

Integración del ciclo de vida del proyecto (PMI) en el ciclo de vida del activo (ISO 55000):

Un marco metodológico para la optimización del ciclo de vida del activo

Rene Alexander Paredes Dorado

Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad del Valle, Cali

Nota del autor

Rene Alexander Paredes Dorado; Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad del Valle, Cali.

Este documento cuenta con la dirección de proyecto de tesis del Profesor Adolfo Gómez y del Doctor Luis Alberto Mora.

Trabajo de tesis para optar por el título de Magister en Gestión de Activos y Mantenimiento.

Cualquier mensaje con respecto a este trabajo debe ser enviado a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle, Cali, Colombia.

E-mail: rene.paredes@correounivalle.edu.co

Fecha de publicación: 21 de agosto de 2025

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo explorar la integración entre el ciclo de vida del proyecto, bajo los lineamientos del *Project Management Institute* (PMI) ¹, y el ciclo de vida del activo, según los estándares de la norma ISO 55000². Se estudia cómo una integración efectiva de ambos enfoques puede mejorar la toma de decisiones y la gestión eficiente de los activos a lo largo de su vida útil.

El estudio parte de una revisión conceptual de ambas metodologías, estableciendo puntos de convergencia y divergencia entre el ciclo de vida del proyecto y el ciclo de vida del activo, analizando las fases clave, los procesos y sus respectivos entregables.

Los resultados esperados incluyen una metodología con directrices prácticas para la implementación conjunta de los principios del PMI y la ISO 55000, este trabajo busca contribuir al desarrollo de estrategias que apunten a un mejor desempeño de los activos a largo plazo.

Esta investigación contribuye tanto al ámbito académico como práctico al proponer un marco para integrar los ciclos de vida del proyecto y del activo, fomentando un enfoque que cierra la brecha entre la entrega de proyectos y la gestión de activos. Los resultados esperan beneficiar a organizaciones que buscan mejorar la alineación entre sus prácticas de gestión de activos y de proyectos, lo que conducirá a una mayor eficiencia operativa, reducción de costos a lo largo del ciclo de vida y un incremento en el valor para los interesados.

Palabras clave: Ciclo de Vida del Proyecto, Ciclo de Vida del Activo, PMI (*Project management institute*), ISO 55000, Integración.

¹ *Project Management Institute* - <https://www.pmi.org/>

² *International Organization for standardization* - <https://www.iso.org/>

Abstract

This research aims to explore the integration between the project life cycle, under the guidelines of the Project Management Institute (PMI), and the asset life cycle, according to the ISO 55000 standards. It studies how an effective integration of both approaches can improve decision-making and the efficient management of assets throughout their useful lives.

The study begins with a conceptual review of both methodologies, establishing points of convergence and divergence between the project life cycle and the asset life cycle, analyzing key phases, processes, and their respective deliverables.

The expected results include a methodology with practical guidelines for the joint implementation of PMI principles and ISO 55000. This work seeks to contribute to the development of strategies aimed at improved long-term asset performance. This research contributes to both academic and practical fields by proposing a framework for integrating project and asset lifecycles, fostering an approach that bridges the gap between project delivery and asset management. The results are expected to benefit organizations seeking to improve alignment between their asset and project management practices, leading to greater operational efficiency, reduced lifecycle costs, and increased stakeholder value.

Keywords: Project Lifecycle, Asset Lifecycle, PMI (Project Management Institute), ISO 55000, Integration.

Tabla de contenido

Resumen	2
Abstract	3
Índice de Ilustraciones	7
Índice de Tablas	8
Glosario	9
Introducción y Contexto Operacional	13
Planteamiento del problema	15
Justificación	17
Objetivos	19
General	19
Específicos	20
UNO -	20
Relatar criterios, fundamentos y fases del ciclo de vida del proyecto y su relación con las fases del ciclo de vida del activo.	20
DOS -	20
Esquematizar herramientas y técnicas de gestión de proyectos que puedan aplicarse en la gestión de activos.	20
TRES -	20
Establecer los criterios más acertados, para la toma de decisiones en cada fase del ciclo de vida del proyecto y del activo.	20
CUATRO -	21
Identificar recomendaciones prácticas, para la implementación del marco metodológico propuesto.	21
CINCO – Preparar un documento que sirva como guía para el proceso de implementación.	21
SEIS – Conclusiones.	21
Marco teórico	22
Antecedentes de la investigación o del proyecto	25
Estado del arte	27
Marco metodológico	31
Fases y/o Etapas del desarrollo	31
OBJETIVO UNO - Relatar los criterios, fundamentos y fases del ciclo de vida de un proyecto (PMI) y su relación con las distintas etapas del ciclo de vida de un activo – Serie de Normas ISO 55000	31
Ciclo de Vida del Proyecto Impulsado por el Plan	32
Ciclo de Vida del Proyecto Impulsado por el Cambio.....	32
Ciclo de vida con Enfoque de Desarrollo Híbrido	33
Ciclo de vida predictivo	33
Ciclo de vida iterativo	33
Ciclo de vida incremental.....	34
Ciclo de vida del proyecto Predictivo	37
Inicio	37
Planificación	39
Ejecución	41
Monitoreo y control	44
Cierre	45
Historia de la creación de las normas alusivas al ciclo de vida del activo.....	47
Textos alusivos al ciclo de vida del activo en las normas de la familia ISO 55000	51
Establecimiento de procesos del ciclo de vida del activo apoyado en las normas	57
Concepto y definición	58
Diseño y desarrollo	58
Fabricación	59

Instalación.....	59
Operación, mantenimiento y modernización	59
Retirada.....	60
Integración entre metodologías	60
Inicio del Proyecto (PMI) con Concepto y Definición del Activo (ISO 55000)	60
Planificación del Proyecto (PMI) con Diseño y Desarrollo del Activo (ISO 55000).....	61
Ejecución del Proyecto, monitoreo y control y cierre del proyecto (PMI) y	
Fabricación/Instalación del Activo (ISO 55000)	61
Operación, Mantenimiento y Modernización del Activo (ISO 55000)	62
Convergencias entre metodologías	65
Sinergias entre metodologías	67
Diferencias entre metodologías	69
Integración del ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo	71
OBJETIVO DOS - Esquematizar herramientas y técnicas de gestión de	
proyectos que puedan aplicarse en la gestión de activos.	72
Fase de Inicio	73
Análisis de Viabilidad	73
Formato del acta de constitución del proyecto	77
Identificación de Interesados Clave	79
Recolectar información histórica, de los procesos y procedimientos referentes al proyecto en	
fase de inicio	81
Planificación	83
Análisis de Requisitos y Alcance	83
Enunciado del Alcance del Proyecto	84
Gestión de Riesgos	85
Análisis de Ciclo de Vida del Activo (LCC - Life Cycle Cost).	93
Fabricación – instalación	95
Pruebas de fábrica (FAT- Factory Acceptance Test).....	97
Pruebas en sitio (SAT- Site Acceptance Test)	98
Puesta en Marcha	99
Monitoreo y control	99
Gestión de Cambios	100
Auditorías de Valor Agregado	102
Cierre	103
Documento de lecciones aprendidas.....	103
OBJETIVO TRES - Establecer los criterios más acertados, para la toma de	
decisiones en cada fase del ciclo de vida del proyecto y del activo	105
Fase de Inicio (PMI) / Concepto y definición (ISO 55000)	105
Fase de planificación (PMI) / Diseño y desarrollo (ISO 55000)	106
Fase de ejecución, monitoreo y control, y Cierre (PMI) / Fabricación e instalación (ISO 55000)	
.....	106
Fase de operación y Mantenimiento (ISO 55000)	108
Fase de desmantelamiento.....	109
OBJETIVO CUATRO - Identificar recomendaciones prácticas, para la	
implementación del marco metodológico propuesto.	111
Alineación Estratégica y Compromiso de la Alta Dirección	111
Capacitar a los equipos en Competencias Transversales	111
Selección y adaptación de herramientas y técnicas	112
Gestión Integral de Riesgos y Oportunidades	112
Documentación y Lecciones Aprendidas	112
Participación de Expertos y Grupos de Interés	113
Monitoreo, Control y Mejora Continua	113
Gestión del Cambio Organizacional	113
Auditorías de Integración Post-Proyecto	114

Guía y Soporte Metodológico	115
OBJETIVO CINCO – Preparar un documento, con el fin de que sea utilizado como guía para el proceso de implementación a futuro.....	115
Guía práctica para la integración del ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo.....	115
Concepto y Definición	115
Fabricación e instalación.....	118
OBJETIVO SEIS – Conclusiones. Presentar los principales resultados obtenidos en cuanto a aspectos técnicos, sectorial, empresariales, científicos y académicos.....	123
Conclusiones técnicas	123
Conclusiones sectoriales	125
Conclusiones empresariales	126
Conclusiones científicas y académicas	128
DESCRIPCIÓN DE CÓMO SE ALCANZA EL LOGRO DE OBJETIVOS	130
UNO: Relatar criterios, fundamentos y fases del ciclo de vida del proyecto y su relación con las fases del ciclo de vida del activo	130
DOS: Esquematizar herramientas y técnicas de gestión de proyectos que puedan aplicarse en la gestión de activos.....	131
TRES -	131
Establecer los criterios más acertados, para la toma de decisiones en cada fase del ciclo de vida del proyecto y del activo.....	131
CUATRO -	131
Identificar recomendaciones prácticas, para la implementación del marco metodológico propuesto.....	131
CINCO – Preparar un documento que sirva como guía para el proceso de implementación.....	132
SEIS – Conclusiones. Presentar los principales resultados obtenidos en cuanto a aspectos técnicos, sectorial, empresariales, científicos y académicos.....	132
Resultados más relevantes.....	133
Bibliografía.....	134

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1	Jerarquía taxonómica de los objetivos	19
Ilustración 2	Ejemplos de variaciones del ciclo de vida del activo	57
Ilustración 3	Procesos a nivel de sistemas de activos.....	58
Ilustración 4	Ciclo de vida del proyecto.....	71
Ilustración 5	Ciclo de vida del activo	71
Ilustración 6	Integración de ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo	72
Ilustración 7	Ejemplo de matriz de interesados.....	80
Ilustración 8	Esquema del costo de ciclo de vida del activo (LCC).....	95
Ilustración 9	Flujo de la gestión del cambio.....	101
Ilustración 10	Formato modelo para registro de lecciones aprendidas.....	104

Índice de Tablas

Tabla 1	Resumen de ciclos de vida de proyectos y ejemplos.....	36
Tabla 2	Procesos de la fase de inicio	37
Tabla 3	Procesos de la fase de planificación.....	39
Tabla 4	Procesos de la fase de ejecución	42
Tabla 5	Procesos de la fase de monitoreo y control	44
Tabla 6	Procesos de la fase de Cierre	46
Tabla 7	Orden cronológico de las normas que aplican al ciclo de vida del activo.....	49
Tabla 8	Impactos y Beneficios de la integración de los ciclos de vida	64
Tabla 9	Convergencias entre las metodologías.....	66
Tabla 10	Sinergias entre las metodologías	68
Tabla 11	Diferencias entre las metodologías.....	70
Tabla 12	Tipos de evaluaciones de Viabilidad.....	74
Tabla 13	Técnicas de análisis de riesgos de la ISO 31010	86
Tabla 14	Modelos de ejecución de proyectos.....	96
Tabla 15	Integración de ciclos de vida con criterios y herramientas recomendadas....	109
Tabla 16	Caracterización para documento guía de integración.....	122

Glosario

Activo: recurso que tiene valor potencial o real para una organización, puede ser físico, financiero, humano o intangible, y es gestionado a lo largo de su ciclo de vida.

Alcance: conjunto de los trabajos requeridos para completar un proyecto, incluyendo entregables, límites, y criterios de aceptación.

Adaptativo: enfoque de ciclo de vida del proyecto en el que el alcance se desarrolla progresivamente en respuesta al cambio y la retroalimentación continua.

Bases del conocimiento: documentación recopilada de lecciones aprendidas y experiencias previas, usada para mejorar la toma de decisiones en proyectos futuros.

Beneficio: valor tangible o intangible que se espera obtener como resultado de un proyecto o de la operación de un activo.

Cambio organizacional: transformaciones que afectan estructuras, procesos o cultura de una organización, y que requieren gestión estructurada en proyectos y activos.

Ciclo de vida del activo: conjunto de fases que un activo atraviesa desde su concepción hasta su retiro, incluyendo diseño, adquisición, operación, mantenimiento y disposición final.

Ciclo de vida del proyecto: secuencia de fases (inicio, planificación, ejecución, monitoreo/control y cierre) que estructura la gestión de un proyecto.

Costos del ciclo de vida (LCC): estimación total de los costos incurridos por un activo durante todas sus fases de vida.

Desempeño: nivel de funcionamiento de un proyecto o activo con relación a los objetivos planificados, considerando criterios como calidad, tiempo, costos y valor.

Desmantelamiento: fase final del ciclo de vida del activo en la que se retira el activo del servicio, gestionando su disposición o reemplazo.

EDT (Estructura de Desglose del Trabajo): herramienta de planificación que descompone jerárquicamente el alcance del proyecto en componentes manejables.

Ejecución: fase del ciclo de vida del proyecto donde se desarrollan y entregan los productos o servicios según el plan aprobado.

Entregable: resultado tangible o intangible que debe producirse y entregarse durante o al final de un proyecto.

Fabricación: etapa en el ciclo de vida del activo en la que se construye o ensambla el activo físico conforme al diseño técnico.

FAT (Factory Acceptance Test): prueba de aceptación en fábrica que verifica el cumplimiento técnico del activo antes de su entrega e instalación.

Gestión de activos: actividad coordinada de una organización para obtener valor a partir de sus activos, equilibrando riesgos, costos y desempeño.

Gestión de proyectos: aplicación de conocimientos, habilidades y técnicas para cumplir con los objetivos del proyecto dentro de restricciones específicas.

Híbrido: enfoque de ciclo de vida del proyecto que combina elementos de metodologías predictivas y adaptativas, ajustándose a contextos complejos.

Historial del proyecto: información documentada de procesos, decisiones, riesgos y lecciones aprendidas que permite mejorar futuras gestiones.

Inicio: primera fase del proyecto, donde se define su propósito, se identifican los interesados, se evalúa viabilidad y se aprueba formalmente.

Interesado: persona, grupo u organización que puede afectar, verse afectado o percibirse afectado por el proyecto o el activo.

ISO 55000: conjunto de normas internacionales que establecen principios y requisitos para la gestión de activos físicos.

Justificación: explicación o argumentación que respalda la necesidad y pertinencia de un proyecto o metodología, especialmente desde perspectivas técnica, económica o estratégica.

KPIs (Key Performance Indicators): indicadores clave de desempeño que permiten medir el avance y cumplimiento de objetivos en proyectos o gestión de activos.

Lecciones aprendidas: conjunto de conocimientos adquiridos durante la ejecución de un proyecto que se documentan para mejorar futuros proyectos.

Liderazgo: capacidad de guiar, motivar y coordinar al equipo del proyecto o al equipo de activos hacia el logro de objetivos estratégicos.

Mantenimiento: conjunto de actividades técnicas y administrativas destinadas a conservar o restablecer el funcionamiento de un activo.

Marco metodológico: estructura organizada de principios, procesos y herramientas que guían la integración de metodologías de gestión.

Norma: documento técnico aprobado por una entidad de normalización, como ISO, que establece directrices, requisitos o especificaciones para una práctica estándar.

Operación: fase del ciclo de vida del activo en la que este cumple su función prevista, generando valor mediante su uso efectivo.

Oportunidad: circunstancia que, si se gestiona adecuadamente, puede contribuir positivamente al cumplimiento de los objetivos del proyecto o del activo.

Planificación: fase del proyecto en la que se definen el alcance, cronograma, presupuesto, riesgos, adquisiciones, comunicaciones y calidad.

PMBOK: guía del cuerpo de conocimientos en dirección de proyectos publicada por el PMI, que agrupa buenas prácticas para la gestión eficiente.

PMI (Project Management Institute): organización internacional que promueve estándares, certificaciones y conocimiento en dirección de proyectos.

Calidad: grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos establecidos.

Riesgo: efecto de la incertidumbre sobre los objetivos (International Organization for Standardization (ISO), 2018), que, si ocurre, puede tener un impacto positivo o negativo en los objetivos del proyecto o del activo.

Retiro: fase final del activo en la que se retira del servicio por obsolescencia, fallas o renovación estratégica.

SAT (Site Acceptance Test): prueba de aceptación en sitio que verifica que el activo instalado cumple con los requisitos antes de su puesta en operación.

Sostenibilidad: capacidad de un activo o proyecto para generar valor a largo plazo considerando impactos económicos, sociales y ambientales.

Trazabilidad: capacidad de seguir el historial, la aplicación o la localización de un activo, proceso o decisión a lo largo de su ciclo de vida.

Utilidad: capacidad del proyecto o activo para satisfacer una necesidad, generar valor o cumplir un propósito específico para la organización.

Valor: resultado percibido como beneficioso por los interesados. En gestión de activos y proyectos, está relacionado con el logro de objetivos estratégicos con eficiencia.

Viabilidad: grado en que un proyecto o activo puede ser llevado a cabo con éxito dadas las condiciones técnicas, económicas, legales y organizacionales.

Introducción y Contexto Operacional

Las organizaciones enfrentan el desafío de gestionar de manera eficiente y sostenible en el tiempo todos sus activos, los cuales son fundamentales para el logro de sus objetivos estratégicos, la ejecución de proyectos desempeña un rol clave en la creación y actualización de dichos activos, sin embargo, es posible evidenciar que existe una brecha entre la gestión de proyectos, la cual se apoya en las recomendaciones del *Project Management Institute* (PMI), y la gestión de activos, estructurada bajo los lineamientos de la serie de normas ISO 55000.

Esta desconexión dificulta una alineación efectiva entre los objetivos a largo plazo de los activos y por ende del proyecto. Como resultado, se generan desafíos por vencer como el uso inadecuado de los recursos, el incremento de costos operativos y de mantenimiento, y la disminución del valor del activo a lo largo de su vida útil.

La situación plantea la necesidad del desarrollo de un marco metodológico para la integración del ciclo de vida del proyecto³ (según PMI) en el ciclo de vida del activo⁴ (según ISO 55000). El enfoque posibilita la gestión coordinada y eficiente, orientada a la maximización del valor aportado por los activos desde el inicio y durante toda su vida útil.

El estándar del PMI proporciona una estructura robusta que abarca todas las fases del ciclo de vida del proyecto: inicio, planificación, ejecución, monitoreo/control y cierre. Por su parte, la serie de normas ISO 55000 aseguran una gestión óptima de los activos a lo largo de su ciclo de vida, desde su concepción, diseño y adquisición hasta su operación, mantenimiento y disposición final.

La alineación entre ambos enfoques no solo ofrece un marco integral, sino que también genera eficiencias operativas desde la etapa inicial para el ciclo de vida del activo.

³ Ciclo de vida del proyecto cascada– PMBOK 6

⁴ Ciclo de vida del activo – Familia de normas ISO 55000

Planteamiento del problema

Es muy común en las organizaciones, que la gestión de proyectos y la gestión de activos se desarrollen y se gestionen de forma independiente (Institute of Asset Management, 2015), lo que genera limitaciones en la eficiencia global del sistema y su capacidad para generar valor sostenible.

Esta separación entre la gestión de proyectos y la gestión de activos en las organizaciones responde, en muchos casos, a la estructura y funciones tradicionales de los departamentos o unidades de negocio. Por un lado, los equipos de gestión de proyectos, guiados o no, por metodologías del PMI, se enfocan en entregar los proyectos dentro de los parámetros de tiempo, costo y alcance. Por otro lado, los equipos de gestión de activos, basados o no en los estándares de la serie ISO 55000, se centran en el ciclo de vida y el rendimiento continuo de los activos para apoyar los objetivos estratégicos de la organización.

Sin embargo, esta gestión independiente puede dar lugar a problemas importantes como la falta de visibilidad compartida donde los objetivos del proyecto en el corto plazo pueden no alinearse con los objetivos estratégicos y de ciclo de vida de los activos a largo plazo (International Organization for Standardization (ISO), 2014).

La desconexión normalmente genera desperdicio de recursos valiosos, provoca sobrecostos y ocasiona inversiones redundantes, especialmente durante etapas críticas como la adquisición, así como en fases posteriores de operación y mantenimiento del activo.

Los activos que se desarrollan o se adquieren en el marco de un proyecto pueden no cumplir con los requisitos de desempeño esperado en las fases de operación y mantenimiento, generando un menor retorno sobre la inversión o un desgaste prematuro, lo que redundaría en un menor valor estratégico.

Al no considerar de manera integrada los costos futuros de la operación y el mantenimiento durante la fase de planificación del proyecto, se presentan en las organizaciones mayores gastos en etapas posteriores.

La integración entre el PMI y la ISO 55000 permite superar lo mencionado en párrafos anteriores, combinando las fortalezas de ambos enfoques. Integrar el ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo implica adoptar una perspectiva más amplia y estratégica desde su la etapa inicial del ciclo de vida del activo. Considerar no solo los objetivos inmediatos del proyecto, sino también las necesidades futuras relacionadas con la operación, el mantenimiento y la disposición final del activo.

Implementar estrategias de colaboración interdepartamental que fomenten la toma de decisiones informadas y basadas en datos entre los responsables de proyectos y los gestores de activos. Introducir métricas de desempeño que evalúen tanto el éxito del proyecto como el rendimiento del activo en el tiempo.

El desarrollo de un marco metodológico que integre la gestión de proyectos en la gestión de activos representa una oportunidad para maximizar el valor generado por los activos a lo largo de su ciclo de vida, esta integración promueve la evolución hacia sistemas organizacionales más cohesionados, eficientes y sostenibles, lo cual constituye un factor transformador para las organizaciones.

Justificación

Para las organizaciones la estrategia para gestionar los activos representa un componente esencial para alcanzar una generación de valor sostenible. La necesidad de establecer un marco metodológico que integre el ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo surge como una respuesta a los retos sistémicos de alineación estratégica, eficiencia y sostenibilidad; esta integración permite enlazar todas las fases del proyecto en las fases del ciclo de vida, asegurando una trazabilidad técnica y financiera que respalde la toma de decisiones para el activo en cualquiera de sus fases.

Un marco metodológico integrador proporciona herramientas y lineamientos para que los proyectos se diseñen no solo para cumplir con los entregables iniciales, sino también para optimizar el desempeño a largo plazo de los activos. Esto incluye la consideración de los costos del ciclo de vida, la alineación con las necesidades del negocio, la gestión de riesgos, la mantenibilidad, la fiabilidad y la sostenibilidad

Además, la integración metodológica permite anticipar y mitigar barreras culturales y estructurales entre las distintas áreas de una organización, promoviendo una visión transversal del valor del activo desde su concepción. Esto es coherente con los principios de mejora continua, gobernanza y liderazgo promovidos tanto por el PMI como por ISO 55000.

Justificar la necesidad de integrar el ciclo de vida del proyecto dentro del ciclo de vida del activo mediante un marco metodológico no solo responde a una exigencia técnica y normativa, sino que representa una oportunidad para transformar la manera en que las organizaciones planifican, ejecutan y sostienen sus activos a largo plazo.

Desde el punto de vista económico es posible encontrar la reducción de costos operativos y de mantenimiento, pues al alinear los objetivos del proyecto con el ciclo de vida del activo, se pueden identificar y minimizar desde el inicio del ciclo de vida del activo los costos asociados con operaciones ineficientes y actividades de mantenimiento no planificadas. Esto asegura un menor

gasto en la fase de operación y mantenimiento (*International Organization for Standardization (ISO), 2017*).

Al aplicar principios del ciclo de vida del activo desde la fase de planificación del proyecto, se garantiza que los activos entregados generen el mayor valor posible para la organización, tanto en términos económicos como operativos, lo que incrementa el ROI⁵.

Una gestión integrada bajo el marco metodológico asegura que los recursos asignados al proyecto sean utilizados de manera óptima y con una visión de largo plazo, evitando sobre costos en fases posteriores, como reemplazos tempranos o adquisiciones innecesarias.

La evaluación conjunta de riesgos tanto para el proyecto como para el activo permite prever problemas financieros como fallos prematuros del activo o la incapacidad de cumplir con estándares operativos, reduciendo así el impacto económico no deseado.

A largo plazo, esta integración no solo asegura el éxito de los proyectos, sino que también garantiza que los activos resultantes sean sostenibles y generen valor continuo.

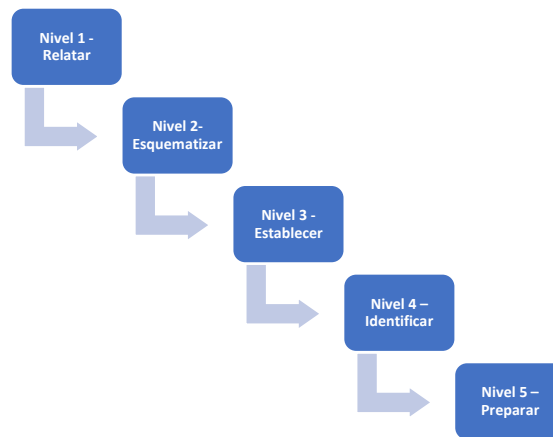
⁵ ROI: *Return on investment*: en español se traduce como retorno sobre la inversión

Objetivos

La estructura y la secuencia lógica de los objetivos establecidos usan el modelo de Bloom, Garret-Briggs y Gagné⁶ con taxonomía jerárquica, donde como se observa en la Ilustración 1, se asume que el aprendizaje a niveles superiores depende de la adquisición de habilidades en niveles inferiores, promoviendo un enfoque holístico en el proceso de educativo.

Ilustración 1

Jerarquía taxonómica de los objetivos



Nota. Secuencia lógica, niveles y relación de objetivos del proyecto. Imagen Propia

La metodología utilizada para la estructuración de los objetivos facilita al lector identificar la secuencia de los conceptos revisados en el presente trabajo y una mejor comprensión y articulación de estos.

General

Integrar el ciclo de vida del proyecto (PMI) en el ciclo de vida del activo (ISO 55000) para la maximización de valor desde el inicio del ciclo de vida del activo y la sostenibilidad a lo largo de su vida útil, mediante el desarrollo de un marco metodológico que permita optimizar la gestión

⁶ Benjamín Bloom, Robert Gagné, psicólogos norteamericanos destacados por sus publicaciones en el área de aprendizaje

de activos, asegurando la alineación estratégica de las organizaciones que apliquen esta metodología propuesta.

Específicos

Se describen de forma secuencial, con el fin de comprender mejor la dimensión del alcance del proyecto.

UNO - Relatar criterios, fundamentos y fases del ciclo de vida del proyecto y su relación con las fases del ciclo de vida del activo.

Relatar los criterios, fundamentos y fases del ciclo de vida de un proyecto (PMI) y su relación con las distintas etapas del ciclo de vida de un activo – Serie de Normas ISO 55000, identificando puntos de integración, convergencias, sinergias y diferencias, con el fin de agregar valor desde los inicios del ciclo de vida del activo. Nivel 1 – Conocimiento Escala de Benjamín Bloom y Robert Gagné.

DOS - Esquematizar herramientas y técnicas de gestión de proyectos que puedan aplicarse en la gestión de activos.

Esquematizar herramientas y técnicas de gestión de proyectos que puedan aplicarse en la gestión de activos (ISO 55000) para mejorar la planificación, ejecución, monitoreo y cierre de proyectos relacionados con los activos, con el fin de alinearlas con los objetivos de la gestión de activos y procurar la generación de valor, desde el proyecto hacia el activo en el largo plazo. Nivel 2 - Comprensión de la Escala de Benjamín Bloom y Robert Gagné.

TRES - Establecer los criterios más acertados, para la toma de decisiones en cada fase del ciclo de vida del proyecto y del activo.

Establecer los criterios más acertados, para la toma de decisiones en cada fase del ciclo de vida del proyecto y del activo, considerando aspectos como costos, riesgos, rendimiento, seguridad, satisfacción del cliente y sostenibilidad; esto con el fin de optimizar los recursos y mejorar la rentabilidad. Nivel 3 - Aplicación de la Escala de Benjamín Bloom y Robert Gagné.

CUATRO - Identificar recomendaciones prácticas, para la implementación del marco metodológico propuesto.

