

A Creative Methodological Approach for Planning Complex Technological Projects Using OTSM-TRIZ, DSM, CPM, and Generative AI

Christopher Nikulin, PhD¹, Cristobal Arrieta, PhD², Cristian Valdes, PhD(c)³, Manuel Mancilla, Eng⁴, Paulina Gonzalez, PhD⁵

^{1,2}Universidad Alberto Hurtado, Facultad de Ingeniería, Chile, cnikulin@uahurtado.cl, carrieta@uahurtado.cl

^{3,4}Universidad San Sebastián, Chile, crastian.valdes@uss.cl, mmansillau2@correo.uss.cl

⁵Universidad Central, paulina.gonzalez@ucentral.cl

Corresponding author: Christopher Nikulin-Orcid: 0000-0003-4422-7680

Abstract: This research proposes an innovative methodology for managing technological projects by combining OTSM-TRIZ, DSM, CPM, and generative artificial intelligence (GAI). Applied to a case study on a non-invasive method for evaluating hepatic fat and portal venous flow, the methodology breaks down complex problems into manageable sub-problems, assesses their maturity, and optimizes the sequence of activities through DSM and CPM. GAI generates new creative solutions, continuously improving project planning. This comprehensive and systematic approach facilitates risk anticipation and mitigation, enhances efficiency and effectiveness in project management, and promotes innovation in problem-solving. The methodology proves to be a robust and adaptable tool for addressing the complexity of technological projects in dynamic environments.

Keywords-- OTSM-TRIZ, DSM: CPM: Generative IA

Una Metodología Creativa para la Planificación de Proyectos Tecnológicos Complejos mediante OTSM-TRIZ, DSM, CPM e IA Generativa

Christopher Nikulin, PhD¹ , Cristobal Arrieta, PhD² , Cristian Valdes, PhD(c)³ , Manuel Mancilla, Eng⁴ , Paulina Gonzalez, PhD⁵ 

^{1,2}Universidad Alberto Hurtado, Facultad de Ingeniería, Chile, cnikulin@uahurtado.cl, carrieta@uahurtado.cl

^{3,4}Universidad San Sebastián, Chile, cristian.valdes@uss.cl, mmansillau2@correo.uss.cl

⁵Universidad Central, paulina.gonzalez@ucentral.cl

Corresponding author: Christopher Nikulin-Orcid: 0000-0003-4422-7680

Resumen: Esta investigación propone una metodología innovadora para la gestión de proyectos tecnológicos, combinando OTSM-TRIZ, DSM, CPM y la inteligencia artificial generativa (IAG). Aplicada al caso de un método no invasivo para evaluar la grasa hepática y el flujo venoso portal, la metodología descompone problemas complejos en subproblemas manejables, evalúa su madurez y optimiza la secuencia de actividades mediante DSM y CPM. La IAG genera nuevas soluciones creativas, mejorando continuamente la planificación del proyecto. Este enfoque integral y sistemático facilita la anticipación y mitigación de riesgos, mejora la eficiencia y efectividad en la gestión de proyectos, y fomenta la innovación en la resolución de problemas. La metodología demuestra ser una herramienta robusta y adaptable para enfrentar la complejidad de los proyectos tecnológicos en entornos dinámicos.

Keywords—OTSM-TRIZ, DSM: CPM: IA Generativa

I. INTRODUCCION.

La gestión de proyectos tecnológicos ha experimentado una notable evolución en las últimas décadas, impulsada por la necesidad de enfrentar la creciente complejidad y las demandas dinámicas del mercado[1]. Los proyectos tecnológicos actuales no solo son más intrincados, sino que también están sujetos a un entorno de rápida transformación, lo que exige métodos innovadores y eficientes para su planificación y ejecución. Las metodologías tradicionales de

gestión de proyectos, aunque valiosas, a menudo resultan insuficientes para anticipar y mitigar los riesgos asociados con la ejecución[2]. En este contexto, la integración de metodologías avanzadas y la inteligencia artificial (IA) generativa emerge como una solución prometedora para mejorar la eficiencia y efectividad en la gestión de proyectos tecnológicos[3]. En este contexto dinámico donde la toma de decisiones es relevante para una buena planificación, este artículo propone una metodología que combina la Teoría de la Solución Inventiva de Problemas (OTSM-TRIZ), la Matriz de Estructura de Diseño (DSM), el Método de la Ruta Crítica (CPM) con apoyo de Inteligencia Artificial Generativa, con el objetivo de crear un enfoque sistemático y replicable para la resolución de problemas complejos en proyectos tecnológicos.

Una de las debilidades más recurrente a las metodologías tradicionales de gestión de proyectos es que se centran predominantemente en la planificación y el seguimiento[4], sin abordar adecuadamente los problemas potenciales que pueden surgir durante la ejecución. Esto se puede deber a causa de una planificación basada en hitos, más que una planificación asociada a la ejecución/desarrollo apropiado del proyecto, como consecuencia una falta de anticipación de riesgos y, trae consigo una mayor tasa de fracaso en la implementación de soluciones y proyectos [5]. Según Chapman y Ward (2003)[6], es fundamental que las metodologías de gestión de proyectos incorporen un análisis exhaustivo de riesgos o estimulen el levantamiento de actividades que pueden ser problemáticas en la ejecución del proyecto, en específico, la flexibilidad para adaptarse a cambios imprevistos y evaluaciones periódicas para garantizar que los equipos de proyectos puedan enfrentar y superar desafíos de manera efectiva es primordial en la nueva generación de metodologías de gestión.

