

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Desarrollo de herramientas colaborativas para la gestión de fases adaptativas en proyectos híbridos en arquitectura e ingeniería de Ecuador.

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

Máster en Ingeniería Civil con mención en construcción y saneamiento.

Presentado por:

José Luis Vargas Tingo

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2024

DEDICATORIA

A mi amada esposa Jessica y a mis queridos hijos Giuliana y José Daniel les dedico este trabajo final de tesis. Las energías positivas que ellos descargan en mí hacen que cada objetivo propuesto, con Dios por delante, se logre. Mi vida entera y mi esfuerzo les pertenecen.

Una dedicatoria especial al cielo, donde, seguro estoy, se encuentra Dr. Sixto Fernando Aguirre Rocha. Sus muestras de afecto hacia mí y sus palabras precisas fueron motivación suficiente para retomar mi formación académica.

A mi joven yo, que a temprana edad aprendió que, por apuntar alto, solo se disfrutan de las mieles de las victorias luego de probar las hieles de la derrota y el fracaso.

A ustedes, dedico este trabajo con sentido de gratitud y respeto.

Ing. José Luis Vargas Tingo

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos totales y eternos a Pedro y Rosa, mis amados padres. A ellos que nunca me abandonan y siempre me tienen presente en sus oraciones, les agradezco su amor único y verdadero.

Mi más sincero agradecimiento al arquitecto Carlos Pampliega, tutor de mi proyecto de graduación, por toda la entrega y energía propositiva puesta en la concepción y desarrollo de mi tema.

Ing. José Luis Vargas Tingo

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, José Luis Vargas Tingo acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor. El estudiante deberá procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, febrero del 2025.



Ing. José Luis Vargas Tingo

EVALUADORES



firmado electrónicamente por:
FERNANDA ESTEFANIA
MEJIA PERALTA

Msc. Fernanda Estefanía Mejía

Profesor de Materia

Msc. Carlos Pampliega García

Tutor de proyecto

RESUMEN

La industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) a niveles regionales representa entre el 7 y el 10% de su PIB, implementar nuevos modelos en la gestión de proyectos que incluyan herramientas tecnológicas pretenden incrementar el impacto económico del sector. Este trabajo fin de master presenta y enlista herramientas colaborativas destinadas al uso de la industria AEC y cómo la interoperatividad entre estas permiten gestionar en las fases adaptativas del proyecto de diseño, construcción, operación y mantenimiento de una planta refinadora de aceite vegetal, para que sus *stakeholders*, fabricantes, diseñadores y constructores conozcan y compartan desde etapas tempranas sus aportaciones.

Para la elección de las herramientas, se utilizaron matrices de selección con criterios establecidos previamente y como estas gestionaron la información, colaboran e integran a los equipos de trabajo, gestionaron tareas, permitieron visualizar los avances de los diseños especiales y el costo asociado a su implementación.

Las herramientas perfiladas en cada fase del proyecto puntuaron alto debido a como aportaron en la gestión del proyecto, desde un enfoque híbrido, en las fases adaptativas del mismo.

Elegir con criterio el modelo de gestión del proyecto es la base para utilizar los criterios mostrados en las matrices de selección y ponderación de las herramientas colaborativas enlistadas. Las herramientas mostradas presentan alta interoperatividad entre ellas, algunas pueden ser consideradas plataformas o herramientas toda en una, las cuales utilizan desarrolladores IA que facilitan aún más el control de la gestión del proyecto.

Palabras Clave: Herramienta colaborativa, interoperatividad, matriz de ponderación, IA

ABSTRACT

The architecture, engineering and construction (AEC) industry at regional levels represents between 7 and 10% of its GDP, implementing new models in project management that include technological tools aim to increase the economic impact of the sector. This master's thesis presents and lists collaborative tools intended for use by the AEC industry and how the interoperability between them allows management in the adaptive phases of the design, construction, operation and maintenance project of a vegetable oil refining plant, so that its stakeholders, manufacturers, designers and builders know and share their contributions from the early stages.

For the choice of tools, selection matrices were used with previously established criteria and how they managed the information, collaborated and integrated the work teams, managed tasks, made it possible to visualize the progress of the special designs and the cost associated with their implementation.

The tools outlined in each phase of the project scored high due to how they contributed to the management of the project, from a hybrid approach, in the adaptive phases of the project.

Choosing the project management model wisely is the basis for using the criteria shown in the selection and weighting matrices of the collaborative tools listed. The tools shown have high interoperability between them, some can be considered all-in-one platforms or tools, which use AI developers that make project management control even easier.

Keywords: *Collaborative tool, interoperability, weighting matrix, IA*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	14
ABSTRACT	15
ÍNDICE GENERAL	16
ABREVIATURAS.....	18
SIMBOLOGÍA.....	19
ÍNDICE DE FIGURAS	20
ÍNDICE DE TABLAS.....	21
ÍNDICE DE ANEXOS	22
CAPÍTULO 1.....	23
Introducción	23
1.1 Antecedentes	24
1.2 Localización	25
1.3 Estudios previos.....	26
1.4 Definición del problema	27
1.5 Justificación	28
1.6 Objetivos.....	29
1.6.1 Objetivo General	29
1.6.2 Objetivos Específicos	29
CAPÍTULO 2.....	30
Desarrollo del proyecto.....	30
2.1 Marco conceptual.....	30
2.1.1 Metodologías de gestión	30
2.1.2 Fases adaptativas en los proyectos	33
2.1.3 Fases predictivas en los proyectos	34
2.1.4 Herramientas y plataformas colaborativas	34
2.1.5 Conceptualización de herramientas colaborativas	35

2.1.6	Validación de las herramientas colaborativas	35
2.2	Marco metodológico.....	38
2.2.1	Evaluación de herramientas candidatas para fases adaptativas.....	43
2.2.2	Ponderación tabulada de herramientas candidatas	45
2.2.3	Herramientas seleccionadas	47
CAPÍTULO 3.....		51
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		51
3.1	Resultados.....	51
3.2	Análisis de resultados	55
CAPÍTULO 4.....		57
Conclusiones Y Recomendaciones		57
Conclusiones		57
Recomendaciones		58
BIBLIOGRAFÍA.....		59
ANEXOS.....		62

ABREVIATURAS

PGE	Presupuesto General del Estado
PIB	Producto Interno Bruto
AEC	Arquitectura, Ingeniería y Construcción
RBD	Refinado, Blanqueado y Desodorizado
SAS	Sociedad por Acciones Simplificadas
TFM	Trabajo Fin Master

SIMBOLOGÍA

mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
mV	Milivoltio
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Localización del proyecto OLVESAS.....	26
Figura 2. 1 Ciclo de vida del proyecto con metodología híbrida.	40
Figura 2. 2 Esquema de iniciación del proyecto.	41
Figura 2. 3 Componentes de la planificación del proyector.	41
Figura 2. 4 Secuencia para la obtención del diseño detallado del proyecto.	42
Figura 2. 5 Secuencia fase prueba y puesta en marcha.	43
Figura 2. 6 Interfaz de Microsoft Teams.	49
Figura 2. 7 Interfaz de la plataforma Monday.com.	49
Figura 2. 8 Interfaz de la plataforma Trimble Connect.....	50
Figura 3. 1 Ciclo de vida del proyecto con metodología waterfall.....	52
Figura 3. 2 Fase de iniciación del proyecto	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Herramientas candidatas en fases adaptativas del proyecto.....	36
Tabla 2. 2 Criterio de ponderación fases adaptativas del proyecto.	36
Tabla 2. 3 Confección de matriz de selección.	37
Tabla 2. 4 Herramientas y criterio base de elección.	38
Tabla 2. 5 Herramientas ponderadas en fases adaptativas del proyecto.	46
Tabla 2. 6 Selección de herramientas para el proyecto.....	47
Figura 3. 1 Ciclo de vida del proyecto con metodología waterfall.....	52
Figura 3. 2 Fase de iniciación del proyecto.	53
Figura 3. 3 Fase de Planificación de proyecto.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formulario: Evaluación de Herramientas Colaborativas en Proyectos de Construcción.....	63
---	----

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Los sectores de la construcción e industrial son motores fundamentales del crecimiento económico, particularmente en países en vías de desarrollo como Ecuador (Arroyo Morocho et al. 2018), de los cuales el 12% de su Producto Interno Bruto (PIB), es generado por el sector industrial (Presidencia del Ecuador 2024). El sector de la construcción, a niveles regionales, contribuye significativamente al PIB en América Latina, representando un promedio del 7% al 10%; Estos sectores no solo generan empleo masivo, sino que también impulsan la creación de infraestructura estratégica, fomentan la innovación tecnológica y fortalecen cadenas de suministro esenciales para el desarrollo sostenible (Grilo y Jardim-Goncalves 2013).

A pesar de su importancia, la inversión tecnológica a nivel país en estos sectores ha sido insuficiente. Factores como la volatilidad económica, una débil planificación estratégica y el acceso limitado a herramientas y plataformas colaborativas desembocan en la poca modernización en infraestructura y procesos industriales que no solo afecta la competitividad del país, sino que también limita la capacidad de integrar soluciones sostenibles y resilientes, (Mancuso, Petruzzelli, y Panniello 2024)

En la elaboración de proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC), referido a la industria y con requerimiento de inversión monetaria, se busca en lo posible optimizar recursos además de generar esquemas de éxito en el trabajo (Albarelo y Gutiérrez 2019), fomentar e implementar la comunicación con las personas directamente influenciadas e interesadas del proyecto, con el objetivo de que se conceptualicen la mayor parte de las variables del proyecto (Roy, Malsane, y Samanta 2018), y que su construcción sea una realidad.

Frente a este panorama, el presente estudio busca identificar limitaciones que tienen los equipos multidisciplinarios en la conceptualización de variables de un proyecto, con un enfoque híbrido y mediante una selección de herramientas y plataformas colaborativas gestionar proyectos constructivos industriales en sus fases adaptativas. Se presenta como caso de estudio el diseño y la planificación para la construcción y operación de una planta refinadora de aceite comestible en el Cantón Durán, Guayas. Un proyecto que integra los sectores de construcción e industria, resaltando su potencial como catalizador para el desarrollo económico regional.

