



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Control aplicado al movimiento de tierras masivo del
proyecto Quellaveco**

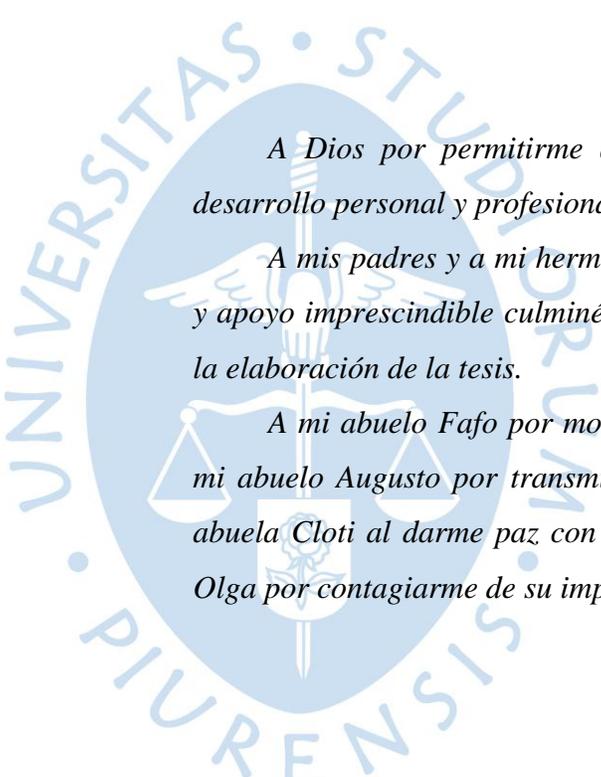
Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de
Ingeniero Civil

Flavio Patricio Silva Guerra

Revisor:
Mgtr. Ing. Gerardo Chang Recavarren

Piura, octubre de 2019





A Dios por permitirme dar un paso más en mi desarrollo personal y profesional.

A mis padres y a mi hermana, quienes con su amor y apoyo imprescindible culminé mi carrera profesional y la elaboración de la tesis.

A mi abuelo Fafo por motivarme con su orgullo, a mi abuelo Augusto por transmitirme su paciencia, a mi abuela Cloti al darme paz con su cariño, y a mi abuela Olga por contagiarme de su implacable persistencia.



Resumen Analítico-Informativo

Control aplicado al movimiento de tierras masivo del proyecto Quellaveco

Autor: Flavio Patricio Silva Guerra

Asesor: Mgtr. Gerardo Chang Recavarren

Trabajo de Suficiencia Profesional

Título que opta: Ingeniero Civil

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería

Piura, octubre de 2019

Palabras claves: Rentabilidad, presupuesto, indicadores de productividad, resultados de desempeño.

Introducción: El presente trabajo de suficiencia profesional describe las generalidades del proyecto Quellaveco y el aporte al control aplicado a las actividades relacionadas al movimiento de tierra, haciendo énfasis en la gestión de los recursos en campo a través de indicadores de productividad y variables relativas a la maquinaria (el recurso más incidente)

Metodología: Se identifican las brechas de rentabilidad según la eficiencia en la construcción referenciada del presupuesto, el cual se entiende como el plan de acción expresado en valores monetarios. Se analizan las causas que originan la distorsión de la rentabilidad en función al dimensionamiento de recursos, rendimientos inesperados, etc. Finalmente, se optimizan los recursos tratando de mitigar los impactos negativos y potenciar los resultados positivos.

Resultados: Los indicadores de productividad permiten apreciar los resultados del desempeño del equipo de obra, en función a lo inicialmente establecido.

La maquinaria compone aproximadamente la mitad del costo directo, y la mano de obra representa una quinta parte. El consumo de combustible representa aproximadamente la sexta parte del costo. En este proyecto la mano de obra, que aparentemente es un recurso de menor influencia que los equipos y la maquinaria, provocó pérdidas considerablemente superiores a la ganancia generada en la gestión de los equipos.

Conclusiones: El presupuesto es un plan de acción, expresado en valores monetarios, dirigido a cumplir una meta prevista, por lo que, toda desviación de este se traducirá en una pérdida o ganancia.

Fecha de elaboración del resumen: Octubre de 2019

Analytical-Informative Summary

Control applied to the massive earthworks of Quellaveco project

Author: Flavio Patricio Silva Guerra

Advisor: MSc. Gerardo Chang Recavarren

Sufficient Professional Work

Title you choose: Civil Engineer

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería

October, 2019

Keywords: Profitability, budget, productivity indicators, performance results.

Introduction: The present study for a civil Engineering degree describes the Quellaveco's project generalities and the way the control applied to the construction activities contributes in the resources management through productivity indicators and others variables related.

Methodology: Depending on the budget, which is understood as the action plan expressed in monetary values, through productivity indicators, the activities that show a different performance than expected at the initial planning are studied. For these activities, the main reasons that cause the distortion of profitability are identified through the unitary prices based on resource sizing, unexpected returns. Finally, resources are optimized trying to mitigate negative impacts or enhance positive results.

Results: The productivity indicators allow to appreciate the results of the work team's performance, based on what was initially established. For the present project, the equipment represents approximately half of the direct cost and the workforce from personal represents a fifth. Fuel consumption represents a sixth part of the cost.

In this example, the workforce, which is apparently a resource of less influence than the equipment and machines, caused losses considerably greater than the gain generated in the management of the equipment.

Conclusions: The budget is an action plan, expressed in monetary values, it is aimed to get an expected goal, any deviation from this will result in a loss or gain.

Summary date: October, 2019

Tabla de contenido

Introducción	1
Capítulo I. Aspectos generales	3
1. Empresa: GyM	3
1.1. Breve reseña.....	3
1.2. Sistema organizacional.. ..	4
2. Experiencia del suscrito	5
2.1. Proyecto Modernización Refinería Talara	6
2.1.1. <i>Funciones del suscrito</i>	6
2.2. Proyecto Quellaveco	8
2.2.1. <i>Estructura del equipo de obra</i>	8
2.2.2. <i>Control de proyectos</i>	9
2.2.3. <i>Funciones del suscrito</i>	10
Capítulo II. Proyecto Quellaveco	13
1. Descripción general del proyecto.....	13
1.1. Primera etapa de construcción	13
1.2. Segunda etapa de construcción.....	15
2. Contrato Q1CO-K-CC3-148A	16
2.1. Alcance del contrato	17
3. Partidas del contrato	20
Capítulo III. Control de Proyectos	27
1. Control de la rentabilidad según la eficiencia de la construcción	27
1.1. Análisis de productividad de equipos	28
1.1.1. <i>Registro de ratios meta e información base para el control</i>	28
1.1.2. <i>Registro de información de avance – productividad real</i>	31
1.1.3. <i>Análisis de desempeño</i>	33
1.1.4. <i>Análisis de causales</i>	36
1.2. Análisis de productividad de mano de obra.....	41
1.2.1. <i>Registro de ratios meta e información base para el control</i>	42
1.2.2. <i>Registro de información de avance</i>	43
1.2.3. <i>Análisis de desempeño</i>	47
1.2.4. <i>Análisis de causales</i>	50

2. Control del consumo de combustible	56
2.1. Registro de información base para el control	56
2.2. Análisis de las brechas de consumo	57
Conclusiones	61
Recomendaciones	63
Referencias bibliográficas.....	65



Lista de tablas

Tabla 1. Principales proyectos de la empresa	3
Tabla 2. Composición del costo indirecto y costo directo	19
Tabla 3. Listado de actividades presupuestadas.....	21
Tabla 4. EE.TT. de movimiento de tierras: excavaciones.....	22
Tabla 5. EE.TT. de movimiento de tierras: rellenos	23
Tabla 6. Metrados consolidados.....	24
Tabla 7. Descomposición del costo directo.....	25
Tabla 8. Composición de equipos del costo directo Proyecto Quellaveco	28
Tabla 9. Ratios (USD/unidad de producción) para cada partida.....	30
Tabla 10. Tarifas de equipos (USD/HM).....	31
Tabla 11. Metrados totales / acumulados	32
Tabla 12. Desglose de la partida E002 – Frente 1B.....	32
Tabla 13. Metrados de Obra total / Frente 1B.....	33
Tabla 14. Estado actual ganancia/pérdida.....	34
Tabla 15. Resumen ganancia/pérdida.....	35
Tabla 16. Ratios mostrados por partidas del Frente 1B.	36
Tabla 17. USD ganadas en Relleno masivo clase C	37
Tabla 18. USD ganados en Excavación masiva de material ripeable	40
Tabla 19. Resumen ganancia/pérdida.....	41
Tabla 20. Descomposición del costo directo – Mano de obra	42
Tabla 21. Cuantificación de horas hombre por metrado presupuestado	42
Tabla 22. Cálculo del ratio por frente y partida	43
Tabla 23. Listado de partidas y ratios por frente.....	43
Tabla 24. Hoja de ingreso de cantidades ejecutadas por frente y partida semanalmente	44
Tabla 25. Horas hombre ganadas por frente y partida	45
Tabla 26. Ingreso de horas hombre gastadas por semana por frente y partida	45
Tabla 27. Metrados de Obra total.....	46
Tabla 28. Metrados del frente 1B.....	47
Tabla 29. Horas Hombre por actividad del frente correspondiente	47
Tabla 30. Ratios por actividad del frente correspondiente.....	48
Tabla 31. Resultados por cada actividad en horas hombre	49
Tabla 32. Evolución de los resultados consolidados correspondiente al Frente 1B.	50
Tabla 33. Incidencia del combustible.....	56
Tabla 34. Consumo presupuestado de combustible por tipo de equipo	57
Tabla 35. Cuadro de equivalencias de equipos	57
Tabla 36. Cuadro de equivalencias de equipos	58
Tabla 37. Estado de consumo real por equipos.....	59
Tabla 38. Consumo de excavadoras desglosado por códigos	59



Lista de figuras

Figura 1. Esquema general organizacional de GyM	4
Figura 2. Esquema organizacional de obra GyM	4
Figura 3. Frente 2A	6
Figura 4. Organigrama del proyecto Quellaveco – Jefaturas	8
Figura 5. Área de Control de proyectos	9
Figura 6. Diagrama de flujo – Indicadores de productividad.....	11
Figura 7. Curva “S” – Avance del proyecto.....	12
Figura 8. Túnel de desvío río Asana bordeando el tajo y el depósito de material estéril.....	14
Figura 9. Conexión túnel faja overland: Punto de extracción - Planta procesadora Papujune	15
Figura 10. Planta concentradora Papujune – Quellaveco.....	16
Figura 11. Plano de fases y frentes de trabajo.....	17
Figura 12. Descomposición del costo directo	25
Figura 13. Precio unitario de excavación masiva de terreno común – Frente 1B.....	29
Figura 14. Ratios correspondientes a la maquinaria	29
Figura 15. PU – Relleno Clase C – Frente 1B	37
Figura 16. Mapa T-7 / Frente 1B.....	38
Figura 17. PU – Transporte de corte a punto de relleno	39
Figura 18. PU – Relleno Clase C – Frente 1B	39
Figura 19. PU – Excavación masiva ripeable – Frente 1B.....	41
Figura 20. Gráfico de doble entrada de eficiencia vs. Tiempo / HH vs Tiempo.....	50
Figura 21. Contraste del ratio meta con el ratio real acumulado del revestimiento de canales	51
Figura 22. Nivel general de actividad de revestimiento de canales	51
Figura 23. Nivel general de actividad ideal según la Cámara chilena de la construcción	52
Figura 24. Horas hombres Ganadas y perdidas en canales de geoceldas y concreto	53
Figura 25. Comparación del ratio meta con el ratio real y HH perdidas – Frente 1B.....	54
Figura 26. PU de excavación masiva de material común – Frente 1B.....	55



Introducción

El suscrito egresó en el año 2016 – I, y forma parte del equipo del grupo Graña y Montero (constructora GyM) desde el mes de febrero del año 2017. Dentro del grupo, formó parte del área de producción de obras civiles en el Proyecto de la Modernización de la Refinería Talara (PMRT), por un monto de 59,419,223 USD y equivalente a 998,722 HH. En paralelo llevó el curso de formación de ingenieros Trainee concluyendo el programa con el primer puesto. El mes de junio del año 2018 entró al proyecto de “Movimientos de Tierras Masivos – Área Planta” de la mina Quellaveco por un monto de 51,781,213 USD equivalente a 755,103 HH, donde viene formando a la fecha parte del área de Control de Proyectos como Ingeniero de Productividad. En el presente trabajo se describirá la experiencia del suscrito, su participación en el proyecto en mención, así como una descripción del proyecto.

En el capítulo uno de Aspectos generales, se hace una síntesis de la empresa donde el suscrito ha venido laborando, describiendo brevemente el sistema organizacional y finalmente se enumera la experiencia del suscrito en los proyectos que ha participado. En el capítulo dos se dan a conocer las características generales del proyecto Quellaveco, el alcance del contrato correspondiente al consorcio GyM Stracon donde laboró el suscrito y su posterior desglose de descomposición de trabajo (EDT), se muestran y explican las partidas del contrato y se fundamentan las razones principales que motivaron a escoger esta obra para la redacción del presente trabajo. En el capítulo tres se informan las metodologías empleadas por el área de Control de Proyectos para llevar un control de la gestión de los recursos en campo, el análisis y resultados de la administración de la mano de obra y los equipos respectivamente, para analizar los causales de las brechas, reduciendo impactos negativos y potenciando las ganancias. Además, se detallan controles suplementarios necesarias para optimizar las variables vinculadas a la maquinaria. Esto finaliza en el listado de las conclusiones y recomendaciones.



Capítulo I

Aspectos generales

1. Empresa: GyM

1.1. Breve reseña. La empresa principal del grupo Graña y Montero es la constructora GyM, la cual genera la mayor utilidad a la corporación. Desde 1933 se constituye como la más grande y experimentada empresa constructora del Perú. Ha desarrollado diversos proyectos en todos los sectores de la construcción: Infraestructura, Energía, Edificaciones, Minería, Gas y Petróleo, Industria y Saneamiento.

Entre los principales proyectos de la empresa figuran los siguientes (ver Tabla 1):

Tabla 1. Principales proyectos de la empresa

Minería				
Proyecto	Mineral	País	Cliente	HH
Expansión Cerro verde II	Cu	Perú	Fluor	15MM
Las Bambas	Au, Ag, Cu, Mo	Perú	Bechtel	17MM
EPC Aurora Gold Mine	Au	Perú - Guyana	Aurora Gold Mine	1.3MM
EPC Inmaculada	Au, Ag	Perú	Grupo Hochschild	2.5MM
Energía				
Proyecto		País	Cliente	HH
Central hidroeléctrica Cerro del Águila		Perú	Kallpa	25MM
Central hidroeléctrica Santa Teresa		Perú	Luz del Sur	2.5MM
Central hidroeléctrica Huanza		Perú	Buenaventura	3.4MM
Central hidroeléctrica Ralco		Chile	Endesa	3.5MM
Central hidroeléctrica Machu Picchu		Perú	Egema	5.5MM
Línea de transmisión Mantecillo Caserones		Chile	Transec	4.5MM
Gas y Petróleo				
Proyecto		País	Cliente	HH
Planta de licuefacción de gas Melchorita		Perú	CB&I	2MM
Expansión de planta de procesamiento Malvinas		Perú	Pluspetrol Perú	3.7MM
Expansión de fraccionamiento de gas Pisco		Perú	Camisea	2MM
Transporte y viales				
Proyecto		País	Cliente	HH
Línea 1 – Tramo 1 y tramo 2		Perú	Provías	3.5MM
Línea amarilla		Perú	Vinci Highways	5.9MM
Carretera IIRSA Norte		Perú	MTC	Mantto. (25 años)
Edificaciones				
Proyecto		País	Cliente	Características
The Westin Lima & Convention Center		Perú	Starwood Hotels	Treinta pisos
Hotel Marriott & Stellaris Casino		Perú	Inversiones La Rioja	Veinticinco pisos
Centro comercial Larcomar		Perú	Larcomar	45,000 m ²
Hotel Sheraton		Perú	Sheraton Lima	Veintidós pisos
Hospital nacional Edgardo Rebagliati		Perú	Seguro social del empleado	130,000m ²
Gran teatro nacional		Perú	Ministerio de Cultura	Siete pisos

Fuente: Elaboración propia.

1.2. Sistema organizacional. En el esquema general organizacional de GyM, la empresa forma su cadena de valor como se muestra en la figura 1. La gerencia gestiona las cuatro unidades de operación, estas se organizan según la naturaleza del trabajo que demanda cada proyecto. Cada unidad recibe apoyo de determinadas áreas orientadas a garantizar el correcto y eficiente funcionamiento, y el constante flujo de trabajo de la unidad de operación.

