
Desarrollo e implementación de un sistema de control de proyecto en el Sistema de Transmisión Eléctrica (STE).

Alexander Toloza Palma

Proyecto para optar al título de Ingeniero Civil Industrial de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Adolfo Ibáñez.

Viña del Mar, Chile

2023

Índice

1. Introducción.....	5
1.1 Contexto de la empresa	5
1.2 Área de la empresa.....	7
1.3 Contexto del problema.....	7
2. Objetivos	9
3. Estado del arte	10
3.1 Alternativas de solución	13
4. Metodología	14
4.1 Identificación y análisis de los procesos.....	14
4.2 Métricas.....	22
4.3 Solución escogida	23
4.3.1 Metodología de la solución escogida	24
5. Plan de implementación	26
6. Análisis de riesgo.....	27
7. Evaluación económica	29
8. Resultados	30
8.1 Resultados del desarrollo de la solución	31
8.2 Evaluación de métricas de desempeño	34
9. Conclusiones	36
10. Bibliografía.....	37

Resumen ejecutivo

El presente informe se concentra en el desarrollo e implementación de un sistema de control de proyectos en el marco del proyecto C20+ de la empresa Collahuasi. Este proyecto tiene como objetivo extender la vida útil de la mina por 20 años más, mediante la implementación de infraestructuras esenciales, entre las cuales se encuentra el Sistema de Transmisión Eléctrica (STE).

El subproyecto del STE enfrenta desafíos significativos en cuanto a su rendimiento, ya que se han identificado incumplimientos en los compromisos acordados en términos de tiempo y recursos. Para abordar esta problemática, se llevó a cabo un análisis exhaustivo basado en la información proporcionada por el área de Productividad de la empresa encargada de la construcción del STE. Este análisis ha revelado deficiencias en la comunicación, la planificación y el liderazgo, lo que ha generado indicadores desfavorables para la compañía.

Por ello se desarrolló una investigación minuciosa de los procesos de Planificación y Reportabilidad, donde se identificó inconvenientes directamente asociados a los problemas detectados. En la indagación se observaron deficiencias internas que abarcan desde la recopilación de cantidades del avance constructivo hasta la planificación del programa. A raíz de estos hallazgos, se ha desarrollado una propuesta de solución que busca mitigar el impacto de estas problemáticas a través de un sistema continuo de recopilación de avances constructivos sumado a medidas de gestión para manejar las restricciones, involucrando a todas las áreas relevantes para asegurar el cumplimiento del programa y establecer planes de contingencia con el objetivo de prevenir cualquier posible eventualidad relacionada con estas limitaciones.

Los resultados de la implementación revelaron la ineficiencia del formato del sistema propuesto, ya que los parámetros que definen los alcances del avance constructivo seguían dependiendo de la percepción del capataz. Por lo que es crucial definir un formato que no otorgue al capataz la elección y busque únicamente lo necesario en la reportabilidad: qué se realizó, dónde y cuánto. Además, es fundamental renunciar al control sobre ciertas variables que provienen de otras áreas, ya que, al asignar más tareas al capataz, disminuye su compromiso con la validez de la información.

Abstract

The present report focuses on the development and implementation of a project control system within the framework of the Collahuasi company's C20+ project. This project aims to extend the mine's lifespan by an additional 20 years through the implementation of essential infrastructure, including the Electrical Transmission System (STE).

The subproject of the STE faces significant challenges regarding its performance, as there have been identified non-compliances with agreed commitments in terms of time and resources. To address this issue, a comprehensive analysis was conducted based on information provided by the Productivity department of the company responsible for the construction of the STE. This analysis revealed deficiencies in communication, planning, and leadership, leading to unfavorable indicators for the company.

Consequently, a meticulous investigation of the Planning and Reporting processes was conducted, identifying issues directly associated with the identified problems. Internal deficiencies ranging from the collection of quantities and construction progress to program planning were observed. Based on these findings, a proposed solution was developed to mitigate the impact of these issues through a continuous system for collecting construction progress. This proposal includes management measures to handle constraints, involving all relevant areas to ensure program compliance and establish contingency plans to prevent potential eventualities related to these restrictions.

The implementation results revealed the ineffectiveness of the proposed system's format, as the parameters defining the construction progress still relied on the supervisor's perception. It is essential to define a format that does not give the foreman the option to choose and focuses only on collecting the necessary information: what was done, where and how much. In addition, it is essential to relinquish control over certain variables that come from other areas, since, by assigning more tasks to the foreman, their commitment to the validity of the information decreases.

1. Introducción

En este apartado, se proporcionará una descripción detallada del contexto empresarial en el que se enmarca el proyecto. Se abordará el entorno, la trayectoria y el enfoque operativo de la empresa en cuestión, destacando su posición en el mercado, su filosofía corporativa y su relevancia en el sector respectivo.

Asimismo, se ofrecerá una visión completa del área específica donde se llevará a cabo el proyecto, detallando su importancia estratégica dentro de la organización. Se analizarán los retos y las oportunidades que se presentan en este ámbito particular, así como su relación con los objetivos generales de la empresa.

Además, se proporcionará un contexto exhaustivo sobre el problema que motivó la implementación de este proyecto. Se identificarán las áreas problemáticas, los desafíos recurrentes o emergentes y las deficiencias operativas que han impactado negativamente en el rendimiento, la eficiencia o la productividad en este ámbito. Se hará hincapié en los aspectos cruciales que necesitan ser abordados y mejorados para alcanzar los objetivos estratégicos y operativos de la empresa en esta área específica.

1.1 Contexto de la empresa

La Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, ubicada en la comuna de Pica, Región de Tarapacá, se especializa en la extracción y producción de concentrado de cobre y molibdeno. Es reconocida como una de las principales productoras de cobre a nivel mundial, en el año 2022 la empresa confirmó su liderazgo alcanzando una producción destacada de 571 mil toneladas de cobre fino. Este logro se sustenta en su prominente posición en la industria, respaldada por la posesión de uno de los depósitos más grandes de cobre del planeta, con una reserva estimada de 10.380 millones de toneladas. Además, se distingue de manera nacional como una de las principales productoras de molibdeno.



Figura 1: Yacimiento Ujina

Desde los yacimientos Rosario y Ujina, el mineral es transportado a la planta concentradora situada a 4400 metros sobre el nivel del mar, en el sector de Ujina. Desde aquí, el concentrado de cobre se desplaza a través de un sistema de mineroductos de 203 km hasta el Terminal Marítimo Collahuasi en Punta Patache, ubicado a 65 km al sur de Iquique, desde donde se envían los productos a los mercados internacionales.

La empresa sobresale por su enfoque en la gestión de variables ESG (ambientales, sociales y de gobernanza), adoptando una estrategia integral que no solo busca el éxito comercial, sino también un impacto positivo en el entorno y en la calidad de vida de sus trabajadores, colaboradores y comunidades. Esto refleja un compromiso con una minería más sostenible y su aporte significativo al desarrollo social, cultural y educativo de las comunidades vecinas.

Durante 2022 la compañía se embarcó en un ambicioso proyecto denominado “C20+” con el objetivo principal de extender la operación minera en 20 años adicionales. Para lograrlo, están construyendo infraestructuras cruciales, entre las que se incluye una planta desaladora, la tubería y el sistema de transmisión eléctrica que suministrará de energía a las estaciones de bombeo.

Mediante el transporte de agua desalada a un caudal de 1050 litros por segundo a lo largo de 194 km de tubería, no tan solo se busca prolongar la vida útil de la mina, sino que también se alinea con la visión de la empresa, enfocada en el desarrollo sostenible en todas sus operaciones.

1.2 Área de la empresa

El área en la que se desarrollará el proyecto de titulación se denomina Control de Proyectos la cual se centra en proporcionar los elementos esenciales para supervisar y administrar eficazmente el progreso de las actividades dentro de un proyecto. Su enfoque se basa en el establecimiento y mantenimiento de líneas base de costos, alcance y cronogramas, utilizando sistemas y procesos especializados. A través de la supervisión constante, el análisis detallado y la presentación de informes precisos, esta área asegura el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Además, el Control de Proyectos desempeña un papel fundamental al proporcionar recomendaciones, liderazgo proactivo y soluciones correctivas cuando se identifican desviaciones o problemas. Esta área promueve una gestión eficiente y proactiva que fomenta la participación de todo el equipo, asegurando así el éxito general del proyecto.

1.3 Contexto del problema

La empresa Consorcio Kipreos Inprolec (CKI), responsable de la construcción y precomisionamiento de líneas aéreas y subestaciones del Sistema de Transmisión Eléctrica (STE) que alimentará las estaciones de bombeo de agua desalada desde la desalinizadora hacia la planta de tratamiento, enfrenta desafíos significativos en relación con su desempeño. Un aspecto que requiere atención inmediata es la diferencia sustancial entre la línea base proyectada y el avance actual de las operaciones, evidenciada en el Gráfico 1. Esta discrepancia indica una brecha en la ejecución de los planes y objetivos establecidos previamente.

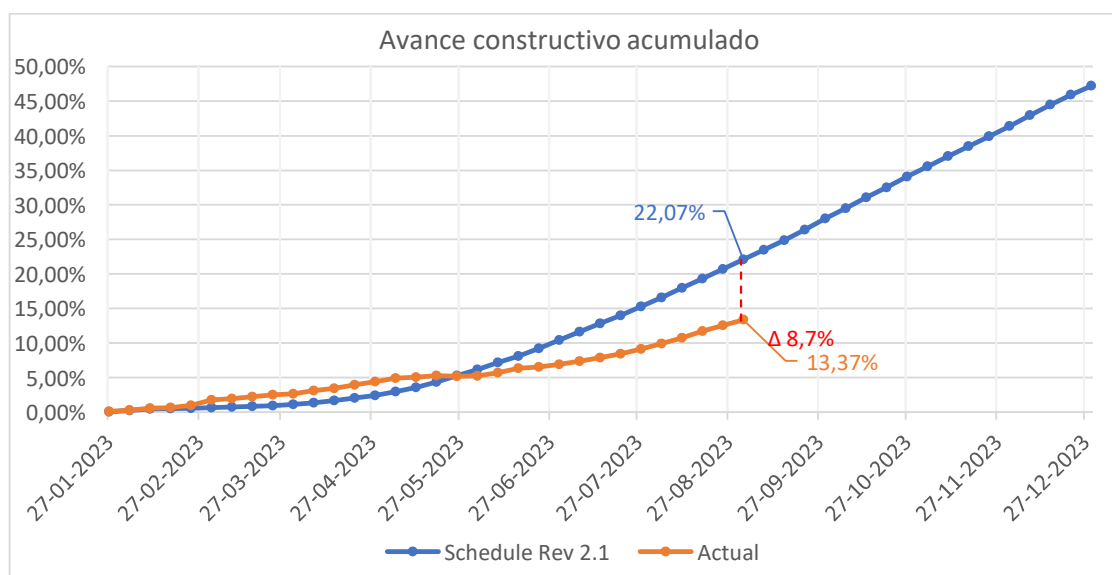


Figura 2: Discrepancia entre el cronograma y la ejecución

Un indicador crítico que refleja esta brecha es el "Performance Factor" (PF), el cual representa la relación entre horas gastadas y ganadas, que al mes de agosto del presente año se situaba en 3,0. Este valor puede sugerir una subutilización de recursos, una eficiencia deficiente o posiblemente problemas operativos que están afectando negativamente la capacidad de la empresa para cumplir con sus compromisos. Estos desvíos tienen el potencial de afectar los plazos y las fechas de entrega, lo que reviste de especial importancia, respecto a la energización necesaria para cumplir con los requisitos del cliente y garantizar el suministro de agua para el 2025.

