en el entorno inmediato	No se maximizan los beneficios esperados del proyecto para la comunidad.	1	Identificar e incluir indicadores de impacto económico local dentro de los entregables del proyecto.	2	1
		Eficiencia	Yes	Contratación y compras realizadas fuera del área de influencia del proyecto.	Aumento de costos logísticos y pérdida de oportunidades de dinamización local.	1	Establecer políticas de adquisición local y priorización de proveedores de la zona.	3	2
		Imparcialidad	Yes	Concentración de beneficios en actores externos, dejando de lado comunidades vulnerables.	Desigualdad en la distribución de los impactos positivos del proyecto.	1	Crear mecanismos participativos que garanticen el acceso equitativo a las oportunidades generadas por el proyecto.	3	2
		 <p>Beneficios Indirectos</p>	Beneficios indirectos son los impactos positivos que van más allá de los resultados inmediatos del proyecto y pueden no ser siempre	Vida Útil	Yes	Falta de proyección del impacto del proyecto a largo plazo más allá de la entrega física de la obra.	Desaprovechamiento de oportunidades de valor como desarrollo comunitario o mejoras urbanas asociadas a la infraestructura construida.	1	Incorporar evaluación del ciclo de vida del proyecto y análisis de impactos secundarios a mediano y largo plazo.

Categoría	Agilidad Empresarial	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
	visibles inmediatamente. Estos beneficios pueden incluir una mejor calidad de vida, una mayor actividad económica en el área local y mejoras ambientales como aire o agua más limpios.	Mantenimiento	Yes	No se consideran los efectos que un buen sistema constructivo puede tener sobre la reducción de mantenimientos o costos posteriores para la comunidad.	Mayores costos operacionales y disminución del valor social del proyecto en el tiempo.	1	Aplicar criterios de mantenibilidad en diseño y ejecución, promoviendo soluciones duraderas con beneficios indirectos sostenidos.	3	2
		Eficacia	Yes	Limitado enfoque en los resultados estratégicos del proyecto, centrandolo la gestión solo en entregables inmediatos.	Reducción del impacto social positivo al no maximizar los efectos colaterales favorables del proyecto.	1	Incorporar indicadores de valor social, ambiental y económico no visibles directamente, en el marco de evaluación del proyecto. Nuevo puntaje del impacto	2	1
		Eficiencia	Yes	No se evalúan los beneficios indirectos como fuente de retorno de la inversión en sostenibilidad.	No se evalúan los beneficios indirectos como fuente de retorno de la inversión en sostenibilidad.	2	Medir y comunicar beneficios indirectos en informes de desempeño y toma de decisiones.	3	1
		Imparcialidad	Yes	Los beneficios secundarios del proyecto no se distribuyen equitativamente entre todos los grupos sociales afectados.	Incremento de brechas sociales o percepción de desigualdad en el acceso a los beneficios del proyecto.	1	Diseñar estrategias de inclusión y equidad en la gestión del impacto indirecto, garantizando distribución justa del valor generado.	3	2

Categoría	Agilidad Empresarial	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
 <p>Divulgaciones ESG e Informes de Sostenibilidad</p>	<p>Divulgaciones ESG son información sobre el desempeño y las prácticas de una organización relacionadas con cuestiones ambientales, sociales y de gobierno. La información del proyecto se utiliza como entrada para las divulgaciones ESG de la(s) organización(es) patrocinadora(s)</p>	Vida Útil	Yes	No se contemplan mecanismos para recopilar información útil sobre el desempeño sostenible del proyecto durante su ejecución y vida útil.	Pérdida de oportunidades para mostrar el impacto positivo del proyecto a largo plazo, reduciendo su visibilidad y valor estratégico para los actores involucrados.	1	Diseñar y aplicar una estructura de indicadores de desempeño sostenibles desde el inicio del proyecto, registrando datos que puedan incorporarse posteriormente en informes ESG.	3	2
		Mantenimiento	Yes	Ausencia de trazabilidad documental sobre el cumplimiento de prácticas sostenibles en la fase constructiva y operativa.	Dificultades para asegurar el mantenimiento sostenible de la infraestructura y para demostrar cumplimiento antes de control o auditoría externa.	1	Establecer reportes de avance con indicadores ESG clave y vincularlos con las fases de mantenimiento y operación futura del activo construido.	3	2
		Eficacia	Yes	El proyecto no prioriza la trazabilidad de resultados sociales y ambientales que permitan evaluar su aporte más allá del cronograma o presupuesto.	El proyecto no prioriza la trazabilidad de resultados sociales y ambientales que permitan evaluar su aporte más allá del cronograma o presupuesto.	2	Incorporar en los entregables del proyecto un informe ejecutivo que incluya resultados en términos de impacto social, ambiental y ético.	3	1
		Eficiencia	Yes	No se optimizan los recursos ni se sistematiza información valiosa sobre las mejoras derivadas del enfoque híbrido, lo cual afecta la transparencia y comparación.	Falta de documentación para mejorar procesos futuros o justificar buenas prácticas ante patrocinadores o entes regulatorios.	1	Generar un resumen cuantitativo y cualitativo del desempeño sostenible del proyecto como parte del cierre, útil para benchmarking interno.	3	2

Categoría	Agilidad Empresarial	Lente	¿Calificado?	Descripción (Causa)	Impacto Potencial en la Sostenibilidad	Puntaje Inicial del Impacto (Antes)	Respuesta Propuesta	Nuevo Puntaje del Impacto (Después)	Cambio
Elemento	Descripción								
		Imparcialidad	Yes	El proyecto no contempla mecanismos para comunicar de forma abierta y equitativa su impacto en términos de sostenibilidad.	Pérdida de legitimidad ante grupos de interés externos y riesgo de opacidad en la rendición de cuentas sobre aspectos críticos del proyecto.	1	Promover informes públicos o internos que incluyan aspectos ESG, asegurando el acceso equitativo a la información para todos los stakeholders.	3	2

Nota. Plantilla oficial del Estándar P5 de Green Project Management, análisis de impacto (versión 5.0.1). Tomado de Green Project Management (GPM Global), 2021. © 2021 GPM Global. Uso académico con fines educativos.

A continuación, se presentan los resultados del análisis de sostenibilidad basado en el estándar P5 de Green Project Management. El objetivo fue evaluar el impacto del proyecto en las dimensiones de personas, planeta y prosperidad, comparando el puntaje inicial con el proyectado tras aplicar mejoras. Los resultados reflejan la capacidad del proyecto para generar valor sostenible y orientar su ejecución hacia prácticas más responsables y efectivas.

