

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y MANUFACTURA

Estudio de Prefactibilidad para el desarrollo de BIM
como en la Coordinación de Proyectos de Ingeniería

Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniero en
Proyectos de Ingeniería y al grado académico de
Licenciado en Ingeniería de Proyectos

Trabajo presentado por :	César Niels Deischler Keller
Profesor Guía :	Caren Carmona Vega
Comisión :	Mario Salinas Psijas
	Eduardo Vidal Páes
Fecha :	19 Enero 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Estudio de Prefactibilidad para el desarrollo de BIM como en la Coordinación de Proyectos de Ingeniería

Nombre del candidato(a): César Niels Deischler Keller

Carrera / Grado: Ingeniería en Proyectos de Ingeniería

Campus: _San Joaquín

Departamento: Diseño y Manufactura

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, ____Caren Carmona Vega_____, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: _19 /01/2026_ **Firma:** _____

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 19/01/2026

Firma: _____

César Niels Deischler Keller

Rut: 13.092.658-4

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

RESUMEN

El estudio aborda la viabilidad de implementar la metodología Building Information Modeling (BIM) en DESTEC Ingeniería, área de coordinación de proyectos de la constructora TECSA. Actualmente, la empresa enfrenta importantes problemas derivados del uso de planos en 2D en formato DWG y de la externalización de proyectos, lo que genera errores de coordinación, falta de trazabilidad documental, sobrecostos de hasta un 30% y retrasos promedio de entre cinco y seis meses en la ejecución. Estas ineficiencias no solo afectan el cumplimiento de plazos y costos, sino que también impactan en la satisfacción de los clientes y en la competitividad de la empresa.

La revisión de antecedentes confirma la magnitud del problema: estudios de la Cámara Chilena de la Construcción y Matrix Consulting indican que cerca de un 6% de los costos de construcción corresponden a pérdidas por fallas de coordinación y planificación, mientras que investigaciones internacionales como las de la OECD y McGraw Hill demuestran que la implementación de BIM puede incrementar la productividad en un 13% y reducir los costos en un 4%. Estos datos respaldan la pertinencia de considerar un cambio metodológico en DESTEC, con el fin de reducir la dependencia de terceros, mejorar la gestión interna y fortalecer las capacidades técnicas de la organización.

El proyecto plantea como objetivo general evaluar la factibilidad técnica, logística y económico-financiera de la implementación de BIM en la empresa. Para ello, se consideran como ejes de análisis los recursos humanos y tecnológicos necesarios, la inversión inicial, la estructura administrativa requerida y los beneficios esperados en productividad y costos. Entre los supuestos de mejora se estima que la incorporación de BIM permitirá reducir las interferencias entre especialidades, mejorar la trazabilidad de la información y optimizar los tiempos de ejecución. A nivel económico, se proyecta una disminución de los sobrecostos entre un 4% y un 6%, junto con un aumento de la productividad cercano al 13%.

El estudio técnico evidencia que la inversión inicial para la implementación alcanza los \$77,9 millones de pesos chilenos, equivalentes a 1.979 UF, lo que incluye licencias de software, renovación de equipos, capacitación del personal y contratación de un BIM Manager. A esto se suman gastos administrativos anuales del orden de 3.580 UF proyectados a cinco años. Desde el punto de vista ambiental, aunque se identifican impactos indirectos relacionados con el consumo energético y la generación de residuos electrónicos, estos pueden mitigarse mediante la adquisición de equipos eficientes y la aplicación de la Ley REP. En términos logísticos, se propone un plan de implementación escalonado que considere la adquisición e instalación de equipos, la capacitación en módulos progresivos y la ejecución de proyectos piloto.

Finalmente, se plantea una estructura administrativa que permita sustentar la propuesta de mejora, con un rol clave de la Gerencia General, un Coordinador BIM, especialistas en modelado, soporte tecnológico y un área de planificación y control. Pese a sus limitaciones como estudio de prefactibilidad, y a que no contempla la implementación real, el análisis demuestra que la incorporación de BIM en DESTEC es técnica y económicamente viable, con un potencial significativo de generar ahorros, mejorar la productividad y posicionar a la empresa como un referente en innovación tecnológica dentro del sector de la construcción.

Índice

1.Capítulo 1: 6

1.1 Diagnóstico y planteamiento del problema 6

1.2 Contextualización del problema (cuantitativos y cualitativos).....6

1.2.1 Análisis FODA.....8

1.2.2 Diagrama de Flujo.....8

1.2.3 Diagrama de Ishikawa..... 10

1.2.4 Indicadores KPI's 12

1.3 Identificación del problema..... 14

1.4 Objetivos del proyecto 16

1.4.1 Objetivo General 16

1.4.2 Objetivos específicos 16

1.4.3 Estudio del proceso productivo..... 16

1.5 Supuestos de mejora del proyecto..... 17

1.5.1 Supuestos Técnicos y de Gestión..... 17

1.5.2 Supuestos Económicos 18

1.5.3 Supuestos Cualitativos..... 18

1.5.4 Variables a Modificar 18

1.6 Alcances y limitaciones del proyecto..... 18

1.6.1 Normas internacionales 19

1.6.2 Normas y Estándares Nacionales (Chile) 19

1.6.3 Protocolos y Guías de Implementación..... 19

1.6.4 Requisitos Organizacionales y de Gestión Interna 19

1.7 Alcances y limitaciones del proyecto..... 19

1.8 Marco Técnico-Normativo de Implementación BIM 20

1.8.1 Normas internacionales 20

1.8.2 2. Normas y Estándares Nacionales (Chile) 21

1.8.3 Protocolos y Guías de Implementación..... 21

1.8.4 Requisitos Organizacionales y de Gestión Interna 21

2. ESTUDIO TÉCNICO 21

2.1 Estudio técnico 22

2.1.1 Estudio Técnico - Implementación de la Metodología BIM en DESTEC Ingeniería..... 22

2.1.2 Recursos Humanos y Capacidades Instaladas 22

2.1.3 Recursos Materiales y Tecnológicos 23

2.1.3 Procesos Operativos y Flujos Modificados 23

2.1.4 Condiciones de Operación y Factibilidad Técnica..... 24

2.1.5 Conclusión del Estudio Técnico 26

2.2 Estudio ambiental..... 28

2.3 Estudio logístico..... 29

2.1 Descripción de procesos productivos..... 30

2.4 Estructura administrativa 32

2.5 Marco Normativo BIM aplicado al proyecto (ISO 19650 + Estándar BIM MOP Chile) 33

2.6 Síntesis..... 34

3. ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO..... 36

3.0.1 Producción o demanda proyectada 36

3.1 Inversión inicial..... 37

3.1.1 Gastos Administrativos..... 38

3.1.2 Capital de trabajo 39

3.2. Proyección de flujos de caja 40

3.2.1 Indicadores de evaluación: VAN, TRI, PRI e IVAN 41

3.2.1 Proyección flujos de caja curva de aprendizaje 90%..... 42

3.2.2 Proyección flujos de caja situación base 424

3.4 Tasa de descuento método CAPM..... 44

3.5 Valor de desecho 45

3.6 Análisis de sensibilidad..... 46

3.6.1 Análisis de sensibilidad curva de aprendizaje 90% 47

3.6 Conclusiones..... 49

Índice Figuras.....	5
Tabla 1-2. Análisis de sobrecostos.....	12
Tabla 1-3. Resumen RDI.....	12
Tabla 1-4. Resumen RDI.....	13
Tabla 1-5. Indicador de productividad.....	13
Tabla 1-6. Indicadores de costos	14
Tabla 1-7. indicadores plazos y planificación.....	14
Tabla 3-13. Productividad	36
Tabla 3-14. Costos Implementación	37
Tabla 3-15. Costos Fijos Concepto de Licencia valores en UF según ctecinnovacion.....	38
Tabla 3-16. Arriendo puesto de trabajo, datos entregados por Destec Ingeniería	38
Tabla 3-17. Sueldos BIM Manager.....	38
Tabla 3-18. Sueldo Proyección a 5 años	38
Tabla 3-19. Costos Variables insumos	39
Tabla 3-20. Costo Egresos proveedores.....	40
Tabla 3-21. Flujo de caja puro	41
Tabla 3-22. Flujo de caja curva aprendizaje 90%.....	42
Tabla 3-23. Flujo de caja situación base	44
Tabla 3-24. Análisis de sensibilidad Ingresos.....	46
Tabla 3-25. Análisis de sensibilidad Egresos.....	46
Tabla 3-26. Análisis de sensibilidad Ingresos curva aprendizaje 90%	47
Tabla 3-27. Análisis de sensibilidad Egresos curva aprendizaje 90%.....	48

Índice Figuras

Figura 1-1. Diagrama de Flujo	9
Figura 1-2. Diagrama de Ishikawa	10
Figura 2-3. Diagrama de flujo Proceso parte 1.....	30
Figura 2-4. Diagrama de flujo Proceso parte 2	31

Índice Gráficos

Universidad Técnica Federico Santa María Departamento de Diseño y Manufactura.....	1
Grafico 1-1. Experiencia internacional evidencia un aumento en productividad laboral promedio del 13%.....	7
Grafico 1-2. Experiencia internacional evidencia un ahorro en costos promedio del 4%.....	7
Grafico 1-3. Costos y Sobrecostos Comisaria Antofagasta	15
Gráfico 1-4. Impacto implementación.....	16
Gráfico 1-5. Disminución de costos y plazos	17
Gráfico 1-6. Disminución tiempos de ejecución,.....	17
Gráfico 3-7. Demanda Proyectada	37
Gráfico 3-8. Grafico análisis de Sensibilidad Ingresos VAN vs Egresos VAN	47
Gráfico 3-9. Grafico análisis de Sensibilidad Ingresos VAN vs Egresos VAN	48

1. Capítulo 1:

1.1 Diagnóstico y planteamiento del problema

DESTEC Ingeniería corresponde al área de estudio y coordinación de proyectos de la constructora TECSA, la cual desea mejorar su área de desarrollo de proyectos de ingeniería. Actualmente, parte de los proyectos se entregan en forma básica, solo mediante planos en formato DWG (AutoCAD), realizando cruces de información mediante la superposición de plantas entre especialidades. Este método resulta poco preciso y perjudica a los proyectos que, al no contar con información adecuada y completa, generan numerosas consultas durante la etapa de ejecución, lo que ocasiona tiempos de espera, retrasos, mayores costos, incumplimientos de plazos e insatisfacción de los clientes.

Por otra parte, la externalización de proyectos BIM permite a las empresas acceder a especialistas y reducir la carga interna, pero también conlleva limitaciones importantes: dependencia de terceros, mayores riesgos de coordinación, aparición de costos ocultos, pérdida de aprendizaje organizacional y riesgo en la calidad de la información debido a discrepancias en estándares y trazabilidad.

1.2 Contextualización del problema (cuantitativos y cualitativos)

DESTEC Ingeniería es el área de estudios y coordinación de proyectos de la constructora TECSA, dedicada principalmente al desarrollo de proyectos de ingeniería en etapas de diseño y coordinación de especialidades. Su función es estratégica dentro de la organización, ya que constituye el nexo entre la fase de diseño y la ejecución en obra, asegurando que los proyectos cuenten con información técnica suficiente para cumplir con los plazos, costos y estándares de calidad establecidos.

Actualmente, una parte significativa de los proyectos de DESTEC se recibe en formato básico, principalmente mediante planos en DWG (AutoCAD). La coordinación se realiza a través de la superposición de plantas entre disciplinas (arquitectura, estructura, instalaciones sanitarias, eléctricas y climatización). Este método resulta impreciso y limitado, generando múltiples consultas durante la ejecución, tiempos de espera, retrasos y sobrecostos. Estas inefficiencias han derivado en retrasos de entre 5 y 6 meses en promedio en algunos proyectos, además de un incremento de hasta un 30% en los costos asociados a interferencias no detectadas en la etapa de diseño.

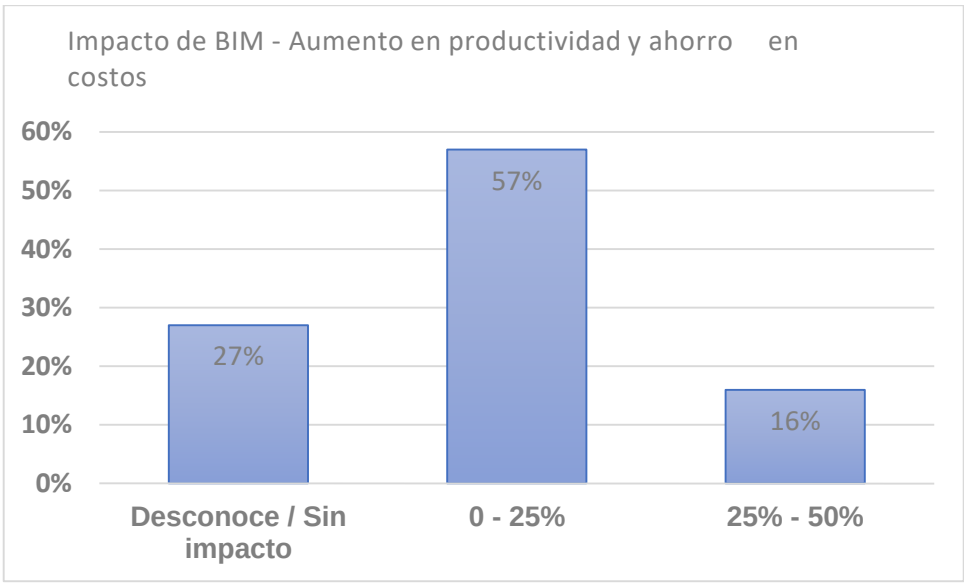
La problemática se intensifica debido a que gran parte del desarrollo de proyectos se externaliza en oficinas externas de ingeniería. Esto genera dependencia de terceros, dificultades de coordinación, costos adicionales por cambios de alcance y pérdida de aprendizaje organizacional, limitando la capacidad interna de DESTEC para gestionar eficientemente sus proyectos.

Diversos estudios respaldan esta situación. La Cámara Chilena de la Construcción (CChC) y Matrix Consulting (2022) estiman que alrededor de un 6% de los costos de construcción corresponden a pérdidas derivadas de problemas de coordinación y planificación, mientras que organismos internacionales como OECD y McGraw Hill (2019) han demostrado que la implementación de Building Information Modeling (BIM) puede aumentar la productividad en un 13% y reducir los costos en un 4%, gracias a la detección temprana de interferencias y la mejora en la comunicación interdisciplinaria.

Cámara Chilena de la Construcción & Matrix Consulting. (2022). Encuesta Nacional BIM 2022: Diagnóstico sobre la adopción y beneficios de la metodología BIM en Chile. CChC.

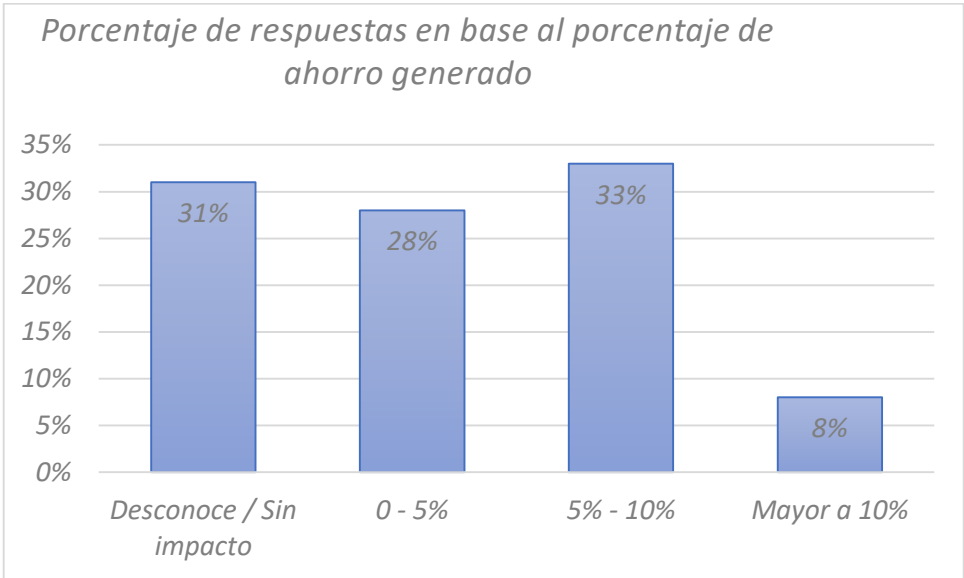
McGraw Hill. (2019). The business value of BIM for owners. McGraw Hill Construction SmartMarket Report

Grafico 1-1. Experiencia internacional evidencia un aumento en productividad laboral promedio del 13%.



Fuente: Según cámara Chilena de la Construcción & Matrix Consulting. (2022). Encuesta Nacional BIM 2022: Diagnóstico sobre la adopción y beneficios de la metodología BIM en Chile. CChC.

Grafico 1-2. Experiencia internacional evidencia un ahorro en costos promedio del 4%.



Fuente: Según cámara Chilena de la Construcción & Matrix Consulting. (2022). Encuesta Nacional BIM 2022: Diagnóstico sobre la adopción y beneficios de la metodología BIM en Chile. CChC.