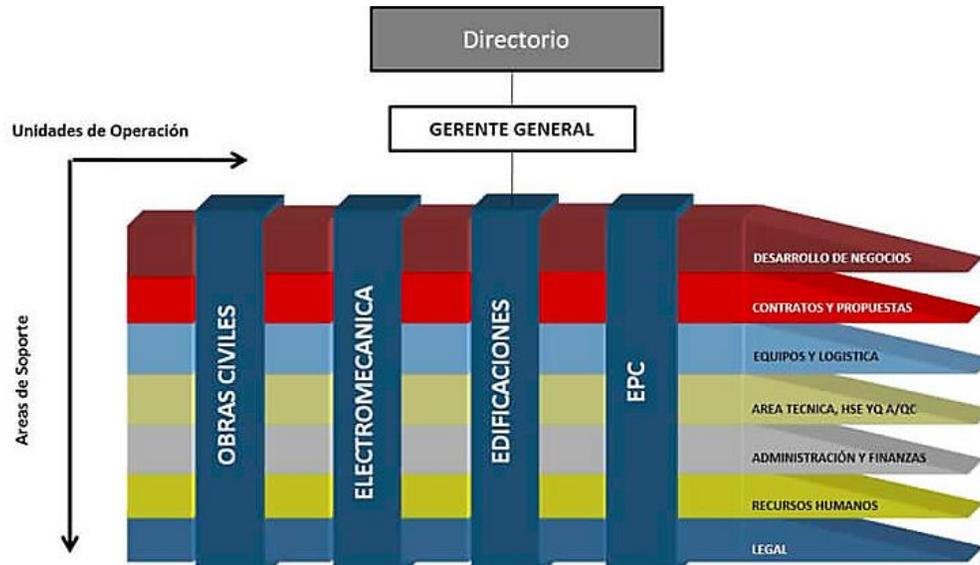


Figura 1. Esquema general organizacional de GyM
Fuente: La empresa.

A un mayor nivel de desglose del esquema general se obtiene un nivel de organización básico a nivel de obra, como se muestra en la figura 2.

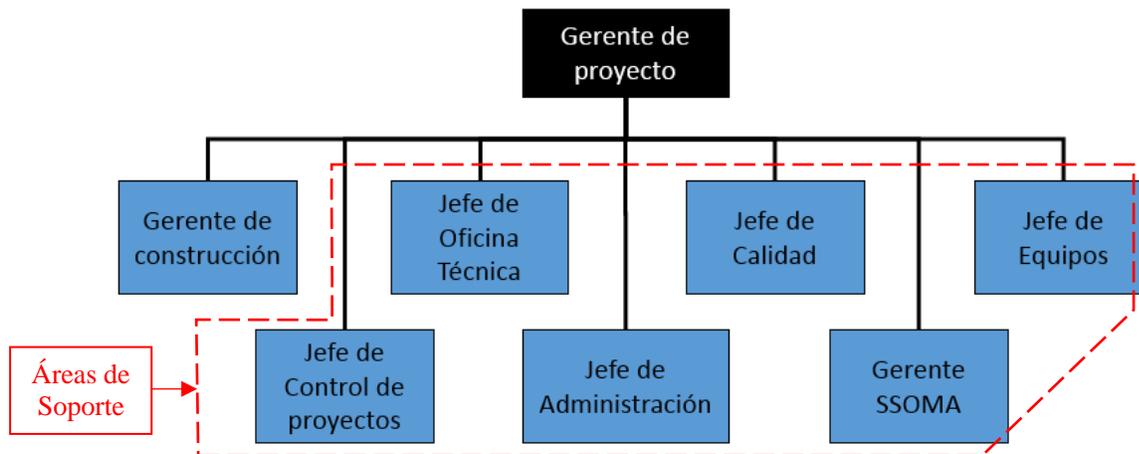


Figura 2. Esquema organizacional de obra GyM
Fuente: La empresa.

El principal responsable de garantizarle al cliente la entrega de un proyecto con los estándares de seguridad, calidad y concluirlo antes del hito acordado es el Gerente de Proyecto, realizando coordinaciones directas con la jefatura del cliente y efectuando un constante seguimiento a los resultados del área de construcción y a las condiciones de trabajo comprometidas por el cliente en el contrato.

El responsable de dirigir la construcción, cuantificar sus recursos, su programación de trabajo, es el Gerente de construcción. El área de construcción cuenta con las siguientes áreas de soporte:

- Control de proyectos: es el área encargada de gestionar los estados de pago, llevar un control del avance del proyecto, el eficiente uso de los recursos, cuantificar costos y ventas, evaluar el cumplimiento del cronograma y el impacto del imprevisto, y de consolidar los trabajos adicionales externos al contrato.
- Oficina técnica: es el área encargada de dar soporte en temas de ingeniería en conjunto con el área de construcción, liderar la topografía del proyecto y su geomática, cotizaciones con las sub-contratas y llevar el control documentario de planos, cartas y demás documentos legales.
- Administración: es el área encargada de manejar los temas financieros, el reclutamiento del personal y sus servicios generales, llevar una correcta relación con las comunidades vecinas, la logística del proyecto y la dirección del almacén del cual se abastece toda la obra.
- Calidad: es el área encargada de certificar y garantizar la entrega de cada producto con los estándares de calidad pactados en el contrato, esto con el correspondiente registro digital y físico de todos los comprobantes.
- Seguridad, Salud ocupacional y Medio ambiente (SSOMA): es el área encargada de dar asesoramiento al área de construcción respecto a temas de seguridad, salud ocupacional y gestión del medio ambiente.
- Equipos: es el área encargada de dar mantenimiento a toda la maquinaria del proyecto, y está orientado a ofrecer una disponibilidad física óptima a toda la flota de equipos.

2. Experiencia del suscrito

El suscrito inicia las relaciones laborales con la empresa GyM el primer día del mes de febrero del 2017, formando parte de la última promoción del programa Trainee del grupo Graña y Montero, proyecto de formación de ingenieros de línea de carrera dentro de la empresa. En paralelo estuvo laborando en el proyecto de modernización de la Refinería de Talara.

2.1. Proyecto Modernización Refinería Talara. GyM adjudicó un contrato en el Megaproyecto Modernización Refinería Talara (P.M.R.T) por un monto de 59,419,223 USD, obra que contaba con 998,722 HH contratadas distribuidas entre las obras civiles y electromecánicas. El cliente del proyecto era PetroPerú y el proyectista era Técnicas Reunidas, empresa con la cual se realizaban las coordinaciones.

2.1.1. Funciones del suscrito. Como miembro del equipo del área de producción de obras civiles, el suscrito se desempeñó como asistente de campo del frente 2A del proyecto, correspondiente al sector de los nuevos tanques de almacenamiento de diésel y sus obras de conexión, como se aprecia en la figura 3. Este constaba de más de una hectárea de pavimento rígido cercado con muros de contención (ambas estructuras con juntas de dilatación impermeables) y más de sesenta elementos de soporte para las tuberías proyectadas.

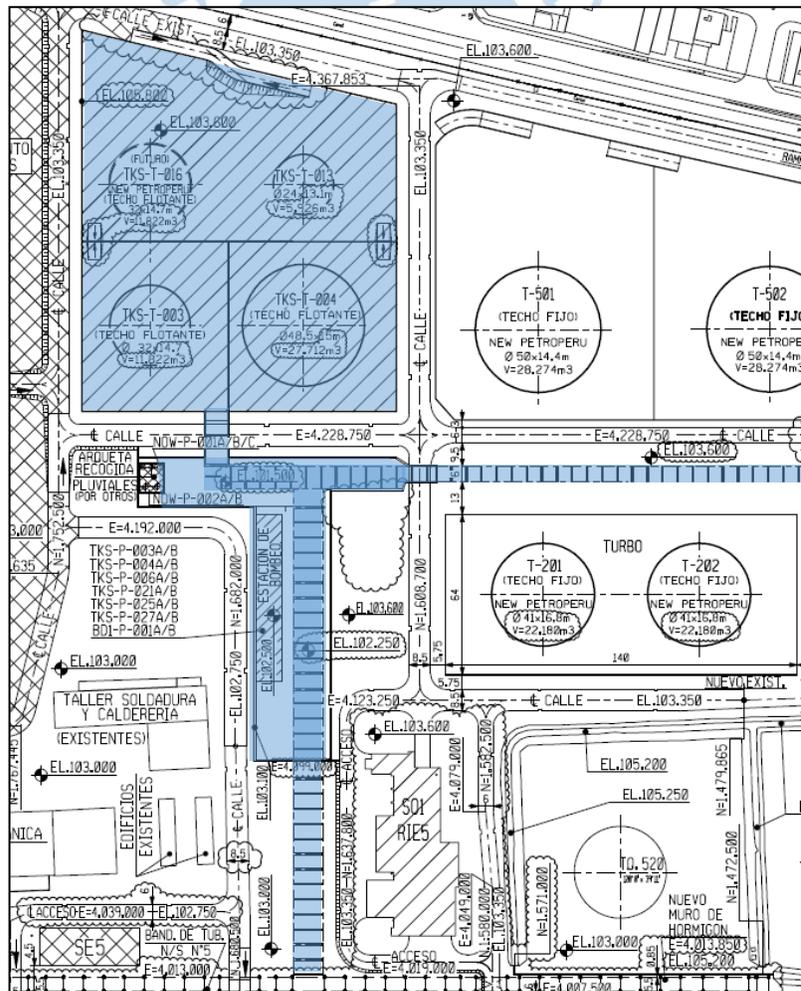


Figura 3. Frente 2ª

Fuente: Elaboración propia.

Se desempeñaba en las siguientes actividades:

- a. Velar por la fluidez del tren de trabajo en campo, dirigiendo y cuantificando los recursos (cuadrillas de personal y el grupo de equipos) para las actividades del plan diario en conjunto con la línea de mando a cargo (capataces).
- b. Corroborar la correcta distribución de los suministros y custodiar el stock mínimo de materiales del frente.
- c. Coordinación con el proyectista, discusión de prioridades, gestión de la documentación en general.
- d. Planeamiento a corto plazo (semanal con un horizonte a tres semanas), estableciendo las secuencias de las actividades libres de restricciones y la cuantificación de metrados a ejecutar, evaluando rendimientos y capacidad de trabajo en función a los recursos disponibles.
- e. Planeamiento a mediano plazo (también semanal) identificando restricciones de incertidumbres de ingeniería, inoperatividad de equipos, personal insuficiente o no capacitado, deficiencia de materiales, u otras razones para las actividades aún no incluidas en el programa de tres semanas.
- f. Revisión de cumplimiento de los estándares de calidad durante la construcción:
 - Corroborar que la ingeniería del plano se encuentre vigente.
 - Con respecto a la excavación, confirmar las cotas y la compactación del terreno, sus dimensiones y la ausencia de material extraño.
 - El buen estado de las varillas y su correcto habilitado y armado.
 - Revisar la estanquidad, alineamiento, niveles y apuntalamiento del encofrado. Junto a esto la correcta instalación de elementos embebidos, juntas preparadas y la disponibilidad de equipos disponibles para el vaciado.
 - Revisión de protocolos topográficos de cada estructura, para su posterior aprobación por parte del cliente.
- g. Custodiar por las condiciones seguras para el personal y del medio ambiente.

En paralelo, el suscrito llevó capacitaciones en línea y talleres en las oficinas de Lima de Graña y Montero, como preparación del programa “Trainee”, orientado al sistema de Gestión de Proyectos del Grupo, sus fundamentos y aplicación, además de conceptos de física de producción.

El contenido de estos talleres está dirigido a instruir a sus ingenieros a las mejores prácticas de la profesión (soportado por Project Management Body of Knowledge y la filosofía Lean Construction), maximizando la rentabilidad y la satisfacción del cliente, cumpliendo así con la

visión de la empresa. Se estudia la gestión de producción, formando la habilidad de medir, hacer seguimiento, y visualizar los flujos de construcción, sumándose a esto la gestión de la variabilidad como un elemento crítico para lograr los objetivos del proyecto. Al término de la formación *Trainee*, los capacitados deben elaborar un análisis donde apliquen todas las enseñanzas en un proceso constructivo del proyecto al que cada uno corresponde.

Posterior a esta etapa regresó a la Refinería de Talara hasta culminar las obras civiles el mes de mayo.

2.2. Proyecto Quellaveco. El suscrito fue enviado el mes de junio al proyecto Quellaveco, donde GyM en consorcio con Stracon adjudicaron un contrato de Movimientos de Tierra Masivos Área Planta por un monto de 53,852,440.40 USD, esta vez como ingeniero de Productividad.

El proyecto se resume principalmente en la ejecución de las plataformas donde se construirá la planta procesadora, cuyas actividades básicas son la excavación de más de cuatro millones de metros cúbicos y el relleno y compactación de más de un millón de metros cúbicos. Estas actividades generales se clasificarían de acuerdo al tipo de material, donde el recurso más influyente a usar vendría a ser el uso de la maquinaria.

Dado que en esta clase de obras la gestión de la maquinaria repercute considerablemente en el margen del proyecto, es necesario hacer seguimiento a la gestión en campo. El área encargada de esta función entre otras, es el área de Control de proyectos.

2.2.1. Estructura del equipo de obra. Se muestra a continuación el organigrama general del proyecto en la figura 4.



Figura 4. Organigrama del proyecto Quellaveco – Jefaturas
Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. Control de proyectos. El área de control de proyectos tiene el objetivo de mantener al equipo de obra orientado a la finalización del proyecto con éxito, en hacer la entrega en el costo y plazo pactados. Por dicho motivo se debe hacer seguimiento a la construcción para hacer las correcciones necesarias cuando se generen desviaciones.

Para poder monitorear efectivamente el progreso del proyecto, el área se divide en sectores orientados a distintas disciplinas descritas a continuación. Cada sector vela por ir de acuerdo a lo planificado, identificando distorsiones según lo previsto y evaluando soluciones en conjunto con las áreas correspondientes. Se podrá apreciar el desglose en la figura 5 y su explicación.



Figura 5. Área de Control de proyectos
Fuente: Elaboración propia.

- Sistema de toma de información: cuenta con personal de régimen de construcción civil y régimen común (controladores) en campo dedicados a la recopilación de información de campo, y personal auxiliar destinado a la digitación. Esta información es revisada por los ingenieros del sector de costos y productividad.
- Sector de costos y productividad: formada por un ingeniero de costos, orientado a cuantificar la venta y el costo a la fecha según ciclos de facturación de contabilidad, y por un ingeniero de

productividad, quien evalúa la eficiencia de los frentes de trabajo y demás variables donde se visualizan proyecciones de rentabilidad para analizar las brechas y proponer medidas correctivas.

- c. Sector de planeamiento: orientado a llevar el control de avance y el control del plazo. contrasta el cronograma de la línea base aprobado por el cliente con lo realmente ejecutado, mediante las gráficas de avance acumulado en función del tiempo. Para el control de plazo se analiza la nueva curva proyectada y la ruta crítica.
- d. Sector de trabajos adicionales: destinado a la gestión documentaria de trabajos externos al contrato. Esto es, trabajos de naturaleza distinta a las actividades presupuestadas o tareas en frentes no contemplados inicialmente.

2.2.3. Funciones del suscrito. El suscrito era el responsable de calcular y evaluar la productividad de la obra. De acuerdo a una asignación estructurada de partidas de control, se hace seguimiento a cada labor ejecutada en campo llevando la trazabilidad de los recursos que se invierten en estas actividades.

La tarea más importante eran los indicadores de productividad. Estos valores miden la eficiencia en campo en función al correcto uso y/o dimensionamiento de los recursos y permiten el posterior análisis de la causa raíz de las brechas más significativas. La experiencia ganada en el cumplimiento de estas funciones motivó al suscrito a elegir el control aplicado al movimiento de tierras masivo del proyecto como tema central del presente trabajo.

Se muestra a continuación en la figura 6 un diagrama de flujo a nivel macro para explicar el proceso de estudio de los indicadores de productividad.

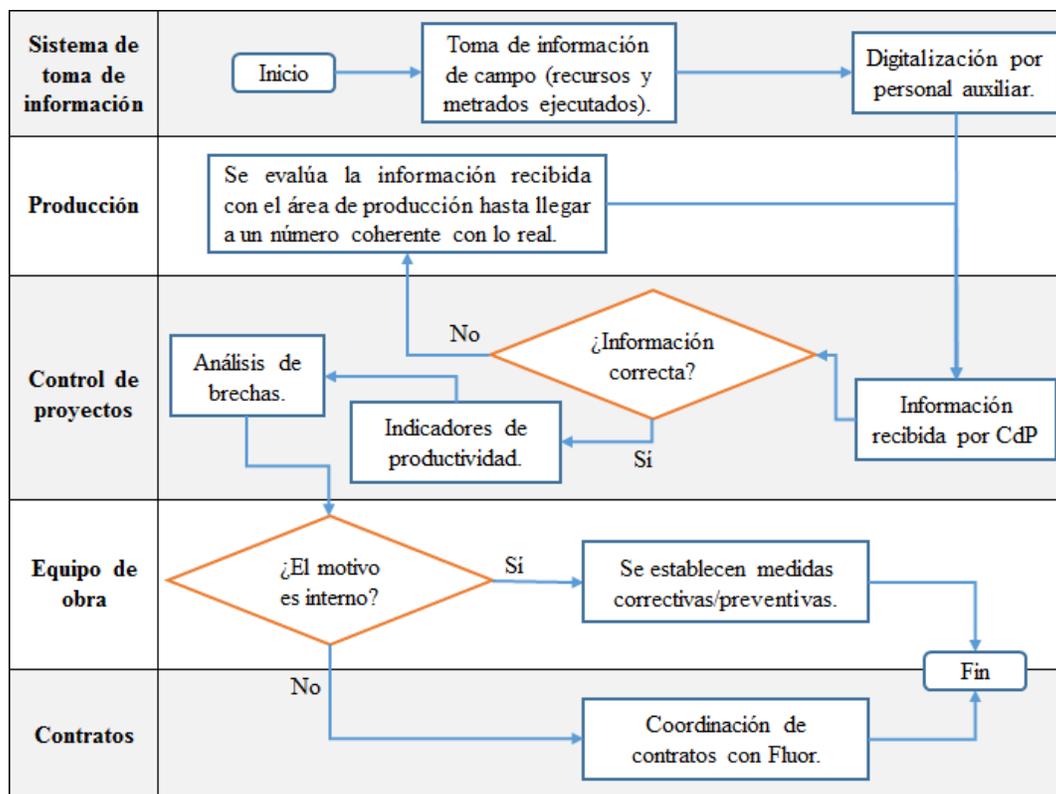


Figura 6. Diagrama de flujo – Indicadores de productividad

Fuente: Elaboración propia.