Tabla 57.

Resumen de evaluación de análisis de impacto P5

Impactos a las Personas	Puntaje Inicial	Nuevo Puntaje	Cambio
Prácticas Laborales y Trabajo Decente	2.4	4.0	-1.6
Sociedad y Clientes	2.4	4.4	-2.0
Derechos Humanos	2.1	4.0	-1.9
Comportamiento Ético	2.1	4.4	-2.3
Puntaje General de los Impactos a las Personas	4.2		
Impactos al Planeta	Puntaje Inicial	Nuevo Puntaje	Cambio
Transporte	1.8	3.4	-1.6
Energía	1.2	2.9	-1.7
Tierra, Aire y Agua	1.3	2.9	-1.6
Consumo	1.2	3.0	-1.8
Puntaje General de los Impactos al Planeta	3.1		
Impactos a la Prosperidad	Puntaje Inicial	Nuevo Puntaje	Cambio
Factibilidad del Proyecto	1.1	2.8	-1.7
Agilidad Empresarial	1	2.6	-1.6
Estimulación Económica y del Mercado	1.1	2.8	-1.7
Puntaje General de los Impactos a la Prosperidad	2.7		
Puntaje P5 General del Proyecto	3.3		

Nota. Resultados del análisis P5 tras aplicar medidas de sostenibilidad en las dimensiones Personas, Planeta y Prosperidad. Adaptado de Green Project Management (GPM Global, 2021).

Análisis del Resultado General P5

1. Impactos a las Personas (Puntaje General: 4.2)

Este componente alcanzó el puntaje más alto del análisis, destacando mejoras significativas en prácticas laborales, relaciones con la comunidad, respeto a los derechos humanos y comportamiento ético. Las estrategias de mitigación aplicadas, como el enfoque en la equidad de género, contratación local, capacitación y prácticas anticorrupción, generaron impactos altamente positivos.

Cambio promedio: -1.95 puntos

2. Impactos al Planeta (Puntaje General: 3.1)

Las acciones orientadas a optimizar transporte, reducir consumo energético, proteger recursos naturales y minimizar el desperdicio generaron avances sustanciales. Sin embargo, se evidencian oportunidades adicionales para fortalecer la gestión ambiental, especialmente en eficiencia energética y uso racional del agua.

Cambio promedio: -1.68 puntos

3. Impactos a la Prosperidad (Puntaje General: 2.7)

Aunque se logró una mejora importante respecto al estado inicial, este fue el eje con menor desempeño comparativo. El proyecto incrementa su viabilidad técnica y económica mediante el uso de metodologías ágiles, pero aún requiere estrategias más robustas para maximizar el retorno económico, aumentar su resiliencia financiera y fortalecer el vínculo con el mercado.

Cambio promedio: -1.64 puntos

4. Puntaje P5 General del Proyecto: 3.3

Este resultado indica un nivel **moderado-alto** de sostenibilidad integral. Se destaca el potencial transformador del proyecto en aspectos sociales, así como una buena base para el

desarrollo ambiental y económico. Las acciones propuestas mejoran significativamente las condiciones iniciales del proyecto.

El análisis evidencia que el proyecto logra una mejora sustancial en los tres pilares de la sostenibilidad: personas, planeta y prosperidad. Destacan especialmente los logros en el eje social, lo que posiciona a la propuesta como un modelo alineado con buenas prácticas laborales, responsabilidad comunitaria y ética profesional. Los impactos ambientales muestran avances significativos, aunque requieren estrategias continuas para garantizar su sostenibilidad en el tiempo. En el componente económico se identifican progresos viables que aún deben consolidarse mediante acciones que fortalezcan su permanencia a largo plazo.

Esta evaluación no solo permite visualizar con claridad los avances obtenidos gracias a las acciones propuestas, sino que también proporciona una guía estructurada para la toma de decisiones basada en evidencia. De esta forma, se orienta el proyecto hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la generación de iniciativas resilientes, con impacto positivo en su entorno.

7.3. Relación del proyecto con las dimensiones del Desarrollo Regenerativo

El Desarrollo Regenerativo representa una evolución del enfoque sostenible, ya que no solo busca reducir el impacto negativo de los proyectos sobre el medio ambiente y la sociedad, sino que promueve la restauración activa de los ecosistemas, el fortalecimiento de las comunidades, y el fomento de estructuras socioeconómicas más equitativas y resilientes. Mientras que la sostenibilidad procura “no hacer daño”, el desarrollo regenerativo propone “hacer el bien” activamente, revirtiendo daños previos y construyendo condiciones más saludables y resilientes para las generaciones presentes y futuras (Müller, 2020).

Esta visión holística se estructura en torno a seis dimensiones fundamentales, interrelacionadas, que permiten evaluar el impacto profundo y sistémico de un proyecto:

Ambiental: restauración de los ecosistemas y protección de los límites planetarios.

Social: mejora de la calidad de vida de las personas y reducción de inequidades.

Económica: inclusión financiera, redistribución de oportunidades y fomento del bienestar.

Cultural: preservación del conocimiento ancestral, las tradiciones locales y la identidad comunitaria.

Espiritual: fortalecimiento del vínculo del ser humano con la naturaleza y consigo mismo.

Política: promoción de la participación ciudadana, el empoderamiento y la equidad en la toma de decisiones.

Estas dimensiones son complementarias al análisis del Estándar P5, ya que ambas propuestas comparten la preocupación por los impactos del proyecto más allá de los resultados técnicos y financieros, apuntando hacia un modelo de proyectos con propósito transformador.

Validación del producto del proyecto desde el enfoque regenerativo

En el marco del Desarrollo Regenerativo, validar un producto no se limita a verificar si cumple con su funcionalidad o especificaciones técnicas. Implica analizar si este producto contribuye a la restauración ecológica, al fortalecimiento de la comunidad y a la regeneración de la vida local. En este sentido, el proyecto no solo entrega una obra civil funcional, sino que deja capacidades instaladas, reduce desigualdades sociales y promueve una relación más armónica con el territorio. La validación regenerativa del producto se evidencia cuando el impacto positivo del proyecto persiste y evoluciona incluso después de su finalización.

Análisis del proyecto desde las dimensiones del Desarrollo Regenerativo.