En este contexto, se vuelve pertinente evaluar la viabilidad de implementar BIM dentro de DESTEC Ingeniería, con el objetivo de reducir la dependencia de la externalización, mejorar la planificación interna y fortalecer las capacidades técnicas de la organización. Esta intervención no solo busca resolver las ineficiencias actuales, sino también posicionar a la empresa como un referente en innovación tecnológica dentro del rubro de la construcción.

Desde una perspectiva personal y formativa, la elección de este tema se vincula directamente con el interés de aplicar herramientas tecnológicas para mejorar la gestión de proyectos, aportando valor práctico y académico al campo de la Ingeniería en Proyectos. El proyecto permitirá demostrar cómo la integración de BIM puede convertirse en una ventaja competitiva, optimizando recursos y generando un impacto positivo en la productividad y sostenibilidad de la empresa.

1.2.1 Análisis FODA

Tabla 1-1. Análisis FODA.

Fortalezas:	Oportunidades:
• La adopción anticipada de la metodología BIM podría reportar ventajas competitivas. • El uso de BIM facilita los cambios de proyectos. • Los cambios de proyectos demandan tiempos muy breves. • Disminución de los tiempos de producción. • Podría generar importante ahorros de tiempo de producción y ejecución.	• La inversión BIM se recupera en el largo plazo. • El uso de BIM provoca un cambio en los mandos personales. • Se necesitan proyectistas no dibujantes. • Se debe pagar la licencia de los programas todos los años.
Debilidades:	Amenazas:
• Los mayores beneficios se observan en el proceso de construcción y por lo tanto impacta al mandante. • Optimización de costos de construcción por ahorros en modificaciones y en tiempos. • Cambios graduales en los beneficios de la adopción de la metodología BIM. • Permite instalar en terreno los beneficios de la adopción de la metodología BIM.	• Altos costos de adopción BIM. • Diversidad de plataformas dificulta la compatibilidad. • Desarrollo desigual complejiza la comunicación entre especialidades. • Faltan profesionales que manejen la metodología BIM por lo que es preciso incurrir en gastos de capacitación.

Fuente: Según datos recopilados por Destec Tecsa

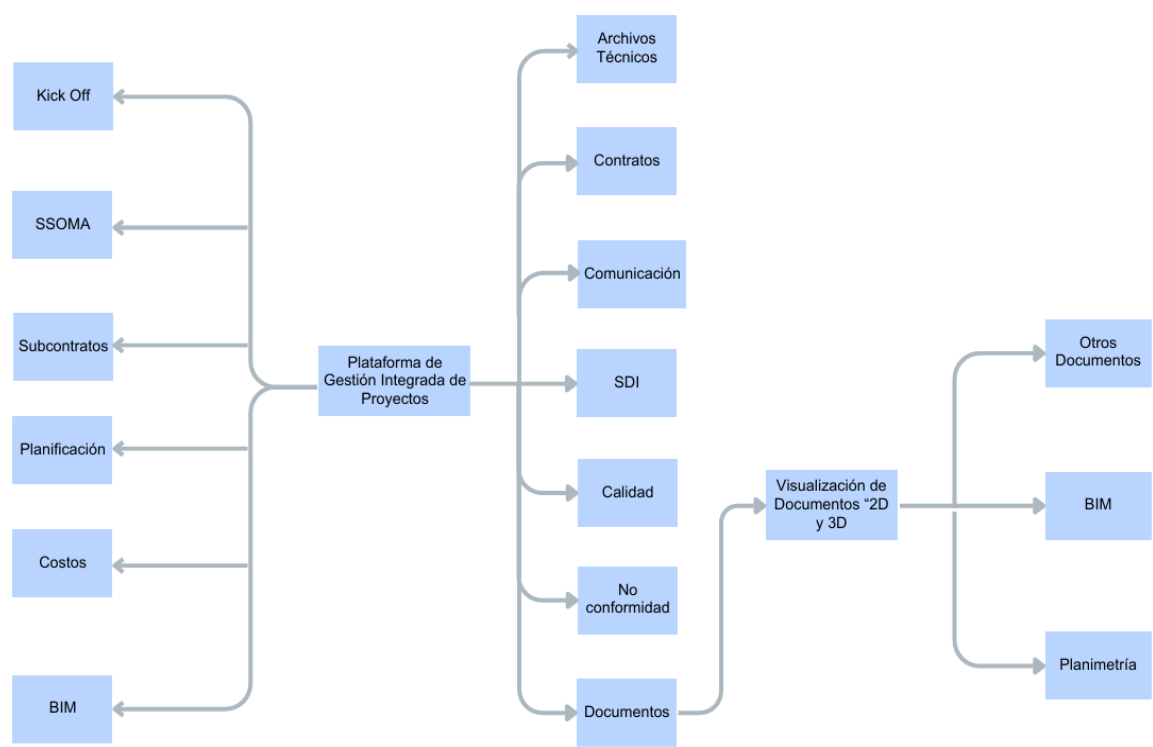
El FODA refleja que BIM ofrece claras ventajas competitivas y de eficiencia, pero requiere superar altos costos iniciales, la curva de aprendizaje y la falta de personal capacitado. La clave está en una planificación estratégica de adopción (capacitación interna + implementación progresiva).

1.2.2 Diagrama de Flujo

A futuro, deberá consolidar y perfeccionar el desarrollo de su Sistema de Gestión Integrada de Proyectos (SGIP), iniciado en 2019. Este sistema responde a la necesidad de centralizar procesos comunicacionales, flujos de trabajo y documentación en un entorno único, asegurando así una gestión integral y eficiente de los proyectos de la empresa.

El objetivo hacia adelante será fortalecer un ambiente unificado que integre la comunicación, gestión, control y requerimientos de cada proyecto a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la etapa inicial hasta su cierre.

Figura 1-1. Diagrama de Flujo



Módulo de Comunicación

- Riesgo: Sobrecarga de información si no hay filtros adecuados.
- Cuello de botella: La centralización mal gestionada puede generar lentitud en la validación de mensajes o duplicación de flujos.
- Impacto: Retrasos en la toma de decisiones si no hay claridad en jerarquías de permisos y accesos.

Módulo de Archivo Técnico

- Riesgo: La configuración de metadata puede ser compleja y requerir tiempo.
- Cuello de botella: Retrasos en la carga o validación de documentos críticos (planos, contratos).
- Impacto: Si no se gestiona bien, puede afectar la trazabilidad y retrasar el inicio de etapas del proyecto.

Módulo de Contratos

- Riesgo: Si la información no está completa o actualizada, se generan discrepancias entre lo contractual y lo técnico.
- Cuello de botella: Acceso restringido o tardío a documentos contractuales claves.
- Impacto: Conflictos legales o de cumplimiento en fases posteriores.

Módulo SDI (Solicitudes de Información)

- Riesgo: Alto volumen de SDIs sin priorización.
- Cuello de botella: Respuestas lentas de responsables o falta de vinculación correcta con modelos/documentos.
- Impacto: Retrasos en la construcción por información incompleta o tardía.

Módulo de Calidad (QA)

- Riesgo: Generación excesiva de documentación y auditorías poco efectivas.
- Cuello de botella: Validación lenta de planes de control o informes de ensayo.
- Impacto: Paralización de actividades en terreno hasta recibir aprobación documental.

Módulo de No Conformidades

- Riesgo: Acumulación de no conformidades sin resolución.
- Cuello de botella: Procesos de corrección lentos o poco claros.
- Impacto: Aumento de costos y retrasos por correcciones tardías.

Módulo de Documentos

- Riesgo: Problemas de compatibilidad de formatos (CAD, BIM, PDF).
- Cuello de botella: Lenta visualización o dificultad para acceder a versiones actualizadas.
- Impacto: Confusión en equipos de trabajo, uso de versiones desactualizadas y pérdida de control.

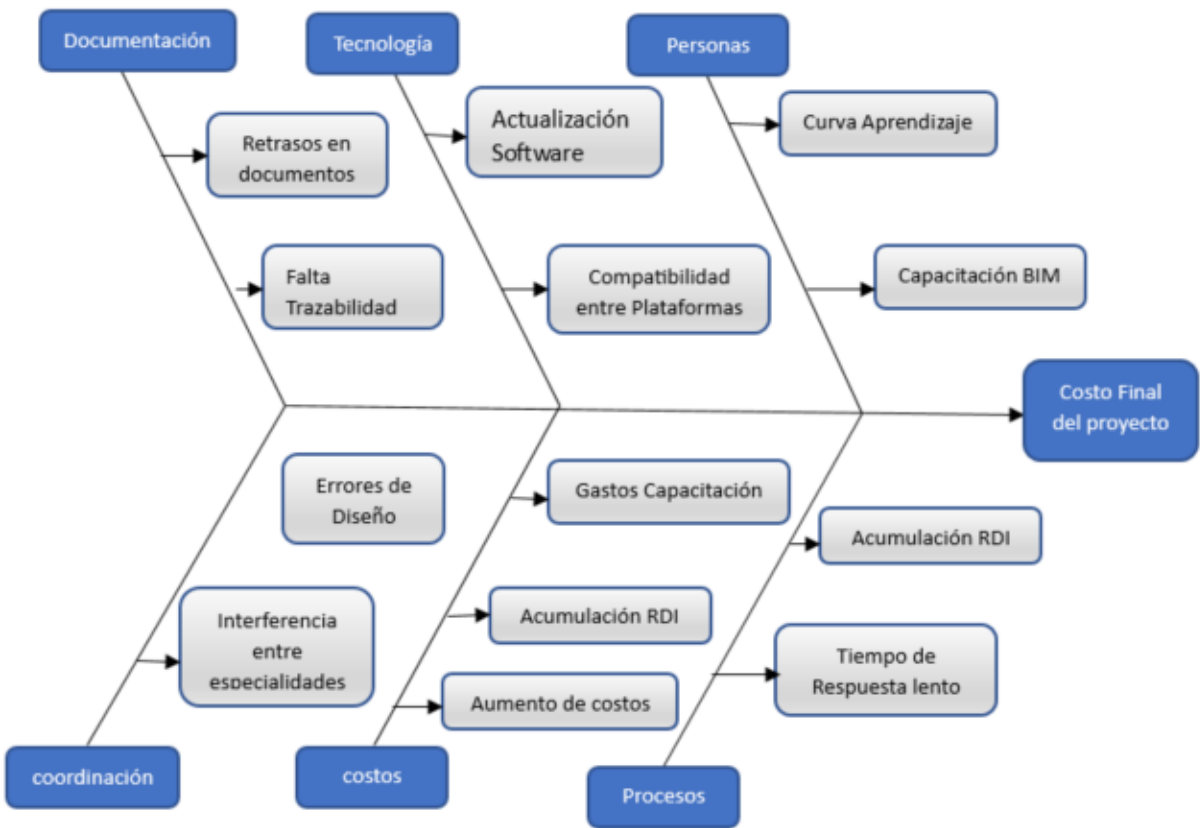
En síntesis

Los principales cuellos de botella están relacionados con:

- Sobrecarga de información sin filtros adecuados.
- Tiempos de validación/documentación lentos.
- Compatibilidad entre formatos y plataformas.
- Acumulación de SDIs y no conformidades sin cierre oportuno.
- Resistencia cultural y curva de aprendizaje del personal.

1.2.3 Diagrama de Ishikawa

Figura 1-2. Diagrama de Ishikawa



1. Documentación

La rama de Documentación muestra dos causas críticas:

- Retrasos en documentos

- Falta de trazabilidad

Ambas afectan la disponibilidad y actualización de la información, provocando que equipos de diseño y obra trabajen con versiones no sincronizadas. Este problema incrementa la aparición de errores, afecta la toma de decisiones y produce ajustes tardíos que encarecen el proyecto.

2. Tecnología

- En la categoría de Tecnología se incluyen:
- Actualización de software
- Compatibilidad entre plataformas

Cuando los softwares utilizados no están actualizados o no son compatibles entre sí, se generan errores de diseño, dificultades para integrar modelos y retrasos en la revisión de información. Esto impacta directamente en la calidad del diseño y contribuye a interferencias entre especialidades, incrementando la probabilidad de reprocesos.

3. Personas

En relación con las personas, el diagrama identifica factores que afectan el rendimiento del equipo:

- Curva de aprendizaje
- Capacitación BIM

La limitada experiencia en plataformas colaborativas (como BIM) ralentiza el flujo de trabajo y aumenta los tiempos de respuesta. A su vez, los gastos de capacitación representan un costo adicional que debe ser considerado dentro del proyecto. La falta de dominio técnico también genera acumulación de RDI (requerimientos de información), lo que incrementa los tiempos y costos asociados.

4. Coordinación

En esta rama se destacan:

- Errores de diseño
- Interferencia entre especialidades

La falta de coordinación efectiva entre disciplinas provoca inconsistencias en los planos y modelos. Esto deriva en la necesidad de realizar ajustes sucesivos, generando mayores tiempos de revisión y aumento de costos. Este problema es uno de los más frecuentes en proyectos sin una metodología colaborativa consolidada.

5. Procesos

Finalmente, en Procesos aparecen causas relacionadas con la dinámica interna del trabajo:

- Acumulación de RDI

- Tiempo de respuesta lento

Estos factores reflejan retrasos en la aprobación, revisión y actualización de información. La acumulación de solicitudes de cambio y la demora en su resolución provocan congestión en el flujo de diseño, afectando la continuidad del proyecto y aumentando los costos operacionales.

Conclusión general

El Diagrama de Ishikawa evidencia que el incremento del costo final del proyecto no se debe a una causa aislada, sino a la interacción de factores tecnológicos, humanos, documentales y procedimentales. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de implementar herramientas como BIM, que permiten integrar información, mejorar la coordinación, reducir la acumulación de cambios (RDI), y fortalecer la trazabilidad documental, disminuyendo así los riesgos que hoy impactan la eficiencia y los costos del proyecto.

1.2.4 Indicadores KPI's

- Indicadores de productividad: Estos nos permiten demostrar pérdidas de tiempo y sobrecostos en proyectos anteriores

Tabla 1-2. Análisis de sobrecostos

Cuadro de análisis de sobrecostos por especialidad:						
Especialidades	% Sobrecosto	Motivo principal	RDI/RFI promedio	Horas Hombre Perdidas	Costo Asociado (UF)	Observación
Obras Civiles	27%	Reajustes por rediseño estructural	12	180	2.813	Incompatibilidad entre estructura y arquitectura
Movimiento de Tierra	5%	Interferencias con redes existentes	4	70	521	Falta de levantamiento topográfico
Alcantarillado	8%	Cambios de trazado en obra	6	75	834	Diseño modificado por pendientes insuficientes
Agua Potable	7%	Reubicación de matrices	3	65	729	Coordinación deficiente entre especialidades
Electricidad	12%	Incompatibilidad con canalizaciones	9	110	1.250	Modificación de rutas eléctricas
Climatización	17%	Revisión de ductos e interferencias	10	140	1.771	Falta de revisión cruzada de planos HVAC
Iluminación	8%	Rediseño de luminarias y alturas	5	80	834	Cambios solicitados en obra
Arquitectura	16%	Cambios de diseño y terminaciones	11	170	1.667	Ajustes estéticos solicitados por mandante
TOTAL	100%	—	60	890	10.420	—

Fuente: datos entregados por Destec y Tecsa

Estos permiten demostrar pérdidas de tiempo y sobrecostos en proyectos anteriores.

- Horas – hombres improductivos, porcentaje de tiempo no productivo por interferencias, falta de información o duplicidad de tareas

Tabla 1-3. Resumen RDI

Resumen de RDI / RFI Asociados a Sobrecostos del Proyecto Comisaría Antofagasta					
Especialidad	% Sobrecosto	RDI/RFI Promedio	Valor Asociado	UF	Valor UF por RDI
Obras Civiles	27	12	2813		234,4

Movimiento de Tierra	5	4	521	130,3
Alcantarillado	8	6	834	139
Agua Potable	7	3	729	243
Electricidad	12	9	1250	138,9
Climatización	17	10	1771	177,1
Iluminación	8	5	834	166,8
Arquitectura	16	11	1667	151,5
TOTAL	100	60	10420	—

Fuente: Datos entregados por Destec y Tecsa

Tabla 1-4. Resumen RDI

Asociación entre RDI/RFI y Rehacer Trabajos – Proyecto Comisaría Antofagasta						
Especialidad	RDI/RFI Promedio	% Sobrecosto	Costo Asociado (UF)	% Rehacer Trabajos Estimado	UF por Rehacer Trabajos	Horas Hombre Reproceso
Obras Civiles	12	27	2813	30	844	60
Movimiento de Tierra	4	5	521	15	78	20
Alcantarillado	6	8	834	20	167	25
Agua Potable	3	7	729	18	131	18
Electricidad	9	12	1250	25	312	40
Climatización	10	17	1771	28	496	55
Iluminación	5	8	834	22	183	30
Arquitectura	11	16	1667	32	533	50
TOTAL	60	100	10420	—	2.744	298

Fuente: entregados por Destec y Tecsa

Tabla 1-5. Indicador de productividad

Indicadores de Productividad		
Indicador	Fórmula	Interpretación
Horas-hombre improductivas (%)	$(\text{Horas improductivas} / \text{Horas totales}) \times 100 = (890/7200) \times 100 = 12,4\%$	Aproximadamente un 12,4% del tiempo se perdió por interferencias o falta de información.
RDI promedio por especialidad	$\text{Total RDI} / \text{Total especialidades} = 60/8 = 7,5$	Promedio alto, evidencia falta de coordinación.