Primero es necesario contar con la información detallada de los metrados ejecutados y los recursos invertidos. Esta última es captada por el sistema de toma de información, y paralelo el ingeniero de geomática emite semanalmente los metrados ejecutados aceptados por el cliente por frente y partida. Esta información recibida debe ser revisada y aceptada por el área de producción. Después se calculan los indicadores de productividad reales, y los valores son comparados con los ratios planificados. Las brechas se analizan estudiando los precios unitarios y el presupuesto, para comparar lo planificado con lo real, haciendo visitas en campo realizando estudios de nivel general de actividad para la evaluación.

Posteriormente el suscrito convoca a una reunión semanal con el equipo de obra (la jefatura de control de proyectos, el área de construcción, el gerente de contratos y el gerente de proyecto). Estas reuniones permiten mantener a todo el equipo de obra en constante contacto con los resultados de campo, donde se muestran las brechas positivas/negativas de mayor influencia y se deducen sus motivos estableciendo medidas correctivas y/o preventivas en equipo.

Adicional a esta tarea, el suscrito llevaba controles de:

- Control del consumo de combustible, un insumo con considerable influencia.

- Control de disponibilidad física y utilización de equipos.
- Control de horas mínimas de equipos alquilados
- Asistencia al área de planeamiento calculando el avance parcial y acumulado para plasmarlo gráficamente mediante “Curva S” como se muestra un ejemplo en la figura 7. Estar al tanto con estos últimos valores permitía al representado mantener relaciones con el área de control de proyectos de la empresa proyectista.

Todas estas labores fomentaban una gestión orientada a la eficiencia en la construcción, cuidando el valor de la rentabilidad en una época donde la empresa cruzaba un momento de baja estabilidad.

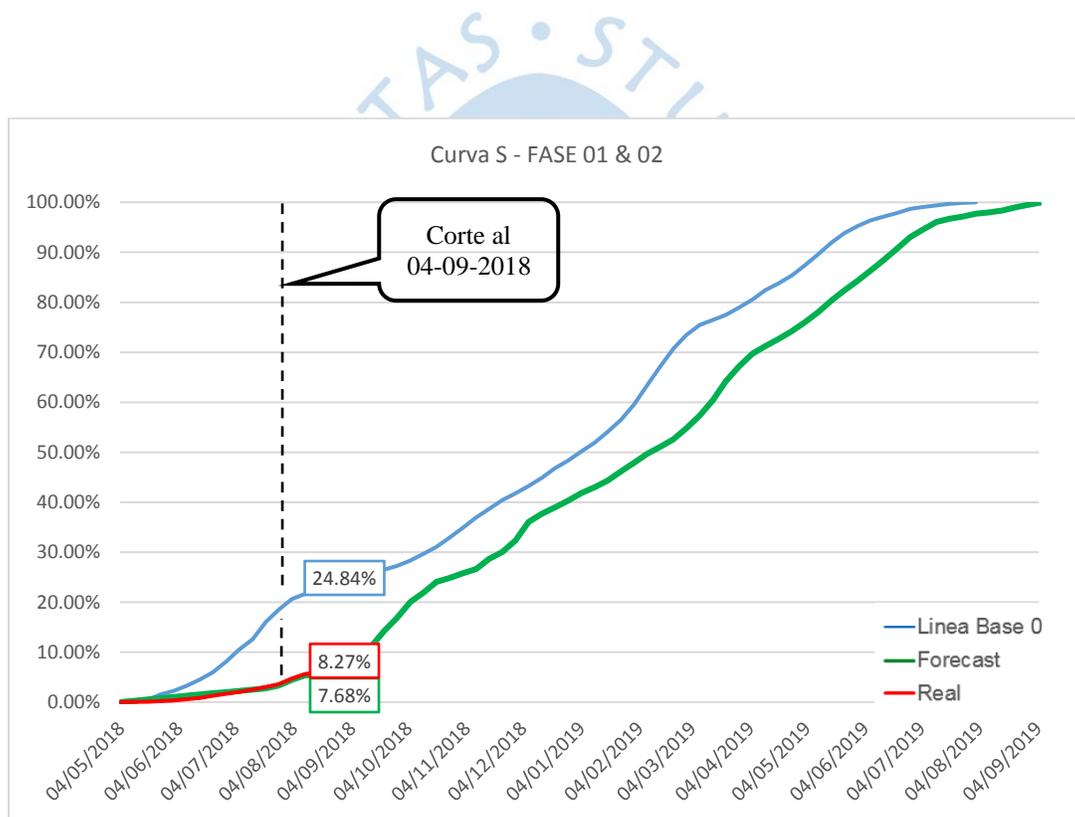


Figura 7. Curva “S” – Avance del proyecto
Fuente: Elaboración propia.

Capítulo II

Proyecto Quellaveco

1. Descripción general del proyecto

En la región de Moquegua, en las coordenadas 17°05'52"S 70°36'58" a 3500msnm se ubica uno de los yacimientos de cobre más vastos del mundo (con reservas estimadas de 1100 megatoneladas de mineral con una ley de 0,55% de cobre). El proyecto es desarrollado por la minera Anglo American, compañía inglesa de carácter global, por un monto que asciende los 5,300,000,000 USD (Diario Gestión de Economía y Finanzas, artículo publicado el 26/08/18), asociado con la corporación Mitsubishi (que aporta el 40%).

Esta mina será de clase tajo abierto y trabajará bajo la modalidad de flotación para producir el concentrado de cobre, con el subproducto de molibdeno, se espera una vida de reserva de treinta años, considerándose que la producción sea alrededor de 300 mil toneladas de cobre por año en sus primeros 10 años de operación, considerándose su inicio el 2022.

1.1. Primera etapa de construcción. El primer aspecto que bordará la compañía AngloAmerican es la gestión hídrica. El tajo y el punto de acopio de material estéril proyectado son atravesados por el río Asana, por lo que se ha construido un dique para elevar el nivel del agua y desviar el cauce del río por un túnel de más de 8 kilómetros, para luego re direccionarlo a su cauce natural como se aprecia en la figura 8, sin obtener provecho de este recurso, a pesar que se requerirán 22MMC de agua para la construcción.

El esquema hídrico del proyecto se basa en dar uso del río Titire en operaciones (80%), no apta para el consumo por altos niveles de sales, boro y arsénico, y agua de excesos de lluvia (20%) que se pierden anualmente en el mar almacenados en la presa Vizcachas ubicada en la zona alto andina de Moquegua, aguas abajo del río Chilota. Esta presa tiene una capacidad almacenamiento de 60MMC con capacidad de entrega de 28MMC, de la que sólo se usarán 4MMC anuales en promedio bombeados a la mina.

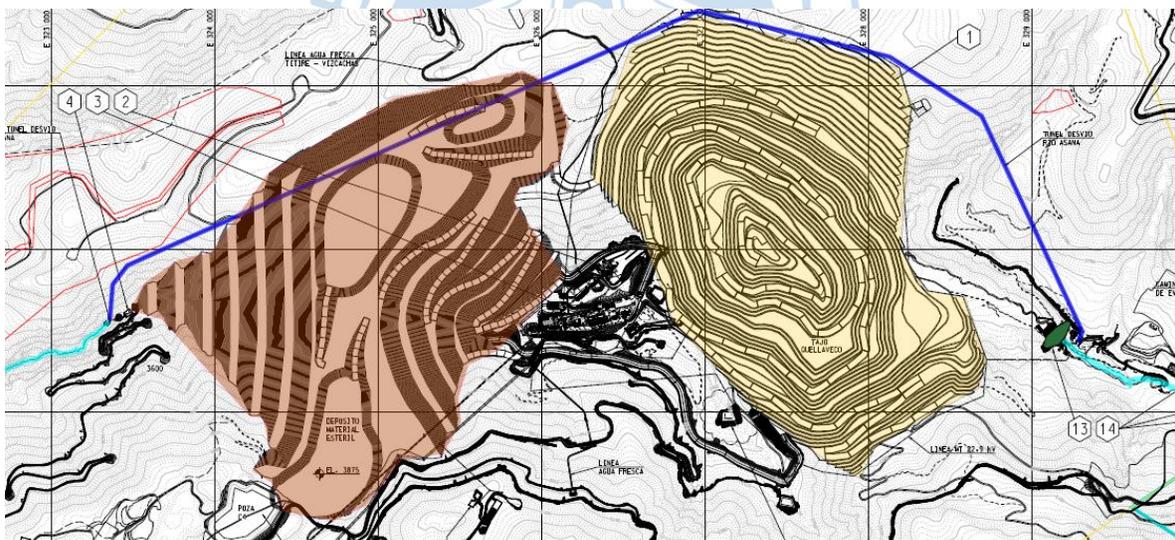
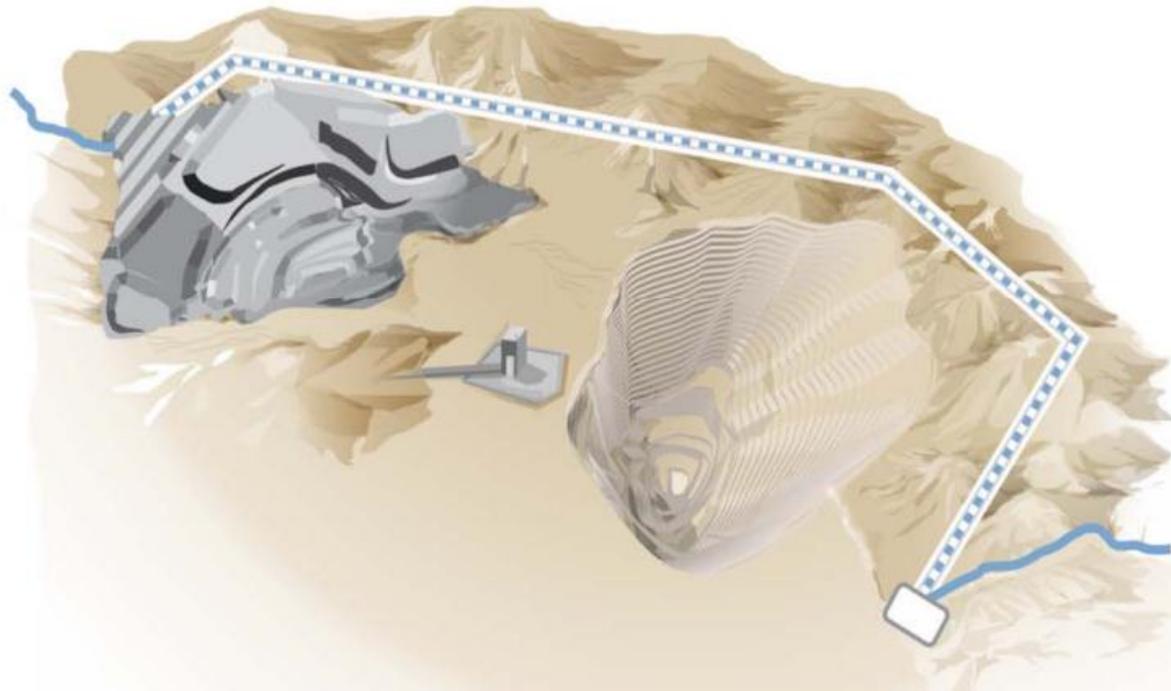


Figura 8. Túnel de desvío río Asana bordeando el tajo y el depósito de material estéril
Fuente: AngloAmerican Perú (2019).

Cuando el curso del río haya sido desviado, lo siguiente será preparar la vía de conexión del punto de extracción con la planta concentradora en Papujune, ubicada cinco kilómetros al suroeste. El material será transportado a través de una faja overland, que viajará a lo largo de un túnel. Los detalles se explican en la segunda etapa de construcción.

1.2. Segunda etapa de construcción. La planta concentradora ubicada en Papujune recibirá la materia prima proveniente del tajo a través de un túnel como se puede apreciar en la figura 9, resaltado de azul y la planta concentradora de color verde.

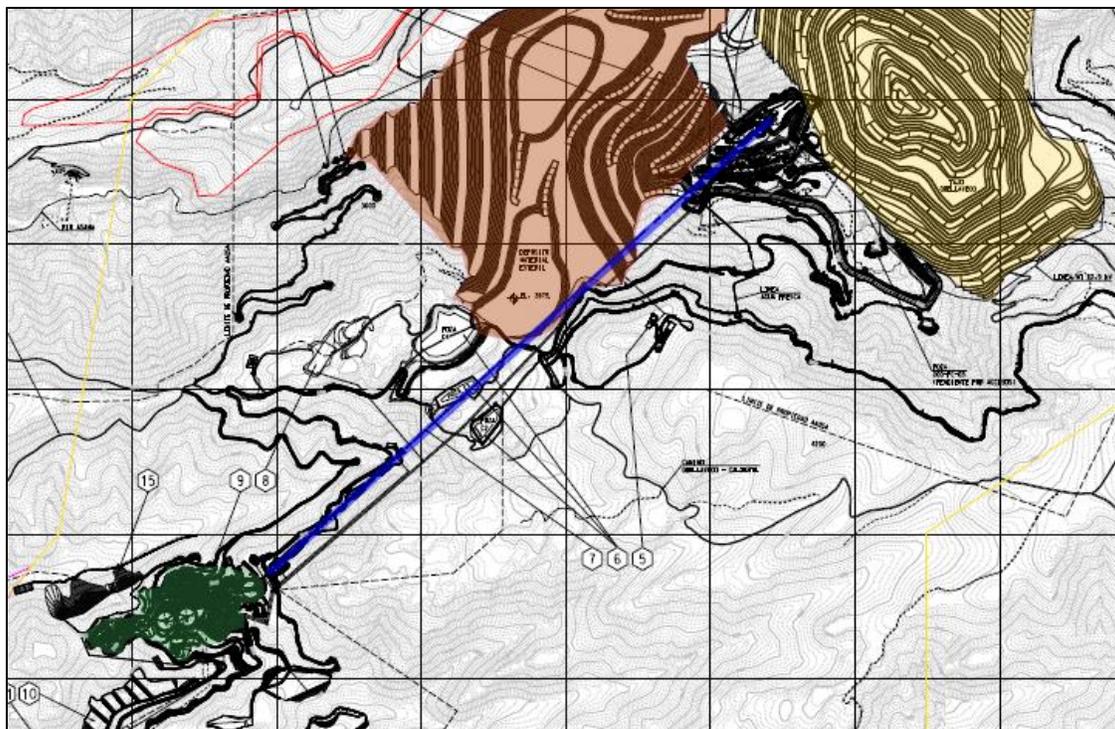


Figura 9. Conexión túnel faja overland: Punto de extracción - Planta procesadora Papujune
Fuente: Delimitación por elaboración propia.

El túnel empalma con la planta concentradora en el extremo noreste de esta, cuyo detalle se puede apreciar en la figura 10. Esta planta cuenta con una capacidad de 127.5ktpd, y la secuencia del material recibido se inicia en el acopio de gruesos “Stockpile” dirigiéndose hacia el oeste hacia su primer proceso en la chancadora de Pebbles, donde los gruesos son triturados para reducir el tamaño de las partículas, lo suficiente como para luego ingresar a los molinos de bolas para su molienda.

Cuando ya se obtienen las dimensiones ideales, el material pasa a una plataforma de flotación colectiva para el cobre y el molibdeno, donde se separan los minerales del material estéril a través de reacciones químicas. Finalmente, el producto pasa a los espesadores para su remoción por sedimentación, maximizando su efectividad mediante un control de pH con cal proveniente de la plataforma adyacente, y su posterior almacenamiento en el extremo Oeste de la planta. Todo este sector donde la materia prima pasa a ser procesada está resaltado de azul.