A continuación, se expone cómo el proyecto, su ejecución y operación, se vincula con cada una de las dimensiones del desarrollo regenerativo, respondiendo a las preguntas orientadoras y proponiendo acciones en caso de riesgos de impacto negativo:

Dimensión Ambiental ¿Cómo está diseñado el proyecto para restaurar lo que ha sido dañado a nivel ambiental? ¿Cómo se afectan los límites planetarios?

El proyecto incorpora metodologías ágiles que permiten detectar tempranamente impactos negativos sobre el entorno natural y adaptar los procesos constructivos para mitigar afectaciones en áreas sensibles. Adicionalmente, propone la implementación de planes de recuperación ambiental, incluyendo la revegetalización de zonas intervenidas, optimización del uso del agua y control del material particulado. Esto contribuye directamente al respeto por límites como el uso de agua dulce, la biodiversidad, el uso del suelo y las emisiones relacionadas con cambio climático (Steffen et al., 2018).

Dimensión Social ¿Cómo promueve el proyecto una vida digna para todos los habitantes?

La metodología propuesta potencia la generación de empleo local, la inclusión de mano de obra de comunidades vulnerables, y el desarrollo de capacidades técnicas a través de la capacitación constante, lo cual favorece una distribución más equitativa del ingreso y reduce brechas estructurales. Estas acciones fortalecen el tejido social y crean un entorno más justo para todos los actores involucrados.

Dimensión Económica ¿Cómo se incorpora desde el diseño la generación de beneficios para personas menos favorecidas? ¿Cómo se disminuye la brecha económica?

La propuesta metodológica favorece la participación de proveedores y subcontratistas regionales, promoviendo encadenamientos productivos en la zona de influencia del proyecto. Asimismo, al priorizar la eficiencia en la ejecución, se reducen costos indirectos que pueden ser reasignados a programas de impacto económico local (por ejemplo, microcréditos o fondos comunitarios de inversión).

Dimensión Espiritual ¿Cómo propicia el proyecto el contacto con la naturaleza y la introspección?

Aunque la espiritualidad no suele estar explícitamente contemplada en proyectos de infraestructura, este enfoque reconoce que el diseño y ejecución de obras debe respetar el paisaje, la biodiversidad y los lugares sagrados o significativos para la comunidad. El proyecto plantea jornadas de reflexión con los trabajadores sobre el respeto a la tierra, así como la generación de zonas verdes en los entornos intervenidos como espacios para la contemplación, el descanso y la conexión con la naturaleza.

Dimensión Cultural ¿Cómo protege o afecta el proyecto las expresiones culturales de la región? ¿Incluye el conocimiento de adultos mayores?

El proyecto será desarrollado bajo un enfoque participativo, reconociendo y respetando las tradiciones culturales del entorno. Esto incluye el diálogo con comunidades locales, el respeto por su arquitectura vernácula, y la incorporación de saberes tradicionales en temas como construcción con materiales locales, prácticas de organización laboral, y costumbres comunitarias en el diseño de actividades colectivas.

Dimensión Política ¿Cómo promueve el proyecto la participación ciudadana? ¿Empodera a mujeres, jóvenes y poblaciones autóctonas?

Desde su planificación, el proyecto contempla la conformación de mesas de trabajo con representantes de la comunidad, líderes sociales, mujeres y jóvenes, quienes tendrán voz activa en decisiones que impacten su territorio. Este modelo promueve la gobernanza compartida y el empoderamiento democrático, y se alinea con el principio de liderazgo distribuido promovido por Scrum y el enfoque ágil.

Relación entre análisis P5 y desarrollo regenerativo

Los hallazgos de la evaluación del Estándar P5 realizados en el punto 7.2 muestran una correlación directa con las dimensiones del desarrollo regenerativo. Las acciones propuestas para mitigar impactos en categorías como Personas, Planeta, Prosperidad, Procesos y Productos también fortalecen aspectos clave como el equilibrio ecosistémico, la equidad social

y el bienestar colectivo. Este análisis cruzado permite validar que el proyecto no solo minimiza sus efectos negativos, sino que aporta valor regenerativo en su entorno inmediato y a futuro.

En cada dimensión del Desarrollo Regenerativo, los riesgos o impactos identificados han sido abordados con acciones propuestas que se alinean directamente con las categorías evaluadas en el Estándar P5. Esto permite garantizar una coherencia entre el enfoque regenerativo y el análisis de sostenibilidad, fortaleciendo así la integración transversal de criterios ambientales, sociales, económicos, culturales y de gobernanza en todo el ciclo de vida del proyecto.

Lista de Referencias

Arellano, F. (2022). *5 ejemplos de marco teórico*. Significados.

<https://www.significados.com/marco-teorico-ejemplos/>

Aubry, M., & Hobbs, B. (2019). *The dynamics of program management: Complexity and change in public sector programs*. Routledge.

Artto, K., Kujala, J., Dietrich, P., & Martinsuo, M. (2022). What is project as practice?

Perspectives from the front line. *International Journal of Project Management*, 40(3),

235–248. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2021.12.002>

Barney, J. B., & Hesterly, W. S. (2019). *Strategic management and competitive advantage: Concepts and cases* (6th ed.). Pearson.

Brockmann, C., & Girmscheid, G. (2018). Adapting lean construction principles to large-scale underground infrastructure projects. *Procedia Engineering*, 196, 972–979.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.038>

BuildingSmart Spain. (s.f.). *¿Qué es BIM?* <https://www.buildingsmart.es/bim/>

Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). (2018). *Informe de productividad, sector construcción edificaciones*.

<https://camacol.co/sites/default/files/descargables/INFORME%20DE%20PRODUCTIVIDAD.pdf>

Carrasco, O. L. (2021). *Metodologías ágiles para la gestión de proyectos de construcción*.

