





Un modelo de gestión de riesgos aplicado a proyectos de movimiento de tierras

A risk management model applied to earthmoving projects

Oscar Rojas-Cazaluade¹, Mauricio Barraza-Osorio²,
Boris Heredia-Rojas³, Juan Huidobro-Arabia⁴

Rojas-Cazaluade, O; Barraza-Osorio, M; Heredia-Rojas, B; Huidobro-Arabia, J. Un modelo de gestión de riesgos aplicado a proyectos de movimiento de tierras. *Tecnología en Marcha*. Vol. 36, número especial. Agosto, 2023. X Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos. Pág. 96-117.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v36i7.6863>

- 1 Universidad Católica del Norte, Departamento de Gestión de la Construcción, CEMIC. Chile. Correo electrónico: orojas@ucn.cl
 <https://orcid.org/0000-0001-8016-6235>
- 2 Universidad Católica del Norte, Magíster en Gestión Integral de Proyectos, MeGIP. Chile. Correo electrónico: mbarraza298@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0003-1187-6190>
- 3 Universidad Católica del Norte, Departamento de Gestión de la Construcción, CEMIC. Chile. Correo electrónico: bheredia@ucn.cl
 <https://orcid.org/0000-0003-4134-5569>
- 4 Universidad Católica del Norte, Departamento de Gestión de la Construcción, CEMIC. Chile. Correo electrónico: jhuidobro@ucn.cl
 <https://orcid.org/0000-0003-4164-8316>

Palabras clave

Gestión de riesgos; gestión de proyectos; modelos de madurez; registro de riesgos; lecciones aprendidas; método del caso.

Resumen

Este estudio entrega un modelo para la gestión de riesgos aplicado a los proyectos de una empresa de movimiento de tierras, con el propósito de gestionar las causales de riesgo que amenacen el logro de los objetivos en este tipo de proyectos y tomar las medidas necesarias para poder satisfacer la promesa de valor que exige el cliente y los usuarios, y cumplir con los compromisos respecto al costo, plazo, calidad y alcance. Este trabajo aporta con la aplicación de las mejores prácticas de la gestión de riesgos, según la metodología propuesta por el Project Management Institute (PMI), donde se requiere de la aplicación de procesos de planificación, identificación de los riesgos, análisis cualitativo y cuantitativo, planificación e implementación de respuestas y monitoreo de los eventos que afecten a los proyectos ejecutados por empresas de movimiento de tierras.

Abstract

This study provides a model for risk management applied to the projects of an earthmoving company to manage the causes of risk that threaten the achievement of the objectives in this type of project. This model helps to take the necessary measures to satisfy the promise of value demanded by the client and users and meet the commitments regarding cost, schedule, quality, and scope. Furthermore, this work applies the best risk management practices according to the methodology proposed by the Project Management Institute (PMI). The processes are applied in projects by earthmoving companies, such as planning, identification of risks, qualitative and quantitative analysis, planning and implementation of responses, and monitoring events.

Keywords

Risk management; project management; maturity models; risk register; lessons learned; case method.

Introducción

Este estudio nace por la necesidad de mejorar la gestión de imprevistos en los proyectos de una empresa contratista del rubro movimiento de tierras, siendo una de las debilidades recurrentes la aparición de errores y problemas no contemplados en la planificación inicial. Esta situación converge en la forma de enfrentar estos problemas en la etapa de ejecución, terminando con altas consecuencias como son los costos adicionales, no cumplimiento de plazos, alcances mayores o menores, no conformidades en calidad, mal uso de recursos y mal desempeño financiero. Además de esto no existe un aprendizaje de la experiencia al finalizar cada proyecto, repitiendo estos errores en el futuro.

Se entiende por movimiento de tierras al conjunto de acciones a realizar en la preparación de un terreno para la ejecución de una obra. Además, es una de las etapas más importantes en cualquier obra pública o privada, ya que afecta directamente al éxito, o no, del proyecto. Para ser concreto, los movimientos de tierras son considerados un conjunto de actividades que requieren seguir procedimientos específicos para su perfecta ejecución. Su importancia radica en que son el soporte de los cimientos de cualquier proyecto de construcción. Adicionalmente, las actividades de un movimiento de tierra se pueden sintetizar en corte, transporte, relleno y

consolidación. El corte o desmonte se refiere a la separación o extracción de determinadas partes de un volumen, una vez superadas las fuerzas internas que lo mantenían unido. En tanto el material removido producto de la excavación es transportado a un depósito o es utilizado en la conformación y consolidación de rellenos o terraplenes.

El movimiento de tierras es considerado como una de las actividades primordiales en la minería, cuenta con varias etapas donde destacan el carguío, transporte y descarga. En todas estas se debe cuidar la planificación y programación de los movimientos y rutas. Según Larraín [1], para muchos el movimiento de tierra es una de las actividades más importantes dentro de la industria, siendo considerada el eje motriz de la industria minera, ya que está presente desde la fase de construcción hasta el cierre de los proyectos. Comenta que si bien es un proceso que se desarrolla tanto en minería como en construcción, existen diferencias en la forma en que se ejecutan y los alcances de los proyectos. Principalmente respecto del rendimientos, ya que, en las obras de construcción, al ser menos masivas, se busca una mayor calidad y precisión, mientras que en la minería se busca mayor volumen.

Dentro de los problemas más recurrentes identificados en faenas de movimiento de tierras realizadas en proyectos, está el mal desempeño mecánico de la maquinaria pesada utilizada, problemas en el financiamiento de los recursos, la falta de insumos para la mantención de la maquinaria y materiales del proyecto y los errores en la definición del alcance. En consecuencia, para identificar, evaluar y controlar adecuadamente los riesgos en este tipo de trabajos, esta investigación define y formula el problema a través de la pregunta ¿cómo desarrollar un modelo de gestión de riesgos aplicable a los proyectos de una empresa de movimiento de tierras que permita mejorar el cumplimiento de los objetivos relacionados con el alcance, costo, plazo y calidad?

Para cumplir con el objetivo general, los objetivos específicos definidos son los siguientes:

- Medir el nivel de madurez en gestión de proyectos aplicando el modelo propuesto por Harold Kerzner [2].
- Diseñar un modelo de gestión de riesgos utilizando como base teórica los procesos indicados en el estándar PMBOK aplicado a proyectos de una empresa de movimiento de tierras.
- Proponer la aplicación de la gestión del conocimiento mediante el proceso SECI como herramienta para la capitalización de la experiencia en una empresa de movimiento de tierras.

Metodología

Para lograr los objetivos, este estudio aplica una metodología con una justificación de tipo práctica, ya que a partir del marco teórico desarrollado se busca encontrar solución a una problemática de una organización. Específicamente, el diseño metodológico consta de tres etapas principales: (a) definición y diseño de la investigación; (b) preparación, recolección y análisis de la evidencia; y, por último, (c) discusión y conclusiones (ver figura 1).

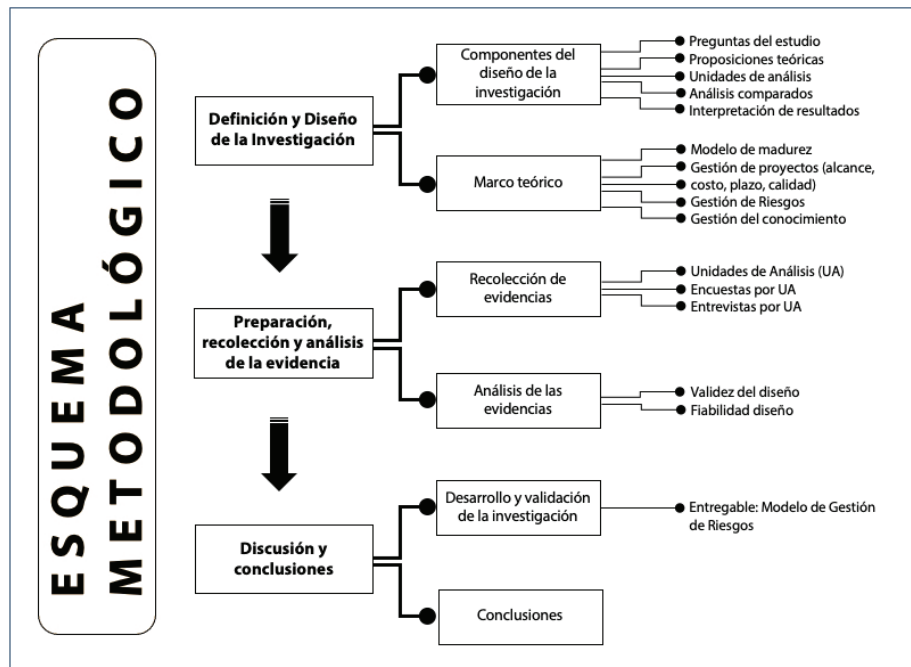


Figura 1. Esquema metodológico de la investigación.