En los últimos años, la Teoría de la Solución Inventiva de Problemas (TRIZ) y su evolución OTSM-TRIZ han ganado

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

popularidad debido a su capacidad para ayudar a los equipos a abordar problemas de manera creativa e inventiva, reduciendo así la necesidad de ensayos y errores en la implementación de soluciones, así como apertura de crear planificaciones basadas en problemas y soluciones que puede tener un proyecto[7]. OTSM-TRIZ se utiliza para identificar soluciones y potenciales conflictos que pueden surgir en un proyecto, al mismo tiempo su estructura permite proveer soluciones innovadoras y efectivas[8]. Sin perjuicio de lo anterior, OTSM-TRIZ permite tener una serie de actividades que evaluadas con modelos de madurez y potenciada con DSM para entender las relaciones causales de las actividades, crea un ámbito de planificación de proyecto mejorado y completo para entender la ejecución/ desarrollo de una planificación de proyecto complejo. Adicionalmente, CPM permitiría cuantificar el tiempo[9], así como las rutas críticas a partir de la combinación de los métodos anteriormente mencionado. Finalmente, IAG como herramienta complementaria permitiría mejorar el espacio de solución construido en el proyecto. En este contexto, este artículo propone una metodología estructurada paso a paso con el objetivo de integrar estos métodos de manera clara, sistemática y explicativa. En específico, primero, se busca integrar y analizar los métodos OTSM-TRIZ, DSM y CPM para generar una metodología replicable que resuelva problemas con creatividad y eficiencia. Segundo, se pretende definir etapas relevantes para crear los pasos a seguir mediante el estudio de los métodos mencionados. Tercero, diseñar la transición para la transformación de OTSM-TRIZ (Red de Problemas) a un modelo CPM. Cuarto, proponer mejoras a través de la utilización de IAG para anticipar más problemas que pudiesen aparecer en la aplicación de la metodología propuesta. Finalmente, se utilizará la metodología en un caso de estudio real que permita dar recomendaciones de mejora a la planificación de proyectos, así como su potencial riesgo, así como ventajas y desventajas.

La metodología propuesta se estructura en seis pasos. El primer paso consiste en la creación de una Red de Problemas (RdP) mediante OTSM-TRIZ, que ayuda a identificar subproblemas y soluciones parciales. La RdP es esencial para obtener una visión holística del problema [10]. El segundo paso implica la evaluación de problemas y soluciones basadas en un modelo cualitativo de madurez.

En resumen, la integración de OTSM-TRIZ, DSM, CPM y la inteligencia artificial generativa proporciona una metodología creativa y flexible para la planificación de proyectos tecnológicos. Esta propuesta no solo aborda la planificación y la ejecución, sino que también incorpora un análisis exhaustivo de riesgos, elementos cruciales para el éxito de los proyectos en entornos complejos y dinámicos.

II. METODOLOGIA

La metodología propuesta para la gestión de proyectos tecnológicos se estructura en seis pasos clave, cada uno de los cuales utiliza herramientas específicas para abordar diferentes aspectos del proyecto. A continuación, se describe cada paso de la metodología propuesta:

Paso 1: Creación de una Red de Problemas (RdP) con OTSM-TRIZ

El primer paso consiste en la creación de una Red de Problemas (RdP) utilizando la metodología OTSM-TRIZ. OTSM-TRIZ es una evolución de la Teoría de la Solución Inventiva de Problemas (TRIZ), que ayuda a identificar y resolver problemas complejos de manera sistemática y creativa. En este paso, se descompone el objetivo principal así como los problema principales en subproblemas más pequeños y manejables que se deben abordar en la creación o desarrollo. La RdP se representa como un diagrama en el que los nodos representan actividades que presentan problemas específicos (Pb) y las líneas que conectan estos nodos indican la relación causal entre los problemas y actividades asociadas soluciones parciales (PS) del problema específico, creando una red de actividades basada en problemas y soluciones que se deben atender en la ejecución/ desarrollo del proyecto.

- Para crear una RdP (Figura 1.):
- Identificar el objetivo principal y problema principal del proyecto que se debe enfrentar para su ejecución.
- Descomponer la actividad a enfrentar (problema) en actividades(subproblemas específicos.)
- Identificar actividades que solucionarían a cada subproblema.
- Representar gráficamente actividades tanto para problemas y sus soluciones parciales, mostrando las relaciones causales entre ellos, como se presenta en la figura 1.

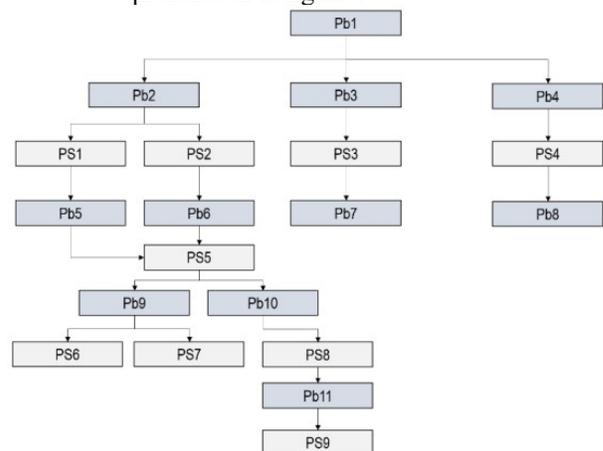


Fig1. NoP, donde Pb son los problemas o subproblemas y PS son las soluciones parciales basado en actividades.

Paso 2: Evaluación de Problemas y Soluciones con un Modelo Cualitativo de Madurez

El segundo paso implica la evaluación de los problemas y soluciones identificados en la RdP utilizando un modelo cualitativo de madurez. Este modelo permite valorar cada problema y solución según su nivel de madurez, lo que ayuda a priorizar los esfuerzos de resolución.

Para evaluar la madurez[11]:

- Utilizar los criterios de evaluación de madurez propuestos en la Figura 2, necesarios para implementar la solución
- Asignar un puntaje en escala Likert de 1 a 5 a cada problema y solución basada en estos criterios.
- Clasificar y priorizar los problemas y soluciones según sus puntajes de madurez.