Zigurat Global Institute of Technology. <https://www.e-zigurat.com/es/blog/metodologias-agiles-gestion-proyectos-construccion/>

- Carvajal, M. (2020, abril). Innovar y tecnificar es el camino hacia las edificaciones modernas. *El Universal*. <https://www.eluniversal.com.co/especial/construccion/2020/04/23/innovar-y-tecnificar-es-el-camino-hacia-las-edificaciones-modernas/>
- Cerda, H. (1991). *Los elementos de la investigación*. Editorial Centro.
- Chacña, D., & Medina, L. E. (2020). *Programación en obras de ampliación y tiempos de ejecución mediante el marco de trabajo Scrum* [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio URP. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3849>
- Concepto. (2022). *Conocimiento: Método deductivo*. <https://concepto.de/metodo-deductivo/>
- Corporación Autónoma Regional (CAR). (2022). *PTAR El Salitre*. CAR Río Bogotá. https://www.car.gov.co/rio_bogota/vercontenido/9
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- David, F. R. (2013). *Conceptos de administración estratégica* (14.^a ed.). Pearson Education.
- DANE. (2022). *Variación anual del PIB total, valor agregado construcción*. <https://www.dane.gov.co>
- Díaz, H., Sánchez, O., & Galvis, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *Revista Ingeniería de Construcción*, 29(2), 123–134. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6684752>
- E_Gerence. (2020, mayo 22). *Integrando Scrum en la Dirección de Proyectos de Construcción* [Video]. YouTube. https://youtu.be/Hhelyc_x1TM

- Gascon, O. J. (2022). *Herramientas: Representación de datos*. TodoPMP. <https://todopmp.com>
- Goleman, D., Boyatzis, R., & McKee, A. (2018). *Primal leadership: Unleashing the power of emotional intelligence* (Revised ed.). Harvard Business Review Press.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2021). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- Heldman, K. (2018). *PMP project management professional exam study guide* (9th ed.). Sybex.
- Heldman, K. (2021). *Project management jumpstart* (4th ed.). Wiley.
- Horman, M. J., & Kenley, R. (2020). Adapting project management to complex construction environments: Lean and agile practices in synergy. *International Journal of Construction Education and Research*, 16(1), 33–48. <https://doi.org/10.1080/15578771.2019.1633073>
- Johnson, G., Scholes, K., & Whittington, R. (2020). *Exploring strategy: Text and cases* (12th ed.). Pearson Education.
- Kerzner, H. (2019). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (12th ed.). Wiley.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* (Technical Report No. 72). Technical Research Centre of Finland (VTT).
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Publications.
- Lana, R. (2008, junio). La administración estratégica como herramienta de gestión. *Visión de Futuro*, 9(1), 1–12. <https://www.redalyc.org/pdf/3579/357935469001.pdf>

Lean Construction Institute. (2021). *Lean project delivery guide* (2nd ed.).

https://leanconstruction.org/media/Library/Learning/Guides/LCI_LPD_Guide_2nd_Edition.pdf

Lean Construction Institute. (2022). *Last Planner® System: A foundation for lean project delivery*.

https://leanconstruction.org/media/Library/Learning/Guides/LCI_LPS_Guide_2022.pdf

Liu, Y., van Nederveen, S., & Hertogh, M. (2021). Understanding effects of agile management on infrastructure project performance. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(2), 522–540. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2020-0176>

Marcelino-Sádaba, S., Pérez-Ezcurdia, A., & Echeverría Lazcano, A. M. (2020). Challenges in the implementation of agile methodologies in the construction industry. *Journal of Modern Project Management*, 8(1), 42–55. <https://doi.org/10.19255/JMPM02105>

Martinsuo, M. (2020). Project portfolio management in practice and in context. *International Journal of Project Management*, 38(7), 441–453. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2020.06.002>

Martins, J. (2021, enero). ¿Qué es un entregable en gestión de proyectos? *Asana*. <https://asana.com/es/resources/entregables-en-gestion-de-proyectos>

Martins, M. (2022). *Gestión estratégica de proyectos*. Alfaomega.

Medina, A. (2022). *Retos y oportunidades de la agilidad en obras de infraestructura*. *Revista Ingeniería y Territorio*, 11(2), 35–49.

Medina, G. (2022). ¿Podemos aplicar metodologías ágiles en los proyectos de construcción?

LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/podemos-aplicar-metodolog%C3%ADas-%C3%A1giles-en-los-proyectos-de-medina>

Meredith, J. R., Shafer, S. M., & Mantel, S. J. (2019). *Project management: A managerial approach* (10th ed.). Wiley.

Nextop. (2017, octubre). *Diferencia entre proyecto, programa y portafolio*.
<https://nextop.es/diferencia-entre-proyecto-programa-y-portafolio/>

Pérez, M. (2021, julio 28). *Definición de metodología*. ConceptoDefinición.de.
<https://conceptodefinicion.de/metodologia/>

Pellegrinelli, S., Partington, D., Hemingway, C., Mohdzain, Z., & Shah, M. (2020). *The importance of context in program management: A review and research agenda*. *International Journal of Project Management*, 38(6), 405–416.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2020.05.002>
Project Management Institute. (2021). *The standard for program management* (4th ed.). PMI.

PMI Capítulo México. (2020, julio 9). *Webinar - Scrum aplicado a construcción* [Video].
YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=S-Oo4UNR_VM

Project Management Institute (PMI). (2016). *Construction Extension to the PMBOK® Guide – Third Edition*. Project Management Institute.

Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (6.^a ed.). Project Management Institute.

Project Management Institute. (2021). *The standard for project management* (7.^a ed.). Project Management Institute.

Pons, J., & Rubio, I. (2019). Lean Construction y la planificación colaborativa. *Revista Ingeniería de Construcción*, 34(3), 215–225.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6684752>

Rodríguez, J. (2021). *Aplicación de la metodología VDC/BIM para el rediseño y construcción en proyecto de infraestructura vial* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4613>

Rigby, D. K., Elk, S., & Berez, S. (2020). *Doing Agile right: Transformation without chaos*. Harvard Business Review Press.

https://books.google.com.co/books/about/Doing_Agile_Right.html?id=qIH0DwAAQBAJ

Sánchez, L., & Quintero, M. L. (2020). *Propuesta de una metodología para la construcción de vías urbanas mayores a cien metros basados en las mejores prácticas de Scrum en Funza – Cundinamarca* [Tesis de maestría, Universidad Católica de Colombia].

Repositorio UC. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/24462>

Sánchez, R. (2020). *Metodología ágil de gestión de proyectos en el sector de la construcción* [Tesis de maestría, Universidad de Sevilla]. Repositorio US.

<https://idus.us.es/handle/11441/104382>

Serrador, P., & Pinto, J. K. (2021). Does Agile work? — A quantitative analysis of agile project success. *International Journal of Project Management*, 39(5), 498–511.