Identificar recomendaciones prácticas, para la implementación del marco metodológico propuesto, considerando casos de estudio, juicio de expertos y buenas prácticas en la gestión de proyectos y activos, para que se optimicen los procesos de integración de ambas áreas y se logre una gestión de activos con la máxima eficacia. Nivel 4 - Análisis de la Escala de Benjamín Bloom y Robert Gagné.

CINCO – Preparar un documento que sirva como guía para el proceso de implementación.

Preparar un documento, con el fin de que sea utilizado como guía para el proceso de implementación a futuro de esta metodología, para ampliar la cultura organizacional y generar valor. Nivel 5 - Sintetizar - Escala de Bloom & Gagné

SEIS – Conclusiones. Presentar los principales resultados obtenidos en cuanto a aspectos técnicos, académicos y empresariales

Marco teórico

El ciclo de vida del proyecto y el ciclo de vida del activo, tradicionalmente han sido tratados como procesos independientes dentro de las organizaciones, por lo anterior es necesario tener en cuenta que la creciente necesidad de optimizar costos, mejorar la sostenibilidad y maximizar el valor de los activos ha impulsado la búsqueda de metodologías que permitan su integración.

Definición y principios de la gestión de activos: según la ISO 55000 (International Organization for Standardization (ISO), 2014), la gestión de activos es la actividad coordinada de una organización para generar valor a partir de sus activos. Este enfoque busca equilibrar costos, oportunidades y riesgos en el ciclo de vida del activo para lograr los objetivos estratégicos de la organización.

El ciclo de vida del activo abarca las etapas abarca todas las etapas desde la creación del activo hasta el fin de la vida del activo ISO 55001 (International Organization for Standardization (ISO), 2014).

Las normativas y estándares relacionados con el ciclo de vida del activo más usadas son:

ISO 55000: marco global de gestión de activos, Normas ISO 55000,55001,55002

PAS 55: predecesor de ISO 55000, Instituto Británico de Normas (BSI). (British Standards Institution (BSI), 2008)

UNE-EN 16646: Mantenimiento. Mantenimiento en la gestión de los activos físicos (Asociación española de normalización (UNE), 2015), la cual trata de la aplicación de la gestión de mantenimiento en la gestión de activos.

Definición y principios de la gestión de proyectos: El *Project Management Institute* (Project management institute, 2021) define un proyecto como un esfuerzo temporal realizado para crear un producto, servicio o resultado único. La gestión de proyectos se basa en procesos estructurados que garantizan el cumplimiento de los objetivos dentro de restricciones de tiempo, costo, alcance, calidad, servicio al cliente, riesgos y recursos (Mulcahy, 2020).

El PMBOK 6 (Project management institute, 2017) estructura la gestión de proyectos en cinco fases, las cuales son:

Inicio, es la fase donde se realiza la definición del proyecto y se obtiene la aprobación de los patrocinadores (sponsors⁷).

Planificación, es la fase en donde se realiza el desarrollo del plan detallado para el proyecto y se establecen las líneas base del proyecto

Ejecución, es la fase en donde se ejecuta como tal las líneas base establecidas en la fase de planificación.

Monitoreo y Control, es la fase donde se realiza el seguimiento del desempeño con respecto a las líneas base y se realizan los ajustes si son del caso.

Cierre, es la fase donde se hace la finalización del proyecto, la entrega de resultados y se documentan las lecciones aprendidas⁸. (Project management institute, 2021)

Marcos de Referencia Complementarios

El estándar para la dirección de proyectos y guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK 7) (Project management institute, 2021)

Rita Mulcahy - Preparación para el Examen PMP® (Mulcahy, 2020)

En la integración del ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo se debe tener en cuenta que el ciclo de vida del proyecto es un subconjunto dentro del ciclo de vida del activo, y que la falta de alineación entre estos ciclos genera impactos negativos en la rentabilidad y sostenibilidad del activo.

El modelo de integración propuesto en esta investigación se basa en un enfoque apoyado en la gestión por procesos que se encuentran estipulados en las normas ISO 55000 y en el

⁷ Se refiere a la persona o grupo que provee el apoyo y los recursos necesarios para que el proyecto tenga éxito.

⁸ Es el conocimiento documentado y adquirido durante un proyecto, que surge de la identificación de éxitos y errores, y que tiene el propósito de mejorar el desempeño de futuros proyectos

PMBOK 7 bajo el enfoque de principio de gestión y dominio de desempeño, complementando el ciclo de vida del proyecto de la metodología predictiva o en cascada, la cual se encuentra mejor descrita en el PMBOK 6 (Project management institute, 2017) bajo este enfoque se definen los flujos de trabajo que permiten la interconexión de ambos marcos metodológicos.

Existen desafíos para la implementación en las empresas pues existen organizaciones donde los silos departamentales dificultan la integración, adicionalmente los proyectos suelen gestionarse sin considerar el impacto en el ciclo de vida del activo.

Antecedentes de la investigación o del proyecto

Un plan de gestión de activos es estratégico y táctico el cual busca gestionar la infraestructura y los activos de una organización para cumplir con los estándares de servicio requeridos. Este plan abarca la descripción de los activos, la definición de estándares de servicio, el rendimiento, los costos, beneficios y mejoras potenciales.

La implementación de este plan asegura que los activos se gestionen de manera eficiente durante todo su ciclo de vida, integrando desde la fase inicial aspectos clave que permitan generar mayor valor de los activos.

Como se ha mencionado anteriormente existen brechas marcadas en las organizaciones que imposibilitan el correcto ejercicio del ciclo de vida del activo, se reconoce que la gestión de proyectos y la gestión de activos deben estar alineadas para asegurar que las decisiones sobre los activos sean coherentes desde la creación.

La gestión de activos, como se describe en la ISO 55000, aboga por la optimización del ciclo de vida del activo a través de un enfoque sistemático y estratégico, que puede beneficiarse al integrarse en este ciclo la gestión de proyectos del PMI.

La falta de involucrar la gestión de proyectos en el ciclo de vida del activo conduce a una gestión ineficiente y a un aumento de los costos de operación y mantenimiento, como se observa en muchos sectores industriales y de infraestructura. (Equipo de Investigación y Desarrollo de Ellmann, 2017)

En el sector de servicios públicos como el gas, la energía eléctrica y el agua, es posible mostrar que la integración de la gestión de proyectos y la gestión de activos ha permitido optimizar los costos operativos y mejorar la fiabilidad de los activos.

La implementación de las normas de la familia ISO 55000 puede ser un facilitador para una integración exitosa entre gestión de activos y gestión de proyectos, asegurando que la infraestructura gestionada sea capaz de satisfacer las necesidades futuras.

Los antecedentes mencionados proporcionan un panorama de la relevancia de la integración del ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo, para mejorar el rendimiento organizacional, reducir riesgos, maximizar el valor y asegurar la sostenibilidad a largo plazo.

Esta integración, respaldada por las normas internacionales como ISO 55000 y la metodología del PMI, es esencial para la optimización del ciclo de vida de los activos.

Estado del arte

La gestión eficiente de activos y proyectos es fundamental para las organizaciones que buscan generar el mayor posible de sus inversiones y la sostenibilidad de estas. La integración del ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo representa una estrategia clave para lograr este objetivo.

La gestión de activos según las normas de la familia ISO 55000, establecen un marco para la gestión de activos que abarca desde la planificación hasta la disposición final, con el objetivo de optimizar el valor durante todo el ciclo de vida del activo. Esta norma es aplicable a diversos tipos de activos, incluyendo físicos, financieros, humanos e intangibles. Su enfoque se centra en la alineación de la gestión de activos con los objetivos estratégicos de la organización, promoviendo una toma de decisiones informada y basada en riesgos. La implementación de las normas de la familia ISO 55000 ha demostrado beneficios significativos en sectores como la energía, transporte y manufactura, mejorando la eficiencia operativa y la rentabilidad. (Faulkner, 2015)

El PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), es un libro desarrollado por el *Project Management Institute* (PMI), el cual es una guía reconocida internacionalmente que define estándares y mejores prácticas para la gestión de proyectos. Aunque actualmente está vigente el PMBOK 7, la metodología predictiva o cascada esta mejor descrita en el PMBOK 6 donde se estructura un proyecto en cinco grupos de procesos, los cuales son: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre. Además, abarca diez áreas de conocimiento, incluyendo la gestión de integración, alcance, tiempo, costo, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados. La aplicación del PMBOK permite a las organizaciones gestionar proyectos de manera eficiente, asegurando el cumplimiento de los objetivos en términos de tiempo, costo y calidad.

La integración del ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo implica coordinar las fases del proyecto (inicio, planificación, ejecución, monitoreo y cierre) con las fases del ciclo de vida del activo. Esta integración busca asegurar que los proyectos no solo se completen exitosamente, sino que también contribuyan al valor a largo plazo del activo. Por ejemplo, durante la fase de planificación del proyecto, es muy determinante considerar los costos de operación y mantenimiento futuros del activo para evitar decisiones que puedan comprometer su sostenibilidad.

Entre los beneficios de esta integración se encuentran la optimización de recursos, mejora en la toma de decisiones, alineación estratégica y un aumento de la eficiencia operativa. Sin embargo, como ya se ha mencionado existen desafíos tal como la necesidad de una cultura organizacional que apoye la colaboración entre equipos de proyectos y de gestión de activos, la adaptación de procesos y sistemas, y la gestión del cambio.

En algunas empresas del sector manufacturero, se ha documentado que el tiempo de inactividad promedio por fallas en equipos asciende a 800 horas anuales, con un determinado costo de reparación. Estas pérdidas suelen estar vinculadas a mayor gestión del mantenimiento preventivo y correctivo durante la operación del activo. Ocasionado por decisiones basadas únicamente en minimizar costos iniciales (como comprar equipos más baratos sin considerar su mantenibilidad) lo que resulta en gastos operativos no contemplados y una reducción significativa en los ingresos proyectados (SEAM Group, s.f.).

En Argentina el segundo acueducto Jorge Carstens, que fue construido en 1999 para mejorar el suministro de agua en Comodoro Rivadavia y Caleta Olivia, presentó fallas prematuras debido a una planificación deficiente en las fases de iniciales del ciclo de vida del activo que no consideró la protección catódica necesaria frente a la salinidad del suelo, por esta causa, el acueducto sufrió roturas frecuentes en su tuberías, afectando su operación y generando sobrecostos en mantenimiento, y con un suministro intermitente de agua potable (Figuerola, 2021).

La presa de relaves de Fundão, ubicada en el distrito de Bento Rodrigues, en Mariana (estado de Minas Gerais, Brasil), su propósito era almacenar residuos provenientes de la extracción de mineral de hierro. Sin embargo, el 5 de noviembre de 2015, la estructura colapsó, generando una de las peores tragedias socioambientales de la historia de Brasil (Speyside Group, 2019).

Las investigaciones oficiales identificaron varias causas del colapso. En primer lugar, se destacó un diseño deficiente con una técnica más económica pero considerablemente menos estable. Además, la estructura carecía de un sistema de drenaje adecuado, lo que permitió la acumulación excesiva de agua dentro del depósito, debilitando progresivamente su resistencia.

A esto se sumó la omisión de alertas técnicas: entre 2013 y 2014, informes internos ya advertían sobre la aparición de grietas y desplazamientos en la presa, pero no se tomaron acciones correctivas.

Las consecuencias del desastre fueron devastadoras 19 personas perdieron la vida y aproximadamente 700 fueron desplazadas de sus hogares. En términos ambientales, el colapso liberó cerca de 40 millones de metros cúbicos de lodo tóxico, que recorrieron más de 650 kilómetros hasta llegar al océano Atlántico, contaminando severamente el río Doce y sus ecosistemas. En el plano económico, el desastre derivó en multas por un valor estimado de 5.300 millones de dólares, constituyendo la mayor sanción ambiental impuesta en la historia del país hasta ese momento.

Este caso se ha convertido en un referente crítico sobre los riesgos asociados a una deficiente planificación, ejecución y gestión de proyectos, así como la omisión de criterios técnicos y la exclusión de actores clave (interesados) en la toma de decisiones.

Al investigar al respecto de la integración propuesta se encuentran oportunidades tales como que faltan metodologías que vinculen las fases del proyecto (PMI) con las etapas del ciclo de vida del activo (ISO 55000), la escasez de metodologías para evaluar el impacto de decisiones

de proyecto en la sostenibilidad del activo y la ausencia de herramientas prácticas para transferir conocimientos entre equipos de proyecto y gestión de activos.

Por lo mencionado en el párrafo anterior este trabajo de profundización propone un modelo integrador que vincule el ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo, con la finalidad de proporcionar un marco que permita alinear objetivos estratégicos de activos desde la planificación de los proyectos, involucrando la evaluación de los riesgos y las oportunidades a lo largo del ciclo de vida del activo y mejorar la transferencia de información entre los equipos de los proyectos y los equipos de operaciones y mantenimiento.

Con este estado del arte se pretende una base sólida para el desarrollo de un marco metodológico que facilite esta integración, contribuyendo al avance del conocimiento en la gestión de proyectos en el marco del ciclo de vida del activo.

Marco metodológico

El presente marco metodológico se formula como una guía integral que articula principios, fases, herramientas y criterios de decisión orientados a potenciar la generación de valor desde las etapas tempranas del ciclo de vida del activo. En las siguientes secciones, se describe cada fase del marco, los componentes que la conforman y las herramientas recomendadas para su implementación efectiva.

Fases y/o Etapas del desarrollo

El desarrollo del marco metodológico propuesto se estructura en fases progresivas que permiten articular de manera coherente los principios de gestión de proyectos (PMI) con los del ciclo de vida del activo (ISO 55000).

OBJETIVO UNO - Relatar los criterios, fundamentos y fases del ciclo de vida de un proyecto (PMI) y su relación con las distintas etapas del ciclo de vida de un activo – Serie de Normas ISO 55000

Un ciclo de vida es una progresión de una serie de etapas de desarrollo, el ciclo de vida del proyecto refleja la metodología de la organización ejecutante para gestionar un proyecto, es un desglose lógico de lo que se debe hacer para generar los entregables del proyecto y se selecciona según factores como el tipo de producto que se desarrollará, la industria, las preferencias de la organización y el enfoque de desarrollo.

El PMBOK 7 menciona que el mejor enfoque para dirigir un proyecto depende de los recursos, los plazos, los interesados, el tipo de industria, el trabajo del proyecto, entre otros, cada proyecto y situación requiere su propia evaluación de lo que es mejor, el ciclo de vida del proyecto puede utilizar un enfoque impulsado por el plan, un enfoque impulsado por el cambio o un enfoque que sea la mezcla de los dos anteriores que en este caso se le conoce como híbrido.

Ciclo de Vida del Proyecto Impulsado por el Plan

Los proyectos impulsados por el plan tienen ciclos de vida de desarrollo predictivos (también denominados “tradicionales”, “predictivos” o “en cascada”) que exigen determinar el alcance, el cronograma y el costo de forma detallada al inicio del proyecto, antes de que se comience a trabajar para generar los entregables, por ejemplo, un proyecto de construcción se dirigiría, por lo general, con un ciclo de vida predictivo.

Ciclo de Vida del Proyecto Impulsado por el Cambio

Los proyectos impulsados por el cambio recurren a ciclos de vida de desarrollo iterativos e incrementales (también denominados “adaptativos”) y registran diversos niveles de planificación anticipada en cuanto a alcance, cronograma y costo, los ciclos de vida incrementales e iterativos incluyen la planificación anticipada del alcance general, en un grado suficiente para permitir los estimados preliminares de tiempo y costo; el alcance se desarrolla un poco más con cada iteración.

Un ciclo de vida de desarrollo incremental entrega una porción completa y utilizable del producto en cada iteración, por ejemplo, un proyecto para desarrollar un sitio web que utiliza un ciclo de vida incremental incluiría la priorización de los requisitos en iteraciones para entregar una porción totalmente operativa del sitio web al final de cada iteración.

En un ciclo de vida de desarrollo iterativo, el concepto completo se desarrolla en niveles sucesivos de detalle para crear el resultado final. Si volvemos al ejemplo del sitio web, para desarrollarlo con un ciclo de vida iterativo, la planificación de la primera iteración se concentraría en planificar a fin de crear un prototipo del sitio web entero. Una vez que se hubiera desarrollado el esqueleto del sitio, cada iteración sucesiva se planificaría a efecto de añadir más detalles hasta alcanzar un sitio plenamente operativo.

Los ciclos de vida de desarrollo adaptativos conllevan un cronograma fijo, al igual que costos fijos, el alcance se define de forma amplia, entendiendo que se acotará en el transcurso

de la vida del proyecto. Los requisitos del cliente se documentan y se priorizan en una lista de trabajo pendiente, la cual puede modificarse a medida que el proyecto avanza.

Un proyecto de desarrollo de un nuevo software puede seguir un enfoque adaptativo, recurriendo a etapas que pudieran incluir viabilidad de alto nivel, diseño y planificación, seguidas de etapas iterativas cortas de diseño detallado, desarrollo, prueba y lanzamiento.

Ciclo de vida con Enfoque de Desarrollo Híbrido

Un ciclo de vida híbrido es una combinación de un enfoque predictivo y un enfoque de desarrollo adaptativo, desde este enfoque, un ciclo de vida predictivo se utiliza para gestionar los requisitos del proyecto que están bien definidos, mientras que a través del ciclo de vida adaptativo se gestionan los requisitos que están menos claros.

Según la *Agile Practice guide* del PMI (Project management institute, 2017), existen dos tipos de ciclo de vida de proyectos, los cuales son el predictivo y el adaptativo, en un desglose más específico el ciclo de vida adaptativo incluye los tipos Iterativo, Incremental y Ágil.

Ciclo de vida predictivo

Es una forma de ciclo del proyecto en la que el alcance, el tiempo y el costo del proyecto se determinan en las primeras fases del ciclo. Dicho de otra forma, en un ciclo de vida predictivo, el alcance, el tiempo y el costo del proyecto se determinan lo más pronto posible. Se prefiere el uso de este ciclo cuando los resultados del proyecto se entienden y se conocen bien. Los ciclos predictivos son formales y permiten que el equipo del proyecto se mantenga enfocado en cada fase, antes de tener que avanzar a la siguiente.

Ciclo de vida iterativo

Es un ciclo de vida adaptativo en el que el alcance del proyecto se determina, por lo general, en las primeras fases del ciclo, pero las estimaciones de tiempo y costo se modifican sistemáticamente a medida que el equipo adquiere más conocimiento sobre el producto, las iteraciones desarrollan el producto a través de una serie de ciclos repetidos, mientras que los incrementos se agregan sucesivamente a la funcionalidad del producto.

Ciclo de vida incremental

Es un ciclo de vida adaptativo del proyecto donde el entregable se produce a través de una serie de iteraciones que sucesivamente añaden funcionalidad dentro de un marco de tiempo predeterminado, el entregable contiene la capacidad necesaria y suficiente para considerarse completo solo después de la iteración final.

Incluye fases de proyecto que se posicionan y repiten intencionalmente a medida que se desarrolla y se entiende la comprensión de los entregables que tiene el equipo.

El equipo trabaja, casi siempre con una visión de alto nivel, porque los entregables están primero y se desarrollan con más detalles y características a medida que el proyecto avanza en cada fase; este ciclo puede ser útil en entornos inciertos e indefinidos, por ejemplo, cuando se desarrolla un producto nuevo, existe la visión de alto nivel del producto, pero todos los detalles, como los límites, el tamaño y las funciones, se descubren e identifican a medida que se completa cada fase (como la elaboración progresiva).

Este ciclo de vida también es provechoso cuando se gestionan objetivos y alcances cambiantes o cuando la entrega parcial de los objetivos proporciona valor.

Por lo general, la secuencia de las fases definidas en la mayoría de los ciclos de vida implica algún tipo de transferencia o entregable, con frecuencia, los entregables de una fase se aprueban antes de comenzar el trabajo en la siguiente, por ejemplo, las especificaciones de diseño se aprueban y se transfieren antes de que comience la fase de diseño; sin embargo, si se considera que los riesgos son aceptables, se puede dar inicio a una fase posterior antes de contar con la aprobación de los entregables de una fase previa.

Los ciclos de vida ágiles son iterativos o incrementales, y también se pueden denominar impulsados por cambios o adaptativos, funcionan bien en entornos con altos niveles de cambio y la participación continua de los interesados en el proyecto, esto es similar a los ciclos de vida iterativos e incrementales, pero a un ritmo mucho más rápido; se utiliza en una organización

altamente flexible, interactiva y adaptativa en la que los resultados se definen mientras el trabajo del proyecto está en curso, y no al comienzo.

Esta metodología se utiliza cuando se trata de un entorno que cambia rápidamente, cuando el alcance y los requisitos son difíciles de definir por adelantado, y cuando los interesados valoran los entregables pequeños e incrementales.

Muchas organizaciones utilizan metodologías y enfoques híbridos, que combinan algunos elementos tanto de enfoques predictivos (en cascada) como adaptativos (ágiles), en estos enfoques combinados, las organizaciones siguen usando plazos de entrega más cortos, lanzamientos de productos iterativos y la participación regular de los interesados; pero si tienden a hacer una planificación más profunda y a recopilar los requisitos por adelantado, el director de proyecto debe ayudar al patrocinador y al equipo a decidir cuál es el mejor enfoque sobre la base de sus objetivos de negocio.

Tabla 1*Resumen de ciclos de vida de proyectos y ejemplos*

Metodología	Más adecuado para	Ejemplos
Predictivo/basado en un plan	Proyectos en los que los cambios son costosos debido a las pérdidas y a los desperdicios.	Proyectos de construcción o proyectos que tienen muchos activos físicos o con proyectos similares ya completados
	Proyectos en los que la previsibilidad y la sincronización coordinada son importantes.	
Iterativo	Proyectos con requisitos dinámicos y actividades que se repiten hasta que se consideren correctos.	Los proyectos en los que se espera que exista aprendizaje y correcciones antes de llegar, a la larga, a la solución ideal.
Incremental	Proyectos con requisitos dinámicos, así como entregas pequeñas frecuentes.	Proyectos en los que los clientes o negocios desean o esperan ver salidas, totales o parciales, desde el principio y con frecuencia.
	Proyectos en los que la velocidad en la entrega de incrementos pequeños es un objetivo importante.	
Ágil	Proyectos en los que los cambios son relativamente fáciles y el desperdicio no es costoso	Proyectos de software o proyectos basados en la propiedad intelectual y en la investigación
	Proyectos en un entorno complejo en el que producto final no se conoce por completo y la retroalimentación del usuario es muy valiosa.	
Híbrido	Proyectos o fases en los que los cambios tienen algunos costos.	Proyectos con una combinación de recursos y niveles de experiencia o que buscan o tienen la disposición de aprender métodos o técnicas nuevas
	Proyectos en los que los interesados desean otro método, pero no se sienten cómodos con la idea de adoptar por completo solo uno.	

Nota: Esta tabla muestra las metodologías de proyectos, para que son más adecuadas y los ejemplos

Para el caso de este trabajo de profundización el enfoque es hacia la metodología predictiva basada en un plan que para el caso de la gestión de activos físicos es la que mejor se ajusta y la que más se usa en las industrias, las fases definidas para el ciclo de vida del proyecto bajo el enfoque predictivo están definidas en cinco grupos de procesos, los cuales son:

Ciclo de vida del proyecto Predictivo

Las fases definidas para el ciclo de vida del proyecto predictivo o en cascada son: Inicio

- Planificación - Ejecución - Monitoreo y Control - Cierre

En cada una de estas fases se debe hacer:

Inicio

En esta fase se deben establecer las bases para el desarrollo del proyecto, asegurando claridad en los objetivos, definiendo el alcance y valorando su viabilidad, se deben hacer como mínimo las siguientes actividades:

Tabla 2

Procesos de la fase de inicio

Actividad	Descripción
Seleccionar al director del proyecto	Elegir un director con habilidades técnicas, experiencia relevante, liderazgo y capacidad de comunicación, el perfil debe ajustarse a la complejidad del proyecto y las necesidades específicas de la organización.
Determinar la cultura de la compañía y los sistemas existentes	Considerar los valores, normas y políticas organizacionales para alinear el proyecto con la estructura y procesos internos, asegurando su viabilidad dentro del entorno corporativo.
Recopilar información de los procesos, procedimientos e información histórica:	Revisar lecciones aprendidas, documentación previa y estándares organizacionales para aprovechar experiencias anteriores y evitar errores recurrentes en el proyecto.
Dividir los proyectos grandes en fases o en proyectos más pequeños	Si el proyecto es muy grande y de gran impacto es recomendable fragmentarlo, esto facilita su gestión, mejora el control y permite una entrega gradual de valor, reduciendo riesgos asociados a la complejidad.
Entender el caso de negocio y el plan de gestión de beneficios	Valorar cómo el proyecto contribuye a los objetivos estratégicos mediante un caso de negocio que justifique su valor, costos y beneficios esperados.
Identificar los requisitos, supuestos, riesgos y	Al realizar la documentación de estos elementos en la fase inicial proporciona claridad sobre las expectativas y limita incertidumbres que puedan surgir durante la ejecución.

restricciones iniciales, y los acuerdos existentes:

Evaluar el proyecto y la viabilidad del entregable dentro de las restricciones dadas:	Realizar un estudio de factibilidad para determinar si el proyecto es viable desde todos los puntos de vista organizacionales y que entregue el valor deseado dentro de las limitaciones que se hayan identificado.
Crear objetivos medibles y criterios de éxito	Establecer metas claras bajo los criterios de que sean específicas, medibles, alcanzables, relevantes y en un marco de tiempo establecido (metodología SMART ⁹) (Martins, 2025)para evaluar el éxito del proyecto.
Desarrollar el acta de constitución del proyecto:	Este documento formaliza el inicio del proyecto e incluye el propósito, alcance, objetivos, riesgos iniciales y aprobación por parte de los patrocinadores.
Identificar a los interesados y determinar sus expectativas, su interés, su influencia y su impacto:	Registrar a los interesados clave junto con sus necesidades e influencia para gestionar adecuadamente sus expectativas durante todo el ciclo del proyecto.
Solicitar cambios:	Si es necesario ajustar aspectos iniciales del proyecto (como alcance o recursos), se deben gestionar formalmente las solicitudes de cambio para mantener alineación con los objetivos organizacionales.
Desarrollar el registro de supuestos	Documentar las hipótesis clave que sustentan la planificación inicial del proyecto para revisarlas continuamente en caso de cambios o riesgos imprevistos.
Desarrollar el registro de los interesados:	Crear un documento que liste a todos los interesados, identificando su nivel de interés e influencia en el proyecto para facilitar su gestión efectiva.

Nota: esta tabla muestra las actividades y la descripción de las actividades a realizar para la fase de inicio del ciclo de vida del proyecto

⁹ SMART es una metodología para definir objetivos, la sigla es un acrónimo del inglés, estos deben ser: *Specific* (específicos), *Measurable* (medibles), *Achievable* (alcanzables), *Realistic* (realistas) y *Time-bound* (de duración limitada)

Planificación

Seguido se explica brevemente cada paso de la fase de planificación de un proyecto bajo el enfoque predictivo o cascada, teniendo en cuenta que estas se deben ejecutar siguiendo el orden como esta descrito a continuación:

Tabla 3

Procesos de la fase de planificación

Actividad	Descripción
Determinar el enfoque de desarrollo, el ciclo de vida y cómo se planificará cada área de conocimiento:	Seleccionar el enfoque predictivo para proyectos con requisitos bien definidos y establecer cómo se gestionan las diferentes áreas del conocimiento del proyecto (alcance, tiempo, costos, calidad, etc.).
Definir y priorizar los requisitos:	Identificar y clasificar los requisitos del proyecto según su importancia y necesidad para asegurar que se aborden adecuadamente en el plan.
Crear el enunciado del alcance del proyecto:	Desarrollar un documento que describa claramente qué se incluye y excluye del proyecto, proporcionando una base para futuras decisiones.
Evaluar qué comprar y crear los documentos de adquisición:	Determinar qué productos o servicios deben adquirirse externamente y preparar los documentos necesarios para la compra.
Determinar el equipo de planificación:	Identificar y asignar a los miembros clave del equipo que participarán en la planificación y ejecución del proyecto.
Crear la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) y el diccionario de la estructura de desglose de trabajo:	Desarrollar una estructura jerárquica para organizar las tareas del proyecto y un diccionario que describe cada elemento de la Estructura de desglose del trabajo.
Crear la lista de actividades:	Enumerar todas las tareas necesarias para completar el proyecto, basándose en la EDT.