1.1 Antecedentes

Tradicionalmente, el enfoque de los gestores de proyectos ha sido identificar y satisfacer las necesidades y gustos para quienes se dirige el proyecto o serán impactados por el mismo (Kivits y Sawang 2021). La inclusión de herramientas y dinámicas digitales en el sector AEC reducen brechas en la concepción total e integral de un proyecto en desarrollo con todos sus participantes (Madurez De Gestión Del Conocimiento En El Sector De La Construcción, Luis Ponz Tienda Co-Asesor, y Pellicer Armiñana Beatriz Juliana Vanegas García 2016). Herramientas tecnológicas con realidad virtual y aumentada, así como la gamificación digital, presentan nuevas formas de participación

y compromiso en los interesados, permitiendo eficiencia e integración de los mismos en los proyectos (Gheisari y Irizarry 2016).

La gestión de Metodologías tradicionales (en cascada) o más específicas (CPM y CCPM, por ejemplo) para el diseño, la construcción y operación de una planta para refinar aceite comestible que involucran varias ingenierías, se presentan con la administración de herramientas y plataformas colaborativas que permitan a los *stakeholders* de cada fase del proyecto que se concibe, una mejor coordinación, comunicación y trabajo en equipo entre las distintas partes involucradas en el proyecto (ingenieros, diseñadores, operadores, etc., nacionales y extranjeros). Dado que el desarrollo de este tipo de proyectos industriales esta reglamentada y normada por entes municipales y gubernamentales, contar en los procesos participativos con profesionales que manejen normativas y exigencias locales, así como el dominio del idioma inglés, es de suma importancia.

Para la conceptualización del proyecto se exponen los diseños estructurales, arquitectónicos y mecánicos, así también los procesos de manufactura requeridos en una planta refinadora de aceite comestible con máquinas y equipos de origen indio, chino y alemán.

1.2 Localización

El proyecto de propiedad de la compañía Oleovegetales del Sur SAS, OLVESAS, se encuentra ubicado en la provincia del Guayas, cantón Durán. Situado en la autopista Durán – Boliche km 6.5, en una zona destinada para el desarrollo industrial con coordenadas geográficas 2°11'28"S; 79°47'36"W. Cercano al proyecto, a 400 metros, se encuentra situado el conjunto habitacional “Ciudadela El Dorado”.

El área del proyecto cuenta con un área total de 2.00 hectáreas, con accesos y vías de comunicación de primer orden, para la movilización hacia el centro y sur del país de manera segura y eficiente. Sin embargo, el desarrollo en infraestructura para agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial es actualmente deficiente.



Figura 1.1 Localización del proyecto OLVESAS.

1.3 Estudios previos

Para el presente estudio se cuenta con:

- Diagramas, estudios, diseños y planos de planta.
- Diagrama de Procesos de manufactura desarrollado por la empresa DVC, fabricante de máquinas y equipos, de origen hindú.
- Estudios de suelo e informes geotécnicos desarrollados por DAVIMEN, empresa Consultora de origen nacional, la cual entrega informes de factibilidad

para perforación y obtención de agua subterránea y de estudio estratigráfico para diseño de las estructuras de la planta.

- Planos estructurales desarrollados por CECOM (cálculos estructurales computarizados), empresa Diseñadora de origen nacional, misma que se basa en planos mecánicos y de operaciones para el proceso de manufactura.
- Planos eléctricos desarrollados por la empresa DVC, de origen hindú; y su posterior adaptación a requerimientos locales, por un profesional nacional.
- Descripción del proceso de manufactura.

La empresa DVC, proporciona el manual de manufactura para la obtención de aceites comestibles a partir de las materias primas (aceite de palma, aceite de palma orgánica o aceite crudo desgomado de soya).

El proyecto está diseñado para realizar en planta los procesos RBD del tren de manufactura para obtener aceite comestible. Luego del mismo, el aceite obtenido es grado industrial, de múltiples y variados usos. Para que el producto sea grado alimenticio, se deberá completar con el proceso de Cristalización, el cual requiere equipos Chillers que enfríen el producto de los procesos anteriores a unos 13°C promedio. Finalmente, se efectúa el proceso de fraccionamiento por medio de filtros prensas para la extracción y separación de grasas y aceite.

1.4 Definición del problema

La compañía DVC entrega a Olveogetales del Sur, en el año 2021, las características básicas y espacios requeridos para el desarrollo del proceso de manufactura de aceite comestible en una planta denominada “Compacta”. La información de los planos de diseño se comparte en extensión .dwg (autocad) al igual que el Process Instrumentation and Diagram (PI&D), las cuales siguen estándares y normativas de la República de la India.

Los diseños que involucran a profesionales extranjeros y nacionales, deberán superar las barreras culturales (Huang y Crotts 2019), ideológicas, tecnológicas (Law y Law 2021) y lingüísticos (Morado y Ocampo Hernández 2018). Estas dificultades pueden impactar

negativamente la comunicación, la coordinación y la eficiencia de los equipos de trabajo, lo que a menudo conduce a retrasos, costos adicionales o incluso el fracaso del proyecto.

Las diferencias culturales pueden influir en la forma en que las personas toman decisiones, resuelven conflictos y gestionan los equipos (Hofstede 2011). En India, las jerarquías tienden a ser más marcadas, mientras que en Ecuador se valoran relaciones laborales más horizontales. La integración de sistemas entre empresas de diferentes países es crítica (Kovács Matínez 2018), Herramientas avanzadas como Navisworks o Autodesk Revit utilizadas por empresas indias pueden ser incompatibles con sistemas más básicos o distintos empleados por empresas ecuatorianas. Las diferencias en competencia lingüística generan malentendidos y errores en la interpretación de especificaciones técnicas (Law y Law 2021).

Para superar estas barreras, este trabajo fin de tesis TFM busca documentar la estandarización de herramientas y plataformas colaborativas (de gestión, comunicación, colaborativas y de visualización), que permitan gestionar eficientemente todas las fases del proyecto, desde la conceptualización y diseño hasta la ejecución y control, de una planta refinadora de aceite comestible, diseñada en la Republica de la India y adaptada a normativas locales y nacionales. Se busca no solo mejorar la eficiencia, sino también promover una mayor cohesión y entendimiento entre los equipos de trabajo.

1.5 Justificación

El uso de herramientas colaborativas en equipos de trabajo pluriculturales proporciona espacios comunes para compartir información en tiempo real, resolver problemas de manera colectiva y alinear objetivos mediante la estandarización de procesos y metodologías (Gheisari y Irizarry 2016). El éxito de estas, dependen de la capacidad de la herramienta para adaptarse a diferentes niveles tecnológicos y la integración de funcionalidades que aborden diferencias lingüísticas y culturales.

El uso combinado de herramientas colaborativas en metodologías híbridas mejora significativamente la eficiencia, reduce errores y promueve una colaboración fluida entre todos los actores involucrados de un proyecto. Las herramientas de gestión de proyectos, herramientas de diseño colaborativo, herramientas de comunicación y colaboración en

equipo, herramientas de gestión documental, herramientas de visualización y realidad aumentada/virtual (AR/VR), herramientas de análisis y simulación permiten que los proyectos de infraestructura industriales, con injerencia de ingenierías variadas, sean conceptualizadas desde edades tempranas del diseño, planificación y construcción(Doukari, Seck, y Greenwood 2022) .

El uso de herramientas y plataformas colaborativas en el diseño, la planificación y la construcción de una planta refinadora de aceite comestible puede vincularse a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9: Industria, innovación e infraestructura; ODS 12: Producción y consumo responsables; ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Probar y validar herramientas y dinámicas colaborativas en fases adaptativas mediante su implementación, para optimizar el intercambio de información en el proyecto de una planta refinadora de aceite comestible.

1.6.2 Objetivos Específicos

Investigar y enumerar las herramientas y plataformas colaborativas actualmente utilizadas en la gestión de proyectos híbridos, a nivel local.

Implementar una selección de herramientas y dinámicas colaborativas en un proyecto de infraestructura industrial en una planta refinadora de aceite comestible.

Medir su efectividad en la mejora de la comunicación, colaboración y gestión de cambios durante las fases adaptativas.

CAPÍTULO 2

DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Metodologías de gestión

- **Metodología híbrida**

La metodología híbrida en gestión de proyectos es un enfoque que combina los principios estructurados de metodologías tradicionales, como el modelo en cascada, con la flexibilidad de los métodos ágiles. Esta integración permite planificar con precisión los objetivos del proyecto y, al mismo tiempo, responder de manera eficiente a cambios o imprevistos que surjan durante el desarrollo del mismo (Serrador y Pinto 2015).

El uso de un enfoque híbrido mejora el desempeño del proyecto al equilibrar la rigurosidad de la planificación con la adaptabilidad necesaria en entornos dinámicos

(Enfoque Híbrido en la gestión de proyectos - Dharma Consulting s. f.). En la práctica, esto significa que, mientras las fases iniciales del proyecto siguen un esquema bien definido para establecer lineamientos claros y evaluar riesgos, en las etapas posteriores se incorporan prácticas ágiles como ciclos iterativos y retroalimentación continua para optimizar la entrega de resultados.

- **Metodología tradicional en cascada “waterfall”**

La metodología tradicional en cascada, formalizada por Royce (1970), se caracteriza por su enfoque secuencial y estructurado, donde las etapas del proyecto se realizan de forma lineal y no se avanza a la siguiente etapa hasta completar la anterior (Bindrees et al. 2014). Esta metodología es ampliamente utilizada en proyectos de ingeniería, construcción y diseño debido a su claridad y predictibilidad.

- **Características principales**

- **Fases definidas y consecutivas:** Las etapas típicas incluyen requisitos, diseño, implementación, verificación y mantenimiento. Cada fase tiene objetivos específicos y resultados definidos que deben completarse antes de proceder a la siguiente.
- **Documentación exhaustiva:** Se requiere una extensa documentación en cada fase, lo que facilita la transferencia de conocimientos y el seguimiento del progreso.
- **Control riguroso:** La metodología cascada permite un control detallado del tiempo, los costos y el alcance del proyecto.

- **Ventajas**

- **Claridad en el proceso:** La estructura lineal permite una comprensión clara de los objetivos y las responsabilidades en cada fase.
- **Facilita el control de calidad:** Las revisiones y aprobaciones formales aseguran que cada etapa cumpla con los estándares establecidos.
- **Adecuada para proyectos predecibles:** Es ideal cuando los requisitos están bien definidos desde el inicio.