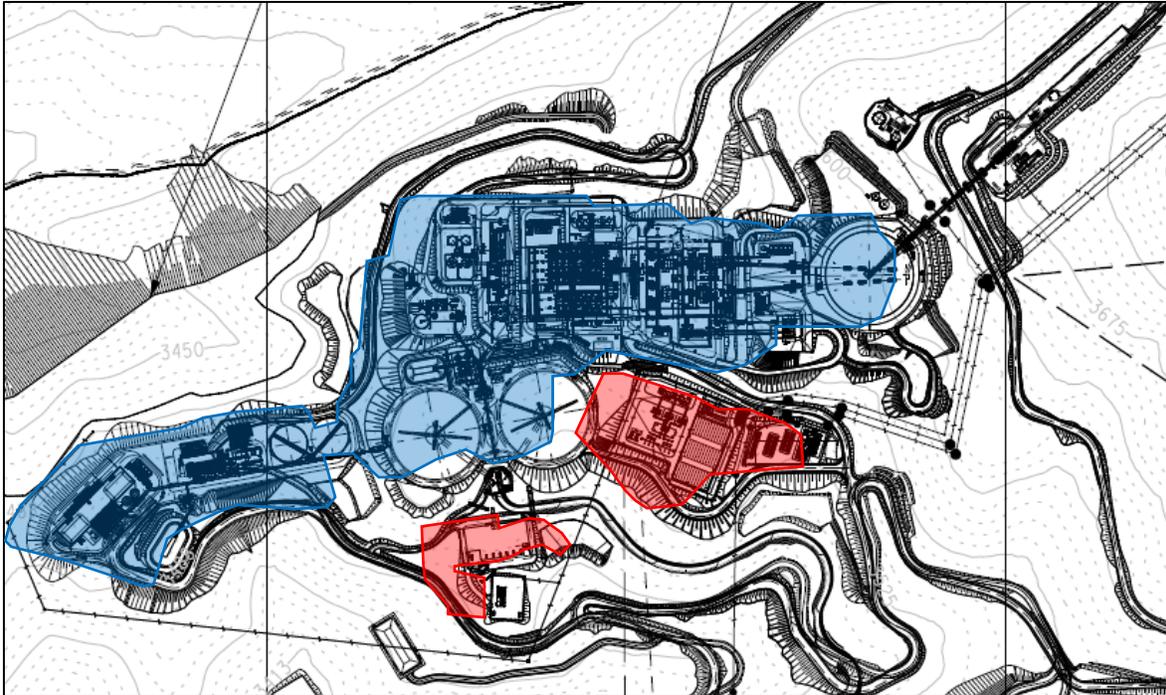


Figura 10. Planta concentradora Papujune – Quellaveco
Fuente: Delimitación por elaboración propia.

Esta planta contará con su propia subestación eléctrica, un edificio administrativo y plantas de aguas servidas y residuales, elementos de la planta que contribuyen a la gestión de todo el proceso de mineralización, sector resaltado de rojo.

2. Contrato Q1CO-K-CC3-148A

El consorcio GyM – Stracon adjudicó el proyecto No. Q1CO-K-CC3-148A "Movimientos de Tierra Masivos - Área Planta" por un monto de 53,852,440.40 USD con fecha efectiva de firma el 06 de abril del 2018 y una fecha de término de construcción el 30 de Julio del 2019, con penalidades del 0.25% del valor del contrato por día calendario atrasado (valor no máximo al 10%) e incentivos de 0.10% por día calendario adelantado con un límite del 2%.

Angloamerican, el propietario de la mina y considerado el cliente del contrato, designaría a SMI (Servicios Minería, INC Sucursal del Perú, empresa mundialmente conocida como Fluor) para la administración de todo lo relacionado a la ejecución de trabajos. Como garantía de fiel cumplimiento de contrato, el contratista tuvo que proveer una carta fianza bancaria con el valor del 10% del contrato.

2.1. Alcance del contrato. El proyecto consta dos fases (Fase 1 - Verde / Fase 2 - Rojo) como se aprecia en la figura 11. La fase uno por un monto de 14,331,823.86 USD se basa en tener las condiciones listas para la ejecución de la planta, pues al hablarse de un proyecto en terreno virgen, el primer paso es tener listas las plataformas donde se levantará el campamento (al sur de la planta procesadora) y oficinas, habilitación de botaderos y el polvorín para el almacenamiento de los explosivos. La fase dos tiene un presupuesto de 39,520,616.54 USD que incluye la ejecución de las plataformas de la planta concentradora, una vía de tránsito vehicular que une la planta al punto de extracción y obras de conexión (banco ductos y tuberías enterradas).

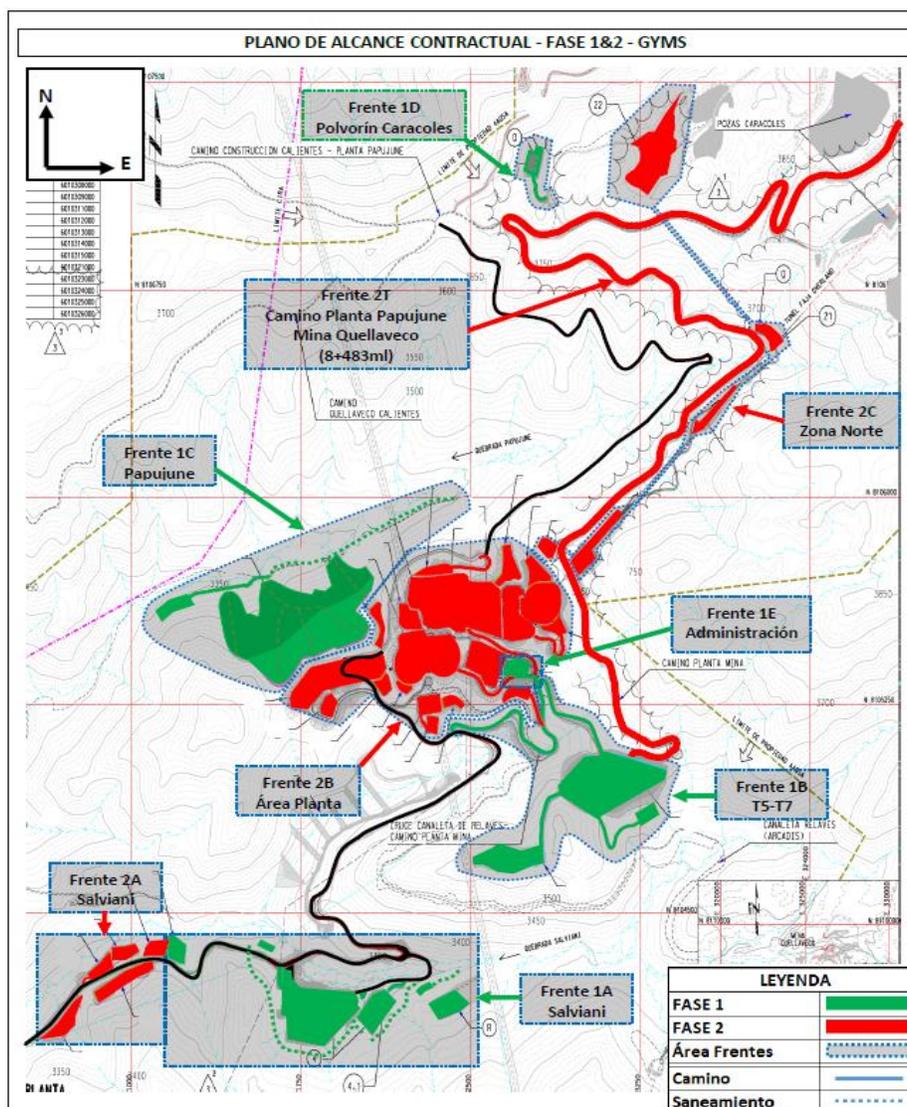


Figura 11. Plano de fases y frentes de trabajo
Fuente: Delimitación por elaboración propia.

Las fases y los frentes fueron sectorizados en función a las prioridades que estableció el propietario, cuya descripción de cada frente se muestra a continuación.

- La fase uno se divide en cinco frentes:
 - 1A - Campamento Salviani.
Consolida todos los trabajos que corresponden a la habilitación del campamento del personal de todas las empresas (plataformado y accesos), pozas de almacenamiento, obras de arte y su correspondiente botadero de capacidad de 300,000m³.
 - 1B - Plataformas temporales T-5 y T-7.
Plataformas y accesos a las oficinas donde se situará el propietario Angloamerican, el supervisor Fluor y las contratistas, entre estas el consorcio GyM Stracon.
 - 1C - Botadero DME Papujune. (Depósito de material excedente)
Habilitación del principal botadero del proyecto DME Papujune, realizar la ingeniería, procura y construcción del sistema de drenaje para evacuar las aguas que se almacenen en el material saturado hacia la quebrada Papujune. (3,000,000m³).
 - 1D - Polvorín Caracoles.
Plataformado, acceso, construcción de obras de arte y acondicionamiento para el depósito de explosivos que se usarán en todo el proyecto Quellaveco.
 - 1E - Plataforma Administración.
Plataformado, acceso y construcción de obras de arte de las primeras oficinas que colocará Angloamerican en la planta concentradora.
- La fase dos se divide en cinco frentes:
 - 2A - Área sur - Salviani.
 - Complementación del campamento Salviani. Plataformado y accesos de garita de control, estacionamientos y estación de combustible de vehículos livianos.
 - 2B - Planta concentradora.
El plataformado, acceso y construcción de obras de arte del núcleo de la planta concentradora. Este es el frente que representa más del 40% de todo el costo directo.
 - 2C – Área norte.
El plataformado, acceso de las instalaciones que recibirán la faja overland del túnel de la mina el tajo abierto hacia la planta procesadora.
 - 2S – Obras de conexiones.

- El consolidado de todas las tuberías enterradas y banco ductos de la planta concentradora y zonas aledañas.
- 2T – Camino planta a mina.
- Ejecución de más de ocho kilómetros de una nueva vía vehicular que conecte la planta con la mina.

El costo directo suma un total 34,243,108 USD y el costo indirecto 17,538,105 USD. La composición de cada costo se puede apreciar en la tabla 2 a continuación, listándose cada uno de los frentes anteriormente mencionados.

Tabla 2. Composición del costo indirecto y costo directo

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO CONTRACTUAL	
		TOTAL \$	TOTAL HH
A	PORCION PARTIDAS COSTOS INDIRECTO A SUMA ALZADA	17,538,105.05	
A.1a	Movilización Fase I	538,842.40	
A.1b	Movilización Fase II	134,710.60	
A.2	Instalaciones Temporales	1,019,381.45	
A.3a	Gastos Generales Fase I	3,592,329.40	
A.3b	Gastos Generales Fase II	10,776,988.20	
A.4	Desmovilización	391,553.00	
A.5a	Caminos temporales del contratista Fase I	882,700.00	
A.5b	Caminos temporales del contratista Fase II	201,600.00	
B	PARTIDAS A PRECIOS UNITARIOS	34,243,108.08	755,103.09
	FASE 1 (EARLY WORKS)	7,740,429.97	174,604.00
1A	SALVIANI	2,255,156.92	59,990.00
1B	PLATAFORMAS T5 - T7	3,022,454.94	69,637.00
1C	DME PAPUJUNE	1,916,868.00	30,922.00
1D	POLVORIN TEMPORAL CARACOLES	82,696.71	1,906.00
1E	PLATAFORMA ADMINISTRACIÓN FASE I	463,253.40	12,149.00
	FASE 2	26,502,678.11	580,499.09
2A	SALVIANI	1,852,778.12	35,376.93
2B	AREA PLANTA	14,123,348.75	302,663.55
2C	AREA NORTE	2,244,031.34	52,986.72
2S	OBRAS DE CONEXIONAMIENTO	4,052,311.18	70,234.11
2T	CAMINO PLANTA A MINA	4,230,208.72	119,237.78

Fuente: Elaboración propia.

El costo indirecto viene a considerar la remuneración del equipo que ejecutará el proyecto y su movilización, la instalación de campamentos, la implementación de los servicios generales (alimentación, condiciones de habitabilidad) y su posterior desmovilización. Además, se solicitó una bolsa de kilómetros pagados para la ejecución de accesos a los frentes de construcción a criterio del contratista. Todo esto está valorizado por suma alzada.

El costo directo está valorizado en precios unitario. Esto significa que cada plano ha sido estudiado minuciosamente evaluando los procedimientos a ejecutar para cada tarea, estableciendo parámetros en función a obras anteriores con condiciones similares. Esto es, asumir rendimientos con cuadrillas y agrupamientos de equipos teóricos en un ciclo de trabajo, los materiales que se van a consumir y de haber alguna tarea que se realizará a través de alguna sub contrata, incluirla en el cálculo.

Es conveniente recordar que los metrados están sujetos a un margen de variabilidad por tratarse de estimaciones de volúmenes a través de perforaciones para muestreos del terreno, por lo que es conveniente hacer seguimiento a como los metrados varían mensualmente. En caso se encuentren actividades de nuevos procedimientos constructivos, estos deben ser valorizados definiendo nuevos precios unitarios o verse como trabajos adicionales.

3. Partidas del contrato

Dentro del contrato de movimiento de tierras masivo las actividades esenciales son la excavación y el relleno y compactación, actividades que se diversifican según parámetros establecidos en las especificaciones técnicas. A continuación, se muestra el listado de actividades en la tabla 3 y posteriormente un resumen de las especificaciones técnicas que muestran los parámetros para la clasificación de estas en las tablas 4 y 5.

Las tareas a ejecutar se dividen en tres grupos. El primer grupo es de las excavaciones, en función a las condiciones de terreno y dimensiones. El segundo grupo es el de los rellenos, según los materiales a compactar y sus metodologías y finalmente las obras complementarias.

Tabla 3. Listado de actividades presupuestadas

TIPO	PARTIDA	NOMBRE DE PARTIDA
EXCAVACIONES	E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE
	E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN
	E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN
	E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE
	E005	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL RIPEABLE
	E006	EXCAVACIÓN MASIVA EN ROCA SIN EXPLOSIVOS
	E007	EXCAVACIÓN MASIVA EN ROCA CON EXPLOSIVOS
	E008	EXCAVACIÓN LOCAL DE ROCA
	E009	PERFILADO DE PLATAFORMAS
	E010	PREPARACION DE SUBRASANTE
	E011	EXCAVACIÓN PARA FUNDACIÓN
	E012	EXCAVACIÓN DE ROCA CON EXCAVADORA+MARTILLO
RELLENOS	R001	RELLENO MASIVO CLASE A
	R002	RELLENO MASIVO CLASE B
	R003	RELLENO MASIVO CLASE C
	R004	RELLENO LOCALIZADO
	R005	AFIRMADO PARA PLATAFORMAS Y CAMINOS
	R006	PRODUCCIÓN DE AGREGADOS
	T001	TRANSPORTE DE MATERIAL
COMPLEMENTARIAS	C001	PRETIL DE SEGURIDAD
	C002	CONCRETO
	C003	FORTIFICACIÓN MESH
	C004	GAVIONES
	C005	MURO TEM
	C006	MALLA CON ANCLAJE
	C007	ENROCADO
	C008	SANEAMIENTO
	C009	CERCO Y PORTONES
	C010	CAMARAS ELECTRICAS,MALLA A TIERRA, CONDUITS
	C011	REVESTIMIENTO CON GEOCELDAS Y CONCRETO
	C012	GEOINTÉTICOS (GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL)
	C013	TUBERÍAS HDPE (INC PVC)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. EE.TT. de movimiento de tierras: excavaciones

EXCAVACIONES
<p>Las cantidades consideradas para cada tipo de excavación son consideradas como verdaderas por ser proporcionadas por el Cliente. Las excavaciones deberán mantenerse libres de agua durante su realización. Si no fuese posible mantener libre de agua por gravedad, se deberán instalar los dispositivos que cumplan con el requisito. No habrá distinción entre excavación en seco o con presencia de agua (saturado / agotamiento).</p> <p>Superficie de terminación de excavaciones (sello) debe lograr una densidad mínima: Profundidad < 90cm - 95% de la DMCS o 80% de la Densidad Relativa (capas_{min} 30cm).</p> <p>Profundidad > 90cm - 90% de la DMCS o 70% de la Densidad Relativa.</p> <p>Excavación masiva: Con equipos pesados (hp>125) y explosivos o martillo neumático, no requieren entibaciones, salvo para guardar estructuras cercanas. V>10m³. A>20m².</p> <p>Excavación de plataformas, cimentaciones de dimensiones mayores, plataformas de caminos hasta nivel de subrasante, bancos para fundación de terraplenes, escarpes y perfiladuras para fundación de terraplenes, remoción de material inadecuado para exc. masivas.</p> <p>Excavación local: Requieren de entibaciones, herramientas manuales. V<10m³. A<20m².</p> <p>Excavaciones en zanja para cimentación de ductos, para cimentación de estructuras varias.</p> <p>-En terreno común.</p> <p>-En roca.</p> <p>Ancho>Φ+500mm - Tolerancia de sello de excavación: +/-2cm.</p>
<p>Excavación de Escarpe</p> <p>Retiro de capa superficial de suelo natural (constituido por naturaleza biológica) donde se apoyará los rellenos de plataformas y caminos. Áreas limitadas hasta 1.0m fuera de los límites teóricos de relleno. Profundidad definida hasta encontrar material desficable para superficies de terminación, profundidad máxima de 30cm debajo del terreno natural.</p> <p>El 100% del material no es utilizable por el contenido de material orgánico o contenido de finos (<N°200).</p>
<p>Excavación masiva en terreno común</p> <p>Excavación que se pueda realizar con equipo mecanizado sin uso de Ripper o picotón.</p> <p>El 100% del material es utilizable como material granular de relleno, necesitando sólo del proceso de zarandeo para llegar a las granulometrías requeridas.</p>
<p>Excavación masiva en Roca</p> <p>Excavación donde se necesite extraer formaciones geológicas firmemente cementadas o litificadas. Requieren empleo de explosivos, materiales expansores o martillo hidráulico. No puede ser removido con un tractor D-9 o semejante mayor en marcha reducida. (Bolones sólidos >1.5m³). Los gastos para la realización de pruebas están a cargo del Contratista.</p>
<p>Excavación masiva con Ripper</p> <p>Material que sólo pueda ser removido previa aplicación de escarificador de un tractor D9 (cap. nominal 385-410hp) a marcha lenta o excavadora con picotón. Previa visita con el propietario.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. EE.TT. de movimiento de tierras: rellenos