Crear el diagrama de red:	Utilizar técnicas como PERT ¹⁰ o CPM ¹¹ para visualizar las relaciones entre actividades y secuencias lógicas.
Estimar los requisitos de los recursos	Con base en lo definido en la lista de actividades calcular los recursos humanos, materiales y financieros necesarios para cada actividad.
Estimar la duración y los costos de las actividades:	Determinar el tiempo y el costo asociado a cada tarea para establecer un cronograma y presupuesto realistas.
Determinar la ruta crítica	Identificar la secuencia de actividades involucrando los tiempos definidos para determinar la duración mínima del proyecto, usando las técnicas PERT o CPM.
Desarrollar el cronograma	Crear un calendario detallado que incluya fechas de inicio y fecha final para cada actividad
Desarrollar el presupuesto:	Establecer un plan financiero que detalle los costos totales del proyecto y cómo se deben gestionar en el tiempo de ejecución del proyecto.
Determinar los estándares, procesos y métricas de calidad	Establecer criterios y procedimientos para asegurar que el proyecto cumpla con los estándares de calidad definidos por la organización y los interesados.
Determinar la constitución del equipo y todos sus roles y responsabilidades:	Definir la estructura organizativa del proyecto y las funciones específicas de cada miembro del equipo
Planificar las comunicaciones y el involucramiento de los interesados	Desarrollar un plan para gestionar la información y la participación de los interesados durante el proyecto
Realizar la identificación de riesgos, el análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos y la planificación de la respuesta a los riesgos:	Identificar posibles riesgos, realizar talleres, evaluar los impactos sobre el proyecto y desarrollar estrategias para mitigarlos.

¹⁰ PERT: *Program Evaluation and Review Technique*, en español Técnica de Evaluación y Revisión de Programas se usa para planificar y controlar proyectos complejos. Estimar el tiempo necesario para completar actividades de un proyecto, identificar la ruta crítica (actividades que determinan la duración total del proyecto), evaluar la incertidumbre en la duración de tareas mediante tres estimaciones de tiempo, Optimista (O), Más probable (M), Pesimista (P)

¹¹ *Critical Path Method* en español Método de la Ruta Crítica, identifica la secuencia de actividades críticas que determinan la duración mínima total del proyecto. Determinar la duración mínima del proyecto, identificar actividades críticas (las que no pueden retrasarse sin afectar la fecha de finalización del proyecto), detectar holguras o márgenes de tiempo en actividades no críticas, gestionar recursos y prioridades, facilitar el seguimiento y control del proyecto

Volver atrás; iteraciones	Revisar y ajustar el plan según sea necesario para asegurar que se mantenga alineado con los objetivos del proyecto.
Finalizar la estrategia y los documentos de adquisición	Completar y formalizar todos los documentos relacionados con la adquisición de bienes y servicios externos.
Crear los planes de gestión del cambio y de gestión de la configuración:	Divulgar los procedimientos para manejar cambios en el proyecto y controlar las modificaciones en los entregables, en el caso que no exista un procedimiento de gestión del cambio, estos planes deben ser establecidos.
Finalizar todos los planes de gestión:	Completar y aprobar todos los planes funcionales del proyecto (alcance, tiempo, costos, calidad, etc.)
Desarrollar un plan para la dirección del proyecto y líneas base realistas y completas:	Crear un plan integral que incluya todas las líneas base del proyecto (alcance, cronograma, presupuesto) para su aprobación formal.
Obtener la aprobación formal del plan:	Presentar el plan completo a los interesados, definidos como claves, para su revisión, comentarios y posterior aprobación o visto bueno.
Llevar a cabo la reunión de inicio del proyecto	Organizar una reunión para comunicar oficialmente el inicio del proyecto y alinear al equipo e interesados con los objetivos y planes establecidos.
Solicitar cambios:	Si es necesario, gestionar formalmente cualquier ajuste al plan aprobado antes de comenzar la ejecución.

Nota: esta tabla muestra las actividades y la descripción de las actividades a realizar para la fase de planificación del ciclo de vida del proyecto

Ejecución

En esta fase se implementa y se ejecuta lo que se estableció y se aprobó en la fase de planificación para cumplir con los objetivos del proyecto, a continuación, se describen brevemente los pasos clave en esta fase:

Tabla 4*Procesos de la fase de ejecución*

Actividad	Descripción
Ejecutar el trabajo de acuerdo con el plan para la dirección del proyecto	Implementar las actividades planificadas siguiendo las líneas base y los procesos definidos en el plan de gestión.
Producir los entregables del proyecto (alcance del proyecto)	Crear y entregar los productos o servicios definidos en el alcance del proyecto, asegurando que cumplan con los requisitos establecidos.
Recopilar los datos sobre el desempeño del trabajo	Registrar información sobre el progreso del proyecto, como costos, cronograma y calidad, para evaluar su desempeño.
Solicitar cambios	Identificar y documentar cualquier cambio necesario en el proyecto, siguiendo el proceso formal establecido para su evaluación y aprobación.
Implementar únicamente los cambios aprobados	Aplicar solo aquellos cambios que hayan sido revisados y aprobados por las partes interesadas relevantes.
Mejorar continuamente; realizar elaboración progresiva	Ajustar y optimizar procesos y actividades a medida que se avanza en el proyecto, basándose en lecciones aprendidas y retroalimentación.
Seguir los procesos	Asegurarse de que todas las actividades se realicen conforme a los estándares y procedimientos establecidos en el plan.
Determinar si el plan y los procesos de calidad son correctos y efectivos	Evaluar la eficacia de los planes y aplicar los procesos de calidad para garantizar que cumplan con los objetivos del proyecto.
Realizar auditorías de calidad y emitir informes de calidad	Inspeccionar las actividades del proyecto para identificar desviaciones respecto a los estándares de calidad y generar informes correspondientes.
Adquirir el equipo final en el caso de adquisición, y los recursos físicos	Obtener todos los recursos materiales necesarios para completar las actividades del proyecto.
Dirigir a las personas	Liderar al equipo del proyecto, asegurando una comunicación efectiva, la resolución de problemas y motivando continuamente al equipo del proyecto.
Evaluar el desempeño individual y del equipo; impartir capacitación	Supervisar el rendimiento del equipo, proporcionar retroalimentación y organizar capacitaciones si es necesario para mejorar habilidades.

Llevar a cabo actividades de formación de equipo	Llevar a cabo actividades de formación de equipo: fomentar la cohesión entre los miembros del equipo mediante dinámicas que mejoren la colaboración participativa.
Entregar reconocimientos y premios	Reconocer públicamente logros individuales o grupales para mantener la motivación y compromiso del equipo.
Utilizar el registro de incidentes	Documentar problemas o eventos imprevistos que ocurran durante la ejecución para su seguimiento y resolución.
Facilitar la resolución de conflictos	Gestionar desacuerdos entre miembros del equipo o los interesados utilizando técnicas de negociación y/o mediación.
Liberar los recursos conforme se completa el trabajo	Devolver recursos humanos o materiales al finalizar sus tareas asignadas, optimizando su uso en otras áreas.
Enviar y recibir información	Solicitar retroalimentación: mantener una comunicación fluida entre todas las partes interesadas mediante reportes regulares e intercambio de opiniones.
Informar el desempeño del proyecto	Proporcionar actualizaciones sobre el progreso, resaltando logros, problemas o desviaciones respecto al plan original.
Facilitar el involucramiento de los interesados y gestionar sus expectativas	Asegurar que los interesados estén informados e involucrados activamente durante todo el proceso.
Llevar a cabo reuniones	Organizar reuniones periódicas para revisar avances, resolver problemas y coordinar próximas actividades.
Evaluar los proveedores, negociar con proveedores y celebrar contratos con ellos	Gestionar relaciones con proveedores mediante evaluaciones, negociaciones o ajustes contractuales según sea necesario.
Usar y compartir el conocimiento del proyecto	Aprovechar lecciones aprendidas o información relevante para mejorar la ejecución actual o futuros proyectos similares.
Ejecutar los planes de contingencia	Implementar acciones previamente definidas en respuesta a riesgos identificados que se materialicen durante la ejecución.
Actualizar el plan para la dirección del proyecto y documentos del proyecto	Incorporar cambios aprobados al plan general, asegurando que refleje siempre la situación actualizada del proyecto.

Nota: esta tabla muestra las actividades y la descripción de las actividades a realizar para la fase de ejecución del ciclo de vida del proyecto

Monitoreo y control

Esta fase esta superpuesta a las fases anteriores, existe para asegurar que el proyecto se mantenga en el camino correcto y cumpla con los objetivos propuestos, pues se pueden controlar desde la fase de inicio el cumplimiento de los requisitos de la organización, el involucramiento de los interesados, al igual que el cumplimiento en la ejecución de las líneas base del proyecto establecidas en la fase de planificación, a continuación, se definen brevemente los pasos de esta fase:

Tabla 5

Procesos de la fase de monitoreo y control

Actividad	Descripción
Tomar acciones para monitorear y controlar el proyecto	Implementar procesos para supervisar continuamente el progreso del proyecto y asegurarse de que se ajuste al plan establecido.
Medir el desempeño comparándolo con la línea base para la medición del desempeño	Comparar el progreso real con las líneas base de alcance, cronograma y costos para identificar y establecer planes para corregir las posibles desviaciones.
Medir el desempeño comparándolo con otras métricas del plan para la dirección del proyecto	Evaluar el desempeño en función de indicadores clave de rendimiento y otros parámetros definidos en el plan del proyecto.
Analizar, evaluar datos y desempeño	Interpretar los datos recopilados del proyecto para identificar tendencias, problemas potenciales y áreas de mejora.
Determinar si las variaciones requieren una acción correctiva u otra(s) solicitud(es) de cambios	Decidir si las desviaciones observadas necesitan ajustes en el plan o cambios formales.
Influir en factores que ocasionan los cambios	Identificar y abordar las causas raíz de los cambios necesarios para evitar problemas similares en el futuro.
Solicitar cambios	Presentar formalmente solicitudes de cambio cuando se requieran ajustes significativos en el proyecto.
Realizar el control integrado de cambios	Evaluar, aprobar o rechazar cambios mediante un proceso formal, asegurando que solo se implementen cambios aprobados.
Aprobar o rechazar cambios	Tomar decisiones formales sobre las solicitudes de cambio, justificando el rechazo si corresponde.
Actualizar el plan para la dirección del proyecto y los documentos del proyecto	Gestionar que los cambios aprobados en el plan sean registrados y actualizados los documentos relevantes para mantener la alineación del proyecto con el progreso real y actual de este.

Informar a los interesados sobre los resultados de todas las solicitudes de cambio	Comunicar a los interesados sobre las decisiones tomadas respecto a los cambios solicitados.
Monitorear el involucramiento de los interesados	Asegurarse de que los interesados estén informados y comprometidos con el proyecto.
Confirmar el cumplimiento de la configuración	Verificar que los entregables generados por el proyecto cumplan con los requisitos y especificaciones definidas.
Crear proyecciones	Establecer las futuras estimaciones de desempeño del proyecto basándose en datos reales y actuales.
Obtener la aprobación de los entregables intermedios por parte del cliente	Asegurarse de que los entregables definidos como entregas parciales sean aceptados por el cliente antes de proceder.
Realizar control de calidad	Evaluar la calidad de los entregables para asegurar que cumplan con los estándares establecidos y lo establecido en la planificación del proyecto.
Efectuar revisiones, reevaluaciones y auditorías de riesgos	Revisar continuamente los riesgos identificados y evaluar su impacto potencial en el proyecto.
Gestionar las reservas	Administrar las reservas financieras y de recursos para contingencias o cambios imprevistos.
Gestionar, evaluar y cerrar las adquisiciones	Supervisar la finalización de las compras definidas según sea necesario, asegurando que se cumplan los requisitos técnicos del requerimiento y los términos contractuales.
Evaluar el uso de los recursos físicos	Supervisar la utilización eficiente de los recursos materiales asignados al proyecto.

Nota: esta tabla muestra las actividades y la descripción de las actividades a realizar para la fase de monitoreo y control del ciclo de vida del proyecto

Cierre

La fase de cierre es la última, en esta es donde se formaliza la finalización del proyecto y se documentan las lecciones aprendidas. A continuación, se describen brevemente los pasos clave para esta fase:

Tabla 6*Procesos de la fase de Cierre*

Actividad	Descripción
Confirmar que el trabajo está hecho de acuerdo con los requisitos	Verificar que todos los entregables cumplan con los requisitos y especificaciones definidas en el plan del proyecto.
Completar el cierre final de las adquisiciones	Finalizar todos los contratos con proveedores, asegurando que se cumplan los términos contractuales y se realicen las auditorías necesarias.
Obtener la aceptación final del proyecto	Recibir la aprobación formal del cliente o patrocinador y de los interesados sobre los entregables finales del proyecto.
Completar el cierre financiero	Finalizar todas las transacciones financieras, incluyendo pagos y facturaciones, asegurando que no haya costos adicionales pendientes.
Entregar el producto completado	Transferir oficialmente el producto o servicio finalizado al cliente o usuario final.
Solicitar retroalimentación de los clientes sobre el proyecto	Recopilar comentarios y opiniones del cliente, patrocinador e interesados sobre el proyecto para mejorar futuras iniciativas.
Completar el informe final de desempeño	Preparar un documento que resuma el desempeño del proyecto, incluyendo logros, desafíos y lecciones aprendidas.
Archivar e indexar los registros	Organizar y almacenar toda la documentación del proyecto para futuras referencias y auditorías.
Recopilar las lecciones aprendidas finales y actualizar las bases de conocimientos	Documentar las experiencias y conocimientos adquiridos durante el proyecto para mejorar las bases del conocimiento de la organización y aplicar esta experiencia en procesos futuros.

Nota: esta tabla muestra las actividades y la descripción de las actividades a realizar para la fase de cierre del ciclo de vida del proyecto

Posterior a la explicación de las fases de vida del proyecto para la metodología predictiva, se seguirá con las fases del ciclo de vida del activo bajo los planteamientos de la familia de normas ISO 55000.

Historia de la creación de las normas alusivas al ciclo de vida del activo

Antes de pasar a explicar en qué partes de las normas ISO 55000 se hace alusión al ciclo de vida del activo, se establece un recorrido a lo largo del tiempo de cómo surgió la familia de las normas ISO 55000, y en cuales otras normas se hace referencia al ciclo de vida del activo.

Durante las décadas de 1970 y 1980, las industrias petroleras y militares, pioneras en la gestión de recursos, empezaron a desarrollar prácticas propias de confiabilidad y mantenimiento que sentaron las bases para los sistemas de gestión de activos modernos.

Un hito relevante en la formalización de estos conceptos fue la publicación de la norma británica BS 5750 – Specification for quality systems¹² en 1979, la cual influyó significativamente en los futuros estándares de gestión de activos por medio del establecimiento de principios para estructuras sistemas de gestión de la calidad.

En 1995, se produjo un punto de inflexión con la publicación de la PAS 55:1995 *Asset management – Specification for the optimized management of physical assets* (British Standards Institution (BSI), 1995) por el *Institute of Asset Management* (IAM) del Reino Unido, la primera especificación pública formal dedicada a la gestión de activos físicos, abarcando sectores industriales y de infraestructura. Ese mismo año, en España, se publicó la UNE 13306:1995 *Mantenimiento, Terminología*. (Asociación española de normalización (UNE), 1995), que estableció la terminología de mantenimiento y sus diferentes tipos.

En 1999, se lanzó la primera versión de la ISO 14224: 1995 *Petroleum and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment* (International Organization for Standardization (ISO), 1999) centrada en la recolección y análisis de datos de confiabilidad y mantenimiento para instalaciones de producción de petróleo y gas,

¹² BS 5750: Specification for quality systems; norma técnica histórica, no está en circulación, predecesora de la ISO 9000

generando la incursión de la normalización internacional en aspectos específicos de la gestión de activos.

La norma PAS 55 se actualizó en 2004, la cual es una revisión internacional que mejoró el enfoque en el ciclo de vida del activo y su alineación con los objetivos del negocio, esta versión se armonizó con los estándares europeos; seguido la UNE-EN 13306 fue actualizada en 2006; definiendo claramente los conceptos y tipos de mantenimiento aplicables a cualquier sector y se consolidó como referencia en Europa, reconociendo conceptos clave como la "alineación estratégica" y la "gestión basada en riesgos".

La PAS 55 continuó su evolución, y se actualizó nuevamente en 2008 (British Standards Institution (BSI), 2008) mejorando la estructura de datos y la categorización de fallas en el sector energético, ampliando sus directrices sobre confiabilidad; paralelamente, en 2009, la ISO 14224 fue revisada y publicada como ISO 14224:2009 (International Organization for Standardization (ISO), 2009), con un enfoque aún mayor en la confiabilidad.

En 2010 se empezó a trabajar en la transición de la PAS 55 a una norma internacional multisectorial, con el inicio del desarrollo de la serie ISO 55000 por el comité ISO/PC 251, este trabajo culminó en 2014 con la publicación de la serie ISO 55000, compuesta por la ISO 55000 (principios y terminología) (International Organization for Standardization (ISO), 2014), la ISO 55001 (requisitos) (International Organization for Standardization (ISO), 2014) y la ISO 55002 (guía de aplicación) (International Organization for Standardization (ISO), 2018). Ese mismo año, AENOR¹³ establece la norma la UNE EN 16646:2014 (Asociación española de normalización (UNE), 2015), orientada a la gestión de activos físicos en entornos industriales y con enfoque en el ciclo de vida y surge como complemento de las normas ISO 55000.

La actualización de la ISO 14224:2016 detalla la categorización de equipos, la estructura de datos, el análisis de criticidad y las métricas de confiabilidad y mantenimiento, aplicados en

¹³ AENOR Asociación española de normalización y certificación, instituto que publica las normas UNE

las fases de diseño, operación y mantenimiento del ciclo de vida del activo. En 2018, se publicó la ISO 55002:2018, (International Organization for Standardization (ISO), 2018) mejorando la guía de implementación de la ISO 55001, con énfasis en liderazgo, contexto y toma de decisiones basadas en riesgos.

Finalmente, en 2021, la UNE-EN 13306:2018 fue ratificada, reafirmando la validez del estándar de terminología de mantenimiento como base en los sistemas de gestión de activos.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de lo anteriormente citado.

Tabla 7

Orden cronológico de las normas que aplican al ciclo de vida del activo

Número de la Norma	Nombre de la Norma	Breve Descripción	Fecha Inicial de Publicación	Versión Actual Vigente	Sectores de Aplicación	Fases del Ciclo de Vida que Cubren
BS5750	<i>Specification for Quality systems</i>	Norma de gestión de la calidad que sentó las bases para sistemas estructurados de gestión, influyendo en estándares de gestión de activos.	1979		Manufactura, servicios, industria en general	Diseño, producción, inspección, mejora continua - Sistemas de calidad
PAS 55:1995	<i>Asset Management - Specification for the optimized management of physical assets</i>	Primera especificación pública formal para gestión de activos físicos. Abarca activos en sectores industriales y de infraestructura.	1995		Infraestructura, industria, servicios públicos	Creación, adquisición, uso, mantenimiento, disposición
UNE 13306:1995	Mantenimiento. Terminología.	Primera versión de esta norma. Establece la terminología de mantenimiento y sus diferentes tipos	1995		Industria en general	Operación y mantenimiento

		(correctivo, preventivo, predictivo, etc.).					
ISO 14224:1999	<i>Petroleum and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment</i>	Recolección y análisis de datos de confiabilidad y mantenimiento para equipos en instalaciones de producción de petróleo y gas.	1999		Petróleo y gas natural	Operación, mantenimiento, soporte a otras fases	
PAS 55-1:2004	<i>Asset Management – Specification for the optimized management of physical assets</i>	Introdujo el concepto de gestión de activos físicos basado en ciclo de vida. Base conceptual para la familia ISO 55000.	2004	2008	Petróleo y gas, Construcción, Industria, Energía	Todas las fases	
PAS 55-2:2004	<i>Guidelines for the application of PAS 55-1</i>	Guía de implementación detallada de los requisitos técnicos de PAS 55-1.	2004	2008	Petróleo y gas, Construcción, Industria, Energía	Todas las fases	
ISO 14224:2006	<i>Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Collection and exchange of reliability and maintenance data</i>	Define formato estandarizado para recolección de datos de mantenimiento y confiabilidad durante la operación de activos.	2006	2016	Petróleo y gas, Energía, Industria	Diseño, Operación, Mantenimiento	
UNE EN 16646:2014	Gestión de activos. Mantenimiento. Directrices para la gestión del ciclo de vida de los activos	Introduce la gestión de activos desde la creación hasta el retiro, y como debe interactuar mantenimiento en estas fases,	2014	2015	Energía, Petróleo y gas, Construcción, Industria	Todas las fases	

		Menciona directamente el ciclo de vida del activo.				
UNE-EN 13306:2001	Mantenimiento – Terminología	Define términos relacionados con mantenimiento, menciona estrategias relacionadas, con el ciclo de vida.	2001	2018	Energía, Industria	Mantenimiento en todas las fases
ISO 55000:2014	<i>Asset management – Overview, principles and terminology</i>	Proporciona principios clave de la gestión de activos, incluyendo referencia clara al ciclo de vida del activo.	2014	-	Energía, Construcción, Industria, Petróleo y gas	Todas las fases
ISO 55001:2014	<i>Asset management – Management systems – Requirements</i>	Especifica los requisitos para establecer un sistema de gestión de activos. Define explícitamente el ciclo de vida del activo.	2014	-	Energía, Construcción, Industria, Petróleo y gas	Todas las fases
ISO 55002:2018	<i>Asset management – Management systems – Guidelines for the application of ISO 55001</i>	Proporciona orientación para aplicar los requisitos de la ISO 55001, incluyendo el enfoque de ciclo de vida del activo.	2018	-	Energía, Construcción, Industria, Petróleo y gas	Todas las fases

Nota: esta tabla muestra en orden cronológico la publicación de las normas que son usadas para el ciclo de vida del activo

Textos alusivos al ciclo de vida del activo en las normas de la familia ISO 55000

Para la norma ISO 55000:2014 hace referencia en los artículos 3.2.3, Ciclo de vida y lo define como las etapas de la gestión de un activo (3.2.1), menciona dentro de sus notas que, el

nombre y la cantidad de etapas y las actividades desarrolladas en cada etapa varían generalmente en diferentes sectores industriales y son determinadas por cada organización.

El artículo 3.2.2 define la Vida del activo como el período desde la creación del activo hasta el fin de la vida del activo

El artículo 3.2.1 define Activo como ítem, objeto o entidad que tiene valor real o potencial para una organización, menciona dentro de sus notas que, el valor como tal puede ser tangible o intangible, financiero o extra financiero incluyendo la consideración de riesgos y obligaciones, puede ser positivo o negativo en las diferentes etapas de vida del activo.

Los activos físicos generalmente se refieren a equipamiento, inventario y los inmuebles de la organización, los activos intangibles son lo opuesto a los activos físicos, los cuales son activos no físicos como alquileres, marcas, activos digitales, derechos de uso, licencias, derechos de propiedad intelectual, reputación o acuerdos.

Para la norma ISO 55001:2014 se hace referencia en el artículo 6.2.2 Planificación para lograr los objetivos de gestión de activos; mencionando que la organización debe integrar las actividades de planificación para lograr los objetivos de gestión de activos con sus otras actividades de planificación organizacional, incluidas las funciones financieras y contables, de recursos humanos y otras funciones de apoyo.

La organización debe establecer, documentar y mantener planes de gestión de activos para lograr los objetivos de gestión de activos, estos planes de gestión de activos deben estar alineados con la política de gestión de activos y el PEGA.¹⁴

La organización debe asegurar que el plan de gestión de activos tome en cuenta los requisitos pertinentes provenientes de fuera del sistema de gestión de activos.

Al planificar la forma de lograr sus objetivos de gestión de activos, la organización debe determinar y documentar:

¹⁴ Plan Estratégico de Gestión de Activos

a) el método y los criterios para tomar decisiones y priorizar las actividades y recursos para cumplir su plan de gestión de activos y alcanzar los objetivos de gestión de activos;

b) los procesos y métodos a emplear en la gestión de sus activos durante sus *ciclos de vida*;

c) qué hacer;

d) qué recursos se requerirán;

e) quién será responsable;

f) cuándo se finalizará;

g) cómo se evaluarán los resultados;

h) el horizonte de tiempo adecuado para el plan de gestión de activos;

i) las implicaciones financieras y no financieras del plan de gestión de activos;

j) el periodo de revisión del plan de gestión de activos (véase 9.1);

k) las acciones para tratar los riesgos y oportunidades asociados a la gestión de activos, teniendo en cuenta de qué modo estos riesgos y oportunidades pueden cambiar con el tiempo, estableciendo procesos para:

— identificar riesgos y oportunidades;

— evaluar riesgos y oportunidades;

— determinar la importancia de los activos para el logro de los objetivos de gestión de activos;

— implementar el tratamiento adecuado, realizar el seguimiento de los riesgos y oportunidades.

La organización debe asegurarse de que sus riesgos relacionados con la gestión de activos se consideren dentro del enfoque de la gestión de riesgos de la organización incluyendo la planificación de contingencias.

NOTA Véase la Norma ISO 31000 para obtener pautas adicionales sobre la gestión de riesgo

En el Anexo A (informativo) Información sobre las actividades de gestión de activos de la norma ISO 55001 menciona que existen normas internacionales, regionales o nacionales publicadas donde se abordan aspectos pertinentes a la gestión de activos, sin limitarse a ellas, y dentro de estas aparece, el *cálculo de costo de ciclo de vida*;

En la norma ISO 55002:2014 hace referencia en la introducción 0.1 General, donde menciona que la comprensión del contexto de la organización permite a la organización diseñar, implementar y mantener su sistema de gestión de activos, la gestión de activos y los activos, en alineación con el propósito de la organización, sus objetivos y las necesidades y requisitos de sus partes interesadas.

El sistema de gestión de activos incluye: la planificación y control operacionales, incluidos los procesos y procedimientos empleados para gestionar los activos en el portafolio de activos a lo largo de su *ciclo de vida*

En el artículo 4.4.2 Plan estratégico de gestión de activos, menciona que debe haber alineación y consistencia entre:

- los objetivos organizacionales;
- la política de gestión de activos;
- el PEGA;
- los objetivos de gestión de activos;
- el (los) plan (es) de gestión de activos.

Esto reforzará, dentro de la organización, que las actividades emprendidas directamente sobre los activos apoyan el cumplimiento de los objetivos organizacionales (alineación vertical de la gestión de activos).

Es importante que esta alineación se comunique para garantizar que las partes interesadas externas y las partes interesadas internas, en todos los niveles de la organización, entiendan por qué se implementan las actividades del ciclo de vida de los activos y las actividades de gestión de activos.

En el artículo 7.5.2 Portafolio de activos, menciona que, al determinar sus requisitos de información e información relacionada con activos individuales, tipos de activos y sistemas de activos, la organización debe considerar la información financiera (por ejemplo, costo de adquisición, costo de reposición, costo de operación, costo de mantenimiento, costos de eliminación, emisiones de carbono y costos de uso, costo del ciclo de vida, valor de los activos, vida útil esperada del servicio, depreciación, valor residual / pasivo).

En el artículo 8.1.1 General correspondiente al capítulo 8 Operación de la norma ISO 55001:2014 menciona que, La organización debe planificar y controlar los procesos operativos, incluidos sus criterios de toma de decisiones, para la implementación de:

- a) el PEGA;
- b) los planes de gestión de activos;
- c) acciones determinadas para la gestión de riesgos y oportunidades para el sistema de gestión de activos;
- d) determinadas acciones correctivas y preventivas que no están incluidas específicamente en el PEGA y / o el plan (es) de administración de activos.

Las organizaciones deben implementar procesos que sean apropiados para entregar diferentes tipos de actividades en los activos; para los activos físicos, estos pueden incluir la gestión de proyectos, creación/adquisición, utilización/mantenimiento, renovación/disposición.

En el Anexo A apartado A.3 El concepto de valor dentro de la familia ISO 55000, menciona que, la aplicación del significado y el uso del término "valor" en la familia de normas ISO 55000 incluye la necesidad de comprender cómo se construye el valor realizable identificado y, por lo tanto, la definición de gestión de activos, en forma vertical en los objetivos organizacionales y los objetivos de gestión de activos, el propósito y uso del sistema de gestión de activos, actividades de gestión de activos y activos. ISO 55000: 2014, 2.4.2 a), establece:

El valor ... determinado por la organización y sus partes interesadas, de acuerdo con los objetivos de la organización. Esto incluye el uso de un enfoque de gestión del ciclo de vida para obtener valor de los activos.