Dada la magnitud del proyecto C20+ es que los factores relacionados al problema pueden ser variados, algunos de estos se pueden observar en la Figura 3 a continuación.

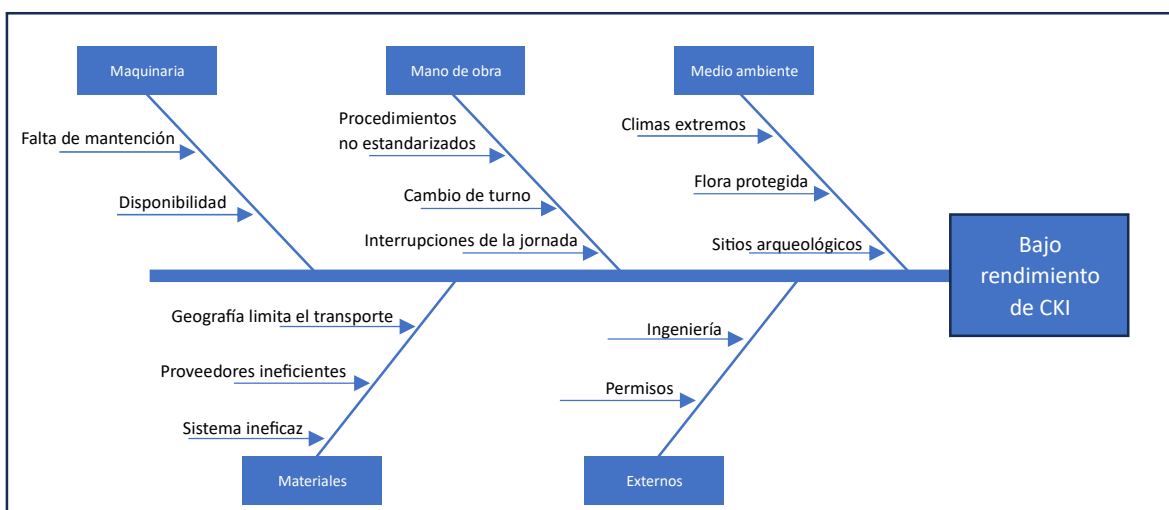


Figura 3: Diagrama de Ishikawa del problema

Este diagrama ofrece una representación visual categorizada de los factores que pueden influir en el problema identificado. En él, se distinguen cinco actores principales, Medio Ambiente, Mano de Obra, Maquinaria, Materiales y Factores Externos.

Bajo el entorno del Medio Ambiente, se identifican diversas causas potenciales, esto incluye condiciones climáticas extremas que abarcan desde altas temperaturas hasta el invierno altiplánico en la zona cordillerana. Asimismo, se señala la presencia de la Metharme lanata, flora protegida de la región, además de la existencia de sitios arqueológicos que obstaculizan las labores constructivas.

En relación con la Mano de Obra, se plantean posibles razones como la carencia de procedimientos estandarizados que interrumpen las actividades constructivas. Los cambios de turno también se señalan como un factor que puede afectar el rendimiento, dado que hay días que no se llevan a cabo actividades debido a estas transiciones. Del mismo modo, se observan interrupciones adicionales

durante la jornada laboral, como los desplazamientos para el almuerzo o desde el campamento hacia la zona de trabajo, lo que también puede afectar el flujo de actividades.

El apartado de Maquinaria destaca por motivos asociados la falta de mantenimiento en los periodos adecuados y la disponibilidad de los equipos para llevar a cabo las tareas necesarias.

Asimismo, se subraya la importancia crítica del suministro de Materiales para garantizar un rendimiento óptimo. Aquí, las posibles causas incluyen proveedores ineficientes que no cumplen con las demandas estipuladas, limitaciones geográficas que dificultan el transporte de insumos hacia las zonas requeridas y la posibilidad de que el sistema de abastecimiento pueda ser ineficaz.

Por último, se mencionan los factores externos a CKI, como la responsabilidad de la Ingeniería, la cual ha tenido serios inconvenientes a causa de no estar completamente lista. También se señala la gestión de los permisos necesarios para habilitar las zonas de trabajo, los cuales deben coordinarse con entidades gubernamentales.

2. Objetivos

La etapa de definición de objetivos en un proyecto se erige como un paso crítico tras la identificación del problema y oportunidades. Estos objetivos representan hitos claves que se orientan hacia la resolución del problema, su claridad, relevancia y capacidad de medición los convierten en los pilares que guían y evalúan el éxito de la iniciativa.

En este capítulo, se detallan estos objetivos, los cuales no solo delimitan los logros deseados, sino que también se convierten en una medida palpable del éxito que se busca alcanzar al culminar el proyecto.

Objetivo general

- Desarrollar e implementar un sistema de control de proyecto en el STE, con fecha límite el día 15 de diciembre.

Objetivos específicos

Para poder desarrollar el objetivo general es necesario realizar los siguientes objetivos específicos.

- Identificar y analizar los procesos que están relacionados al incumplimiento del cronograma mediante levantamiento de datos y diagramas de flujos.

- Establecer métricas cuantificables y objetivas para medir el progreso y el rendimiento en cada uno de los procesos.
- Diseñar e implementar planes de acción específicos para abordar las deficiencias y oportunidades identificadas.
- Monitorear y evaluar el resultado de las estrategias correctivas, mediante el seguimiento de los indicadores establecidos.

3. Estado del arte

En esta sección, se analizarán las soluciones propuestas por investigaciones anteriores en problemas similares. Al explorar estos estudios, el objetivo es obtener una comprensión profunda de las estrategias y enfoques empleados para abordar desafíos relacionados, enriqueciendo así la comprensión del tema tratado en esta investigación.

Al revisar la bibliografía se puede evidenciar la regularidad de este tipo de problemas en la construcción, debido a múltiples causas, principalmente por temas asociados al control de proyectos.

Un autor que ha dado cuenta de este fenómeno es Gordillo, que afirma que, "Hay una carencia en el enfoque de gestión mediante indicadores de desempeño y los pocos que hacen uso de ellos no presentan criterios claros en sus mediciones [...] Con este proceder, se evidencia la falta de dominio de los aspectos conceptuales y en definitiva las mediciones no son confiables y la toma de decisiones, en base a esos resultados obtenidos, no son las más adecuadas" (2014, p.82).

En el mismo contexto se evidencia la necesidad de propuestas que logren abarcar distintos conceptos, cómo optimizar los plazos de ejecución, implementar un seguimiento y control de la información del proyecto, supervisar técnica y detalladamente, y mantener un registro de los riesgos que podrían influir en el proyecto, son acciones fundamentales. Ya que los retrasos en las obras pueden ocasionar costos adicionales, revelando la importancia de cumplir con una metodología sólida que asegure la toma de decisiones más efectiva en este tipo de proyectos (Talero y Novoa, 2021, p.8).

Perea y Huamán atribuyen los sucesos a la “carencia de procedimientos estandarizados”, causando ineficiencias e incertidumbre en los plazos preestablecidos. Proponen priorizar el control de costos y aumentar la productividad mediante la teoría del valor ganado (2019, p.4).

Esta práctica permite la evaluación del progreso del proyecto al comparar mediciones de alcance, costos y cronograma con la línea base establecida. Para comprender mejor estos conceptos, se recurrió a las definiciones del PMBOK Séptima edición.

Los indicadores descritos por este libro se basan en conceptos clave, mostrados a continuación:

- PV: Valor Planificado
- AC: Costo Real
- EV: Valor Ganado o trabajo realizado
- BAC: Presupuesto hasta la conclusión

Estos indicadores miden el cumplimiento en costos y cronograma. El análisis de costos se realiza mediante la variación de costos, representada por la fórmula $CV = EV - AC$ y el índice de desempeño del costo $CPI = \frac{EV}{AC}$, que indica la eficiencia con que se está llevando a cabo el trabajo con respecto al costo presupuestado.

El análisis de cronograma evalúa el cumplimiento del avance temporal. A través de la variación del cronograma $SV = EV - PV$ y el índice de desempeño del cronograma $SPI = \frac{EV}{PV}$, que indica cuan eficientemente se está realizando el trabajo programado.

Por otro lado, también se encuentran los pronósticos, mediante los cuales se puede estimar el impacto de los eventos pasados.

A partir del valor ganado, el costo actual y el presupuesto hasta la conclusión, se puede obtener la estimación a la conclusión, por medio de la siguiente fórmula, $EAC = AC + (BAC - EV)$, si se le quita el costo actual corresponde a lo que falta por ganar denominado estimación hasta la conclusión (ETC).

En el libro de Pablo Lledó Director de Proyectos muestra distintos tipos de estimaciones en base al desempeño actual del costo y del cronograma. A partir de la división entre el presupuesto hasta la conclusión (BAC) y el desempeño del costo (CPI) se obtiene la estimación a la conclusión (EAC), asumiendo que los avances tendrán el mismo nivel de eficiencia que lo ocurrido hasta el momento. También se puede considerar el desempeño del cronograma añadiéndolo a la ecuación, quedando de la siguiente manera, $EAC = AC + ((BAC - EV)/(CPI \times SPI))$. De esta manera se puede tener una visión más completa de lo que puede ocurrir en un futuro.

Otra métrica descrita es el índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI) el cual mide la relación entre lo que falta por trabajar y lo que queda por gastar, denotado por $TCPI = (BAC - EV) / (BAC - AC)$, dando cuenta de cómo se deben administrar los recursos restantes, para cumplir con lo programado (2017, p.184-185).