- **Limitaciones**
 - **Rigidez ante cambios:** Una vez que se completa una etapa, realizar modificaciones es costoso y puede afectar significativamente el cronograma.
 - **Desafíos en proyectos complejos:** En proyectos adaptativos o con alta incertidumbre, la metodología cascada puede ser ineficiente.
- **Aplicaciones**

En proyectos de diseño y construcción de una planta refinadora de aceite comestible, la metodología cascada puede utilizarse en la construcción y operación, donde los requisitos suelen estar bien definidos. Sin embargo, su uso puede ser complementado con enfoques más flexibles en fases posteriores.

- **Metodología ágil**

La metodología Ágil es un enfoque iterativo e incremental para la gestión de proyectos, diseñado para adaptarse rápidamente a los cambios en los requisitos y en el entorno del proyecto. Se originó en la industria del software con la publicación del *Manifesto for Agile Software Development* (Beck et al., 2001), pero su aplicación se ha expandido a otros sectores como la construcción y la ingeniería.

- **Características principales**
 - **Iteración y retroalimentación continua:** Los proyectos se dividen en ciclos cortos denominados "sprints" o iteraciones, en los cuales se producen entregables funcionales.
 - **Colaboración activa:** Promueve la comunicación constante entre los equipos y las partes interesadas para garantizar que los resultados cumplan con las expectativas del cliente.
 - **Flexibilidad:** Permite incorporar cambios incluso en etapas avanzadas del proyecto, respondiendo a necesidades emergentes.
- **Ventajas**
 - **Adaptación rápida a cambios:** Ideal para entornos dinámicos y proyectos con alta incertidumbre.

- **Mejora de la calidad del producto:** La retroalimentación constante asegura la identificación temprana y corrección de errores.
- **Mayor satisfacción del cliente:** La entrega continua de valor genera confianza y compromiso.

- **Limitaciones**

- **Curva de aprendizaje:** Requiere capacitación y experiencia para su implementación efectiva.
- **Dependencia de la colaboración:** Su éxito depende de un equipo altamente comprometido y una comunicación fluida.

- **Aplicaciones**

En un proyecto de diseño y construcción de una planta refinadora de aceite, la metodología Ágil puede ser especialmente útil en las fases de diseño y planificación, donde los requisitos pueden cambiar con frecuencia debido a factores técnicos, regulatorios o de mercado.

2.1.2 Fases adaptativas en los proyectos

Los proyectos híbridos se caracterizan por su naturaleza iterativa y la necesidad de responder rápidamente a cambios en el entorno o en los requisitos del cliente. En estos casos, el ciclo de vida del proyecto no sigue un camino lineal, como ocurre en metodologías tradicionales de gestión en cascada, sino que implica revisiones y ajustes constantes (Conforto et al. 2016). Las fases adaptativas clave incluyen:

- Fase de iniciación: los requerimientos del cliente y los criterios de éxito pueden evolucionar a medida que se clarifican los objetivos del proyecto. Es importante interactuar constantemente con los involucrados claves para ajustar el alcance y las expectativas.
- Fase de planificación: en la definición de los detalles del proyecto, los involucrados pueden requerir modificaciones debido a nuevas expectativas o cambios en el entorno. La planificación debe ser adaptable para incorporar estas variaciones.

- Fase de diseño detallado: los cambios derivados de nuevas especificaciones o mejoras en el diseño. Es fundamental mantener una comunicación constante entre el equipo de ingeniería, los proveedores y el cliente para evitar errores y asegurar diseño cumpla con los requisitos actualizados.
- Fase de pruebas y puesta en marcha: durante las pruebas y la puesta en marcha, pueden surgir imprevistos técnicos que requieran ajustes inmediatos. La colaboración cercana entre el equipo de operación, los técnicos y los proveedores es esencial para asegurar el éxito de esta fase.

2.1.3 Fases predictivas en los proyectos

Las fases predictivas de un proyecto son aquellas donde los entregables están más definidos y hay menos necesidad de cambios significativos, por ejemplo:

- Fase de construcción: en esta fase se siguen los planos y las especificaciones del diseño detallado. Si bien hay supervisión constante, el enfoque es más predictivo.
- Fase de operación: una vez en funcionamiento, los procesos productivos deben seguir estándares establecidos. Sin embargo, se deben recoger continuamente datos de operación para futuras mejoras.
- Fase de mantenimiento y cierre: aunque se puedan incluir ajustes menores, en general sigue un plan preventivo.

2.1.4 Herramientas y plataformas colaborativas

El uso de herramientas colaborativas mejora la eficiencia y productividad al reducir barreras de comunicación, minimizar errores y permitir una toma de decisiones más informada. Además, estas herramientas son esenciales en entornos complejos donde la integración de equipos y tecnologías diversas es crucial para el éxito del proyecto ((Munkvold y Zigurs 2007); (Wang y Li 2019)).

Una plataforma colaborativa es un entorno digital integrado que permite a los equipos trabajar de manera conjunta en tiempo real, compartiendo información, gestionando tareas y comunicándose de forma eficiente. Estas plataformas están diseñadas para centralizar recursos, facilitar la coordinación y promover la colaboración entre individuos o grupos, independientemente de su ubicación geográfica(Joyanes 2015).

A diferencia de las herramientas colaborativas, que suelen estar orientadas a funciones específicas, las plataformas colaborativas son ecosistemas más amplios que combinan diversas funcionalidades (Gómez-García et al. 2023).

El uso de plataformas colaborativas impulsa la productividad al reducir barreras de comunicación y mejorar la accesibilidad a recursos clave. Además, promueven la transparencia, ya que todos los participantes tienen acceso a la misma información actualizada. Estas plataformas son esenciales en proyectos complejos y multidisciplinarios, donde la coordinación entre equipos es crítica para el éxito ((Zhang et al. 2021); (Wang y Li 2019)).

2.1.5 Conceptualización de herramientas colaborativas

Las herramientas colaborativas se definen como plataformas tecnológicas diseñadas para facilitar la comunicación, coordinación y gestión de tareas en proyectos multidisciplinarios. Estas herramientas, ofrecen funcionalidades que integran recursos humanos y técnicos de forma eficiente, permitiendo la adaptación a las demandas cambiantes de un proyecto (Munkvold y Zigurs 2007).

La colaboración efectiva en proyectos de diseño y construcción depende de tres factores clave:

- **Interoperabilidad:** La capacidad de las herramientas para integrar sistemas y plataformas tecnológicas distintas.
- **Accesibilidad:** Disponibilidad para equipos ubicados en diferentes zonas geográficas.
- **Flexibilidad:** Adaptación a los cambios en el alcance, los plazos y los recursos del proyecto.

2.1.6 Validación de las herramientas colaborativas

Para validar las herramientas colaborativas en la gestión de fases adaptativas del proyecto “Planta refinadora de aceite comestible” se creó una matriz de selección que ponderen a las herramientas (Tabla 2. 1) mediante los siguientes pasos:

- **Lista de herramientas colaborativas candidatas:** Se enlistan las herramientas candidatas, utilizadas en la industria AEC, categorías comunicación, gestión de proyectos, BIM y modelado, gestión documental, integración y automatización.

Tabla 2. 1 Herramientas candidatas en fases adaptativas del proyecto. Fuente: Autor

Fases	Herramientas candidatas
Iniciación	Google drive, Dropbox, Microsoft OneDrive, iCloud, Meta
Planificación	Asana, Trello, Monday.com
	Google Meet, Microsoft Teams, Zoom, Jitsi Meet
Diseño detallado	Tekla Structures, Fusion 360, Revit, Cedreo
	Luminon, V-Ray, Enscape, Unreal engine
	TeklaBIM Sight, Trimble connect
Pruebas y puesta en marcha	Revit, Augment, Navisworks, TimeLiner
	Procore, Fieldwire, BIM 360 Field, Microsoft Power BI

- **Definir criterios de selección y ponderación:** Las herramientas se analizan según su gestión de información, colaboración, integración, tareas, visualización y costo en la implementación (Tabla 2. 2), para lo cual se asignan pesos según su importancia en cada fase.

Tabla 2. 2 Criterio de ponderación fases adaptativas del proyecto. Fuente: Autor

Criterio	Iniciación (%)	Planificación (%)	Diseño detallado (%)	Puesta en Marcha (%)
Gestión de información y documentos	30	20	10	10

Colaboración y comunicación	30	20	10	10
Integración con otras herramientas	15	25	30	20
Gestión de tareas y control de cambios	10	20	20	30
Visualización y modelado	5	5	20	10
Costo y facilidad de implementación	10	10	10	20
Total (%):	100	100	100	100

- **Confección de matriz de selección:** Creación de matriz de decisión ponderada que asigna valores a cada criterio según su importancia relativa (Tabla 2. 3 , con una escala de 1 a 5, siendo el mayor valor posible 5, para la herramienta que tenga el mayor cumplimiento del criterio que se evalúa.

Tabla 2. 3 Confección de matriz de selección. Fuente: Autor

Herramienta evaluada	Gestión de la información	Colaboración	Integración	Gestión de tareas	Visualización	Costo	Puntuación
Iniciación	V*30%	V*30%	V*15%	V*10%	V*5%	V*10%	P
Planificación	V*20%	V*20%	V*25%	V*20%	V*5%	V*10%	P
Diseño detallado	V*10%	V*10%	V*30%	V*20%	V*20%	V*10%	P
Puesta en marcha	V*10%	V*10%	V*20%	V*30%	V*10%	V*20%	P

- **Selección de herramienta y justificación:** Después de analizar la matriz, se eligen las herramientas con mejor puntaje, justificando su selección (Tabla 2. 4) en función de su alineación con el proyecto de la “planta refinadora de aceite comestible” y el enfoque híbrido para cada fase adaptativa de la gestión de proyectos.