RELLENOS		
<p>Se establecerán plataformas en tres zonas del proyecto para la preparación de materiales procesados. Las actividades de perfiladura y compactación de material del sello de las excavaciones de material inadecuado quedarán incluidas en el precio unitario de material de rellenos. Para dejar llano una plataforma de roca, la sobreexcavación va a cargo del contratista y las opciones de relleno son concreto pobre ($f'c=100\text{kg/cm}^2$) para fundación de estructuras. Afirmado granular para carpetas de rodado. El propietario puede solicitar terraplenes de prueba. $TM < 2/3(e_{\text{capa}})$; $e_{\text{capa}} = f(\text{Met. Compact.})$ Para dar sello, los últimos 20cm antes del sello, serán a mano.</p>		
<p>Relleno masivo Clase A (TM=6") Para plataformas permanentes donde se construyan estructuras soportantes e instalaciones. Se aplicará como criterio hasta una profundidad de 900mm bajo el nivel de subrasante de los rellenos de las plataformas proyectadas. Capas máximas de 0.30m con humedad +/- 2% del óptimo con densidad 95% del Proctor Modificado. Relleno sin especificación \approx Clase A / definido por el propietario.</p>	% Que Pasa	% Pasa
	Malla 6"	100
	Malla 4"	85-100
	Malla 3"	75-100
	Malla N°4	30-60
	Malla N°200	0-20
	Sales solubles	<5%
	CBR DMCS 95%	>20%
IP (bajo N°40)	<12%	
LL (bajo N°40)	≤25%	
<p>Relleno masivo Clase B (TM=12") Base de plataformas bajo el nivel de la subrasante proyectada o relleno Clase A. Además en terraplenes de caminos y plataformas permanentes cuando no hayan estructuras proyectadas. Requiere compactación. Capas máximas de 0.50m y compactado 3-6 pasadas por rodillo de 18tn. Material compactado para: Plataformas permanentes, plataformas en construcción que soportan estructuras.</p>	% Que Pasa	% Pasa
	Malla 12"	100
	Malla 6"	80-100
	Malla N°4	15-100
	Malla N°40	0-50
	Malla N°200	0-40
	Sales solubles	<5%
	CBR DMCS 95%	>10%
IP (bajo N°40)	<12%	
LL (bajo N°40)	≤25%	
<p>Relleno masivo Clase C (TM=6" 30cm sup.) (TM=36")150km³ Relleno para caminos y plataformas temporales. Capas máximas de 1.0m depositándose en el centro del terraplén con rodillo $t>8$, mínimo 2 ciclos. Velocidad 3-4km/h. $f= 1000$vibraciones/min. Traslapo: 25% long.</p>	% Que Pasa	% Pasa
	Malla 36"	100
	Malla N°4	10-100
	Malla N°200	0-40

Fuente: Elaboración propia.

Conocidos los parámetros que condicionan las clasificaciones de las actividades se hacen una clasificación de todas las partidas para todo el metrado correspondiente, divididas en las diferentes actividades de excavaciones, relleno y compactación y finalmente las actividades

complementarias. En la siguiente página se muestran todas las partidas con los metrados consolidados en la tabla 6.

Tabla 6. Metrados consolidados

DESCRIPCIÓN PARTIDA	PARTIDA	METRADO	TOTAL
Excavación de escarpe	E001	92,566	4,435,506
Excavación masiva de material común	E002	3,144,773	
Excavación local de material común	E003	30,107	
Excavación masiva de material rippeable	E004	809,356	
Excavación local de material rippeable	E005	12,549	
Excavación masiva en roca sin explosivos	E006	53,601	
Excavación masiva en roca con explosivos	E007	282,664	
Excavación local en roca	E008	9,889	
Perfilado de plataformas	E009	300,149	
Preparación de subrasante	E010	295,840	
Excavación para fundación	E011	-	
Excavación en roca con martillo	E012	-	
Relleno masivo Clase A	R001	90,924	1,151,014
Relleno masivo Clase B	R002	573,464	
Relleno masivo Clase C	R003	426,634	
Relleno localizado	R004	50,480	
Afirmado para plataformas y caminos	R005	9,512	
Transporte	T001		5,586,520
Pretil de seguridad	C001	9,165	
Concreto	C002	2,775	
Fortificación Mesh	C003	6,565	
Gaviones	C004	2,864	
Muro T.E.M.	C005	3,168	
Malla con anclaje	C006	16,059	
Enrocado	C007	38,544	
Saneamiento	C008	13,071	
Cerco y portones	C009	2,895	
Cámas eléctricas, malla a tierra, conduits	C010	4,355	
Revestimiento con geoceldas y concreto	C011	7,084	
Geosintéticos	C012	48,660	
Tuberías HDPE	C013	8,767	

Fuente: Elaboración propia.

Es necesario recalcar que las partidas de “excavación para fundación” y “excavación en roca con martillo” han ido surgiendo conforme el proyecto avanza. Por ejemplo, con respecto a la excavación en roca, era responsabilidad del propietario la procura de los explosivos, pero por problemas externos la llegada del plasma (partida E006) y de la voladora (partida E007) se vieron postpuestas. Esto afectó la planificación del contratista, dado que comenzaron a aflorar formaciones

rocosas donde no se esperaba, por lo que se propuso bajo un nuevo precio unitario la modalidad de fragmentación de roca a través del empleo de martillo hidráulico en las excavadoras para evitar impactar en la mayor medida el plazo, pero aumentando el costo por el bajo rendimiento que esta metodología proporcionaba. Puesto que en el presente trabajo se hará un enfoque en el costo directo, se muestra el resumen de su composición en la tabla 7 y un gráfico en la figura 12.

Tabla 7. Descomposición del costo directo

Costo Directo
34,243,108

Descomposición del costo directo				
Mano de obra	Equipos	Materiales	Subcontratos	C.I.
7,642,956	14,418,018	10,205,878	1,958,924	17,331.68
22%	42%	30%	6%	0%

Fuente: Elaboración propia.

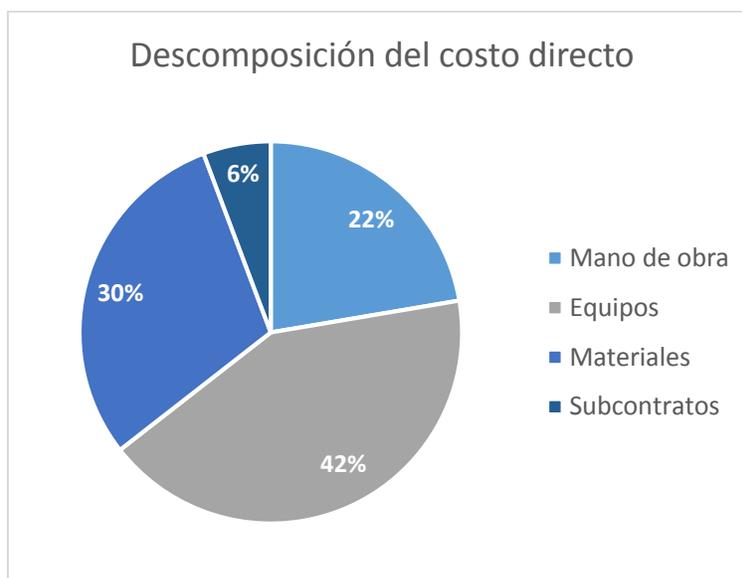


Figura 12. Descomposición del costo directo

Fuente: Elaboración propia.



Capítulo III

Control de Proyectos

El área de control de proyectos tiene como principal objetivo mantener orientado al equipo de obra a la finalización del proyecto en el costo y plazo pactados. El área es responsable de hacer seguimiento a distintas variables de la obra con el fin de identificar desviaciones con lo previsto. Para cada brecha (positiva o negativa), identificar su causa raíz y evaluar con el resto del equipo de obra medidas correctivas.

Para poder hacer las comparaciones pertinentes, el sistema de referencia viene a ser el presupuesto y el cronograma establecidos en el contrato y preparados por un equipo independientemente al personal en obra. Al realizar el análisis de la causal, lo primero que se debe determinar es si la causa es interna o externa.

- a. Causales internas: si lo que causó el origen de la brecha es responsabilidad del contratista, esta es considerada una causal interna. Puede haber dos motivos, uno por una incorrecta o ineficiente gestión del equipo de obra, por lo que se deben establecer las medidas correctivas y hacer un seguimiento a sus consecuencias. El otro motivo puede ser que, lo planificado resulte inapropiado para la realidad del proyecto. De ser ese el caso, el contratista debe asumir la brecha proyectada y evaluar formas para reducir o mitigar el impacto.
- b. Causales externas: si la fuente de la distorsión en los resultados no es responsabilidad del contratista, esta causal es considerada externa. Para estos casos, debe revisarse el contrato y ver si el cliente está cumpliendo con las condiciones contempladas en éste. De darse el caso que las condiciones no estén de acuerdo a lo estipulado, el área de contratos inicia un diálogo con el cliente para analizar y resolver los impactos ya cuantificados.

1. Control de la rentabilidad según la eficiencia de la construcción

La rentabilidad hace referencia a un beneficio promedio por la totalidad de las inversiones realizadas, y es una cualidad necesaria para la continuidad de un negocio. En la construcción esto no es ajeno, lo que merita una gestión orientada a la rentabilidad. Para el control de rentabilidad, el suscrito usó indicadores de productividad para evaluar la gestión en campo en función a la eficiente administración de los recursos para cumplir con los entregables de acuerdo a los estándares establecidos en el contrato.

Estos indicadores permiten darle al usuario una rápida idea de la eficiencia por cada frente y partida, permitiéndonos identificar brevemente las brechas positivas / negativas más significativas para tomar las medidas necesarias lo antes posible. Los indicadores de productividad que se mostrarán en el presente trabajo serán de equipos por ser el recurso con mayor relevancia en el costo directo y el de mano de obra por considerarse una variable con considerable repercusión en el margen del proyecto.

1.1. Análisis de productividad de equipos. Como se mencionó anteriormente, el recurso más importante dentro del proyecto es la maquinaria con un monto de 14,418,018 USD (42% del costo directo), valor que, para este proyecto corresponde a la tarifa seca¹ del equipo por las horas planificadas.

1.1.1. Registro de ratios meta e información base para el control. En los proyectos de movimiento de tierras, la actividad más costosa es el transporte. Este proyecto no discrepa con lo anterior, pues el equipo más influyente es el volquete, tal como se aprecia en la tabla 8². Si bien en el presupuesto no hay una partida específica para el transporte del material, esta tarea está incluida en todas las partidas del proyecto.

Tabla 8. Composición de equipos del costo directo Proyecto Quellaveco

Equipo	Monto (USD)	%
Volquete	5,191,527	36%
Tractor	3,182,638	22%
Excavadora	1,880,825	13%
Cargador	1,655,270	11%
Otros	2,507,758	17%
Total	14,418,018	

Fuente: Elaboración propia.

Internamente se decidió separar el control de la maquinaria entre los volquetes y los demás equipos. La partida interna T001 (medida en m³), se creó para incorporar el costo del transporte (calculado en base a las horas máquina de volquetes) involucrado en la excavación y relleno. El

¹ La tarifa seca está compuesta por el costo por posesión y operación sin considerar el consumo de combustible (mantenimiento, elementos de desgaste y locomoción, etc.).

² Los valores mostrados en la Tabla 07 son el resultado de procesar el presupuesto a través de un diagrama de Pareto mostrando cómo se compone el monto general en función a las maquinarias más incidentes.

volumen de trabajo se calculó sumando los volúmenes a ser cortados y compactados. Por lo tanto, para este análisis de productividad, las partidas omiten el costo del transporte.

Para mostrar la separación del costo correspondiente al transporte, se tomará la partida de Excavación masiva de material común del frente 1B como se aprecia en la figura 13, encerrando en líneas punteadas rojas el precio unitario final.

STRACON GyM - 2018		CIV-2017-014 Quellaveco 19.02.18 R4 -Vale				
		BILL ORDER WORKSHEETS (DOLAR)				
		Bill Page Number: 2				
m1010	Excavación Masiva en terreno Común	Bill Quantity-319,131.00 m3				
B.123						
05/04/18		Rate: 05/04/18				
6	ZP1204 Excavacion mat comun c/exc-345 -masiv	0.589/m3*0.85	=	0.500412	159,696.982	41.81%
6	ZP1222 Excavacion roca rípeable c/D9 -masivo	1.840/m3*0.15	=	0.276036	88,091.645	23.06%
6	ZP1604 Transp D<1km (carga Exc345)-Elimac MS	1.095/m3km*0.13*0.85*1	=	0.120986	38,610.383	10.11%
6	ZP1606 Carg/transp D<1km c/Exc345-Elimin Roca	2.027/m3km*0.13*0.15*1	=	0.039526	12,613.972	3.30%
6	ZP1612 Transp D> 1km -Elimin mat comun (MS)	0.381/m3km*0.13*0.85*2.0	=	0.084135	26,850.087	7.03%
6	ZP1614 Transp D> 1km -Elimin mat rocoso	0.457/m3km*0.13*0.15*2.0	=	0.017811	5,684.042	1.49%
6	ZP7502 Acomodo en botadero	0.434/m3*0.13	=	0.056461	18,018.455	4.72%
Transporte a Acopio temporal:						
6	ZP1602 Carguio y transp D<1km -Elimin MS	1.692/m3km*0.06	=	0.101515	32,396.583	8.48%
				Net Rate	1.196882	381,962.118

Figura 13. Precio unitario de excavación masiva de terreno común – Frente 1B

Fuente: La empresa

El precio del corte, carguío, transporte y eliminación del metro cúbico de material común equivale 1.1969 USD \approx 1.20 USD/m³, valor que representa el ratio general compuesto por la mano de obra, equipos, materiales y subcontratos. En la figura 14 se hace la discriminación del ratio correspondiente a la maquinaria, analizando la parte del presupuesto correspondiente al frente y partida indicados anteriormente. Estos valores nos permitirán medir si los recursos utilizados por unidad de producción son menores o mayores a los planificados.

Metrado	Und.	P.U.	Venta (USD)	Recurso	Und.	P.U.	Cantidad	Equipo					
319,131	m3	1.20	381,962	TRACTOR CAT D8	/hm	79.89	118.53	9,469.72	188,670.51				
				TRACTOR CAT-D9	/hm	217.15	308.84	67,063.84					
				EXCAVADORA CAT-345	/hm	93.4	1,117.80	104,402.38					
				CARGADOR CAT-966	/hm	60.41	95.74	5,783.61					
				RODILLO VIBR. LISO 10 T CAT	/hm	19.6	29.63	580.82					
				TORRE-ILUMINACION, 5 KW	/hm	1.8	761.19	1,370.14					
				CAMION VOLQUETE 20 M3	/hm	22.73	2,060.40	46,832.98		46,832.98			
				CAPATAZ CIVIL CIV	/hh	11.42	720.65						
				OPERADOR PESADO CIV	/hh	11.25	3,730.95						
				AYUDANTE CIV	/hh	8.19	2,009.54						
				Diesel (Petroleo)	/galon	2.95	27,050.01						
				** TOTALES **								235,503.48	
								Ratio equipos total			235,503.49	0.74	
				Ratio transporte		46,832.98	0.15						
				Ratio equipos sin transporte		188,670.51	0.59						

Figura 14. Ratios correspondientes a la maquinaria

Fuente: Elaboración propia.

El metrado de 319,131 m³ multiplicado por su precio unitario genera una venta total de 381,962 USD. El monto total de equipos equivale a 235,503.48 USD, más del 60% de precio total con un valor de 0.74 USD/m³ en relación a 1.20 USD/ m³. Este ratio debe ser distribuido en lo que corresponde al transporte y al trabajo con el resto de maquinaria, por lo que el importe en función a los volquetes (texto en naranja - 46,832.98 USD) nos brindaría el ratio de 0.15 USD/m³. La diferencia, comúnmente denominada “línea amarilla” (texto en azul – 188,670.51 USD) nos permitiría calcular el ratio para la partida que se utilizará en los indicadores de productividad. De esta forma se favorece el seguimiento a los volquetes y al resto de la maquinaria de forma independiente.