Parámetro	Descripción	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Experiencia/conocimientos (EK)	Corresponde al nivel de información que el analista o desarrolladores manejan sobre el tema, y a su vez cuál es su capacidad para generar una solución real con esos conocimientos.	NO tengo conocimientos sobre el tema y nunca he trabajado en ninguna actividad relacionada		Me ocupo regularmente del tema y desarrollo la actividad en algunas oportunidades		Me ocupo totalmente de los temas y desarrollo la actividad con frecuencia
Disponibilidad de recursos humanos (RH)	Corresponde al nivel de alcance de los recursos humanos necesarios para el desarrollo de la actividad.	Los recursos humanos para el desarrollo de la solución no están disponibles. La solución no puede desarrollarse con los recursos humanos actuales.		Sólo se dispone de algunos recursos humanos para el desarrollo de la actividad, reasignando las horas de trabajo.		Puede reasignar completamente las horas de trabajo o disponer de nuevas personas para llevar a cabo la actividad de forma adecuada.
Disponibilidad de equipos tecnología (ET)	Corresponde a la disponibilidad de equipo que tiene el analista o desarrollador para poder resolver un problema, así como para satisfacer los requerimientos de las actividades.	NO hay disponibilidad de uso en ninguno de los equipos necesarios para el desarrollo/implantación de la solución, esta situación impide resolver el problema de forma tangible.		Sólo se dispone de algunos equipos para el desarrollo/aplicación de la solución, por lo que se buscan equipos sustitutos para resolver el problema.		Se dispone de todo el equipamiento necesario para el desarrollo/implantación de la solución, lo que permite un fácil uso para resolver la actividad.
Disponibilidad de recursos monetarios /de inversión (MI)	Corresponde al recurso monetario disponible para contratar o invertir en actividades de análisis.	No hay recursos monetarios disponibles para invertir en el desarrollo de la actividad		El recurso monetario es limitado pero puede solicitarse a través de los presupuestos. Se pueden reasignar personas para la ejecución de la actividad.		Existe un recurso monetario, así como recursos humanos disponibles para la ejecución de la actividad de manera adecuada.
Disponibilidad de tiempo (TA)	Corresponde al tiempo disponible de trabajo o adquisición para el desarrollo de una actividad.	El tiempo disponible es inferior al que se establece en la planificación.		El tiempo disponible es asequible de desarrollar o adquirir, para la satisfacción de la actividad.		Hay un tiempo extra además del establecido para desarrollar la actividad o adquisición del producto/servicio.

Fig2 : NoP, donde Pb son los problemas o subproblemas y PS son las soluciones parciales.

Paso 3: Análisis de Dependencias con la Matriz de Estructura de Diseño (DSM)

En el tercer paso, se utiliza la Matriz de Estructura de Diseño (DSM) para analizar las dependencias entre las actividades relacionadas con los problemas y soluciones. La DSM es una herramienta que visualiza las relaciones y dependencias entre diferentes elementos de un proyecto en forma de matriz cuadrada. Las filas y columnas representan

actividades, y las celdas indican las interdependencias entre ellas.

Para utilizar la DSM:

- Enumerar todas las actividades necesarias para abordar los problemas y soluciones identificados.
- Crear una matriz con las actividades en las filas y columnas.
- Marcar las celdas para indicar dependencias entre actividades (por ejemplo, si la actividad A debe completarse antes de que comience la actividad B).

Finalmente, analizar la matriz para identificar posibles cuellos de botella y oportunidades de optimización en la secuencia de actividades(Figura 3).

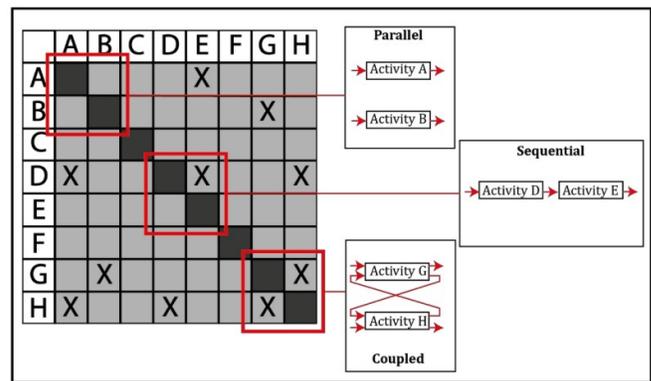


Fig 3:: Descripción gráfica de DSM para fines generales.

Paso 4: Identificación de la Ruta Crítica con el Método de la Ruta Crítica (CPM)

El cuarto paso consiste en la identificación de la ruta crítica utilizando el Método de la Ruta Crítica (CPM). El CPM es una técnica que ayuda a determinar la secuencia más larga de actividades dependientes que deben completarse para finalizar el proyecto[12-15]. Identificar la ruta crítica es crucial para gestionar los tiempos y recursos del proyecto eficientemente.

Para aplicar el CPM:

- Crear una lista de todas las actividades necesarias para completar el proyecto.
- Estimar la duración de cada actividad.
- Identificar las dependencias entre actividades.
- Dibujar un diagrama de red que muestre la secuencia de actividades y sus dependencias (Figura 4).
- Calcular la duración total del proyecto y la ruta crítica, que es la secuencia de actividades sin holgura (margen de tiempo libre).

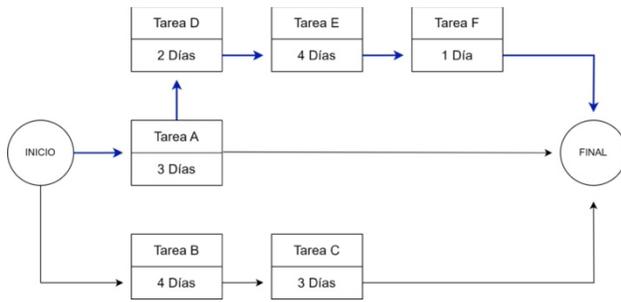


Fig. 4: Descripción gráfica de CPM para fines generales.

III. CASO DE ESTUDIO

Paso 1: Creación de una Red de Problemas (RdP) con OTSM-TRIZ

Para abordar el caso de estudio, se creó un equipo de trabajo con el propósito de abordar la problemática de desarrollar un método no invasivo para evaluar la grasa hepática y el flujo venoso portal, con el objetivo de reducir los tiempos de cada examen y maximizar los recursos de la universidad. El equipo creado generó un conjunto de actividades bajo la lógica de OTSM-TRIZ y diversas iteraciones para resolver el problema principal basándose en su experiencia de cada integrante, dando como resultado una red de problemas NoP, ver figura 5.