Fuente: entregados por Destec y Tecsa

- Desviación de plazo (%): $(\text{Plazo real} - \text{Plazo panificado}) / \text{Plazo planificado} \times 100$
 - Rehacer trabajos (% del costo total, el presupuesto se usó en rehacer trabajos por errores de coordinación.
 - Indicadores de costos: Relacionado con los sobrecostos de proyectos previos
- Desviación de Presupuesto (%) $(\text{Costo real} - \text{Costo planificado}) / \text{Costo planificado} \times 100$

Tabla 1-6. Indicadores de costos

Indicadores de Costos		
Indicador	Fórmula	Interpretación
Desviación de Presupuesto (%)	$(\text{Costo real} - \text{Costo planificado}) / \text{Costo planificado} \times 100 = (272.131 - 241.711)/241.711 = 12,6\%$	El proyecto presentó un sobrecosto del 12,6% respecto al presupuesto original.
Rehacer trabajos (% del costo total)	$\text{Costo de retrabajos} / \text{Costo total} \times 100 = 6,5\%$	Un 6,5% del costo total se destinó a rehacer trabajos por errores de coordinación.
Sobrecostos por modificaciones	$\text{Costo adicional por cambios} / \text{Costo total} \times 100 = 4,3\%$	Asociados a cambios de diseño tardíos y falta de coordinación entre especialidades.

Fuente: Datos entregados por Destec y Tecsa

Los sobrecostos por modificaciones, son costos adicionales por cambios de diseño, falta de coordinación entre especialidades o información incompleta.

- Indicadores de Plazos y Planificación
- Porcentaje de hitos cumplidos en fecha.
- Promedio de días de retraso por hito.
- Tiempo promedio de respuesta a solicitudes de información (SDI / RFI).

Tabla 1-7. indicadores plazos y planificación

Indicadores de Plazos y Planificación		
Indicador	Fórmula	Interpretación
Desviación de Plazo (%)	$(\text{Plazo real} - \text{Plazo planificado}) / \text{Plazo planificado} \times 100 = (18-16)/16 = 12,5\%$	El proyecto tuvo un retraso del 12,5% respecto al cronograma inicial.
% de hitos cumplidos en fecha	$(\text{Hitos en fecha} / \text{Total hitos}) \times 100 = (12/15) \times 100 = 80\%$	Solo el 80% de los hitos se cumplieron dentro del plazo.
Promedio de días de retraso por hito	$\text{Total días de retraso} / \text{Total hitos} = 45/15 = 3 \text{ días}$	Retraso promedio leve, pero constante.
Tiempo promedio de respuesta RFI/SDI	$\text{Total días respuesta} / \text{Total RFI} = 72/60 = 1,2 \text{ días}$	Promedio dentro de lo aceptable, aunque algunas solicitudes críticas superaron los 3 días.

Fuente: datos entregados por Destec y Tecsa

1.3 Identificación del problema

La identificación del problema constituye un aspecto central para delimitar con claridad la situación crítica que enfrenta DESTEC Ingeniería. Actualmente, gran parte del desarrollo de los proyectos se encuentra externalizado, lo que ha generado múltiples efectos negativos en la eficiencia y rentabilidad de los mismos.

Desde un punto de vista técnico, los principales problemas detectados son:

- Errores de diseño e interferencias entre especialidades (arquitectura, estructura, instalaciones), que derivan en ajustes durante la fase de construcción.
- Falta de coordinación documental y trazabilidad, que retrasa la validación de planos y la comunicación entre equipos.
- Imprevistos frecuentes en obra debido a la ausencia de un control centralizado de la información.

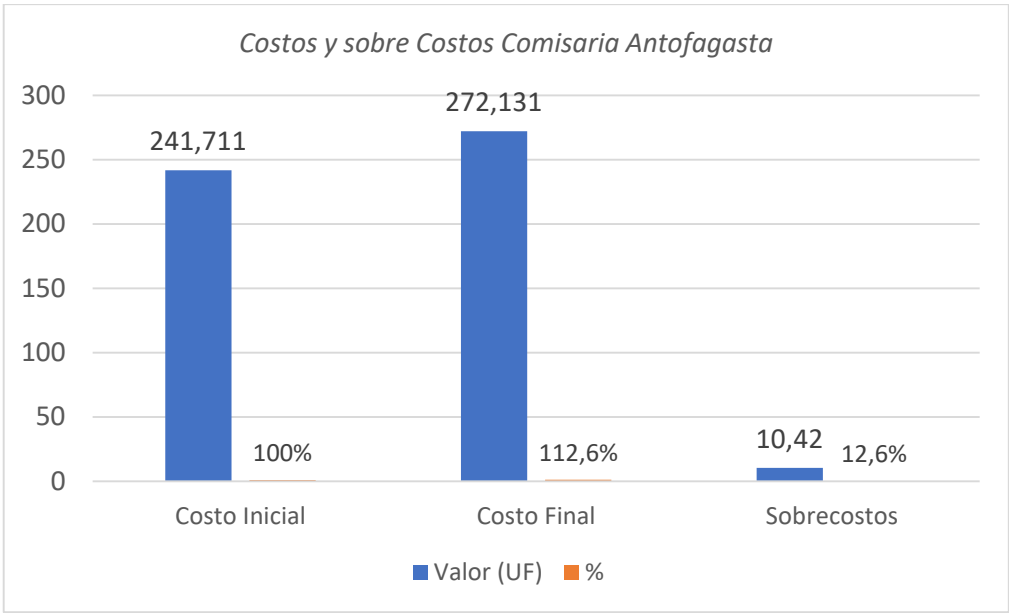
- Retrasos significativos en plazos de ejecución, con un promedio de 5 a 6 meses adicionales en 6 proyectos ejecutados en 2023.

Desde la perspectiva económica, estos problemas se traducen en:

- Sobrecostos directos:

Comisaría de Antofagasta: aumento del 12,6% sobre el presupuesto inicial (de 241.711 UF a 272.131 UF).

Grafico 1-3. Costos y Sobrecostos Comisaria Antofagasta



Fuente: Datos proporcionados por Destec y Tecsa Constructora

Estudios de la CChC y Matrix Consulting (2020) confirman que las deficiencias en coordinación y planificación representan hasta un 6% de los costos de construcción y pueden ser mitigadas mediante la implementación de BIM .

Desde un ángulo cualitativo, la situación se ve agravada por:

- Resistencia cultural al cambio y dependencia de metodologías tradicionales en 2D.
- Curva de aprendizaje prolongada ante la adopción de nuevas tecnologías.
- Débil capacidad interna para gestionar información compleja y multidisciplinaria.

Para sustentar este diagnóstico, se aplicaron herramientas metodológicas como el Diagrama de Ishikawa, que permitió identificar causas raíz relacionadas con personas, procesos, tecnología, costos, documentación y coordinación, todas convergiendo en el aumento del costo final de los proyectos.

En conclusión, la problemática detectada se centra en la ineficiencia generada por la externalización de proyectos y la falta de integración tecnológica interna, cuyos efectos se reflejan en sobrecostos, retrasos, baja productividad y pérdida de competitividad. Estos resultados definen una línea base objetiva, sobre la cual se evaluará el impacto de la implementación de BIM, considerando que su adopción temprana puede incrementar la productividad en un 13% y reducir los costos en un 4%, McGraw Hill. (2021). The Business Value of BIM in Global Markets. McGraw Hill Construction, Cámara Chilena de la Construcción. (2022). Encuesta Nacional BIM 2022: Diagnóstico sobre la adopción y beneficios de la metodología BIM en Chile. CChC.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la viabilidad técnica, logística y económico-financiera de implementar la metodología Building Information Modeling (BIM) en DESTEC Ingeniería, con el fin de optimizar la gestión de proyectos, reducir sobrecostos y retrasos asociados a la externalización de servicios, y mejorar la competitividad de la empresa en el sector de la construcción.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de los procesos de coordinación de proyectos en DESTEC Ingeniería, identificando brechas técnicas, logísticas y organizacionales que afectan la productividad, la trazabilidad de la información y la eficiencia en la gestión de proyectos.
- Diseñar un plan de implementación progresiva de la metodología BIM que contemple la incorporación de infraestructura tecnológica, la capacitación del personal, la definición de roles y responsabilidades, y la estructuración de flujos colaborativos digitales acordes a las normas ISO 19650 y al Estándar BIM para Proyectos Públicos en Chile.
- Evaluar el impacto técnico, económico de la implementación de BIM en DESTEC Ingeniería, mediante el análisis de indicadores de productividad, costos, plazos, proyectando los beneficios esperados en términos de rentabilidad (VAN, TIR, PRI) y eficiencia operativa.

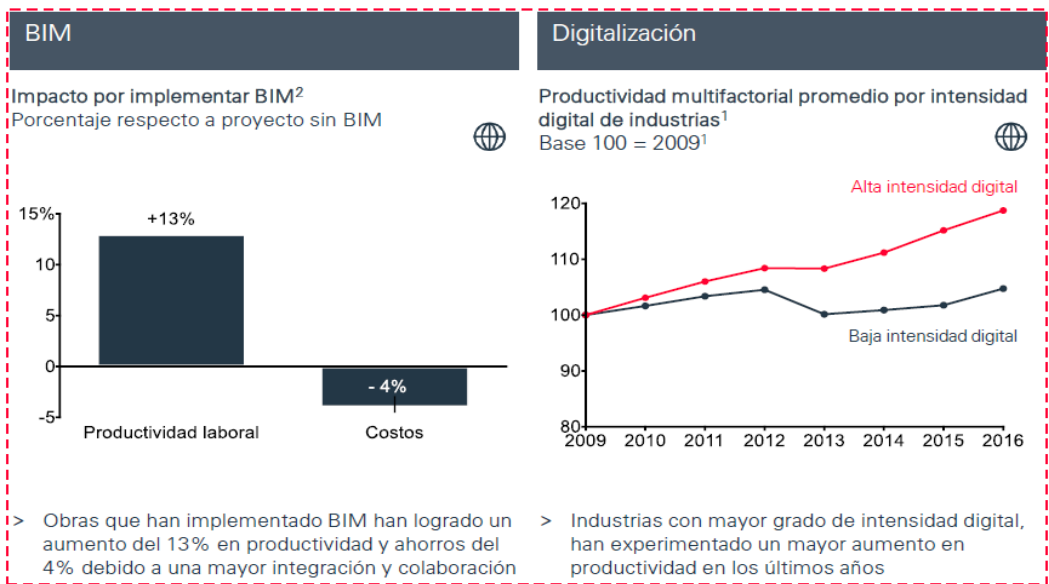
Análisis del entorno (o mercado), producto (bien o servicio), oferta y demanda si corresponde.

1.4.3 Estudio del proceso productivo

La implementación de BIM a nivel nacional, solo el 39% de las obras lo utilizó durante la etapa de diseño y un 10 % en etapa de construcción.

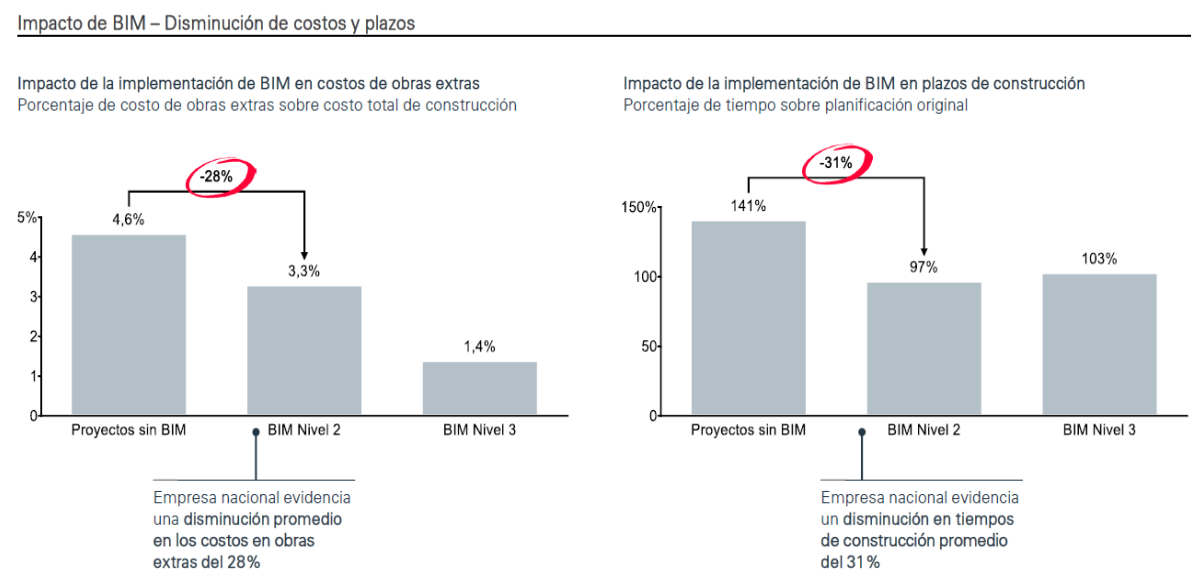
En caso de implementación de BIM muestra hasta un 13% más de productividad laboral y 4 a 8% de reducción de los costos por menos retrasos y modificaciones de proyectos, según el estudio de productividad de industria de la construcción en Chile y estándares mundiales, matrix consulting (2020), realizado para la cámara chilena de la construcción (CCH).

Gráfico 1-4. Impacto implementación



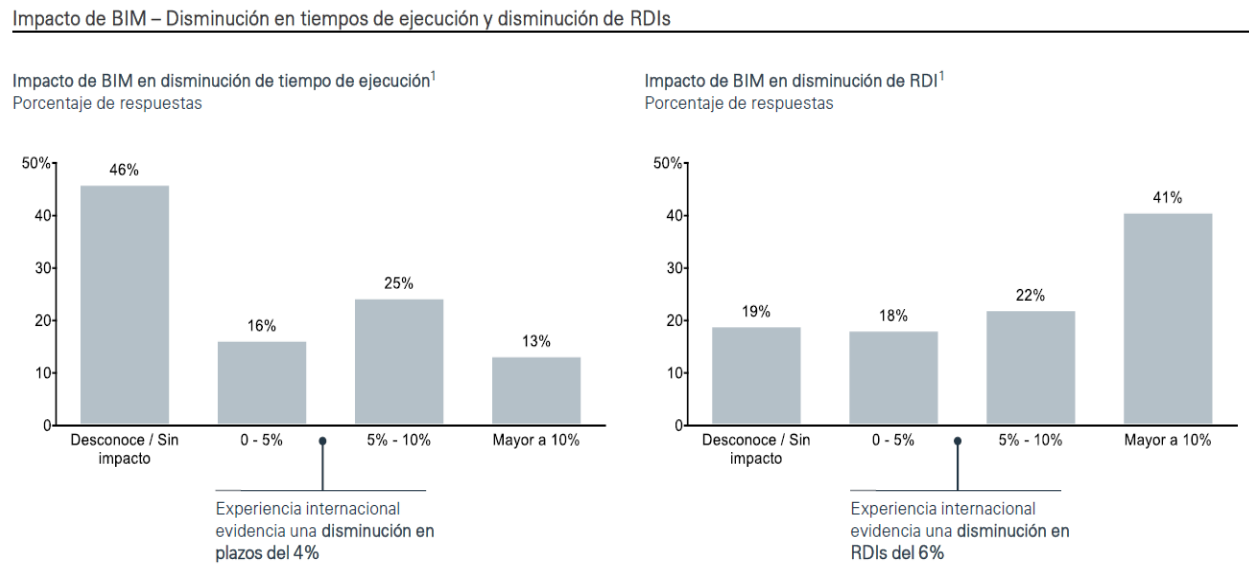
Fuente: Datos entregados en Matrix Consulting. (2019). Productividad en la construcción: Impacto de BIM en costos y plazos. Cámara Chilena de la Construcción.

Gráfico 1-5. Disminución de costos y plazos



Fuente: Datos entregados en Matrix Consulting. (2019). Productividad en la construcción: Impacto de BIM en costos y plazos. Cámara Chilena de la Construcción.

Gráfico 1-6. Disminución tiempos de ejecución,



Fuente: Datos entregados en Matrix Consulting. (2019). Productividad en la construcción: Impacto de BIM en costos y plazos. Cámara Chilena de la Construcción.

1.5 Supuestos de mejora del proyecto

- A partir del diagnóstico realizado en DESTEC Ingeniería, los problemas centrales se relacionan con sobrecostos, retrasos y baja productividad ocasionados por la externalización de proyectos y la ausencia de una metodología integral de coordinación. En este contexto, los supuestos de mejora que se plantean para la futura implementación de la metodología BIM son los siguientes:

1.5.1 Supuestos Técnicos y de Gestión

- Se espera que la incorporación de BIM permita reducir las interferencias entre especialidades, gracias al uso de modelos tridimensionales coordinados que integran arquitectura, estructuras e instalaciones.
- La automatización de procesos, como la detección temprana de conflictos y la generación de planos, disminuirá la carga manual y aumentará la eficiencia del flujo de trabajo.