Otra de las metodologías mencionadas en la literatura es el sistema Last Planner del cual mencionan que, “es una herramienta para establecer flujos de trabajo consistentes y reducir la variabilidad” (Angeli, 2017, p.67).

Marcos Perca indica que este sistema proporciona a las partes interesadas del proyecto información muy importante, lo que les permite tener un mayor control sobre el progreso del proyecto y les da tiempo para realizar ajustes que optimizarían el proyecto. Además, “El LPS (Last Planner System) afecta la gestión organizacional al permitir una mayor comunicación y la creación de redes confiables de compromisos que permitan que los proyectos alcancen sus objetivos” (2023, p.4).

Lo que implica la reducción de la variabilidad lo que conduce a una mayor productividad y eficiencia en el uso de los recursos, mayor capacidad para responder a los cambios, menor improvisación y estabilización del entorno general de trabajo y producción (Perca, 2023, p.4).

Khevin Paucar et al, define el proceso de aplicación mediante los siguientes pasos.

1. Revisión del plan general de la obra (programa maestro)
2. Elaboración del programa de fase en el caso de proyectos complejos y extensos. Se identifica la fase que se desarrollará a continuación y se elabora el programa.
3. Elaboración de la planificación intermedia para un horizonte entre uno y tres meses aproximadamente, realizando análisis de restricciones con el fin de eliminar los cuellos de botella, enmarcada dentro del programa maestro.
4. Elaboración de la planificación semanal, con la participación de los últimos decisores o planificadores: encargados, capataces, subcontratistas, almacenistas, etc. como parte del inventario de actividades ejecutables obtenido en la planificación intermedia.
5. Reuniones de los últimos planificadores para verificar el cumplimiento del plan semanal, detectando las causas de no cumplimiento de lo planificado y estableciendo el plan de la siguiente semana.

Y para medir el éxito del programa menciona un indicador llamado Porcentaje del Plan Completado (PPC), el cual se registra cada semana. Además, recalca la importancia de investigar las causas de no cumplimiento semanalmente con la finalidad de evitarlas en un futuro (Paucar et al, 2022, p.11)

A pesar de que el propósito del Sistema Last Planner implica la previsión de posibles problemas o sucesos inesperados que podrían interrumpir la secuencia de trabajo, resulta fundamental incluir las actividades en la Planificación a Futuro semanalmente, respetando el periodo temporal establecido con antelación. Este sistema de planeación permite la incorporación de actividades solo si estas se encuentran sin restricciones, es decir, entrarán en el proceso de producción solo si se prevé que podrán hacerlo (Perca, 2023, p.32-33).

Paucar et al, lo definen como Programa intermedio, el cual determina lo que se “puede” hacer en el periodo de tiempo que abarca. El programa intermedio identifica con precisión los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades programadas en el plazo adoptado y la disponibilidad de estos mismos. (2022, p.12).

Estas metodologías ofrecen un panorama integral en cuanto a cómo enfrentar la problemática identificada. A lo largo de este análisis exhaustivo, se ha logrado trazar un recorrido por las diferentes corrientes teóricas, enfoques metodológicos y avances significativos dentro del campo de estudio. No obstante, la riqueza y diversidad de las teorías revisadas revelan tanto oportunidades como retos que destacan la necesidad de seguir explorando y profundizando en estas áreas específicas.

3.1 Alternativas de solución

Dados los estudios descritos se identificaron dos corrientes de solución estrechamente vinculadas. En primer lugar, destaca la metodología del valor ganado, la cual permite un análisis exhaustivo mediante indicadores retrasados y adelantados, proporcionando una visión integral del progreso del proyecto. Por otro lado, emerge la metodología del último planificador o Last Planner, que se enfoca en la programación de actividades a través de la participación completa de todos los actores involucrados, seguida de una verificación del desarrollo adecuado de las secuencias ejecutadas.

Estas metodologías revelan la necesidad imperante de evaluar el progreso constructivo tanto desde una perspectiva económica como temporal. No obstante, también subrayan la importancia de responder de manera efectiva a estos indicadores, implementando medidas y planes de acción adaptativos que se ajusten a la naturaleza dinámica de los proyectos.

Es crucial destacar que estas metodologías no deben ser consideradas como excluyentes, sino más bien como complementarias y mutuamente necesarias para proporcionar una respuesta integral y efectiva. Por consiguiente, este informe busca establecer una relación entre ambas metodologías, reconociendo su potencial sinérgico para mejorar la gestión y el rendimiento en proyectos constructivos.

4. Metodología

En el transcurso de esta sección, se brindará una visión detallada de la estrategia empleada para enfrentar cada uno de los objetivos específicos delineados previamente. Se explorará minuciosamente cómo estos objetivos desempeñaron un papel fundamental en la concepción y ejecución de la solución propuesta.

4.1 Identificación y análisis de los procesos

Para comprender en más detalle las razones detrás de los bajos rendimientos se utilizó la data dispuesta por el equipo de productividad de CKI, donde cada semana contrastan el avance reportado por el departamento de Planificación y Control (P&C) con el plan trisemanal que detalla las actividades programadas para la semana actual, la siguiente y la subsiguiente. De esta manera pueden visualizar las tareas no realizadas.

Posteriormente, se realizan visitas a terreno para investigar las razones detrás de la falta de ejecución de estas labores, denominadas causas de no cumplimiento (CNC). Este enfoque permite establecer variables de control, vinculando el incumplimiento de las tareas con estas, a través de su frecuencia de ocurrencia, tal como se muestra a continuación en la Figura 4.

ACTIVIDADES	Comentarios	CONSORCIO IPIROS INPROLEC																											
		ABASTECIMIENTO	LOGÍSTICA	ACCIONES LABORALES	MAQUINARIA	OFICINA TÉCNICA	GRAMACIÓN Y CONTROL	MEDIO AMBIENTE	SEGURIDAD	PRODUCCIÓN	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO	VERIFICACIÓN DE RIESGO
Instalación de Malla Puesta a Tierra y Chicos en malla superior (G) F13A	Actividad condicionada a disponibilidad de material	1																											

Figura 4: Causas de no cumplimiento

Mediante esta información se pudo ubicar cada una de las actividades no realizadas durante la última semana de agosto hasta la tercera semana de octubre en el área de cordillera, dando como resultado la Figura 5.

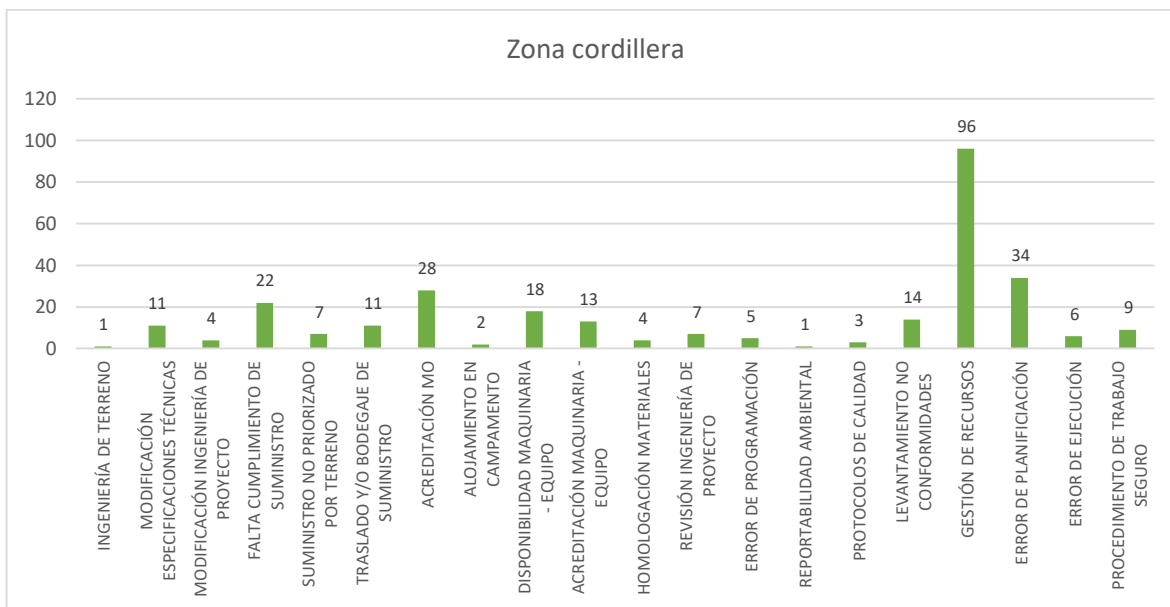


Figura 5: Cantidad de ocurrencias de cada CNC en zona cordillera

Es notable que la causa más común es la gestión de recursos, lo que implica la asignación de recursos a actividades diferentes a las programadas por decisión del personal de terreno. La segunda razón más frecuente es error de planificación, también relacionado con terreno, pero en relación con la claridad de su capacidad de trabajo.

Para validar esta perspectiva sobre las causalidades, se generó un Diagrama de Pareto. Este sugiere que, en general, aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas, aunque esto no es una regla estricta.