La definición y diseño de la investigación se realiza aplicando el Método del Caso de Robert Yin [3] que aporta las herramientas que guían las distintas variables que permite, en primer lugar, delinear las fuentes de evidencia que respalden las proposiciones teóricas del diagnóstico planteado en la investigación. En segundo lugar, los datos de campo que aportan la evidencia y datos que permiten el análisis del estado de nivel de madurez de la gestión de proyectos en la organización, es decir, evaluar las buenas prácticas en gestión de proyectos aplicadas, para determinar las brechas respecto a la gestión de riesgos y gestión del conocimiento.

El caso aplicado es del tipo acoplado–deductivo, puesto que el punto de partida es una situación general aplicada a una realidad concreta. El estudio se desarrolla en el contexto de una empresa de movimiento de tierras, utilizando cuatro unidades de análisis: gerencia, administración de contratos, oficina técnica y estudios de proyectos y mantenimiento de maquinarias. Para cumplir con la etapa de recolección de datos, el estudio contempla la realización de encuestas y entrevistas en cada unidad de análisis. En la figura 2 se muestra el diseño del caso estudiado.

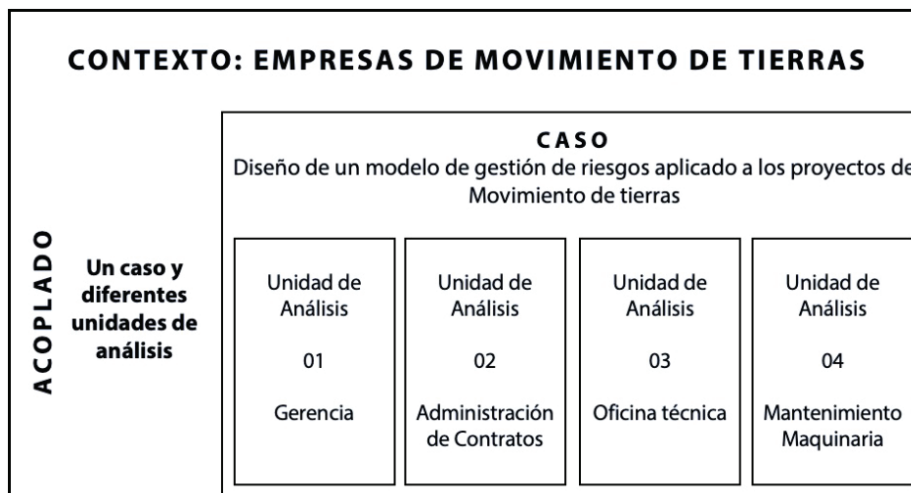


Figura 2. Esquema del método del caso acoplado.

El protocolo diseñado para la recolección de datos consistió en una entrevista con preguntas estructuradas para todos los entrevistados. Mientras que las encuestas fueron estructuradas con preguntas relativas a la gestión de riesgos, su impacto en el costo, plazo, alcance y calidad y la gestión del conocimiento en proyectos de movimiento de tierras.

Finalmente, para probar la validez y fiabilidad del estudio, se recurrieron a las recomendaciones propuestas por Yin [3]. Específicamente, respecto a la validez de la construcción del estudio se aplicaron las siguientes acciones: (a) utilización de múltiples fuentes de evidencia; (b) establecimiento de cadenas de evidencia para cada caso considerado en la investigación; y, (c) establecimiento de un grupo de “informantes claves”, para que revisen el borrador del reporte del estudio de cada caso. Mientras que para la garantizar la fiabilidad se realizó un protocolo del estudio del caso y el desarrollo de la base de datos del estudio (para cada unidad de análisis).

Marco teórico

Modelo de madurez en gestión de proyectos

Un modelo de madurez en gestión de proyectos representa un marco referencia conceptual que define niveles de madurez alcanzados por las organizaciones respecto a la gestión de proyectos de acuerdo con distintos ámbitos y criterios para la evaluación [4], que están relacionados con la capacidad de producir éxitos repetidos en gestión de proyectos. Kerzner [2] agrega que todas las organizaciones marchan a través de un proceso de madurez que debe preceder la excelencia, cuya curva de aprendizaje se mide con el paso del tiempo.

Uno de los principales modelos, por lo menos uno de los más aplicados, es el PMMM (por el nombre en inglés, Project Management Maturity Model) que fue desarrollado y propuesto por Kerzner [2]. Este modelo está compuesto por cinco niveles que representan cada uno un diferente grado de madurez en gestión de proyectos: (a) lenguaje común; (b) procesos comunes; (c) metodología única; (d) referenciación (benchmarking); y, (e) mejoramiento continuo. Un mayor grado de madurez significa métodos más efectivos para la gestión de proyectos, mayor calidad en los entregables, costos más bajos, más motivación en el equipo de proyectos, una balanza deseable entre costo-cronograma-calidad, y una fundamental mejora en provecho de la organización. Por el contrario, una organización con poca madurez se caracteriza por sus repetidos errores en proyectos, aplicación de procedimientos redundantes y si aporte de valor, una historia de proyectos ejecutados sin resultados, entre otros aspectos.

Gestión de riesgos del proyecto

Un riesgo en el proyecto representa un evento individual o condición incierta que, si se produce, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto, mientras que, a nivel general del proyecto, los riesgos son el efecto de la incertidumbre sobre el proyecto en su conjunto, proveniente de todas las fuentes de incertidumbre incluidos riesgos individuales, que representa la exposición de los interesados a las implicancias de las variaciones en el resultado del proyecto, tanto positivas como negativas [4]. Hacer una efectiva gestión de riesgos del proyecto significa, en consecuencia, aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos para el proyecto. Según PMI [4], esta gestión incluye la realización de los procesos relacionados a la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de la respuesta a los riesgos, así como su monitoreo de riesgos en un proyecto. En la Figura 3 se presenta la estructura de procesos para una efectiva gestión de riesgos en proyectos y las salidas en cada uno.

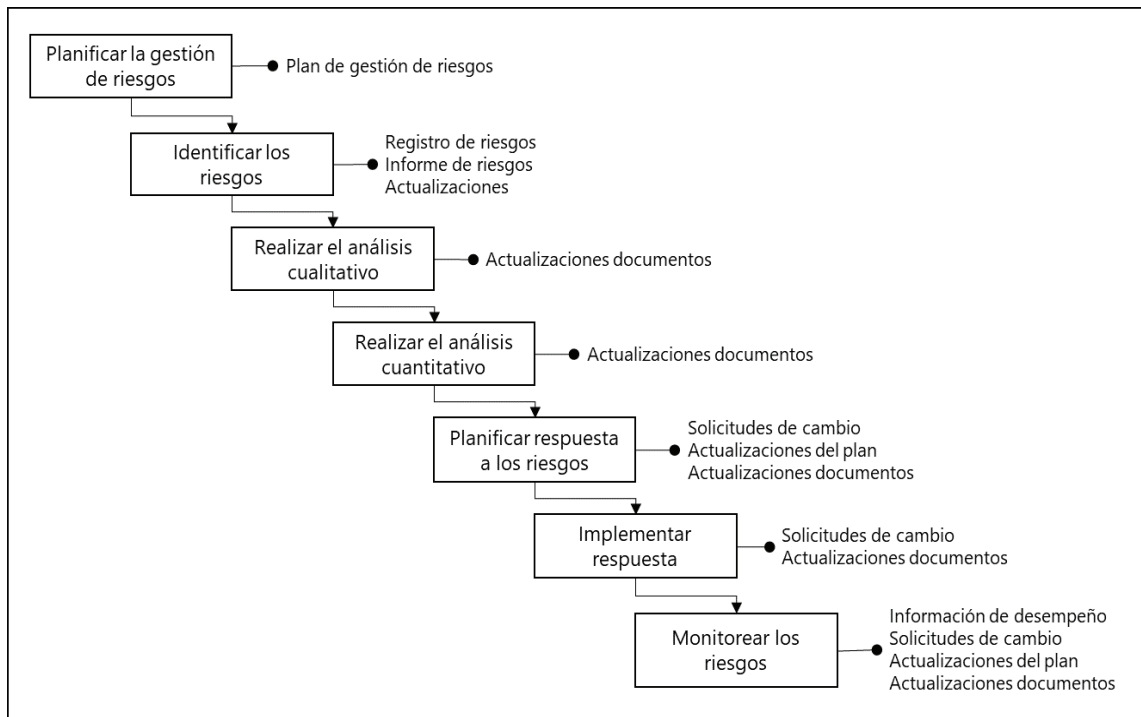


Figura 3. Proceso de gestión de riesgos en proyectos. Fuente: Adaptado de [4].