Tabla 2. 4 Herramientas y criterio base de elección. Fuente: Autor

Herramientas candidatas	Criterio base
Google drive, Dropbox, Microsoft OneDrive, iCloud, Meta	Herramienta de sincronización rápida y de múltiple operatividad. Compatibilidad total con herramientas de Microsoft.
Asana, Trello, Monday.com	Multiplataforma que tiene seguimiento de estados de tarea, cronogramas, costos de actividades, chats. Permite integrar plataformas.
Google Meet, Microsoft Teams, Zoom, Jitsi Meet	Plataforma integradora de hasta 10,000 participantes. Se integra con Microsoft 360
Tekla Structures, Fusion 360, Revit, Cedreo	Herramienta que permite interoperatividad con software de desarrollo continuo. Realismo en 3D con metadatos incluidos en todos los elementos.
Luminon, V-Ray, Enscape, Unreal engine	Herramienta complementaria de Revit, multioperativa. Tiempos cortos de renderizado y de alta calidad para presentaciones. Realidad virtual optimizada para diseños arquitectónicos.
TeklaBIM Sight, Trimble connect	Facilidad para compartir archivos en la nube. Visualizador de alta resolución.
Revit, Augment, Navisworks, TimeLiner	Herramienta complementaria de Revit, multioperativa. Realidad virtual y aumentada para hardware.
Procore, Fieldwire, BIM 360 Field, Microsoft Power BI	Herramienta de seguimiento, reporte y gestión de campo.

2.2 Marco metodológico

El presente marco metodológico describe el enfoque adoptado y las herramientas válidas para el desarrollo de las fases adaptativas del proyecto de diseño, construcción, operación y mantenimiento de una planta refinadora de aceite comestible a partir de soya o palma.

Este marco metodológico adopta un enfoque híbrido para la planificación y desarrollo en la gestión del proyecto, combinando metodologías tradicionales y ágiles (Figura 2. 1).

Se estableció una matriz de selección de herramientas colaborativas alineadas con las fases adaptativas del proyecto. En iniciación, herramientas de comunicación y gestión documental. La planificación con herramientas para la coordinación de tareas. En diseño detallado, herramientas que faciliten la colaboración en modelos BIM. Finalmente, en puesta en marcha, se elegirá de entre las herramientas candidatas una que permita el seguimiento y control en campo, optimizando la ejecución del proyecto.

La naturaleza compleja del proyecto y la necesidad de mantener un equilibrio entre la planificación estructurada y la flexibilidad ante posibles cambios requirió usar la metodología híbrida. Adoptar un enfoque híbrido permite una gestión eficiente de los recursos y una interacción continua con los principales involucrados, lo que garantiza calidad de los entregables en cada fase del proyecto.

Durante el desarrollo se identifican las fases adaptativas en el proyecto, en donde los requisitos o condiciones pueden cambiar, requiriendo un enfoque iterativo y flexible.

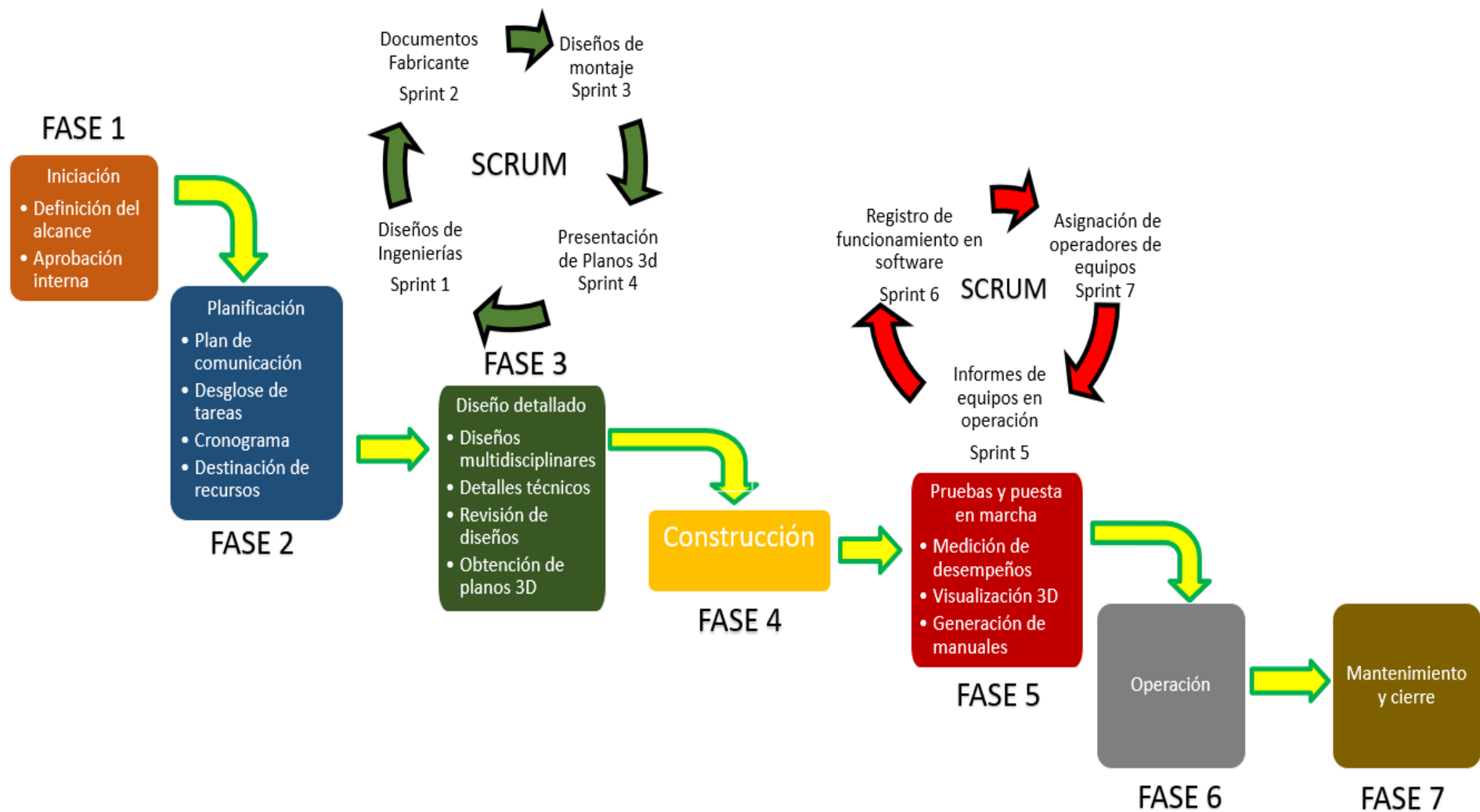


Figura 2. 1 Ciclo de vida del proyecto con metodología híbrida.

- **Fase de iniciación:** Durante la iniciación del proyecto (Figura 2. 2), se identifican los objetivos clave, los involucrados principales y los requerimientos iniciales. En esta etapa, es fundamental realizar reuniones continuas con los interesados, ya que las expectativas del cliente pueden evolucionar a medida que se clarifica el alcance del proyecto. Los resultados de esta fase incluyen un documento de viabilidad y una definición preliminar del proyecto, que servirán como base para las siguientes etapas.



Figura 2. 2 Esquema de iniciación del proyecto.

- **Fase de planificación:** La planificación detallada del proyecto bajo este enfoque es flexible para adaptarse a posibles cambios en los requerimientos o restricciones técnicas (Figura 2. 3). Se elaboran el plan de comunicación, el desglose de las tareas, los cronogramas de las actividades y la destinación de recursos, mismos que se revisan y ajustan de forma iterativa con base en la retroalimentación de los interesados.

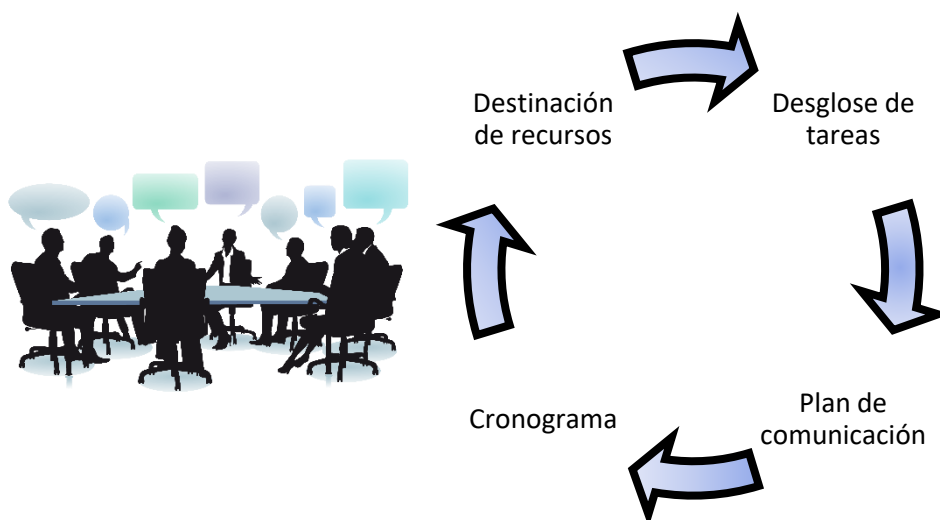


Figura 2. 3 Componentes de la planificación del proyecto.

- **Fase de diseño detallado:** En esta fase se desarrollan los planos y especificaciones técnicas detalladas de la planta refinadora (Figura 2. 4). Dado que pueden surgir nuevas especificaciones o requerimientos de normativas locales, es vital mantener una comunicación constante entre el equipo de ingeniería, los proveedores y el cliente. Los resultados esperados son planos constructivos aprobados y diseños 3D, a más del documento de especificaciones técnicas finales.



Figura 2. 4 Secuencia para la obtención del diseño detallado del proyecto.

- **Fase de pruebas y puesta en marcha:** Durante esta etapa, se realizan pruebas de los equipos y los sistemas instalados para medir su desempeño (Figura 2. 5). La naturaleza adaptativa de esta fase permite realizar ajustes inmediatos ante imprevistos técnicos. Los resultados esperados son la certificación de la operatividad de la planta y un informe de conformidad.

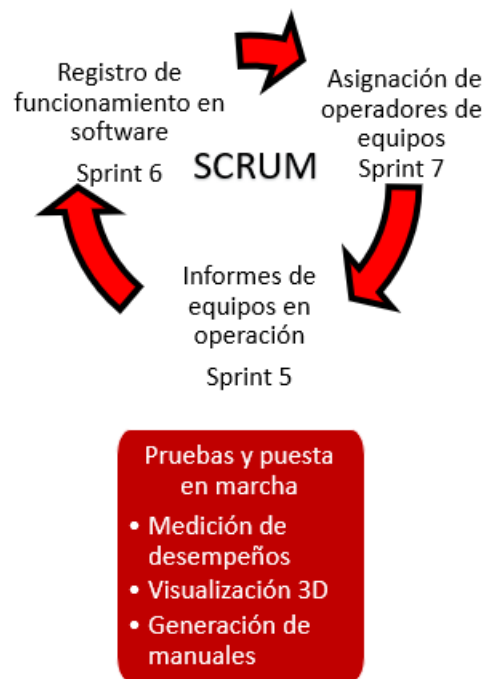


Figura 2. 5 Secuencia fase prueba y puesta en marcha.