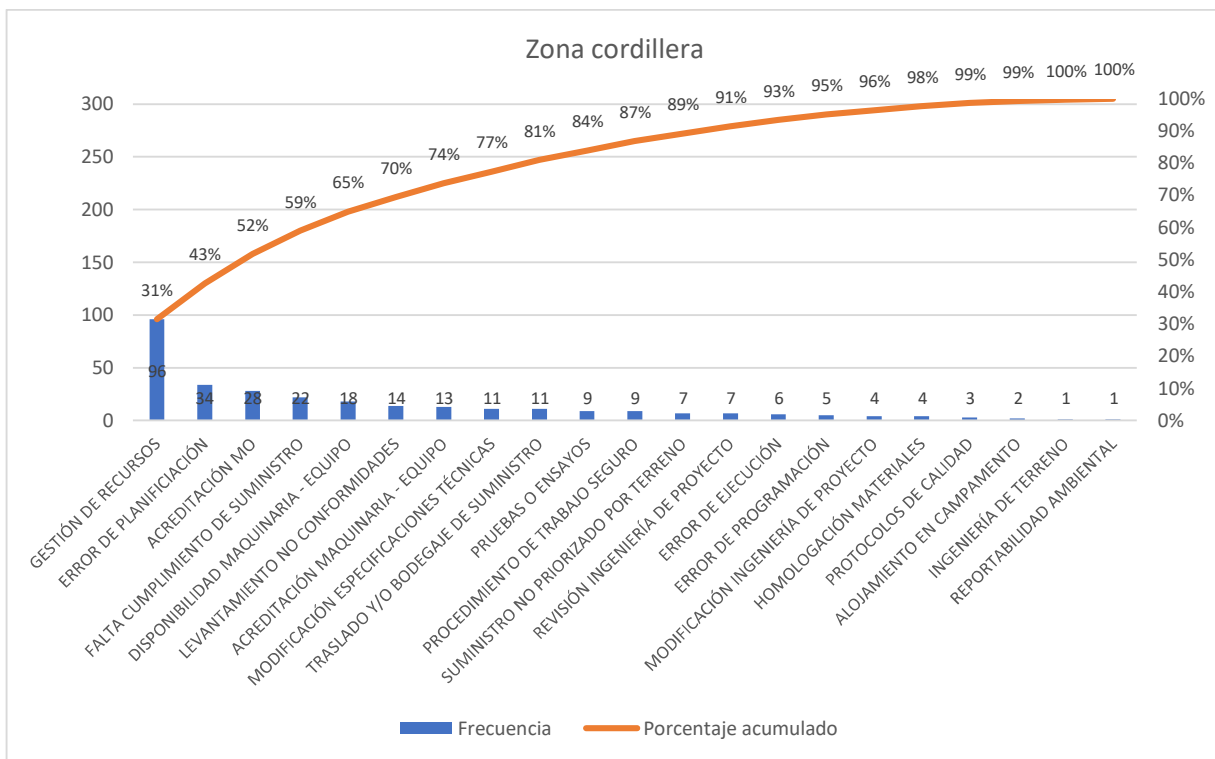


Figura 6: Diagrama de Pareto según ocurrencia de CNC

Como se puede observar en la Figura 6, en este caso específico, la causa principal representa el 30% del total. Teniendo en cuenta la regla del 80/20, indica claramente que esta causa principal podría estar relacionada con alrededor del 70% de las consecuencias. Esto resalta claramente la necesidad de abordar este problema como una prioridad.

Es importante destacar la relevancia de los responsables en este contexto. Como se mencionó anteriormente, las causas más recurrentes están asociadas a terreno. Sin embargo, también es crucial reconocer la importancia de otras áreas. A continuación, se presenta en la Figura 7 los factores asociados a estas.

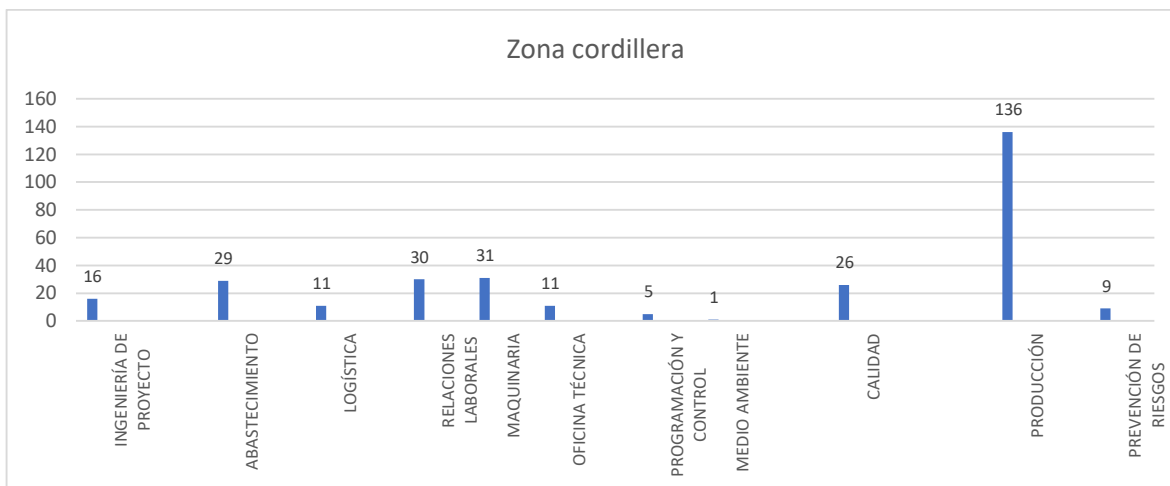


Figura 7: Ocurrencias de CNC según responsable en zona cordillera

Este gráfico evidencia la relación del problema con distintas áreas, pero en mayor medida con terreno, otras no menos importantes son maquinaria, relaciones laborales, abastecimiento y calidad.

Tras el análisis realizado, se decidió examinar en profundidad cómo se interrelacionan las dos causas más comunes asociadas al área de producción, la gestión de recursos y los errores de planificación. Para ello, se visitó el lugar de trabajo y se recogieron las siguientes observaciones de los jefes de terreno.

- Las solicitudes de compra sufren retrasos significativos.
- No hay suficiente maquinaria disponible para la línea de alta tensión.
- La comunicación con P&C no es eficiente.
- Las cuadrillas tienen demasiado personal.

Estas observaciones concuerdan con los gráficos previamente mostrados, que están claramente relacionados con el suministro y la maquinaria. Además, se identificaron las instancias en las que se relacionan las áreas de producción y planificación, relacionadas a las principales dos causas, ya que existe un problema evidente con la programación de actividades. Teniendo en cuenta que, si en terreno ocurren cambios de prioridad y además no hay claridad sobre su capacidad de trabajo, es porque carecen de un proceso de programación y reportabilidad robusto, que se adecue a la realidad de la producción y mitigue las restricciones para asegurar su cumplimiento, tal como se observa en la Figura 8.



Figura 8: Relación entre las principales CNC

Por ello se indagó en detalle sobre el proceso y los actores involucrados en el mismo, dando como resultado la información resumida en la Figura 9.

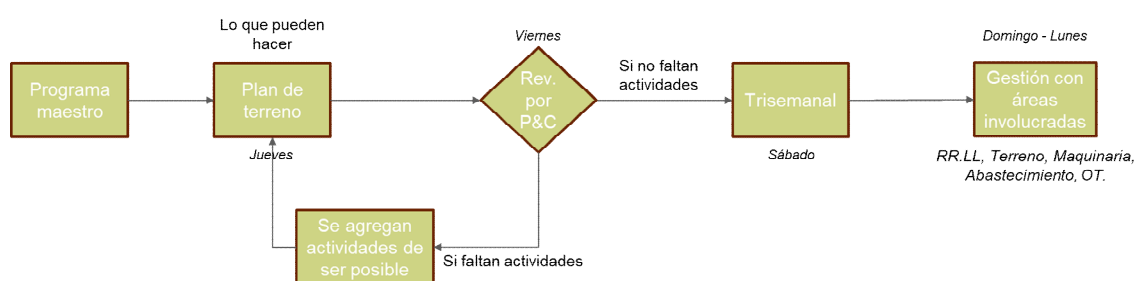


Figura 9: Flujo de la programación

De este flujo se puede destacar el recuadro Gestión con áreas involucradas donde se revisa si algún compromiso está bloqueado por alguna restricción. El problema de esto es la instancia en la que se da esta retroalimentación, ya que, si se efectuara previo a la publicación del trisemanal, se programaría contemplando las restricciones, en vez de reaccionar ante ellas.

Además, existe un desequilibrio entre los turnos ya que la persona encargada de gestionar con las áreas involucradas no tiene contra turno.

Por otro lado, también es importante analizar el enfoque operativo de esta relación entre áreas, comenzando desde la comunicación diaria que mantiene terreno con P&C, lo cual se realiza a través de la herramienta "Reporte diario de terreno". Esta herramienta recoge las cantidades producidas,

además de identificar la zona geográfica, la disciplina, el supervisor y el capataz quien es el encargado de completar este documento. El formato de este documento se muestra a continuación en la Figura 10.

REPORTE DIARIO DE TERRENO

PRCC-21142-566-20-AG-018
Revisión 05.07.21

AREA DE PROYECTO: Sub estación catigua FECHA DE RECIBO: 19/10/23
 DISCIPLINA: Electricidad TURNO: B
 SUPERVISOR: Patricio Saiz REPORTE: 21/10/23
 CAPATAZ: Carlos Altaga V.

CORRELATIVO	ID PE	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	CANTIDAD REALIZADA			
			UNIDAD	ACTO	ACTIVO	UNIDAD
1		Desarrollo y Trazo de malea hacia Superior	700			M
2		etapa 6 y 7 eje ② y ③ ① y ④				
3		Confección trazo preliminar hacia Superior	360	0,15	0,10	M
4		etapa 6 y 7 eje ② y ③ ① y ④				
5		lectura procedimientos (personal nuevo)				
6						
7		Revisión observador de conducta				
8						

NOTA: EN EL CASO DE ENTERRADURA SE DEBE INDICAR EL PORCENTAJE O KILOS ESTIMADOS SEGUN PLANO DEL ELEMENTO

CORRELATIVO	ID PE	PERSONAL DIRECTO	NUMERO CORRELATIVO								JH GASTADAS	EQUIPOS	MATERIALES	MANTENCIÓN	OPERADOR	PAÑUE	EQUIPAMIENTO	TOTAL ALUMBRADO	RECONOCIMIENTO	RECONOCIMIENTO TOTAL	
			1	2	3	4	5	6	7	8											
1		LUIS FERNANDEZ	2	4																	
2		LUIS FERNANDEZ	2	4																	
3		LUIS FERNANDEZ	2	4																	
4		LUIS FERNANDEZ	2	4																	
5		LUIS FERNANDEZ	2	4																	
6		LUIS FERNANDEZ	2	4																	
7		LUIS FERNANDEZ	2	4																	
8		LUIS FERNANDEZ	2	4																	
9		LUIS FERNANDEZ	2	4																	
10		LUIS FERNANDEZ	2	4																	

TOTAL PERSONAL DIRECTO

COMENTARIOS DEL CONTRATISTA AL DAILY REPORT

COMENTARIOS O ACTIVIDADES PROGRAMADAS DIA SIGUIENTE

FIRMA CAPATAZ: Carlos Altaga V. TOMA CONOCIMIENTO SUPERVISOR: Patricio Saiz TOMA CONOCIMIENTO REE DE CONSTRUCCIÓN: Patricio Saiz
 NOMBRE: Carlos Altaga V. NOMBRE: Patricio Saiz NOMBRE: Patricio Saiz
 FECHA: 21/10/23 FECHA: 21/10/23 FECHA: 21/10/23

Figura 10: Formato del reporte diario de terreno

Es importante enfatizar cómo se debe completar este documento, ligando cada una de las actividades realizadas con el personal que la realizó y el tiempo correspondiente, ya que a menudo está incompleto o mal llenado.

Este documento es crucial para reportar las cantidades producidas, las JH gastadas, la ubicación del personal y maquinaria, además de permitir la clasificación del tipo de actividad. Pero actualmente solo sirve como respaldo de cantidades para el plan semanal, que es el documento donde se reportan las cantidades programadas y realizadas.