Tal como lo define el PMI [4], planificar la gestión de riesgos significa definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto, dando como resultado el plan de gestión de riesgos. Luego se identifican los riesgos, donde se priorizan los riesgos individuales del proyecto para análisis o acción posterior, evaluando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos, así como otras características. Una vez hecho esto, se realiza un análisis cualitativo de riesgos que sirve para priorizar riesgos para análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos. Complementariamente, se ejecuta un análisis cuantitativo de riesgos, para numéricamente determinar el efecto combinado de los riesgos individuales identificados del proyecto y otras fuentes de incertidumbre sobre los objetivos generales del proyecto. Realizado esto, se planifica e implementa la respuesta a los riesgos con el fin de desarrollar opciones, seleccionar estrategias y acordar acciones para abordar la exposición al riesgo del proyecto en general, así como para tratar los riesgos individuales del proyecto. Finalmente, se monitorea la implementación de los planes acordados de respuesta a los riesgos, hacer seguimiento a los riesgos identificados, identificando y analizando los nuevos riesgos y evaluando la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a lo largo del proyecto.

Como se puede observar, es fundamental estructurar la gestión de riesgos en los proyectos para generar una cultura preventiva que permita a la organización y a los equipos del proyecto, aprender, de tal manera que se realice también una efectiva gestión del conocimiento. La gestión del conocimiento según Nonaka y Takeuchi [5] es un modelo de generación de conocimiento mediante dos espirales de contenido epistemológico y ontológico, donde se produce una interacción entre conocimiento tácito y explícito, el cual tiene naturaleza dinámica y continua. Se constituye en una espiral permanente de transformación interna de conocimiento. En este modelo se expresan los siguientes cuatro procesos de conversión de conocimiento [5]: (a) De tácito a tácito (socialización): Los individuos adquieren conocimientos directamente de otros; (b) De tácito a explícito (externalización): El conocimiento se articula de una manera tangible del

diálogo; (c) De explícito a explícito (combinación): combinan diferentes formas de conocimiento explícito mediante documentos o base de datos; y, (d) De explícito a tácito (internalización): Los individuos internalizan el conocimiento en su propia experiencia.

La gestión del conocimiento significa aplicar de manera planificada y continua una serie de acciones (por ejemplo, registrar y utilizar lecciones aprendidas), que potencien el conocimiento e incrementen la competitividad a través del mejor uso y creación de recursos de conocimiento individual y colectivo en la organización, en este caso para la efectiva gestión del riesgo. Con esto, la organización y sus proyectos podrán ir subiendo en la escala de madurez.

Proposiciones teóricas y factores de análisis

Siguiendo la estructura metodológica de la investigación, a partir del marco teórico, se establecen las siguientes proposiciones y factores de análisis, los cuales se dividen como sigue (ver detalle en cuadro 1): (a) relacionados con el nivel de madurez de la organización; (b) relacionados con la gestión de proyectos; (c) relacionados con la gestión de los riesgos; y, (d) relacionados con la gestión del conocimiento.

Cuadro 1. Proposiciones y factores de análisis.

Proposiciones	Factores de Análisis	
El nivel de madurez refleja el desarrollo de una empresa respecto a la aplicación efectiva de gestión de proyectos.	NM 1	Nivel de madurez respecto a la gestión de proyectos según modelo PMMM de Kerzner [2]
Con la aplicación de la Gestión de Proyecto se pueden alcanzar los objetivos del proyecto de acuerdo con la triple restricción	GP 1	Buenas prácticas en gestión de alcance
	GP 2	Buenas prácticas en gestión de costos
	GP 3	Buenas prácticas en gestión del cronograma
	GP 4	Buenas prácticas en gestión de la calidad
Mediante la aplicación de una efectiva gestión de riesgos se pueden disminuir la ocurrencia de eventos negativos (amenazas) y potenciar los eventos positivos	GR 1	Procesos de gestión de riesgos
La gestión del conocimiento ayuda a la capitalización de la experiencia y a la captura de lecciones aprendidas	GC 1	Proceso SECI Gestión del Conocimiento: Socialización, Externalización, Combinación e Internalización

Resultados

Mediante la recopilación de los datos de encuesta y entrevistas aplicadas a las diferentes unidades de análisis, los resultados de este estudio están enfocados a obtener el nivel de madurez de la organización en gestión de proyectos, utilización de las mejores prácticas en los procesos principales de la gestión de proyectos, analizar el nivel de conocimiento y aplicación de la gestión de riesgos, y capitalización de la experiencia de proyectos pasados. Con los reportes obtenidos de las unidades de análisis y la utilización del marco referencial se obtiene el reporte final de la investigación. A continuación, se enumeran los reportes realizados, los que son la base para la construcción del modelo propuesto:

Reporte N°1: Nivel de madurez en gestión de proyectos

Según los cuestionarios aplicados se obtiene que la organización tiene un nivel de madurez bajo (36%) (ver figura 4 y cuadro 2), de acuerdo con las respuestas marcadas:

- Existe un desconocimiento de los objetivos estratégicos de la organización.
- Los proyectos se desvían de sus objetivos en tiempo, costo y calidad.
- No existen políticas de mejora en los procesos de gestión de proyectos.
- Existe el rol de gerente de proyectos solo en algunos proyectos.
- No existen herramientas para la evaluación del desempeño de los recursos.
- En algunos proyectos existen hitos para su evaluación.
- No existe un programa enfocado a la comunicación y colaboración entre proyectos.
- No se trabaja con cronogramas de multiproyectos.
- No se evalúa la carga de trabajo, requerimiento de ganancias o márgenes y tiempos de entrega para evaluar que trabajo emprender.
- No existe una estrategia de negocio definida a la hora de escoger proyectos.
- No hay metodología de gestión de proyectos común.
- Se recolectan medidas de gestión de la calidad.
- No se conoce el concepto de madurez en gestión de proyectos.
- No se recopilan lecciones aprendidas.

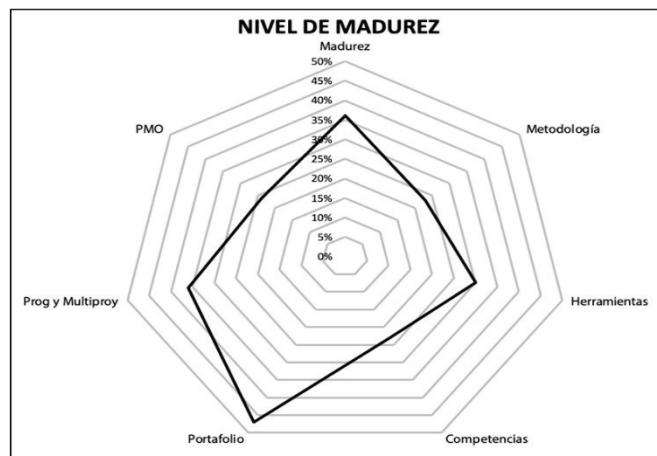


Figura 4. Resultado global nivel de madurez de la organización.

Cuadro 2. Puntaje alcanzado para el nivel de madurez.