Paso 5: Expansión de la Red de Problemas con Inteligencia Artificial Generativa (IAG)

En el quinto paso, se utiliza la inteligencia artificial generativa (IAG) para expandir la RdP y generar múltiples soluciones parciales adicionales. La IAG puede procesar grandes cantidades de datos y sugerir nuevas soluciones creativas basadas en patrones aprendidos de datos anteriores.

Para utilizar la IAG:

- Alimentar el modelo de IA con los datos del proyecto, incluyendo los problemas y soluciones identificados.
- Ejecutar el modelo para generar nuevas soluciones parciales.
- Evaluar y seleccionar las soluciones generadas por la IA que sean más prometedoras y viables.
- Integrar estas nuevas soluciones en la RdP existente, ajustando las relaciones causales según sea necesario.

Paso 6: Análisis de Resultados y Mejora de la Planificación

El sexto y último paso consiste en el análisis de los resultados obtenidos de los pasos anteriores para mejorar la planificación del proyecto. Este análisis permite obtener una visión integral del proyecto, identificando posibles áreas de mejora y ajustando la planificación y asignación de recursos en consecuencia.

Para realizar el análisis de resultados:

- Revisar la RdP actualizada con las nuevas soluciones generadas por la IAG.
- Reevaluar la madurez y prioridades de los problemas y soluciones.
- Analizar la DSM para optimizar aún más la secuencia de actividades.
- Ajustar el diagrama de la ruta crítica y los tiempos del proyecto según los nuevos datos.
- Implementar los cambios necesarios en la planificación del proyecto para mejorar su eficiencia y reducir los riesgos.

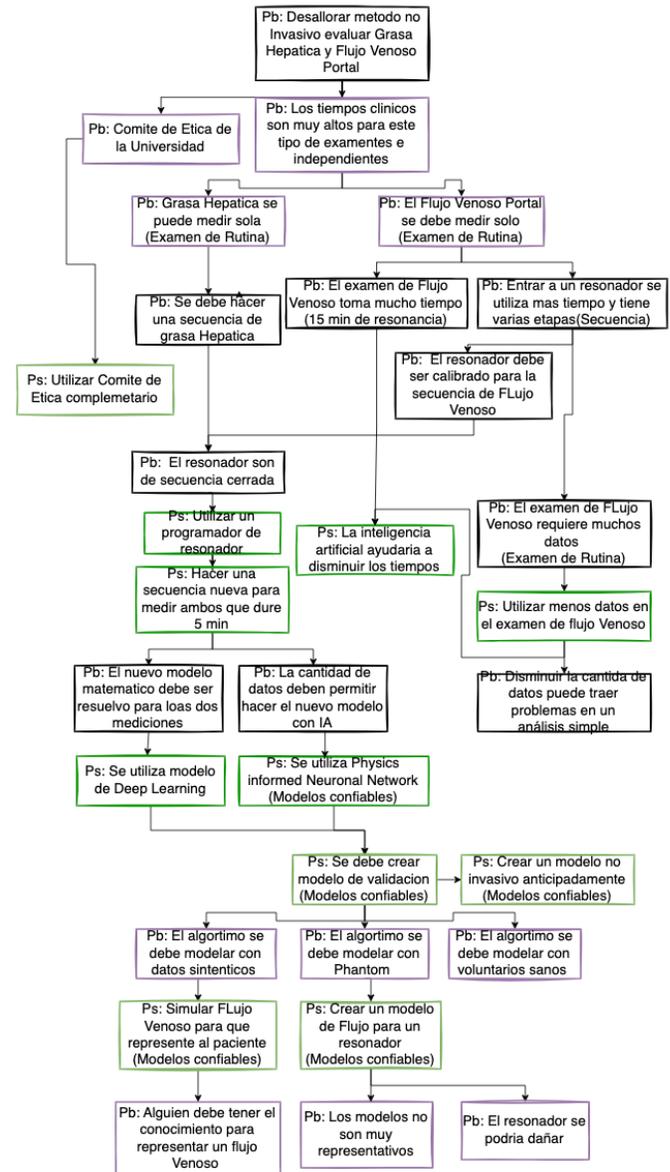


Fig. 5: Red de Problemas para la evaluación de un método no invasivo para la grasa hepática y el flujo venoso portal.

Paso 2: Evaluación de Problemas y Soluciones con un Modelo Cualitativo de Madurez

Los problemas (Pb) y las soluciones parciales (PS) fueron evaluadas en la matriz en función de su nivel de madurez y estos fueron los resultados, Figura 6 y Figura 7.

Fig 6a: Matriz de subproblemas en función del nivel de madurez

Subproblemas	EK	RRHH	ET	MI	TA	<SP>
Pb1: Comité de ética de la universidad	4	2	5	2	3	240
Pb2: Los tiempos clínicos son muy altos para este tipo de exámenes e independientes	4	3	3	5	4	720
Pb3: Grasa hepática se puede medir sola (Examen de Rutina)	5	4	3	5	4	1200
Pb4: El Flujo Venoso Portal se debe medir solo (Examen de Rutina)	4	3	3	5	4	720
Pb5: Se debe hacer una secuencia de grasa hepática	5	5	3	5	4	1500
Pb6: El resonador son de secuencia cerrada	5	4	3	5	4	1200
Pb7: El examen de Flujo Venoso toma mucho tiempo (15 min de resonancia)	4	4	3	5	4	960
Pb8: Entrar a un resonador se utiliza más tiempo y tiene varias etapas (Secuencia)	5	4	3	5	4	1200
Pb9: El resonador debe ser calibrado para la secuencia de Flujo Venoso	5	4	3	5	4	1200
Pb10: El examen de Flujo Venoso requiere muchos datos (Examen de Rutina)	5	4	3	5	4	1200