El proceso de reportabilidad es la principal fuente de información y se inicia con la elaboración del reporte diario de terreno. A continuación, se muestra un diagrama de flujo que ilustra cómo la información fluye desde terreno hasta P&C y el cliente.

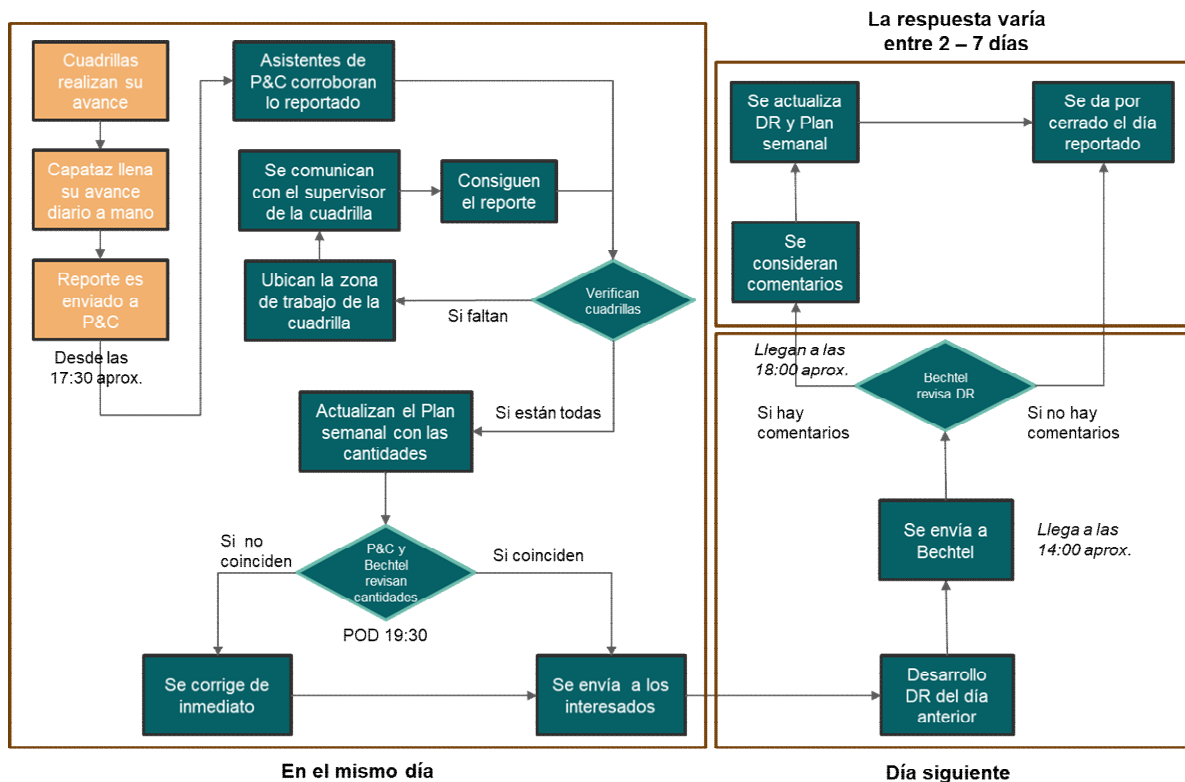


Figura 11: Flujo de la reportabilidad

Mediante la Figura 11 se puede identificar algunas observaciones significativas. Por ejemplo, se observa la ausencia de validación de cantidades por parte de la oficina técnica, que es responsable de manejar las cubicaciones, es decir, la cantidad teórica que debería reportarse. Además, en los rombos se puede apreciar la repetición del proceso de revisión de cantidades.

Este proceso podría reducirse si la oficina técnica validara los datos desde el principio, ya que es importante tener en cuenta que la recopilación de estas cantidades se realiza de manera diferente dependiendo de la zona geográfica.

Por otro lado, no podemos pasar por alto lo que implica el fallo colaborativo en la programación, ya que esto es un asunto que involucra a todas las áreas y que actualmente solo está siendo gestionado por P&C y terreno. A raíz de esto surge una programación que carece de realidad e impide cumplir con lo programado, como resultado, se llevan a cabo otras actividades no programadas que pueden sumar las Horas de Trabajo (Job Hours) necesarias, pero afectan la secuencia lógica de tareas generando desequilibrios en los avances constructivos.

Además, no siempre hay una buena relación con lo programado, debido a que algunos jefes de terreno no están bien relacionados con los avances reales. Esto se puede observar en la Figura 12,

donde se muestra que las dos principales causas se repiten en gran mayoría en la línea de alta tensión, la cual tiene una gran extensión longitudinal, lo que limita la comunicación.

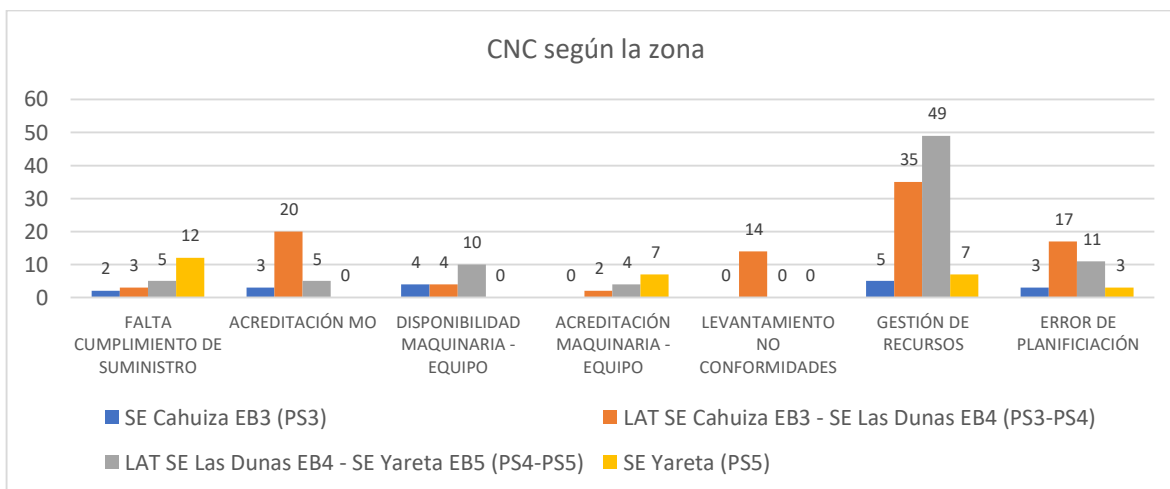


Figura 12: Ocurrencias de CNC según la zona

En resumen, las observaciones mencionadas anteriormente se pueden clasificar en cuatro categorías principales

- La oficina técnica no valida las cantidades.
- El proceso de reportabilidad no está estandarizado.
- Existe poca colaboración en la programación.
- No siempre existe una buena relación con lo programado.

Para poder atacar estas observaciones es importante la intervención del área de productividad, quienes actualmente se limitan a captar los datos de la CNC y reportar los avances de manera paralela a lo que hace P&C, lo cual dificulta la verificación de los datos por parte del equipo mandante. Esto recalca los problemas de comunicación y colaboración en la empresa encargada de la construcción del sistema de transmisión eléctrica.

4.2 Métricas

Teniendo en cuenta el análisis de los procesos y los métodos utilizados en los estudios del estado del arte, se desprenden los indicadores que darán cuenta del comportamiento del sistema actual del control de proyecto.

El que ha tomado un gran peso por los interesados es el Performance Factor (PF) que da cuenta de la relación entre las JH gastadas y ganadas.

$$\text{Performance Factor} = \frac{JH \text{ Gastadas}}{JH \text{ Ganadas}}$$

Mediante este índice se puede observar cómo es la asignación de recursos para cumplir con los compromisos. Si este número es mayor a uno significa que no hay un uso eficiente de los recursos, en cambio si es menor a uno significa que hay eficiencia en la asignación de recursos.

Otro indicador importante es el Porcentaje del Plan Completado (PPC) el cual representa el apego al programa.

$$\text{Porcentaje del Plan Completado} = \frac{JH \text{ Programadas}}{JH \text{ Ganadas}}$$

Si este indicador es mayor que uno significa que están atrasados en relación con lo planificado, pero si es menor a uno significa que están adelantados.

Un indicador que permitirá observar el cumplimiento de actividades es el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), el cual no toma en cuenta el peso de cada actividad, sino que las consideran iguales.

$$\text{Porcentaje de Actividades Completadas} = \frac{\text{Cantidad de actividades realizadas}}{\text{Cantidad de actividades programadas}}$$

De esta manera se puede ver qué tanto de lo programado realmente se ejecuta, ya que como se identificó en el análisis de los procesos, hay muchas actividades adicionales que se ejecutan pero que no estaban programadas para ese día en específico.

4.3 Solución escogida

La mejora en los procesos que vinculan la programación con la reportabilidad es crucial para abordar eficazmente las dos causas principales relacionadas con los cambios de prioridad en el terreno y la necesidad de mayor claridad en la capacidad de trabajo. En este contexto, se da prioridad a optimizar el sistema de reportabilidad, que se reconoce como la principal fuente de información. Su evolución se proyecta como un factor clave para mejorar la programación, pero también ofrece beneficios adicionales significativos.

Un sistema de reportabilidad eficiente y mejorado permite no solo una mejor programación, sino que además facilita la aplicación de metodologías avanzadas de gestión, como el Valor Ganado (EVM, por sus siglas en inglés), utilizando los datos acumulados durante la implementación del proyecto. El Valor Ganado es una herramienta valiosa para evaluar y medir el desempeño y avance del proyecto, al comparar el alcance, costo y cronograma con la línea base definida en las etapas iniciales del proyecto.

Por lo tanto, la mejora del sistema de reportabilidad no solo influye en la programación, sino que también amplía la capacidad de utilizar técnicas de gestión avanzadas que permiten un seguimiento más preciso y efectivo del progreso del proyecto en su conjunto.

Este enfoque no solo responde a la urgencia de mejorar la programación y la transparencia en el terreno, sino que también sienta las bases para gestionar con mayor precisión los recursos esenciales, tales como compras, maquinaria y dotación de personal, ya que estos son elementos críticos para garantizar el cumplimiento de los compromisos a corto plazo.

Además, la mejoría en la reportabilidad permite anticipar posibles incumplimientos al brindar información vital para una programación detallada y precisa, lo que facilita la planificación de contingencias y mitiga posibles impactos negativos ante desviaciones imprevistas.