Puntaje	Nivel
Obtenido	210 de 640
Nivel de madurez	BAJO - LENGUAJE COMUN (Nivel 1)

Reporte N°2: Gestión de proyectos

Los resultados respecto las áreas de conocimiento relacionados con la triple restricción son:

Gestión del alcance: La definición del alcance de los proyectos se realiza de manera parcial, esto se define inicialmente con la documentación entregada por el cliente, donde en algunas oportunidades se realizan reuniones en las cuales se definen tareas fuera de alcance las cuales no quedan documentadas y se producen problemas posteriormente. El seguimiento del alcance no se documenta, se registran algunos cambios mediante libro de obra y otros de manera verbal. El alcance de los proyectos finaliza mayor al planeado, algunas veces sin considerar estas tareas como mayor obra.

Gestión del cronograma: El monitoreo y control del proyecto se realiza según la exigencia del cliente, si no lo exige no se efectúa. La planificación y coordinación con proveedores se cumple en algunos proyectos dependiendo también del financiamiento. Los plazos sobrepasan lo planeado en gran medida por el aumento y falta de control del alcance.

Gestión del costo: Para estimación del costo se realiza de manera separada la mano de obra, materiales y maquinaria, usando como base presupuestos anteriores o bases de precios. Se controla con poca frecuencia los costos y no existe acceso a todos los costos del proyecto. Los costos finalizan en lo planeado, se puede atribuir a la utilización de recursos propios, como la maquinaria. Los mayores costos están en la remuneración del personal, combustible, compra de material estabilizado, agua industrial, insumos para la mantención mecánica.

Gestión de la calidad: La calidad de los proyectos tiene un desempeño de acuerdo con lo planeado, se tiene establecido un sistema de gestión de la calidad que se encuentra certificado para asegurar la calidad de los procesos y productos. Se establecen controles y ensayos a realizar en los proyectos. De las encuestas se concluye que el mayor éxito de los proyectos se obtiene dando mayor importancia a la gestión del costo, plazo, alcance, riesgos y calidad, de manera integrada.

Reporte N°3: Gestión de riesgos

La organización no tiene un manejo de los procesos de la gestión del riesgo, pero se realiza de manera lógica una evaluación de los posibles riesgos y consecuencias, además de la categorización de los riesgos. No existe un registro histórico o base de datos oficial de los riesgos pasados, el conocer los riesgos dependerá de la experiencia de los profesionales o registro en correos y minutas de reuniones, carpetas Top de proyectos anteriores. También, existe un desconocimiento de los métodos de análisis cuantitativo de riesgos, como por ejemplo Montecarlo. La mayor causa de no alcanzar los objetivos en los proyectos es la baja disponibilidad mecánica de maquinarias, esto viene relacionado con la falta de financiamiento en recursos tales como repuestos. Las fallas en los equipos impactan los plazos y costos, por detención de actividades críticas tales como excavaciones y rellenos. El conseguir repuestos con proveedores en tiempos menores por urgencia significa un mayor costo. Esto, consecuentemente, impacta en la confianza y credibilidad del cliente por no cumplir con calidad de los recursos ofertados, afectando la posibilidad de futuros negocios. Los resultados de esta área del conocimiento se muestran en Figura 5.

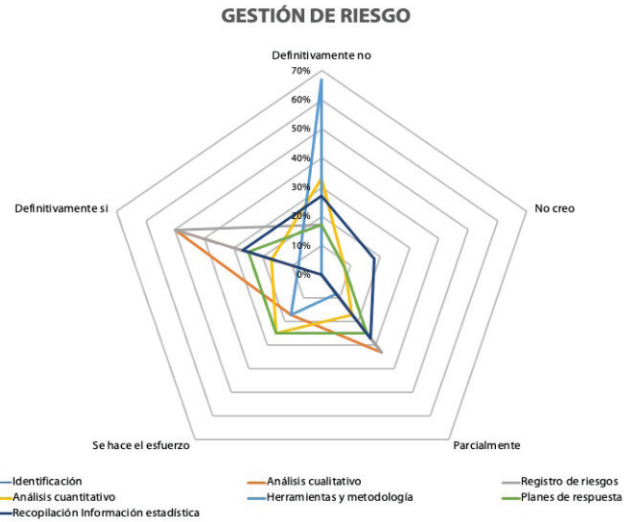


Figura 5. Resultados respecto a la gestión del riesgo.

Reporte N°4: Gestión del conocimiento

Como resultado de la encuesta se concluye que los conceptos de la gestión del conocimiento son familiares al 58% de los encuestados. Existen repositorios físicos o virtuales, pero estos no son difundidos al personal clave de los proyectos. Además, existe una repetición de errores en proyectos de alcance similar. Finalmente, las lecciones aprendidas no se recopilan por falta de formatos y procedimientos o desconocimiento de parte del equipo de proyecto. Los resultados se resumen en la Figura 6.

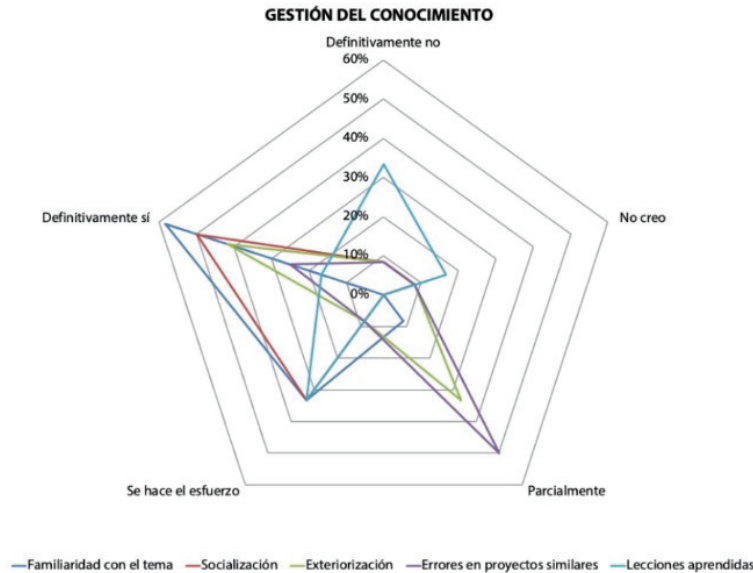


Figura 6. Resultados respecto a la gestión del conocimiento.

Modelo de gestión de riesgos propuesto

El aporte de este estudio es la propuesta de un modelo de gestión de riesgos en proyectos para una empresa de movimiento de tierras (Figura 7), que ponga énfasis en los riesgos recopilados en la fase del análisis de datos. Los principales riesgos detectados son: la baja disponibilidad mecánica; el rendimiento de las maquinarias; el financiamiento insuficiente, donde la falta de recursos son los más incidentes. Además, de un registro de lecciones aprendidas para futuros proyectos.

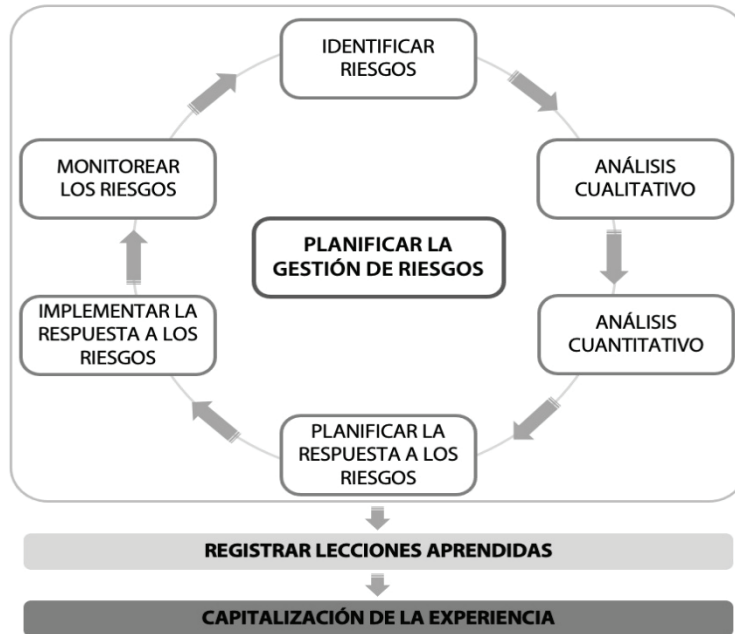


Figura 7. Modelo de gestión de riesgos de proyectos de movimiento de tierras.