Fig 6b: Matriz de subproblemas en función del nivel de madurez

Pb11: Disminuir la cantidad de datos puede traer problemas en un análisis simple	3	4	3	5	4	720
Pb12: La imagen anatómica debe ser clara	5	4	3	5	4	1200
Pb13: Flujo de sangre permite determinar la geométrica	4	4	3	5	4	960
Pb14: El nuevo modelo matemático debe ser resuelto para las dos mediciones	3	4	5	5	4	1200
Pb15: La cantidad de datos deben permitir hacer el nuevo modelo con IA	3	4	5	5	4	1200
Pb16: El algoritmo se debe modelar con datos sintéticos	3	4	5	5	4	1200
Pb17: El algoritmo se debe modelar con Phantom	3	4	5	5	4	1200
Pb18: El algoritmo se debe modelar con voluntarios sanos	4	4	4	5	4	1280
Pb19: Alguien debe tener el conocimiento para representar un flujo Venoso	2	3	5	5	4	600
Pb20: Los modelos no son muy representativos	3	4	4	5	4	960
Pb21: El resonador se podría dañar	2	4	3	5	4	480

Fig 7: Matriz de Soluciones Parciales en función del nivel de madurez

Soluciones Parciales	EK	RRHH	ET	MI	TA	<SA>
Ps1: Utilizar Comité de Ética complementario	5	2	5	2	3	300
Ps2: Utilizar menos datos en el examen de flujo Venoso	3	3	5	5	4	900
Ps3: La inteligencia artificial ayudaría a disminuir los tiempos	4	3	3	5	3	540
Ps4: Utilizar un programador de resonador	3	2	4	5	3	360
Ps5: Hacer una secuencia nueva para medir ambos que dure 5 min	3	2	3	5	3	270
Ps6: Se utiliza modelo de Deep Learning	5	4	5	5	4	2000
Ps7: Se utiliza Physics informed Neuronal Network (Modelos confiables)	2	3	5	5	4	600
Ps8: Se debe crear modelo de validación (Modelos confiables)	4	4	5	5	4	1600
Ps9: Crear un modelo no invasivo anticipadamente (Modelos confiables)	2	2	4	5	4	320
Ps10: Simular Flujo Venoso para que represente al paciente (Modelos confiables)	4	3	5	5	4	1200
Ps11: Crear un modelo de Flujo para un resonador (Modelos confiables)	4	3	5	5	4	1200
Ps12: Cual es el procedimiento para maximizar el uso de datos	4	4	5	5	4	1600
Ps13: Que es lo mejor que podemos hacer en 5 minutos de resonador	3	4	4	5	4	960

Los resultados de la evaluación de la Figura 6 y Figura 7 presentaron varias valoraciones altas indicando que esas actividades tienen una gran cantidad de recursos disponibles (mas fáciles de abordar en base a la experiencia del equipo) para ser abordadas en su totalidad y las demás con menos valoración son actividades que deben ser tratadas de forma minuciosa para poder enfrentarse de manera apropiada por el éxito del proyecto (dado que la experiencia del equipo no era alta o baja respecto a esa actividad), por lo tanto, atender las actividades asociaciones a problemas y soluciones con un bajo valor es primordial para la mejora del proyecto.

Paso 3: Análisis de Dependencias con la Matriz de Estructura de Diseño (DSM)

Ahora los PSs y Pbs obtenidos de la red NoP de la OTSM-TRIZ se analizar con DSM para entender la relaciones y causalidad de actividades de esta manera poder entender como se debiese configurar las actividades ya sea en serie, paralelo o su grado de independencia respecto a otras. La figura 8 y 9 muestran el tipo de relación entre las actividades asociadas a soluciones parciales o problemas.

Soluciones Parciales	EK	RR	HH	ET	M	TA	<SA>	Pb1	Pb2	Pb3	Pb4	Pb5	Pb6	Pb7	Pb8	Pb9	Pb10	Pb11	Pb12	Pb13	
Ps1: Utilizar Comité de Ética complementario	5	2	5	2	3	300															
Ps2: Utilizar menos datos en el examen de flujo venoso	3	3	5	5	4	900															
Ps3: La inteligencia artificial ayudaría a disminuir los tiempos	4	3	3	5	3	540		X													
Ps4: Utilizar un programador de resonador	3	2	4	5	3	360		X	X												
Ps5: Hacer una secuencia nueva para medir ambos que dure 5 min	3	2	3	5	3	270		X	X	X											
Ps6: Se utiliza modelo de Deep Learning	5	4	5	5	4	2000		X	X	X	X										
Ps7: Se utiliza Physics informed Neuronal Network (Modelos confiables)	2	3	5	5	4	600		X	X	X	X	X									
Ps8: Se debe crear modelo de validación (Modelos confiables)	4	4	5	5	4	1600		X	X	X	X	X	X								
Ps9: Crear un modelo no invasivo anticipadamente (Modelos confiables)	2	2	4	5	4	320		X	X	X	X	X	X	X							
Ps10: Simular Flujo Venoso para que represente al paciente (Modelos confiables)	4	3	5	5	4	1200		X	X	X	X	X	X	X	X						
Ps11: Crear un modelo de flujo para un resonador (Modelos confiables)	4	3	5	5	4	1200		X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Ps12: Cual es el procedimiento para maximizar el uso de datos	4	4	5	5	4	1600									X	X					
Ps13: Que es lo mejor que podemos hacer en 5 minutos de resonador	3	4	4	5	4	960					X				X	X			X	X	

Fig 8: Matriz DSM con soluciones/actividades parciales.