En las fases adaptativas, se emplean herramientas colaborativas que faciliten la comunicación, el seguimiento de tareas y la toma de decisiones en entornos dinámicos.

2.2.1 Evaluación de herramientas candidatas para fases adaptativas.

La evaluación de las herramientas colaborativas en este marco metodológico se basa en una matriz de selección ponderada, asegurando que cada plataforma elegida se alinee con las necesidades específicas de las fases adaptativas del proyecto. Se consideran criterios como gestión documental, comunicación, integración, control de cambios y visualización.

Esta evaluación asegura que cada fase cuente con una herramienta que optimice la colaboración, el flujo de información y la toma de decisiones, garantizando la eficiencia en la ejecución del proyecto de la planta refinadora de aceite comestible.

- **Descripción de actividades, roles y entregables en las fases adaptativas del proyecto**

Durante la fase de iniciación, el enfoque es adaptativo, se basa en principios ágiles mediante iteraciones cortas y reuniones continuas de retroalimentación, lo que permite definir y ajustar progresivamente el alcance, los objetivos, los requisitos y la aprobación interna del proyecto. Se emplea metodologías que permitan estructurar las actividades, con reuniones iniciales para identificar requisitos y mantener el enfoque alineado con los *stakeholders*. El entregable principal de esta fase es el acta de constitución aprobada.

En la fase de planificación se combina un enfoque adaptativo y predictivo. La planificación adaptativa abarca el desglose de tareas y el plan de comunicación, mientras que la predictiva consolida el plan de gestión del proyecto, entiéndase cronograma y el destino de los recursos asignados. Se emplea Kanban para gestionar tareas y reuniones semanales con *stakeholders* para validar avances y cambios. La gestión de riesgos es iterativa, con revisiones periódicas. Los roles clave son el Gerente de Proyecto, las partes interesadas y el equipo técnico. Los principales entregables son el plan de gestión del proyecto, incluyendo cronograma, costos, calidad y riesgos.

Mediante iteraciones ágiles, se permite la entrega parcial de planos y especificaciones, en la fase de diseño, lo que facilita la revisión continua y retroalimentación oportuna del cliente y de los *stakeholders* técnicos. Este enfoque incremental asegura que el diseño evolucione en función de los requerimientos y mejoras detectadas a lo largo del proceso. Las reuniones periódicas al final de cada iteración son esenciales para validar el progreso, identificar posibles ajustes y garantizar que el diseño final cumpla con los estándares esperados. Los roles clave en esta fase son: el equipo de ingeniería, para realizar los diseños multidisciplinarios; el cliente, responsable de validar las entregas; y el Scrum Master, quien coordina el equipo y elimina impedimentos. Al finalizar, se obtienen como entregables los diseños multidisciplinarios detallados, las especificaciones técnicas y los diseños en 3D.

Para la fase de pruebas y puesta en marcha, se aplican principios ágiles que permiten iteraciones cortas y ajustes continuos, asegurando que el sistema funcione conforme a los requisitos establecidos. La estrategia se centra en realizar *sprints* de pruebas, cada uno con el objetivo de validar un conjunto específico de procesos o equipos críticos para el funcionamiento de la planta refinadora de aceite. Durante estos *sprints*, se realizan reuniones diarias de seguimiento que permiten al equipo identificar y resolver rápidamente cualquier inconveniente técnico.

Las prácticas clave incluyen la ejecución de pruebas específicas en cada *sprint*, el registro y análisis de los resultados y la implementación de ajustes necesarios. La retroalimentación constante del equipo de operación es fundamental para garantizar que los equipos y procesos cumplan con los estándares de calidad y seguridad requeridos. Los roles principales en esta fase son el equipo de pruebas, encargado de ejecutar y validar las pruebas; el equipo de operación, que brinda retroalimentación; y el Scrum Master, responsable.

Al finalizar esta fase, los entregables principales son un informe detallado de pruebas y validación, y una planta completamente operativa, lista para iniciar la producción.

2.2.2 Ponderación tabulada de herramientas candidatas

La evaluación de herramientas colaborativas se basa en una matriz de selección ponderada, donde cada plataforma es analizada según criterios clave en las fases adaptativas del proyecto: iniciación, planificación, diseño detallado y puesta en marcha.

Los criterios incluyen gestión de información y documentos, colaboración y comunicación, integración con otras herramientas, gestión de tareas y control de cambios, visualización y modelado, y costo de implementación. Cada herramienta recibe una puntuación en estos aspectos, ponderando su importancia según la fase (Tabla 2. 5).

- **Ventajas de las herramientas propuestas**

- **Integración:** Las herramientas de Autodesk y sus complementos permiten trabajar en un entorno colaborativo, conectando todos los equipos del proyecto.
- **Flexibilidad:** Elegir un entorno como BIM 360 permite adaptar y realizar los cambios durante las distintas fases, entre todos los participantes, lo que es crucial en proyectos adaptativos.
- **Eficiencia:** Herramientas dentro de la plataforma Trello están desarrolladas para incluir la mayor cantidad de recursos en el intercambio de información.

Tabla 2. 5 Herramientas ponderadas en fases adaptativas del proyecto. Fuente: Autor

Fase	Herramientas candidatas	Gestión de información	Colaboración	Integración	Gestión de tareas	Visualización	Costo	Puntaje final
Iniciación	Google drive	4.5	4.5	4.0	4.5	4.5	5.0	4.50
	Dropbox	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	3.5	4.50
	OneDrive	5.0	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0	4.95
	iCloud	4.5	4.0	3.0	4.5	4.5	4.0	4.10
	Meta	4.0	4.0	4.5	4.0	4.5	4.5	4.2
Planificación	Asana	4.5	4.0	4.5	5.0	4.5	5.0	4.60
	Trello	4.5	4.0	4.5	5.0	4.5	5.0	4.60
	Monday.com	4.5	5.0	5.0	5.0	4.5	5.0	4.88
	Google Meet	5.0	5.0	5.0	4.0	4.5	4.0	4.70
	Teams	4.5	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0	4.80
	Zoom	4.0	5.0	4.5	4.5	5.0	5.0	4.60
	Jitsi Meet	4.0	4.5	4.5	4.5	4.5	5.0	4.50
Diseño detallado	Tekla Structures	5.0	4.5	4.0	4.5	5.0	4.0	4.50
	Fusion 360	5.0	3.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.10
	Revit	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	4.0	4.70
	Cedreo	3.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.30
	Luminon	4.5	4.0	4.5	3.5	4.5	4.0	4.20
	V-Ray	5.0	4.0	4.0	4.5	5.0	4.0	4.40
	Enscape	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.80
	Unreal engine	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.20
	Tekla BIM Sight	4.5	4.5	5.0	4.0	4.5	4.0	4.50
	Trimble connect	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.90
Pruebas y puesta en marcha	Navisworks	4.5	4.5	5.0	4.0	4.5	4.0	4.40
	Augment	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	4.90
	Procore	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.80
	Fieldwire	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5	4.0	4.80
	BIM 360 Field	4.5	4.5	5.0	4.0	5.0	4.0	4.40
	Microsfot Power BI	4.0	4.5	5.0	5.0	3.0	4.5	4.60

2.2.3 Herramientas seleccionadas

Este TFM prueba y valida herramientas y dinámicas colaborativas que permitan el intercambio de información y el desarrollo de un proyecto de planta de refinadora de aceite comestible (Tabla 2. 6), previa definición de:

- Gestión con enfoque híbrido
- Criterios base para la selección de las herramientas en fases adaptativas
- Ponderación y puntuación de herramientas por integración, flexibilidad y eficiencia.

Tabla 2. 6 Selección de herramientas para el proyecto. Fuente: Autor

Fase	Herramienta seleccionada	Puntaje obtenido	Justificación
Iniciación y Planificación	OneDrive	4.95	Herramienta de sincronización rápida y de múltiple operatividad. Compatibilidad total con herramientas de Microsoft.
	Monday.com	4.88	Multiplataforma que tiene seguimiento de estados de tarea, cronogramas, costos de actividades, chats. Permite integrar plataformas.
	Microsoft Teams	4.80	Facilita la comunicación y la gestión documental inicial con integración a la nube. Se integra con Microsoft 360. Plataforma integradora de hasta 10,000 participantes.
Diseño	Revit	4.70	Herramienta que permite interoperatividad con software de desarrollo continuo. Realismo en 3D con metadatos incluidos en todos los elementos.

detallado	Enscape	4.80	Herramienta complementaria de Revit, multioperativa. Tiempos cortos de renderizado y de alta calidad para presentaciones. Realidad virtual optimizada para diseños arquitectónicos.
	Trimble Connect	4.90	Optimizado para la colaboración en modelos BIM y gestión de versiones en la nube. Visualizador de alta resolución
Prueba y puesta en marcha	Augment	4.90	Herramienta complementaria de Revit, multioperativa. Realidad virtual y aumentada de gran calidad, también de uso independiente.
	Procore	4.80	Herramienta integral de seguimiento de obra, reportes y gestión de campo.

- Con Microsoft Teams como herramienta usada en la fase de iniciación del proyecto, es posible desarrollar las primas interacciones grupales. La plataforma tiene un potencial significativo para un mayor desarrollo en comparación con su competencia más cercana que es Zoom (Grynshyna et al. 2023).

Teams es la plataforma de videoconferencia que permite a los usuarios realizar reuniones online con chat, video y audio, desde una PC o desde un móvil, lo que permite a los *stakeholders* reunirse virtualmente y colaborar en tiempo real compartiendo documentos en la multiplataforma de Microsoft, además de poder crear las salas independientes que refuerzan la colaboración híbrida (microsoft.com).