Plan de gestión de riesgos

El plan de gestión de los riesgos es un componente del plan para la dirección del proyecto que describe el modo en que se estructurarán y se llevarán a cabo las actividades de gestión de riesgos. El plan de gestión de los riesgos puede incluir algunos o todos de los siguientes elementos:

Metodología: define los enfoques, las herramientas y las fuentes de datos específicos que se utilizarán para llevar a cabo la gestión de riesgos en el proyecto.

Roles y responsabilidades: define los stakeholders del proyecto, y explica sus responsabilidades.

Financiamiento: identifica los fondos necesarios para realizar actividades relacionadas con la Gestión de los Riesgos del Proyecto. Establece protocolos para la aplicación de las reservas de contingencia y de gestión.

Calendario: define cuándo y con qué frecuencia se llevarán a cabo los procesos de Gestión de los Riesgos del Proyecto a lo largo del ciclo de vida del proyecto, y establece las actividades de gestión de riesgos a incluir en el cronograma del proyecto.

Categorías de riesgo: proporciona un medio para agrupar los riesgos individuales de cada proyecto. Una forma común de estructurar las categorías de riesgo es por medio de una estructura de desglose de los riesgos (RBS), que es una representación jerárquica de las posibles fuentes de riesgos. En este caso se define una RBS Genérica para todos los proyectos. Un ejemplo se presenta en Figura 8.



Figura 8. Estructura de desglose de riesgos.

Apetito al riesgo del interesado: el apetito al riesgo de los interesados clave en el proyecto se registra en el plan de gestión de los riesgos, ya que informan los detalles del proceso Planificar la Gestión de los Riesgos.

Definiciones de la probabilidad e impactos de los riesgos: las definiciones de la probabilidad e impacto de los riesgos son específicas al contexto del proyecto y reflejan el apetito al riesgo y los umbrales de la organización y los interesados clave. El proyecto puede generar definiciones específicas de los niveles de probabilidad e impacto, o puede comenzar con definiciones generales proporcionadas por la organización. En esta investigación se consideran las siguientes definiciones de probabilidad e impacto (ver cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Definiciones de la probabilidad e impactos de los riesgos.

Definición de la probabilidad	
Probabilidad de ocurrencia	Definición
0,9	Muy alta
0,7	Alta
0,5	Moderada
0,3	Baja
0,1	Muy baja

Cuadro 4. Definición de los impactos en los objetivos del proyecto.

Definición del Impacto					
Objetivos del Proyecto	Escalas relativas y numéricas no lineal				
	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
Costo	Incremento <\$1.000.000	Incremento entre \$1.000.000-\$5.000.000	Incremento entre \$5.000.000-\$9.000.000	Incremento entre \$9.000.000-\$15.000.000	Incremento >\$15.000.000
Cronograma	Incremento del plazo <3 días	Incremento del plazo entre 3 y 7 días	Incremento del plazo entre 7 y 14 días	Incremento del plazo entre 14 y 21 días	Incremento del plazo >21 días
Alcance	Reducción del alcance apenas perceptible	Áreas menores del alcance afectadas	Áreas mayores del alcance afectadas	Reducción del alcance inaceptable para el patrocinador	El producto final es inutilizable
Calidad	Degradación de la calidad apenas perceptible	Sólo aplicaciones muy específicas son afectadas	La aprobación de la calidad demanda la aprobación del patrocinador	Reducción de la calidad inaceptable para el patrocinador	El producto final es inutilizable
Maquinaria	Disponibilidad de maquinaria >85%	Disponibilidad de maquinaria entre 85 y 65%	Disponibilidad de maquinaria entre 65 y 45%	Disponibilidad de maquinaria entre 45 y 15%	Disponibilidad de maquinaria <15%
Financiamiento	Capital inicial financia 100% del proyecto	Capital inicial >80%	Capital inicial entre 80 y 50%	Capital inicial entre 50 y 20%	Capital inicial <20%
Adquisiciones	Se tiene stock de recursos y contratación de servicios anticipado al inicio del proyecto	Recursos y servicios disponibles >80%	Recursos disponibles entre 80 y 40%	Se planifican las compras cuando el proyecto está en ejecución	No existe planificación de suministros, se desconocen los requerimiento y necesidades del proyecto

Matriz de probabilidad e impacto: las reglas de priorización pueden ser especificadas por la organización con anterioridad al proyecto y ser incluidas en los activos de los procesos de la organización, o pueden ser adaptadas para el proyecto específico. Las oportunidades y las amenazas están representadas en una matriz común de probabilidad e impacto utilizando definiciones de impacto negativo para las amenazas. Se pueden utilizar para la probabilidad y el impacto términos descriptivos y valores numéricos (ver cuadro 5).

Cuadro 5. Matriz de la probabilidad de los impactos de los riesgos.

Matriz de riesgos							
Matriz			Impactos Negativos				
			Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
			0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
Probabilidad	Muy alta	0,9	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72
	Alta	0,7	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56
	Mediana	0,5	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40
	Baja	0,3	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
	Muy baja	0,1	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08

Formatos de los informes: los formatos de los informes definen cómo se documentan, analizan y comunican los resultados del proceso de gestión de riesgos del proyecto. El plan de gestión de riesgos describe el contenido y el formato del registro de riesgos y el informe de riesgos, así como cualquier otra salida requerida de los procesos de gestión de riesgos.

Identificación de los riesgos del proyecto

En esta etapa se deben identificar los riesgos individuales del proyecto, así como las fuentes de riesgo general del proyecto y documentar sus características. Se identifican y clasifican los riesgos para cada categoría de la RBS, encontrando un total de 70 riesgos. A continuación, se muestra el desglose para el costo (ver Cuadro 6).

Cuadro 6. Identificación y clasificación de los riesgos para cada categoría de la RBS.

Subcategoría	Ítem	Descripción	¿Afecta?
Costo	GR1	Mala estimación del consumo de petróleo	Si
	GR2	Perdidas de petróleo por mal uso	Si
	GR3	Mayor costo de base estabilizada	Si
	GR4	Aumento en costo de agua industrial	Si
	GR5	Necesidad de choferes y operadores	Si
	GR6	Arriendo de maquinaria adicional	Si
	GR7	Repuestos de maquinaria no estimados en el presupuesto	Si
	GR8	Sobrepasar el plazo de arriendo en maquinarias	Si
	GR9	Contratación de empresas externas especializadas en mantención de maquinarias	Si
	GR10	Atraso en la certificación de maquinarias y operadoras	Si
	GR11	Maquinaria fuera de servicio por problemas mecánicos mayores	Si
	GR12	Costos semanales de mantenciones preventivas en mal estado	Si
	GR13	Montos de estado de pago inferiores a los costos que tiene el proyecto	Si
	GR14	Costos de exigencias adicionales para cumplir el estándar del cliente en seguridad y medioambiente	Si
	GR15	Necesidad de maquinaria con mayor capacidad por cambios en las condiciones del terreno (dureza)	Si
	GR16	No autorización de ingreso al área de trabajo por contingencia del usuario	Si
	GR17	Maquinaria arrendada detenida por falta de operadores	Si
	GR18	Maquinaria arrendada detenida por no tener tarea asignadas	Si
	GR19	Demora en entrega de área a los subcontratos (HDPE, schotcrete, asfalto)	Si

Análisis cualitativo de los riesgos del proyecto

Realizar el análisis cualitativo de riesgos es el proceso de priorizar los riesgos individuales del proyecto para análisis o acción posterior, evaluando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos, así como otras características. El beneficio clave de este proceso es que concentra los esfuerzos en los riesgos de alta prioridad. Este proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto. Como entregable de este proceso se obtiene el registro de riesgos.

El registro de riesgos contiene detalles de cada riesgo individual del proyecto identificado que debe ser evaluado durante el proceso realización del análisis cualitativo de riesgos. Como resultado del análisis de la probabilidad e impacto para cada riesgo individual, se obtiene el registro de riesgos priorizados (ver cuadro 7).