<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2021.02.002>

- Schwalbe, K. (2021). *Information technology project management* (10th ed.). Cengage Learning.
- Scrum Colombia. (2019). *Scrum en construcción* [Video]. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=bsQT9uuLcFQ>
- Shastri, Y., Hoda, R., & Amor, R. (2021). Understanding the impact of organizational factors on project performance in hybrid agile environments. *Journal of Systems and Software*, 173, 110871. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110871>
- Software Guru. (2016). *Diferencia entre programas, proyectos y portafolios*. SG.com.mx.
<https://sg.com.mx/diferencia-entre-programas-proyectos-y-portafolios>
- SoyPM. (2022). *Diccionario PM: Auditoría vs inspección*. <https://www.soypm.website/>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Sörlin, S. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), 8252–8259.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>
- Todo Materia. (2022). *Metodología de la investigación: Métodos de investigación*.
<https://www.todamateria.com/metodologia-de-la-investigacion/>
- Too, E. G., & Weaver, P. (2019). The management of project portfolios: A systems thinking approach. *International Journal of Project Management*, 37(3), 418–430.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.01.007>

Vidal, L. A., Marle, F., & Bocquet, J. C. (2020). Using agile project management for engineering design projects. *Procedia CIRP*, 91, 553–558.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.198>

Yoldi, M. (2021, octubre). La tecnificación de la construcción deja al sector sin manos. *El País*.

<https://elpais.com/america-colombia/2021-10-01/la-tecnificacion-de-la-construccion-deja-al-sector-sin-manos.html>

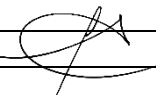
Anexos**Anexo 1: ACTA (CHÁRTER) DEL PFG****ACTA DE LA PROPUESTA DE
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)**

1. Nombre del (de la) estudiante

2. Nombre del PFG

3. Área temática del sector o actividad

4. Firma de la persona estudiante

5. Nombre de la persona docente SG

6. Firma de la persona docente

7. Fecha de la aprobación del Acta:

8. Fecha de inicio y fin del proyecto

9. Pregunta de investigación

10. Hipótesis de investigación

Los proyectos de infraestructura atraviesan diversas etapas como factibilidad, diseño, planeación, ejecución y cierre. En muchos casos, estas fases se gestionan de forma independiente, sin una integración adecuada de la información entre ellas, lo que genera desarticulación en los procesos. Una vez adjudicada la obra, suelen presentarse variaciones sustanciales producto de factores internos y externos como cambios de diseño orientados a la reducción de costos, alzas en precios de materiales, limitaciones constructivas no previstas o condiciones de riesgo. Adicionalmente, la presión por entregar proyectos en plazos más cortos y con menores costos dificulta una planificación realista y detallada, especialmente cuando se omiten análisis clave durante la fase de preconstrucción. En este contexto, se hace necesario contar con enfoques de gestión que permitan responder de manera ágil, flexible y eficaz ante entornos dinámicos y cambiantes.

Hipótesis:

El desarrollo e implementación de una metodología híbrida de gestión de proyectos, que integre principios de Lean Construction, Last Planner y marcos ágiles como Scrum, permitirá una mayor adaptabilidad a los cambios económicos, técnicos y programáticos durante la etapa de ejecución de obras de infraestructura, mejorando la eficiencia, la toma de decisiones y el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

11. Objetivo general

Desarrollar una metodología híbrida de gestión de proyectos que integre principios de Lean Construction, el sistema Last Planner y marcos ágiles como Scrum, orientada a optimizar la etapa de ejecución en obras de infraestructura, promoviendo una adaptación flexible y continua frente a entornos dinámicos, y una integración armónica entre los enfoques tradicionales y los principios ágiles.

12. Objetivos específicos

1. Examinar la viabilidad y pertinencia de incorporar marcos ágiles en proyectos de obras civiles, considerando los avances nacionales e internacionales en su implementación, con el propósito de establecer una base conceptual sólida para el desarrollo de una metodología híbrida.
2. Analizar los fundamentos, principios y herramientas clave de los marcos Lean Construction, Last Planner y Scrum, con el fin de determinar su aplicabilidad e integración en el desarrollo de una metodología híbrida para obras civiles.
3. Analizar los fundamentos, principios y herramientas clave de los marcos Lean Construction, Last Planner y Scrum, con el fin de determinar su aplicabilidad e integración en el desarrollo de una metodología híbrida para obras civiles.

4. Diseñar y proponer una metodología híbrida de gestión de proyectos, integrando enfoques predictivos y ágiles, con el fin de fortalecer la planificación, el seguimiento y el control de la etapa de ejecución en obras civiles.
5. Evaluar, a través de un caso representativo de obra de infraestructura, la aplicación de la metodología híbrida de gestión, con el propósito de analizar su efectividad en la planificación, seguimiento y control de procesos constructivos.

13. Justificación del PFG

Los nuevos mercados requieren empresas que se adapten de manera rápida a los cambios y a los nuevos entornos producto de las exigencias del mercado y las variaciones en los criterios y expectativas de los clientes, por lo cual adaptarse y reaccionar al entorno son fundamentales para el crecimiento de estas organizaciones, los proyectos de obras civiles son los menos tecnificados si se compara con otros tales como tecnología, y la industria, incluso ha tenido un decrecimiento en los avances tecnológicos implementados en estos proyectos en las dos últimas décadas. El mercado de la construcción está compuesto por procesos complejos, que requieren una constante adaptación a los cambios producto de condiciones internas y externas, es por lo cual integrar el uso de herramientas ágiles a este tipo de proyectos manejados y enmarcados en un marco netamente predictivo, tiene como objetivo mejorar el cumplimiento de las necesidades de los diferentes involucrados, obteniendo beneficios económicos y programáticos, disminución de impactos relacionados con el abastecimientos de insumos, y alteraciones en los mercados globales.

Por lo tanto, incorporar herramientas de los marcos ágiles permitirá mejorar los procesos de construcción, así como establecer los estándares y lineamientos que guíen la aplicación de estas herramientas, buscando beneficios tales como la mejora continua, la integración constante de elementos, resguardo y transferencia de base de datos, disminución de variabilidad de los procesos y la entrega de valor permanente, para los diferentes involucrados y proyectos similares que permitan masificar la tecnificación de los proyectos de infraestructura de obras civiles.

Es importante precisar que este planteamiento no busca poner un marco sobre el otro, por el contrario, y tomando como base los principios del Scrum, lo que se busca es generar un ambiente colaborativo, de permanente comunicación entre las partes que redunde en la maximización de oportunidades y beneficios, en comunión directa con un proceso de complementación más que de exclusión entre los procesos predictivos y ágiles.