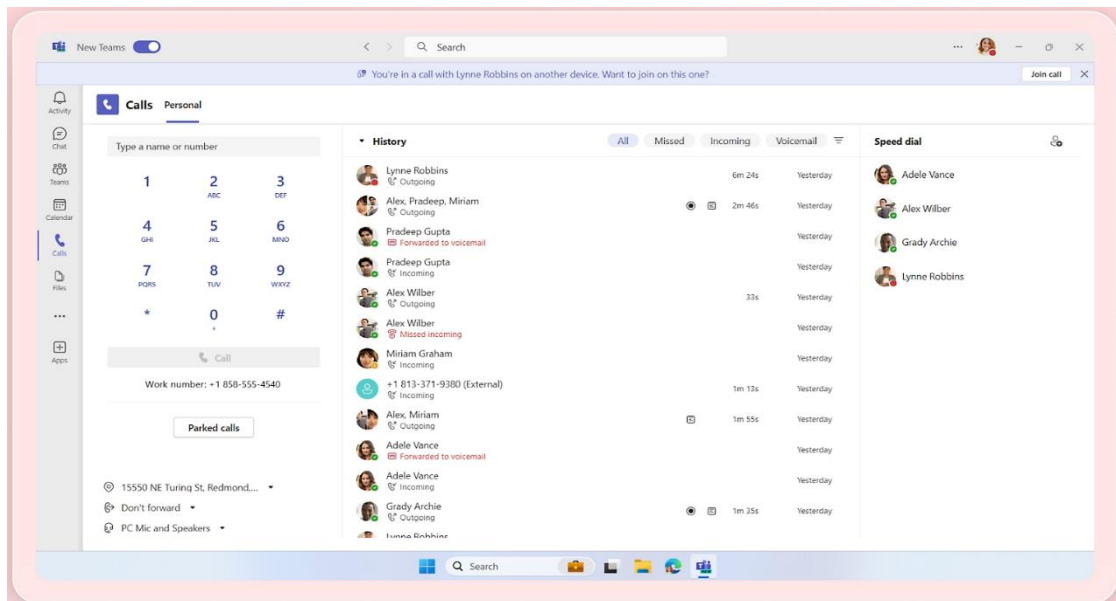


Figura 2. 6 Interfaz de Microsoft Teams. Fuente: Microsoft.com

- Con la multiplataforma Monday.com creamos tareas, hacemos seguimiento de estados de las tareas, cronogramas, costos de actividades, etc. La interoperabilidad está garantizada, puesto que permite enlazar correos y chats. Los desarrolladores de los proyectos a más poder organizar las tareas y flujos de trabajo a su propio criterio, ahora mismo poseen el complemento IA que puede guiar y organizar de mejor manera un proyecto en desarrollo que presente conflictos de tiempo o de organización (Monday.com).

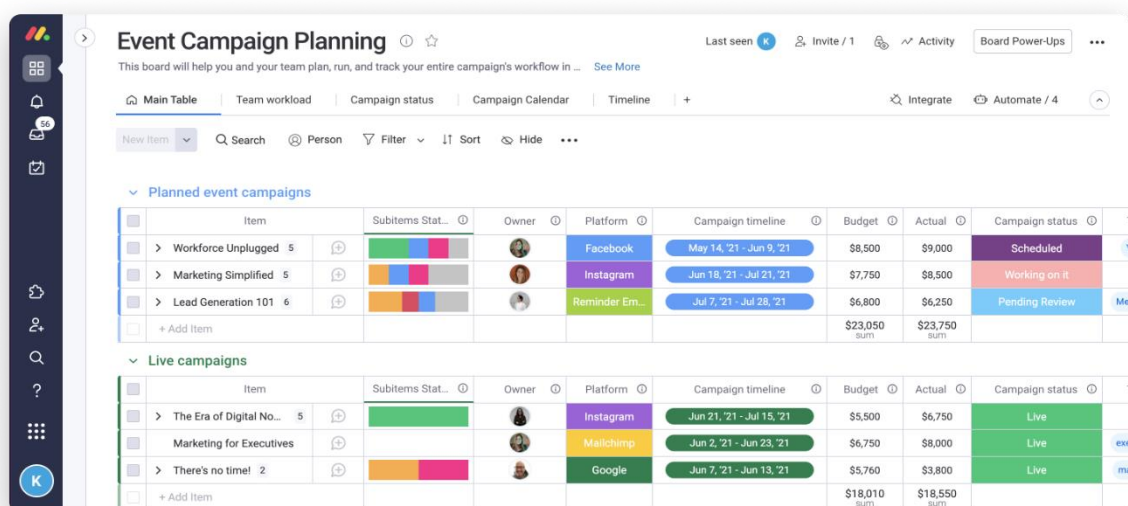


Figura 2. 7 Interfaz de la plataforma Monday.com. Fuente: Monday.com

- En cuanto a la fase adaptativa del diseño detallado, la plataforma Trimble Connect permitió compartir proyectos integrales en colaboración y tiempo real.

Trimble Connect trabaja con el complemento Sync, que sincroniza de forma inmediata los archivos en edición, lo que permite a todos los involucrados en el proyecto enterarse en tiempo real de avances y modificaciones que se hacen al proyecto (Lester 2017). Esta plataforma maneja información a partir de los metadatos que contienen los archivos creados y permite visualizar y editar archivos de un proyecto.

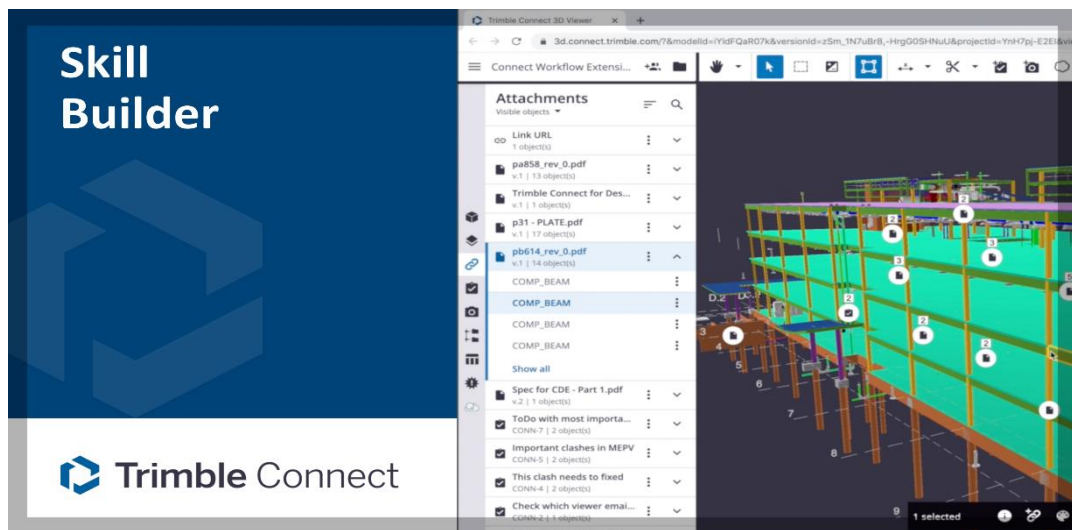


Figura 2. 8 Interfaz de la plataforma Trimble Connect. Fuente: Tekla

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

El enfoque híbrido adoptado para el desarrollo del proyecto de una planta refinadora de aceite comestible (Figura 2. 1), permitió fusionar las ventajas de las metodologías tradicionales y ágiles; se destaca la flexibilidad hacia los *stakeholders* para integrar nuevos requerimientos al proyecto, sin desviarse de los lineamientos iniciales (Figura 3. 1), puesto que el desarrollo de la industria aceitera nacional es rápido y de largo alcance con los productos y sus derivados (Almache Tenorio, Proaño Paredes, y Bustamante Sanchez 2023).

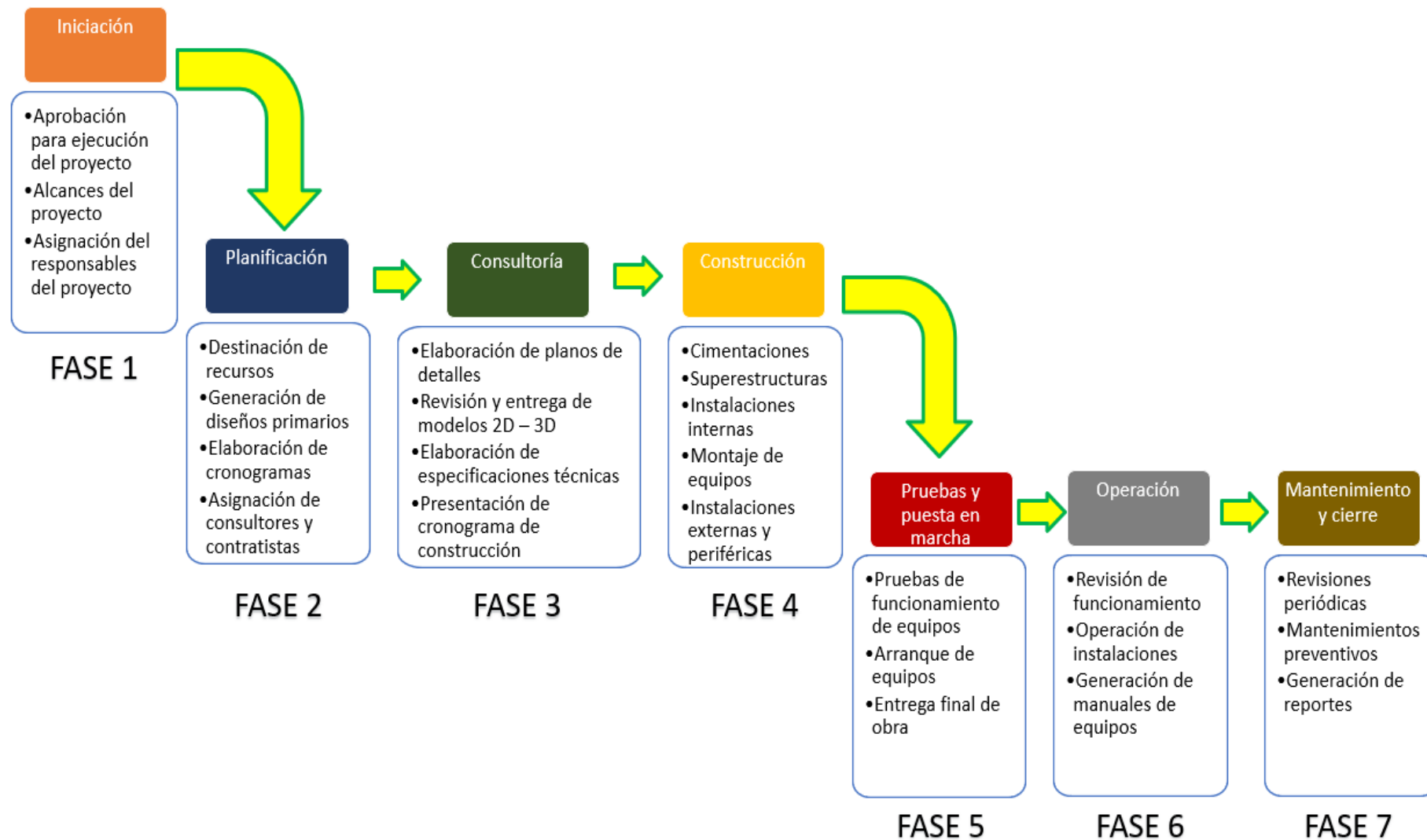


Figura 3. 1 Ciclo de vida del proyecto con metodología waterfall

El uso de herramientas y plataformas colaborativas en un entorno multidisciplinar, como el proyecto mencionado, permitió vencer barreras (geográficas, culturales, de normativas locales, etc.) durante las fases adaptativas del proyecto.