Cuadro 7. Identificación y registro de riesgos priorizados.

Riesgos ID	Descripción del Riesgo	Probabilidad (Entre 0,1 y 0,9)	Impacto del Riesgo (Entre 0,05 y 0,8)	Valor del Riesgo	Prioridad	Tipo de Riesgo	Dueño del Riesgo	Estado
GR45	Alcance mal descrito en el contrato	0,9	0,8	0,72	Muy alto	Negativo	Gerencia	Abierto
GR11	Maquinaria fuera de servicio por problemas mecánicos mayores	0,9	0,8	0,72	Muy alto	Negativo	Administrador de contrato	Abierto
GR7	Repuestos de maquinarias no estimados en el presupuesto	0,9	0,8	0,72	Muy alto	Negativo	Estudio de propuesta	Abierto
GR12	Costo semanal de mantenencias preventivas mal estimado	0,9	0,8	0,72	Muy alto	Negativo	Jefe de maquinaria	Abierto
GR47	Personal mecánico insuficiente	0,9	0,8	0,72	Muy alto	Negativo	Jefe de maquinaria	Abierto
GR37	No se formaliza el alcance al inicio del proyecto	0,7	0,8	0,56	Muy alto	Negativo	Gerencia	Abierto
GR16	No se autoriza el ingreso al área de trabajo por contingencias del usuario	0,7	0,8	0,56	Muy alto	Negativo	Administrador de contrato	Abierto

Análisis cuantitativo de los riesgos del proyecto

Realizar el análisis cuantitativo de riesgos es el proceso de analizar numéricamente el efecto combinado de los riesgos individuales del proyecto identificados y otras fuentes de incertidumbre sobre los objetivos generales del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que cuantifica la exposición al riesgo del proyecto en general, y también puede proporcionar información cuantitativa adicional sobre los riesgos para apoyar la planificación de la respuesta a los riesgos. Mediante el cuadro de definición de impactos se cuantifica los riesgos individuales anteriormente identificados, obteniendo su valor equivalente en pesos para el costo y en días para el plazo.

Para conocer el efecto de los riesgos combinados sobre los objetivos de un proyecto determinado se debe aplicar métodos de simulación mediante un software especializado. Para realizar este proceso se utiliza el software ‘*Primavera Risk Analysis*’, el cual permite el análisis de los riesgos en costo y plazo. El proyecto que se usa como caso es la “Construcción caminos y canal de derivación aguas lluvias - Minera ABC” el cual se desarrolla en el rubro del movimiento de tierras.

El plazo de ejecución de este proyecto es de 168 días corridos y se cuenta con un presupuesto: CLP\$2.911.926.793. Se toma como fecha de inicio el 29-10-2018 y término 14-04-2019.

Inicialmente se debe ingresar al software los rangos anteriormente definidos para la probabilidad, impactos en cada objetivo del proyecto y valores de tolerancia para la construcción de la matriz riesgos. A continuación, se crea el registro de riesgos cualitativo ingresando la probabilidad de ocurrencia, impacto en cada objetivo del proyecto, estrategias, planes de respuesta y medidas de mitigación, esto para las condiciones de pre-mitigación y post-mitigación. Para cada riesgo se debe definir sus detalles (causa/efecto, amenaza/oportunidad, responsable). También, se deben establecer sus medidas de mitigación descritas y cuantificadas en costo si fuera necesario, para que mediante esto se pueda obtener las estimaciones de probabilidad e impacto post mitigación. Una vez creado el registro de riesgos se procede a asignar los riesgos al proyecto elegido, partiendo por identificar las actividades más incidentes en el proyecto. En el Cuadro 8 se aprecia que las actividades más incidentes en costo y plazo de este proyecto.

Cuadro 8. Actividades más incidentes en costo y plazo del proyecto.

Camino	ID	Descripción	Duración (días)	Costo
Troncal Ruta B229	A1190	Sub-base granular CBR > 40%	23	\$366.943.595
	A1220	Base granular CBR > 100% estabilizado con bischofita	34	\$464.586.093
Acceso principal	A1210	Sub-base granular CBR > 40%	20	\$488.343.581
	A1480	Base granular CBR > 100% estabilizado con bischofita	32	\$459.672.618

Revisando el registro de riesgos se observa cuáles son los riesgos de nivel más alto que pueden impactar este proyecto. Para las actividades seleccionadas, colocación de subbase granular y base granular, los riesgos que pueden suceder son: maquinaria fuera de servicio por fallas mayores; atraso en suministro de materiales críticos; la llegada de la base estabilizada y bischofita es una restricción para el inicio de esta actividad; y, trabajar con material sin certificación. Se asignan estos riesgos a estas actividades y se selecciona la distribución de probabilidad a usar. En este caso se selecciona una distribución triangular, designando sus tres valores (pesimista, más probable, optimista).

Pre-mitigación: Como se puede ver en las Figuras 9 y 10, los resultados obtenidos son: respecto al costo, un 80% de probabilidad de finalizar en \$3.129.799.749, lo que corresponde a un sobrecosto de \$217.872.956 y en plazo la fecha de término tiene un 80% de posibilidad de ser el día 20-07-2019.

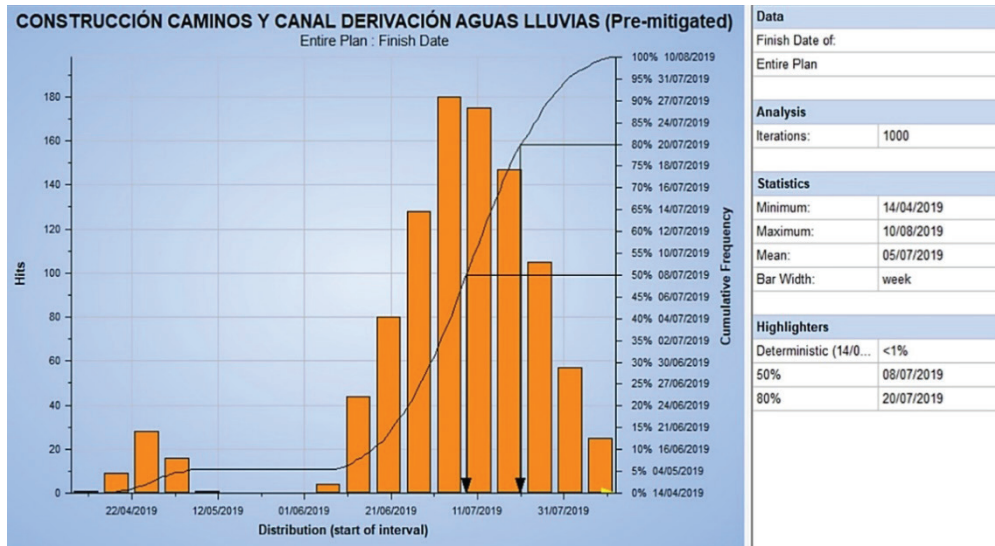


Figura 9. Análisis fecha de término pre-mitigación (obtenido de Primavera Risk Analysis).

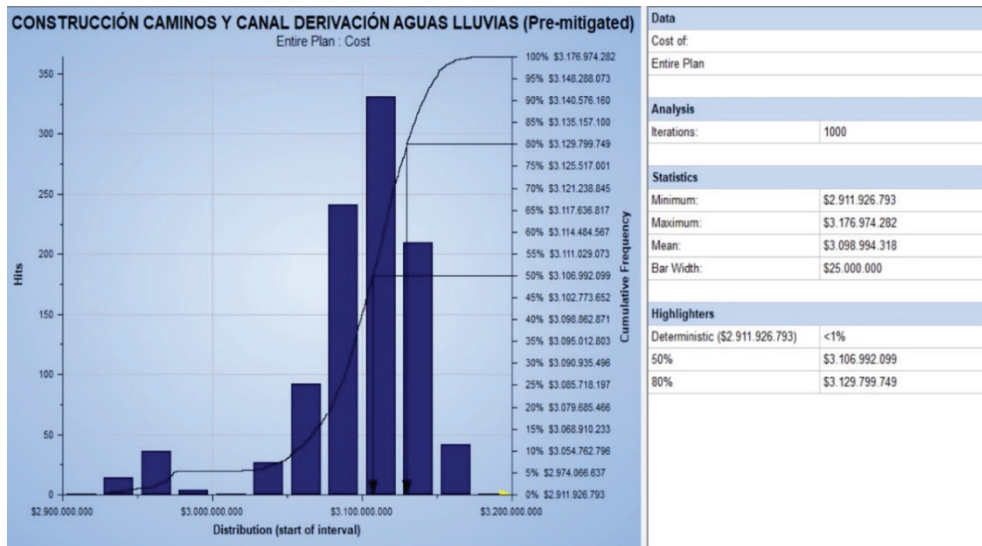


Figura 10. Análisis costo pre-mitigación (obtenido de Primavera Risk Analysis).