14. Estructura de desglose de trabajo (EDT). En forma tabular, que describa el entregable principal y los secundarios -productos o servicios que generará el PFG-.

1.	PFG
1.1.	Seminario de Graduación
1.1.1.	Anexos
1.1.1.1.	EDT del PFG
1.1.1.2.	Cronograma del PFG
1.1.2.	Entregables
1.1.2.1.	Charter y EDT
1.1.2.2.	Introducción y Cronograma
1.1.2.3.	Marco Teórico
1.1.2.4.	Marco Metodológico
1.1.2.5.	Resumen Ejecutivo y Bibliografía
1.1.2.6.	Documento Integrado
1.1.3.	Aprobación SG
1.2.	Tutoría de Desarrollo
1.2.1.	Tutor.
1.2.1.1.	Asignación.
1.2.1.2.	Comunicación.
1.2.1.3.	Informe redactado.
1.2.2.	Desarrollo
1.2.2.1.	Ajustes a Trabajos del PFG del SG
1.2.2.2.	Avance
1.2.2.2.1.	Análisis de Aplicación de Marcos Ágiles
1.2.2.2.2.	Caracterización de Enfoques Ágiles
1.2.2.2.3.	Diagnóstico del Enfoque Predictivo
1.2.2.2.4.	Diseño de Metodología Híbrida
1.2.2.2.5.	Aplicación de Metodología Híbrida
1.2.3.	Conclusiones
1.2.4.	Recomendaciones
1.2.5.	Listas de Referencias
1.2.6.	Anexos
1.2.7.	Aprobación del tutor para lectura
1.3.	Lecturas
1.3.1.	Solicitud de Asignación
1.3.1.1.	Asignación
1.3.1.2.	Comunicación de Asignación
1.3.1.3.	Envío PFG a lectores
1.3.2.	Trabajo de Lectores
1.3.2.1.	Lector 1
1.3.2.2.	Revisión PFG

1.3.2.3.	Envío de Información de Lectura
1.3.2.4.	Lector 2
1.3.2.5.	Revisión PFG
1.3.2.6.	Envío de Información de Lectura
1.4.	Tutorías de Ajuste
1.4.1.	Informe de Revisión y Corrección a Lecturas
1.4.2.	PFG Corregido enviado a lecturas
1.4.3.	Segunda Revisión de lectura
1.5.	Evaluación
1.5.1.	Aprobación de Lecturas
1.5.2.	Clasificación de Tribunal Examinador

15. Presupuesto del PFG

Presupuesto del PFG		
Ítems	Actividad	Costo (USD)
1	Papelería	\$ 70.00
2	Adquisición de Bibliografía	\$ 350.00
3	Recopilación de Información	\$ 150.00
4	Asesorías de Expertos	\$ 400.00
5	Procesamiento de Información	\$ 200.00
6	Proyecto Final de Graduación	\$ 405.00
7	Derechos de Graduación	\$ 306.00
Total		\$ 1,881.00

16. Supuestos para la elaboración del PFG

<ol style="list-style-type: none"> 1. Se cuenta con recursos económicos necesarios para la elaboración del PFG. 2. Se tiene aprobación del Tema para el PFG. 3. Se tiene aprobación del Charter del PFG. 4. Existe viabilidad en la implementación de metodología híbrida en proyectos de obras civiles. 5. Se tendrá acompañamiento de expertos en marcos ágiles. 6. Existe bibliografía referente al tema tratado en el PFG.
--

17. Restricciones para la elaboración del PFG

<ol style="list-style-type: none"> 1. La fecha de terminación del PFG está establecida para el 20 de septiembre de 2025, lo cual delimita el tiempo disponible para el desarrollo, revisión y validación de los entregables.

2. La falta de acceso directo a obras en ejecución impide validar empíricamente la metodología híbrida propuesta, limitando su aplicación a escenarios simulados y casos documentados.
3. La disponibilidad restringida de recursos económicos y logísticos limita la posibilidad de implementar pilotos reales, concentrando la evaluación de la propuesta en análisis teóricos y simulaciones técnicas.
4. La escasez de literatura y casos documentados sobre la integración de marcos ágiles en el sector de la construcción reduce el soporte empírico, orientando el desarrollo hacia referentes conceptuales y experiencias internacionales limitadas

18. Descripción de riesgos de la elaboración del PFG

Causa: Análisis de Información

Descripción del Riesgo: La falta de objetividad en el análisis de la información producto del desconocimiento de técnicas de evaluación de datos, puede desviar y afectar los resultados de la investigación, impactando el alcance de la propuesta.

Causa: Validación de Entregables

Descripción del Riesgo: La falta de revisión exhaustiva de los entregables por parte del autor podría generar errores de forma o contenido que afecten el cumplimiento de los requisitos académicos del PFG.

Causa: Falta de planificación y autocontrol.

Descripción del Riesgo: Si no cuenta con el presupuesto para el desarrollo del PFG por falta de recursos, puede que el alcance del Proyecto no se logre.

Causa: Sobrecarga de Funciones

Descripción del Riesgo: Si existe una sobrecarga de funciones por falta de un análisis adecuado del alcance del proyecto, podría generar un incumplimiento en el desarrollo y entrega de la investigación.

Causa: Mala Gestión de los Objetivos

Descripción del Riesgo: La falta de control y seguimiento por parte del autor puede afectar el cumplimiento de los objetivos planteados en el PFG.

Causa: Deficiente programación y seguimiento de actividades.

Descripción del Riesgo: Si los tiempos de ejecución de las actividades no se estiman adecuadamente por falta de conocimiento o pericia del investigador, pueden que no se cumpla con el cronograma del proyecto.