El tiempo de respuesta en la coordinación interna y con mandantes se reducirá significativamente al contar con un repositorio centralizado y trazable de la información del proyecto.

1.5.2 Supuestos Económicos

- La implementación de BIM permitiría reducir los sobrecostos en un 4%, de acuerdo con estudios de la CChC y Matrix Consulting, al mejorar la planificación y minimizar re-trabajos.
- Se proyecta un incremento de productividad cercano al 13%, al optimizar tiempos de diseño y construcción mediante procesos digitales colaborativos.
- A mediano plazo, se generará un retorno de la inversión (ROI) positivo, ya que los costos iniciales de software, hardware y capacitación se compensarán con los ahorros en horas-hombre y materiales.

1.5.3 Supuestos Cualitativos

- La implementación de BIM fomentará un cambio cultural dentro de la organización, promoviendo la colaboración interdisciplinaria y la estandarización de procesos.
- Se espera un fortalecimiento de las capacidades internas mediante la capacitación continua de los equipos, reduciendo la dependencia de la externalización.
- La empresa podrá mejorar su posicionamiento competitivo frente a otras firmas de ingeniería que ya utilizan BIM, captando nuevos clientes y proyectos.

1.5.4 Variables a Modificar

- Tiempos de ejecución de proyectos (reducción de 5-6 meses promedio observados en 2023).
- Costos totales de construcción (disminución de sobrecostos entre 4% y 6%).
- Productividad del equipo de ingeniería (incremento estimado del 13%).

1.6 Alcances y limitaciones del proyecto

- El proyecto se centra en evaluar la viabilidad técnica, logística y económica de implementar la metodología BIM en DESTEC Ingeniería.
- El análisis considera los procesos de diseño y coordinación de proyectos de ingeniería, con énfasis en la etapa de planificación, modelado y control de interferencias entre las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones.
- Se utilizarán como casos de referencia los proyectos desarrollados por DESTEC para TECSA Constructora durante los años 2022 y 2023, lo que permitirá cuantificar los impactos de los problemas de coordinación y sobrecostos detectados.
- El estudio se limita a la fase de diagnóstico y propuesta de mejora, mediante la elaboración de un modelo de implementación de BIM que sirva de guía para su futura ejecución en la empresa.
- El trabajo contempla la definición de un Plan de Ejecución BIM (PEB), el levantamiento de recursos técnicos y humanos necesarios, así como el análisis de costos, beneficios y retorno esperado de la inversión.

1.6 Marco Técnico-Normativo de Implementación BIM

La implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en una empresa requiere alinearse con un marco técnico-normativo que garantice la correcta gestión de la información, la interoperabilidad de los modelos y el cumplimiento de los estándares legales y técnicos aplicables en Chile e internacionalmente.

1.6.1 Normas internacionales

- ISO 19650 (Partes 1 y 2): Conjunto de normas que establecen principios y requisitos para la gestión de la información en proyectos que utilizan BIM a lo largo de su ciclo de vida.
- IFC (Industry Foundation Classes): Estándar abierto de interoperabilidad que permite el intercambio de modelos entre diferentes softwares BIM.
- COBie (Construction Operations Building Information Exchange): Formato estandarizado para el traspaso de información de construcción hacia la operación y mantenimiento.

1.6.2 Normas y Estándares Nacionales (Chile)

- NCh-ISO 19650/1 y NCh-ISO 19650/2 (INN): Versión chilena de la norma internacional ISO 19650, aprobada por el Instituto Nacional de Normalización.
- Estándar BIM para Proyectos Públicos (Planbim - Construye2025): Documento de referencia que establece lineamientos mínimos para el uso de BIM en proyectos licitados por el Estado, incluyendo entregables, roles, responsabilidades y formatos de información.
- Códigos de Edificación y Normativa Técnica Nacional: Incluye normativas de seguridad estructural, instalaciones sanitarias, eléctricas, eficiencia energética y accesibilidad, que deben estar incorporadas en la validación de los modelos BIM.

1.6.3 Protocolos y Guías de Implementación

- Plan de Ejecución BIM (BEP): Documento que define objetivos, roles, responsabilidades, estándares de modelado, flujos de trabajo, niveles de desarrollo (LOD) y procedimientos de control de calidad de los modelos.
- Requerimientos de Intercambio de Información (EIR): Especificaciones que indican el tipo, formato y nivel de detalle de la información que debe entregarse en cada etapa del proyecto.
- Guías PlanBIM Chile (2019-2025): Conjunto de documentos que apoyan la estandarización del uso de BIM en Chile, incluyendo recomendaciones sobre nomenclatura, estructuración de entregables y validación de modelos.

1.6.4 Requisitos Organizacionales y de Gestión Interna

- Políticas internas de la empresa: Adaptación de los estándares a la realidad de DESTEC, incluyendo protocolos de control documental, trazabilidad de cambios y aseguramiento de calidad.
- Cumplimiento Normativo: Uso de BIM como herramienta de verificación automática de cumplimiento normativo en diseño y construcción, lo que garantiza alineación con normativas legales y técnicas vigentes.
- Gestión de Roles BIM: Definición de responsabilidades (BIM Manager, Coordinadores, Modeladores, Revisores) según lineamientos internacionales y nacionales.

1.7 Alcances y limitaciones del proyecto

1.7.1 Alcances

- El proyecto se centra en evaluar la viabilidad técnica, logística y económica de implementar la metodología BIM en DESTEC Ingeniería.
- El análisis considera los procesos de diseño y coordinación de proyectos de ingeniería, con énfasis en la etapa de planificación, modelado y control de interferencias entre las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones. Se utilizarán como casos de referencia los proyectos desarrollados por DESTEC para TECSA Constructora durante los años 2022 y 2023, lo que permitirá cuantificar los impactos de los problemas de coordinación y sobrecostos detectados.
- El estudio se limita a la fase de diagnóstico y propuesta de mejora, mediante la elaboración de un modelo de implementación de BIM que sirva de guía para su futura ejecución en la empresa.
- El trabajo contempla la definición de un Plan de Ejecución BIM (PEB), el levantamiento de recursos técnicos y humanos necesarios, así como el análisis de costos, beneficios y retorno esperado de la inversión.

1.7.2 Limitaciones

- El proyecto no considera la implementación real de la metodología BIM, dado que se trata de un estudio de prefactibilidad y propuesta académica.
- El análisis se apoya principalmente en datos históricos entregados por la empresa y fuentes secundarias (estudios de CChC, Matrix Consulting, Encuestas BIM 2022 y 2024), lo que limita la posibilidad de validar resultados con pruebas en campo.
- La evaluación financiera se restringe a la proyección de costos y beneficios asociados a la implementación, utilizando indicadores como VAN, TIR y PRI, sin aplicar una simulación práctica en software especializado por limitaciones de licencias y recursos computacionales.
- El alcance del proyecto excluye áreas operativas externas a la gestión de proyectos de ingeniería, tales como procesos constructivos en obra, gestión de adquisiciones o logística de materiales.
- El trabajo se desarrolla bajo el plazo académico establecido, lo que restringe la posibilidad de ampliar el análisis a otros proyectos de referencia o de incorporar encuestas adicionales al personal de la empresa.

1.8 Marco Técnico-Normativo de Implementación BIM

La implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en una empresa requiere alinearse con un marco técnico-normativo que garantice la correcta gestión de la información, la interoperabilidad de los modelos y el cumplimiento de los estándares legales y técnicos aplicables en Chile e internacionalmente.

1.8.1 Normas internacionales

- ISO 19650 (Partes 1 y 2): Conjunto de normas que establecen principios y requisitos para la gestión de la información en proyectos que utilizan BIM a lo largo de su ciclo de vida.
- IFC (Industry Foundation Classes): Estándar abierto de interoperabilidad que permite el intercambio de modelos entre diferentes softwares BIM.
- COBie (Construction Operations Building Information Exchange): Formato estandarizado para el traspaso de información de construcción hacia la operación y mantenimiento.

1.8.2 2. Normas y Estándares Nacionales (Chile)

- NCh-ISO 19650/1 y NCh-ISO 19650/2 (INN): Versión chilena de la norma internacional ISO 19650, aprobada por el Instituto Nacional de Normalización.
- Estándar BIM para Proyectos Públicos (Planbim - Construye2025): Documento de referencia que establece lineamientos mínimos para el uso de BIM en proyectos licitados por el Estado, incluyendo entregables, roles, responsabilidades y formatos de información.
- Códigos de Edificación y Normativa Técnica Nacional: Incluye normativas de seguridad estructural, instalaciones sanitarias, eléctricas, eficiencia energética y accesibilidad, que deben estar incorporadas en la validación de los modelos BIM.

deben estar incorporadas en la validación de los modelos BIM.

1.8.3 Protocolos y Guías de Implementación

- Plan de Ejecución BIM (BEP): Documento que define objetivos, roles, responsabilidades, estándares de modelado, flujos de trabajo, niveles de desarrollo (LOD) y procedimientos de control de calidad de los modelos.
- Requerimientos de Intercambio de Información (EIR): Especificaciones que indican el tipo, formato y nivel de detalle de la información que debe entregarse en cada etapa del proyecto.
- Guías PlanBIM Chile (2019-2025): Conjunto de documentos que apoyan la estandarización del uso de BIM en Chile, incluyendo recomendaciones sobre nomenclatura, estructuración de entregables y validación de modelos.

1.8.4 Requisitos Organizacionales y de Gestión Interna

- Políticas internas de la empresa: Adaptación de los estándares a la realidad de DESTEC, incluyendo protocolos de control documental, trazabilidad de cambios y aseguramiento de calidad.
- Cumplimiento Normativo: Uso de BIM como herramienta de verificación automática de cumplimiento normativo en diseño y construcción, lo que garantiza alineación con normativas legales y técnicas vigentes.
- Gestión de Roles BIM: Definición de responsabilidades (BIM Manager, Coordinadores, Modeladores, Revisores) según lineamientos internacionales y nacionales.

2. ESTUDIO TÉCNICO

Este capítulo tiene como propósito definir los aspectos técnicos, logísticos, ambientales y administrativos que sustentan la propuesta de implementación de la metodología BIM en DESTEC

Ingeniería. El análisis se orienta a establecer los requerimientos mínimos de infraestructura, equipamiento, procesos y organización necesarios para garantizar la factibilidad operativa de la intervención propuesta.

En este contexto, se revisan los recursos tecnológicos y humanos con los que cuenta actualmente la empresa, identificando brechas en comparación con los estándares y buenas prácticas asociadas al uso de BIM. Asimismo, se detallan los procesos productivos y de coordinación entre disciplinas, evaluando la capacidad de adaptación a entornos colaborativos digitales y a flujos de información estructurados.

El estudio también considera los factores logísticos y ambientales que inciden en la ejecución de proyectos, junto con los aspectos administrativos vinculados a la gestión documental, normativa aplicable y requerimientos de capacitación del personal. Con ello, se busca asegurar que la propuesta no solo sea económicamente viable, sino también técnicamente factible y coherente con la realidad operativa de DESTEC Ingeniería.

En definitiva, este capítulo entrega el marco técnico y organizacional sobre el cual se sustenta la propuesta de mejora, aportando los insumos necesarios para su evaluación en términos de costos, beneficios y factibilidad de implementación.

2.1 Estudio técnico

2.1.1 Estudio Técnico - Implementación de la Metodología BIM en DESTEC Ingeniería

El estudio técnico tiene por finalidad describir los recursos materiales, humanos, tecnológicos y de infraestructura que permitirán implementar de manera efectiva la metodología Building Information Modeling (BIM) en el área de coordinación de proyectos de DESTEC Ingeniería. Este análisis establece las condiciones técnicas y operativas necesarias para asegurar que la propuesta de mejora pueda ejecutarse en un entorno real, garantizando su sostenibilidad en el tiempo.

2.1.2 Recursos Humanos y Capacidades Instaladas

El área de coordinación de proyectos de DESTEC Ingeniería está actualmente compuesta por un gerente comercial, un jefe de proyectos y tres coordinadores de proyectos, quienes gestionan el desarrollo técnico y la coordinación de las especialidades de ingeniería (estructuras, sanitaria, eléctrica, climatización, etc.).

Actualmente, las tareas se realizan principalmente con software de diseño tradicional (AutoCAD y Excel), con intercambio de información mediante correo electrónico o carpetas compartidas. Esta modalidad, aunque funcional, genera demoras en la detección de interferencias, pérdida de trazabilidad en versiones y dificultad para consolidar entregables integrados.

Para la implementación de la metodología BIM se requiere incorporar los siguientes elementos humanos y organizativos:

Cargo / Rol	Situación Actual	Requerimiento Técnico	Acción Propuesta
-----	-----	-----	-----

Gerente Comercial: Responsable de la gestión global y relación con clientes. | Conocimiento básico en flujos BIM para supervisión de entregables. | Capacitación en fundamentos BIM y gestión de información.

Jefe de Proyectos: Coordina la entrega técnica de proyectos. | Capacidad de interpretar modelos 3D y gestionar el flujo de información digital. | Capacitación en Revit, Navisworks y gestión de PEB (Plan de Ejecución BIM).

Coordinadores de Proyecto (3): Ejecutan la coordinación entre especialidades. | Habilidad para detectar interferencias y generar reportes BIM. | Formación en modelado BIM, revisión y coordinación en Navisworks.

Nuevo Rol: BIM Manager: No existente, Profesional encargado de liderar la implementación, definir estándares y coordinar la interoperabilidad, Contratación de un BIM Manager con certificación profesional.

Con esta estructura, el área quedará conformada por cinco profesionales capacitados y un BIM Manager responsable de la estandarización y control de la metodología.

2.1.3 Recursos Materiales y Tecnológicos

Para la adopción de la metodología BIM, la empresa requiere fortalecer su infraestructura tecnológica y herramientas de software, considerando los siguientes elementos:

Equipamiento informático

- Actualización de cuatro estaciones de trabajo con procesadores de alto rendimiento (Intel i7 o superior, 32 GB RAM, GPU dedicada NVIDIA RTX).
- Implementación de servidor local o nube colaborativa (Autodesk Docs, Google Workspace o Microsoft SharePoint).
- Configuración de red de respaldo con almacenamiento automático y políticas de versionado.

Software requerido

- Autodesk Revit: modelado arquitectónico, estructural y de instalaciones.
- Navisworks Manage: coordinación y detección de interferencias (clash detection).
- BIM Collaborate Pro / Docs: gestión de entregables y flujo de información centralizado.
- MS Project / Primavera P6 (opcional): para integración con planificación 4D.

2.1.3 Procesos Operativos y Flujos Modificados

La incorporación de BIM impactará principalmente los procesos de coordinación, revisión y entrega de proyectos. Actualmente, el flujo de coordinación es secuencial y dependiente de archivos 2D, mientras que con BIM se adoptará un flujo colaborativo y simultáneo.

Procesos Clave a Modificar:

1. Coordinación entre especialidades: De revisiones 2D independientes a modelos integrados multidisciplinarios. Mejora esperada: reducción del 40% de interferencias detectadas en obra.
2. Control de versiones y entregables: De intercambio manual por correo a plataforma común (CDE). Mejora esperada: trazabilidad completa y reducción del 25% en tiempos de revisión.
3. Comunicación interna y con clientes: De revisiones presenciales a entorno virtual 3D compartido. Mejora esperada: decisiones más informadas y colaboración en tiempo real.
4. Gestión de información técnica: Incorporación de estándares BIM (nomenclatura, niveles de detalle LOD, roles y responsabilidades).

2.1.4 Condiciones de Operación y Factibilidad Técnica

Las condiciones actuales de la empresa -oficinas equipadas, estructura jerárquica definida y disponibilidad de personal especializado- permiten afirmar que existen condiciones técnicas favorables para la implementación del BIM.

Se prevé un período de implantación progresiva de 12 meses, con tres fases:

1. Fase 1: Diagnóstico y capacitación del personal (3 meses).

Esta fase inicial tiene como propósito establecer la línea base del estado actual de la empresa en cuanto a capacidades técnicas, herramientas digitales, procesos de coordinación y competencias del equipo. Sus actividades clave incluyen:

a. Diagnóstico organizacional y técnico

- Levantamiento del estado actual de los procesos de diseño, coordinación y control documental.
- Identificación de brechas tecnológicas (software, hardware, librerías, estándares).
- Revisión de perfiles profesionales y competencias del equipo de ingeniería.
- Análisis del flujo actual de información entre especialidades (arquitectura, estructuras, sanitarias, eléctricas, climatización).
- Identificación de puntos críticos: reprocesos, interferencias no detectadas, tiempos muertos, falta de integración tecnológica.

b. Definición de requerimientos BIM

- Determinación de los usos BIM aplicables a la empresa (modelación, coordinación, detección de interferencias, cubicaciones, revisiones, control documental).
- Definición preliminar del Plan de Ejecución BIM (PEB).
- Selección inicial de software y licencias necesarias (Revit, Navisworks, BIM Collaborate Pro, entre otros).

c. Capacitación del equipo

- Capacitación técnica para el equipo de jefes de proyectos y coordinadores (modelación, navegación, análisis de interferencias).
- Talleres teórico-prácticos sobre estándares BIM y flujos de trabajo colaborativo.
- Entrenamiento en protocolos de documentación, nomenclaturas y control de versiones.
- Incorporación de buenas prácticas según ISO 19650.
- Resultados esperados de la fase 1
- Línea base del nivel BIM de la organización.
- Equipo capacitado y con competencias mínimas operativas.
- Requerimientos técnicos definidos para iniciar la fase piloto.
- Primer borrador del Plan de Ejecución BIM para ser aplicado en un proyecto real.