La selección de las herramientas se realizó mediante una matriz elaborada bajo criterios de integración, flexibilidad y eficiencia de entre las herramientas candidatas, consideradas aplicables a la industria AEC (Tabla 2. 6).

La programación de reuniones y video conferencias en tiempo real con la herramienta Microsoft Teams permitió en la fase de iniciación, por ejemplo, determinar Hitos iniciales, socializarlos y ponerlo en contexto en el grupo de trabajo. El alcance inicial del proyecto de forma temprana sufrió modificaciones por los promotores industriales (Figura 3. 2), que se superó rápidamente al mantener informados a todo el grupo técnico. En esta misma fase, toda documentación técnica y de requerimientos iniciales se compartió mediante la nube de Microsoft OneDrive.

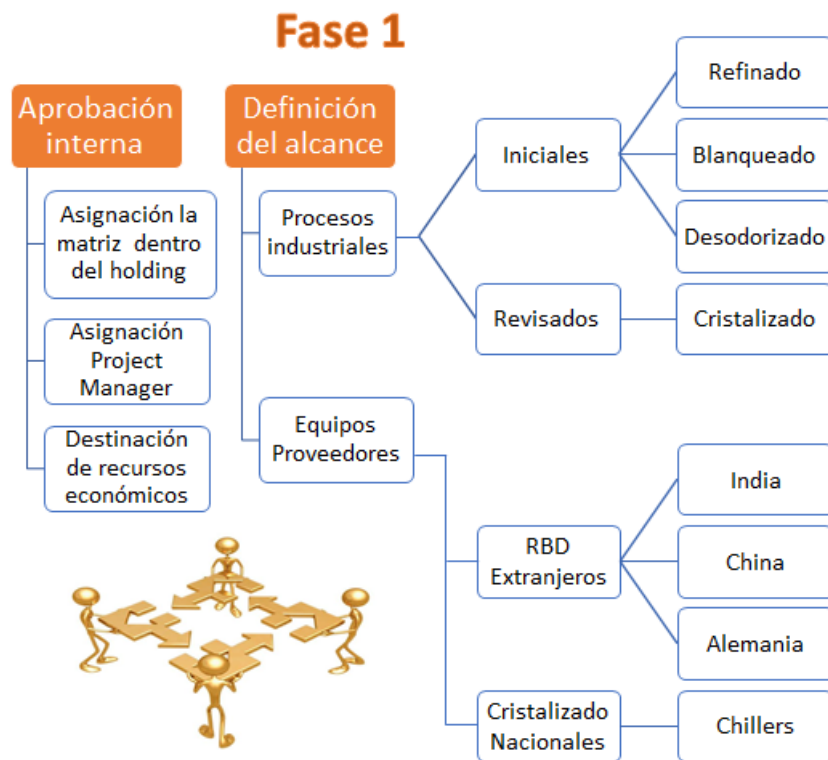


Figura 3. 2 Fase de iniciación del proyecto.

La retroalimentación permanente y la colaboración continua, controlada desde la plataforma Monday.com en la fase de planificación permitió gestionar el flujo de trabajo (Figura 3. 3 y pasar pronto a la fase del diseño detallado. Lógicamente se

realizaron reuniones específicas mediante Teams y se siguió compartiendo información a través de OneDrive.



Figura 3. 3 Fase de Planificación de proyecto.

La generación de los diseños 3D en la fase del diseño detallado, y su comunicación a todos los involucrados (Figura 2. 4) mediante la plataforma Trimble Connect crearon una dinámica constante en el grupo de trabajo. Tan efectiva y generosa resulta Trimble connect en la visualización de los avances, que prácticamente no se requirió revisión por la entrega continua de valor.

En la fase adaptativa de prueba y puesta en marcha (Figura 2. 5), con la ayuda del complemento Augment de realidad virtual y aumentada del software Revit, se visualizaron todos los ambientes de la planta para la refinación de aceite, la medición de desempeños de las estructuras y los equipos, y se generaron los manuales básicos de operación.

3.2 Análisis de resultados

Con la elaboración de la Tabla 2. 1 que enlista herramientas candidatas para cada fase de este proyecto, se genera un formulario que permite a profesionales en la industria AEC (Anexo 1) evaluar el grado de difusión en torno a las herramientas, su grado de conocimiento y el uso de las mismas en sus actividades. Se pide que para la confección de una matriz de selección y una de ponderación de dichas herramientas se las califique en escalas de 1 a 5; dando espacio al *feedback* de los profesionales anónimos en el supuesto caso de participación de un proyecto industrial con especialistas extranjeros.

Los resultados reflejan una selección que resulta eficiente y alineada con los requerimientos del proyecto en cuanto a intercambio de información y presentación en tiempo real de los mismos. La combinación de herramientas permite una transición fluida entre fases, optimizando la colaboración y toma de decisiones. Además, la aplicación de un método ponderado asegura una evaluación objetiva y fundamentada, evitando sesgos en la elección (Tabla 2. 5).

En conclusión, la integración de **Microsoft Teams**, **Monday.com**, **Trimble Connect** y **Procore** garantiza una gestión estructurada y eficiente, facilitando la ejecución del proyecto de la planta refinadora de aceite comestible con herramientas especializadas para cada fase del proyecto.

Para concebir integralmente la gestión del proyecto, en la Tabla 3. 1 se desglosan las fases completas del ciclo de vida del proyecto, sus enfoques respectivos y la descripción de la práctica principal que el conjunto de herramientas colaborativas tendrá que satisfacer.

Tabla 3. 1 Herramientas para todas las fases del proyecto. Fuente: Autor

Fase	Enfoque	Práctica principal	Herramienta utilizada
Iniciación	Adaptativo	Iteraciones y reuniones frecuentes	Microsoft OneDrive y Microsoft Teams
Planificación	Adaptativo/Predictivo	Kanban y reuniones de validación	Monday.com, Microsoft OneDrive y Microsoft Teams
Diseño detallado	Adaptativo	Scrumban	Revit, Enscape, Navisworks, Trimble connect, Microsoft Teams
Construcción	Predictivo	Control riguroso de avance	Navisworks, TimeLiner, Augment
Pruebas y puesta en marcha	Adaptativo	Sprints de pruebas	Augment, Procore, Monday.com, Microsoft OneDrive y Microsoft Teams
Operación	Predictivo con mejora continua	Optimización continua	Fieldwire
Mantenimiento	Predictivo	Mantenimiento preventivo y predictivo	Microsoft Power BI

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La implementación de herramientas colaborativas en la gestión del proyecto de la planta refinadora de aceite comestible ha demostrado ser un factor clave para optimizar la comunicación, la planificación y la ejecución de cada fase a desarrollar. La selección de herramientas se realizó utilizando una matriz de selección ponderada, la cual permitió una evaluación objetiva basada en criterios específicos para cada fase adaptativa: iniciación, planificación, diseño detallado y puesta en marcha.

La integración de Microsoft Teams, Monday.com, Trimble Connect y Procore ha facilitado el flujo de información entre los equipos de trabajo, mejorando la eficiencia en la toma de decisiones y la gestión de recursos.

Las herramientas digitales presentadas en este TFM, permiten traer a conocimiento público de la industria AEC en el Ecuador las herramientas colaborativas que a nivel global son de amplia difusión y sobre todo de ampliada aplicación en la gestión de proyectos (Actas del Congreso Internacional de Gestión de Proyectos e Ingeniería s. f.) (García et al. 2023)

Recomendaciones

Es fundamental que todos los involucrados en el proyecto reciban capacitación adecuada en el uso de las herramientas seleccionadas. La falta de conocimiento o resistencia al cambio puede limitar el aprovechamiento de estas plataformas.

Para maximizar el uso de las herramientas, se recomienda establecer un protocolo de trabajo donde se definan claramente las responsabilidades de cada miembro del equipo en el uso de las plataformas colaborativas, por ejemplo, establecer qué información debe gestionarse en Microsoft Teams, cómo organizar tareas en Monday.com, quién debe revisar modelos en Trimble Connect y cómo deben registrarse reportes en Procore.

Se recomienda realizar evaluaciones periódicas del desempeño de las herramientas, identificando oportunidades de mejora y posibles necesidades de integración con nuevas plataformas, esto permitirá ajustar la estrategia de colaboración y garantizar que las herramientas continúen siendo funcionales y eficientes en cada fase del proyecto.

Para garantizar la elección de las herramientas más adecuadas en futuros proyectos, se sugiere seguir aplicando metodologías como la matriz de selección ponderada, asegurando una evaluación estructurada basada en criterios relevantes para cada fase.