Cuando se disponga de todos los ratios (USD/unidad de producción) debidamente calculados, estos deben ser ingresados a una base de datos que alimentará los indicadores, ingresando para cada frente, sus partidas y sus correspondientes ratios como se muestra en la tabla 9 (sólo se muestra una porción de todos los frentes y partidas).

Tabla 9. Ratios (USD/unidad de producción) para cada partida

Código Frente	Nombre de Frente	CódigoPartida	Nombre de Partida de Control	Und	Ratio Contractual
1A	CAMPAMENTO SALVIANI, DME SALVIANI	R002	RELLENO MASIVO CLASE B	m3	3.7600
1A	CAMPAMENTO SALVIANI, DME SALVIANI	R003	RELLENO MASIVO CLASE C	m3	1.0300
1A	CAMPAMENTO SALVIANI, DME SALVIANI	R004	RELLENO LOCALIZADO	m3	7.3300
1A	CAMPAMENTO SALVIANI, DME SALVIANI	T001	TRANSPORTE	m3	0.5453
1B	PLATAFORMAS Y ACCESOS A T5 Y T7	C001	PRETIL DE SEGURIDAD	m	7.4200
1B	PLATAFORMAS Y ACCESOS A T5 Y T7	C002	CONCRETO	m3	17.0600
1B	PLATAFORMAS Y ACCESOS A T5 Y T7	C007	ENROCADO	m3	7.3400
1B	PLATAFORMAS Y ACCESOS A T5 Y T7	C008	SANEAMIENTO	m3	10.9200
1B	PLATAFORMAS Y ACCESOS A T5 Y T7	C009	CERCO Y PORTONES	m	20.5100
1B	PLATAFORMAS Y ACCESOS A T5 Y T7	C012	GEOINTÉTICOS (GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL)	m2	2.0800
1B	PLATAFORMAS Y ACCESOS A T5 Y T7	C013	TUBERÍAS HDPE (INC PVC)	m	0.4100
1B	PLATAFORMAS Y ACCESOS A T5 Y T7	E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	m3	1.7100
1B	PLATAFORMAS Y ACCESOS A T5 Y T7	E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	m3	0.6000
1B	PLATAFORMAS Y ACCESOS A T5 Y T7	E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN PARA ESTRUCT	m3	2.7200
1B	PLATAFORMAS Y ACCESOS A T5 Y T7	E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE	m3	2.1500
1B	PLATAFORMAS Y ACCESOS A T5 Y T7	E005	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL RIPEABLE	m3	5.0800

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se debe registrar en otra tabla, todas las tarifas por equipo, tal como se muestra en la tabla 10. Para evitar distorsión del desempeño en campo, se trabaja con las tarifas del presupuesto.

Tabla 10. Tarifas de equipos (USD/HM)

Familia	Unidad	Tarifa Meta Total	Tarifa Real Total	Tarifa Elegida
CAMION CISTERNA AGUA 5000 GAL	\$/HM	18.31	26.15	18.31
CAMION CONCRETERO MIXER, 6 M3	\$/HM	40.00	40.00	40.00
CAMION GRUA 5-6 TON	\$/HM	23.05	23.05	23.05
CAMION VOLQUETE 20 M3	\$/HM	22.73	25.56	22.73
CAMION VOLQUETE 17 M3	\$/HM	22.43	22.43	22.43
CAMION VOLQUETE 15 M3	\$/HM	19.00	19.00	19.00
CARGADOR CAT-966	\$/HM	60.41	50.88	60.41
CIZALLA	\$/HM	3.00	3.00	3.00
COMPRESORA DIESEL-250 PCM Y 185	\$/HM	4.68	5.80	4.68
COMPRESORA DIESEL-750 PCM	\$/HM	15.58	15.58	15.58
EQUIPO PARA SOLDAR MEMBRANA HD	\$/HM	26.00	26.00	26.00
EXCAVADORA CAT-336	\$/HM	59.53	43.88	59.53
EXCAVADORA CAT-345	\$/HM	93.40	61.17	93.40
EXCAVADORA CAT-320	\$/HM	38.00	38.00	38.00
EXCAVADORA 450 KOMATSU	\$/HM	61.17	61.17	61.17

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que en la práctica, no siempre se encuentran los equipos que se consideraron en el presupuesto. Por ejemplo, según lo planificado se utilizarían excavadoras CAT 345 en su mayoría, sin embargo, los equipos que se pudieron alquilar eran equivalentes de otras marcas como la excavadora Komatsu PC 450, Hitachi ZX450. En estos casos se mantienen las tarifas planificadas.

1.1.2. Registro de información de avance – productividad real. Cuando ya está establecida la información correspondiente a la maquinaria, se procede a colocar para cada frente y partida los metrados totales que se presupuestaron como se puede apreciar un ejemplo en la tabla 11. Dado que estos trabajos han sido contratados bajo la modalidad de precios unitarios, estos metrados son referenciales, por lo que pueden presentarse variaciones. Para el monitoreo del metrado ejecutado, se ingresa la producción semanal a sus frentes y partidas correspondientes.

En la columna “Acumulado” se muestra la sumatoria del metrado ejecutado, consolidando lo realizado a la fecha, valor que puede diferir al final de la obra del metrado referencial. Puede ser posible que no se llegue a alcanzar el metrado referencial al término de un frente de trabajo, lo que conlleva a hacer deductivos para no tener un saldo ficticio. Por lo contrario, si el metrado referencial se ve superado por el ejecutado, sólo debe actualizarse (resaltado en naranja).

Cada una de estas partidas puede desglosarse, mostrando una interface para ingresar la maquinaria comprometida en la actividad a través de las horas máquina gastadas en la semana como se muestra en la tabla 12 (resaltado en morado). La tabla muestra la partida de Excavación

masiva de material común (E002) del frente 1B. Se puede apreciar que según el metrado ejecutado en la última semana de 10,058m³ (resaltado en amarillo), lo previsto sería invertir 6,034 USD según el ratio planificado (también llamado meta) y según el registro de horas máquina ingresadas, sólo se emplearon 3,917 USD.

Tabla 11. Metrados totales / acumulados

Código Frente	Código Partida	Nombre de Partida de Control	Metrado Total	Acumulad	03-nov	27-oct	20-oct
					09-nov	02-nov	26-oct
					Año 2018	Año 2018	Año 2018
					Sem 45	Sem 44	Sem 43
1A	E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL C	68,714.40	39,207.07	98.00		33.00
1A	E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL C	2,347.00	115.23	13.00		
1A	E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL R	29,573.00	19,394.48			
1A	E006	EXCAVACIÓN MASIVA EN ROCA SIN E	0.00	0.00			
1A	E009	PERFILADO DE PLATAFORMAS	17,811.64	17,811.64			
1A	E010	PREPARACION DE SUBRASANTE	1,262.00	1,082.57			
1A	E012	EXCAVACIÓN DE ROCA CON EXCAVAD	15,301.86	15,301.86	1,290.00	193.00	171.00
1A	R002	RELLENO MASIVO CLASE B	34,207.45	1,288.96			
1A	R003	RELLENO MASIVO CLASE C	51,640.00	38,998.95			
1A	R004	RELLENO LOCALIZADO	248.00	0.00			
1A	T001	TRANSPORTE	219,245.71	131,430.83	1,401.00	193.00	204.00
1B	C001	PRETIL DE SEGURIDAD	2,187.00	1,748.62			
1B	C002	CONCRETO	7.60	0.00			
1B	C007	ENROCADO	7.50	0.00			
1B	C008	SANEAMIENTO	1,276.00	6.55			
1B	C009	CERCO Y PORTONES	322.00	0.00			
1B	C012	GEOINTÉTICOS (GEOMEMBRANA, GE	6,796.00	0.00			
1B	C013	TUBERÍAS HDPE (INC PVC)	54.00	30.00			
1B	E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	24,375.53	24,375.53			
1B	E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL C	522,468.00	263,135.48	10,058.00		6,599.00
1B	E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL C	3,631.40	64.85			
1B	E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL R	212,573.83	212,573.83	418.00	4,726.00	4,548.00

Fuente Elaboración propia.

Semanalmente estos valores se van acumulando, mostrando los resultados parciales y totales para los USD previstos (resaltados en azul) y los USD realmente gastados (resaltados en rojo).

Tabla 12. Desglose de la partida E002 – Frente 1B

Código Frente	Código Partid	Nombre de Partida de Control	Metrado Total	Acumulad o	03-nov	27-oct	20-oct	13-oct
					09-nov	02-nov	26-oct	19-oct
					Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018
					Sem 45	Sem 44	Sem 43	Sem 42
1B	E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MA	522,468.00	263,135.48	10,058.00		6,599.00	5,805.53
1B	E002	Ratio Meta		0.6000				
1B	E002	Ratio Acumulado		0.9283	0.39		0.87	0.64
1B	E002	Ratio Projectado						
1B	E002	US\$ Projectados - Saldo		155,599.51				
1B	E002	US\$ Previstos - Totales		313,480.80				
1B	E002	US\$ Previstos - Semana		6,034.80	6,034.80	0.00	3,959.40	3,483.32
1B	E002	US\$ Previstos - Acumulados		157,881.29	157,881.29	151,846.49	151,846.49	147,887.09
1B	E002	US\$ Consumidos - Semana (sin		3,917.57	3,917.57	668.05	5,770.28	3,720.76
1B	E002	US\$ Consumidos - Acumulados		244,264.88	244,264.88	240,347.31	239,679.27	233,908.98
1B	E002	Equipo Consumo						
1B	E002	CAMION CISTERNA AGUA 500		0.00				
1B	E002	CAMION CONCRETERO MIXE		0.00				
1B	E002	CAMION GRUA 5-6 TON		0.00				
1B	E002	CAMION VOLQUETE 20 M3		0.00				
1B	E002	CAMION VOLQUETE 17 M3		0.00				
1B	E002	CAMION VOLQUETE 15 M3		0.00				
1B	E002	CARGADOR CAT-966		0.00		7.60	0.50	0.80
1B	E002	CIZALLA		0.00				
1B	E002	COMPRESORA DIESEL-250 PI		0.00				
1B	E002	COMPRESORA DIESEL-750 PI		0.00				
1B	E002	EQUIPO PARA SOLDAR MEM		0.00				
1B	E002	EXCAVADORA CAT-336		1,190.60	20.00		2.42	

Fuente: Elaboración propia.

La información vista anteriormente alimenta a una tabla resumen, consolidando los resultados por frente y partida. En la tabla 13 se aprecia un ejemplo para la “Obra total” y para el “Frente 1B”.

Tabla 13. Metrados de obra total / Frente 1B

Frente: OBRA TOTAL			AVANCE		
CODIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	TOTAL REAL A EJECUTAR	ACUMULADO REAL	% ACUMULADO REAL
C001	PRETEL DE SEGURIDAD	m	8,615.30	2,762.65	32.07%
C002	CONCRETO	m3	3,013.83	12.14	0.40%
C007	ENROCADO	m3	38,543.50	1,441.77	3.74%
C008	SANEAMIENTO	m3	16,471.17	445.46	2.70%
C009	CERCO Y PORTONES	m	1,892.60	83.00	4.39%
C011	REVESTIMIENTO CON GEOCELAS Y CONCRETO	m2	7,084.00	2,569.80	36.28%
C012	GEOINTÉTCOS (GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL)	m2	47,282.00	14,286.38	30.22%
E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	m3	125,842.81	83,472.54	66.33%
E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	m3	3,145,035.40	635,085.32	20.19%
E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN PARA ESTRUCT	m3	39,344.99	11,300.07	28.72%
E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE	m3	972,607.84	471,243.25	48.45%
Frente: 1B			AVANCE		
CODIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	TOTAL REAL A EJECUTAR	ACUMULADO REAL	% ACUMULADO REAL
C001	PRETEL DE SEGURIDAD	m	2,187.00	1,748.62	79.96%
C002	CONCRETO	m3	7.60	-	0.00%
C007	ENROCADO	m3	7.50	-	0.00%
C008	SANEAMIENTO	m3	1,276.00	6.55	0.51%
C009	CERCO Y PORTONES	m	322.00	-	0.00%
C011	REVESTIMIENTO CON GEOCELAS Y CONCRETO	m2	-	-	0.00%
C012	GEOINTÉTCOS (GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL)	m2	6,796.00	-	0.00%
E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	m3	24,375.53	24,375.53	100.00%
E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	m3	522,468.00	263,135.48	50.36%
E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN PARA ESTRUCT	m3	3,631.40	64.85	1.79%
E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE	m3	212,573.83	212,573.83	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo, para la excavación masiva de material común del frente 1B, se puede apreciar un avance a la fecha 09/11 del 50.36%, esto es 263,135m³ de los 522,468m³.

1.1.3. Análisis de desempeño. Cuando ya se dispone de toda la información necesaria, se puede realizar el análisis del desempeño. Lo primero que se puede apreciar es el dinero involucrado, contrastando lo previsto con lo real. En la tabla 14 por ejemplo, se puede apreciar que la actividad de excavación masiva de material común (encerrado en líneas punteadas rojas) estaban previstos 157,881 USD para el presente avance, sin embargo, se han gastado 244,264 USD. Para el saldo, haciendo uso del ratio acumulado, se puede proyectar una inversión de 240,734 USD³.

Por otro lado, con la excavación masiva de material ripeable (encerrado en líneas punteadas azules), se había previsto invertir 457,033 USD, y se gastó 394,074 USD, ahorrando un 15%. Al extremo inferior de “Acumulado previsto” se puede apreciar que al 79% de avance del Frente 1B

³ La proyección del costo es el producto del saldo del metrado referencial por el ratio real acumulado.

estuvo previsto invertir 1,729,158 USD, contrastando con los 1,398,299 USD realmente gastados, concluyendo en una ganancia superior a los 300,000 USD.

Tabla 14. Estado actual ganancia/pérdida

Frente:		1B		MONTO DE EQUIPOS (US\$)			
CODIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	TOTAL PREVISTO A CONSUMIR	ACUMULADO PREVISTO	PRODUCTIVIDAD		PROYECTADO PARA EL SALDO
					ACUMULADO	PROD	
C001	PRETIL DE SEGURIDAD	m	16,227.54	12,974.76	4,403.22		1,103.89
C002	CONCRETO	m3	129.66	-	-		-
C007	ENROCADO	m3	55.05	-	172.39		-
E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	m3	41,682.16	41,682.16	20,772.71		-
E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	m3	313,480.80	157,881.29	244,264.88		240,734.65
E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN PARA ESTRUCTURAS	m3	9,877.41	176.39	3,890.18		213,947.90
E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE	m3	457,033.73	457,033.73	394,074.46		-
E005	EXCAVACIÓN MASIVA EN ROCA SIN EXPLOSIVOS	m3	-	-	-		-
E009	PERFILADO DE PLATAFORMAS	m2	13,525.71	3,071.05	19,871.94		67,649.21
E010	PREPARACION DE SUBRASANTE	m2	16,488.16	9,187.80	22,135.80		17,588.47
E012	EXCAVACIÓN DE ROCA CON EXCAVADORA+MARTILLO	m3	429,500.07	429,500.07	149,432.57		-
R002	RELLENO MASIVO CLASE B	m3	23,275.20	1,801.59	12,317.58		146,816.39
R003	RELLENO MASIVO CLASE C	m3	226,237.44	220,182.07	154,445.63		4,247.51
R004	RELLENO LOCALIZADO	m3	1,316.53	348.31	1,620.17		4,503.70
T001	TRANSPORTE	m3	505,564.88	363,354.41	361,333.29		141,419.45
C013	TUBERÍAS HDPE (INC PVC)	m	22.14	12.30	1,197.62		958.10
			2,179,168.94	1,729,158.50	1,398,229.50		851,983.32
			PREVISTOS		PROYECTADOS		
TOTAL US\$			2,179,168.94		2,250,212.82		
			ACUMULADO		SEMANAL		
% AVANCE			79.3%		4.7%		

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, según lo que se muestra debajo, aún con la considerable ganancia con un avance cercano al 80%, se observa una proyección total superior a la prevista con un valor de 2,250,212 USD.

El resultado rentable se muestra en la tabla 15, donde se aprecia cuánto dinero se está ganando en cada partida de forma acumulada y su proyección al final de la obra.

De esta forma es fácilmente identificable qué partidas generan ganancias y pérdidas considerables, para que de esta forma se pueda tomar acción inmediatamente. Por ejemplo, este formato permite apreciar que al 80% de avance se ha obtenido una eficiencia acumulada del Frente 1B (encerrado en líneas punteadas rojas) de 123.1%⁴. Esto significa que se va generando una ganancia de 330,929 USD, monto principalmente generado por la ganancia en la partida de Excavación de roca con martillo hidráulico, con un valor de 280,067 USD. Cabe recalcar que esta última actividad mencionada genera una utilidad destacable por tratarse de una medida extra ordinaria para no impactar en plazo frente a una solicitud del propietario.

⁴ La eficiencia acumulada del Frente 1B proviene de la relación entre el costo real (1,398,229 USD) con el costo previsto (1,729,158 USD).. ¿no debe ser la relación entre costo previsto y costo real

Tabla 15. Resumen ganancia/pérdida.