En el Anexo C apartado C.3 Relación entre los objetivos de gestión de activos, PEGA y los planes de gestión de activos, menciona que, al desarrollar planes de gestión de activos con límite de tiempo y recursos limitados para un activo individual, o una agrupación de activos (por tipo de activo, sistema de activos, instalación o unidad en la organización), es importante que se apliquen ciertos métodos / estrategias comunes garantizar la coherencia y la cohesión en el logro de los objetivos generales de la gestión estratégica de activos.

Estas estrategias se pueden desarrollar por adelantado en términos de estrategias de ciclo de vida de los activos para los diferentes tipos de activos o estrategias para los tipos de actividades genéricas (creación / adquisición de activos, utilización / mantenimiento, renovación / disposición, etc.) y se pueden aplicar en el desarrollo de los planes de gestión de activos.

En el Anexo C apartado C.4 Contenido de un PEGA, literal k, es donde específicamente se encuentra planteado como ejemplo las etapas del ciclo de vida del activo, en este apartado menciona que, la organización debe determinar las áreas que deben abordarse y el nivel de detalle para que el PEGA satisfaga sus necesidades específicas. A continuación, se recomienda una lista de áreas clave que pueden abordarse en un PEGA para cumplir con los propósitos indicados en el anexo A.2: el enfoque, las suposiciones y los parámetros para: desarrollar planes de ciclo de vida de activos para un tipo de activo o grupo de activos que cubran todas las actividades de ciclo de vida (por ejemplo, creación/adquisición, utilización/mantenimiento, renovación/ disposición) y otros planes funcionales (por ejemplo, plan de inversión de capital, plan de gestión de energía).

Establecimiento de procesos del ciclo de vida del activo apoyado en las normas

Aunque existen diversas formas de definir las fases del ciclo de vida del activo, y tal como lo mencionan las normas de la familia ISO 55000 que la definición depende de la organización, se puede mencionar como ejemplos los siguientes:

Ilustración 2

Ejemplos de variaciones del ciclo de vida del activo



Nota: Tomado de Anatomía de la gestión de activos IAM versión 3 2015 pg. 13 (Institute of Asset Management, 2015)

Después de hacer un recorrido por las normas que hacen referencia al ciclo de vida del activo, se considera que la norma en que se describe mejor el ciclo de vida del activo es la norma UNE EN 16646:2015, en esta se explica cómo debe interactuar mantenimiento en cada fase del ciclo de vida del activo y como se mencionó anteriormente surge como complemento de las normas ISO 55000, en esta Norma en el artículo 6.2.3 Procesos de gestión de los activos, mantenimiento y ciclo de vida a nivel de sistemas de activos, establece mediante la ilustración 3 las fases del ciclo de vida del activo así:

Ilustración 3

Procesos a nivel de sistemas de activos

		Etapas del ciclo de vida de un sistema de activos						Contribución
Número	Tarea o proceso del sistema de activos	Concepto y definición	Diseño y desarrollo	Fabricación	Instalación	Operación, mantenimiento y modernización	Retirada	Roles y tareas de la función de mantenimiento

Nota: tomado de la norma UNE EN 16646: 2015 pg. 19

Bajo lo anterior y para el motivo de esta investigación las fases del ciclo de vida del activo se definen como:

Concepto y definición - Diseño y desarrollo – Fabricación – Instalación - Operación, mantenimiento y modernización - Retirada.

Estas fases deben ser estrictamente consecuentes, es decir no se pasa a la fase siguiente si no se ha completado la fase anterior.

Concepto y definición

En esta fase inicial, se identifican las necesidades que justifican la creación del activo, se pueden realizar estudios de viabilidad económica, técnica, ambiental, social para determinar si el proyecto es viable apoyados en los análisis de riesgos globales de la concepción del activo, además, se deben involucrar a los interesados en el activo, para que con ellos posteriormente se definan los requisitos funcionales, de rendimiento y de sostenibilidad que deberá cumplir el activo, podemos considerar esta fase como la fase de ingeniería básica.

Diseño y desarrollo

En esta fase, se lleva a cabo el diseño detallado del activo, también podríamos conocerla como la fase de la ingeniería de detalle, pues se elaboran planos, especificaciones técnicas y otros documentos necesarios para pasar a la fase de fabricación y construcción; en la fase de diseño se deben considerar y analizar todos los aspectos tales como la seguridad, la eficiencia

energética, la facilidad de mantenimiento, una operación segura y poco compleja, además de realizar los análisis de riesgos específicos que se identifiquen para cada aspecto en específico del diseño y desarrollo del activo.

Fabricación

Aquí se materializa la fase de diseño y desarrollo en un producto tangible, se llevan a cabo los procesos de fabricación y pruebas para garantizar que el activo cumple con las especificaciones establecidas en la fase anterior, esto para el caso de que el activo sea fabricado por la misma organización que va a explotar el activo; dependiendo de las organizaciones y de su razón de ser, esta fase puede ser una adquisición que se apoya en lo definido en la fase de diseño y desarrollo con el propósito de hacer la negociación para obtener el activo, o también puede ser una mezcla de fabricación y adquisición.

Hay que tener en cuenta que muchas organizaciones no tienen la infraestructura apropiada para fabricar, en este caso se recurre a las organizaciones que su razón de ser es la de fabricar activos bajos determinados requerimientos. Con base en lo anterior para efectos de este documento esta fase será renombrada como Fabricación/Adquisición.

Instalación

En esta fase, el activo se instala en su ubicación donde será operado y mantenido, es decir donde será explotado con el fin de generar el valor esperado desde la fase de concepto y definición, esto incluye actividades como la construcción de infraestructuras auxiliares, el montaje de equipos y la configuración de sistemas, también se deben realizar pruebas de puesta en marcha para asegurar que el activo funcionará de acuerdo con lo que se definió en la fase de diseño y desarrollo, hasta que esta fase no esté completamente terminada y todo lo establecido en las líneas bases se haya realizado a cabalidad no se debe continuar a la fase siguiente.

Operación, mantenimiento y modernización

Esta es la fase más larga del ciclo de vida del activo, durante este período, el activo se utiliza para cumplir con su propósito, se realiza como tal la operación del activo y las actividades

de mantenimiento para garantizar su buen funcionamiento, se debe establecer las estrategias apropiadas con el fin de garantizar la vida estimada del activo, además, pueden implementarse mejoras o modernizaciones para extender la vida útil o mejorar el rendimiento del activo.

Retirada

Al final de la vida útil del activo, la cual es definida por la organización de acuerdo con sus parámetros, este debe ser retirado de manera segura y sostenible, incluyendo actividades como el desmontaje, la eliminación de residuos y el reciclaje de materiales y se deben evaluar los impactos ambientales de la retirada y las acciones de mitigación para estas.

Integración entre metodologías

Con lo anteriormente relatado se puede identificar la integración entre lo que menciona el ciclo de vida del proyecto con el enfoque predictivo del PMI y el ciclo de vida del activo según las normas ISO 55000, estos puntos son:

El ciclo de vida del proyecto hace parte del ciclo de vida del activo, en todo lo correspondiente a la gestión de proyectos tal cual se menciona en el artículo 8.1.1 de la norma ISO 5501:2014, “Las organizaciones deben implementar procesos que sean apropiados para entregar diferentes tipos de actividades en los activos; para los activos físicos, estos pueden incluir la gestión de proyectos, creación/adquisición, utilización/mantenimiento, renovación/disposición”.

Para hacer la inclusión mencionada e integrar efectivamente ambos ciclos de vida, es necesario mapear las fases del ciclo de vida del proyecto con las fases del ciclo de vida del activo, estas se mapean de la siguiente manera:

Inicio del Proyecto (PMI) con Concepto y Definición del Activo (ISO 55000)

En esta etapa inicial, con base en una necesidad se define el proyecto y se alinea con los objetivos estratégicos del activo, en el ciclo de vida del proyecto (PMI) para esta fase se hace: se valora cómo el proyecto contribuye a los objetivos estratégicos mediante un caso de negocio

que justifique su valor, costos y beneficios esperados, identificar requisitos, riesgos y restricciones iniciales, seleccionar al director del proyecto, desarrollar el acta de constitución del proyecto, Identificar a los interesados clave, entre otros aspectos ya mencionados.

En el Ciclo de Vida del Activo (ISO 55000) se hace: definir el concepto del activo, establecer los requisitos funcionales y de rendimiento, identificar las necesidades estratégicas que justifican la creación del activo.

Durante estas fases, que son básicamente lo mismo para ambos ciclos es decisivo que los objetivos del proyecto se alineen con los requisitos estratégicos del activo, asegurando que el activo cumpla con las expectativas de valor a largo plazo.

Planificación del Proyecto (PMI) con Diseño y Desarrollo del Activo (ISO 55000)

En esta fase, se desarrolla el plan detallado del proyecto, lo cual termina siendo el diseño del activo, en el ciclo de vida del proyecto (PMI) se hace: definir el alcance del proyecto, crear la estructura de desglose del trabajo (EDT), estimar recursos, duración y costos, desarrollar el cronograma y el presupuesto, identificar riesgos y planificar su mitigación, es decir la ingeniería de detalle del proyecto.

En el Ciclo de Vida del Activo (ISO 55000) se hace: diseñar el activo considerando su ciclo de vida completo, evaluar costos de operación, mantenimiento y disposición futuros, documentar las especificaciones técnicas y estándares de calidad.

La planificación del proyecto debe incluir consideraciones sobre el ciclo de vida del activo, como costos operativos y de mantenimiento, para evitar decisiones que comprometan el rendimiento esperado del activo y su sostenibilidad.

Ejecución del Proyecto, monitoreo y control y cierre del proyecto (PMI) y Fabricación/Instalación del Activo (ISO 55000)

En esta fase, se ejecuta el plan del proyecto, se le hace monitoreo y control para que la fabricación y/o adquisición e instalación del activo se ajuste al plan del proyecto establecido,

posteriormente se debe hacer el cierre del proyecto, antes de entregar a operación y mantenimiento.

En el Ciclo de Vida del Proyecto (PMI) se hace: Implementar las actividades planificadas, producir los entregables del proyecto, gestionar cambios y resolver problemas, entre otras ya mencionadas.

En el Ciclo de Vida del Activo (ISO 55000) se hace: fabricar o adquirir el activo según las especificaciones, instalar el activo en su ubicación final, realizar pruebas de puesta en marcha.

Durante la ejecución de esta fase, es fundamental garantizar que el activo fabricado/adquirido e instalado cumpla con los requisitos establecidos en la fase de diseño, cuando ya cumpla con las condiciones deseadas se hace el cierre del proyecto y se continua a la fase siguiente de operación y mantenimiento.

El cierre del proyecto debe incluir la entrega formal del activo, asegurando que esté completamente operativo y alineado con los objetivos estratégicos.

Operación, Mantenimiento y Modernización del Activo (ISO 55000)

Una vez cerrado el proyecto, el activo entra en su fase operativa, en la cual se explota el activo y empieza el ingreso económico esperado, a partir de esta fase ya no existe el ciclo de vida del proyecto, pues este ciclo termina con la entrega a operación del activo.

En el Ciclo de Vida del Activo (ISO 55000) se opera el activo de acuerdo con los procedimientos establecidos, realizar las actividades de mantenimiento establecidas, aplicar técnicas de confiabilidad y/o modernizar el activo según sea necesario para extender su vida útil.

En esta fase es muy conveniente aplicar las lecciones aprendidas durante el proyecto para optimizar la operación y el mantenimiento del activo.

Retirada del Activo (ISO 55000)

Al final de su vida útil, y con los criterios propios establecidos por la organización que explota el activo, el activo debe retirarse de manera segura y sostenible.

Debe comenzar desde la fase de planificación estratégica del proyecto, donde se definen los objetivos del proyecto en alineación con los objetivos a largo plazo de la gestión de activos, esto asegura que los proyectos contribuyan directamente al valor y rendimiento de los activos.

Se debe involucrar la gestión de riesgos a lo largo del ciclo de vida del activo pues permite identificar y mitigar riesgos que podrían afectar tanto la entrega del proyecto como el rendimiento a largo plazo del activo.

Con lo anteriormente mencionado, la integración establece que cada proyecto debe ser visto como un subconjunto de fases en el ciclo de vida del activo.

La integración efectiva requiere una planificación integral, donde se identifiquen desde el principio los riesgos para que las decisiones tomadas para el proyecto consideren las implicaciones a largo plazo para el activo, esto significa que los análisis y gestión de riesgos, la gestión de cambios debe estar interconectados para todas las fases del ciclo de vida del activo.

La integración también debe extenderse a los sistemas de información, permitiendo el flujo de datos entre la gestión de proyectos y la gestión de activos, esto facilita el seguimiento del rendimiento del activo a lo largo del tiempo y la toma de decisiones basada en datos.

Cuando se integran los requisitos operativos del activo desde las etapas tempranas del proyecto (inicio y planificación), se disminuyen los problemas técnicos y/o baja funcionalidad en la operación, lo que normalmente repercute en mayores ingresos económicos en la fase de operación y mantenimiento.

En las organizaciones es posible que se experimenten fallas en el desempeño del activo recién construido debido a una transición deficiente, al integrar ambos ciclos se aseguran entregables documentales, entrenamiento, conocimiento técnico y configuración completa del activo, para una posterior operación ajustada a la concepción inicial del activo.

La integración mejora la gobernanza, la cultura y los resultados organizacionales, pues cuando los equipos de proyectos, operaciones, mantenimiento, finanzas y la alta dirección, incluyendo también a los interesados, colaboran bajo una visión común, es muy seguro que la

creación de valor del activo en el largo plazo sea lo que se planteó desde la fase de concepto y definición del activo.

En la tabla 8 se muestra un resumen con la integración de estas metodologías

Tabla 8

Impactos y beneficios de la integración de los ciclos de vida

Área de integración	Descripción del punto de integración	Impacto esperado en el ciclo de vida del activo	Beneficios / Impactos organizacionales
Planificación estratégica temprana	Identificar desde el inicio del proyecto los objetivos organizacionales, requerimientos del activo y sus implicaciones en la fase operativa y retirada.	Alineación estratégica, reducción de reprocesos, entrega de activos pertinentes y funcionales.	Asegura que el proyecto esté enfocado desde el principio en la creación de valor sostenible para el negocio.
Gestión de riesgos	Integrar el análisis y control de riesgos del proyecto con los riesgos futuros del activo durante su vida útil.	Mejores decisiones técnicas y económicas; reducción del riesgo operacional, ambiental y financiero.	Anticipa impactos negativos a largo plazo; mejora la toma de decisiones con una visión integral.
Gestión del cambio	Conectar la gestión de cambios técnicos del proyecto con la estabilidad y flexibilidad del activo en operación.	Reducción de desviaciones funcionales; mejora del desempeño técnico del activo.	Minimiza riesgos por cambios mal gestionados; refuerza la gobernanza y el control de calidad en todas las fases.
Requisitos operativos del activo	Incorporar desde la planificación del proyecto los requisitos de mantenibilidad, confiabilidad y sostenibilidad.	Menor impacto en la funcionalidad del activo, menores costos operativos y mayor disponibilidad, extendiendo su vida útil.	Favorece decisiones técnicas basadas en el ciclo de vida; optimiza el costo del ciclo de vida del activo.
Transición proyecto-activo	Asegurar entregables como documentación técnica, manuales, capacitación, modelos digitales y estructura de soporte.	Mayor efectividad en la puesta en marcha y operación del activo; menos fallas tempranas. No presencia de gastos no previstos.	Fortalece la continuidad operativa, mejora la curva de aprendizaje y reduce fallos derivados de la falta de información.
Flujo de datos e información	Integración de sistemas de información entre la gestión de proyectos y la gestión de activos.	Trazabilidad completa, monitoreo de desempeño, soporte a decisiones futuras basadas en datos reales.	Mejora la inteligencia organizacional; permite decisiones basadas en evidencia y eficiencia digital.

Gobernanza y liderazgo organizacional	Involucrar desde el inicio a todas las áreas (proyectos, operaciones, mantenimiento, finanzas, interesados).	Mejora de la cultura organizacional, alineación entre funciones y gobernanza organizacional.	Fomenta la colaboración interdisciplinaria, elimina silos funcionales y fortalece el compromiso estratégico hacia el valor del activo.
---------------------------------------	--	--	--

Nota: la tabla muestra los impactos y los beneficios de la integración del ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo

Convergencias entre metodologías

La metodología para la gestión de proyectos del PMI y la serie de normas ISO 55000 comparten una base conceptual que permite convergencias naturales en torno al concepto inicial, la planificación, la ejecución, el control, la sostenibilidad y la generación de valor, aunque difieren en alcance temporal y el entregable final, ambas coinciden en principios clave que hacen posible su integración armónica.

Tanto la metodología de gestión de proyectos del PMI como las normas ISO 55000 buscan generar valor, aunque desde perspectivas diferentes pues la gestión de proyectos del PMI se enfoca en entregar productos/servicios únicos dentro de restricciones específicas (tiempo, costo, alcance), la ISO 55000 busca optimizar el valor del activo a lo largo de su ciclo de vida, equilibrando costos, riesgos y oportunidades, el valor no se limita a los entregables del proyecto o la adquisición del activo, sino que se proyecta en el tiempo, con visión sistémica y estratégica

Ambos enfoques priorizan la gestión de riesgos, la gestión de proyectos del PMI, los riesgos se identifican, analizan y gestionan durante todo el ciclo de vida del proyecto, para la ISO 55000, los riesgos se evalúan y gestionan a lo largo del ciclo de vida del activo, considerando impactos financieros, operativos y ambientales, el análisis de riesgos es un lenguaje común entre ambas disciplinas, fortaleciendo la toma de decisiones informada.

La participación de los interesados es otro punto de convergencia muy importante, en la gestión de proyectos del PMI, los interesados son fundamentales para definir los requisitos del

proyecto, en la ISO 55000, los interesados influyen en la definición de los objetivos estratégicos del activo.

Ambos enfoques permiten estandarizar, controlar y retroalimentar la gestión con base en procesos definidos y medibles, también ambas metodologías se enfocan en la creación, protección y sostenibilidad del valor para la organización y las partes interesadas.

Ambas metodologías valoran la calidad de la información y el aprendizaje como factores clave de mejora, la gestión de proyectos del PMI enfatiza en las lecciones aprendidas y la gestión del conocimiento como factores de madurez en los proyectos, en las normas ISO 55000 se promueve la gestión del conocimiento como un habilitador del desempeño de los activos y de las decisiones informadas, por lo cual la información técnica, económica y contextual de los activos debe estar disponible desde el proyecto, facilitando su administración durante toda su vida útil.

En la tabla 9 se presenta un resumen de las convergencias entre ambas metodologías:

Tabla 9

Convergencias entre las metodologías

Área de convergencia	Gestión de proyectos (PMI)	Gestión de activos (ISO 55000)	Beneficio para la organización
Generación de valor	Busca entregar productos o servicios únicos que cumplan con alcance, costo y tiempo.	Busca optimizar el valor de los activos a lo largo de su ciclo de vida, iniciando desde el proyecto.	Visión estratégica del valor: se transfiere desde la entrega hasta el uso y operación continua del activo.
Gestión del riesgo	Riesgos del proyecto se gestionan desde el inicio hasta el cierre.	Riesgos del activo se gestionan durante todo su ciclo de vida (financieros, técnicos, ambientales).	Toma de decisiones más informada y proactiva. Se reduce el impacto de incertidumbres a largo plazo.
Participación de interesados	Los interesados definen los requisitos para garantizar el éxito del proyecto.	Los interesados participan en la definición de valor y objetivos del activo.	Mayor alineación entre expectativas organizacionales, técnicas y sociales.
Estructura basada en procesos	Procesos y dominios de desempeño permiten control, medición y mejora.	Sistema de gestión estructurado por procesos coherentes con objetivos organizacionales.	Estandarización y madurez en la gestión organizacional; mejora continua integrada.
Valor sostenible	Valor vinculado al cumplimiento del proyecto y a la satisfacción del cliente.	Valor ligado al desempeño, disponibilidad y utilidad del activo en el tiempo.	Se extiende la medición del éxito más allá de la entrega, promoviendo sostenibilidad operativa.

Gestión de la información	Lecciones aprendidas y documentación apoyan la mejora de futuros proyectos.	Información y conocimiento son insumos críticos para decisiones durante todo el ciclo de vida.	Mejora la trazabilidad, reduce reprocesos, facilita auditorías y optimiza decisiones técnicas.
Gestión del conocimiento	Recolección, análisis y reutilización del conocimiento como buenas prácticas.	Conocimiento técnico y contextual como habilitador del desempeño del activo.	Transferencia de saberes entre proyectos y operaciones, mayor madurez organizacional.

Nota: la tabla muestra las áreas de convergencia entre las metodologías y el beneficio para la organización.

Sinergias entre metodologías

Las sinergias son beneficios adicionales que surgen de la integración y las convergencias de ambas metodologías, estas sinergias permiten maximizar el valor generado por los activos.

Permiten una asignación eficiente de recursos desde la fase inicial del proyecto hasta la retirada del activo, durante la planificación del proyecto, se pueden considerar costos futuros de operación y mantenimiento, evitando decisiones que comprometan la sostenibilidad del activo.

Al combinar ambos enfoques, se toman decisiones más informadas, las decisiones del proyecto se alinean con los objetivos estratégicos del activo, asegurando que el activo cumpla con los requisitos de rendimiento deseados.

Permite identificar y mitigar problemas potenciales antes de que ocurran, un diseño correctamente elaborado orientado también a la operación y mantenimiento durante la fase de planificación del proyecto reduce costos durante la fase de operación y mantenimiento.

Ambos enfoques promueven prácticas sostenibles, la gestión de proyectos del PMI puede incorporar criterios de sostenibilidad en la planificación del proyecto, la ISO 55000 asegura que el activo sea gestionado de manera sostenible durante toda su vida útil.

La gestión de la información es una sinergia muy importante, los datos generados durante el proyecto (especificaciones, planos, registros de pruebas, libro de obra) son esenciales para la gestión eficaz del activo durante su vida útil, al estar correctamente integradas ambas metodologías se logra que esta información se capture, se gestione y se utilice de manera efectiva por los interesados en el ciclo de vida del activo.

Los proyectos inevitablemente involucran cambios, y estos cambios pueden afectar el activo, un proceso apropiado e integrado de la gestión del cambio, asegura que los cambios se evalúen no solo en términos de su impacto en el proyecto, sino también en su impacto en el activo a largo plazo.

Al considerar el ciclo de vida completo del activo durante el proyecto, se pueden identificar oportunidades para incorporar nuevas tecnologías y prácticas que mejoren el rendimiento y la sostenibilidad del activo.

En la tabla 10 se presenta un resumen de las sinergias entre ambas metodologías:

Tabla 10

Sinergias entre las metodologías

Sinergia	Descripción	Beneficio para la organización
Asignación eficiente de recursos	Permite planificar desde el proyecto los recursos necesarios para todo el ciclo de vida del activo.	Reducción de desperdicio de recursos; decisiones más rentables en el largo plazo.
Toma de decisiones más informadas	Las decisiones del proyecto consideran el contexto operativo y estratégico del activo.	Mayor alineación con los objetivos organizacionales; decisiones con impacto sostenible.
Identificación temprana de problemas	El diseño del proyecto incluye visión operativa, anticipando fallas o sobrecostos.	Reducción de errores de diseño y fallas tempranas en la operación del activo.
Enfoque sostenible	PMI puede incluir criterios de sostenibilidad en el proyecto; ISO 55000 los mantiene en operación.	Mayor responsabilidad ambiental, social y económica en todas las fases del activo.
Gestión integrada de la información	Los datos del proyecto (planos, pruebas, manuales) son organizados y útiles para toda la vida del activo.	Facilita mantenimiento, auditoría, continuidad operativa y decisiones basadas en datos.
Gestión del cambio coordinada	Cambios en el proyecto son evaluados por su impacto en el activo y viceversa.	Disminución de impactos negativos no previstos; mayor control del valor y del riesgo.
Incorporación de innovación	La visión de ciclo de vida permite identificar oportunidades de mejora tecnológica o funcional.	Activos más eficientes, resilientes, actualizados y adaptables a nuevas condiciones.

Nota: la tabla muestra la descripción de las sinergias entre las metodologías y el beneficio para la organización

Diferencias entre metodologías

Existen diferencias fundamentales entre ambos enfoques debido a sus propósitos específicos, las cuales son, el ciclo de vida del proyecto (PMI) es temporal y se centra en la entrega de un producto/servicio único, el ciclo de vida del activo (ISO 55000) es permanente y abarca todas las fases del activo, desde su concepción hasta su retirada.

El ciclo de vida del proyecto (PMI) entrega los resultados dentro de restricciones específicas (tiempo, costo, alcance), el ciclo de vida del activo (ISO 55000) optimiza el valor del activo a lo largo de su ciclo de vida, equilibrando costos, riesgos y oportunidades.

El ciclo de vida del proyecto (PMI) se enfoca en procesos y entregables relacionados con el proyecto, el ciclo de vida del activo (ISO 55000) se enfoca en la gestión estratégica y operativa del activo, considerando aspectos financieros, ambientales y de sostenibilidad.

El ciclo de vida del proyecto (PMI) se enfoca en objetivos a corto plazo relacionados con la entrega del proyecto, el ciclo de vida del activo (ISO 55000) se enfoca en objetivos a largo plazo relacionados con el rendimiento y la sostenibilidad del activo.

También estas metodologías difieren en su forma de gestionar el riesgo, en los proyectos los riesgos están centrados en cumplir los plazos, presupuestos o estándares técnicos, mientras que, en la gestión de activos, el riesgo se evalúa con una visión más amplia que pueden involucrar las interrupciones operativas, las fallas, la obsolescencia, el impacto ambiental, la seguridad y el cumplimiento regulatorio.

Otra diferencia clave está en la participación posterior a la entrega, en la gestión de proyectos, una vez que el producto es entregado, el equipo de proyecto se disuelve o empieza otro proyecto, mientras que en la gestión de activos la entrega del activo a través del proyecto

marca solo el inicio de una nueva etapa: su explotación, operación y mantenimiento, donde se genera o destruye valor dependiendo de cómo se administre.

En la tabla 11 se presenta un resumen con las diferencias entre ambas metodologías:

Tabla 11

Diferencias entre las metodologías

Diferencia	Ciclo de vida del proyecto (PMI)	Ciclo de vida del activo (ISO 55000)	Beneficios / Impactos de gestionar la Diferencia
Duración y naturaleza	Temporal, con inicio y cierre definidos.	Permanente, desde la concepción hasta el retiro.	Permite planificar transiciones efectivas y evitar pérdidas de conocimiento entre entrega y operación.
Propósito central	Entrega de producto, servicio o resultado único.	Gestión del activo para generar valor continuo.	Ayuda a que los proyectos no solo entreguen, sino que preparen el activo para operar y evolucionar.
Enfoque de valor	Cumplimiento de alcance, tiempo y costo.	Optimización del valor a largo plazo (desempeño, costo total, utilidad).	Mejora la alineación entre entrega de proyecto y uso sostenible del activo.
Gestión del riesgo	Riesgos del proyecto: cronograma, presupuesto, entregables.	Riesgos del activo: obsolescencia, fallas, sostenibilidad, impacto ambiental.	Permite una visión ampliada del riesgo, integrando prevención operativa desde la planificación.
Horizonte temporal de objetivos	Corto plazo: finalización exitosa del proyecto.	Largo plazo: desempeño, confiabilidad y vida útil del activo.	Favorece decisiones con visión estratégica y evita soluciones cortoplacistas.
Foco de gestión	Procesos del proyecto y sus entregables.	Estrategia y operación del activo en el entorno organizacional.	Fomenta la integración de objetivos técnicos, operativos y financieros.
Participación post-entrega	El equipo del proyecto se disuelve al finalizar el proyecto o inicia otro proyecto.	Inicia la operación del activo con responsabilidad continua.	Fortalece la continuidad operacional mediante transferencia efectiva del conocimiento y configuración.
Visión organizacional	Proyecto como un medio temporal.	Activo como fuente de valor permanente.	Promueve una cultura de largo plazo orientada al ciclo de vida completo.
Responsabilidad posterior	El entregable se transfiere y el proyecto cierra.	La organización gestiona el activo entregado en operación.	Mejora la asignación de responsabilidades, planificación del soporte y sostenibilidad.