Es crucial destacar la importancia de la colaboración interdepartamental, ya que la comunicación y cooperación entre los departamentos son esenciales para lograr una programación realista. Esta colaboración garantiza la viabilidad y coherencia de los planes y objetivos, contribuyendo a construir una estructura robusta que no solo asegura el cumplimiento a mediano plazo, sino que también establece bases sólidas para alcanzar metas a largo plazo, garantizando en última instancia la satisfacción del cliente al cumplir con los compromisos acordados en tiempo y recursos.

4.3.1 Metodología de la solución escogida

Para llevar a cabo la solución propuesta se analizó la información captada a través del reporte diario de terreno observado en la Figura 10, de esto se decidió rescatar la fecha, la zona geográfica, la disciplina, el capataz, las actividades con sus cantidades, el personal que las realizó y el tiempo que les tomo completarlas. Dejando de lado el apartado de maquinaria, ya que, mediante conversaciones con asistentes de esta área, comunicaron que ellos emiten su propia reportabilidad y esta es entregada al área de Planificación para sus reportes contractuales.

Dicho esto, se diseñó un formato similar, pero que varía en la categorización de la cuadrilla bajo una sola disciplina, ya que estas son multifuncionales, por lo que es necesario categorizar cada una de las actividades realizadas bajo conceptos estándar que describan la esencia de cada actividad. Para ello se observaron los reportes diarios de terreno, planes semanales y trisemanales de distintos periodos para así identificar las etiquetas que se repetían continuamente y poder definir las categorías a utilizar.

Es importante destacar que el diseño de este formato pasó por varias etapas. Inicialmente, se consideró la posibilidad de utilizar un formato desarrollado en línea a través de la plataforma Jotform, como se aprecia en la Figura 13. Esta opción tenía como ventaja facilitar a los capataces el ingreso de datos mediante sus dispositivos móviles, generando así una base de datos de forma automática.

Reporte diario de terreno

Nombre de Capataz *

Nombre Apellido

Nombre del Supervisor *

Nombre Apellido

Área de proyecto *

Turno *

Describe las actividades y rellene con las cantidades realizadas *

	Tipo de actividad	Descripción	%	Cantidad total	Unidad de medida
1	▼				▼
2	▼				▼
3	▼				▼

Figura 13: Formato Jotform

Sin embargo, se encontraron obstáculos como la autorización para probarlo con el personal de terreno, problemas de conectividad telefónica limitada y restricciones en la versión gratuita de la plataforma que impedían capturar gran cantidad de datos.

Ante esta situación, se decidió crear el formulario en formato Excel y recopilar los datos de manera presencial, mediante reuniones en terreno con los capataces de cada cuadrilla. Esto permitió probar el trasfondo del sistema de reportabilidad, es decir, la importancia de contar con una base de datos del avance constructivo, dejando de lado la herramienta en sí, que, aunque hubiera facilitado la comunicación, se vio limitada por las circunstancias mencionadas.

5. Plan de implementación

Para lograr una implementación efectiva de la solución, se han definido las siguientes etapas.

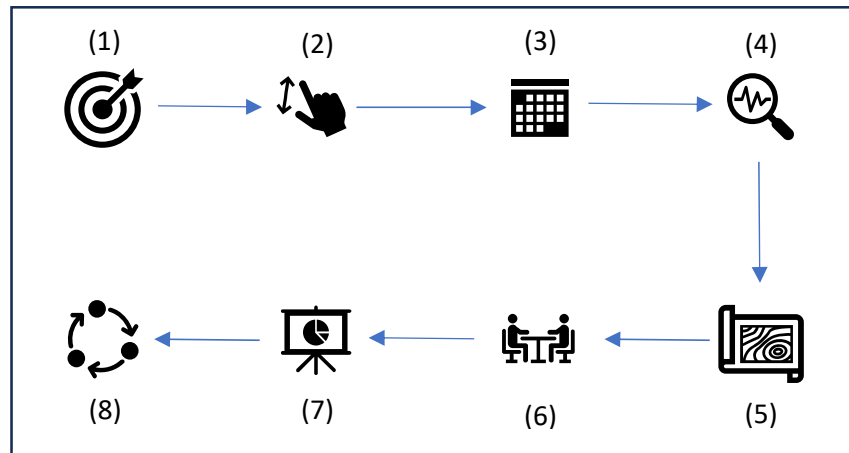


Figura 14: Pasos para la implementación

1. **Selección del grupo piloto:** Dado que la recopilación de datos será de forma manual, es fundamental escoger un grupo piloto que permita obtener información manejable.
2. **Identificación de cuadrillas y actividades:** Se busca diversidad en las actividades realizadas por las cuadrillas seleccionadas, lo que proporcionará datos más representativos para su análisis.
3. **Definición de fecha de visita al terreno:** La fecha de visita debe ser seleccionada con cuidado para reflejar la realidad de los turnos laborales y obtener información precisa.
4. **Revisión de programación de actividades:** La coordinación con la programación de la zona de trabajo facilitará la comunicación y comprensión con los capataces, permitiendo que ambas partes hablen el mismo idioma en la recopilación de datos.
5. **Visita al terreno y coordinación con el personal clave:** Estar en terreno y coordinar con el personal clave, como el jefe de terreno y el supervisor de área, facilitará el acceso a los capataces y ayudará a establecer la confianza necesaria para obtener datos fiables.
6. **Transmisión de la propuesta de valor al capataz:** Comprometer al capataz con la propuesta permitirá obtener informes más sinceros y auténticos, lo que garantizará la validez de los datos recopilados.
7. **Recolección y análisis de datos:** La recopilación y el análisis de los datos obtenidos se basarán en la información obtenida de las actividades realizadas durante la visita al terreno y las conversaciones con el capataz.

8. **Retroalimentación hacia el sistema de reportabilidad:** La retroalimentación proporcionada por las cuadrillas servirá para mejorar el sistema de reportabilidad, permitiendo ajustes según la información recopilada y analizada.

6. Análisis de riesgo

Para visibilizar los riesgos asociados a la implementación de la solución, se desarrolló una matriz de riesgos. En la que se pudo identificar siete actividades que podrían significar problemas, las cuales se pueden catalogar bajo los siguientes conceptos:

- **Riesgo de falta de sinceridad en las entrevistas:** Los capataces podrían no proporcionar datos precisos o completos debido a temor a represalias o a la resistencia al cambio.
- **Riesgo de limitaciones en la cantidad de datos recopilados:** La cantidad de datos obtenidos a través de las entrevistas podría ser insuficiente para realizar un análisis preciso.
- **Riesgo de fallos en la identificación de actividades clave:** Existe la posibilidad de pasar por alto actividades importantes durante la recopilación de datos o de no identificar correctamente su relevancia.
- **Riesgo de falta de tiempo para las entrevistas:** Puede haber limitaciones de tiempo para llevar a cabo las entrevistas en profundidad con cada capataz, lo que podría afectar la cantidad y calidad de la información obtenida.
- **Riesgo de incompatibilidad de las respuestas:** Las respuestas de los diferentes capataces podrían no ser coherentes o estar en desacuerdo, lo que puede dificultar la generación de conclusiones sólidas.
- **Riesgo de falta de colaboración o resistencia al cambio:** Los capataces podrían mostrar resistencia a adoptar un nuevo sistema o colaborar plenamente en la recopilación de datos.
- **Riesgo de falta de alineación en la comprensión de las actividades:** Puede haber malentendidos o diferentes interpretaciones entre el personal sobre las actividades realizadas, lo que afectaría la precisión de los datos recopilados.

	Insignificante (1)	Menor (2)	Moderado (3)	Importante (4)	Catastrófico (5)
Muy probable (5)			Falta de colaboración (15)		
Probable (4)	Falta de sinceridad (4)	Falta de alineación (8)			
Posible (3)		Limitación en la cantidad de datos recopilados (6)	Incompatibilidad de las respuestas (9)		
No es probable (2)	Falta de tiempo para las entrevistas (2)				
Muy improbable (1)	Fallos en la identificación de actividades clave (1)				

Tabla 1: Matriz de riesgos

A través de esta matriz, se puede visualizar el impacto de cada actividad en función de su probabilidad de ocurrencia e importancia. Se destaca que la mayoría de las actividades muestran un impacto moderado y una baja probabilidad de ocurrencia. Esto se debe a que la recopilación manual de información no prueba la herramienta en sí, sino que contribuye a la generación de la base de datos.

Considerando este contexto, resulta inevitable enfrentar estos riesgos. Por consiguiente, se propone un plan de contingencia que refuerza los pasos cuatro y seis del plan de implementación. Los riesgos principales están asociados con mantener una comunicación efectiva con los capataces, por lo que es crucial establecer una clara comprensión de sus compromisos antes de los encuentros en terreno.

7. Evaluación económica

Para desarrollar la evaluación económica se utilizaron los estados financieros de Collahuasi disponibles en su página web, de estos se extrajo la utilidad neta desde 2011 hasta 2022, presentada en la Figura 15. Aunque se aprecia variabilidad en las ganancias, se decidió modelar su comportamiento mediante una función logarítmica debido a una ligera tendencia al alza. De esta manera, se pudo realizar una estimación de las ganancias futuras, manteniendo todas las otras variables constantes.

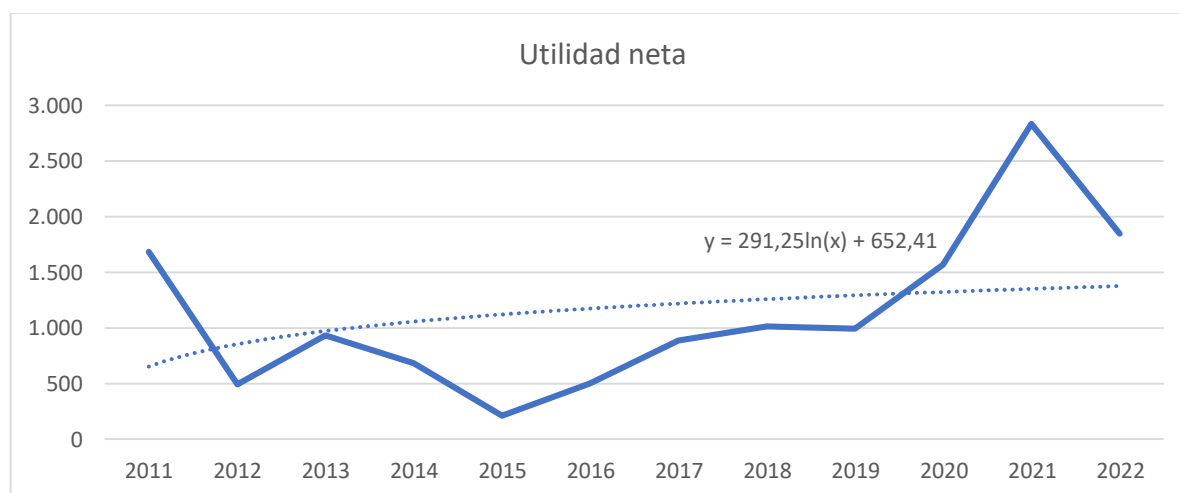


Figura 15: Curva para estimar utilidades futuras

Además, se dispone de información que indica que el contrato de CKI representa un 17,28% del proyecto en su totalidad, con un PF acumulado al 30 de octubre de 2,25. Por lo que, considerando el contexto actual, se estima una posible disminución del índice de rendimiento a 2. Por el contrario, se proyecta que la solución propuesta podría reducir este indicador en un 20%, dejando un PF de 1,6.