Post-mitigación: se realiza el mismo proceso, ahora aplicando las medidas de mitigación. Se asigna a cada actividad los riesgos como subactividad ahora con las probabilidades e impactos luego de aplicar las medidas mitigación. Se obtiene el nuevo histograma el cual muestra que existe un 80% de probabilidad de terminar el 11-05-2019. El costo tiene un 80% de probabilidad de finalizar en \$2.996.269.948, con un sobrecosto de \$84.343.155. Ver Figuras 11 y 12.

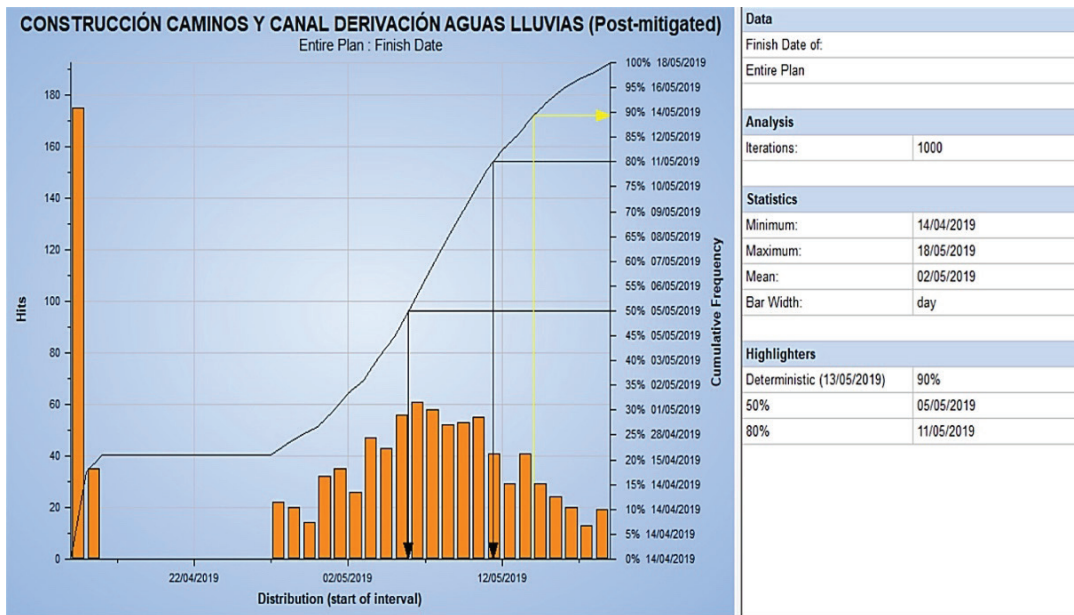


Figura 11. Análisis fecha de término post-mitigación (obtenido de Primavera Risk Analysis).

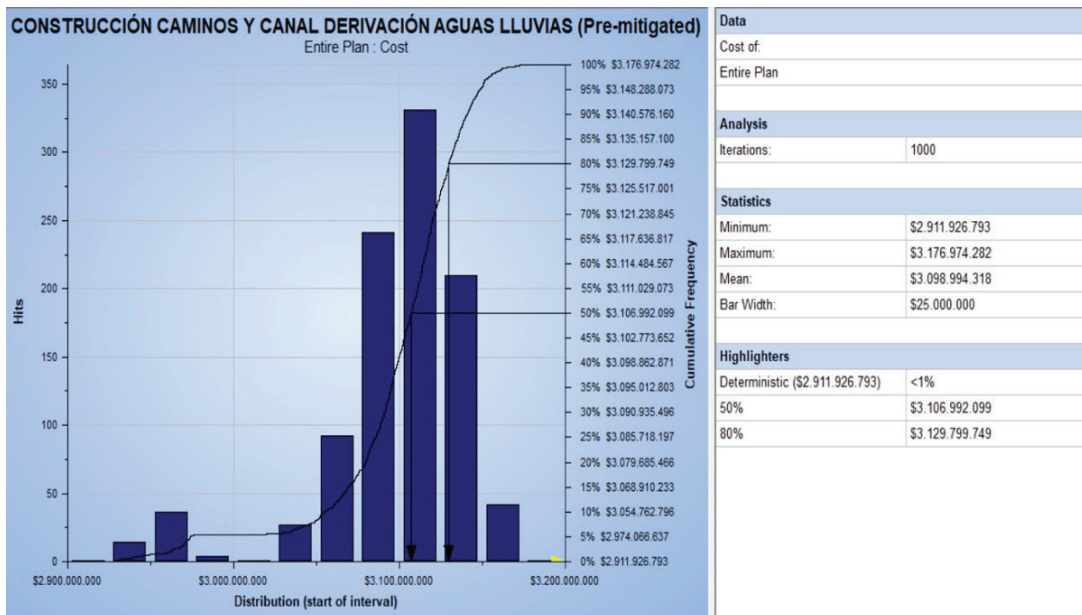


Figura 12. Análisis costo post-mitigación (obtenido de Primavera Risk Analysis).

Mediante las curvas de distribución de probabilidad se puede comparar el programa en los dos casos. En la Figura 13, se aprecia un acercamiento a la fecha determinística luego de aplicar las medidas de mitigación, valorizado en que la desviación estándar pre-mitigación es de 21,23 y post-mitigación es de 10,27. Se puede deducir que de seguir controlando este proceso a lo largo de todo el proyecto se puede lograr disminuir los valores.

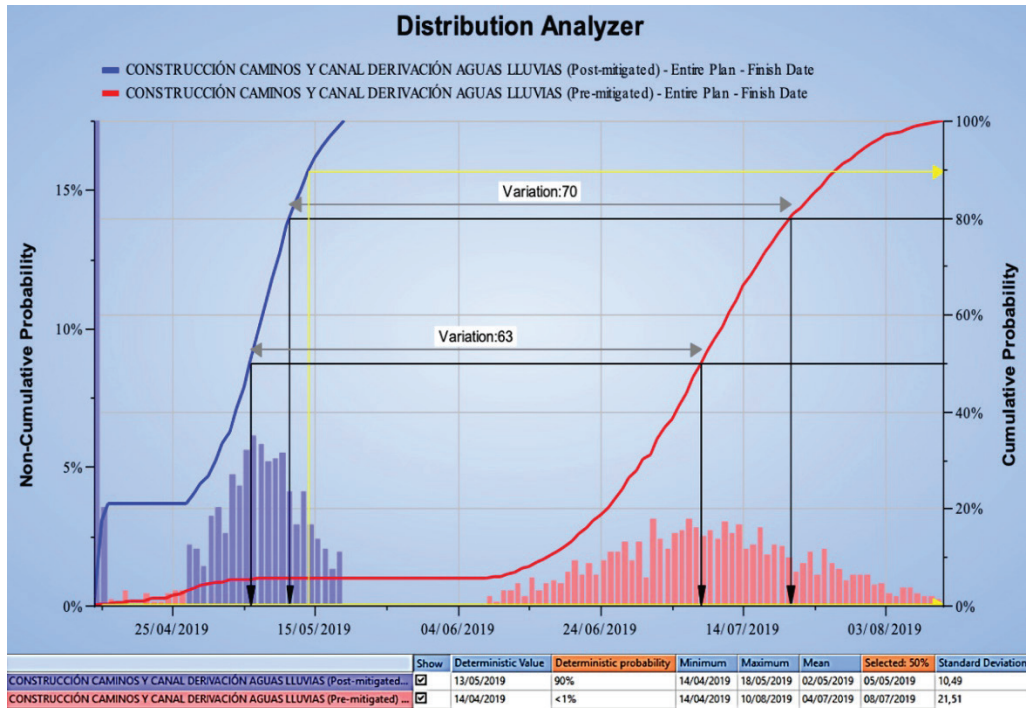


Figura 13. Análisis distribución post y pre-mitigación (obtenido de Primavera Risk Analysis)

Planificar la respuesta a los riesgos

Durante la planificación de la respuesta al riesgo se definen planes y acciones para mejorar las oportunidades y disminuir las amenazas (ver Cuadro 9). Este suele ser el proceso más importante de la gestión de riesgos porque se toma la decisión de cómo responder a cada riesgo identificado. En adelante, se señalan la ubicación de los riesgos en la matriz antes y después de aplicar las medidas de mitigación (ver Cuadros 10 y 11).