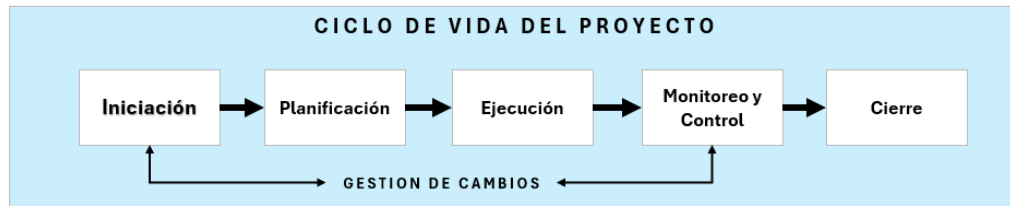
Nota: la tabla muestra las diferencias entre las metodologías con los beneficios/impactos de gestionar la diferencia

Integración del ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo

Un esquema grafico del ciclo de vida del activo se puede plantear como el siguiente:

Ilustración 4

Ciclo de vida del proyecto



Nota: la ilustración muestra el ciclo de vida del proyecto

Un esquema grafico para el ciclo de vida del activo se puede plantear como el siguiente:

Ilustración 5

Ciclo de vida del activo

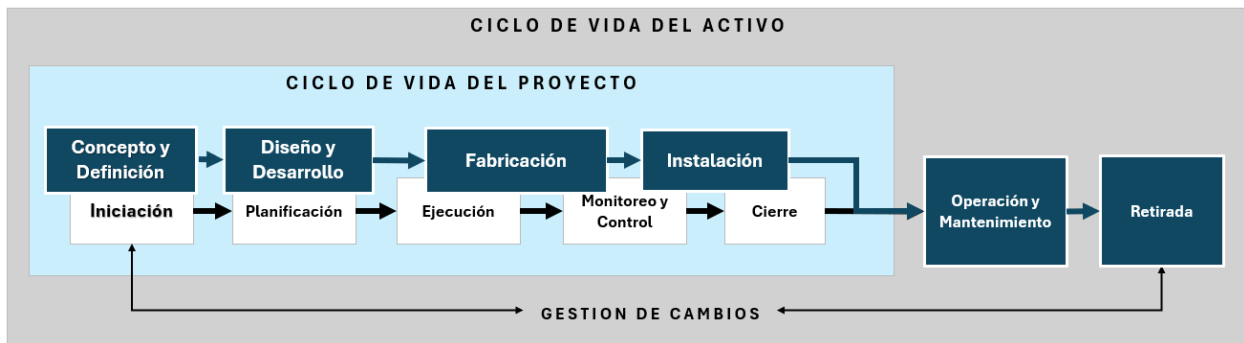


Nota: la ilustración muestra el ciclo de vida del activo

La inclusión del ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo se plantea de la siguiente manera:

Ilustración 6

Integración de ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo



Nota: la ilustración muestra la inclusión del ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo

OBJETIVO DOS - Esquematizar herramientas y técnicas de gestión de proyectos que puedan aplicarse en la gestión de activos.

Esquematizar herramientas y técnicas de gestión de proyectos que puedan aplicarse en la gestión de activos (ISO 55000) para mejorar la planificación, ejecución, monitoreo y cierre de proyectos relacionados con los activos, con el fin de alinearlas con los objetivos de la gestión de activos y procurar la generación de valor, desde el proyecto hacia el activo en el largo plazo.

La gestión de proyectos y la gestión de activos son metodologías desarrolladas con el fin de generar valor, como se ha mencionado en este documento la propuesta es integrar el ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo, en este objetivo se esquematizan las herramientas apropiadas para una integración apropiada, para generar valor sostenible para las organizaciones desde el inicio del ciclo de vida del activo.

La metodología del *Project Management Institute* (PMI) se enfoca en entregar productos o servicios únicos dentro de restricciones específicas (tiempo, costo, alcance, calidad, satisfacción del cliente, riesgos y procesos)¹⁵, la familia de las normas ISO 55000 busca optimizar

¹⁵ Restricciones del Proyecto – Preparación para el examen PMP- Rita Mulcahy, Décima edición 2020 pg. 32

el ciclo de vida de los activos al equilibrar costos, riesgos y oportunidades. La alineación entre ambos enfoques permite no solo cumplir con los objetivos inmediatos del proyecto, sino también asegurar que los activos entregados cumplan con los requisitos estratégicos a largo plazo.

Las herramientas y técnicas que se analizan corresponden a las que se utilizan en las fases del ciclo de vida del proyecto predictivo, las cuales son: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y cierre, se seguirá la explicación de las herramientas con el mismo orden del ciclo de vida del proyecto.

La integración de herramientas usadas en la gestión de proyectos del PMI en la gestión de activos responde a la necesidad de las organizaciones de optimizar sus recursos y garantizar que los activos, cumplan con las funciones para las cuales fueron concebidas y que lo hagan de manera eficiente durante toda su vida útil esperada. Por lo anterior es decisivo identificar puntos de contacto clave entre los procesos de la gestión de proyectos y los elementos estructurales de un sistema de gestión de activos.

Fase de Inicio

La fase de inicio es determinante tanto en la gestión de proyectos como en la gestión de activos, ya que establece las bases para el éxito del proyecto y la sostenibilidad del activo, durante esta etapa, se define el alcance del proyecto y se alinean los objetivos estratégicos del activo.

Análisis de Viabilidad

Para la identificación de requisitos y necesidades estratégicas la herramienta a usar es el análisis de viabilidad (Perez, 2021), esta es una herramienta fundamental para evaluar si el proyecto es viable desde las dimensiones o perspectivas técnica, económica, legal, ambiental, operativa, temporal, estratégica, de sostenibilidad y social.

En el contexto de la ISO 55000, este análisis puede adaptarse para identificar las necesidades estratégicas que justifican la creación del activo, con esta herramienta se asegura

que el proyecto esté alineado con los objetivos estratégicos del activo desde el inicio del ciclo de vida del activo

El análisis de viabilidad en la gestión de proyectos según el PMI es un proceso clave para evaluar si un proyecto es viable desde diferentes perspectivas antes de comprometer recursos significativos. Este análisis ayuda a determinar si el proyecto es técnicamente posible, económicamente justificable, legalmente permitido, operativamente sostenible y cronológicamente realizable.

El análisis de viabilidad debe incluir:

Tabla 12

Tipos de evaluaciones de Viabilidad

Tipo de viabilidad	Descripción de la evaluación
Viabilidad técnica	Se evalúan si los recursos, tecnologías y capacidades necesarias están disponibles para ejecutar el proyecto, también considerar los riesgos técnicos y las limitaciones técnicas.
Viabilidad económica/financiera	Se analizan los costos, con los datos de entrada del proyecto que por lo general en la fase de inicio son estimados, se calculan los beneficios esperados (ROI ¹⁶ , VAN ¹⁷ , TIR ¹⁸) y las posibles fuentes de financiamiento, se determina si el proyecto es rentable o justificable económicamente.
Viabilidad legal y normativa	Se verifica el cumplimiento de leyes, regulaciones y políticas aplicables, se identifica los permisos a gestionar, las licencias y/o restricciones legales.
Viabilidad ambiental	Se debe analizar si es posible cumplir con las normas ambientales en las que el activo en alguna de sus fases de ciclo de vida tiene injerencia.
Viabilidad operacional	Se evalúa si el proyecto puede integrarse en las operaciones existentes y los posibles riesgos asociados, se debe considerar la aceptación por parte de los interesados y de los usuarios finales.
Viabilidad temporal (cronológica)	Se determina si el proyecto puede completarse dentro de los plazos establecidos.

¹⁶ ROI: Retorno sobre la Inversión

¹⁷ VAN: Valor actual neto

¹⁸ TIR: Tasa interna de retorno

Viabilidad organizacional/ Estratégica	Se analiza si se alinea el proyecto con los objetivos estratégicos de la organización, se debe analizar si la empresa tiene la estructura y capacidad para gestionarlo.
Viabilidad social	Se debe tener claridad en cuál va a ser el impacto social de este proyecto en la zona de influencia del proyecto y después en su fase de operación y mantenimiento.

Nota: la tabla muestra los tipos de análisis de viabilidad y su forma de evaluar

Se debe generar un informe de resultados del análisis de viabilidad, en el documento generado se recomienda si es posible seguir adelante con el proyecto (con los posibles ajustes identificados en los análisis preliminares de riesgo), si se deben modificar el alcance, el presupuesto o el cronograma, o simplemente cancelar el proyecto si los riesgos o costos superan los beneficios.

En algunas organizaciones, la viabilidad se enfoca en la posibilidad de ejecución, mientras que factibilidad incluye un análisis más detallado de costos y beneficios. Sin embargo, en el PMI suelen usarse como sinónimos.

El análisis de viabilidad en la gestión de proyectos según el PMI es una evaluación multidimensional que asegura que un proyecto sea realista, beneficioso y alineado con los objetivos estratégicos antes de su aprobación formal.

Matriz de competencias

La matriz de competencias es una herramienta que debe ser usada en la gestión de proyectos y en la gestión de activos, pues es muy clave cuando especialmente se trata de asignar roles y responsabilidades a las personas involucradas en un proyecto o en la operación de un activo.

La matriz de competencias es una herramienta que permite identificar, evaluar y asignar competencias específicas (Chiavenato, 2009) a los miembros de un equipo o a los interesados en un proyecto o a un proceso específico. Esta matriz se utiliza para garantizar que las personas

asignadas a roles específicos tengan las habilidades, conocimientos y experiencia necesarios para cumplir con sus responsabilidades de manera efectiva.

La matriz de competencias puede utilizarse en la fase de inicio del proyecto para seleccionar al director del proyecto y al equipo, en la fase de planificación, para asignar los roles y responsabilidades específicas a los miembros del equipo, durante la ejecución del proyecto para seleccionar el equipo de ejecución, para seleccionar el personal encargado de operar y mantener los activos, en cualquiera de estas fases se puede establecer la matriz a través de una matriz RACI¹⁹.

El uso de la matriz de competencias implica, la identificación de roles y responsabilidades, el conocimiento específico, las competencias técnicas, conductuales, de liderazgo, o las requeridas para el correcto desempeño, se conoce en donde “estamos ubicados” permitiendo planificar el desarrollo de nuevas habilidades.

Por medio de la matriz de competencias se puede asegurar la eficiencia operativa pues garantiza que las personas asignadas a roles críticos tengan las competencias necesarias para cumplir con sus responsabilidades, se pueden reducir los riesgos pues se minimiza el riesgo de errores o fallos debidos a la falta de competencias técnicas o experiencia.

Es posible optimizar la gestión de recursos humanos pues facilita la asignación adecuada de recursos humanos, mejorando la productividad y reduciendo costos innecesarios.

Facilitar la transferencia de conocimiento, documenta las competencias existentes y ayuda a planificar la transferencia de conocimientos entre empleados.

Apoyar a la sostenibilidad en la gestión de activos, asegura que el personal esté capacitado para operar y mantener los activos de manera eficiente y sostenible a lo largo de su ciclo de vida.

¹⁹ Esta matriz es una herramienta ampliamente reconocida en la gestión de proyectos y procesos que define quién es Responsable, Autoridad, Consultados e Informados para cada tarea o actividad

Formato del acta de constitución del proyecto

Debe existir un formato propio de cada organización para establecer el “acta de constitución del proyecto”, este documento formaliza el inicio del proyecto, define su alcance inicial y autoriza al director del proyecto para utilizar recursos organizacionales en las actividades del proyecto. Es un documento clave para alinear a los interesados y establecer una base clara para la planificación y la ejecución del proyecto.

Este formato puede adaptarse para incluir los requisitos clave del activo, como su vida útil esperada o los estándares de calidad que debe cumplir alineado con los objetivos estratégicos del activo.

Este documento debe poseer como mínimo la siguiente información:

Propósito del proyecto, en este se debe definir por qué se realiza el proyecto y cuál es su justificación estratégica.

Objetivos del proyecto, se deben establecer metas claras y medibles utilizando la metodología SMART²⁰ (Específicas, Medibles, Alcanzables, Relevantes y con un marco de tiempo definido) (Doran, 1981).

Alcance del proyecto, se debe describir brevemente qué incluye y qué no incluye el proyecto. El alcance concretamente establecido y definido, con esto se evita el crecimiento incontrolado del alcance.

Interesados Clave: se establecen los principales interesados del proyecto, incluyendo patrocinadores, equipo del proyecto y usuarios finales, se puede usar un registro de interesados para documentar sus roles, intereses e influencia.

Riesgos Iniciales, se identifican los riesgos conocidos que podrían afectar el éxito del proyecto.

²⁰ SMART Acrónimo del inglés a través del cual se explican las características básicas de los objetivos los cuales deben ser específicos (Specific), medibles (Measurable), alcanzables (Achievable), realistas (Realistic) y de duración limitada (Time-bound).

Requisitos iniciales, se deben definir los requisitos básicos del proyecto, que posteriormente serán desarrollados en detalle durante la planificación.

Presupuesto inicial, se debe establecer una estimación preliminar del presupuesto disponible para el proyecto.

Restricciones, se deben identificar los factores que limitan las opciones del equipo del proyecto tales como recursos limitados, conocimiento técnico, experiencia, etc.

Supuestos, se deben establecer las condiciones que se consideran reales para la planificación inicial, y las suposiciones con las que se podrían mitigar las restricciones.

Aprobaciones, se incluyen las firmas de los patrocinadores o responsables de autorizar el proyecto, lo que formaliza su inicio.

Para establecer el acta de constitución, es imprescindible reunir los datos sobre el propósito del proyecto, los interesados clave, los objetivos estratégicos de la organización y cualquier restricción o supuesto inicial, consultar con los interesados clave para asegurarte de que el acta refleje sus expectativas y necesidades.

El acta de constitución del proyecto no debe ser un documento extenso, su propósito es proporcionar una visión general clara y accionable del proyecto, una vez redactado, debe ser presentado a los patrocinadores y otros interesados clave para su revisión y aprobación formal, se puede mencionar que es un documento de alto nivel, establecido con información básica y estimada sobre el proyecto.

El acta de constitución del proyecto es un documento esencial para la fase de inicio del proyecto y del ciclo de vida del activo, en este se sientan las bases para el éxito del proyecto. Al definir claramente el propósito, alcance, objetivos, interesados, riesgos y presupuesto inicial, este documento asegura que todos los involucrados estén alineados desde el principio. Además, formaliza la autorización del proyecto y otorga al director del proyecto la capacidad de gestionar recursos.

Identificación de Interesados Clave

Para realizar la identificación de interesados clave (Cleland & Ireland, 2006) se usa la herramienta "Mapa de Interesados" la cual es una técnica ampliamente utilizada en la gestión de proyectos (PMI) y también en la gestión de activos (ISO 55000), en esta se identifican, analizan y clasifican a las partes interesadas clave que pueden influir o ser afectadas por un proyecto o un activo.

El Mapa de Interesados es una representación visual o estructurada que ayuda a identificar y clasificar a los interesados de un proyecto o activo según su nivel de influencia, interés e impacto. Esta herramienta permite a los gestores del proyecto o del activo comprender mejor las expectativas, necesidades y roles de cada interesado, lo que facilita una gestión más efectiva de sus relaciones.

El objetivo principal del mapa de interesados es asegurar que todas las partes involucradas sean consideradas desde el inicio y que sus expectativas sean gestionadas adecuadamente durante todo el ciclo de vida del proyecto o del activo.

Para realizar la identificación de interesados, se debe identificar a todos los posibles interesados tanto internos como externos, estos pueden incluir a los patrocinadores del proyecto, los equipos de trabajo, los clientes y/o usuarios finales, los proveedores, los entes reguladores y/o autoridades gubernamentales, las comunidades locales o grupos ambientales.

Para la clasificación de los interesados se establecen dos criterios principales, el interés y la influencia en el proyecto, y para hacer correctamente el establecimiento de estos criterios se debe contestar las siguientes preguntas:

Interés: ¿Qué tan afectados están por el proyecto o activo?

Influencia: ¿Qué tan poderosos son para influir en las decisiones del proyecto o activo?

Un método común para clasificarlos es utilizar una matriz de interés vs. influencia, la cual se puede establecer como una matriz de calor, que es una representación gráfica en la que los interesados se clasifican en función de los dos criterios ya mencionados.

Estos criterios se representan normalmente en una cuadrícula de 2x2, el tamaño de la matriz también puede ser de 3x3 pero dependerá de lo que establezca cada organización y del tamaño del proyecto, donde cada cuadrante indica una estrategia específica para gestionar a los interesados.

Ilustración 7

Ejemplo de matriz de interesados

MATRIZ		INTERES	
		BAJO	ALTO
INFLUENCIA	ALTO		
	BAJO		

Nota: la ilustración muestra un ejemplo típico de la matriz de la valoración de interesados

Los resultados de la matriz se pueden gestionar de la siguiente manera:

Alta influencia/ Alto interés, en este cuadrante están los interesados clave que tienen gran poder de decisión y están altamente afectados por el proyecto, a este grupo se les debe mantener informados, involucrados y satisfechos.

Alta influencia/Bajo interés, en este cuadrante están los interesados poderosos, pero menos afectados directamente por el proyecto o activo, se debe proporcionarles información regular sin sobrecargarlos.

Baja influencia/Alto interés, en este cuadrante están los interesados con poco poder, pero altamente afectados por el proyecto o activo, se debe comunicarles las actualizaciones periódicas para mantener su apoyo.

Baja influencia/Bajo interés, en este cuadrante están los interesados con poco poder y poca relevancia en el proyecto o activo, se deben monitorear ocasionalmente para evitar sorpresas.

Además del interés e influencia, es importante evaluar el impacto positivo o negativo que los interesados pueden tener sobre el proyecto o activo pues independientemente del cuadrante

donde se encuentren ubicados se puede presentar que algunos interesados apoyen activamente el proyecto (impacto positivo) y otros interesados pueden oponerse al proyecto debido a diversas situaciones como por ejemplo algún conflicto de intereses (impacto negativo).

El mapa de interesados ayuda a entender las expectativas de los interesados y a alinearlas con los objetivos del proyecto o del activo, permite anticipar posibles conflictos y desarrollar estrategias para mitigarlos, facilita la planificación de las comunicaciones, asegurando que cada interesado reciba la información adecuada en el momento correcto, proporciona una visión clara de quién tiene la capacidad de influir en las decisiones críticas del proyecto o del activo, ayuda a priorizar las necesidades de los interesados más influyentes o afectados y por ultimo y no menos importante identifica a los interesados que podrían oponerse al proyecto o activo, permitiendo desarrollar estrategias proactivas para abordar sus preocupaciones.

También permite enfocar los esfuerzos de gestión en los interesados más relevantes, ayudando a garantizar que el activo cumpla con las expectativas de los usuarios finales y otros grupos clave a lo largo de su ciclo de vida.

Recolectar información histórica, de los procesos y procedimientos referentes al proyecto en fase de inicio

Recopilar la información histórica, de los procesos y los procedimientos referentes al proyecto que está en fase de inicio es una actividad altamente recomendada para realizar en la fase de inicio de un proyecto predictivo. Este proceso tiene como objetivo aprovechar las lecciones aprendidas y los estándares organizacionales previos para mejorar la planificación y ejecución del proyecto actual.

La recopilación de información histórica permite evitar errores pasados pues se identifican problemas o situaciones que surgieron en proyectos anteriores y permite desarrollar estrategias para evitarlos.

Es posible utilizar soluciones exitosas implementadas en proyectos similares, puede mejorar la precisión en la planificación pues las estimaciones de tiempo, costos y recursos se pueden basar en datos reales en lugar de suposiciones.

Al alinear el proyecto con los estándares organizacionales, se garantiza que el proyecto siga las políticas, procesos y normativas internas establecidas.

Existen varias herramientas y técnicas que facilitan la recopilación y análisis de la información histórica tales como:

Las bases de conocimiento organizacional, es la base de datos centralizada donde se almacenan documentos, informes, lecciones aprendidas y otros recursos relacionados con proyectos pasados.

Entrevistas y encuestas, con estas técnicas cualitativas se puede obtener información directamente de personas involucradas en proyectos anteriores, se pueden usar cuestionarios estructurados para preguntar sobre desafíos enfrentados, soluciones implementadas y resultados obtenidos, con esto es posible identificar detalles específicos que no están documentados formalmente.

Benchmarking, se trata de comparar el proyecto actual con proyectos similares dentro o fuera de la organización para identificar mejores prácticas, se puede analizar cómo otras empresas han gestionado proyectos similares para adoptar sus enfoques exitosos o no incurrir en los errores que se les hayan presentado.

Análisis de datos históricos, por ejemplo, el uso de herramientas tecnológicas para analizar grandes volúmenes de datos históricos y extraer patrones (Big data (Mayer-Schönberger, & Cukier, 2013) o Business Intelligence (Larra Torralbo, 2016)), se pueden usar para visualizar las tendencias requeridas, apoyados en la información histórica de otros proyectos, al identificar correlaciones entre variables y predecir posibles desafíos.

Planificación

La fase de planificación es fundamental tanto en la gestión de proyectos como en la gestión de activos. En esta etapa, se establece la ingeniería de detalle, se profundizan los objetivos, se establece el alcance real, los recursos a consumir y los cronogramas necesarios en los tiempos reales, es decir las líneas base para garantizar el éxito del proyecto y la sostenibilidad del activo.

Análisis de Requisitos y Alcance

Para el análisis de requisitos y alcance se usa la herramienta matriz de trazabilidad de requisitos la cual es ampliamente utilizada en la gestión de proyectos para asegurar que todos los requisitos identificados sean cubiertos durante el desarrollo del proyecto. En el contexto de la ISO 55000, esta matriz puede adaptarse para vincular los requisitos del activo (funcionales, operativos y de mantenimiento) con los entregables del proyecto.

La matriz de trazabilidad de requisitos es una herramienta que se usa para asegurar que todos los requisitos identificados sean cubiertos durante el desarrollo del proyecto. Es una tabla o documento que vincula cada requisito con sus entregables, actividades, pruebas y otros elementos relacionados, permitiendo rastrear su cumplimiento a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Para realizar la matriz de trazabilidad de requisitos se deben seguir estos pasos:

Identificar los requisitos, enumerar y describir todos los requisitos del proyecto o activo, estos pueden ser funcionales, (lo que el sistema debe hacer y no hacer) o no funcionales (rendimiento, seguridad).

Establecer a cada requisito identificado un entregable específico del proyecto.

Establecer a cada requisito identificado cuales son las pruebas o validaciones de calidad específicas para verificar su cumplimiento.

Esta matriz debe estar en continua revisión para reflejar los cambios en los requisitos, entregables o actividades, todo esto apoyado en un procedimiento de gestión del cambio (Center for chemical process safety (CCPS) - American institute of chemical engineers (AIChE), 2008).

Con la matriz de trazabilidad de requisitos se puede garantizar que todos los requisitos identificados sean abordados a lo largo del proyecto, evitando omisiones, también es posible evaluar el impacto de cambios en los requisitos sobre los entregables y actividades del proyecto.

Sirve para proporcionar una visión clara de cómo los requisitos están vinculados con los entregables y actividades, facilitando la comunicación entre los interesados.

Permite establecer en la planificación las líneas base para las pruebas o validaciones de calidad que se deban realizar a los requisitos establecidos como entregables del proyecto.

Facilita las auditorías internas o externas al proporcionar evidencia documentada de que todos los requisitos se están gestionando o han sido gestionados adecuadamente.

Identifica y valora los posibles riesgos de los requisitos, al establecer la probabilidad y la consecuencia del cumplimiento o no cumplimiento del requisito, se logra obtener la criticidad y también la prioridad de los requisitos, estableciendo acciones de mitigación para poder reducir el riesgo de fallos o retrasos.

Esta herramienta permite alinear los objetivos del proyecto con los requerimientos estratégicos del activo, asegurando que desde el diseño del activo sea considerada su operación y mantenimiento futuro.

Enunciado del Alcance del Proyecto

El enunciado del alcance del proyecto es un documento muy detallado que describe específicamente qué está incluido y excluido del proyecto.

Debe proporcionar una descripción clara y detallada del alcance del proyecto, los entregables específicos, los límites claros (qué está incluido y excluido), los requisitos del proyecto, los supuestos y restricciones, expectativas de los interesados, es decir el propósito del proyecto.

Se desarrolla durante la fase de planificación, el enunciado del alcance toma como punto de partida los elementos definidos en el acta de constitución del proyecto, pero lo expande y refina con más detalles.

Es una guía detallada para la ejecución del proyecto y asegurar que todos los interesados tengan una comprensión común del alcance, su intención principal es definir y controlar el alcance del proyecto para evitar desviaciones y asegurar que se cumplan los objetivos, gestionando el alcance y estableciendo el inicio de la planificación detallada.

Gestión de Riesgos

Las normas de la familia ISO 55000 enfatiza la importancia de gestionar los riesgos a lo largo del ciclo de vida del activo, mientras que el PMI menciona que se debe hacer durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Para integrar ambos enfoques al respecto de la gestión de riesgos, se pueden utilizar herramientas y técnicas descritas en la ISO 31010:2018 (International Organization for Standardization (ISO), 2018), la cual es una norma internacional que sirve para la selección y aplicación de técnicas sistemáticas para identificar, analizar y/o valorar riesgos.

La selección y aplicación de estas técnicas dependerá específicamente del proyecto como tal, en esta norma se relacionan más de 42 técnicas, con diferentes alcances que sirven para identificar, analizar y valorar el riesgo.

En la siguiente tabla se describen brevemente todas las técnicas tratadas en la ISO 31010 y su orientación al respecto de la gestión de proyectos.

Tabla 13*Técnicas de análisis de riesgos de la ISO 31010*

Técnica	Propósito Principal	Uso en Gestión de Proyectos	Por qué se Usa	Para qué se usa	Ventajas
Lluvia de ideas	Identificación	Sí	Genera rápidamente una amplia gama de riesgos potenciales.	Identificar riesgos, causas y soluciones potenciales	Fácil de aplicar, fomenta creatividad y participación grupal.
Técnica Delphi	Identificación y Análisis	Sí	Reúne opiniones de expertos para alcanzar consenso sobre riesgos clave.	Obtener consenso experto sobre riesgos o decisiones estratégicas	Útil cuando se requiere anonimato o evitar sesgos de grupo.
Técnica de grupo nominal	Identificación	Sí	Combina generación individual de ideas con votación grupal para priorizar riesgos.	Priorización de riesgos o decisiones en talleres de grupo	Combina ideas individuales con consenso grupal estructurado.
Entrevistas	Identificación y Análisis	Sí	Recopila información detallada y específica sobre riesgos críticos.	Identificar riesgos, necesidades o requisitos técnicos/organizacionales	Permite obtener percepciones detalladas de expertos y partes interesadas.
Encuestas	Identificación	Sí	Recopila datos rápidamente de un grupo grande de interesados.	Identificar riesgos o validar percepciones generales	Eficiente cuando se necesita información de muchos interesados.
Listas de chequeo	Identificación	Sí		Identificación de riesgos basados en experiencias previas	Asegura que no se omitan riesgos conocidos en

proyectos similares.

Taxonomías	Identificación	Poco frecuente	Facilita la identificación sistemática de riesgos comunes.	Clasificar tipos de riesgos o fallos	Útil para estructuras complejas, pero menos usada en proyectos tradicionales.
AMEF / AMEFC	Identificación, Análisis	Si	Evalúa modos potenciales de falla, sus causas y efectos.	Analizar modos de falla y su impacto en sistemas del proyecto	Común en proyectos de ingeniería, manufactura o salud.
HAZOP	Identificación y Análisis	Si	Identifica peligros operativos en proyectos industriales o de ingeniería.	Análisis sistemático de peligros en procesos industriales	Específico para proyectos químicos o de procesos.
Análisis de escenario	Análisis y Valoración	Sí	Evalúa diferentes escenarios futuros y sus posibles consecuencias.	Evaluar diferentes futuros posibles (riesgos, decisiones)	Útil para planificación de contingencias o gestión de incertidumbre.
SWIFT ("¿Qué pasaría si...?")	Identificación y Análisis	Sí	Explora posibles consecuencias de eventos inciertos mediante preguntas hipotéticas.	Identificación proactiva de riesgos y situaciones no previstas	Fomenta pensamiento preventivo; útil en sesiones grupales.
Enfoque cindínico	Identificación	No habitual	Evalúa riesgos desde múltiples perspectivas (técnica, económica,	Evaluar el impacto de decisiones colectivas	Poco común en entornos de proyectos, más en consultoría estratégica.

social,
ambiental).