2. Fase 2: Implementación piloto en un proyecto real (6 meses).

Esta fase corresponde al despliegue práctico y supervisado de la metodología BIM en un proyecto real de la empresa, con el propósito de validar procesos, herramientas, responsabilidades y flujos de trabajo. Se considera una duración de 6 meses.

a. Selección del proyecto piloto

- Proyecto representativo del tipo de encargos habituales de DESTEC (vivienda en altura, edificación pública, etc.).
- Alcance definido y participación de todas las especialidades involucradas.
- Disponibilidad de plazos y recursos para aplicar metodología BIM.

b. Implementación técnica

- Modelación 3D de las especialidades según los usos BIM definidos.
- Integración de modelos en una plataforma común (CDE - Common Data Environment).
- Ejecución de reuniones de coordinación semanales.
- Desarrollo de informes automáticos de interferencias (Clash Detection).
- Registro de tiempos, errores detectados, solicitudes de información (RFI/RDI) y reprocesos.

C. Evaluación continua durante el piloto

- Seguimiento de KPIs de productividad:
- Reducción de interferencias.
- Número de RFI/RDI.
- Tiempos de coordinación.
- Horas hombre de reproceso.
- Comparación con proyectos similares realizados sin BIM.
- Ajustes tácticos al Plan de Ejecución BIM.
- Retroalimentación continua al equipo.
- Resultados esperados de la fase 2
- Validación real del flujo BIM.
- Cuantificación de beneficios preliminares (tiempos, calidad, costos evitados).
- Estándares iniciales adaptados a la realidad de DESTEC.
- Equipo consolidado en trabajo colaborativo digital.

3. Fase 3: Evaluación, estandarización y mejora continua (3 meses).

La última fase tiene como objetivo consolidar la metodología BIM dentro de la empresa mediante la formalización de estándares, procesos estandarizados y un sistema continuo de control y mejora.

a. Evaluación global del piloto

- Revisión cuantitativa del impacto BIM:
- Reducción de sobrecostos.
- Ahorros por reprocesos evitados.
- Disminución de interferencias.
- Mejora de productividad del equipo.
- Análisis cualitativo: percepciones del equipo, fluidez en la coordinación, tiempos de respuesta.

b. Estandarización institucional

- Creación formal del Manual BIM Corporativo.
- Estandarización de nomenclaturas, plantillas, librerías y protocolos de intercambio de información.
- Ajustes finales al Plan de Ejecución BIM corporativo.

c. Sistema de mejora continua

- Definición de indicadores permanentes (KPIs).
- Programación de revisiones trimestrales para actualización de estándares.
- Incorporación de retroalimentación periódica del equipo.
- Capacitación anual obligatoria para mantener la madurez BIM.
- Resultados esperados de la fase 3
- Metodología BIM integrada formalmente en la empresa.
- Procesos estables y replicables para nuevos proyectos.
- Indicadores de productividad monitoreados de forma continua.
- Cultura de mejora continua instalada en la organización.

Durante este proceso se establecerán indicadores técnicos (KPI) para medir el impacto:

- % de reducción de interferencias detectadas en obra.
- % de entregables coordinados sin observaciones.
- % de cumplimiento de estándares PEB.
- Tasa de retrasos por errores de coordinación.

2.1.5 Conclusión del Estudio Técnico

Con la implementación de BIM en el área de coordinación de proyecto Destec se busca mejorar los procesos y los flujos de información a lo largo de la larga vida de los proyectos, como referencia se requiere establecer ocupando como referencia el proyecto comisaria Antofagasta en lo que no se implementó tecnología BIM y se busca aplicar las mejoras según los datos entregados en el punto 1.1.4 indicadores KPI'S.

- Indicadores de productividad: Estos nos permiten demostrar pérdidas de tiempo y sobrecostos en proyectos anteriores.

Tabla 2-8. Cuadro análisis de costos

Especialidad	% Sobrecosto	RDI/RFI Promedio	UF Asociado	UF por RDI	UF Asociado con BIM (-4%)	UF Asociado con BIM (-5%)	UF Asociado con BIM (-6%)
Obras Civiles	27	12	2813	234,4	2700,48	2672,35	2644,22
Movimiento de Tierra	5	4	521	130,3	500,16	494,95	489,74
Alcantarillado	8	6	834	139	800,64	792,3	783,96
Agua Potable	7	3	729	243	699,84	692,55	685,26
Electricidad	12	9	1250	138,9	1200	1187,5	1175
Climatización	17	10	1771	177,1	1700,16	1682,45	1664,74
Iluminación	8	5	834	166,8	800,64	792,3	783,96
Arquitectura	16	11	1667	151,5	1600,32	1583,65	1566,98
TOTAL	100	60	10420		10003,2	9899	9794,8

Fuente: datos entregados por Destec y Tecsa

Estos permiten demostrar pérdidas de tiempo y sobrecostos en proyectos anteriores. Horas – hombres improductivos, porcentaje de tiempo no productivo por interferencias, falta de información o duplicidad de las tareas

Tabla 2-9. Cuadro resumen mejora BIM sobre costos asociados a RDI y rehacer trabajos

Especialidad	RDI/RFI Promedio	% Sobrecosto	Costo Asociado (UF)	% Rehacer Trabajos Estimado	UF por Rehacer Trabajos	Horas Hombre Reproceso	RDI/RFI con BIM (-30%)	Costo Asociado con BIM (-4%)	UF por Rehacer con BIM (-40%)	HH Reproceso con BIM (-30%)
Obras Civiles	12	27	2813	30	844	60	8,4	2700,48	506,4	42
Movimiento de Tierra	4	5	521	15	78	20	2,8	500,16	46,8	14
Alcantarillado	6	8	834	20	167	25	4,2	800,64	100,2	17,5
Agua Potable	3	7	729	18	131	18	2,1	699,84	78,6	12,6
Electricidad	9	12	1250	25	312	40	6,3	1200	187,2	28
Climatización	10	17	1771	28	496	55	7	1700,16	297,6	38,5
Iluminación	5	8	834	22	183	30	3,5	800,64	109,8	21
Arquitectura	11	16	1667	32	533	50	7,7	1600,32	319,8	35

Fuente: datos entregados por Destec y Tecsa

Tabla 2-10. Cuadro resumen mejoras indicador de productividad

Indicador	Fórmula	Valor base (%)	Escenario con BIM (conservador)	Mejora absoluta	Mejora relativa (%)
Horas-hombre improductivas (%)	$(\text{Horas improductivas} / \text{Horas totales}) \times 100 = (890/7200) \times 100$	12,36	8,65	3,71	30
RDI promedio por especialidad	$\text{Total RDI} / \text{Total especialidades} = 60/8$	7,5	5,25	2,25	30

Fuente: datos entregados por Destec y Tecsa

En el escenario base sin BIM, el 12,4% del tiempo total de trabajo corresponde a horas-hombre improductivas, principalmente por interferencias, duplicidad de tareas y esperas por información técnica. Con la implementación de BIM, y bajo un enfoque conservador de mejora del 30%, el indicador proyectado baja a 8,7%, lo que equivale a una disminución de 3,7 puntos porcentuales. Esta mejora se explica por la coordinación digital anticipada y la centralización de la información, que reducen tiempos muertos y cambios en obra. Adicionalmente, el RDI promedio por especialidad disminuye de 7,5 a 5,25 (-30%), evidenciando mayor trazabilidad y precisión documental. En conjunto, ambos resultados

muestran un aumento de la eficiencia operativa, mejor comunicación interdisciplinaria y menores costos indirectos asociados a la improductividad.

- Desviación de plazo (%): $(\text{Plazo real} - \text{Plazo planificado}) / \text{Plazo planificado} \times 100$
- Rehacer trabajos (% del costo total, el presupuesto se usó en rehacer trabajos por errores de coordinación.
- Indicadores de costos: Relacionado con los sobrecostos de proyectos previos
 $\text{Desviación de Presupuesto (\%)} = (\text{Costo real} - \text{Costo planificado}) / \text{Costo planificado} \times 100$

Tabla 2-11. Cuadro Indicadores mejoras de costos

Indicador	Valor Base (%)	Mejora relativa (input)	Valor con BIM (%)	Mejora absoluta (p.p.)	Mejora relativa (%)
Desviación de Presupuesto (%)	12,6	4,0%	12,1	-0,5	4,0%
Rehacer trabajos (% del costo total)	6,5	40,0%	3,9	-2,6	40,0%
Sobrecostos por modificaciones (%)	4,3	30,0%	3,0	-1,3	30,0%

Fuente: datos entregados por Destec y Tecsa

Los sobrecostos por modificaciones, son costos adicionales por cambios de diseño, falta de coordinación entre especialidades o información incompleta.

- Indicadores de Plazos y Planificación
- Porcentaje de hitos cumplidos en fecha.
- Promedio de días de retraso por hito.
- Tiempo promedio de respuesta a solicitudes de información (SDI / RFI).

Tabla 2-12. Cuadro indicadores mejoras plazos y planificación

Indicador	Valor Base	Tipo de Mejora	Fórmula aplicada	Valor con BIM	Interpretación
Desviación de Plazo (%)	12,5	Reducción 4%	12,0	12,0	Reducción moderada del retraso general
% de hitos cumplidos en fecha	80,0	Aumento 10%	88,0	88,0	Mayor cumplimiento de hitos planificados
Promedio de días de retraso por hito	3,0	Reducción 30%	2,1	2,1	Menor retraso promedio por hito
Tiempo promedio de respuesta RFI/SDI (días)	1,2	Reducción 25%	0,9	0,9	Reducción en tiempos de respuesta

Fuente: datos entregados por Destec y Tecsa

2.1.6 Conclusión del Estudio Técnico

El análisis técnico demuestra que la implementación de la metodología BIM en DESTEC Ingeniería es técnicamente viable y cuenta con condiciones operativas adecuadas. La incorporación de un BIM Manager, junto con la capacitación del equipo actual, permitirá estructurar un sistema colaborativo que mejore la coordinación entre disciplinas, reduzca los retrasos y eleve el estándar de productividad y calidad técnica de la empresa.

2.2 Estudio ambiental

El presente estudio ambiental tiene como finalidad identificar y evaluar los impactos potenciales asociados a la implementación de la metodología BIM en DESTEC Ingeniería. Si bien este tipo de proyectos de mejora tecnológica no implica la ejecución de obras civiles ni intervenciones físicas de

gran magnitud, es relevante considerar los efectos indirectos vinculados al consumo energético, la gestión de residuos electrónicos y el cumplimiento de normativas ambientales vigentes en Chile.

En primer lugar, la incorporación de software especializado y estaciones de trabajo con mayores requerimientos técnicos genera un incremento en el consumo energético de la empresa. Para mitigar este impacto, se plantea la implementación de equipos con certificaciones de eficiencia energética (Energy Star o equivalentes), el uso de sistemas de gestión de energía y la promoción de prácticas internas de ahorro eléctrico, como el apagado programado de estaciones inactivas.

En segundo lugar, la renovación de hardware y la incorporación de servidores o equipos de respaldo conlleva la generación de residuos eléctricos y electrónicos (RAEE). Conforme a lo establecido en la Ley N° 20.920 sobre Responsabilidad Extendida del Productor (REP), se deben definir protocolos de disposición segura y reciclaje a través de gestores autorizados, garantizando la trazabilidad y el cumplimiento normativo.

Adicionalmente, la implementación de BIM contribuye de manera indirecta a la sostenibilidad ambiental de los proyectos de construcción desarrollados por DESTEC Ingeniería. Al reducir errores de diseño, minimizar interferencias y optimizar la planificación, se disminuye el uso de materiales en exceso y se evitan reprocesos que generan sobrecostos y desechos innecesarios. Este efecto, aunque no se manifiesta directamente en la oficina de ingeniería, sí repercute positivamente en la huella ambiental de las obras ejecutadas. Matrix Consulting & Cámara Chilena de la Construcción. (2022). Estudio de Productividad en la Construcción en Chile. CChC.

2.3 Estudio logístico

El estudio logístico tiene como finalidad definir la organización de los recursos y procesos que permitirán asegurar la continuidad operativa en la implementación de la metodología BIM dentro de DESTEC Ingeniería. Aunque se trata de un proyecto tecnológico y no de producción física de bienes, la logística cumple un rol esencial en la provisión de equipamiento, software, capacitación y coordinación de equipos internos y externos junto con la descripción del proceso productivo.

a) Cadena de suministro y abastecimiento

La propuesta contempla la adquisición de licencias de software BIM (Revit, Navisworks u otras plataformas interoperables), además de la renovación de hardware en estaciones de trabajo y servidores. El abastecimiento se realizará a través de proveedores autorizados de Autodesk y distribuidores locales, garantizando compatibilidad y soporte técnico. Asimismo, se requiere la contratación de servicios de capacitación BIM para el personal técnico, cuyo suministro será gestionado con entidades certificadas.

b) Tiempos de entrega de insumos críticos

Licencias de software: entrega digital inmediata una vez realizada la compra.

Hardware especializado (equipos de alto rendimiento, servidores, tarjetas gráficas): plazos de entrega estimados entre 30 y 45 días hábiles según disponibilidad local.

Capacitación: planificación inicial de 3 meses, dividida en módulos progresivos (básico, intermedio y avanzado).

c) Condiciones de almacenamiento y transporte

El equipamiento adquirido se almacenará y operará en dependencias de la oficina central de DESTEC, considerando espacios adecuados de climatización, seguridad eléctrica y respaldo de energía. Para los servidores se contempla la instalación en un espacio acondicionado con UPS y sistemas de respaldo de datos en la nube.

d) Coordinación interna y externa

Interna: el Coordinador BIM será el responsable de gestionar la agenda de implementación, distribuyendo los recursos entre las distintas especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones). Se establecerán procedimientos de comunicación semanal entre áreas para dar seguimiento a avances y necesidades logísticas.

Externa: la coordinación con proveedores de software, hardware y servicios de capacitación se realizará mediante contratos formales con cláusulas de soporte técnico y garantía, asegurando continuidad operativa y cumplimiento de plazos.

e) Organización de procesos logísticos

La implementación se apoyará en un plan logístico escalonado, que contempla:

Adquisición y recepción de equipamiento tecnológico.

Instalación y pruebas de compatibilidad en el entorno de trabajo.

Capacitación inicial del personal clave.

Integración de software y flujos de información BIM en proyectos piloto.

2.1 Descripción de procesos productivos

En cuanto a Flujos BIM asociados a la etapa de construcción, se proponen los siguientes:

a) Flujo BIM orientado a la modelación BIM para coordinación de especialidades

Figura 2-3. Diagrama de flujo Proceso parte 1

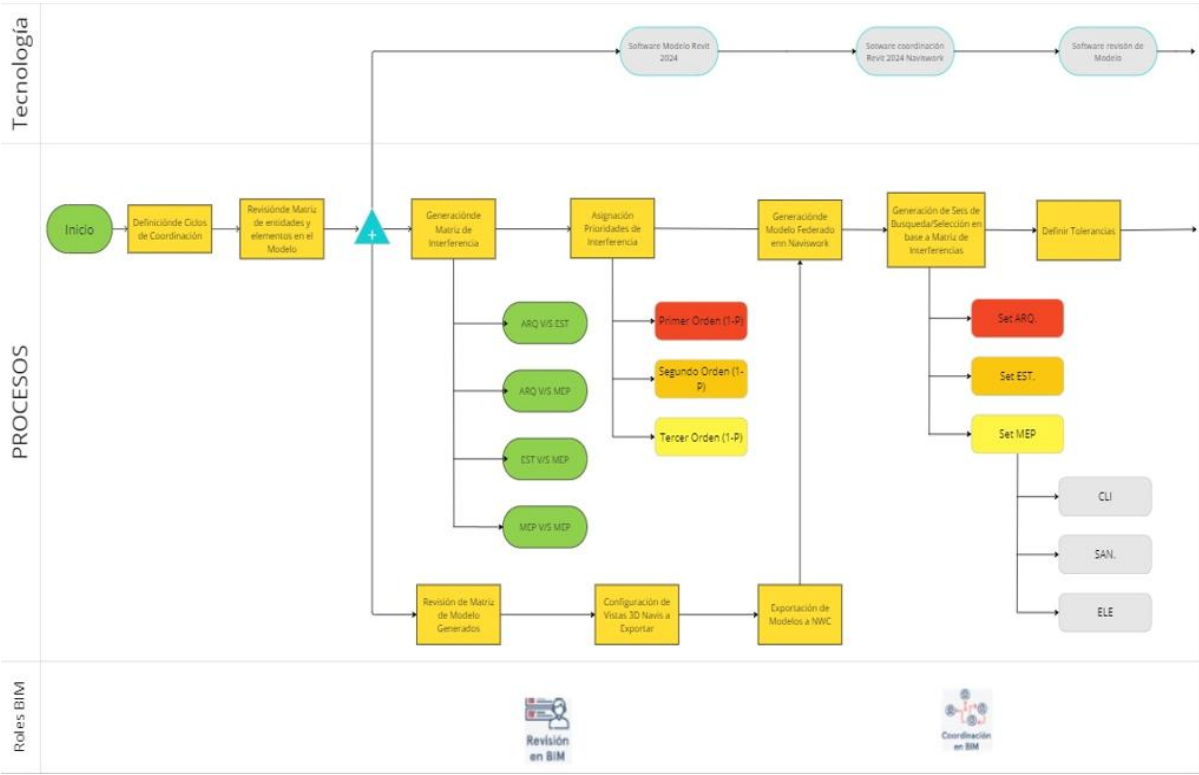
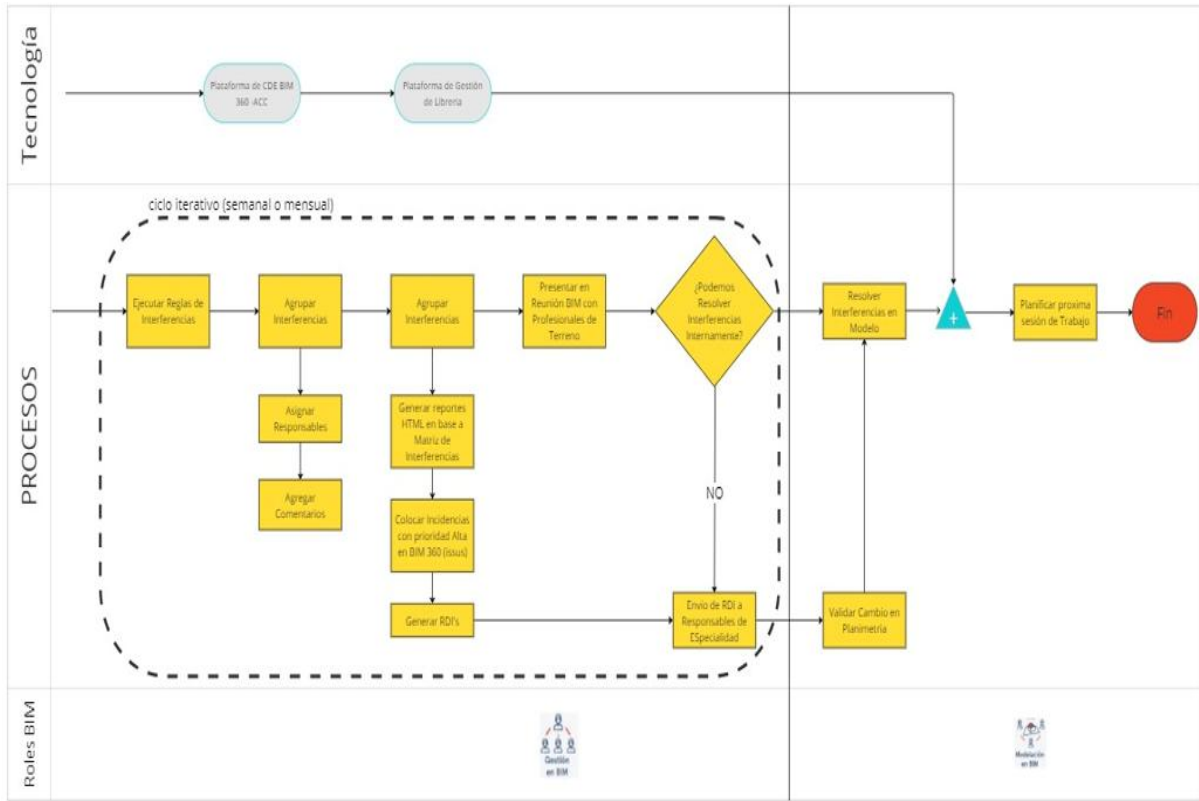


Figura 4. Diagrama de flujo Proceso parte 2



Explicación del Diagrama de Procesos BIM (Formato APA 7)

El flujo de procesos representado en los dos diagramas corresponde al modelo de coordinación BIM utilizado en proyectos de DESTEC Ingeniería. Su propósito es describir de manera estructurada las actividades, decisiones y herramientas tecnológicas que intervienen en la detección, gestión y resolución de interferencias entre especialidades. Este flujo se organiza en dos fases principales: el proceso inicial de revisión y resolución de interferencias y el ciclo iterativo de coordinación BIM, ejecutado de forma periódica durante el desarrollo del proyecto.

La primera fase inicia con la definición del ciclo de coordinación, etapa en la que se establece el alcance del proceso, la frecuencia de revisión y los responsables de cada modelo disciplinar. A continuación, se

realiza la verificación técnica de los modelos mediante la revisión de matrices y reglas de interferencias, empleando software especializado compatible con plataformas como Revit. Esta revisión permite generar las matrices de interferencias y visualizar los conflictos detectados entre arquitectura, estructura y especialidades MEP.

Posteriormente, las interferencias son clasificadas por niveles de prioridad según su impacto técnico y constructivo: interferencias de primer orden (críticas), segundo orden (relevantes) y tercer orden (de bajo impacto). Esta clasificación orienta la asignación de responsabilidades por especialidad y facilita la elaboración de conjuntos de interferencias (set ARQ, set EST y set MEP). Cada equipo revisa su set asignado, realiza las correcciones pertinentes en el modelo y exporta los archivos actualizados para integrarlos al ciclo siguiente.

La segunda fase corresponde al ciclo iterativo de coordinación, el cual se ejecuta semanalmente o de manera mensual según el avance del proyecto. En esta etapa se agregan nuevas interferencias, se registran comentarios técnicos, se asignan responsables y se generan reportes para la toma de decisiones. El flujo incluye un punto de decisión que evalúa si las interferencias detectadas pueden ser resueltas internamente dentro del modelo o si requieren la emisión de un Requerimiento de Información (RDI) para la especialidad correspondiente. Cuando la interferencia es resuelta, se actualiza el modelo y se valida el cambio junto al equipo de planificación para asegurar que las soluciones propuestas no afecten los plazos establecidos.

Finalmente, una vez ejecutadas y validadas las modificaciones, se cierran las actividades del ciclo y se planifica la siguiente sesión de trabajo, garantizando la continuidad del proceso y la mejora progresiva de los modelos. Este flujo iterativo permite mantener un control constante sobre la calidad del diseño, optimizar la coordinación interdisciplinaria y reducir la probabilidad de reprocesos durante la etapa de construcción.

En conjunto, los diagramas evidencian la estructura metodológica del proceso BIM en DESTEC, destacando la integración de herramientas tecnológicas, procesos estandarizados y roles BIM específicos. Su aplicación sistemática contribuye a mejorar la trazabilidad de la información, garantizar la coherencia entre modelos y disminuir los riesgos asociados a interferencias y desviaciones de costos en proyectos inmobiliarios en altura.

2.4 Estructura administrativa

La estructura administrativa constituye el marco organizacional que permitirá sustentar la aplicación de la propuesta de implementación de la metodología BIM en DESTEC Ingeniería. Su definición es clave para optimizar la asignación de recursos, mejorar la comunicación interna y asegurar el cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto.

En este contexto, se propone una estructura administrativa específica para la gestión del área BIM dentro de la empresa, la cual se compone de los siguientes cargos y funciones:

- Gerencia General: Responsable de aprobar la implementación de BIM como parte de la estrategia de modernización y competitividad de la empresa. Supervisa el alineamiento de la propuesta con los objetivos corporativos y aprueba la asignación de recursos financieros y humanos.

- **Coordinador BIM:** Encargado de liderar la gestión del proyecto BIM en DESTEC Ingeniería. Define los estándares y protocolos de modelado, coordina las distintas especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones) y asegura la correcta integración de los modelos digitales.
- **Equipo de Especialistas BIM:** Integrado por profesionales en arquitectura, ingeniería estructural y de instalaciones, quienes desarrollan y mantienen los modelos tridimensionales en las plataformas correspondientes. Sus responsabilidades incluyen la detección temprana de interferencias, la generación de información precisa y la colaboración interdisciplinaria.
- **Área de Soporte Tecnológico:** Encargada de garantizar la operatividad del software BIM, la actualización de licencias, la seguridad de la información y la gestión del hardware necesario para la ejecución del proyecto. También brinda soporte técnico al personal durante el proceso de implementación.
- **Área de Planificación y Control:** Responsable de integrar la información generada por los modelos BIM a la gestión de plazos y costos de los proyectos. Su labor permite vincular la planificación constructiva con los indicadores de productividad y eficiencia esperados.

Esta estructura administrativa busca asegurar una comunicación fluida entre las distintas áreas de la empresa, fortalecer la coordinación interdisciplinaria y generar un marco de gestión robusto que facilite la adopción progresiva de la metodología BIM.

2.5 Marco Normativo BIM aplicado al proyecto (ISO 19650 + Estándar BIM MOP Chile)

La implementación de la metodología BIM en DESTEC se sustenta en dos pilares normativos principales: la norma internacional ISO 19650 y el Estándar BIM para Proyectos Públicos del Ministerio de Obras Públicas (MOP) en Chile. Ambos marcos permiten estructurar la gestión de información, la documentación digital y el uso de un Entorno Común de Datos (CDE), proporcionando una base formal para la coordinación de especialidades y la trazabilidad de los modelos.

1. ISO 19650 - Gestión de la información en entornos BIM

La serie ISO 19650 establece los principios para organizar y gestionar la información a lo largo del ciclo de vida de un activo utilizando BIM. Su aplicación al proyecto permite definir responsabilidades, flujos de revisión y criterios de calidad para la información digital que se genera y comparte entre los distintos participantes.

Entre los aspectos más relevantes de la ISO 19650 para el contexto de DESTEC se encuentran:

- La definición de roles y responsabilidades asociados a la gestión de la información (por ejemplo, BIM Manager, coordinadores y modeladores BIM).
- La implementación de un Entorno Común de Datos (CDE) para centralizar, ordenar y versionar la documentación del proyecto.
- La estandarización de la nomenclatura, estructura de archivos y estados de revisión de los documentos.
- La utilización de Requisitos de Información (EIR, AIR, OIR) que permiten explicitar qué información se requiere, en qué momento y con qué nivel de detalle.

En conjunto, estos elementos permiten migrar desde un esquema de gestión documental basado en archivos dispersos y revisión manual, hacia un sistema estructurado, trazable y auditable, reduciendo la probabilidad de errores, pérdidas de información y reprocesos.

2. Estándar BIM para Proyectos Públicos MOP - Chile

El Estándar BIM para Proyectos Públicos del MOP constituye la principal referencia normativa nacional en materia de BIM. Si bien DESTEC participa mayoritariamente en proyectos privados, este estándar se considera una guía técnica de alto nivel para alinear los procesos internos con las exigencias que progresivamente se han ido incorporando en el sector construcción en Chile.

Este estándar regula, entre otros aspectos:

- La definición de niveles de desarrollo (LOD) de los modelos BIM según la etapa del proyecto.
- Los requisitos mínimos de información para la entrega de modelos y planos en formato digital, incluyendo el uso de formatos interoperables como IFC.
- Las reglas para la coordinación entre disciplinas, incorporando matrices de interferencias y procedimientos formales de revisión.
- El uso de un CDE como repositorio oficial de la información del proyecto, con control de accesos, versiones y estados de aprobación.

Tomar como referencia el Estándar BIM MOP permite a DESTEC estructurar su propio modelo interno de trabajo BIM con criterio local, compatible con las exigencias de licitaciones públicas y con las buenas prácticas del sector.

3. Integración de ISO 19650 y Estándar BIM MOP en el proyecto

La propuesta para DESTEC combina ambos marcos normativos de la siguiente forma:

- La ISO 19650 aporta la estructura de gobernanza de la información: roles, procesos de revisión, CDE y trazabilidad.
- El Estándar BIM MOP aporta lineamientos concretos para niveles de detalle (LOD), entregables, formatos y procedimientos de coordinación.

De esta manera, la implementación BIM en DESTEC se apoya en un marco normativo robusto, que permite ordenar la gestión documental, mejorar la coordinación interdisciplinaria y preparar a la organización para responder a los requerimientos BIM que ya se encuentran presentes en el mercado nacional.

2.6 Síntesis

El estudio técnico desarrollado establece los fundamentos operativos que respaldan la factibilidad de implementar la metodología BIM en DESTEC Ingeniería. A partir de la definición de recursos materiales, tecnológicos y humanos, se identificaron las inversiones iniciales y los gastos administrativos requeridos, incluyendo licencias de software, renovación de equipos, contratación de especialistas y programas de capacitación.

En el ámbito ambiental, se reconocieron impactos indirectos asociados al consumo energético y a la generación de residuos electrónicos (RAEE), proponiéndose medidas de mitigación alineadas con la Ley REP N° 20.920 y el uso de equipos con certificaciones de eficiencia.

Desde la perspectiva logística, se definió la cadena de suministro de software, hardware y servicios de capacitación, los tiempos de entrega de insumos críticos, las condiciones de almacenamiento y transporte, así como un plan escalonado de implementación que contempla adquisición, instalación, pruebas, capacitación e integración en proyectos piloto.

Asimismo, se proyectó una estructura administrativa especializada para la gestión BIM, encabezada por la Gerencia General y un Coordinador BIM, apoyados por un equipo de especialistas, un área de soporte tecnológico y una unidad de planificación y control, garantizando la coordinación interdisciplinaria y la integración de los modelos en la gestión de plazos y costos.

En conjunto, estos ejes –recursos técnicos y humanos, impactos ambientales, procesos logísticos y estructura administrativa– validan que la propuesta de implementación de BIM no solo es económicamente viable, sino también coherente con las necesidades detectadas en el diagnóstico y con los objetivos estratégicos de DESTEC Ingeniería. Este marco técnico y organizacional entrega los insumos necesarios para la evaluación de los beneficios esperados y su viabilidad en términos de costos, productividad y competitividad.

3. ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO

En este capítulo se analizar la factibilidad económica y financiera de la propuesta de mejora. Para ello, se consideran los costos de inversión inicial, el capital de trabajo necesario, la estimación de la tasa de descuento mediante el modelo CAPM, el cálculo del valor de desecho y la proyección de flujos de caja. A partir de estos antecedentes, se aplican los indicadores de rentabilidad más utilizados en la evaluación de proyectos: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) e Índice de Valor Actual Neto (IVAN). Finalmente, se desarrolla un análisis de sensibilidad para determinar el grado de robustez del proyecto frente a cambios en las principales variables críticas

3.0.1 Producción o demanda proyectada

Durante el año 2024 estuvieron en desarrollo la ingeniería de 6 proyectos de los cuales 5 están relacionados a proyectos públicos y 2 a proyectos privados. Por el desarrollo de la ingeniería de los 6 proyectos los ingresos de estos ascendieron a 854.787 UF de estos el 2,25% corresponde al ingreso de Destec ingeniería 27.780,59 UF.

Información entregada por Constructora TECAS y DESTEC INGENIERÍA.

El banco central en el informe 2025 señala que la inflación convergerá a la meta de 3% en la segunda mitad de 2024 y que el PIB chileno cerrará este año con un nulo crecimiento, mientras que para 2024 y 2025 se prevén rangos de expansión de 1,25-2,25% y 2-3%, respectivamente, <https://www.bcentral.cl/documents/33528/5029327/IPoM-Diciembre-2023.pdf/20601795-65e0-6869-f27f-727788c8d5c0?t=1703072053190>. Para proyectar el ingreso se consideró una tasa de crecimiento del 2%

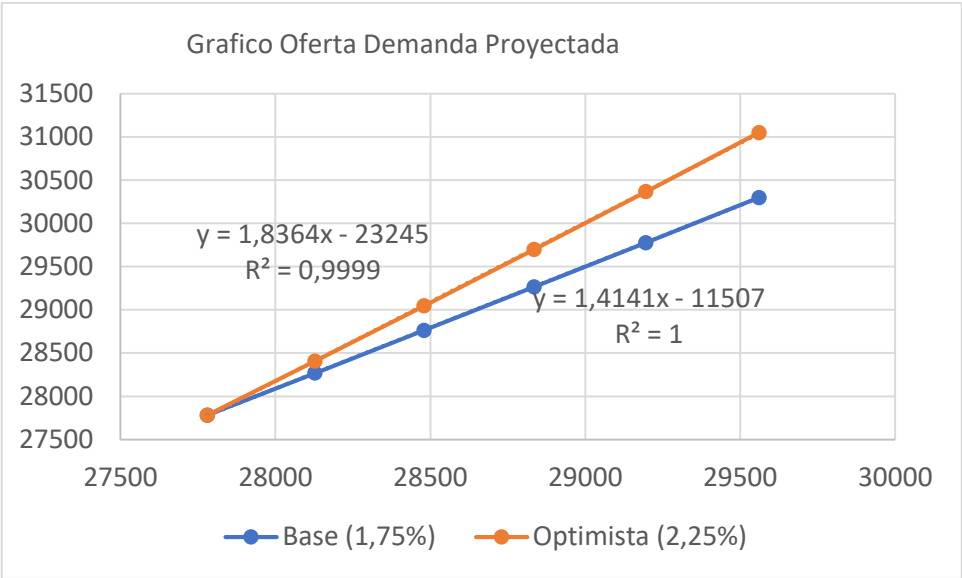
Se considerará valor de la UF del día 1 noviembre 39.602,77

Tabla 3-13. Productividad

Año	Pesimista (1,25%)	Base (1,75%)	Optimista (2,25%)
0	27780,59	27780,59	27780,59
1	27780,59	28266,75	28405,65
2	28479,45	28761,42	29044,78
3	28835,44	29264,74	29698,29
4	29195,88	29776,88	30366,50
5	29560,83	30297,97	31049,75

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3-7. Demanda Proyectada



Fuente: Elaboración propia

El análisis demuestra que DESTEC operará en un entorno de **crecimiento sostenido**, con una demanda anual creciente y predecible. El escenario base asegura estabilidad, mientras que el optimista sugiere una oportunidad de expansión aún más significativa, especialmente si la empresa mejora su capacidad operativa mediante la implementación BIM.