Con estas premisas claras, se infiere que, si CKI plantease reclamos y estos tuvieran validez, representaría 1,7 veces el presupuesto estimado, resultando en un cobro del 70% del costo adicional. En cambio, con la solución propuesta, este cobro se reduciría a 1,42 veces el presupuesto.

Es evidente que exceder el presupuesto resulta inevitable. No obstante, la solución sugerida busca atenuar el impacto en la inversión del proyecto.

Considerando que el presupuesto del proyecto se evalúa a lo largo de 30 años, se ha empleado este mismo período para calcular los indicadores. Para la tasa de costo de oportunidad, se ha utilizado el

valor del 19% que es similar al observado en otros proyectos mineros. Con estos datos se han obtenido los indicadores presentados en la Tabla 2.

Indicadores	Sin proyecto	Con proyecto
VAN (Millones de USD)	\$ 5.057,61	\$ 5.165,23
TIR	51%	53%
Payback	2 años	2 años

Tabla 2: Indicadores de rentabilidad

Los indicadores revelan que la propuesta ha generado un beneficio significativo al aumentar el Valor Actual Neto (VAN) en 106,62 millones de dólares. También se ha observado un incremento del 2% en la Tasa Interna de Retorno (TIR), mientras que el periodo de recuperación (Payback) no ha variado. Estos resultados sugieren que la propuesta de solución es rentable y viable en términos financieros.

8. Resultados

Para llevar a cabo la implementación de la solución, se eligió la subestación Yareta como grupo piloto debido a su área reducida y la presencia de solo cuatro cuadrillas. Esta elección permite un mayor control y seguimiento de las actividades, además, la zona corresponde a una subestación, donde se llevan a cabo múltiples tareas simultáneamente, lo que proporciona una variedad de información.

La fecha de visita a terreno se fijó para la semana del 27 de noviembre, estratégicamente programada durante el cambio de turno del martes para evaluar el impacto de este evento en las operaciones. Previo a la visita, se identificaron las actividades pendientes del grupo piloto para establecer objetivos claros para el día de la visita.

Una vez en la zona, se coordinó con el jefe de terreno y el supervisor del área para acceder a los capataces. Aunque no hubo una acogida óptima por parte del jefe, el supervisor colaboró facilitando la presentación con los capataces a quienes se les transmitió las ventajas de un sistema de reportabilidad eficiente, buscando comprometerlos con el proceso, algunos de ellos se mostraban desinteresados frente a la propuesta, pero había otros bastante comprometidos. A pesar de estas dificultades, se logró recopilar toda la información necesaria y se obtuvieron los números de teléfono de cada capataz para futuras comunicaciones en caso de consultas o dudas.

Al término de la jornada laboral, el jefe de terreno expresó su descontento por la intervención realizada con los capataces y tomó medidas para restringir el uso de los recursos de transporte por

parte del personal ajeno a la empresa, lo que dificultó la posibilidad de realizar visitas prolongadas y generó dependencia del personal de Bechtel para reunirse con los capataces. A pesar de este contratiempo, se mantuvo contacto con los cuatro capataces, quienes proporcionaron información al finalizar su jornada a través de WhatsApp.

El problema se presentó con la llegada del nuevo turno, ya que el personal de Bechtel tenía compromisos en otras subestaciones, limitando así la comunicación con el personal entrante. Además, las restricciones de visitas durante los días no laborales dificultaron aún más el contacto, por lo que ante esta situación se estableció una comunicación con el equipo de planificación y control para que ellos pudieran recopilar los datos en los días en los que no fue posible visitar el terreno.

8.1 Resultados del desarrollo de la solución

Los datos recopilados del avance constructivo de la subestación Yareta durante el período comprendido entre el 27 de noviembre y el 3 de diciembre, abarcó dos turnos de trabajo. Los resultados de esta recopilación se presentan de manera resumida en los siguientes gráficos.

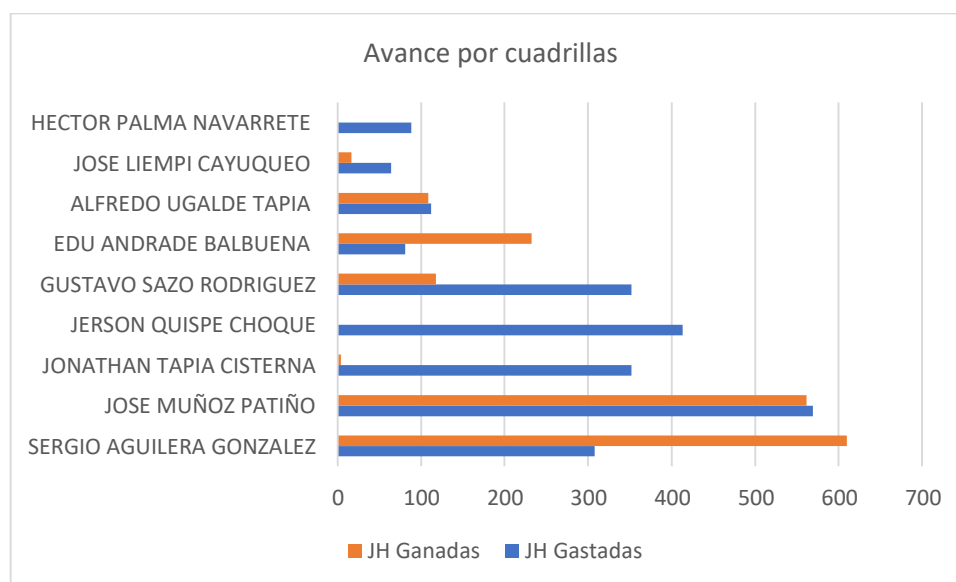


Figura 16: JH Gastadas y Ganadas por capataz

En la Figura 16 se detalla el desglose de horas gastadas y ganadas por cada capataz. Al analizar en detalle, se observa que algunos capataces reportan cero horas ganadas, lo que indica la realización de actividades secundarias. Estas actividades no se contabilizan individualmente, ya que se consideran parte de tareas subsiguientes. Por ejemplo, el corte y doblado de fierros, aunque es

esencial para la enfierradura, no genera horas ganadas por sí mismo. En cambio, las horas ganadas se contabilizan al finalizar la enfierradura, incluyendo todas las actividades anteriores necesarias.

En contraste, se presentan las horas programadas diarias obtenidas del plan trisemanal, en la Figura 17, las cuales se comparan con las horas efectivamente ganadas en cada jornada. Estos datos revelan un total de 1968,2 horas programadas para la semana, contrastando con las 1739,3 horas efectivamente ejecutadas.

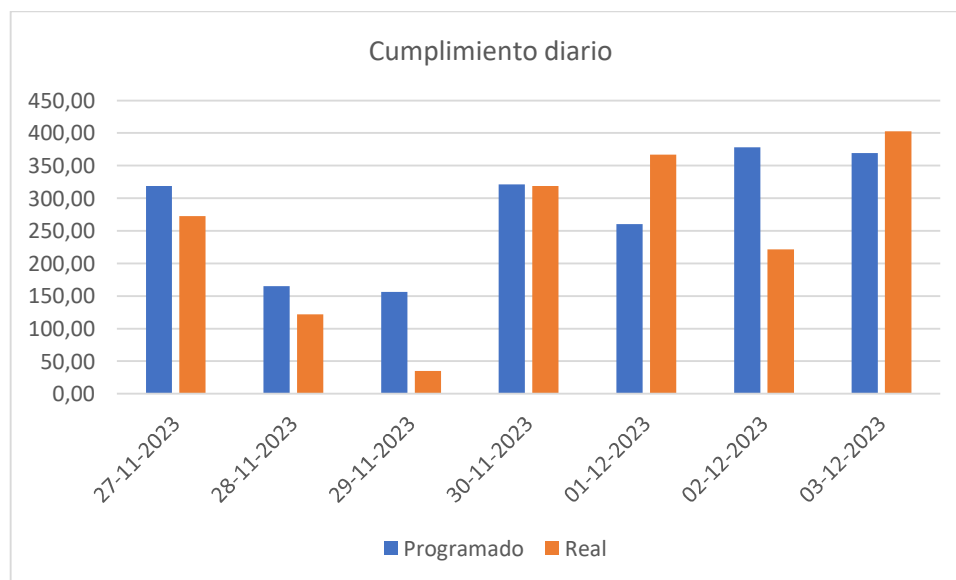


Figura 17: JH Programadas vs Reales diarias

A través de esta información, se evidencia el impacto del cambio de turno, especialmente el día 28, donde se registra un avance ínfimo. Este fenómeno se atribuye al retiro del personal alrededor de las 10:30 am, dejando el resto del día sin mano de obra directa.

En una categorización distinta se dispone de información similar, pero esta vez segmentada según los tipos de actividades acordadas contractualmente, presentada en la Figura 18.



Figura 18: JH Programas y Reales por tipos de actividad

A pesar de existir los tipos de actividades observadas, se consideró que estas no ofrecían una representación clara de las horas gastadas. En consecuencia, se introdujeron cinco nuevas categorías (Charlas, Traslado, Housekipping, Andamios y Apoyo) que se presentan en la Figura 19 para una visualización más detallada.