Cuadro 9. Planes y acciones para mejorar las oportunidades y disminuir las amenazas.

Puntaje	Prioridad	Estrategia	Significado de cada estrategia
0,01 – 0,05	Muy baja	Aceptar	Esta estrategia puede ser apropiada para las amenazas de baja prioridad, y también puede ser adoptada cuando no es posible o rentable hacer frente a una amenaza de ninguna otra manera.
0,06 – 0,2	Baja		
0,24 – 0,28	Moderado	Mitigar	Se toman medidas para reducir la probabilidad de ocurrencia y/o el impacto de una amenaza.
0,36 – 0,4	Alta	Transferir	Trasladar el riesgo a un tercero
0,56 – 0,72	Muy alta	Evitar	Cuando el equipo del proyecto actúa para eliminar la amenaza o proteger al proyecto de su impacto.
		Escapar	Es apropiado cuando una amenaza se encuentra fuera del alcance del proyecto o que la respuesta propuesta excedería la autoridad del director del proyecto.

Cuadro 10: Matriz de Riesgos pre-mitigación en *Primavera Risk Analysis*.

Matriz de Riesgos	Impactos				
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Muy alto %				GR35, GR44	GR45, GR11, GR47, GR12, GR7
Alto %				GR22, GR15, G449, GR59, GR20, GR8, GR64, GR17, GR5	GR29, GR41, GR39, GR26, GR16, GR34, GR21, GR63, GR37, GR23
Medio %				GR51, GR53, GR48, GR60, GR65, GR18, GR33, GR70, GR10, GR9, GR32, GR67, GR69, GR66	GR55, GR52, GR38, GR57, GR54, GR25, GR50, GR61, GR58, GR24, GR68, GR6
Bajo %			GR19	GR36, GR46, GR27, GR4, GR14, GR43, GR42, GR31	GR56, GR13, GR2, GR28, GR1, GR40, GR3, GR30
Muy bajo %				GR62	

Cuadro 11. Matriz de Riesgos post-mitigación en *Primavera Risk Analysis*.

Matriz de Riesgos	Impactos				
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Muy alto %					
Alto %			GR44	GR45, GR47, GR12, GR7, GR35	GR11
Medio %			GR29, GR63, GR37, GR22, GR15, GR49, GR59, GR20, GR8, GR64, GR65, GR10, GR5	GR41, GR39, GR26, GR16, GR34, GR21, GR23, GR54, GR24	
Bajo %	GR6	GR17, GR19	GR60, GR18, GR33, GR70, GR9, GR32, GR67, GR4, GR14, GR43, GR42, GR31	GR55, GR52, GR51, GR38, GR53, GR57, GR25, GR56, GR50, GR61, GR58, GR68, GR13, GR2, GR28, GR1, GR40, GR3, GR48, GR30	
Muy bajo %				GR62	

Implementar Respuestas a los Riesgos

Para la implementación de los planes de respuesta aprobados se propone un formato, en el que se detallan las actividades a realizar, su plazo de ejecución y responsables.

Lecciones aprendidas

Se debe ir recopilando las lecciones aprendidas a lo largo de todo el proyecto mediante reportes individuales, esto nos permitirá al final del proyecto contar con un registro que servirá como base para afrontar futuros proyectos y aprovechar la experiencia adquirida (ver cuadro 12).

Figura 14. Registro de lecciones aprendidas.

Registro de Lecciones Aprendidas									
Proyecto:									
ID del proyecto:									
Gerente del proyecto:									
Fecha:									
Descripción									
Nº	Rol del equipo del proyecto	Fase en la que se dio la lección aprendida	¿Cuál fue la acción tomada?	¿Cuál fue el resultado?	¿Cuál es la lección aprendida específicamente?	¿Dónde y cómo puede utilizarse este conocimiento en el proyecto actual?	¿Dónde y cómo puede utilizarse este conocimiento en un proyecto futuro?	¿Quién debería ser informado acerca de esta lección aprendida?	¿Cómo debería ser difundida esta lección aprendida?
1	Administrador de contrato	Durante el segundo mes de ejecución	Cambio de proveedor de bischofita por falta de stock del principal	Orden de compra con proveedor, suministro del material en la fecha planificada sin afectar el cronograma	Es recomendable tener cotizaciones con varios proveedores por si existen imprevistos para cumplir con el programa de suministros	Construcción y estabilización de caminos	Construcción y estabilización de caminos y plataformas	Encargado de adquisiciones, administrador de contrato, programador, encargado de calidad	Mediante un informe y una reunión de proyecto
2									

Conclusiones

Este estudio evidencia que si implementamos procesos de gestión de riesgos de manera sistemática se pueden lograr proyectos más exitosos respecto al cumplimiento de los objetivos de eficacia: costo, plazo, calidad y alcance, puesto que esto nos permite gestionar, al detalle, los posibles eventos riesgosos que pueden suceder. Para la adecuación de este modelo en una organización o proyecto determinado se requiere la colaboración de todo el equipo, ya que la resistencia al cambio puede constituir una causa de fracaso. Este proceso requiere contar con un equipo de profesionales que conozcan y manejen las herramientas aplicables, de tal manera que se mantenga la actualización de los registros y se realice un análisis y seguimiento de todos y cada uno de los riesgos identificados.

La aplicación metódica de la gestión de riesgos constituye una herramienta muy útil en los proyectos de movimiento de tierras, siendo de ayuda para gestionar las amenazas que ocurren en sus diferentes etapas, la actualización constante de los registros de riesgos y planes de

repuestas puede establecer una base para lograr disminuir la incertidumbre en este tipo de proyectos. Adicionalmente, la captura de lecciones aprendidas es un gran recurso para afrontar nuevos proyectos sobre la base de la experiencia adquirida.

Finalmente, es importante que se siga mejorando la forma de identificar y registro de riesgos que ocurren en los proyectos de movimiento de tierras, se puede buscar la aplicación de otras herramientas para la identificación de los riesgos, como son los diagramas de influencia, diagramas causa-efecto, o para simulación incorporar otros softwares con distintas características. Lo más relevante es incorporar un enfoque preventivo que sin duda será de gran beneficio para la organización que lo emplee, agregando valor a su negocio y partes interesadas (*stakeholders*).

Agradecimientos

Los resultados mostrados en este trabajo fueron parcialmente desarrollados y presentados como Tesis de Magíster denominada “Diseño de un modelo de gestión de riesgos aplicado a los proyectos de una empresa de movimiento de tierras”. Los autores agradecen el apoyo del Magíster en Gestión Integral de Proyectos de la Universidad Católica del Norte. Además, este trabajo fue presentado en el X Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos (RIIPRO) en San José de Costa Rica, en septiembre de 2022.

Referencias

- [1] J. M. Larraín, Movimiento de tierra en faenas mineras, *Revista Construcción Minera*, vol. 2, n° 9, pp. 7-12, 2014.
- [2] H. Kerzner, Strategic planning for project management using a project management maturity model, New York, USA: John Wiley & Sons, 2002.
- [3] R. Yin, Case study research: Design and methods, London, UK: SAGE, 2009.
- [4] Project Management Institute, Project management body of knowledge (PMBOK Guide), USA, 2017.
- [5] I. Nonaka y H. Takeuchi, The knowledge-creating company, *Harvard Business Review*, vol. 85, n° 7/8, p. 162, 2007.