3.1 Inversión inicial

Los costos asociados a la inversión y antecedentes asociados al software y la licencia fueron entregados por la empresa CTEC Innovación en la construcción indicados en la tabla 1 (<https://ctecinnovacion.cl/>). Adicionalmente se considerará un imprevisto del 20%, con lo que el costo de inversión inicial es 2.362,77 UF.

Tabla 3-14. Costos Implementación

INVERSION INICIAL	PESOS	UF
Entrenamientos	\$13.235.400	334,20
Equipos unico	\$1.687.500	42,61
Equipos Mensualidad	\$360.000	9,09
Licencia AEC	\$2.640.000	66,66
Licencia BIM Pro	\$840.000	21,21
BIM Manager	\$28.800.000	727,22
Diagnostico	\$13.949.000	352,22
Estrategia	\$7.918.000	199,94
Madurez	\$8.547.000	215,82
Sub Total	\$77.976.900	1968,98
Imprevisto 20%		\$2.362,77

Fuente: según ctecinnovacion

Tabla 3-15. Costos Fijos Concepto de Licencia valores en UF según ctecinnovacion

Costos Fijos Licencia						
Licencias	Mensual	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
AEC	\$ 220.000	\$ 2.640.000	\$ 2.692.800	\$ 2.746.656	\$ 2.801.589	\$ 2.857.621
BIM PRO	\$ 70.000	\$ 840.000	\$ 856.800	\$ 873.936	\$ 891.415	\$ 909.243
DOCS	\$ 40.000	\$ 480.000	\$ 489.600	\$ 499.392	\$ 509.380	\$ 519.567
UF	\$ 8,33	\$ 100,0	\$ 101,99	\$ 104,03	\$ 106,11	\$ 108,24
Margen Aumento Anual	2%					

Fuente: según ctecinnovacion

Tabla 3-16. Arriendo puesto de trabajo, datos entregados por Destec Ingeniería

Arriendo puesto de trabajo BIM Manager		
	Mensual	Anual
Arriendo	59404,155	712849,86
UF	1,5	18

Tabla 3-17. Sueldos BIM Manager

Contratación BIM Manager	
Año	1
1 Bim Manager	\$ 32.544.000
Leyes sociales	\$ 18.333.125
UF	1.284,69

Fuente: [WWW.http://www.randstad.cl/estudio-de-rentas](http://www.randstad.cl/estudio-de-rentas).

3.1.1 Gastos Administrativos

Para los gastos administrativos en relación a los sueldos se consideró el estudio de rentas de 2024 de la empresa randstad según perfil del cargo indicados en la tabla 3. [WWW.http://www.randstad.cl/estudio-de-rentas](http://www.randstad.cl/estudio-de-rentas).

Tabla 3-18. Sueldo Proyección a 5 años

Gastos Administrativos					
Año	1	2	3	4	5
Jefe de Proyecto	\$43.392.000	\$43.392.000	\$43.392.000	\$43.392.000	\$43.392.000
Coordinador1	\$21.696.000	\$21.696.000	\$21.696.000	\$21.696.000	\$21.696.000
Coordinador2	\$21.696.014	\$21.696.014	\$21.696.014	\$21.696.014	\$21.696.014
Coordinador3	\$21.696.027	\$21.696.027	\$21.696.027	\$21.696.027	\$21.696.027
1 Bim Manager	\$32.544.000	\$32.544.000	\$32.544.000	\$32.544.000	\$32.544.000
Leyes sociales	\$18.333.125	\$18.333.125	\$18.333.125	\$18.333.125	\$18.333.125
UF	4.023,89	4.023,89	4.023,89	4.023,89	4.023,89
IPC ANUAL 3,4%	4.023,89	4.037,57	4.051,25	4.064,93	4.078,61

Fuente: Datos entregada por Destec Ingeniería

Tabla 3-19. Costos Variables insumos

	Gastos Variables Insumos				
Año	1	2	3	4	5
Papel	\$ 4.356.000	\$ 4.356.000	\$ 4.356.000	\$ 4.356.000	\$ 4.356.000
Tintas	\$ 12.567.828	\$ 12.567.828	\$ 12.567.828	\$ 12.567.828	\$ 12.567.828
Valor en UF	427,34	427,34	427,34	427,34	427,34
Margen aumento anual 2%					

Fuente: Datos entregada por Destec Ingeniería

3.1.2 Capital de trabajo

El capital de trabajo corresponde al monto necesario para mantener las operaciones corrientes del área BIM durante el periodo de implementación, cubriendo los gastos de operación antes de generar ingresos por servicios. Este recurso financiero asegura la continuidad del proyecto, permitiendo solventar costos como remuneraciones, arriendo, licencias y suministros durante la fase inicial de ejecución.

En el caso de proyectos de implementación tecnológica, su estimación puede realizarse mediante el método de necesidades operativas, considerando los gastos mensuales de operación y el tiempo requerido antes de obtener ingresos.

La fórmula general es la siguiente:

- CT = Gastos operativos mensuales × Meses de operación previos al ingreso

De acuerdo con los antecedentes del Estudio Económico y Financiero, se dispone de los siguientes datos:

- Gasto administrativo anual proyectado: 4.023.89 UF (incluye sueldos, arriendo, licencias y soporte técnico).
- Periodo estimado de operación previo al ingreso: 3 meses (fase inicial de implementación).

En base a estos valores, se calcula el capital de trabajo requerido mediante la siguiente relación:

CT = (4.766,15 UF / 12 meses) × 3 meses = 1.191,53 UF

Este monto permitirá cubrir los gastos de operación durante los primeros tres meses del proyecto, incluyendo:

- Remuneraciones del equipo técnico (BIM Manager, coordinadores, soporte TI) 4.220,21 UF
- Licencias BIM 100 UF
- Arriendo puesto de trabajo BIN manager 18 UF
- Insumos variables 427,94 UF

3.1.1 Egresos

Tabla 3-20. Costo Egresos proveedores

Pago ing. Proveedores	
EECA (Publico)	\$176.056.490
JIA	\$120.000.000
ECA	\$75.000.000
P&G (PRIVADO)	\$154.836.219
Walmart Arica	\$99.649.833
Teletón Valparaiso	\$223.921.220
Total	\$849.463.762
UF	21.450

Fuente: información entregada por Destec Ingeniería

3.2. Proyección de flujos de caja

Método para medición de beneficios y costos

En este punto se describirán los beneficios y costos asociados al proyecto, lo que luego será evaluado a través de un flujo de caja y utilizados en el estudio de prefactibilidad económica.

En cuanto a los beneficios que se pueden obtener con el proyecto, se logra identificar la prevención y control de los contagios al interior de las organizaciones, concientizar a los colaboradores y clientes de las empresas mandantes de la importancia de la limpieza, la higiene y el cuidado de los espacios públicos. El tiempo que las empresas destinaban a estas tareas, pueden ser utilizados en temas propios de su negocio, no perdiendo el foco de lo que realmente importa que es generar más ingresos y mantenerse en el mercado.

En cuanto a los costos se puede identificar la compra de equipos y maquinaria, costo de mano de obra, compra de ropa de trabajo, insumos y productos de limpieza.

Indicadores

Los indicadores que se utilizarán en el proyecto son VAN, TIR Y PRI.

- VAN: Valor actual neto, es una fórmula que permite conocer el valor del negocio y por otro lado, si nos conviene o no hacerlo, dependiendo del valor obtenido, consiste en actualizar los gastos e ingresos de un proyecto para saber si es viable o no.

Criterios de evaluación

Se realizarán evaluaciones mediante los indicadores antes mencionados (VAN, TIR, PRI), mediante un flujo de caja, proyectando de esta manera y permitiendo al inversionista obtener la rentabilidad deseada y con ello recuperar la inversión.

Por otro lado, también evaluaremos proyecto sin financiamiento denominado “proyecto puro”, lo que sería un proyecto independiente, significa que el total de los activos del proyecto serán igual al patrimonio.

- VAN>0: si el resultado del valor actual neto es mayor a cero indica que el proyecto es viable.
- VAN<0: si el resultado del valor actual neto es menor a cero indica que el proyecto no es viable.
- VAN=0: si el resultado del valor actual neto es cero, indica que el proyecto es indiferente.

Tabla 3-21. Flujo de caja puro

FLUJO DE CAJA						
Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos (+)	0	27780	29447	31214	33086	35072
Egresos (-)	0	-26001	-27561	-29215	-30968	-32826
Margen (=) Utilidad Operacional	0	1779	1886	1999	2119	2246
Depreciación (-)	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Valor residual (+)	0	0	0	0	0	0
Intereses corto plazo (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Interés largo plazo (-)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pérdida del ejercicio anterior (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad antes de impuestos (=)	0,00	1779,00	1885,74	1998,88	2118,82	2245,95
Impuestos (-)	0,00	-444,75	-471,44	-499,72	-529,70	-561,49
Utilidad después de impuestos (=)	0,00	1334,25	1414,31	1499,16	1589,11	1684,46
Amortización CP (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amortización LP (-)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pérdida del ejercicio anterior (+)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Depreciación (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inversión inicial (-)	-3371,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo caja antes del financiamiento (=)	-3371,62	1334,25	1414,31	1499,16	1589,11	1684,46
Financiamiento CP (+)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Financiamiento LP (+)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Capital de trabajo (±)	-1191,53	0,00	0,00	0,00	0,00	895,00
Flujo de caja =	-4563,15	1334,25	1414,31	1499,16	1589,11	2579,46
Flujo de caja actualizado =	-4563,15	1130,72	1015,73	912,44	819,65	1127,51
Flujo de caja actualizado acumulado =	-4563,15	-3432,43	-2416,70	-1504,26	-684,61	442,89

Impuestos =	25%
Tasa de descuento=	18%
TIA (Tasa interés anual) CP=	6%
TIA (Tasa interés anual) LP=	6%

VAN=	442,89
TIR=	21,8%
PRI=	5
IVAN=	0,10

Análisis de Indicadores Financieros - Proyecto BIM DESTEC Ingeniería

3.2.1 Indicadores de evaluación: VAN, TRI, PRI e IVAN

1. Valor Actual Neto (VAN) = 442,89

El VAN positivo demuestra que el proyecto genera valor económico para la empresa. Al descontar los flujos futuros con una tasa conservadora del 18%, los beneficios proyectados superan la inversión inicial y el capital de trabajo. Esto confirma que el proyecto es económicamente viable.

2. Tasa Interna de Retorno (TIR) = 21.8%

La TIR es significativamente mayor que la tasa mínima requerida (18%), lo cual indica una alta rentabilidad. El retorno porcentual del proyecto supera ampliamente el costo de capital, haciendo que la implementación de BIM sea atractiva desde la perspectiva financiera.

3. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) = 5 años

El PRI señala que la inversión inicial se recupera en el año 5 del proyecto. Este plazo es adecuado para proyectos tecnológicos, donde los beneficios se observan progresivamente. A partir del año 5, todos los flujos netos representan utilidades para la empresa.

4. Índice de Valor Actual Neto (IVAN) = 0,1

Este indicador relaciona el VAN con la inversión inicial total. Un IVAN de 0,1 significa que por cada 1 UF invertida, se generan 0,1 UF adicionales en valor presente. Aunque la eficiencia es moderada debido al costo inicial significativo, el proyecto sigue siendo rentable y alineado con los estándares esperados para proyectos BIM.

5. Conclusión General

El flujo de caja proyectado para cinco años muestra que el proyecto alcanza rentabilidad con un VAN de 455 UF, una TIR del 21,8%, y un Periodo de Recuperación aproximado de 5 años, lo que indica que la iniciativa comienza a generar beneficios netos en la fase final de la proyección. Esto confirma que, bajo las condiciones financieras definidas y un escenario operacional estable, el proyecto es viable y capaz de generar retornos positivos superiores al costo del capital asumido (18%).

El análisis de sensibilidad permitió evaluar la estabilidad del proyecto frente a variaciones en ingresos y egresos. Los resultados demuestran que existe una alta dependencia del flujo neto respecto a la variación en los ingresos o costos operativos, evidenciando un comportamiento económico sensible

3.2.1 Proyección flujos de caja curva de aprendizaje 90%

Tabla 3-22. Flujo de caja curva aprendizaje 90%

FLUJO DE CAJA - CURVA APRENDIZAJE 90%						
Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos (+)	0	27780	29447	31214	33086	35072
Factor curva 90%		1,00	0,90	0,85	0,81	0,78
Egresos Base(-)	0	-26001	-27561	-29215	-30968	-32826
Egresos Ajustados(-)	0	-26001	-24805	-24833	-25084	-25604
Margen (=) Utilidad Operacional	0	1779	4642	6381	8003	9468
Depreciación (-)	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Valor residual (+)	0	0	0	0	0	0
Intereses corto plazo (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Interés largo plazo (-)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pérdida del ejercicio anterior (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad antes de impuestos (-)	0,00	1779,00	4641,85	6381,09	8002,66	9467,59
Impuestos (-)	0,00	-444,75	-1160,46	-1595,27	-2000,67	-2366,90
Utilidad después de impuestos (=)	0,00	1334,25	3481,38	4785,82	6002,00	7100,69
Amortización CP (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amortización LP (-)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pérdida del ejercicio anterior (+)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Depreciación (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inversión inicial (-)	-3371,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo caja antes del financiamiento (=)	-3371,62	1334,25	3481,38	4785,82	6002,00	7100,69
Financiamiento CP (+)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Financiamiento LP (+)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Capital de trabajo (±)	-1191,53	0,00	0,00	0,00	0,00	895,00
Flujo de caja =	-4563,15	1334,25	3481,38	4785,82	6002,00	7995,69
Flujo de caja actualizado =	-4563,15	1130,72	2500,28	2912,80	3095,76	3494,99
Flujo de caja actualizado acumulado =	-4563,15	-3432,43	-932,15	1980,64	5076,41	8571,40

Impuestos =	25%
Tasa de descuento=	18%
TIA (Tasa interés anual) CP=	6%
TIA (Tasa interés anual) LP=	6%

VAN=	8571,40
TIR=	65,7%
PRI=	3
IVAN=	1,88

Análisis de Indicadores Financieros del Proyecto Escenario Base vs Curva de Aprendizaje 90%

El flujo de caja ajustado con la curva de aprendizaje del 90% incorpora una reducción progresiva de los egresos operacionales, resultado de la mejora en la eficiencia asociada a la implementación y madurez del uso de BIM en la organización. A partir del segundo año, los costos comienzan a disminuir respecto del escenario base, lo que incrementa el margen operativo, la utilidad después de impuestos y, en consecuencia, los flujos netos de caja.

Este comportamiento se refleja en flujos crecientes y cada vez más positivos, lo que acelera la recuperación de la inversión inicial y mejora significativamente los indicadores de rentabilidad del proyecto.

1. Valor Actual Neto (VAN) = 8.571,40 UF

El VAN positivo y de magnitud considerable indica que, descontando los flujos futuros a una tasa del 18%, el proyecto no solo recupera la inversión inicial y el capital de trabajo, sino que genera un excedente económico relevante para la empresa.

2. Tasa Interna de Retorno (TIR) = 65,37%

La TIR se ubica muy por encima del costo de capital (18%), lo que demuestra una alta rentabilidad financiera. El retorno del proyecto supera ampliamente el rendimiento mínimo exigido, haciendo que la implementación de BIM sea extremadamente atractiva desde el punto de vista económico.

3. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) = 3 años

El PRI indica que la inversión se recupera en el año 3. A partir de ese momento todos los flujos netos representan beneficios para la empresa. En comparación con el escenario base, la curva de aprendizaje permite adelantar en dos años la recuperación del capital invertido.

4. Índice de Valor Actual Neto (IVAN) $\approx$ 2,88

Este índice relaciona el VAN con la inversión inicial. Un IVAN cercano a 2,88 significa que por cada 1 UF invertida se generan aproximadamente 2,88 UF adicionales en valor presente. Esto refleja una eficiencia muy alta en el uso del capital y confirma que el proyecto crea valor de manera significativa.

2. Comparación con el Escenario Base (sin curva)

En el escenario base, sin considerar la curva de aprendizaje, el proyecto presentaba indicadores débiles e incluso negativos, lo que cuestionaba su viabilidad económica. El VAN era de aproximadamente -3.160 UF, la TIR se ubicaba por debajo de la tasa de descuento (alrededor de -13,8%), y el proyecto no lograba recuperar la inversión dentro del horizonte de evaluación.

La incorporación del efecto de aprendizaje sobre los egresos modifica sustancialmente este panorama: al reducir paulatinamente los costos de operación, el proyecto pasa de un escenario deficitario a uno altamente rentable.