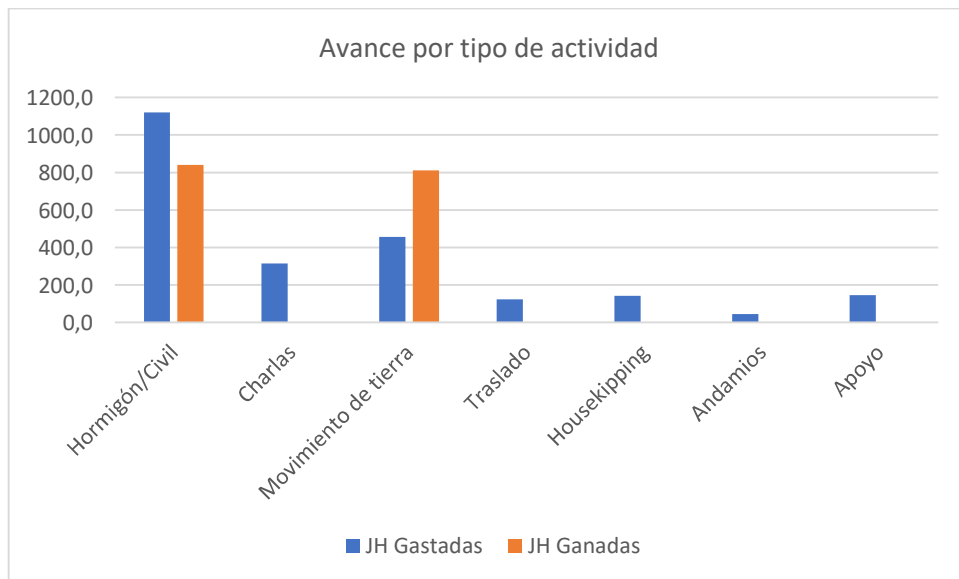


Figura 19: JH Gastadas y Ganadas por Tipo de actividad

8.2 Evaluación de métricas de desempeño

De acuerdo con los resultados expuestos anteriormente, se aplicaron las métricas definidas en el capítulo 4.2 para observar cómo es que se comportan los datos bajo los criterios del sistema de reportabilidad.

En cuanto al desempeño por cuadrillas, se aprecia en la Tabla 3 que algunas de estas muestran un Performance Factor muy elevado, mientras que otras no presentan. Este fenómeno se vincula con lo mencionado en la sección previa, que hace referencia a la realización de actividades secundarias.

Turno	Capataz	PF
A	SERGIO AGUILERA GONZALEZ	0,504873
A	JOSE MUÑOZ PATIÑO	1,013704
A	JONATHAN TAPIA CISTERNA	86,27451
A	JERSON QUISPE CHOQUE	
A	GUSTAVO SAZO RODRIGUEZ	2,991186
B	EDU ANDRADE BALBUENA	0,348462
B	ALFREDO UGALDE TAPIA	1,03321
B	JOSE LIEMPI CAYUQUEO	3,873354
B	HECTOR PALMA NAVARRETE	

Tabla 3: Rendimiento por cuadrillas

Por otro lado, también implica una gestión de recursos precaria, ya que es comprensible que haya algunas cuadrillas que se dediquen a realizar actividades secundarias, pero no es para nada razonable en un mismo turno que solo dos tengan rendimientos favorables.

Debido a que los tipos de actividades agregadas no suman horas de trabajo ganadas, se abrieron las actividades que si lo hacen, permitiendo observar los rendimientos de manera más detallada en la Figura 20.

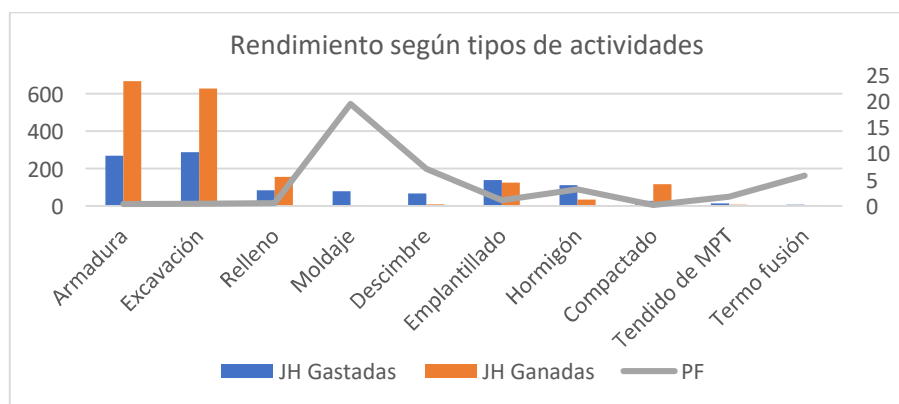


Figura 20: Actividades que agregan y no agregan valor

Acá se puede ver como tareas de moldaje, descimbre, hormigón, tendido de malla puesta a tierra y termofusión tienen rendimientos preocupantes.

A partir de estos análisis se llevó a la práctica la metodología del valor ganado, representada en la Figura 21.

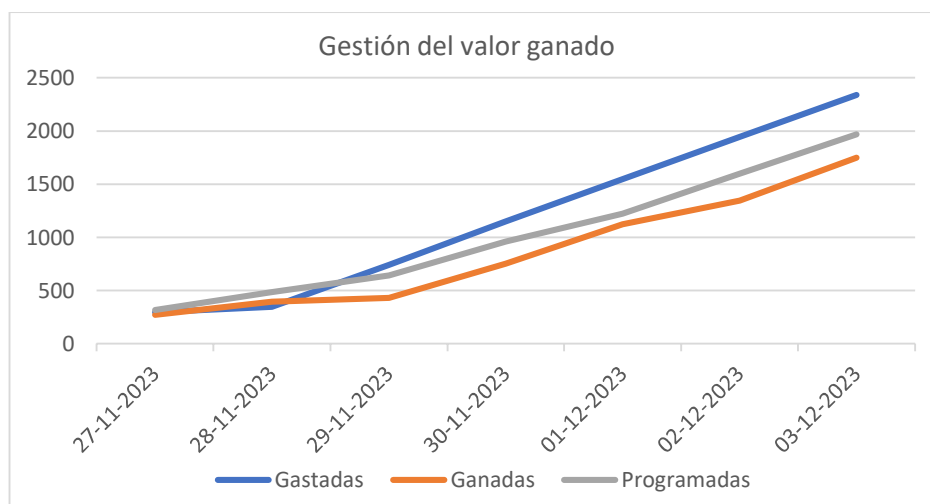


Figura 21: JH Gastadas, Ganadas y Programadas acumuladas durante la semana

El gráfico muestra que las cantidades programadas no se cumplen a diario y los recursos utilizados para lograr los compromisos siempre son mayores a las horas ganadas. De esto también se desprende la imposibilidad de cumplir con el programa, lo cual se confirma a través del Porcentaje del Plan completado el cual tiene un valor de 1,13 al término de la semana, lo que indica un atraso. Por otro lado, se confirma la implicancia negativa sobre los costos mediante el Performance Factor el cual tiene un valor de 1,33.

De las 33 actividades programadas durante los dos turnos solo se lograron cumplir 7, dando como resultado un Porcentaje de Actividades Completadas del 27,3%, lo que asegura que el programa no tiene validez, ya que no se comprometen con su ejecución.

9. Conclusiones

Tras analizar los resultados, se evidencia la presencia de múltiples actividades secundarias que no contribuyen a la reportabilidad. Esto ha representado un desafío significativo, ya que parece que CKI está empleando más recursos de los necesarios, lo cual podría ser cierto si se compara con lo acordado.

A pesar de que estas actividades ya mencionadas son fundamentales para el desarrollo de otras tareas, al finalizarlas, no se refleja el tiempo invertido en horas ganadas. Esto sugiere que los indicadores de conversión de cantidades a horas laborales fueron establecidos incorrectamente desde el principio, esto sin considerar el tiempo invertido en las actividades secundarias, lo que dificulta la obtención de buenos índices de rendimiento.

Un aspecto relevante que quedó pendiente fue la gestión de recursos, pero dada las situaciones problemáticas que se presentaron durante la implementación de la solución, se imposibilitó la intervención en procesos internos de CKI como lo es la programación, además, un factor limitante durante el desarrollo del proyecto fue la participación en el equipo de productividad, debido a que el líder de este equipo no tenía la intención de colaborar con las demás áreas e intentaba imponer su pensamiento. Lo que llevó a las demás áreas a rechazar este departamento.

Como observaciones de mejora continua al sistema propuesto es importante tener en cuenta que jamás se podrá controlar todo, es por lo que es necesario delegar ciertas variables a otras áreas que ya entregan la información correspondiente y de ser necesario generar la colaboración con estas áreas para que sus procesos funcionen de acuerdo a lo esperado.

Otro aspecto importante es darle un código a cada una de las actividades para relacionarlas con su centro de costos, ya que otra de las intenciones de este sistema es poder integrar la reportabilidad con la validación de cantidades por parte de Oficina técnica, dado que es mediante esta acción que se cobran los avances constructivos pero debido a que la reportabilidad está bajo el manejo del área de planificación es que ocurren inconsistencias entre los reportes y los estados de pago. Dicho esto, es que se concluye dando la oportunidad de continuación de este proyecto, mejorando el formato de sistema propuesto, buscando simplificar la recolección de datos, al quitarle la opción al capataz de elegir los parámetros sobre los cuales se mide el avance constructivo, esto a través de la categorización de las actividades permitiendo responder a las preguntas esenciales de este proceso, qué se hizo, dónde y cuánto.

10. Bibliografía

Gordillo, V. (2014). Evaluación de la gestión de proyectos en el sector construcción del Perú. (Tesis de Master en diseño, Gestión y Dirección de Proyectos). Universidad de Piura. Perú.

Talero-Amórtegui, F. A., & Novoa-Sánchez, R. D. (2021). Diagnóstico del proyecto construcción de Ciclorruta Av. Calle 13 entre Kra 98 a kra 135 siguiendo las buenas prácticas de gestión de cronograma de acuerdo con la guía Pmbok séptima edición extensión construcción. Bogotá, Colombia.

Huamán Pajares, E. H., & Perea Guerra, R. I. (2019). Aplicación de la metodología de gestión de valor ganado en el proyecto minero "Construcción del túnel de integración esperanza de la UM Marcapunta. Perú.

Angeli, C. A. (2017). Implementación del sistema Last Planner en edificación en altura en una empresa constructora: Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel. Santiago, Chile: Universidad Andrés Bello.

Perca Quispe, M. E. (2023). Programación y control en la construcción de obras de la empresa Imatzu Inversiones y Servicios SAC aplicando la Metodología Last Planner. Perú

Paucar Peña, K. O., Esquivel Achata, E. A., Monteras Wayta, D. D., Sánchez Palacios, R., & Durán Quispe, G. R. (2021). Marco de trabajo para el control de costo y cronograma en proyectos de construcción de pequeña y mediana envergadura. Perú.

Project Management Institute. (2021). El estándar para la dirección de proyectos y guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) (7th ed.). Estados Unidos.

Pablo Lledó (2017). Director de proyectos: Cómo aprobar el examen PMP® sin morir en el intento. (6ta ed.). Estados Unidos.