19. Principales hitos del PFG

Entregable	Fecha estimada de finalización
1 Seminario de Graduación	8-junio-2025
1.2 Entregables	8-junio-2025
1.2.1 Charter y EDT	16-mayo-2025
1.3 Aprobación SG	8-junio-2025
2 Tutoría de Desarrollo	10-agosto-2025
2.1 Tutor	8-junio-2025
2.2.1 Ajuste a Trabajos del PFG del SG	17-junio-2025
2.2 Desarrollo	4-agosto-2025
2.2.1 Análisis de Apliación de Marco Ágiles	22-junio-2025
2.2.3 Caracterización de Enfoques Predictivo	1-julio-2025
2.2.4 Diagnóstico del Enfoque Predictivo	5-julio-2025
2.2.5 Diseño de Metodología Híbrida	8-julio-2025
2.2.7 Aplicación de Metodología Híbrida	17-julio-2025
3 Lectores	1-octubre-2025
3.1 Envío PFG a Lectores	21-agosto-2025
3.2 Trabajo de Lectores	1-septiembre-2025
3.2.1 Envío de Información de Lectura-lector 1	31-agosto-2025
3.2.2 Envío de Información de Lectura-lector 2	1-septiembre-2025
4 Tutorías de Ajuste	10-septiembre-2025
4.1 Segunda Revisión de Lectura	22-septiembre-2025

20. Principales involucrados en el desarrollo del PFG

20.1 Involucrados directos

Interesados	Involucramiento	Interés
Dueño del proyecto	Directo	Que el proyecto se desarrolle y construya conforme a lo planificado, cumpliendo con los objetivos de alcance, tiempo, costo y calidad.
Diseñador estructural	Directo	Que el diseño cumpla con las normativas vigentes, sea técnicamente viable y responda a los requerimientos de costo y cronograma del cliente.
Empresa constructora	Directo	Ejecutar el proyecto dentro del plazo contractual, respetando los costos establecidos y cumpliendo con los estándares de calidad y seguridad.
Empresa interventora	Directo	Verificar el cumplimiento de las obligaciones contractuales y de las especificaciones técnicas, ambientales, legales y de calidad durante todo el desarrollo del proyecto.
Proveedores críticos	Directo	Suministrar materiales o equipos clave en los tiempos y condiciones acordadas para evitar retrasos o impactos en la ejecución.
Subcontratistas especializados	Directo	Ejecutar actividades específicas del proyecto conforme a lo contratado, cumpliendo con los estándares técnicos y de calidad requeridos.

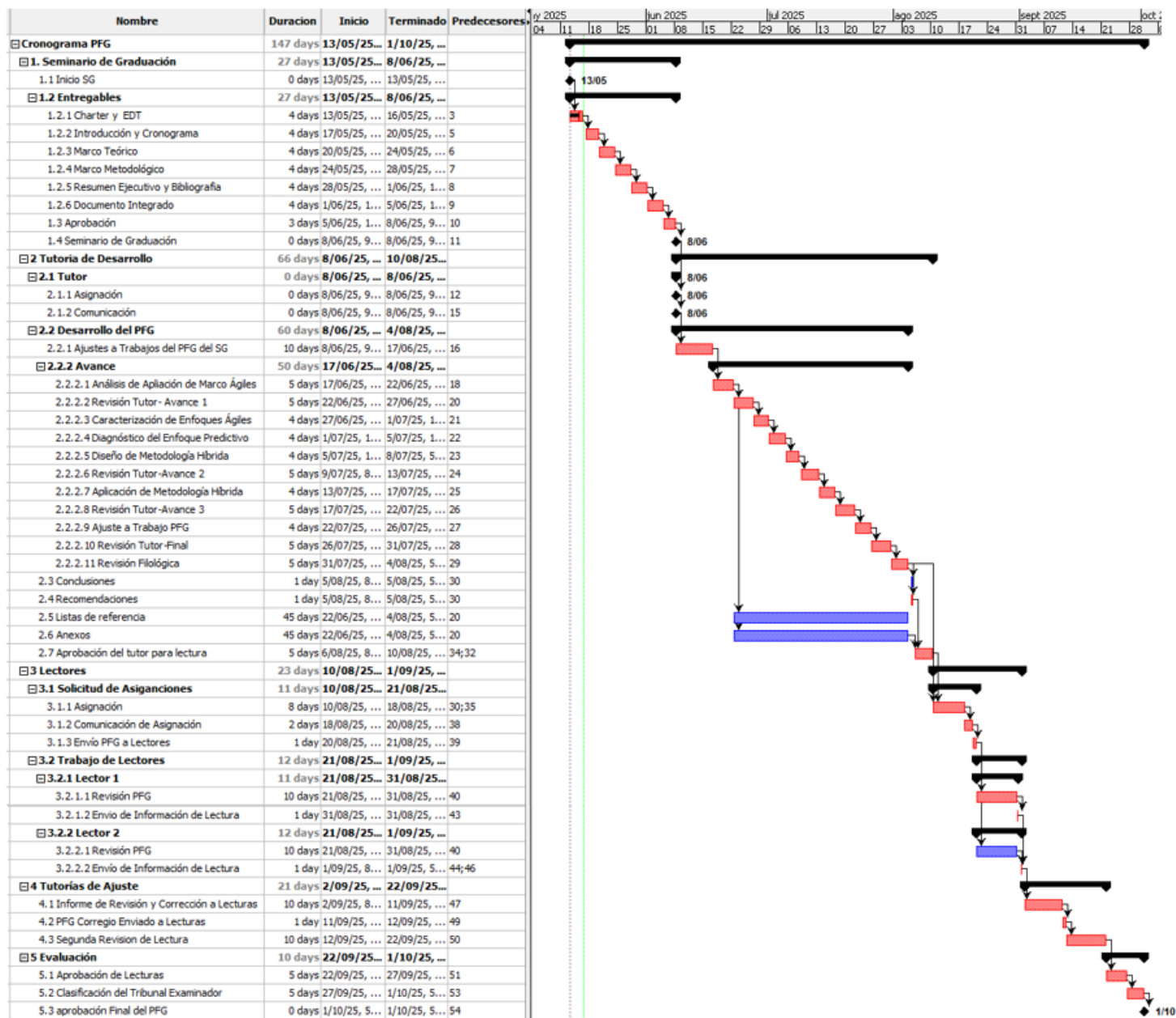
20.2 Involucrados indirectos

Interesado	Involucramiento	Interés
Comunidad a favor	Indirecto	Obtener beneficios derivados del proyecto, como mejor conectividad, desarrollo económico local y valorización del entorno.
Comunidad en contra	Indirecto	Evitar posibles afectaciones negativas al entorno social, económico o ambiental, como desplazamientos, ruidos, o cambios en la dinámica comunitaria.
Transportadores	Indirecto	Mejorar las condiciones de movilidad, reducir tiempos de desplazamiento y optimizar costos operativos una vez el puente entre en operación.
Grupos ambientales	Indirecto	Garantizar que el proyecto cumpla con las normativas ambientales y que se minimicen o mitiguen los impactos negativos sobre los ecosistemas locales.
Entidades públicas	Indirecto	Asegurar que el proyecto se alinee con los planes de ordenamiento territorial, normas legales vigentes, y políticas de desarrollo regional o nacional.