3.2.3 Proyección flujos de caja situación base

Con el fin de contar con una referencia financiera adecuada para la evaluación del proyecto de implementación de la metodología BIM en DESTEC Ingeniería, se incorpora el flujo de caja de la situación base, el cual representa el escenario de continuidad operacional de la empresa sin la adopción de BIM. Este escenario refleja flujos positivos y estables asociados a la operación habitual, sin considerar inversiones adicionales ni mejoras estructurales en los procesos de coordinación y gestión de proyectos.

La situación base permite establecer una línea de comparación realista frente al proyecto BIM, evidenciando que la rentabilidad negativa observada en los primeros años del proyecto se explica por los costos de inversión, capacitación y adaptación organizacional propios de una iniciativa de transformación metodológica. De este modo, el análisis económico muestra que BIM no busca corregir una operación deficitaria, sino potenciar una operación existente, generando beneficios económicos crecientes en el mediano y largo plazo.

Tabla 3-23. Flujo de caja situación base

FLUJO DE CAJA BASE						
Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos (+)	0	27780	29447	31214	33086	35072
Egresos (-)	0	-26001	-27561	-29215	-30968	-32826
Margen (=) Utilidad Operacional	0	1779	1886	1999	2119	2246
Depreciación (-)	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Valor residual (+)	0	0	0	0	0	0
Intereses corto plazo (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Interés largo plazo (-)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pérdida del ejercicio anterior (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad antes de impuestos (=)	0,00	1779,00	1885,74	1998,88	2118,82	2245,95
Impuestos (-)	0,00	-444,75	-471,44	-499,72	-529,70	-561,49
Utilidad después de impuestos (=)	0,00	1334,25	1414,31	1499,16	1589,11	1684,46
Amortización CP (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amortización LP (-)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pérdida del ejercicio anterior (+)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Depreciación (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inversión inicial (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo caja antes del financiamiento (=)	0,00	1334,25	1414,31	1499,16	1589,11	1684,46
Financiamiento CP (+)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Financiamiento LP (+)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Capital de trabajo (±)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	895,00
Flujo de caja =	0,00	1334,25	1414,31	1499,16	1589,11	2579,46
Flujo de caja actualizado =	0,00	1130,72	1015,73	912,44	819,65	1127,51
Flujo de caja actualizado acumulado =	0,00	1130,72	2146,45	3058,89	3878,54	5006,04

Impuestos =	25%
Tasa de descuento=	18%
TIA (Tasa interés anual) CP=	6%
TIA (Tasa interés anual) LP=	6%
Financiamiento	0%

VAN=	5006,04
PRI=	5
IVAN=	0,10

3.4 Tasa de descuento método CAPM

El cálculo del costo de capital propio (Re) mediante el modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model) permite estimar la rentabilidad mínima que los inversionistas esperan obtener al financiar el proyecto de implementación de la metodología BIM en DESTEC Ingeniería.

Fórmula general

Re = Rf + β (Rm - Rf)

Dónde:

- Re: Costo del capital propio.
- Rf: Tasa libre de riesgo (bonos soberanos de Chile a 10 años).

- β : Beta del sector ingeniería/construcción (mide el riesgo del proyecto respecto al mercado).
- $(R_m - R_f)$: Prima de riesgo del mercado.

Cálculo

$$R_e = 5,195\% + 1,2 (6,5\%) = 12,995\%$$

Por lo tanto, el costo del capital propio (R_e) estimado para el proyecto es del 12,995% anual. Este valor representa la rentabilidad mínima esperada por los inversionistas o la empresa, considerando el riesgo asociado al sector y al tipo de intervención tecnológica propuesta, se decide ocupar un valor más conservador de 18%.

Interpretación

El resultado obtenido indica que la implementación del sistema BIM en DESTEC Ingeniería debería generar una rentabilidad mínima del 12,995% anual para compensar el riesgo asumido. Este valor se utilizará como tasa de descuento en el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto.

3.5 Valor de desecho

En el presente estudio de prefactibilidad, el cálculo del valor de desecho no ha sido incorporado en el flujo de evaluación debido a la naturaleza específica del proyecto y al tipo de activos involucrados en la implementación de la metodología BIM en DESTEC Ingeniería. Según la definición utilizada en la rúbrica académica, el valor de desecho corresponde a los beneficios económicos reconocidos al finalizar el horizonte de evaluación y puede incluir el valor residual de los activos adquiridos y la recuperación del capital de trabajo.

Sin embargo, en este proyecto no existen activos físicos permanentes susceptibles de generar valor residual al final del horizonte, ya que:

La totalidad de los activos relevantes corresponde a bienes en arriendo y licencias renovables

Los elementos críticos para la operación BIM -como software, licencias anuales, servidores en la nube, plataformas de colaboración y equipos asignados por la empresa- no son propiedad del proyecto, sino que se pagan en modalidad de servicio (SaaS) o arriendo operativo.

Por lo tanto:

- No generan valor libro,
- No poseen vida útil residual vendible,
- No pueden ser liquidados,
- No dejan remanentes contables al finalizar el horizonte de evaluación.

En consecuencia, no existe un activo físico o intangible con valor recuperable, lo que descarta la existencia de un valor de desecho por esta vía.

El proyecto no incorpora capital de trabajo recuperable

De acuerdo con la sección 3.1.2 de tu memoria, el capital de trabajo calculado corresponde exclusivamente a financiamiento de operación (arriendo de puesto de trabajo, sueldos, licencias y gastos de soporte), el cual:

- Se consume totalmente durante la ejecución del proyecto,
- No se mantiene inmovilizado,
- No puede ser recuperado como flujo positivo al término del horizonte.
- Por lo tanto, no es procedente incorporarlo como flujo positivo de recuperación de capital de trabajo en el último año.

La naturaleza del proyecto es tecnológica y operacional, no de adquisición de infraestructura. Este proyecto no considera la compra de equipos con vida útil mayor al horizonte de evaluación.

Los equipos utilizados (computadores, estaciones de trabajo, etc.) pertenecen a la empresa matriz y no forman parte de una inversión propia del proyecto, tal como se detalla en la inversión inicial. Dado que no existe adquisición de activos fijos, no corresponde calcular valor residual contable.

3.6 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad muestra cómo cambios en los ingresos y egresos afectan la rentabilidad del proyecto en el flujo de caja puro.

Tabla 3-24. Análisis de sensibilidad Ingresos

INGRESO			
Variación	VAN	TIR	PRI
-12%	-4172	-27,8%	-
-8%	-4172	-27,8%	-
-4%	-2427	-5,4%	-
0%	423	21,9%	5
4%	3.338	45%	3
8%	6.220	66%	2
12%	9.103	86%	2

Fuente: Elaboración propia.

- El punto de equilibrio ocurre alrededor del 0% de variación en ingresos.
- Si los ingresos caen más de un 4%, el proyecto deja de ser rentable.
- Un aumento entre 8% y 12% potencia significativamente su valor financiero.

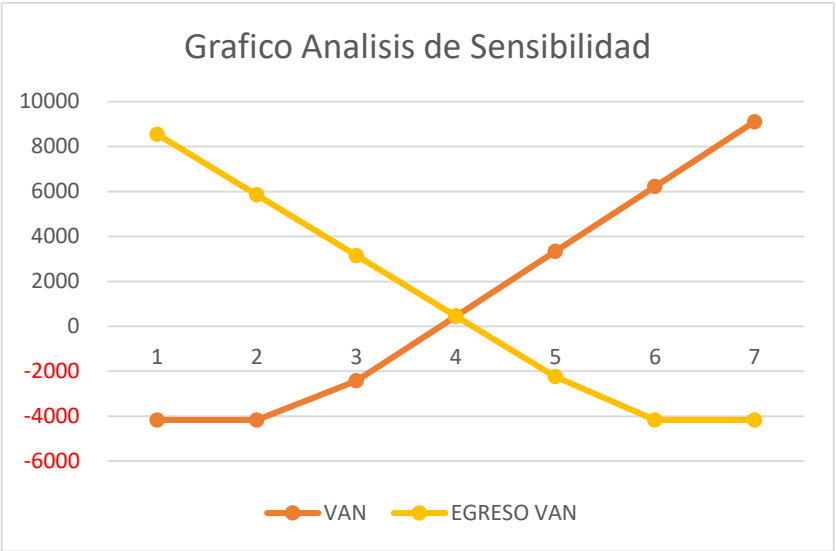
Tabla 3-25. Análisis de sensibilidad Egresos

EGRESOS			
Variación	VAN	TIR	PRI
-12%	8.549	82%	2
-8%	5.851	63%	2
-4%	3.153	43%	4
0%	443	21,9%	5
4%	-2.243	-3,4%	-
8%	-4.172	-27,8%	-
12%	-4.172	-27,8%	-

Fuente: Elaboración propia.

- El proyecto mantiene rentabilidad con variaciones de egresos hasta +3% aproximadamente.
- Sobre +4% el VAN se vuelve negativo y el proyecto pierde factibilidad.
- Si los costos bajan entre 8% y 12%, la TIR puede elevarse sobre 60%-80%.

Gráfico 3-8. Grafico análisis de Sensibilidad Ingresos VAN vs Egresos VAN



Fuente: Elaboración propia.

El proyecto es rentable en su escenario base, pero presenta alta sensibilidad a variaciones en ingresos y costos.

Para asegurar su viabilidad, es clave mantener control operacional y promover un aumento sostenido de ingresos asociados al uso de BIM.

3.6.1 Análisis de sensibilidad curva de aprendizaje 90%

El análisis de sensibilidad muestra cómo cambios en los ingresos y egresos afectan la rentabilidad del proyecto en el flujo de caja variación negativa ingresos.

Tabla 3-26. Análisis de sensibilidad Ingresos curva aprendizaje 90%

INGRESO			
Variación	VAN	TIR	PRI
-12%	54	18,3%	-
-8%	2835	34,1%	4
-4%	5689	49,7%	3
0%	8.571	65,7%	3
4%	11.454	82%	3
8%	14.336	98%	2
12%	17.219	114%	2

Fuente: Elaboración propia.

- El punto de equilibrio ocurre alrededor del 0% de variación, donde el proyecto opera con VAN positivo y TIR por sobre el costo de capital.
- Si los ingresos caen más de un -4%, la rentabilidad comienza a deteriorarse y el proyecto corre riesgo de dejar de ser viable financieramente.
- Un aumento entre +8% y +12% potencia significativamente el valor económico, incrementando el VAN y reduciendo el PRI a solo 2 años en los escenarios más favorables.

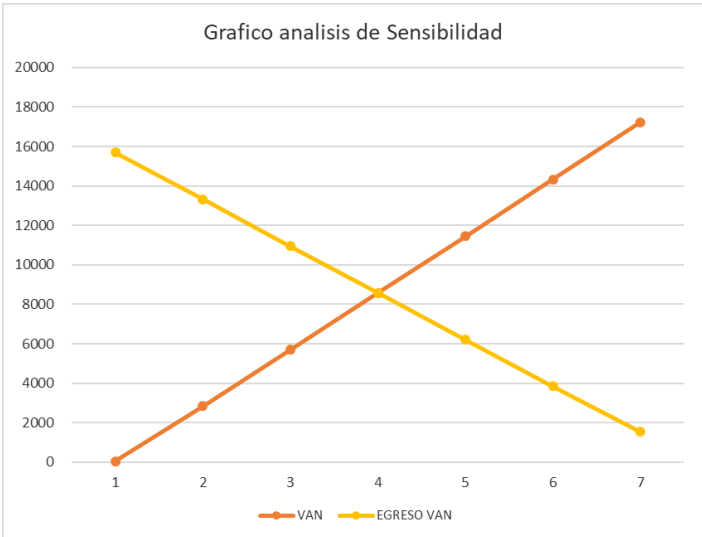
Tabla 3-27. Análisis de sensibilidad Egresos curva aprendizaje 90%

EGRESOS			
Variación	VAN	TIR	PRI
-12%	15.690	108%	2
-8%	13.317	94%	2
-4%	10.944	80%	2
0%	8.571	65,7%	3
4%	6.199	52,1%	3
8%	3.845	39,2%	3
12%	1.540	26,7%	5

Fuente: Elaboración propia.

- El punto financiero más estable se ubica cercano al 0% de variación en costos, donde el proyecto todavía demuestra buena capacidad de retorno.
- Si los egresos aumentan sobre +12%, la rentabilidad cae considerablemente y el periodo de recuperación se extiende hasta 5 años, reduciendo el atractivo económico.
- Una disminución entre -8% y -12% en costos mejora drásticamente el desempeño, elevando el VAN, aumentando la TIR sobre el 100% y consolidando el retorno en solo 2 años.

Gráfico 3-9. Grafico análisis de Sensibilidad Ingresos VAN vs Egresos VAN curva aprendizaje 90%



Fuente: Elaboración propia.

El punto de equilibrio del proyecto se ubica en torno al 0% de variación, donde el VAN y la TIR se mantienen positivos y el periodo de recuperación se estabiliza en 3 años. A partir de este nivel, aumentos en los ingresos o reducciones en los costos mejoran significativamente la rentabilidad, mientras que variaciones negativas incrementan el riesgo financiero.

El análisis evidencia que el proyecto es más sensible a la reducción de egresos que al aumento de ingresos, ya que mejoras en la eficiencia operativa asociadas al aprendizaje generan incrementos sustantivos en el VAN y una recuperación más rápida de la inversión. En los escenarios más favorables, el proyecto alcanza elevados niveles de rentabilidad, mientras que combinaciones adversas de menores ingresos y mayores costos pueden comprometer su viabilidad, reforzando la importancia del control de costos y la estabilidad operacional.

3.6 Conclusiones

El presente proyecto de título permitió evaluar la factibilidad de implementar la metodología Building Information Modeling (BIM) en DESTEC Ingeniería, mediante el análisis del estado actual de sus procesos de coordinación, el diseño de un plan de implementación progresiva y la evaluación de su impacto técnico y económico-financiero.

El diagnóstico realizado evidenció que los procesos actuales de coordinación de proyectos presentan brechas técnicas, logísticas y organizacionales relevantes, asociadas principalmente al uso de herramientas tradicionales en 2D, a la externalización de especialidades y a la ausencia de un sistema integrado de gestión de la información. Estas condiciones generan deficiencias en la trazabilidad documental, baja eficiencia en la coordinación interdisciplinaria y tiempos elevados de respuesta a solicitudes de información, lo que se traduce en reprocesos, sobrecostos y retrasos significativos

Un aspecto relevante identificado en la evaluación económica del proyecto es la ausencia de una modelación explícita de la situación base "sin BIM" mediante flujos de caja comparativos, lo que constituye una limitación metodológica del análisis. No obstante, la situación sin BIM corresponde a un escenario en el cual la empresa continúa operando con ineficiencias estructurales asociadas a problemas de coordinación, reprocesos y sobrecostos, los cuales no siempre se reflejan directamente como egresos contables, pero sí impactan negativamente la rentabilidad global de los proyectos.

Al comparar el proyecto de implementación BIM con la situación base de la empresa, se observa que esta última presenta flujos de caja positivos y estables, aunque con un crecimiento limitado y sin mejoras estructurales en eficiencia operativa. La situación base representa un escenario de continuidad operacional, donde no se realizan inversiones adicionales, pero se mantienen ineficiencias asociadas a problemas de coordinación y reprocesos propios de un modelo tradicional de gestión de proyectos.

En contraste, el proyecto BIM introduce un período inicial de rentabilidad negativa, concentrado principalmente en los dos primeros años, debido a la inversión requerida, la curva de aprendizaje y la adaptación organizacional necesaria para la adopción de la metodología. Este comportamiento no representa una debilidad del proyecto, sino el costo de transición desde un modelo operativo tradicional hacia uno de mayor madurez y eficiencia.

La incorporación de la curva de aprendizaje evidencia que, una vez superada la fase inicial, el proyecto comienza a generar beneficios económicos significativamente superiores a la situación base, tanto en términos de reducción de costos como de incremento en el valor presente neto. En este sentido, la decisión de implementar BIM debe entenderse como una inversión estratégica de largo plazo, donde la empresa asume pérdidas iniciales controladas con el objetivo de capturar beneficios sostenibles y crecientes en el tiempo.

Referencias bibliograficas

- Alison Cathles Pauline. Henriquez Leblanc. Claudia Suaznábar. (2023). Impulsando la transformación digital de la construcción: Building información Modeling en chile <https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Impulsando-la-transformacion-digital-de-la-construccion-el-caso-del-BIM-en-Chile.pdf>
- LOYOLA, Mauricio. (2022). Encuesta Nacional BIM 2022: Informe de Resultados. Santiago: Universidad de Chile. Disponible en: www.bim.uchilefau.cl
- (CChC y Matrix Consulting, 2020:23) Impulsar la productividad de la industria de la Construcción en Chile a estándares Mundiales.
- https://cchc.cl/assets/landings/2020/informe-productividad/pdf/ResumenEjecutivo_Estudio_de_Productividad_Construccion2020.pdf
- (2017) Reinventing construction: a route to higher productivity, McKinsey
- (2010, Michael P. Cannistraro P.E.) <https://arcopm.com/bim-control-de-costo-plazo-y-calidad/>
- McGraw Hill Construction Report 2019