Subproblemas	EK	RR	HH	ET	M	TA	<SP>	Pb1	Pb2	Pb3	Pb4	Pb5	Pb6	Pb7	Pb8	Pb9	Pb10	Pb11	Pb12	Pb13	Pb14	Pb15	Pb16	Pb17	Pb18	Pb19	Pb20	Pb21
Pb1: Comité de ética de la universidad	4	2	5	2	3	240																						
Pb2: Los tiempos clínicos son muy altos para este tipo de exámenes e independientes	4	3	3	5	4	720																						
Pb3: Grasa hepática se puede medir sola (Examen de Rutina)	5	4	3	5	4	1200		X																				
Pb4: El Flujo Venoso Portal se debe medir solo (Examen de Rutina)	4	3	3	5	4	720		X																				
Pb5: Se debe hacer una secuencia de grasa hepática	5	5	3	5	4	1500		X	X																			
Pb6: El resonador son de secuencia cerrada	5	4	3	5	4	1200		X	X																			
Pb7: El examen de Flujo Venoso toma mucho tiempo (15 min de resonancia)	4	4	3	5	4	960		X	X	X																		
Pb8: Entrar a un resonador se utiliza más tiempo y tiene varias etapas (Secuencia)	5	4	3	5	4	1200		X	X	X	X	X																
Pb9: El resonador debe ser calibrado para la secuencia de Flujo Venoso	5	4	3	5	4	1200		X	X	X	X	X																
Pb10: El examen de Flujo Venoso requiere muchos datos (Examen de Rutina)	5	4	3	5	4	1200		X	X	X	X	X	X															
Pb11: Disminuir la cantidad de datos puede traer problemas en un análisis simple	3	4	3	5	4	720		X	X	X	X	X	X	X														
Pb12: La imagen anatómica debe ser clara	5	4	3	5	4	1200		X	X	X	X	X	X	X														
Pb13: Flujo de sangre permite determinar la geometría	4	4	3	5	4	960		X	X	X	X	X	X	X														
Pb14: El nuevo modelo matemático debe ser resuelto para las dos mediciones	3	4	5	5	4	1200		X	X	X	X	X	X	X	X													
Pb15: La cantidad de datos deben permitir hacer el nuevo modelo con IA	3	4	5	5	4	1200		X	X	X	X	X	X	X	X	X												
Pb16: El algoritmo se debe modelar con datos sintéticos	3	4	5	5	4	1200									X	X												
Pb17: El algoritmo se debe modelar con Phantom	3	4	5	5	4	1200									X	X	X											
Pb18: El algoritmo se debe modelar con voluntarios sanos	4	4	4	5	4	1200		X																				
Pb19: Alguien debe tener el conocimiento para representar un flujo venoso	2	3	5	5	4	600		X																				
Pb20: Los modelos no son muy representativos	3	4	4	5	4	960									X	X	X											
Pb21: El resonador se podría dañar	2	4	3	5	4	480		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fig 9: Matriz DSM con problemas/actividades parciales.

Al evaluar los PSs y Pbs en la matriz de DSM muchas actividades resultaron ser multidisciplinarias y con la valoración de los Pbs y PSs incluida se debe priorizar las actividades con alto puntaje sin descuidar las demás. Al analizar ambas matrices DSM, es evidente que las soluciones parciales y los problemas esta interconectados y cualquier modificación afectara directamente a las demás actividades. Como consecuencia este proyecto el trabajo en equipo es primordial, además la toma de decisiones individuales deberán ser compartidas con los integrantes asociados a las distintas actividades. Como conclusión el equipo que enfrenta este proyecto debe comunicar efectivamente la toma de decisiones, el hacer actividades de manera aislada perjudicara directamente al proyecto dado el gran numero de actividades interrelacionadas.

Paso 4: Identificación de la Ruta Crítica con el Método de la Ruta Crítica (CPM)

Ahora se realizará la transición de la red de problemas (RdP) al método de ruta crítica (CPM), a continuación, la lista de tareas para formular el diagrama de red CPM, al mismo tiempo se considera la escala de tiempo propuesta para la actividades, y su dependencia que emerge de el análisis realizado con DSM.

Actividad	Problemas y Soluciones Parciales	Precededora inmediata	Tiempo (semanas)
A	Pb: Los tiempos clínicos son muy altos para este tipo de exámenes e independientes	No tiene dependencia	1
B	Pb: Comité de ética de la universidad	No tiene dependencia	4
C	Ps: Utilizar Comité de Ética complementario	Depende de B	8
D	Pb: El Flujo Venoso Portal se debe medir solo (Examen de Rutina)	Depende de A	4
E	Pb: Grasa hepática se puede medir sola (Examen de Rutina)	Depende de A	2
F	Pb: Se debe hacer una secuencia de grasa hepática	Depende de A,E	2
G	Pb: El resonador son de secuencia cerrada	Depende de A,D,E,F	1
H	Pb: Entrar a un resonador se utiliza más tiempo y tiene varias etapas (Secuencia)	Depende de A,D	8
I	Pb: El examen de Flujo Venoso toma mucho tiempo (15 min de resonancia)	Depende de A,D	4
J	Pb: El examen de Flujo Venoso requiere muchos datos (Examen de Rutina)	Depende de A,D,H	2
K	Pb: El resonador debe ser calibrado para la secuencia de Flujo Venoso	Depende de A,D,H	2
L	Ps: Utilizar menos datos en el examen de flujo venoso	Depende de A,D,H,J	12
M	Pb: Disminuir la cantidad de datos puede traer problemas en un análisis simple	Depende de A,D,H,J,L	2
N	Ps: La inteligencia artificial ayudaría a disminuir los tiempos	Depende de A,D,H,J,L	12
Ñ	Ps: Utilizar un programador de resonador	Depende de G,N	4
O	Ps: Hacer una secuencia nueva para medir ambos que dure 5 min	Depende de Ñ	12
P	Ps: Cual es el procedimiento para maximizar el uso de datos	Depende de O	8
Q	Ps: Que es lo mejor que podemos hacer en 5 minutos de resonador	Depende de O,P	12
R	Pb: Flujo de sangre permite determinar la geometría	Depende de O,P	4
S	Pb: La imagen anatómica debe ser clara	Depende de O,P	1
T	Pb: La cantidad de datos deben permitir hacer el nuevo modelo con IA	Depende de O	4
U	Pb: El nuevo modelo matemático debe ser resuelto para las dos mediciones	Depende de O	12
V	Ps: Se utiliza Physics informed Neuronal Network (Modelos confiables)	Depende de O,T	12
W	Ps: Se utiliza modelo de Deep Learning	Depende de O,U	4
X	Ps: Se debe crear modelo de validación (Modelos confiables)	Depende de O,T,U,V,W	4
Y	Ps: Crear un modelo no invasivo anticipadamente (Modelos confiables)	Depende de X	4
Z	Pb: El algoritmo se debe modelar con voluntarios sanos	Depende de X	8
AA	Pb: El algoritmo se debe modelar con Phantom	Depende de X	4
AB	Pb: El algoritmo se debe modelar con datos sintéticos	Depende de X	4
AC	Ps: Crear un modelo de Flujo para un resonador (Modelos confiables)	Depende de X,AA	8
AD	Ps: Simular Flujo Venoso para que represente al paciente (Modelos confiables)	Depende de X,AB	4
AE	Pb: El resonador se podría dañar	Depende de X,AA,AC	1
AF	Pb: Los modelos no son muy representativos	Depende de X,AA,AC	1
AG	Pb: Alguien debe tener el conocimiento para representar un flujo venoso	Depende de X,AB,AD	4

Fig 10. Lista de actividades caso de estudio RDP(Representa información de Figura-14)

Con la información de la figura 10, se realiza el análisis en base al modelo CPM, para determinar la ruta crítica del proyecto.