En vías de futuras investigaciones se recomienda explorar herramientas emergentes con inteligencia artificial o automatización (sin que estas reemplacen los criterios humanos de selección), pueden ser de gran valor para mejorar la productividad y la eficiencia operativa de las fases de un proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- «Actas del Congreso Internacional de Gestión de Proyectos e Ingeniería». <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/1> (10 de marzo de 2025).
- Albarello, Alix, y Laura Gutiérrez. 2019. «Bim Para El Mantenimiento: Más Planeación Menos Sobrecostos». *Journal Bim & Construction Management* 1(July).
- Almache Tenorio, Jaime Leonardo, Miguel Fabricio Proaño Paredes, y Santiago Isaac Bustamante Sanchez. 2023. «Diseño y simulación de un tornillo para la extracción de aceite rojo de palma africana». *Revista Social Fronteriza* 3(5). doi:10.59814/resofro.2023.3(5)53-62.
- Arroyo Morocho, Flavio, Dely Nathalia Bravo Donoso, Carlos Santiago Buenaño Armas, y Mario Augusto Rivera Valenzuela. 2018. «Importancia De La Calidad Para El Desarrollo Del Diseño Industrial En El Ecuador». *INNOVA Research Journal* 3(7). doi:10.33890/innova.v3.n7.2018.565.
- Bindrees, Mohammed A., Robert J. Pooley, Idris S. Ibrahim, y Nick K. Taylor. 2014. «Re-Evaluating Media Richness Theory in Software Development Settings». *Journal of Computer and Communications* 02(14): 37-51. doi:10.4236/jcc.2014.214004.
- Conforto, Edivandro Carlos, Daniel Capaldo Amaral, Sergio Luis da Silva, Ariani Di Felippo, y Dayse Simon L. Kamikawachi. 2016. «The agility construct on project management theory». *International Journal of Project Management* 34(4): 660-74. doi:10.1016/J.IJPROMAN.2016.01.007.
- Doukari, Omar, Boubacar Seck, y David Greenwood. 2022. «The Creation of Construction Schedules in 4D BIM: A Comparison of Conventional and Automated Approaches». *Buildings* 2022, Vol. 12, Page 1145 12(8): 1145. doi:10.3390/BUILDINGS12081145.
- «Enfoque Híbrido en la gestión de proyectos - Dharma Consulting». <https://dharmacon.net/2023/07/08/equilibrando-flexibilidad-y-control-entendiendo-el-enfoque-hibrido-en-la-gestion-de-proyectos/> (7 de marzo de 2025).
- García, Pampliega, Carlos Javier, Pmi Madrid, y Spain Chapter. 2023. «Futuro de la transformación digital de la gestión de proyectos de arquitectura y construcción». *Proceedings from the International Congress on Project Management and Engineering*: 2-003. doi:10.61547/3364.

- Gheisari, Masoud, y Javier Irizarry. 2016. «Investigating human and technological requirements for successful implementation of a BIM-based mobile augmented reality environment in facility management practices». *Facilities* 34(1-2): 69-84. doi:10.1108/F-04-2014-0040.
- Gómez-García, Melchor, Agustín Lagúnez Domínguez, Myriam Esther Ortiz Padilla, y Ana Cristina Umaña Mata. 2023. «Tecnologías educativas y escenarios digitales. Tendencias en los posgrados universitarios». *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado* 26(1). doi:10.6018/reifop.545421.
- Grilo, Antonio, y Ricardo Jardim-Goncalves. 2013. «Cloud-Marketplaces: Distributed e-procurement for the AEC sector». *Advanced Engineering Informatics* 27(2). doi:10.1016/j.aei.2012.10.004.
- Grynshyna, Maryna, Tetiana Boiko, Mykola Boklan, Nina Husakova, y Artem Pozniak. 2023. «Comparative Analysis of Ways to Integrate Microsoft Teams, Zoom, Google Meet Into the Educational Process of Higher Education Institutions of Ukraine». *Journal of Higher Education Theory and Practice* 23(2). doi:10.33423/jhetp.v23i2.5806.
- Hofstede, Geert. 2011. «Dimensionalizando Culturas: El Modelo Hofstede en Contexto». *Lecturas en línea sobre Psicología y Cultura* 2(1): 8. doi:10.9707/2307-0919.1014.
- Huang, Songshan (Sam), y John Crotts. 2019. «Relationships between Hofstede's cultural dimensions and tourist satisfaction: A cross-country cross-sample examination». *Tourism Management* 72: 232-41. doi:10.1016/J.TOURMAN.2018.12.001.
- Joyanes, Luis. 2015. 1 Alfaomega *Sistemas de Información en la empresa. El impacto de la nube, la movilidad y los medios sociales*.
- Kivits, Robbert, y Sukanlaya Sawang. 2021. «Stakeholder Theory». En *Contributions to Management Science*, doi:10.1007/978-3-030-70428-5_1.
- Kovács Matínez, Pablo. 2018. «Industrial IoT: Internet de las cosas en el modelo de Industria 4.0». *Universidad de Sevilla*.
- Law, Mei Yuan, y Mei Yuan Law. 2021. «Student's Attitude and Satisfaction towards Transformative Learning: A Research Study on Emergency Remote Learning in Tertiary Education». *Creative Education* 12(3): 494-528. doi:10.4236/CE.2021.123035.
- Lester, Eur Ing Albert. 2017. «Chartered quantity surveyors perspective on Building Information Modelling (BIM)». En *Project Management, Planning and Control*,.

- Madurez De Gestión Del Conocimiento En El Sector De La Construcción, Modelo DE, José Luis Ponz Tienda Co-Asesor, y Eugenio Pellicer Armiñana Beatriz Juliana Vanegas García. 2016. «Modelo de madurez de gestión del conocimiento en el sector de la construcción». <http://hdl.handle.net/1992/13872> (7 de marzo de 2025).
- Mancuso, Ilaria, Antonio Messeni Petruzzelli, y Umberto Panniello. 2024. «Industry 4.0 for AEC Sector: Impacts on Productivity and Sustainability». En *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, doi:10.1007/978-3-031-36922-3_3.
- Morado, María Florencia, y Stefany Ocampo Hernández. 2018. «Una experiencia de acompañamiento tecno-pedagógico para la construcción de entornos virtuales de aprendizaje en educación superior». *Revista Educación*. doi:10.15517/revedu.v43i1.28457.
- Munkvold, Bjørn Erik, y Ilze Zigurs. 2007. «Process and technology challenges in swift-starting virtual teams». *Information and Management* 44(3): 287-99. doi:10.1016/J.IM.2007.01.002.
- Presidencia del Ecuador. 2024. «Proforma del Presupuesto General del Estado 2024 Cifras de la Proforma del Presupuesto General del Estado 2024 Para conocimiento de la ciudadanía». https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/02/Presentacion-PROFORMA-2024_formato-ciudadano-vf.pdf (7 de marzo de 2025).
- Roy, Debopam, Sagar Malsane, y Pradeepta K. Samanta. 2018. «Identification of critical challenges for adoption of integrated project delivery». *Lean Construction Journal* 2018.
- Serrador, Pedro, y Jeffrey K. Pinto. 2015. «Does Agile work? - A quantitative analysis of agile project success». *International Journal of Project Management* 33(5): 1040-51. doi:10.1016/J.IJPROMAN.2015.01.006.
- Wang, Qiong, y Shaofeng Li. 2019. «Chapter 4. The relationship between task motivation and L2 motivation». : 67-92. doi:10.1075/TBLT.13.05WAN.
- Zhang, N, Z Sun, K Zhang, y L Xiao. 2021. «Aprendizaje incremental de detección de objetos con fusión de salidas de detectores expertos compactos». *2021 4.0 concurso internacional de*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9527693/> (7 de marzo de 2025).

ANEXOS

Anexo 1. Formulario: Evaluación de Herramientas Colaborativas en Proyectos de Construcción

Introducción:

Estimado/a profesional, este formulario tiene como objetivo conocer su experiencia con herramientas colaborativas en proyectos de construcción. Sus respuestas ayudarán a desarrollar una metodología para la selección de herramientas en un entorno híbrido de gestión de proyectos.

1. Datos generales

- Nombre (opcional): _____
- Carga: _____
- Años de experiencia en el sector:
 - ☐ Menos de 5 años
 - ☐ 5-10 años
 - ☐ Más de 10 años
- Tipo de proyectos en los que participa:
 - ☐ Residenciales
 - ☐ Industriales
 - ☐ Infraestructura
 - ☐ Otros: _____

2. Uso de Herramientas Colaborativas

- ¿Utiliza herramientas digitales para la gestión de proyectos?
 - ☐ Si
 - ☐ No
- Si respondió "Sí", ¿qué herramientas utilizan con más frecuencia? (puede seleccionar varias)
 - ☐ Monday.com
 - ☐ Revit
 - ☐ Trimble Connect
 - ☐ Procore
 - ☐ Herramientas Microsoft
 - ☐ Fieldwire
 - ☐ Otro: _____

3. Evaluación de Características

En una escala del 1 al 5 (1 = Muy bajo, 5 = Muy alto), califique qué tan importantes son las siguientes características al elegir una herramienta colaborativa:

- **Instalaciones de uso:** 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- **Compatibilidad con otras plataformas:** 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- **Gestión de documentos y modelos BIM:** 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- **Seguridad y control de accesorios:** 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- **Costo y licenciamiento:** 1 - 2 - 3 - 4 - 5

4. Fases del Proyecto y Herramientas

Para cada fase, seleccione qué herramientas considera más adecuadas:

- **Iniciación:** _____
- **Planificación:** _____
- **Diseño detallado:** _____
- **Puesta en Marcha:** _____

5. Comentarios adicionales

- ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta al usar herramientas colaborativas en sus proyectos? _____
- ¿Qué herramienta recomendaría y por qué? _____

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Madrid, 11 de marzo del 2025

Ph. D.

Priscila Valverde Armas

Coordinadora del Programa

Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Construcción y Saneamiento

En su Despacho

De mi consideración:

Yo, **Carlos Javier Pampliega García**, de nacionalidad **española**, portador del pasaporte No. **PAF529884**, en mi calidad de Tutor del Proyecto de Titulación correspondiente a la Maestría en **Ingeniería Civil con Mención en Construcción y Saneamiento**, V Cohorte, de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), certifico lo siguiente:

Con fecha **17/11/2024**, acepté la tutoría del estudiante José Luis Vargas Tingo con **número de identificación 0941633950** para el desarrollo del proyecto de titulación denominado: *“Desarrollo de herramientas colaborativas para la gestión de fases adaptativas en proyectos híbridos en arquitectura e ingeniería de Ecuador”*.

Certifico que este trabajo de titulación fue supervisado de manera continua durante todo su desarrollo, revisado en cada una de sus etapas y, finalmente, aprobado por mi persona en su versión final, entregada el día 11/03/2025.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado por PAMPLIEGA GARCIA CARLOS
JAVIER - ***6187** el día 11/03/2025
con un certificado emitido por AC FNMT
Usuarios

M.Sc. Carlos Javier Pampliega García

Tutor del Proyecto

Correo electrónico: **cjpampli@espol.edu.ec**