Frente: 1B			US\$ GANADOS Y PERDIDOS			
CODIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	ACUMULADO REAL	PROYECTADO SALDO	RESULTADO SALDO	TOTAL PROY A FIN DE OBRA
C001	PRETEL DE SEGURIDAD	m	8,571.54	1,103.89	2,148.89	10,720.43
C002	CONCRETO	m3	0.00	0.00	129.66	129.66
C007	ENROCADO	m3	-172.39	0.00	55.05	-117.34
C008	SANEAMIENTO	m3	71.53	0.00	13,862.39	13,933.92
C009	CERCO Y PORTONES	m	0.00	0.00	6,604.22	6,604.22
C011	REVESTIMIENTO CON GEOCELDAS Y CONCRETO	m2	0.00	0.00	0.00	0.00
C012	GEOINTÉTCOS (GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL)	m2	0.00	0.00	14,135.68	14,135.68
E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	m3	20,909.45	0.00	0.00	20,909.45
E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	m3	-86,383.59	240,734.65	-85,135.13	-171,518.72
E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN PARA ESTRUCT	m3	-3,713.79	213,947.90	-204,246.89	-207,960.67
E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE	m3	62,959.27	0.00	-0.00	62,959.27
E006	EXCAVACIÓN MASIVA EN ROCA SIN EXPLOSIVOS	m3	0.00	0.00	0.00	0.00
E009	PERFILADO DE PLATAFORMAS	m2	-16,800.88	67,649.21	-57,194.55	-73,995.44
E010	PREPARACION DE SUBRASANTE	m2	-12,948.00	17,588.47	-10,288.11	-23,236.11
E012	EXCAVACIÓN DE ROCA CON EXCAVADORA+MARTILLO	m3	280,067.50	0.00	0.00	280,067.50
R002	RELLENO MASIVO CLASE B	m3	-10,515.99	146,816.39	-125,342.78	-135,858.77
R003	RELLENO MASIVO CLASE C	m3	65,736.44	4,247.51	1,807.86	67,544.30
R004	RELLENO LOCALIZADO	m3	-1,271.86	4,503.70	-3,535.48	-4,807.34
T001	TRANSPORTE	m3	2,021.11	141,419.45	791.03	2,812.14
C013	TUBERÍAS HDPE (INC PVC)	m	-1,185.32	958.10	-948.26	-2,133.58
E005	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL RIPEABLE	m3	-1,167.85	0.00	0.00	-1,167.85
R005	AFIRMADO PARA PLATAFORMAS Y CAMINOS	m3	24,751.85	13,014.06	45,183.54	69,935.39
MONTO DE EQUIPOS (US\$)			330,929	851,983.32	-401,972.88	-71,044
TOTAL PREVISTO A CONSUMIR	ACUMULADO PREVISTO	PRODUCTIVIDAD	EFICIENCIA			
		ACUMULADO PROD	ACUMULADO	SALDO	TOTAL	
2,179,168.94	1,729,158.50	1,398,229.50	123.1%	52.8%	96.8%	
		PROYECTADO PARA EL SALDO				
		851,983.32				

Fuente: Elaboración propia.

Otras partidas que llaman la atención son la excavación masiva ripeable y el relleno clase C, donde se observa una ganancia de más de 60,000 USD en cada una, amortiguando la pérdida principalmente generada por la excavación masiva de material común con más de 80,000 USD.

Sin embargo, las principales actividades que han generado ganancia ya han sido concluidas, están cerca de finalizarse o no está aprobado continuar con una actividad adicional, como es el caso del empleo del martillo neumático, el cual representa la mayor ganancia, pero no puede proyectarse más de esta actividad. Por dicha razón el saldo del 20% del metrado total se proyecta con una eficiencia de 52.8%⁵, generando pérdidas de más de 400,000 dólares americanos, cerrando en una pérdida general de 71,044 USD para el Frente 1B.

Este nivel de detalle de la información se maneja en el área de control de proyectos para conocer los impactos con mayor precisión. La información que habitualmente se brinda al equipo

⁵ La eficiencia del saldo es la relación entre el costo del saldo teórico y el costo del saldo proyectado. El costo del saldo teórico es la diferencia entre el costo total previsto con el costo previsto acumulado. El costo del saldo proyectado es el producto del saldo del metrado con el ratio real acumulado.

de obra en las reuniones son los indicadores de productividad, dado que la interpretación de estos valores permite una rápida percepción de los resultados de la gestión en campo. La relación entre los recursos gastados (producto de las horas máquina con las tarifas planificadas) y la venta del metrado ejecutado proporcionará un indicador de la productividad real. Cabe acotar que, dado que en este estudio se interpreta la productividad como recursos invertidos por unidad de producción, conforme menor sea este valor, mayor será la eficiencia. De esta forma, lo ideal es esperar que la productividad real sea numéricamente inferior a la planificada, garantizando un ahorro. Esta información se muestra en la tabla 16.

En esta sección se puede comparar rápidamente los ratios meta (presupuestados) con los ratios reales. Además, en caso se esté evidenciando pérdida en alguna partida de algún frente, se mostrará un nuevo ratio más exigente con el que se debe medir el equipo de construcción para mitigar la pérdida acumulada. De esta forma se orienta a todo el equipo de obra a evaluar nuevas formas de optimizar el proceso constructivo o mitigar en la mayor medida posible algún impacto negativo.

Tabla 16. Ratios mostrados por partidas del Frente 1B.

Frente:		1B	RATIOS (US\$/UND)		
CODIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	META	PRODUCTIVIDAD	META PARA EL SALDO
				ACUMULADO PROD	
C001	PRETIL DE SEGURIDAD	m	7.42	2.52	2.52
E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	m3	1.71	0.85	Culminado
E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	m3	0.60	0.93	0.27
E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN PARA ESTRUCT	m3	2.72	59.99	1.68
E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE	m3	2.15	1.85	Culminado
E006	EXCAVACIÓN MASIVA EN ROCA SIN EXPLOSIVOS	m3	-	-	-
E009	PERFILADO DE PLATAFORMAS	m2	0.33	2.14	0.33
E010	PREPARACION DE SUBRASANTE	m2	0.26	0.63	0.26
E012	EXCAVACIÓN DE ROCA CON EXCAVADORA+MARTILLO	m3	9.00	3.13	Culminado
R002	RELLENO MASIVO CLASE B	m3	3.73	25.50	1.90
R003	RELLENO MASIVO CLASE C	m3	1.00	0.70	0.70
R004	RELLENO LOCALIZADO	m3	7.61	35.40	7.61
T001	TRANSPORTE	m3	0.46	0.45	0.45

Fuente: Elaboración propia.

1.1.4. Análisis de causales. El objetivo de identificar rápidamente las partidas con las brechas más importantes es poder tomar acción inmediata para reducir las brechas negativas a tiempo o potenciar las positivas. Para esto es necesario identificar adecuadamente el origen de las brechas, qué factor o combinación de estos son los que han generado una distorsión en función a lo presupuestado. Se mostrarán a continuación dos partidas para análisis.

a) **Relleno Clase C**

Si se analiza, por ejemplo, la partida de Relleno Clase C del Frente 1B en la tabla 17, se observa una ganancia considerable.

Tabla 17. USD ganadas en Relleno masivo clase C

CODIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	MONTO DE EQUIPOS (US\$)			ACUMULADO REAL
			TOTAL PREVISTO A CONSUMIR	ACUMULADO PREVISTO	PRODUCTIVIDAD	
					ACUMULADO PROD	
R003	RELLENO MASIVO CLASE C	m3	226,237.44	220,182.07	154,445.63	65,736.44

Fuente: Elaboración propia.

Para esta actividad se tenía previsto una inversión de 226,237 USD; para el total del metrado teórico y al avance acumulado (aproximadamente 97%) se proyectaba un costo de 220,182 USD. Lo resaltante es que para el metrado ejecutado sólo se han gastado 154,445 USD ahorrando un 30%, generando una ganancia acumulada de 65,736 USD.

Para poder identificar la causa raíz de la brecha positiva es necesario estudiar el precio unitario mostrado en la figura 15, un análisis estructurado donde se muestran los recursos considerados en la planificación con rendimientos teóricos. Posteriormente esta debe ser contrastada con la metodología empleada, comparando los recursos empleados y los rendimientos logrados.

R1096 Relleno Masivo Clase C		Bill Quantity=191,153.00 m3	
B.127		Rate: 05/04/18	
05/04/18			
5	ZP2020 Material 1m3 Relleno C, TM= 36"-comp	3.441/m3*0.15	= 0.516186 98,670.502 9.79%
6	ZP1406 Compactacion relleno tipo C, TM= 36"	0.721/m3*1.00	= 0.721438 137,905.038 13.69%
6	ZP1452 Agua (Fase 1, zona Planta)	6.281/m3*0.10	= 0.628146 120,071.992 11.92%
Transporte de lugar de corte a lugar a prestar			
6	ZP1624 Transp D<1km (carga Exc345) -M.comun	1.391/m3km*0.85*1.03/0.9	= 1.353505 258,726.541 25.68%
6	ZP1632 Transp D> 1km -Agregados/M.comun	0.423/m3km*0.85*1.03/0.9*2.9	= 1.193316 228,105.933 22.64%
Transporte de Lugar de corte a Zaranda			
6	ZP1624 Transp D<1km (carga Exc345) -M.comun	1.391/m3km*0.15*1.174	= 0.245022 46,836.690 4.65%
6	ZP1632 Transp D> 1km -Agregados/M.comun	0.423/m3km*0.15*1.174*0.60	= 0.044695 8,543.583 0.85%
Transporte de Zaranda a Lugar a prestar material			
6	ZP1621 Carguio Agreg (no inc transp)	0.490/m3*0.15*1.03/0.9*1	= 0.084099 16,075.776 1.60%
6	ZP1620 Transp D< 1km, no inc carguio -Agreg	1.399/m3*0.15*1.03/0.9*1	= 0.240181 45,911.319 4.56%
6	ZP1632 Transp D> 1km -Agregados/M.comun	0.423/m3km*0.15*1.03/0.9*3.2	= 0.232370 44,418.223 4.41%
Transporte de over de zaranda a Botadero			
6	ZP1882 Remocion de over	0.577/m3*0.15*(1.174-1.03/0.9)	= 0.002558 488.969 0.05%
6	ZP1602 Carguio y transp D<1km -Elimin MS	1.692/m3km*0.15*(1.174-1.03/0.9)*1	= 0.007501 1,433.839 0.14%
6	ZP1612 Transp D> 1km -Elimin mat comun (MS)	0.381/m3km*0.15*(1.174-1.03/0.9)*1.4	= 0.002363 451.695 0.05%
		Net Rate	5.271379 1,007,639.853

Figura 15. PU – Relleno Clase C – Frente 1B

Fuente: La empresa.

Para el material de relleno clase C (R003), las actividades relacionadas al zarandeo o proceso de material que se consideraron inicialmente no se realizaron, debido que el material de corte del Frente 1B cumplía con las características del relleno Clase C. No fue necesario el uso de zarandas, dado que no se encontraron rocas con dimensiones mayores a 36 pulgadas y por tanto se prescindió del transporte de “over” (roca de dimensiones que superan la medida) al botadero. La densidad del material cortado fue superior al límite mínimo, por lo que no fue necesario mezclarlo con material de otra fuente. Las HM de volquetes en el transporte de material de préstamo y, material para procesar, así como las HM de los cargadores frontales que iban a procesar el material en la zaranda no fueron necesarias, ahorrando un 15% según lo previsto.

Esto causó que la actividad de relleno se redujera exclusivamente al transporte del material del lugar de corte al área de relleno para su posterior compactación. Este frente solicitó al área de ingeniería del cliente que el mismo material de corte se utilice para el relleno, mostrando que el material extraído cumplía con los estándares según las EE.TT. De esta forma, las áreas solicitadas estratégicamente cercanas como se aprecia en la figura 16 generaron de una distancia menor de transporte, reduciendo la flota de volquetes inicialmente planificada de cinco como se muestra en la figura 17 a solamente tres.

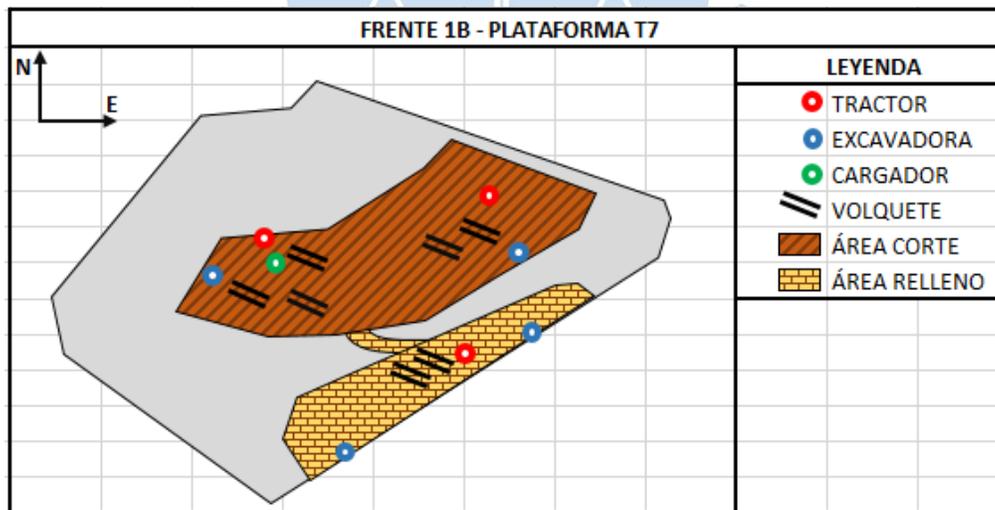


Figura 16. Mapa T-7 / Frente 1B
Fuente: Elaboración propia.

ZP1624		Transp D<1km (carga Exc345) -M.comun		/m3km	
05/04/18 LEVEL 6		Rate: 05/04/18			
[REND]=1810 m3/turno					
#					
1) MANO DE OBRA					
10002	OPERADOR PESADO CIV	11.250/hh*5	=	0.310774	22.34%
10009	AYUDANTE CIV	8.190/hh*1	=	0.045249	3.25%
=	APPLIED FACTOR	*10/[REND]		0.356022	25.59%
#					
2) EQUIPO					
7	441040Z CAMION VOLQUETE 20 M3	37.480/hm*5	=	1.035359	74.41%
=	APPLIED FACTOR	*10/[REND]		1.035359	74.41%
NOTA: 1a Excavadora corta y carga.					
				Net Rate	1.391381

Figura 17. PU – Transporte de corte a punto de relleno

Fuente: La empresa.

Respecto a la humectación y compactación del material, se esperaba llegar a la compactación esperada con cuatro pasadas con un rodillo de dieciocho toneladas, pero en campo se comprobó que con sólo dos pasadas se alcanzaba el grado de compactación esperado, reduciendo las HM previstas del rodillo.

Además, según el PU mostrado en la figura 18, se previó la necesidad de la motoniveladora de manera continua para ayudar a ejecutar la nivelación entre cada capa de relleno, pero en campo se vio que la presencia de este equipo no era necesario más que para la capa final.

ZP1406		Compactacion relleno tipo C, TM= 36"		/m3	
05/04/18 LEVEL 6		Rate: 05/04/18			
[REND]=4000 m3/turno					
#					
1) MANO DE OBRA					
10001	CAPATAZ CIVIL CIV	11.420/hh*1	=	0.028550	3.96%
10002	OPERADOR PESADO CIV	11.250/hh*3	=	0.084375	11.70%
10009	AYUDANTE CIV	8.190/hh*4	=	0.081900	11.35%
=	APPLIED FACTOR	*10/[REND]		0.194825	27.01%
#					
2) EQUIPO					
7	415050Z RODILLO VIBRAT LISO 18 TON	35.585/hm*1	=	0.088963	12.33%
7	410430Z TRACTOR CAT D8	112.340/hm*1	=	0.280850	38.93%
7	416030Z MOTONIVELADORA CAT-140K, 190	59.445/hm*1	=	0.148613	20.60%
7	471190Z TORRE DE ILUMINACION, 5 KW	3.275*1	=	0.008188	1.14%
=	APPLIED FACTOR	*10/[REND]		0.526613	72.99%
				Net Rate	0.721438

Figura 18. PU – Relleno Clase C – Frente 1B

Fuente: La empresa.

Las siguientes prácticas del Frente 1B se adoptaron en los demás frentes de relleno y compactación para potenciar esta ganancia.

- Evaluar la posibilidad de que el material cortado cumpla con los estándares de relleno y evitar posibles procesos innecesarios en el material.
- Optar por dar inicio a frentes de relleno y compactación lo más cercano posible a los frentes de excavación para reducir la distancia del transporte de material de relleno, reduciendo la flota de volquetes al mínimo necesario sin afectar el rendimiento del grupo.
- Cuantificar los ciclos de rodillo necesarios para alcanzar los parámetros establecidos, para evitar sobreuso de estos equipos.
- Reducir la flota de motoniveladoras necesarias para sólo dar nivelación a las últimas capas de los distintos frentes, asegurando que su disminución no afecte el flujo de trabajo.

b) Excavación masiva del material ripeable:

Otra actividad que ha representado una ganancia considerable en el frente ha sido la excavación de material ripeable como se puede apreciar en la tabla 18.