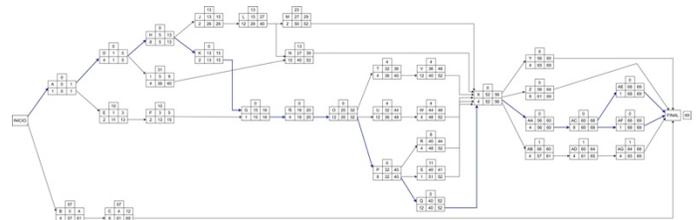


Fig.11: Diagrama CPM con la ruta crítica caso de estudio RDP, basado en la Figura 10. No-legible

En el diagrama CPM se observa que el tiempo total estimado para finalizar el proyecto es de 69 semanas, en este caso particular se identificó 2 rutas críticas, cada ruta crítica es crucial para el desarrollo del proyecto, ya que las actividades

Fig 14: Matriz DSM con las soluciones/actividades parciales con el apoyo de la IA(Figura ilustrativa para mostrar extensión)-No legible

El nuevo diagrama CPM:

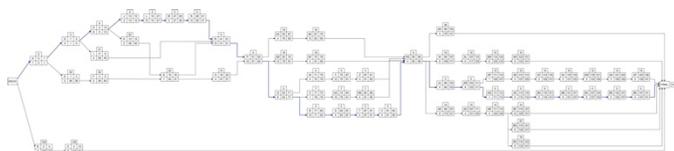


Fig. 8: Diagrama CPM con la ruta crítica caso de estudio RDP con IAG(Figura ilustrativa para mostrar extensión)-No legible.

Con el apoyo de la inteligencia artificial generativa podemos evidenciar que la nueva ruta crítica se amplió significativamente y el tiempo total estimado para finalizar el proyecto es de 142 semanas, ahora se debe realizar los cambios pertinentes en la gestión de recursos disponible y en la administración del proyecto. Esta extensión tiene efectos positivos y negativos. Desde el punto de vista positivo, la IAG permite identificar nuevas soluciones de una manera creativa para la exploración y mejora del proyecto, sin perjuicio de lo anterior, esto amplía las actividades del proyecto considerablemente, lo cual puede afectar el resultado final y planificación inicial.

IV. CONCLUSIONES.

La metodología propuesta para la gestión de proyectos tecnológicos, que combina OTSM-TRIZ, DSM, CPM y la inteligencia artificial generativa, ofrece un enfoque integral y sistemático para abordar la complejidad inherente a estos proyectos. Su aplicación práctica en el caso de estudio sobre el desarrollo de un método no invasivo para evaluar la grasa hepática y el flujo venoso portal ha demostrado ser efectiva en la identificación y resolución de problemas complejos de manera eficiente y creativa.

La creación de una Red de Problemas (RdP) utilizando OTSM-TRIZ permite descomponer el problema principal en subproblemas más manejables, facilitando una visión holística y detallada de los desafíos a enfrentar. Esta descomposición es crucial, ya que permite identificar soluciones parciales específicas para cada subproblema, lo que a su vez reduce la complejidad y el riesgo asociado con la implementación de soluciones globales. La RdP también facilita la visualización de las relaciones causales entre los problemas y las soluciones, lo que es esencial para una planificación efectiva.

El modelo cualitativo de madurez utilizado para evaluar los problemas y soluciones en la RdP permite priorizar los esfuerzos de resolución según su factibilidad, impacto y tiempo de implementación. Esta evaluación ayuda a enfocar los recursos y esfuerzos en las áreas más críticas, mejorando la

eficiencia y efectividad de la gestión del proyecto. La clasificación y priorización basadas en criterios claros y bien definidos aseguran que las decisiones se tomen de manera informada y estratégica.

La Matriz de Estructura de Diseño (DSM) es una herramienta poderosa para analizar las dependencias entre las actividades del proyecto. Su capacidad para visualizar las interdependencias permite identificar posibles cuellos de botella y optimizar la secuencia de actividades. Esta optimización es fundamental para garantizar que el proyecto se ejecute de manera fluida y sin interrupciones innecesarias. La DSM también mejora la comunicación y coordinación entre los diferentes equipos involucrados, asegurando que todos estén alineados con respecto a las dependencias y prioridades del proyecto.

El Método de la Ruta Crítica (CPM) proporciona una estructura clara para identificar la secuencia más larga de actividades dependientes, determinando así la duración mínima del proyecto. La identificación de la ruta crítica es crucial para la gestión del tiempo y los recursos, ya que permite enfocar los esfuerzos en las actividades que tienen un impacto directo en la finalización del proyecto. La capacidad de ajustar y recalculer la ruta crítica a medida que se incorporan nuevas soluciones y se obtienen nuevos datos es una ventaja significativa de esta metodología.

La inteligencia artificial generativa (IAG) añade una capa adicional de innovación, sin embargo se debe considerar de manera equilibrada la expansión del tiempo en base a las recomendaciones de la IAG. La capacidad de la IAG para generar nuevas soluciones parciales basadas en patrones aprendidos de datos anteriores expande las posibilidades creativas y ofrece nuevas perspectivas para resolver los subproblemas identificados. La integración de soluciones generadas por la IA en la RdP existente permite una evolución continua y dinámica del proyecto. La capacidad de la IAG para ofrecer sugerencias que equilibren la mejora del proyecto con la variable de tiempo es clave para optimizar el balance entre calidad y plazo de ejecución. Esta integración asegura que las recomendaciones propuestas no solo incrementen la calidad del proyecto sino que también sean factibles dentro de los límites temporales establecidos.