Anexo 2: EDT del PFG



Anexo 3: CRONOGRAMA del PFG



Anexo 4: Investigación bibliográfica preliminar

Carrasco, O.L. (2021). *Metodologías ágiles para la gestión de proyectos de construcción*.

Zigurat Global Institute of Technology. Gestión de proyectos de construcción con metodologías ágiles (e-zigurat.com)

Presenta como ha sido el origen de la aplicación de marcos ágiles en la construcción iniciando por el BIM y hace una introducción al SCRUM desde el punto del desarrollo de las obras civiles.

Chacña, D. y Medida. L.E. (2020). *Programación en obras de ampliación y tiempos de*

ejecución mediante el marco de trabajo scrum [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional URP.

http://repositorio.urp.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/URP/3849/T030_45355923_T%20%20%20MEDINA%20LIMA%20LUIS%20ENRIQUE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Busca primordialmente mejorar la programación de los proyectos de obras civiles, apuntando a la reducción de los tiempos y a la eficiencia de la planeación con base en los conceptos Scrum tales como Sprint, para tal fin se usaron otras herramientas como Lean Construction, ppce y Jira, para dar seguimiento y control a los avances.

E_Gerence. (2020, mayo 22). *Integrando Scrum en la Dirección de Proyectos de Construcción*

[Video]. YouTube. https://youtu.be/Hhelyc_x1TM

Esta presentación muestra como se ha incorporado algunas metodologías relacionadas con Scrum, BIM, Last Planner de Lean, Construction, Project Production Management (PPM) e Integrated, a lo largo de varios proyectos de ingeniería, su aplicabilidad, funcionalidad y el valor que las mismas pueden ofrecer al desarrollo de proyectos de ingeniería, lo cual permite dar claridad y un descubrimiento de la ruta que se debe tomar en función de objetivo de esta investigación, haciendo un enfoque particular sobre Scrum y su implementación a la construcción.

Medina, G. (2022). ¿Podemos aplicar metodologías ágiles en los proyectos de construcción?

Linkedin. https://es.linkedin.com/pulse/podemos-aplicar-metodolog%C3%ADas-%C3%A1giles-en-los-proyectos-de-medina?trk=pulse-article_more-articles_related-content-card

Presenta como ha sido la implementación de las herramientas ágiles en el desarrollo de obras de construcción, empezando por la masificación del BIM, y la introducción de Last Planner como estructuras que han dado aplicación en las obras de ingeniería.

PMI Capítulo México. (2020, 9 de julio). Webinar - *Scrum aplicado a Construcción* [Video].

YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=S-Oo4UNR_VM

La presentación se basa en la aplicación del Scrum y las ventajas que esto ha presentado en algunas obras de ingeniería, recalando que lo más complejo no ha sido la aplicación de estas herramientas, si no, el doblegar paradigmas establecidos por la gestión tradicional de estos proyectos, presenta una amplia experiencia en la aplicación de ágil en la construcción con datos relevantes desde el 2014.

PMI Madrid. (2019, 28 de febrero). Webinar reunión de socios febrero 2019 – PMI Madrid Spain

Chapter [Video]. YouTube. <https://youtu.be/QxTmzqV7J4g>

Presenta los avances que se están generando en el mundo en la cuarta revolución la aplicación de marcos ágiles en aspectos y áreas diferentes a la del software e incursionando con éxito a automotriz, medicina y dando avances fuertes en la construcción, por lo cual este material permite si no de manera explícita ver y hacer paralelos de otros enfoques que pueden servir para esta investigación y aplicación.

Sánchez, L. y Quintero, M.L. (2020). *Propuesta de una metodología para la construcción de*

vías urbanas mayores a cien (100) metros basados en las mejores prácticas de scrum en el municipio de Funza – Cundinamarca [Tesis de maestría, Universidad Católica de

Colombia]. Repositorio institucional UC.

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24462/2/551398-Quintero-Guar%C3%ADnML-y-551385-S%C3%A1nchez%20Pe%C3%B1aL-TdG.pdf>

Busca implementar una estructura ágil para vías de más de 100 m, bajo un modelo Scrum identificando roles y responsabilidades, diferencia con claridad los modelos cascada y scrum, sobre el cual busca crear los bloques que le permitan ser aplicados en el desarrollo de la construcción del proyecto.

Sánchez, R. (2020). *Metodología Ágil de Gestión de Proyectos en el sector de la Construcción*

[Tesis de maestría, Universidad de Sevilla]. Repositorio institucional US.

https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/104382/S%C3%A1nchez_Almod%C3%B3var_Rebeca_TFM_MUGIE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

El desarrollo de este documento se hace teniendo como idea fundamental la estructuración e implementación de los modelos ágiles en la industria de la construcción, este trabajo de acuerdo a lo que presenta se puede tomar como una base para el desarrollo del tema propuesto, en el PFG que es caso de estudio y de investigación, pues busca realizar una recopilación de las investigaciones existentes y su aplicabilidad en este mercado, con el fin de buscar cual es la estructura recomendada en estas actividades.

Scrum Colombia.Org. (2019). *Scrum en Construcción* [Video]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=bsQT9uuLcFQ>

En el desarrollo de este material se enfoca en una pregunta importante para el desarrollo de la investigación propuesta en el PFG, y es el pilar fundamental de la misma, ¿Se puede aplicar Scrum en la construcción?, esta pregunta se responde con base en un planteamiento que permita revisar y cuantificar valores, con el fin de poder dar valor permanentemente al proyecto,

lo cual se basa en investigaciones que deberán ser revisadas y profundizadas en este proceso que se da inicio.

360 Lean Consultores. (2020, 16 de abril). *Webinar- Primer caso documentado de SCRUM en la construcción* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=_933LnzfkZk

Presenta la aplicación de Scrum en un proceso de recuperación y remodelación de un centro comercial en Perú, en donde explica cómo se analizó y ponderó la utilización de este marco por encima del predictivo, además analiza y se enfoca en las herramientas Scrum aplicadas en un proceso de construcción, aunque, no es un desarrollo complejo si se compara entre el abanico de las obras de ingeniería, generaba un reto en el tema de logística, y además deja entrever la forma de poder incluir este tipo de marcos a los procesos de construcción de obras civiles.