Ishikawa (Espina de pescado)	Identificación y Análisis	Sí	Visualiza las causas raíz de un riesgo específico.	Analizar causas raíz de problemas o desviaciones	Visual y estructurada; útil en análisis de calidad.
Análisis de causa raíz	Identificación y Análisis	Sí	Identifica las causas subyacentes de un riesgo para abordarlo de manera efectiva.	Investigar el origen profundo de un problema	Fundamental para evitar recurrencia de fallos en proyectos.
Análisis de corbatín	Identificación y Análisis	A veces	Evalúa interacciones entre múltiples factores que contribuyen a un riesgo.	Visualizar causas, eventos críticos y consecuencias	Útil en proyectos con alto riesgo operacional o ambiental.
HACCP	Identificación y Análisis	Rara vez	Identifica riesgos relacionados con la seguridad alimentaria o procesos críticos.	Controlar puntos críticos en procesos alimentarios o farmacéuticos	Usado solo en sectores específicos.
ACDP (Análisis de capas de protección)	Análisis	No común	Evalúa capas de control para mitigar riesgos en sistemas complejos.	Evaluar barreras de protección técnica en procesos	Aplicación muy técnica e industrial.
Análisis bayesiano	Análisis y Valoración	Rara vez	Utiliza probabilidades condicionales para evaluar riesgos bajo incertidumbre.	Modelar incertidumbre usando probabilidad condicional	Requiere expertos en estadística; poco usado en gestión de proyectos general.

Redes bayesianas / diagramas de influencia	Análisis y Valoración	Rara vez	Modela relaciones entre variables para evaluar riesgos complejos.	Modelar dependencia entre variables y decisiones	Complejo, más aplicado en análisis de sistemas.
Análisis de impacto en el negocio (AIN)	Valoración	Sí	Evalúa cómo los riesgos afectan los objetivos estratégicos de la organización.	Evaluar criticidad de procesos y tiempos de recuperación	Importante en planificación de continuidad o recuperación.
Análisis causa – consecuencia	Identificación y Análisis	A veces	Evalúa las relaciones entre causas y consecuencias de un riesgo.	Vincular eventos iniciales con resultados probables	Útil en proyectos de ingeniería o sistemas complejos.
Análisis árbol de eventos (ETA)	Análisis	A veces	Modela secuencias de eventos para evaluar posibles resultados.	Analizar eventos sucesivos a partir de una condición inicial	Útil en proyectos donde la seguridad es crítica.
Análisis árbol de fallas (FTA)	Análisis	A veces	Identifica combinaciones de eventos que pueden llevar a una falla.	Diagnosticar cómo se puede llegar a una falla crítica	Usado en proyectos técnicos (aeroespacial, infraestructura, TI).
Análisis de confiabilidad humana (HRA)	Identificación y Análisis	Poco frecuente	Evalúa errores humanos como fuente de riesgos.	Evaluar errores humanos en operaciones críticas	Aplica en proyectos donde el factor humano es clave (aviación, medicina).
Análisis de Markov	Análisis	Rara vez	Modela sistemas dinámicos para evaluar riesgos en estados cambiantes.	Modelar estados del sistema y sus transiciones probabilísticas	Muy técnico, requiere software especializado.

Análisis de Monte Carlo	Análisis y Valoración	Sí	Simula incertidumbres para evaluar impactos en cronogramas y presupuestos.	Simular escenarios de costo, tiempo o riesgo	Muy útil para análisis cuantitativo del cronograma o presupuesto.
Análisis de impacto en privacidad (AIP/AIPD)	Identificación y Análisis	Rara vez	Evalúa riesgos relacionados con la privacidad y protección de datos.	Evaluar riesgos sobre datos personales	Específico para proyectos de sistemas con tratamiento de datos.
Mapeo de causas	Identificación y Análisis	Sí	Visualiza relaciones entre causas y efectos de un riesgo.	Visualizar conexiones entre problemas y sus orígenes	Apoya la planificación de acciones correctivas.
Análisis de impacto cruzado	Análisis	Poco frecuente	Evalúa interacciones entre múltiples riesgos.	Estimar cómo se afectan mutuamente diferentes riesgos o eventos	Complejo, poco usado fuera de análisis estratégico.
Evaluación de riesgo toxicológico	Identificación y Análisis	No en PMI	Evalúa riesgos relacionados con sustancias tóxicas o químicas.	Evaluar exposición a sustancias tóxicas	Relevante en proyectos farmacéuticos o ambientales.
Valor en riesgo (VaR)	Valoración	A veces	Estima el impacto financiero máximo de un riesgo en un período determinado.	Estimar pérdidas financieras máximas probables	Usado en proyectos con alta exposición financiera o de portafolio.
Valor en riesgo condicional (CVaR)	Valoración	Rara vez	Evalúa el impacto promedio de los peores	Estimar impactos más allá del VaR	Más frecuente en análisis financiero avanzado.

escenarios
posibles.

ALARP / SFAIRP	Valoración	A veces	Determina si los riesgos han sido reducidos a niveles aceptables.	Demostrar que el riesgo está “tan bajo como razonablemente posible”	Se usa en industrias reguladas (energía, transporte).
Diagrama FIN (frecuencia – número)	Análisis	Poco frecuente	Representa visualmente la frecuencia de ocurrencia de eventos.	Visualizar combinación de frecuencia e impacto	Alternativa gráfica a la matriz de riesgos.
Gráfico de Pareto	Análisis y Valoración	Sí	Prioriza riesgos según su impacto acumulado (principio 80/20).	Identificar principales riesgos/problemas (80/20)	Muy usado en control de calidad y gestión de problemas.
Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) (International Electrotechnical Commission (IEC), 2009)	Identificación y Análisis	A veces	Evalúa riesgos relacionados con la confiabilidad de activos.	Optimizar planes de mantenimiento del activo entregado	Relevante en proyectos de infraestructura, plantas o transporte.
Índices de riesgo	Valoración	Sí	Asigna valores numéricos a riesgos para facilitar su comparación.	Cuantificar el nivel de riesgo en indicadores normalizados	Soporta comparaciones entre riesgos y priorización.
Análisis de costo/beneficio	Valoración	Sí	Evalúa si vale la pena implementar medidas de mitigación.	Evaluar relación entre inversión y beneficio de una acción	Apoya la selección de respuestas al riesgo o alternativas técnicas.

Árbol de decisiones	Análisis y Valoración	Sí	Evalúa diferentes opciones frente a riesgos conocidos.	Tomar decisiones considerando escenarios, costos y probabilidades	Ayuda a elegir entre caminos posibles de ejecución.
Teoría de juegos	Análisis	Rara vez	Evalúa interacciones estratégicas entre múltiples actores.	Modelar decisiones entre partes con intereses distintos	Aplicable a negociaciones complejas o proyectos con múltiples actores.
Análisis multicriterio (AMC)	Valoración	Sí	Evalúa riesgos considerando múltiples criterios o factores simultáneamente	Comparar alternativas en función de múltiples variables	Útil cuando no se puede decidir solo con costo/beneficio.
Registro de riesgos	Identificación y Monitoreo	Sí	Documenta y realiza seguimiento continuo de los riesgos identificados.	Registrar y dar seguimiento a los riesgos identificados	Herramienta esencial del plan de gestión de riesgos.
Matriz de consecuencias/ probabilidades	Valoración	Sí	Combina probabilidad e impacto para clasificar riesgos.	Clasificar y priorizar riesgos cualitativamente	Es el estándar visual más usado en la gestión de riesgos de proyectos.
Curvas en S	Análisis	Sí	Representa visualmente la acumulación de costos o progreso en función	Seguimiento al avance físico y financiero del proyecto	Se usa en control de cronograma y presupuesto.

Nota: la tabla muestra las técnicas que menciona la norma ISO/IEC 31010 para el análisis de riesgos con su aplicación en la gestión de proyectos.

Vale la pena reiterar que el uso estas técnicas de evaluación del riesgo dependen de cada organización y cada contexto del proyecto a desarrollar, la elección de la técnica es al libre albedrío de los equipos y organizaciones.

Análisis de Ciclo de Vida del Activo (LCC - Life Cycle Cost).

Durante la planificación del proyecto, se utiliza el LCC (Brown & Yanuck, 1985) para identificar decisiones que minimicen costos operativos y de mantenimiento futuros, asegurando una inversión sostenible.

En el proceso de planificación el Costo del Ciclo de Vida (LCC), debe ser analizado con los datos de los costos obtenidos para el proyecto, los costos estimados para la fase de operación, los costos de mantenimiento y el posible costo del desmantelamiento, en su esencia, representa la suma total de los costos asociados a un activo durante toda su existencia, obtener una estimación precisa del LCC (International Electrotechnical Commission (IEC), 2017) es determinante para la toma de decisiones informadas para el ciclo de vida del activo.

El proceso para obtener el LCC implica una metodología sistemática, es fundamental delimitar claramente el activo o sistema bajo análisis y establecer los objetivos específicos del estudio de LCC, esto implica definir los límites del sistema, la vida útil esperada, los escenarios operativos considerados y el nivel de detalle requerido.

Con base en las fases del ciclo de vida del activo definidas por cada organización, se deben definir todos los posibles costos asociados a cada una de estas, se deben cuantificar los costos asociados a cada actividad dentro de cada fase del ciclo de vida; lo cual requiere la recopilación de datos históricos, la realización de proyecciones, la consulta con expertos y la aplicación de diversas técnicas de estimación de costos.

Se deben considerar tanto los costos directamente atribuibles al activo (materiales, mano de obra directa, consumos energéticos) como los costos indirectos (gastos generales, administración, depreciaciones), también es importante distinguir entre costos que permanecen constantes independientemente del nivel de actividad y aquellos que varían con el uso del activo.

Los costos que ocurren en el futuro deben calcularse a su valor presente utilizando una tasa de interés establecida por la organización, que refleja el valor del dinero en el tiempo y la inflación esperada.

Una vez que se han estimado los costos para todas las etapas del ciclo de vida del activo, se procede a realizar el análisis y evaluación del LCC, generalmente mediante la suma de los valores presentes de todos los costos incurridos a lo largo del ciclo de vida. Se pueden utilizar diversas métricas y técnicas de análisis, tales como:

Valor Presente Neto (VPN²¹): Suma de los valores presentes de todos los flujos de efectivo (costos e ingresos).

Valor Anual Equivalente (VAE²²): Convierte el VPN en un flujo de costo anual uniforme durante la vida útil del activo.

Análisis de Sensibilidad: Evalúa cómo los cambios en las variables clave (tasa de descuento, vida útil, costos de mantenimiento) afectan el LCC.

Análisis de Escenarios: Considera diferentes posibles escenarios futuros y su impacto en el LCC.

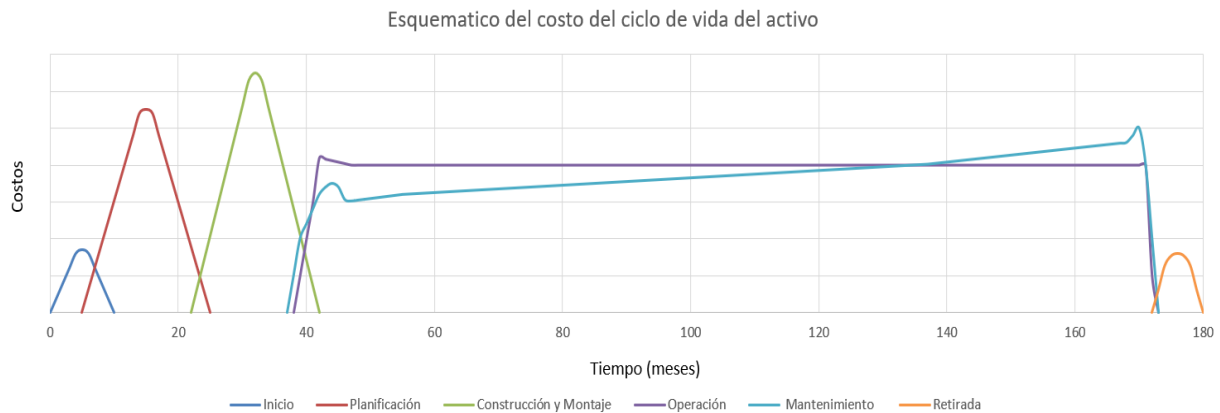
Es de suma relevancia documentar detalladamente el proceso seguido, las suposiciones realizadas, los datos utilizados y los resultados obtenidos. Esta documentación permite la revisión, la actualización y la transparencia del análisis de LCC. Los resultados deben comunicarse de manera clara y concisa a los tomadores de decisiones.

²¹ VPN: Valor presente neto

²² VAE: Valor anual equivalente

Ilustración 8

Esquema del costo de ciclo de vida del activo (LCC)



Nota: la ilustración muestra un esquema del costo del ciclo de vida del activo Fuente: Elaboración propia

En resumen, la obtención del Costo del Ciclo de Vida es un proceso multifacético que requiere una planificación cuidadosa, una recopilación de datos exhaustiva, una aplicación rigurosa de técnicas de estimación y análisis, y una documentación clara.

Al seguir una metodología estructurada y basándose en referencias documentales sólidas, las organizaciones pueden obtener una comprensión profunda de los costos totales asociados a sus activos y tomar decisiones más estratégicas y rentables a lo largo de su ciclo de vida.

Fabricación – instalación

En esta fase el diseño y la planificación se materializan, generando el entregable del proyecto que será posteriormente explotado para generar el valor esperado.

De acuerdo con el modelo de ejecución de proyectos propio de cada organización se construyen, se adquieren o se instalan los activos diseñados y planeados en las líneas base del proyecto, se gestiona la cadena de suministro, incluyendo la selección de proveedores, la compra de materiales y la logística de transporte.

En la tabla 14 se presentan los modelos de ejecución de proyectos más usados en las organizaciones:

Tabla 14

Modelos de ejecución de proyectos

Modelo	Quién Diseña	Quién Construye	Quién Adquiere	Quién Financia	Observaciones
Interno	Propietario	Propietario	Propietario	Propietario	Organización con toda la infraestructura propia
Diseño y Licitación Tradicional	Propietario o consultor externo	Contratista seleccionado mediante licitación	Propietario	Propietario	El propietario controla diseño y construcción por separado
Diseño y Construcción separados	Contratista único A	Contratista único B	Propietario	Propietario	Un solo responsable desde diseño hasta construcción
EPC (Ingeniería, Abastecimiento y Construcción)	Contratista EPC	Contratista EPC	Contratista EPC	Propietario	Alta integración, común en proyectos industriales
EPCM (EPC + Management)	Consultor o EPCM	Subcontratistas	EPCM	Propietario	El EPCM gestiona sin asumir riesgo de costos
Gestión de Construcción (GC)	Arquitecto/Consultor	Constructor gestionado por GC	Gestionado por GC	Propietario	GC trabaja en nombre del propietario
Construcción, operación, transferencia	Contratista	Contratista	Contratista	Contratista	Operación temporal, propiedad final al Estado

Asociación Público- Privada	Consortio o privado	Consortio o privado	Consortio o privado	Consortio o financiamiento mixto	Riesgos compartidos, operación a largo plazo
Adquisición Total (Clave en Mano)	Proveedor externo o propietario	Proveedor externo	Proveedor Externo	Propietario	Producto entregado listo para usar
Alianza	Equipo conjunto	Equipo conjunto	Equipo conjunto	Equipo conjunto	Colaboración sin adjudicación competitiva

Nota: la tabla muestra los modelos mas comunes para la ejecución de los proyectos Fuente: realización propia

Se debe tener en cuenta que es indispensable y mandatorio que el activo se fabrique e instale de acuerdo con las especificaciones de diseño para garantizar que cumpla con los requisitos funcionales, de seguridad y ambientales y todo lo establecido en las líneas base del proyecto.

La efectividad en la gestión de la fabricación/instalación influye directamente en los costos del proyecto y en el cumplimiento de los plazos. Los retrasos y los sobrecostos en esta fase tienen un impacto significativo en la rentabilidad del proyecto y en el costo del ciclo de vida del activo

Pruebas de fábrica (FAT- Factory Acceptance Test)

Las pruebas FAT (Pruebas de Aceptación en Fábrica) (International Electrotechnical Commission (IEC), 2012) son una serie de verificaciones y ensayos técnicos que se realizan al sistema, máquina, equipo o componente antes de salir de la fábrica del proveedor, con el objetivo de confirmar que cumple con los requisitos técnicos, funcionales diseñados y con los requisitos contractuales acordados.

A través de estas pruebas se verifica que el equipo/sistema funcione correctamente según diseño y especificaciones técnicas, se detectan errores o defectos antes del montaje en campo, se reducen los riesgos durante la fase de instalación, se pueden evitar costosas

modificaciones posteriores, se valida también el cumplimiento con los requisitos contractuales y normativos.

Un protocolo bien estructurado y documentado deberá incluir, el objetivo de la prueba, el alcance, las normas aplicables y los estándares técnicos, las herramientas y equipos de medición utilizados, las condiciones ambientales y de seguridad de la prueba, el procedimiento paso a paso, los resultados obtenidos y la firma de conformidad por parte de todas las partes involucradas en las pruebas

Las pruebas FAT se realizan antes del despacho del equipo desde la fábrica del proveedor, es decir, antes de enviarlo al lugar de instalación o al sitio del proyecto donde operara posteriormente.

Pruebas en sitio (SAT- Site Acceptance Test)

Las pruebas SAT (Pruebas de Aceptación en Sitio) (International Electrotechnical Commission (IEC), 2012) son una serie de verificaciones técnicas y funcionales que se realizan una vez que el equipo o sistema ha sido instalado en el lugar donde va a operar

Con estas pruebas se confirma que el entregable no sufrió alteraciones en el proceso del traslado de la fábrica al sitio de instalación, que funciona correctamente en condiciones reales, que cumple con las especificaciones técnicas contractuales y que está listo para continuar hacia la fase de puesta en marcha.

Es una etapa posterior a la instalación física del equipo y previa al comienzo de la operación normal.

A través de estas pruebas se verifica el funcionamiento del equipo en su ubicación definitiva, se confirma que cumple con los requisitos técnicos acordados contractualmente, es posible detectar errores y/o hacer ajustes necesarios antes de iniciar operaciones críticas, se valida la correcta integración del equipo con otros sistemas existentes y sirve como base para la aceptación formal por parte del cliente y la propiedad.

Puesta en Marcha

Posterior a realizar las pruebas FAT y SAT en la fase de fabricación/instalación se deben hacer las pruebas iniciales de operación sostenida del entregable del proyecto, por lo general se conoce como puesta en marcha, comisionamiento (Norwegian Technology Standards Institution (NTS), 2018), arranque, startup, etc; esta actividad es un hito que se planifica para el desarrollo del proyecto, en esta se realizan pruebas integrales del activo completo para verificar en sitio ya instalado que funcione según lo diseñado, se ajustan y se calibran los equipos, se entrena al personal que operará y mantendrá el activo, se entregan los manuales y la documentación técnica del activo.

También se puede revisar la calidad de la fabricación y la precisión de la instalación las cuales determinarán en gran medida el rendimiento, la eficiencia, la confiabilidad y la vida útil del activo. Los errores en esta fase normalmente generar problemas operativos, fallas prematuras y mayores costos de mantenimiento en el futuro.

La correcta ejecución de esta actividad es clave para la aceptación formal del activo por parte de los interesados, sirve para la toma de decisiones inmediatas para garantizar que se cumpla lo planteado en las líneas base del proyecto.

Monitoreo y control

En esta fase del ciclo de vida del proyecto se asegura que el proyecto se mantenga en línea con lo planificado. Es la fase donde se verifica, se mide y se corrige si aplica, el desempeño del proyecto para asegurar el cumplimiento de los objetivos establecidos en las fases anteriores.

Se realiza el seguimiento continuo para asegurar que el proyecto se mantenga alineado con las líneas base establecidas en el plan, cumpliendo los objetivos de alcance, tiempo, costo, calidad y otros aspectos definidos. Es una etapa crítica que se realiza muy enfocada en la fase del ciclo de vida del proyecto de fabricación/instalación para detectar desviaciones, gestionar riesgos, tomar acciones correctivas y garantizar el éxito en el entregable del proyecto

Gestión de Cambios

Es un enfoque estructurado (Center for chemical process safety (CCPS), American institute of chemical engineers (AIChE), 2016) para gestionar cualquier modificación que pueda impactar en el desarrollo del proyecto o del activo durante su ciclo de vida, este proceso asegura que los cambios se evalúen y gestionen de manera que no comprometan los objetivos estratégicos del activo ni su rendimiento a largo plazo.

El proceso de gestión de cambios en el proyecto tiene como objetivo principal identificar, evaluar, aprobar o rechazar, y controlar cualquier cambio que pueda afectar, el alcance, el cronograma, el costo o la calidad del proyecto.

Los cambios en los proyectos pueden surgir por diferentes razones tales como:

Nuevas regulaciones o estándares que deben ser cumplidos y que se establecieron posterior a la formalización del proyecto.

Requisitos operativos propios de la organización que fueron actualizados después de haberse formalizado el proyecto.

Avances tecnológicos posteriores a la formalización del proyecto.

Problemas técnicos, ambientales y de seguridad de las personas detectados durante la ejecución del proyecto, que no fueron correctamente analizados en las fases anteriores a la ejecución del proyecto.

Solicitudes de los interesados clave, en teoría esto no se debe presentar pues en el proceso de identificación de interesados clave se debió haber barrido estas solicitudes, más sin embargo puede haber situaciones posteriores a la formalización del proyecto que lo ameriten como por ejemplo un cambio organizacional.

Los beneficios de un proceso de gestión de cambios bien implementado y que esté alineado con los objetivos estratégicos se pueden identificar como:

Minimización de riesgos, se reduce la probabilidad de que los cambios comprometan el rendimiento del proyecto y por ende del activo.

Es posible asegurar que los cambios no generen sobrecostos innecesarios.

Garantiza que los cambios estén alineados con los objetivos del ciclo de vida del activo.

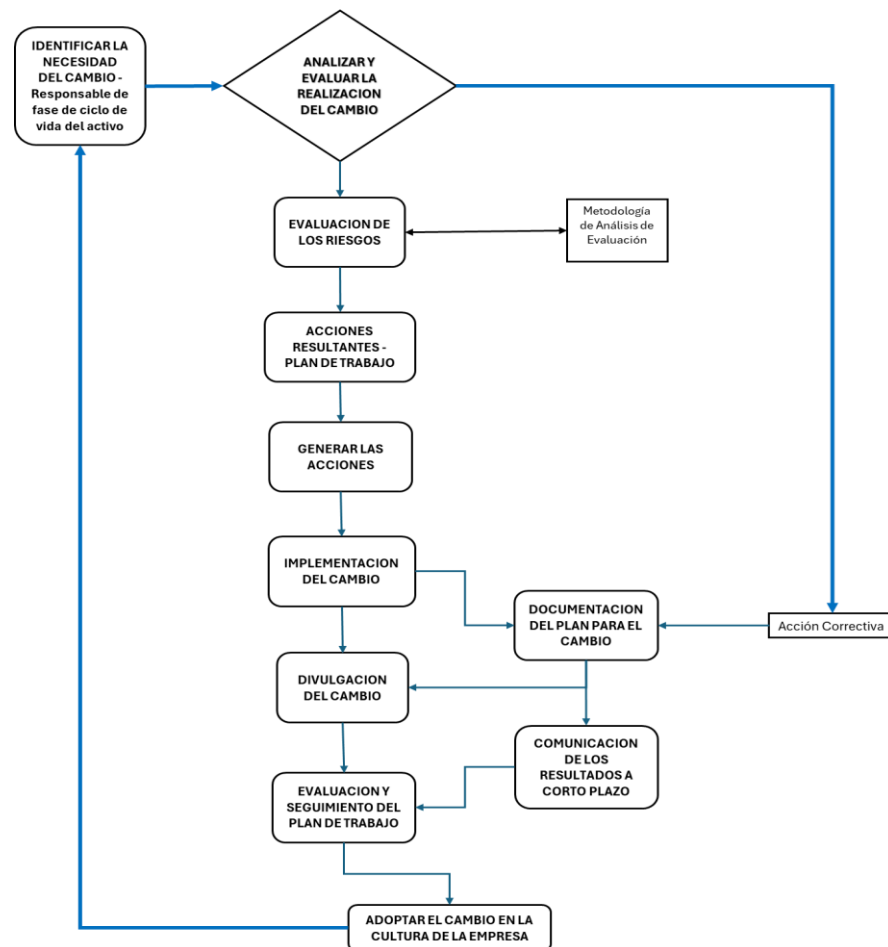
Proporciona claridad sobre el impacto de los cambios a todos los interesados.

Un proceso de gestión de cambios enfocado al ciclo de vida del activo asegura que cualquier modificación en el proyecto sea evaluada y gestionada considerando su impacto a largo plazo en el activo. Esto contribuye a maximizar el valor generado por el activo y minimizar riesgos innecesarios.

En la ilustración 9 se muestra un diagrama de flujo de la gestión de cambio

Ilustración 9

Flujo de la gestión del cambio



Nota: la ilustración muestra un flujograma propuesto para la gestión del cambio, fuente: elaboración propia

Auditorías de Valor Agregado

La herramienta auditorías de valor agregado (International Organization for Standardization (ISO), 2018) es una técnica poderosa en la gestión de proyectos que evalúa cómo el proyecto contribuye al valor estratégico pretendido para activo y su influencia en la estrategia de la organización.

Su uso en la gestión de proyectos está orientado a garantizar que los recursos, actividades y entregables definidos en las líneas base estén alineados con los objetivos de generación de valor a largo plazo.

Las auditorías de valor agregado tienen como objetivo principal: identificar áreas donde el proyecto puede mejorar su contribución al valor estratégico, evaluar si los procesos, actividades y entregables del proyecto están alineados con los objetivos del activo y de la organización.

También pueden proporcionar retroalimentación constructiva para ajustes o mejoras durante el proyecto, lo que normalmente se debe realizar a través de la gestión del cambio.

Los pasos para realizar las auditorías de valor agregado deben incluir, la definición del Alcance de la Auditoría, aquí se establecen qué aspectos del proyecto serán evaluados, tales como: la relevancia de los entregables del proyecto, el cumplimiento de requisitos técnicos, operativos y de mantenimiento y la eficiencia en el uso de recursos.

Durante la fase de monitoreo y control del ciclo de vida del proyecto, se realizan estas auditorías para identificar posibles aspectos mejora en el proceso de la ejecución del proyecto.

Las auditorías proporcionan retroalimentación valiosa que permite ajustar procesos y actividades para mejorar la eficiencia y efectividad del proyecto.

Las auditorías aseguran que los recursos del proyecto se utilicen de manera eficiente para maximizar el valor generado por el activo.

Las auditorías evalúan si los entregables del proyecto están listos para ser transferidos a la fase operativa del activo.

Cierre

Esta es la última fase del ciclo de vida del proyecto, su finalidad es formalizar la terminación del proyecto, cerrar todas las líneas base establecidas, garantizar que todos los entregables han sido completados y aceptados, y capturar el conocimiento adquirido a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Documento de lecciones aprendidas.

En este documento se recoge de forma textual el conocimiento adquirido durante todo el ciclo de vida del proyecto, es recomendable incluir los aciertos, los errores, las decisiones clave, los riesgos enfrentados y como se mitigaron, respuestas efectivas y no efectivas, esto genera recomendaciones para futuros proyectos, se debe divulgar este documento como mínimo a los interesados clave.

Normalmente se elabora en la fase de cierre del proyecto, a través de reuniones donde participen la mayor cantidad de interesados del proyecto, este documento puede alimentarse progresivamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto, pero siempre debe realizarse la(s) sesión(es) al final del proyecto.

Un modelo de formato resumen de lecciones aprendidas se muestra a continuación:

Ilustración 10

Formato modelo para registro de lecciones aprendidas

No	Proceso	Lección Aprendida	Descripción del Evento	Causa Raíz	Impacto en el Proyecto	Recomendaciones / Acción Correctiva	Responsable de Seguimiento	Aplicable a proyectos futuros (Sí/No)
1	Alcance							
2	Tiempo							
3	Costo							
4	Calidad							
5	Compras							
6	Fabricación							
7	Instalación							
8	Arranque							
9	Conflictos							
10	Otros							

Nota: la ilustración muestra un ejemplo de formato de registro de lecciones aprendidas, fuente: elaboración propia.