Finalmente, el análisis de resultados y la mejora de la planificación basados en los datos obtenidos de los pasos anteriores garantizan una gestión continua y adaptativa del proyecto. Esta capacidad de ajustar y mejorar la planificación en función de nuevos datos y soluciones asegura que el proyecto se mantenga en la dirección correcta y que los recursos se utilicen de manera óptima.

En conclusión, la metodología propuesta ofrece un enfoque robusto y replicable para la gestión de proyectos tecnológicos, combinando herramientas avanzadas y enfoques innovadores para abordar la complejidad y reducir los riesgos. La aplicación práctica en el caso de estudio ha demostrado su eficacia, proporcionando una base sólida para la planificación y ejecución de proyectos futuros. La integración de OTSM-

TRIZ, DSM y CPM permite anticipar problemas y crear planificaciones más reales en base a su desarrollo y ejecución. La aplicación de IAG como búsqueda de soluciones, crea un espacio de mejora en términos de ideas y soluciones, sin perjuicio de lo anterior, el adicionar más soluciones puede que la variable tiempo sufra modificaciones, por lo que encontrar sugerencias/recomendaciones de la IAG que equilibren la mejora del proyecto y el tiempo es primordial en mejorar la calidad del proyecto, así como fechas de cierre del proyecto,.

Esta metodología representa un avance significativo en la gestión de proyectos tecnológicos, ofreciendo una solución integral y adaptable a los desafíos dinámicos y complejos del entorno actual, así como manejo de actividades y alcance de manera consciente de la introducción de soluciones que propone una IAG.

En resumen, la integración de OTSM-TRIZ, DSM y CPM, junto con la inteligencia artificial generativa, permite anticipar problemas, crear planificaciones realistas y optimizar las soluciones propuestas para equilibrar calidad y tiempo. Esta adaptación continua y consciente del impacto de la IAG asegura una gestión más precisa y eficaz de los proyectos. Futuras investigaciones se centrarán en optimizar la metodología mediante la incorporación de restricciones temporales específicas, asegurando que las soluciones generadas por la IAG se alineen con contextos de aplicación real, mejorando así los resultados en términos de calidad y eficiencia temporal del proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Cristobal Arrieta would like to thank the financial support provided by ANID through the project Fondecyt de Iniciación en Investigación 11241250”

REFERENCES

[1] Viveros, P., Nikulin, C., López-Campos, M., Villalón, R., & Crespo, A. (2018). Resolution of reliability problems based on failure mode analysis: an integrated proposal applied to a mining case study. *Production Planning & Control*, 2018, vol. 29, no 15, p. 1225-1237.

[2] Viveros, P., Miqueles, L., Mena, R., Zio, E., Nikulin, C., & Aranda, O. (2021). A planning strategy for maintenance interventions under complex systems. En *Proceedings of the 31st European Safety and Reliability Conference, ESREL 2021*. 2021. p. 2250-2257.

[3] Eapen, T. T., Finkenstadt, D. J., Folk, J., & Venkataswamy, L. (2023, July). How Generative AI Can Augment Human Creativity. *Harvard Business Review*.

[4] Nikulin, C., Domínguez, C. C., Stegmaier, R., Nino, S. E., Viveros, P., & Becattini, N. Anticipation of Problems in Innovative Projects Based on OTSM-TRIZ: Operative Algorithm to Assess Resources and Solutions in Project Development–Innovative Projects Based on OTSM-TRIZ. En *Handbook of Research on Industrial Advancement in Scientific Knowledge*. IGI Global, 2019. p. 182-204

[5] Cassanelli, G. (2012). *Estrategias de gestión de riesgos en proyectos innovadores*. Editorial Académica Española.

[6] Chapman, C., & Ward, S. (2003). *Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights*. Wiley.

[7] Moehrle, M.G. Implementation of TRIZ tools in companies: Results of a cluster analysis. *Implementing the Theories of R&D Management—Advancing the State of the Art*. Manchester Business, Manchester, 2003, p. 1-8.

[8] Piñones E., Nikulin C, Zuñiga Ma, Cardenas D., Pedraza M., Carvajal G., Carvajal R. Castro N. Risks assessment in multidisciplinary project development based on OTSM-TRIZ and DSM. En *30th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2020 and 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, PSAM15 2020*. Research Publishing, Singapore, 2020. p. 3368-3375.

[9] Goel, A., Ganesh, L. S., & Kaur, A. Project management for social good: A conceptual framework and research agenda for socially sustainable construction project management. *International journal of managing projects in business*, 2020, vol. 13, no 4, p. 695-726

[10] Nikulin, C., Chandia, N., et al. (2020). Gestión de proyectos tecnológicos a través de la utilización de inteligencia artificial generativa y diseño de proyectos matriciales. Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Universidad de Santiago.

[11] Nikulin, C., Domínguez, C. C., Stegmaier, R., Nino, S. E., Viveros, P., & Becattini, N. Anticipation of Problems in Innovative Projects Based on OTSM-TRIZ: Operative Algorithm to Assess Resources and Solutions in Project Development–Innovative Projects Based on OTSM-TRIZ. En *Handbook of Research on Industrial Advancement in Scientific Knowledge*. IGI Global, 2019. p. 182-204

[12] Yaqin, H. N., Tjendani, H. T., & Witjaksana, B. Analysis of The Acceleration of Time and Cost of Implementing Building Construction Projects Using The Critical Path Method (CPM) Method. *Devotion: Journal of Research and Community Service*, 2023, vol. 4, no 2, p. 336-346.

[13] Bagshaw, K. B. PERT and CPM in project management with practical examples. *American Journal of Operations Research*, 2021, vol. 11, no 4, p. 215-226

[14] Goel, A., Ganesh, L. S., & Kaur, A. Project management for social good: A conceptual framework and research agenda for socially sustainable construction project management. *International journal of managing projects in business*, 2020, vol. 13, no 4, p. 695-726

[15] Hamid, B. M., Aliyu, A. A., & Magaji, G. A. (2021). *Project Management Using the Critical Path Method (CPM): A Pragmatic Study*. *Journal of Project Management*, 3(2), 45-57.