Los campos de este formato se deben diligenciar así:

Lección Aprendida: Título corto que resuma la lección positiva o negativa

Descripción del Evento: Breve descripción de lo que ocurrió, de forma muy concreta con datos específicos.

Causa raíz: Análisis del porqué ocurrió, usando metodologías para tal fin

Impacto: Resultado de la afectación en el proyecto (tiempo, costo, calidad, satisfacción).

Recomendación / Acción Correctiva: Qué hacer diferente en el futuro.

Responsable de Seguimiento: Quién gestiona o asegura que esta lección se divulgue para su posterior uso, según aplique.

¿Aplicable a proyectos futuros?: en este campo se usa una respuesta negativa o positiva si se debe incluir en una base de datos institucional.

La realización de este documento y su correspondiente divulgación trae múltiples beneficios tales como: evitar errores repetitivos en futuros proyectos, ayuda a fomentar una cultura de mejora continua y aprendizaje organizacional, capturar el conocimiento tácito de los equipos del proyecto antes de que estos se disuelvan, puede fortalecer los procesos de

planificación y toma de decisiones, aumenta la eficiencia y madurez de las organizaciones en la gestión de proyectos.

OBJETIVO TRES - Establecer los criterios más acertados, para la toma de decisiones en cada fase del ciclo de vida del proyecto y del activo

Establecer los criterios más acertados, para la toma de decisiones en cada fase del ciclo de vida del proyecto y del activo, considerando aspectos como costos, riesgos, rendimiento, seguridad, satisfacción del cliente y sostenibilidad; esto con el fin de optimizar los recursos y mejorar la rentabilidad.

Para establecimiento de los criterios más acertados se involucran aspectos como las variables técnicas, las variables económicas y los aspectos relevantes para los interesados en cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto enfocado al ciclo de vida del activo.

Para optimizar los recursos y mejorar la rentabilidad de los activos, la toma de decisiones debe ser completamente real, es decir con datos e información real y enfocada en el todo y hacia todo el ciclo de vida del activo integrando:

Perspectiva de costos totales ($CAPEX^{23} + OPEX^{24} = TOTEX^{25}$).

Enfoque de gestión de riesgos sistémicos.

Prioridad a la seguridad, sostenibilidad y rendimiento en servicio.

Visión orientada a la creación de valor en el largo plazo y no solo al éxito del proyecto.

Los criterios propuestos están divididos para cada fase después de la integración, como se muestra en los siguientes párrafos.

Fase de Inicio (PMI) / Concepto y definición (ISO 55000)

Análisis de viabilidad técnica y económica del activo.

²³ CAPEX: *Capital expenditure*, en español se traduce como gastos de capital.

²⁴ OPEX: *Operating expenditure*, en español se traduce como gastos operativos.

²⁵ TOTEX: *Total expenditure*, en español se traduce como gastos totales.

Evaluación preliminar de riesgos, incluyendo los riesgos futuros de la operación.

Estimación inicial de costos del ciclo de vida (LCC).

Identificación de interesados clave y sus expectativas.

Alineación estratégica del proyecto con los objetivos estratégicos de la organización, involucrando el sistema de gestión de activos.

Sostenibilidad del activo desde el concepto y definición.

Fase de planificación (PMI) / Diseño y desarrollo (ISO 55000)

Análisis de riesgos detallado con herramientas específicas de tipo preventivo establecidas en la norma ISO 31010, para el establecimiento de planes de mantenimiento con los costos asociados.

Evaluación técnica y económica del rendimiento esperado del activo.

Actividades rutinarias y extraordinarias de operación del activo, con sus costos asociados.

Refinar el costo de ciclo de vida (LCC) integrando los costos de adquisición, operación, mantenimiento y el desmantelamiento.

Incorporación de criterios de seguridad y normativos desde el diseño.

Evaluación del impacto ambiental del diseño y la selección de materiales.

Priorización de requisitos de clientes y usuarios futuros del activo.

Fase de ejecución, monitoreo y control, y Cierre (PMI) / Fabricación e instalación (ISO 55000)

Control de calidad en la ejecución del proyecto alineado con las especificaciones de diseño del activo.

Indicadores propios de la ejecución del proyecto tales como:

Porcentaje de trabajo completado el cual mide el avance real del trabajo en comparación con lo planificado.

Variación del cronograma (SV²⁶) el cual mide la diferencia entre el valor ganado (EV²⁷) y el valor planificado (PV²⁸), indicando si el proyecto está adelantado o atrasado.

Variación del costo (CV²⁹) el cual mide la diferencia entre el valor ganado (EV) y el costo real (AC³⁰), indicando si el proyecto está por encima o por debajo del presupuesto.

Índice de desempeño del costo (CPI³¹) el cual mide la eficiencia del costo de los recursos utilizados.

Gestión del cambio estructurada para responder a eventos no previstos sin comprometer valor del activo.

Número de solicitudes de cambio aprobadas el cual indica la estabilidad del alcance o la necesidad de ajustes frecuentes.

Número de riesgos ocurridos y gestionados esta métrica indica la precisión de la identificación y análisis de riesgos.

Efectividad de los planes de respuesta a los riesgos el cual mide el impacto de las acciones tomadas para mitigar los riesgos.

Verificación del cumplimiento de normativas de seguridad industrial y ambiental.

Participación del personal de operación y mantenimiento en inspecciones y pruebas.

Las lecciones aprendidas documentadas y que servirán como retroalimentación para nuevos proyectos.

Satisfacción de partes interesadas con el desempeño del proyecto y el cierre.

²⁶ SV: Schedule Variance - Mide que tan adelantado o atrasado está el proyecto

²⁷ EV: Earned Value - Valor del trabajo que realmente se ha completado

²⁸ PV: Planned Value - Valor monetario del trabajo que debería haberse completado

²⁹ CV: Cost Variance - Mide si el proyecto está por encima o debajo del costo en un momento dado

³⁰ AC: Actual Cost – Costo total actual que se ha incurrido en el proyecto en un momento dado

³¹ CPI: Cost Performance Index: Mide la eficiencia del costo de los recursos usados en un momento dado

Fase de operación y Mantenimiento (ISO 55000)

Indicadores de desempeño del activo orientados a la operación y mantenimiento, estos indicadores deben estar alineados con el propósito del activo por ejemplo producir, transportar, almacenar, medir, etc.

En cualquier organización, estos indicadores conocidos como KPI's³² (Parmenter, 2015) son la base para medir la contribución directa del activo a la continuidad, calidad del servicio y sostenibilidad de la organización.

En la Norma “ISO 22400-2:2014 *Automation systems and integration — Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management — Part 2: Definitions and descriptions*”, (International Organization for Standardization (ISO), 2014) se encuentran definidos indicadores de desempeño que se usan en la gestión de las operaciones de manufactura.

La Norma “UNE EN 15341:2020 Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento” (Asociación española de normalización (UNE), 2020), proporciona un marco estandarizado para definir, seleccionar, calcular e interpretar indicadores clave de rendimiento (KPI) relacionados con la gestión de mantenimiento, estos están organizados en tres grupos, el económico, el técnico y el organizacional.

Gestión de riesgos operacionales: fallas (International Organization for Standardization (ISO), 2018), seguridad de procesos (Center for chemical process safety (CCPS), American institute of chemical engineers (AIChE), 2016), obsolescencia (International Electrotechnical Commission (IEC), 2019).

Satisfacción del cliente/usuario con el funcionamiento del activo.

Criterios de modernización o mejora tecnológica basados en costo-beneficio.

Cumplimiento de metas de sostenibilidad (consumo energético, residuos, emisiones).

³² KPI: *Key Performance Indicator*, en español se traduce como Indicador Clave de Desempeño

Fase de desmantelamiento

Definición del proceso desmantelamiento, se recomienda hacer un análisis para tomar la decisión para la ejecución de esta fase de ciclo de vida del activo, este se puede desmantelar, abandonar, reutilizar, chatarrizar; en este análisis también se evalúa el valor residual del activo

Validación con posibles interesados si existe la posibilidad de recuperar partes del activo para reutilización.

Análisis de los impactos ambientales del desmantelamiento.

Cumplimiento normativo en disposición final.

En la tabla 15 se muestra el consolidado por fases con los criterios a seguir y las técnicas recomendadas para cada fase de los ciclos integrados.

Tabla 15

Integración de ciclos de vida con criterios y herramientas recomendadas

Fase del ciclo de vida del activo (ISO 55000)	Fase de ciclo de vida del proyecto (PMI)	Criterios para la toma de decisiones	Herramientas/Técnicas Recomendadas
Concepto y definición	Inicio	Análisis de viabilidad técnica y económica (LCC / TCO)	Análisis LCC (Life Cycle Cost) Estimaciones paramétricas Árbol de decisiones (ISO 31010)
		Identificación de interesados clave	Análisis de Interesados Mapa de Interesados
		Riesgos estratégicos iniciales	Lista de verificación (ISO 31010) Análisis de sensibilidad
		Sostenibilidad del propósito del activo	Análisis multicriterio (ISO 31010) Evaluación de impacto ambiental preliminar
		Evaluación de costos totales (CAPEX + OPEX)	Análisis de escenarios
Diseño y desarrollo	Planificación	Diseño para mantenimiento y operación	Diseño basado en confiabilidad (ISO 31010 - AMEF)
		Evaluación de riesgos (ISO 31010)	Técnicas de análisis de riesgos (ISO 31010)
		Requisitos funcionales y regulatorios	Matriz de requerimientos Establecimiento de líneas base
		Criterios de seguridad e impacto ambiental	Análisis de impactos ambientales Normatividad ambiental específica

Fabricación e instalación	Ejecución, Monitoreo y Cierre	Control de calidad en construcción e instalación	Líneas base del proyecto (Plan de calidad del proyecto) Inspección técnica KPIs del proyecto
		Validación técnica con operación/mantenimiento	Pruebas FAT/SAT
		Gestión del cambio	Procedimiento de gestión de cambio
		Alineación con especificaciones técnicas	Auditorías de la Matriz de trazabilidad de requisitos Pruebas y documentos de aceptación
Operación, mantenimiento	Proyecto finalizado	Indicadores de desempeño	KPI's operacionales KPI's de la gestión de mantenimiento Análisis de datos históricos de intervenciones Tablero de seguimiento de confiabilidad
			Análisis de riesgos orientados a la operación y mantenimiento (ISO 31000)
			Procedimiento gestión del cambio
			Auditorías internas
		Cumplimiento normativo y ambiental	Auditorías de cumplimiento Certificaciones específicas Revisiones regulatorias periódicas
		Mejora continua y optimización	Ciclo Deming (PHVA) Aplicación de metodologías para incremento de eficiencias operacionales
Retiro / Desmantelamiento	Proyecto finalizado	Valor residual del activo	Evaluación de activos remanentes Tasación técnica Análisis financiero final
			Análisis de desmantelamiento Evaluación ambiental Planificación de disposición
			Gestión de residuos Plan de reciclaje o recuperación Evaluación de circularidad
		Retroalimentación para futuros proyectos	Documento de Lecciones aprendidas
		Transferencia de información al sistema de gestión de activos	Actualización de registros técnicos
			Repositorio documental centralizado

Nota: la tabla muestra una matriz comparativa integrada de las técnicas de ciclo de vida del proyecto (PMI)

dentro del ciclo de vida del activo (ISO 55000).

OBJETIVO CUATRO - Identificar recomendaciones prácticas, para la implementación del marco metodológico propuesto.

Identificar recomendaciones prácticas, para la implementación del marco metodológico propuesto. considerando casos de estudio, juicio de expertos y buenas prácticas en la gestión de proyectos y activos, para que se optimicen los procesos de integración de ambas áreas y se logre una gestión de activos con la máxima eficacia.

La integración efectiva de los marcos PMI e ISO 55000 requiere un enfoque sistémico, colaborativo y adaptativo, donde la formación, la documentación, la gestión del cambio y la mejora continua son pilares fundamentales.

Alineación Estratégica y Compromiso de la Alta Dirección

Establecer una cultura organizacional integrada, la integración exitosa requiere que la alta gerencia la comprenda y la respalde. Esto implica definir una política de ciclo de vida del activo alineada con la estrategia de la organización involucrando la gestión de proyectos en la gestión de activos. Es fundamental que los líderes divulguen la importancia de la integración y asignen recursos (humanos, tecnológicos y financieros) suficientes.

Para lograr esto se puede hacer a través de la realización de reuniones periódicas interdepartamentales, capacitación al personal en ambos enfoques metodológicos (PMI – ISO 55000), el fomento de la transparencia y el intercambio de información y de la formación y sensibilización multidisciplinaria.

Capacitar a los equipos en Competencias Transversales

Capacitar a los equipos en los fundamentos de la gestión de proyectos bajo la metodología del PMI y la gestión de activos bajo el enfoque de la familia de normas ISO 55000, esto reduce fricciones y mejora la colaboración. Se recomienda realizar talleres prácticos, simulaciones y capacitaciones conjuntas para crear un lenguaje común y entender cómo se interrelacionan los procesos.

Los temas clave a capacitar pueden ser, las Normas internacionales ISO 55000, la metodología de la gestión de proyectos del PMI (PMBOK), las técnicas de análisis de riesgo descritas en la ISO 31010, el uso de herramientas de simulación y modelado.

Con las capacitaciones se logra una mayor comprensión mutua entre equipos y una mejor comunicación y coordinación.

Selección y adaptación de herramientas y técnicas

Utilizar herramientas de PMI tales como el acta de constitución, la matriz de interesados, la gestión de riesgos, y el análisis de valor ganado; adaptando estas para el uso continuo en la gestión de activos. Implementar el análisis del ciclo de vida del activo (LCC, *Life Cycle Cost*) desde la fase de inicio para tomar decisiones informadas sobre inversiones, mantenimiento y posibles reemplazos.

El uso de matrices de interesados ayuda a identificar actores clave tanto en la fase de proyecto como en la operación del activo, asegurando su involucramiento continuo.

Gestión Integral de Riesgos y Oportunidades

Usar una visión integral del riesgo a lo largo del ciclo de vida del activo, mejora la toma de decisiones informadas desde el proyecto.

Realizar talleres de análisis de riesgos conjuntos, identificando amenazas y oportunidades en todas las fases del ciclo de vida.

Documentación y Lecciones Aprendidas

Documentar las lecciones aprendidas y crear repositorios de conocimiento de fácil acceso por parte de los interesados.

Documentar las decisiones clave, cambios y lecciones aprendidas en cada fase del ciclo de vida. Utilizar formatos estandarizados para capturar y transferir conocimiento, facilitando la mejora continua.

Los beneficios que se obtienen son la mejora continua, la reducción de errores repetitivos, la facilidad en la toma de decisiones informadas en proyectos futuros.

El registro sistemático de lecciones aprendidas permite evitar la repetición de errores y capitalizar aciertos en futuros proyectos y activos.

Participación de Expertos y Grupos de Interés

Involucrar a las partes interesadas, expertos internos y externos en la revisión de hitos críticos, especialmente en fases de definición, diseño y transición a operación.

Por medio del fomento de la participación de los interesados desde el inicio, se asegura que sus necesidades y expectativas sean consideradas en la toma de decisiones, lo cual permite identificar necesidades operativas tempranas y minimizar problemas técnicos futuros.

Monitoreo, Control y Mejora Continua

Definir indicadores clave de desempeño (KPI's) (Kerzner, 2017) para medir la eficacia de la integración y el cumplimiento de objetivos tanto de proyectos como de activos. Realizar auditorías cruzadas y revisiones periódicas para identificar desviaciones y oportunidades de mejora. Utilizar el ciclo PHVA para asegurar la mejora continua del marco metodológico.

Gestión del Cambio Organizacional

Desarrollar un plan de gestión del cambio que contemple la transición cultural, la capacitación y la comunicación interna sobre los beneficios de la integración.

Cada cambio debe ser documentado y divulgado, y se debe realizar el apropiado seguimiento de las acciones que genera este cambio, independiente de la fase del ciclo de vida del activo.

Los beneficios que se obtienen son un flujo continuo de información, mayor trazabilidad y control, se facilita la toma de decisiones basada en datos reales, una comunicación clara y la demostración de beneficios tangibles.

Auditorías de Integración Post-Proyecto

Realizar auditorías de la entrega del proyecto con un tiempo no superior a los dos meses, esto con el objetivo de detectar y corregir fallos tempranos, antes de que se normalicen y generen costos repetitivos.

Validar la curva de aprendizaje del personal, con esto es posible corregir brechas de capacitación a través de sesiones adicionales de entrenamientos y transferencia de conocimiento.

Ajustar los planes de mantenimiento basados en datos reales.

Asegurar la calidad de la data que alimentará los KPI's, verifica que los sistemas (CMMS³³, SCADA³⁴, ERP³⁵) están capturando los datos maestros y de eventos con la codificación correcta.

Confirmar la disponibilidad de soporte y garantías, revisar que los contratos de servicio, repuestos y garantías estén activos y accesibles; es posible agilizar reclamaciones mientras el proveedor aún está plenamente comprometido.

Medir rápidamente los beneficios operativos prometidos, aunque sea preliminar, se puede estimar consumos de energía, rendimientos, OEE³⁶, facilita tomar acciones de optimización sin esperar un lapso mayor.

Muchas veces quedan pequeños pendientes (documentación, etiquetas, protecciones) que solo se evidencian al operar; en esta auditoría se listan y se obtienen los compromisos de cierre inmediato.

³³ CMMS: *Computerized Maintenance Management System*, en español se traduce como Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado

³⁴ SCADA: *Supervisory Control and Data Acquisition*, en español se traduce como Control de Supervisión y Adquisición de Datos.

³⁵ ERP: *Enterprise Resource Planning*, en español se traduce como Planificación de Recursos Empresariales

³⁶ OEE: *Overall Equipment Effectiveness*, en español se traduce como Eficiencia General de los Equipos

Realizar el seguimiento cercano, refuerza la cultura la entrega y genera confianza entre las áreas multidisciplinarias de la organización que participan en la gestión del ciclo de vida del activo.

Guía y Soporte Metodológico

Elaborar un documento interno normalizado y guía específico para la organización, que detalle los pasos, responsables, herramientas y métricas para la implementación del marco metodológico. Se debe proveer el soporte metodológico y consultoría interna o externa durante las primeras implementaciones para asegurar la correcta adopción y resolver dudas.

La existencia de una guía clara y de fácil acceso facilita la estandarización y la replicabilidad del proceso en toda la organización.

OBJETIVO CINCO – Preparar un documento, con el fin de que sea utilizado como guía para el proceso de implementación a futuro.

Preparar un documento, con el fin de que sea utilizado como guía para el proceso de implementación a futuro de esta metodología, para ampliar la cultura organizacional y generar valor.

Guía práctica para la integración del ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo.

Esta guía práctica está diseñada para que sirva a las organizaciones para implementar las actividades de integración del ciclo de vida del proyecto en el ciclo de vida del activo, asignando responsabilidades claras, en cada fase se incluyen los criterios recomendados, sus respectivas herramientas, y los posibles participantes.

Concepto y Definición

Fase del ciclo de vida del activo: concepto y definición

Fase del ciclo de vida del proyecto: inicio

Se define el propósito del activo, se evalúa su viabilidad técnica y económica, se identifican los interesados clave y se analizan los riesgos estratégicos iniciales.

Participantes de la organización en esta fase:

Equipo de proyectos, es el que gestiona la ejecución de esta fase.

Equipo de gestión de activos, participar en la definición del propósito del activo y del análisis técnico.

Departamento financiero, contribuye con los análisis económicos y financieros.

Departamento de riesgos, apoyar en la evaluación de riesgos estratégicos.

Departamento de sostenibilidad, evalúa los impactos ambientales preliminares.

Criterios para la toma de decisiones:

Análisis de viabilidad técnica y económica

Responsable: equipo de proyectos, departamento financiero.

Herramientas/técnicas recomendadas: análisis LCC (*life cycle cost*), estimaciones paramétricas, árbol de decisiones (ISO 31010).

Identificación de interesados clave

Responsable: equipo de proyectos, equipo de gestión de activos.

Herramientas/técnicas recomendadas: análisis de interesados, mapa de interesados.

Riesgos estratégicos iniciales

Responsable: departamento de riesgos.

Herramientas/técnicas recomendadas: lista de verificación (ISO 31010), análisis de sensibilidad.

Sostenibilidad del propósito del activo

Responsable: departamento ambiental.

Herramientas/técnicas recomendadas: análisis multicriterio (ISO 31010), evaluación de impacto ambiental preliminar.

Diseño y desarrollo

Fase del ciclo de vida del activo: diseño y desarrollo

Fase del ciclo de vida del proyecto: planificación

Diseñar el activo considerando la operación, el mantenimiento, los riesgos, los requisitos funcionales y regulatorios, así como los criterios de seguridad e impacto ambiental.

Participantes de la organización en esta fase:

Equipo de proyectos, es el que gestiona la ejecución de esta fase.

Equipo de ingeniería, son los encargados de diseñar el activo.

Departamento de mantenimiento: aporta con conocimientos y experiencia el soporte para los requerimientos de diseño orientados a la gestión de mantenimiento.

Departamento de riesgos, apoyar en la evaluación de riesgos durante el diseño.

Departamento legal y regulatorio, presta apoyo con el conocimiento en el cumplimiento legal y normativo.

Departamento de sostenibilidad: contribuye con el equipo de diseño para evitar impactos ambientales.

Criterios para la toma de decisiones:

Evaluación de costos totales (capex + opex)

Responsable: equipo de proyectos, departamento financiero.

Herramientas/técnicas recomendadas: análisis de escenarios

Diseño para mantenimiento y operación

Responsable: equipo de ingeniería, departamento de mantenimiento.

Herramientas/técnicas recomendadas: diseño basado en confiabilidad (amef)

Evaluación de riesgos (ISO/IEC 31010)

Responsable: departamento de riesgos.

Herramientas/técnicas recomendadas: técnicas de análisis de riesgos incluidas en la norma ISO/IEC 31010

Requisitos funcionales y regulatorios

Responsable: equipo de ingeniería, departamento legal y regulatorio.

Herramientas/técnicas recomendadas: matriz de requerimientos, establecimiento de líneas base.

Criterios de seguridad e impacto ambiental

Responsable: departamento de sostenibilidad.

Herramientas/técnicas recomendadas: análisis de impactos ambientales, normatividad ambiental específica.

Fabricación e instalación

Fase del ciclo de vida del activo: fabricación e instalación

Fase del ciclo de vida del proyecto: ejecución, monitoreo y cierre

Garantizar que la construcción e instalación cumplan con los requisitos técnicos planteados en las líneas base generadas en la fase de diseño y desarrollo, validando con los interesados clave tales como operación y mantenimiento, gestionando los cambios que haya lugar.

Responsables:

Equipo de proyectos, realiza el seguimiento del cumplimiento de la ejecución de lo planeado.

Equipo de construcción, es el responsable de la fabricación e instalación, debe gestionar los cambios que haya lugar.

Departamento de calidad, controla la calidad de las actividades en ejecución.

Departamento de mantenimiento, valida los aspectos relevantes en esta fase concernientes a la operación y mantenimiento.

Departamento legal y regulatorio, valida el cumplimiento de las especificaciones concernientes a temas legales y regulatorios.

Criterios para la toma de decisiones:

Control de calidad en construcción e instalación:

Responsable: departamento de calidad de obras.

Herramientas/técnicas recomendadas: líneas base del proyecto (plan de calidad del proyecto), inspección técnica, kpis del proyecto.

Validación técnica con operación/mantenimiento:

Responsable: departamento de mantenimiento.

Herramientas/técnicas recomendadas: pruebas FAT/SAT

Gestión del cambio

Responsable: todas las áreas involucradas en el ciclo de vida (interesados)

Herramientas/técnicas recomendadas: procedimiento de gestión de cambio

Alineación con especificaciones técnicas:

Responsable: todas las áreas involucradas en el ciclo de vida (interesados)

Herramientas/técnicas recomendadas: auditorías de la matriz de trazabilidad de requisitos, pruebas y documentos de aceptación.

Operación, mantenimiento

Fase del ciclo de vida del activo: operación, mantenimiento y modernización

Fase del ciclo de vida del proyecto: proyecto finalizado

garantizar el desempeño óptimo del activo, gestionar riesgos operacionales, asegurar satisfacción del cliente final, cumplimiento normativo y promover mejora continua.

Responsables:

Equipo de operaciones, encargado de ejecutar y supervisar la operación diaria.

Departamento de mantenimiento, responsable de mantener en óptimas condiciones los activos y de participar en la modernización de estos.

Departamento de riesgos, gestiona los riesgos operacionales.

Departamento de gestión de calidad, monitorea los indicadores de desempeño de esta fase del ciclo de vida, vela por garantizar la satisfacción del cliente final.

Departamento legal y regulatorio, asegura el cumplimiento normativo y ambiental.

Departamento de mejora continua, implementa las metodologías de optimización.

Criterios para la toma de decisiones:

Indicadores de desempeño:

Responsable: departamento de gestión de calidad.

Herramientas/técnicas recomendadas: KPI's operacionales, KPI's de la gestión de mantenimiento, análisis de datos históricos de intervenciones, tablero de seguimiento de confiabilidad.

Riesgos operacionales

Responsable: departamento de riesgos.

Herramientas/técnicas recomendadas: análisis de riesgos orientados a la operación y mantenimiento (ISO 31000)

Gestión del cambio

Responsable: operación, mantenimiento, gestión de activos.

Herramientas/técnicas recomendadas: procedimiento gestión del cambio

Satisfacción del cliente final

Responsable: departamento de gestión de calidad

Herramientas/técnicas recomendadas: auditorías internas

Cumplimiento normativo y ambiental

Responsable: departamento de gestión de calidad.

Herramientas/técnicas recomendadas: auditorías de cumplimiento, certificaciones específicas, revisiones regulatorias periódicas

Mejora continua y optimización

Responsable: departamento de mejora continua.

Herramientas/técnicas recomendadas: ciclo Deming (PHVA), aplicación de metodologías para incremento de eficiencias operacionales

Retiro / desmantelamiento

Fase del ciclo de vida del activo: retiro / desmantelamiento

Fase del ciclo de vida del proyecto: proyecto finalizado

Evaluar el valor residual del activo, gestionar costos e impactos del desmantelamiento, garantizar reutilización o disposición segura, y documentar lecciones aprendidas.

Responsables:

Departamento de gestión de activos, es el responsable de la evaluación del activo.

Departamento de medio ambiente, gestiona los impactos ambientales y los residuos.

Departamento de documentación, se encarga de actualizar los registros técnicos y el repositorio documental.

Departamento de sostenibilidad, promueven la circularidad y reutilización de los activos o componentes.

Criterios para la toma de decisiones:

Valor residual del activo:

Responsable: departamento de gestión de activos.

Herramientas/técnicas recomendadas: evaluación de activos remanentes, tasación técnica, análisis financiero final

Impactos del desmantelamiento

Responsable: departamento de medio ambiente.

Herramientas/técnicas recomendadas: análisis de desmantelamiento, evaluación ambiental, planificación de disposición.

Reutilización o disposición segura

Responsable: departamento de medio ambiente.

Herramientas/técnicas recomendadas: gestión de residuos, plan de reciclaje o recuperación, evaluación de circularidad

Retroalimentación para futuros proyectos:

Responsable: equipo de proyectos, departamento de documentación.

Herramientas/técnicas recomendadas: documento de lecciones aprendidas

Transferencia de información al sistema de gestión de activos:

Responsable: departamento de documentación.

Herramientas/técnicas recomendadas: actualización de registros técnicos, repositorio documental centralizado

Tabla 16

Caracterización para documento guía de integración

Fase	Objetivo	Entradas	Salidas	Responsables	Herramientas / Técnicas	Parámetros para evaluar	Riesgos
Concepto y Definición	Definir el propósito del activo, evaluar su viabilidad técnica y económica, identificar interesados clave y analizar riesgos estratégicos.	Requerimientos iniciales, propósito del activo, datos financieros preliminares, interesados clave, riesgos estratégicos, impacto ambiental preliminar	Documentos de viabilidad, mapa de interesados, lista de riesgos, informe de sostenibilidad, propuesta de inicio	Equipo de Proyectos, Gestión de Activos, Equipo Financiero, Equipo de Riesgos, Equipo de Sostenibilidad	Análisis LCC, Árbol de decisiones, Mapa de interesados, Lista de verificación, Análisis multicriterio	Nivel de participación de interesados	Falta de identificación de interesados
						Exactitud del LCC	Subestimación /sobrestimación de costos
						Tiempo de aprobación	Incertidumbre en riesgos estratégicos
Diseño y Desarrollo	Diseñar el activo considerando operación, mantenimiento, riesgos, requisitos funcionales y regulatorios, criterios de seguridad e impacto ambiental	Resultados de la fase anterior, requisitos funcionales y normativos, especificaciones técnicas, requerimientos, Inversión estimada inicial, gastos de operación y	Diseño finalizado, líneas base del proyecto, matriz de requerimientos, plan de riesgos, documentación técnica, informe ambiental	Equipo de Proyectos, Ingeniería, Mantenimiento, Riesgos, Legal, Sostenibilidad	Análisis de escenarios, Diseño basado en confiabilidad (AMEF), Matriz de requerimientos, Evaluación ambiental	Cumplimiento de requisitos funcionales	Diseño no mantenible
						Costo estimado total	Omisión normativa
						Riesgos mitigados por el diseño	Evaluación ambiental incompleta

mantenimiento
estimados

Fabricación e Instalación	Asegurar que la construcción e instalación cumplan las especificaciones, y las líneas base establecidas en el diseño, validando con interesados y gestionando cambios	Diseño final, plan de calidad, especificaciones técnicas, líneas base, recursos materiales y humanos	Activo construido, pruebas FAT/SAT, documentos de aceptación, plan de calidad ejecutado, registro de cambios, lecciones aprendidas	Equipo de Proyectos, Construcción, Calidad, Mantenimiento, Legal	Líneas base del proyecto, Inspecciones, KPIs de ejecución, Gestión del cambio, Auditorías de trazabilidad	Cumplimiento técnico	Cambios no controlados
						No conformidades detectadas	Fallas en pruebas FAT/SAT
						Duración vs plan	Falta de trazabilidad
Operación, Mantenimiento	Garantizar el desempeño del activo, gestionar los riesgos de operación y mantenimiento, asegurar satisfacción del cliente y cumplimiento normativo	Entrega del activo a operación, KPIs operacionales, políticas de riesgo, auditorías internas, regulaciones	Informes de desempeño, lecciones aprendidas, certificaciones, planes de mejora, actualizaciones del sistema de gestión	Operaciones, Mantenimiento, Riesgos, Calidad, Cliente, Legal, Mejora Continua	KPI operacionales y de mantenimiento, Tablero de confiabilidad, Análisis de riesgos, Auditorías, ciclo de mejora	Gestion de mantenimiento	Fallas operacionales
						Gestion operacional	Incumplimiento regulatorio
						Nivel de satisfacción del cliente	Obsolescencia técnica
Retiro / Desmantelamiento	Evaluar valor residual, gestionar costos e impactos del desmantelamiento, garantizar disposición segura y retroalimentación	Estado del activo, valor residual, normativas, estrategia de disposición/reutilización	Informe financiero final, plan de desmantelamiento, documentos de residuos, lecciones aprendidas, información actualizada	Gestión de Activos, Medio Ambiente, Documentación, Sostenibilidad	Evaluación de activos, Tasación técnica, Análisis de desmantelamiento, Gestión de residuos, Lecciones aprendidas	Definición de reutilización	Impactos ambientales no identificados
						Cumplimiento ambiental	
						Costo real vs estimado	

Nota: la tabla muestra la caracterización del proceso para cada fase del ciclo de vida del activo Fuente: realización propia

OBJETIVO SEIS – Conclusiones. Presentar los principales resultados obtenidos en cuanto a aspectos técnicos, sectorial, empresariales, científicos y académicos.

Conclusiones técnicas

Este trabajo de profundización confirma que es técnicamente viable integrar el ciclo de vida del proyecto (PMI) en el ciclo de vida del activo (ISO 55000), mediante una estructura lógica de herramientas y procesos para cada fase que aseguran la trazabilidad y continuidad técnica desde la concepción hasta el retiro del activo.

La integración permite incorporar y conocer desde etapas tempranas criterios técnicos como el costo del ciclo de vida (LCC), la confiabilidad esperada, la disponibilidad, la mantenibilidad del activo, mejorando la calidad del diseño, la eficiencia constructiva y la sostenibilidad operativa del activo.

Al considerar aspectos del ciclo de vida del activo de la fase de operación y mantenimiento, durante la planificación y ejecución del proyecto, es posible minimizar fallas prematuras, errores de diseño y omisiones técnicas, evitando retrabajos y paradas no programadas en la fase operativa.

Las herramientas de gestión de proyectos como el acta de constitución, la EDT, los análisis de riesgos, el registro de interesados y las auditorías de valor se adaptan efectivamente a la gestión técnica de activos, fortaleciendo el control de calidad y la gestión de desempeño.

La integración facilita la aplicación sistemática del análisis de costos del ciclo de vida del activo (LCC), permitiendo tomar decisiones técnicas más informadas en la fase de adquisición, fabricación e instalación, con impacto directo en la rentabilidad y confiabilidad del activo en su fase de operación.

La integración permite estructurar decisiones técnicas basadas en lecciones aprendidas de proyectos pasados, en los análisis de riesgos, lo cual asegura que las decisiones sean más robustas y alineadas con los objetivos del activo.

La integración permite que los aspectos técnicos del activo tales como materiales, vida útil, actividades de mantenimiento previsto, condiciones de operación se consideren desde la fase inicial, y hagan parte del diseño del proyecto, lo que mejora la calidad de las especificaciones técnicas.

Al incorporar herramientas de control del desempeño, tales como las auditorías técnicas, la medición de los KPI's de ejecución del proyecto, se garantiza que los entregables del proyecto respondan a los objetivos técnicos definidos.

La aplicación de la gestión del cambio en el proyecto, desde la concepción hasta el cierre, fortalece los entregables técnicos del proyecto, lo que fomenta la transferencia de conocimiento técnico entre los equipos de proyectos, mantenimiento y operación.

El marco metodológico de esta integración permite consolidar la documentación técnica a lo largo de todas las fases, desde el acta de constitución del proyecto, planos, manuales, libros de obra hasta protocolos de pruebas (FAT, SAT), asegurando coherencia técnica, trazabilidad documental y el cumplimiento de normativas técnicas.

La integración de las metodologías permite compatibilidad técnica con sistemas tipo CMMS y EAM³⁷, lo cual facilita la integración de datos técnicos del proyecto directamente en plataformas de gestión de activos durante la operación.

Conclusiones sectoriales

El marco metodológico propuesto es particularmente útil en sectores con alta cantidad de activos tales como los servicios públicos, el transporte, la manufactura, oil & gas, donde los activos físicos tienen alta criticidad y largas vidas útiles.

En industrias con procesos continuos, la integración mejora la planificación de las actividades de mantenimiento, desde antes de la puesta en marcha lo cual reduce tiempos de parada no programada y evita reprocesos, con impacto directo en la rentabilidad.

La aplicación del marco en proyectos de infraestructura vial, ferroviaria o aeroportuaria permite asegurar que las inversiones consideren todos los aspectos desde el diseño hasta la operación y el retiro del activo, mejorando la calidad del servicio y la disponibilidad.

Centrales térmicas, hidroeléctricas y solares, entre otras, requieren activos de alto desempeño. El marco metodológico permite integrar mantenibilidad y soporte técnico desde el proyecto, garantizando una mejor tasa de disponibilidad.

³⁷ EAM: *Enterprise Asset Management*, en español se traduce como gestión de activos empresariales

El modelo promueve una cultura de planificación integral en fábricas e industrias, donde tradicionalmente los proyectos se ejecutan sin considerar suficientemente los impactos técnicos y económicos a largo plazo sobre los equipos.

Sectores como el de salud, farmacéutica, minería y transporte se benefician de la trazabilidad y estandarización que ofrece el modelo, facilitando auditorías, cumplimiento legal y certificaciones en sistemas de gestión.

Gobiernos locales pueden aplicar este enfoque en los proyectos de hospitales, colegios, vías y redes de servicios públicos, logrando sostenibilidad en los activos públicos y optimización del gasto de inversión y mantenimiento.

En sectores con fuerte exposición pública, la falta de desempeño de los activos afecta la imagen reputacional, al aplicar el marco propuesto se minimiza este riesgo mediante entregables de mayor calidad técnica.

El modelo incorpora criterios ambientales desde el proyecto tales como eficiencia energética, reciclabilidad, reducción de residuos, alineándose con políticas sectoriales de sostenibilidad, carbono neutro o economía circular.

Las lecciones aprendidas documentadas en cada fase del ciclo de vida permiten que sectores organizacionales generen buenas prácticas replicables y adapten el conocimiento a contextos locales.

El marco tiene potencial para ser adoptado como referencia por gremios o entidades estatales para estandarizar procesos de concepción, planificación, adquisición y gestión de activos públicos o privados en los diferentes sectores industriales o de servicios públicos.

Conclusiones empresariales

La integración metodológica permite asegurar que los objetivos del proyecto estén alineados desde el inicio con la estrategia organizacional al respecto de los activos, lo cual maximiza el retorno sobre la inversión (ROI) y contribuye al cumplimiento de metas corporativas a largo plazo.

Al considerar la mantenibilidad, la confiabilidad y costos operativos desde la planificación, se evitan inversiones erradas, fallos tempranos y mantenimientos no planificados, reduciendo así los costos totales del activo a lo largo de su vida útil.

El enfoque integrado permite una toma de decisiones informada, con trazabilidad financiera, técnica y de riesgos en cada fase del activo, generando confianza en los equipos directivos y los grupos de interés.

La implementación de procesos estandarizados y herramientas compartidas entre gestión de proyectos y activos optimiza el uso de recursos, minimiza desperdicios y mejora los tiempos de entrega y operación.

La convergencia de los enfoques PMI e ISO 55000 establece un marco claro de roles, responsabilidades y control, fortaleciendo la ejecución de proyectos estratégicos y la gobernanza sobre los activos, conecta la inversión en proyectos con el desempeño futuro del activo, mejorando el análisis costo-beneficio y la priorización de portafolios de inversión.

El modelo metodológico facilita la cooperación entre áreas tradicionalmente separadas (proyectos, mantenimiento, operaciones, finanzas), rompiendo silos y promoviendo un lenguaje común orientado al valor.

Al estructurar procesos integrados y documentados, las organizaciones están mejor preparadas para responder a exigencias regulatorias, auditorías externas o cambios en el entorno de negocio.

La evaluación de riesgos técnicos y financieros desde la concepción y el diseño permite anticipar desviaciones presupuestales, fallas operativas y sobrecostos, lo que fortalece la sostenibilidad del negocio.

La trazabilidad técnica y operativa del activo contribuye a la entrega de activos confiables, disponibles y alineados con las expectativas del cliente o la comunidad usuaria.

El enfoque integrado permite que los activos entregados no solo cumplan los requisitos iniciales del proyecto, sino que mantengan su desempeño y valor estratégico deseado durante toda su vida útil.

La integración metodológica propuesta fomenta prácticas sostenibles, considerando eficiencia energética, materiales, impactos ambientales y requisitos de desmantelamiento desde la fase de diseño.

Al involucrar estándares internacionales (ISO 55000, PMI), las organizaciones fortalecen su capacidad para certificar sus procesos y demostrar buenas prácticas frente a entidades externas.

Las empresas que implementen la integración metodológica estarán mejor posicionadas para competir en entornos complejos, al contar con activos más rentables, alineados con sus estrategias de negocio.

Conclusiones científicas y académicas

El trabajo de profundización propone un nuevo marco científico que vincula dos disciplinas que tradicionalmente han evolucionado por separado, la gestión de proyectos bajo el enfoque del PMI y la gestión de activos bajo el enfoque de las normas ISO 55000 bajo una arquitectura metodológica común, lo cual representa una contribución original al campo de la gestión de activos.

El trabajo de investigación demuestra científicamente la compatibilidad entre estándares PMI (PMBOK 6 y 7) y normas ISO (55000, 55001, 55002), integrando sus principios, procesos y herramientas bajo una estructura lógica, replicable y validable.

El modelo integrador respeta los principios de consistencia interna, progresión temporal, causalidad y trazabilidad, lo que le confiere robustez estructural y permite su aplicación como objeto de estudio en diferentes contextos científicos.

La propuesta redefine el paradigma tradicional de gestión de activos al integrar las fases del proyecto como un subsistema del ciclo de vida del activo, ofreciendo así una comprensión más integral y longitudinal del mismo.

La novedad de esta propuesta radica en superar la fragmentación entre la gestión de proyectos y la gestión de activos, estableciendo un modelo unificado que prioriza la trazabilidad de decisiones y su impacto a largo plazo, en lugar de abordarlos como dominios separados.

El marco sirve como fundamento para desarrollar futuros modelos de madurez en integración PMI–ISO 55000, que puedan medir capacidades y utilidades organizacionales en la gestión de los activos.

El trabajo de profundización presenta un modelo metodológico inédito, que integra las fases del PMI con las etapas de ISO 55000 de forma sistemática, lógica y escalable. Este modelo puede servir como base para nuevas propuestas normativas o metodológicas.

La integración permite abordar científicamente temas como sostenibilidad, eficiencia energética, confiabilidad y gestión circular, lo cual es fundamental para agendas científicas vinculadas a cambio climático y transición energética.

El marco metodológico propuesto el cual se apoya en documentación generada por organismos internacionales de gran renombre (PMI e ISO) puede ser replicado en diversos contextos (países, organizaciones, sectores).

El contenido y enfoque del trabajo de profundización posee la solidez necesaria para transformarse en artículos científicos en revistas indexadas de gestión de activos, administración de proyectos, ingeniería o sistemas organizacionales.

El enfoque empleado sigue los criterios fundamentales del método científico: definición del problema, revisión del estado del arte, construcción de un marco teórico, desarrollo metodológico, contrastación y proposición de nuevos conocimientos.

La propuesta es directamente aplicable a currículos de maestrías en gestión de activos, gestión de proyectos, gestión de mantenimiento, o como contenido didáctico estructurado para las organizaciones interesadas en la metodología.

El trabajo de profundización ofrece un puente concreto entre herramientas del conocimiento académico y su aplicabilidad en el entorno empresarial, reforzando la pertinencia de los programas de formación en gestión de proyectos y gestión de activos, frente a las necesidades cambiantes del mercado.

La estructura del marco metodológico puede ser adaptada para el desarrollo de modelos de madurez organizacional en la integración de gestión de proyectos en la gestión de activos, generando instrumentos evaluativos que pueden ser usados como modelos de estudio.

DESCRIPCIÓN DE CÓMO SE ALCANZA EL LOGRO DE OBJETIVOS

UNO: Relatar criterios, fundamentos y fases del ciclo de vida del proyecto y su relación con las fases del ciclo de vida del activo

Para el logro de la realización de este objetivo, se identificaron y explicaron claramente las fases del ciclo de vida del proyecto según el PMI, las cuales se contrastaron con las fases del ciclo de vida del activo definidas por la norma ISO 55000.

Se establecieron los puntos de convergencia, sinergias y diferencias entre ambas metodologías.

Se usó como apoyo el marco teórico la taxonomía de Bloom y Gagné para estructurar el nivel de comprensión y análisis.

El resultado clave tras la realización de este objetivo es obtener una visión integradora entre la gestión de proyectos y la gestión de activos, mostrando cómo las fases del proyecto están incluidas en las fases del ciclo de vida y cómo puede influir directamente en el valor del activo durante toda su vida útil.

DOS: Esquematizar herramientas y técnicas de gestión de proyectos que puedan aplicarse en la gestión de activos

Para el logro de este objetivo, se seleccionaron y adaptaron herramientas reconocidas de gestión de proyectos tales como la matriz de trazabilidad de requisitos, los análisis de viabilidad, la gestión de riesgos, KPI's asociados, acta de constitución, lecciones aprendidas.

A través de estas herramientas se mejora la planificación, el seguimiento y la toma de decisiones en las fases del ciclo de vida del activo.

El resultado clave obtenido tras la realización de este objetivo es la propuesta de uso de una serie de herramientas prácticas que facilitan la integración, permitiendo optimizar recursos y mejorar el desempeño del activo.

TRES - Establecer los criterios más acertados, para la toma de decisiones en cada fase del ciclo de vida del proyecto y del activo.

Para el logro de este objetivo se identificaron los criterios esenciales para la toma de decisiones en cada etapa tales como los costos, los riesgos, el rendimiento, la seguridad, la sostenibilidad y satisfacción del cliente.

Se relacionaron estos criterios con las fases del ciclo de vida del proyecto y del activo.

Se destacó la importancia de la evaluación continua y el uso de indicadores clave de desempeño (KPI's) para realizar el apropiado seguimiento y soportar las decisiones.

El resultado clave tras la realización de este objetivo es la definición de un marco de referencia para la toma de decisiones basado en múltiples dimensiones, lo cual permite una gestión más integral y estratégica del activo

CUATRO - Identificar recomendaciones prácticas, para la implementación del marco metodológico propuesto

Para el logro de este objetivo, se elaboraron recomendaciones enfocadas en, la cultura organizacional, el desarrollo de capacidades internas, la comunicación efectiva entre equipos, el

uso de documentos guía y lecciones aprendidas, se promueve la adopción gradual del modelo, en aras de la madurez organizacional.

El resultado clave obtenido tras la realización de este objetivo es la divulgación de la recomendación práctica para implementar con éxito el marco metodológico planteado, en aras de garantizar su aceptación y posterior desarrollo.

CINCO – Preparar un documento que sirva como guía para el proceso de implementación.

Para el logro de este objetivo, se desarrolló una guía práctica estructurada por fases del ciclo de vida del activo, para cada etapa (concepto, diseño, fabricación, operación, retiro), se incluyeron actividades clave, responsables y herramientas aplicables, enfatizando en la documentación y transferencia de conocimiento entre proyectos y operaciones.

El resultado clave obtenido tras la realización de este objetivo es la generación de un instrumento útil y accesible para las organizaciones con las recomendaciones para futuras implementaciones.

SEIS – Conclusiones. Presentar los principales resultados obtenidos en cuanto a aspectos técnicos, sectorial, empresariales, científicos y académicos.

Para el logro de este objetivo, se sintetizaron los hallazgos más relevantes del estudio, resaltando los beneficios técnicos, sectoriales, empresariales académicos y científicos, planteando una visión estratégica sobre cómo esta integración puede impactar positivamente en la sostenibilidad y competitividad organizacional.

El resultado clave tras la realización de este objetivo es la validación, la pertinencia y factibilidad del marco metodológico desde múltiples perspectivas, fortaleciendo su potencial de aplicación real.

Resultados más relevantes

Se establece un modelo que conecta el ciclo de vida del proyecto (PMI) en el ciclo de vida del activo (ISO 55000), maximizando el valor aportado por los activos desde su concepción lo que podemos llamar un marco metodológico integrador.

Se desarrolla un documento guía que sirve como referente para adoptar el marco metodológico en organizaciones reales.

Se propone la utilización de técnicas de gestión de proyectos ajustadas a las necesidades de la gestión de activos, mejorando la planificación y control.

Se establecen un conjunto de criterios claros y medibles para apoyar la gestión en cada fase del ciclo de vida del proyecto y del activo.

Se identifican estrategias viables para introducir este modelo en empresas, considerando madurez, cultura y recursos disponibles.

Se resalta la importancia de las lecciones aprendidas, la gestión del conocimiento y la retroalimentación para perfeccionar futuros procesos.

Se generaron cuadros comparativos y esquemas gráficos que sintetizan convergencias, sinergias y diferencias, facilitando su comprensión y difusión.

Existe una contribución académica significativa, al llenar vacíos documentales existentes en la literatura sobre integración metodológica PMI–ISO.

Se puede usar como una guía práctica de implementación organizacional, orientada a mejorar la gobernanza, la sostenibilidad y la eficiencia del ciclo de vida de los activos.

Bibliografía

- Asociación española de normalización (UNE). (1995). *UNE EN 13306 : Mantenimiento, Terminología*. Asociación Española de Normalización, CTN 151 – Mantenimiento. Madrid: UNE. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- Asociación española de normalización (UNE). (2015). *UNE-EN 16646:2015. Mantenimiento – Mantenimiento dentro de la gestión de los activos físicos*. Asociación Española de Normalización, CTN 151 – Mantenimiento. Madrid: UNE. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- Asociación española de normalización (UNE). (2020). *UNE EN 15341:2020 Mantenimiento, Indicadores clave del rendimiento de mantenimiento*. Asociación Española de Normalización, CTN 151 – Mantenimiento. Madrid: UNE. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- British Standards Institution (BSI). (1995). *PAS 55-1:1995. Asset management – Specification for the optimized management of physical assets*. British Standards Institution, BSI Asset Management Advisory Group / Institute of Asset Management. Londres: BSI. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- British Standards Institution (BSI). (2008). *PAS 55-1:2008. Asset management – Specification for the optimized management of physical assets*. British Standards Institution, BSI Asset Management Advisory Group / Institute of Asset Management. Londres: BSI. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- Brown, R., & Yanuck, R. (1985). *Introduction to life cycle costing (1 ed.)*. (F. press, Ed.) Englewood Cliffs, Georgia, Estados Unidos: Prentice Hall. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- Center for chemical process safety (CCPS) - American institute of chemical engineers (AIChE). (2008). *Guidelines for management of changes for process safety*. Center for Chemical Process Safety (CCPS), AIChE, CCPS Technical Steering Committee. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- Center for chemical process safety (CCPS), American institute of chemical engineers (AIChE). (2016). *Guidelines for Implementing Process Safety Management, 2nd edition*. Center for Chemical Process Safety (CCPS), AIChE, CCPS Technical Steering Committee. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- Chiavenato, I. (2009). *Gestión del talento humano (3 ed.)*. (M.-H. Interamericana, Ed.) Mexico D.F., Ciudad de Mexico, Mexico: McGraw-Hill Interamericana. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- Cleland, D., & Ireland, L. (2006). *Project management: Strategic design and implementation (5 ed.)*. (M.-H. Companies, Ed.) New York, New York, Estados Unidos: McGraw Hill. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- Doran, G. (s.f. de Noviembre de 1981). *There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives*. (A. M. Association, Ed.) *Management Review*, 70(11), 35-36. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- Equipo de Investigación y Desarrollo de Ellmann, S. y. (28 de 06 de 2017). *CMC Latinoamérica*. (C. L. Group, Editor, & CMC Latinoamérica / CMC Group) <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- Faulkner, R. (09 de 04 de 2015). *Factor This™ (Power Engineering)*. (C. E. Group, Editor, & Clarion Events North America / Power Engineering Group) <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- Figuroa, R. (18 de 12 de 2021). *ADNSUR, No aplica*. (ADNSUR, Editor, ADNSUR, Productor, & ADNSUR) <https://doi.org/No tiene DOI asignado>
- Institute of Asset Management. (2015). *Gestión de activos - Una Anatomía*. Institute of Asset Management (IAM), IAM Knowledge Leadership Group. Londres: Institute of Asset Management . <https://doi.org/No tiene DOI Asignado>

International Electrotechnical Commission (IEC). (2009). Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance. International Electrotechnical Commission, IEC Technical Committee 56 (Dependability). Ginebra: IEC. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

International Electrotechnical Commission (IEC). (2012). Automation systems in the process industry – Factory Acceptance Test (FAT), Site Acceptance Test (SAT) and Site Integration Test (SIT). International Electrotechnical Commission, IEC TC 65/SC 65E (Devices and integration in enterprise systems). Ginebra: IEC. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

International Electrotechnical Commission (IEC). (2017). Dependability management—Part 3-3: Application guide—Life cycle costing (LCC). International Electrotechnical Commission, IEC Technical Committee 56 (Dependability). Ginebra: IEC. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

International Electrotechnical Commission (IEC). (2019). Obsolescence management—Application guide. International Electrotechnical Commission, IEC Technical Committee 56 (Dependability). Ginebra: IEC. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

International Organization for Standardization (ISO). (1999). ISO 14224:1999 - Petroleum and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. International Organization for Standardization (ISO), ISO/TC 67 (Oil and gas industries including lower carbon energy). Ginebra: ISO. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

International Organization for Standardization (ISO). (2009). ISO 14224:2009 - Petroleum and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. International Organization for Standardization (ISO), ISO/TC 67 (Oil and gas industries including lower carbon energy). Ginebra: ISO. Recuperado el 15 de Febrero de 2024, de <https://www.iso.org/standard/23088.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2014). ISO 22400-:2014 - Automation systems and integration — Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management — Part 2: Definitions and descriptions”. International Organization for Standardization, ISO Technical Committee 184 / Subcommittee 5. Ginebra: ISO. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

International Organization for Standardization (ISO). (2014). ISO 55000:2014 Asset management — Overview, principles and terminology. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization (ISO), Comité Técnico 251. Ginebra: ISO. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

International Organization for Standardization (ISO). (2014). ISO 55001: 2014 Asset management — Management systems — Requirements. International Organization for Standardization, ISO/TC 251 (Asset management). Ginebra: ISO. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

International Organization for Standardization (ISO). (2017). ISO 15686-5:2017 Buildings and constructed assets - service life planning - Part 5: Life cycle costing. International Organization for Standardization, ISO/TC 59/SC 14. Ginebra: ISO. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

International Organization for Standardization (ISO). (2018). ISO 19011:2018 Guidelines for auditing management systems. International Organization for Standardization, ISO/PC 302 (Project Committee for auditing guidelines). Ginebra: ISO. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

International Organization for Standardization (ISO). (2018). ISO 31000:2018. Risk management — Guidelines. International Organization for Standardization, ISO/TC 262 (Risk management). Ginebra: ISO. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

International Organization for Standardization (ISO). (2018). ISO 31010:2018 - Risk Management - Risk assessment techniques. International Organization for Standardization, ISO/TC 262. Ginebra: ISO. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

International Organization for Standardization (ISO). (2018). ISO 55002: 2018 Asset management — Management systems — Guidelines for the application of ISO 55001. International Organization for Standardization, ISO/TC 251 (Asset management). Ginebra: ISO. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

Kerzner, H. (2017). *Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance* (3 ed.). Hoboken, NJ, USA: Wiley.

Larra Torralbo, J. A. (2016). *Business Intelligence* (1 ed.). (C. d. (CEF), Ed.) Madrid, Madrid, España: Centro de Estudios Financieros (CEF). <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

Martins, J. (1 de 02 de 2025). *Recursos: Objetivos SMART*. (I. Asana, Editor, & Asana, Inc.) <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

Mayer-Schönberger, , V., & Cukier, K. (2013). *Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think* (1 ed.). (H. M. Harcourt, Ed.) New York, New York, Estados Unidos: Houghton Mifflin Harcourt. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

Mulcahy, R. (2020). *PMP exam prep: Rita Mulcahy's course in a book for passing the PMP exam* (10th ed.). (R. Publications, Ed.) Sequim, Washington, Estados Unidos: RMC Publications. <https://doi.org/No tiene DOI disponible>

Norwegian Technology Standards Institution (NTS). (2018). *NORSOK Z-CR-007 Rev. 3: Completion, commissioning and start-up*. NORSOK / NTS, NTS/OLF/TBL. Oslo: Norwegian Technology Standards Institution. <https://doi.org/No tiene DOI disponible>

Parmenter, D. (3 de 04 de 2015). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs* (3 ed.). (J. W. sons, Ed.) Hoboken, New Jersey, Estados Unidos: John Wiley & sons. <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

Perez, A. (22 de 04 de 2021). *Estudio de viabilidad de un proyecto: ¿qué es y cómo hacerlo?* (O. B. Blog, Editor, & OBS Business School Blog) <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

Project management institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (6th ed.) (Sexta edición ed.). (P. M. Institute, Ed., & N/A, Trad.) Newtown square, Pennsylvania, Estados Unidos: Project Management Institute. <https://doi.org/No tiene DOI Asignado>

Project management institute. (2017). *The agile practice guide*. Project management institute, PMI Standards Development / Agile Alliance. Newtown square, PA: PMI. <https://doi.org/No tien DOI asignado>

Project management institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.) (Septima Edición ed.). (P. m. institute, Ed., & N/A, Trad.) Newtown square, Pennsylvania, Estados Unidos: Project management institute. <https://doi.org/No tiene DOI Asignado>

SEAM Group. (s.f. de s.f. de s.f.). *SEAM Group Expert blog, Sin version*. (S. G. Service, Editor, & S. G. Service, Productor) <https://doi.org/No tiene DOI asignado>

Speyside Group. (10 de Agosto de 2019). *Speyside Group (News & Insights)*. (S. Group, Editor, & Speyside Group) <https://doi.org/No tiene DOI asignado>