Tabla 18. USD ganados en Excavación masiva de material ripeable

CODIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	MONTO DE EQUIPOS (US\$)			ACUMULADO REAL
			TOTAL PREVISTO A CONSUMIR	ACUMULADO PREVISTO	PRODUCTIVIDAD	
					ACUMULADO PROD	
E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MAT	m3	457,033.73	457,033.73	394,074.46	62,959.27

Fuente: Elaboración propia.

Esta actividad superó su metrado referencial. Para este volumen de trabajo, lo esperado a invertir es de 457,033 USD, contrastándose con los 394,074 SUD realmente utilizados. Esto muestra un ahorro acumulado de un 14%, traduciéndose en una ganancia de 62,959 USD.

Para este caso, según el PU mostrado en la figura 19 se consideraba hacer uso exclusivamente de tractores D9, pero por temas de disponibilidad de los proveedores, no se contó con dicho equipo. Se contaban con tractores D8, que inesperadamente daban resultados semejantes a los planificados con el D9, pero con una tarifa que se reducía a más de la mitad, números demostrados en la tabla 19.

Tabla 19. Resumen ganancia/pérdida

TRACTOR CAT D8	112.34 \$/HM	120 m3/hr
TRACTOR CAT-D9	258.45 \$/HM	155 m3/hr

Fuente: Elaboración propia.

ZP1222 Excavacion roca ripeable c/D9 -masivo				/m3	
05/04/18 LEVEL 6				Rate: 05/04/18	
[REND]=1550 m3/turno					
#					
1) MANO DE OBRA					
10001	CAPATAZ CIVIL CIV	11.420/hh*0.5	=	0.036839	2.00%
10002	OPERADOR PESADO CIV	11.250/hh*1	=	0.072581	3.94%
10009	AYUDANTE CIV	8.190/hh*1	=	0.052839	2.87%
=	APPLIED FACTOR	*10/[REND]		0.162258	8.82%
#					
2) EQUIPO					
7	410440Z	TRACTOR CAT-D9	258.450/hm*1	=	1.667419 90.61%
7	471190Z	TORRE DE ILUMINACION, 5 KW	3.275*0.5	=	0.010565 0.57%
=		APPLIED FACTOR	*10/[REND]		1.677984 91.18%
				Net Rate	1.840242

Figura 19. PU – Excavación masiva ripeable – Frente 1B

Fuente: La empresa.

Se puede apreciar resaltado en azul en la figura 19 que el 90% del costo proviene de la posesión y operación del tractor. Según la tabla 18 de rendimientos, el costo m3 del tractor D8 (0.936 \$/m3) es menor que el del tractor D9 (1.667 \$/m3).

Por esta sobre estimación en el presupuesto al considerar tractores D9 se obtuvo una ganancia inesperada. Dado esto, se decidió se cancelar las solicitudes pendientes de tractores D9 dejando un solo ejemplar en obra en caso sea necesario utilizar las capacidades levemente superiores de este equipo, obteniendo un ahorro considerable en el resto de frentes de excavación ripeable.

1.2. Análisis de productividad de mano de obra. Si bien la maquinaria viene a ser el recurso más incidente según el presupuesto, la mano de obra no puede ser descuidada. En este caso en particular se ha presenciado una pérdida total en la gestión de mano de obra que asciende los 540,000 USD superior a la ganancia generada en el uso de la maquinaria de 414,700 USD.

1.2.1. Registro de ratios meta e información base para el control. Este proyecto consta de 755,103 HH y como se apreció en el capítulo dos, el 22% del costo directo está compuesto por la mano de obra, equivalente a 7,642,956 USD. El detalle se puede apreciar en la tabla 20 mostrada a continuación.

Tabla 20. Descomposición del costo directo – Mano de obra

Personal	HH	%	P.U.	USD	%
Capataz	42,326	6%	11.42	483,361	6%
Op. Pesado	371,987	49%	11.25	4,184,854	55%
Op. Ligero	8,709	1%	10.65	92,756	1%
Operario	63,023	8%	10.4	655,437	9%
Oficial	42,532	6%	8.73	371,298	5%
Ayudante	215,792	29%	8.19	1,767,333	23%
Señalero	10,735	1%	8.19	87,919	1%
Total	755,103			7,642,956	

P.U. Prom	10.12
------------------	--------------

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo de los indicadores de productividad de la mano de obra está en función a las HH, sin necesidad de incluir el valor por categoría del personal. Para definir los ratios meta (HH/unidad de producción) por cada partida para su respectivo frente es necesario cuantificar el total de las HH y el metrado asociado. A continuación, se mostrará este cálculo para la partida de escarpe en el frente 1C en la tabla 21.

Tabla 21. Cuantificación de horas hombre por metrado presupuestado

Metrado	Und.	P.U.	Venta (USD)	Recurso	Und.	P.U.	Cantidad
32,979.00	m3	5.68	187,164.10	TRACTOR CAT D6	/hm	57.09	659.58
				TRACTOR CAT D8	/hm	79.89	94.23
				CARGADOR CAT-966	/hm	60.41	164.90
				RODILLO VIBR. LISO 10 T CAT	/hm	19.60	23.56
				CAMION VOLQUETE 20 M3	/hm	22.73	1,932.36
				TORRE-ILUMINACION, 5 KW	/hm	1.80	412.24
				CAPATAZ CIVIL CIV	/hh	11.42	348.64
				OPERADOR PESADO CIV	/hh	11.25	2,874.62
				AYUDANTE CIV	/hh	8.19	353.35
				Diesel (Petroleo)	/galon	2.95	16,162.21

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que para un metrado proyectado de 32,979m³ se espera invertir las HH encerradas en el recuadro rojo punteado. Calculando la sumatoria de HH, se obtiene lo que se aprecia en la tabla 22.

Tabla 22. Cálculo del ratio por frente y partida

Frente	1C	HH	3,576.61
Partida	E001	Metrado	32,979.00
	Escarpe	Ratio	0.11

Fuente: Elaboración propia.

Todos los ratios calculados por frente y partida respectivamente, deben ser registrados como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23. Listado de partidas y ratios por frente

Código frente	Código partida	Nombre de partida de control	Und	Ratio Contractual
1A	C001	PRETIL DE SEGURIDAD	m	0.6200
1A	C002	CONCRETO	m3	14.2400
1A	C007	ENROSCADO	m3	0.4900
1A	C008	SANEAMIENTO	m3	2.0000
1A	C009	CERCO Y PORTONES	m	3.6300
1A	C011	REVESTIMIENTO CON GEOCELDA Y CONCRETO	m2	1.0500
1A	C012	GEOINTÉDICOS (GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL)	m2	0.3300
1A	E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	m3	0.0900
1A	E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	m3	0.0200
1A	E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN PARA	m3	0.4100
1A	E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE	m3	0.0700
1A	E006	EXCAVACIÓN MASIVA EN ROCA SIN EXPLOSIVOS	m3	0.0100
1A	E009	PERFILADO DE PLATAFORMAS	m2	0.0300
1A	E010	PREPARACION DE SUBRASANTE	m2	0.0300
1A	E012	EXCAVACIÓN DE ROCA CON EXCAVADORA + MARTILLO	m3	0.3100
1A	R002	RELLENO MASIVO CLASE B	m3	0.2600
1A	R003	RELLENO MASIVO CLASE C	m3	0.1000
1A	R004	RELLENO LOCALIZADO	m3	1.2800
1B	C001	PRETIL DE SEGURIDAD	m	0.6200
1B	C002	CONCRETO	m3	5.1400

Fuente: Elaboración propia.

Cuando ya se tiene la información anterior correctamente establecida, se deben registrar los metrados referenciales por frente y partida correspondientemente. Este valor nos permitirá apreciar claramente las HH previstas en cada frente de trabajo de manera ordenada. En caso se evidencie que el metrado referencial se vea superado por metrados ejecutados en campo, este debe actualizarse.

1.2.2. Registro de información de avance – productividad real. Para el monitoreo del metrado ejecutado, deberá ingresarse semana a semana el avance por cada frente y partida, que se irán sumando de manera acumulada permitiéndonos conocer el avance. Un ejemplo de esto se puede apreciar en la tabla 24. Con cada metrado ingresado, se calculan automáticamente las HH

previstas⁶, que son el producto del avance por los ratios planificados. Esto se puede apreciar en la tabla.25.

Cuando se ha identificado los trabajos realizados aprobados por el cliente y las HH ganadas, sigue ingresar los recursos invertidos. Del registro de pago al personal se extraen todas las HH pagadas clasificadas por frente y partida; incluyendo los beneficios de horas extras basados en un octavo de jornal básico (la novena y décima hora con una sobretasa de 60% y a partir de la onceava hora en adelante una sobretasa al 100%). Esta información que debe ser registrada como se muestra en la tabla 26, permite conocer las HH gastadas por semana y acumuladas.

Tabla 24. Hoja de ingreso de cantidades ejecutadas por frente y partida semanalmente

Avance por Partidas de Control							
Código frente	Código partida	Nombre de partida de control	Presupuesto Meta	Metrado total	Acumulado	Año 2018	Año 2018
						Sem 45	Sem 44
1A	C001	PRETIL DE SEGURIDAD	454.30	488.76	488.76		
1A	C002	CONCRETO	291.00	291.00	12.14		
1A	C007	ENROCADO	17,536.00	17,536.00	394.50		
1A	C008	SANEAMIENTO	8,803.00	8,803.00	193.90		
1A	C009	CERCO Y PORTONES	633.00	633.00	-		
1A	C011	REVESTIMIENTO CON GEOCELDA\$ Y COM	7,084.00	7,084.00	2,570.04	304.00	161.00
1A	C012	GEOINTÉTICOS (GEOMEMBRANA, GEOTE	10,650.00	10,650.00	3,077.75	304.00	161.00
1A	E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	2,649.00	7,677.18	7,677.18		
1A	E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COM	68,714.40	68,714.40	39,206.65	98.00	
1A	E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COM	2,347.00	2,347.00	115.23	13.00	
1A	E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPE	29,573.00	29,573.00	13,394.48		
1A	E006	EXCAVACIÓN MASIVA EN ROCA SIN EXPL	-	-	-		
1A	E009	PERFILADO DE PLATAFORMAS	18,144.70	18,144.70	16,941.64		
1A	E010	PREPARACION DE SUBRASANTE	1,262.00	1,262.00	1,082.57		
1A	E012	EXCAVACIÓN DE ROCA CON EXCAVADOR	-	15,301.78	15,301.78	1,290.00	193.00
1A	R002	RELLENO MASIVO CLASE B	34,207.45	34,207.45	1,288.96		
1A	R003	RELLENO MASIVO CLASE C	51,640.00	51,640.00	38,998.95		
1A	R004	RELLENO LOCALIZADO	248.00	248.00	-		
1B	C001	PRETIL DE SEGURIDAD	2,187.00	2,187.00	1,748.62		
1B	C002	CONCRETO	7.60	7.60	-		
1B	C007	ENROCADO	7.50	7.50	-		
1B	C008	SANEAMIENTO	1,276.00	1,276.00	6.55		
1B	C009	CERCO Y PORTONES	322.00	322.00	-		
1B	C012	GEOINTÉTICOS (GEOMEMBRANA, GEOTE	6,796.00	6,796.00	-		
1B	C013	TUBERÍAS HDPE (INC PVC)	54.00	54.00	30.00		
1B	E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	11,114.00	24,376.04	24,376.04		
1B	E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COM	522,468.00	522,468.00	263,135.77	10,058.00	

Fuente: Elaboración propia.

⁶ Las HH previstas también son llamadas “HH ganadas” según un enfoque de venta.

Tabla 25. Horas hombre ganadas por frente y partida

HH previstas por Partidas de Control								
Código frente	Código partida	Nombre de partida de control	Presupuesto Meta	HH totales previstas	Acumulado previsto	Año 2018	Año 2018	
						Sem 45	Sem 44	
1A	C001	PRETIL DE SEGURIDAD	281.67	303.03	303.03	-	-	
1A	C002	CONCRETO	4,143.84	4,143.84	172.87	-	-	
1A	C007	ENROCADO	8,592.64	8,592.64	193.31	-	-	
1A	C008	SANEAMIENTO	17,606.00	17,606.00	399.80	-	-	
1A	C009	CERCO Y PORTONES	2,297.79	2,297.79	-	-	-	
1A	C011	REVESTIMIENTO CON GEOCELAS Y CONCRETO	7,438.20	7,438.20	2,698.54	319.20	169.05	
1A	C012	GEOINTÉTICOS (GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL)	3,514.50	3,514.50	1,015.66	100.32	53.13	
1A	E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	238.41	690.95	690.95	-	-	
1A	E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	1,374.29	1,374.29	784.13	1.96	-	
1A	E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN PARA ESTRUCTURAS, DUCTOS Y OBRAS VARIAS	962.27	962.27	47.24	5.33	-	
1A	E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE	2,070.11	2,070.11	1,357.61	-	-	
1A	E006	EXCAVACIÓN MASIVA EN ROCA SIN EXPLOSIVOS	-	-	-	-	-	
1A	E009	PERFILADO DE PLATAFORMAS	544.34	544.34	508.25	-	-	
1A	E010	PREPARACION DE SUBRASANTE	37.86	37.86	32.48	-	-	
1A	E012	EXCAVACIÓN DE ROCA CON EXCAVADORA +	-	4,743.55	4,743.55	399.90	59.83	
1A	R002	RELLENO MASIVO CLASE B	8,893.94	8,893.94	335.13	-	-	
1A	R003	RELLENO MASIVO CLASE C	5,164.00	5,164.00	3,899.90	-	-	
1A	R004	RELLENO LOCALIZADO	317.44	317.44	-	-	-	
1B	C001	PRETIL DE SEGURIDAD	1,355.94	1,355.94	1,084.14	-	-	
1B	C002	CONCRETO	39.06	39.06	-	-	-	
1B	C007	ENROCADO	3.00	3.00	-	-	-	
1B	C008	SANEAMIENTO	12,543.08	12,543.08	64.39	-	-	
1B	C009	CERCO Y PORTONES	1,168.86	1,168.86	-	-	-	
1B	C012	GEOINTÉTICOS (GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL)	2,242.68	2,242.68	-	-	-	
1B	C013	TUBERÍAS HDPE (INC PVC)	60.48	60.48	33.60	-	-	
1B	E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	1,222.54	2,681.36	2,681.36	-	-	
1B	E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	15,674.04	15,674.04	7,894.07	301.74	-	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Ingreso de horas hombre gastadas por semana por frente y partida

HH por Partidas de Control				Agregar Semana				
Código frente	Código partida	Nombre de partida de control	HH totales previstas	Acumulado previsto	Acumulado real	Proyectado para el saldo	Año 2018	Año 2018
							Sem 45	Sem 44
1A	C001	PRETIL DE SEGURIDAD	303.03	303.03	1,017.96	-	103.75	60.75
1A	C002	CONCRETO	4,143.84	172.87	81.80	3,970.97	-	-
1A	C007	ENROCADO	8,592.64	193.31	634.98	8,399.34	-	-
1A	C008	SANEAMIENTO	17,606.00	399.80	2,184.22	17,206.20	-	-
1A	C009	CERCO Y PORTONES	2,297.79	-	-	2,297.79	-	-
1A	C011	REVESTIMIENTO CON GEOCELAS Y	7,438.20	2,698.54	6,831.02	4,739.66	1,223.84	716.61
1A	C012	GEOINTÉTICOS (GEOMEMBRANA,	3,514.50	1,015.66	1,130.04	2,498.84	184.03	107.76
1A	E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	690.95	690.95	296.30	-	-	-
1A	E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL	1,374.29	784.13	6,901.99	590.16	34.84	20.40
1A	E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN	962.27	47.24	2,270.23	915.03	-	-
1A	E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL	2,070.11	1,357.61	6,194.20	712.50	-	-
1A	E006	EXCAVACIÓN MASIVA EN ROCA SIN	-	-	-	-	-	-
1A	E009	PERFILADO DE PLATAFORMAS	544.34	508.25	2,622.31	36.09	-	-
1A	E010	PREPARACION DE SUBRASANTE	37.86	32.48	127.03	5.38	-	-
1A	E012	EXCAVACIÓN DE ROCA CON	4,743.55	4,743.55	5,533.57	-	297.63	174.27
1A	R002	RELLENO MASIVO CLASE B	8,893.94	335.13	1,453.90	8,558.81	-	-
1A	R003	RELLENO MASIVO CLASE C	5,164.00	3,899.90	7,809.31	1,264.11	-	-
1A	R004	RELLENO LOCALIZADO	317.44	-	-	317.44	-	-
1B	C001	PRETIL DE SEGURIDAD	1,355.94	1,084.14	625.62	271.80	-	-
1B	C002	CONCRETO	39.06	-	53.50	33.06	-	-
1B	C007	ENROCADO	3.00	-	-	3.00	-	-
1B	C008	SANEAMIENTO	12,543.08	64.39	-	12,478.69	-	-
1B	C009	CERCO Y PORTONES	1,168.86	-	14.74	1,168.86	-	-
1B	C012	GEOINTÉTICOS (GEOMEMBRANA,	2,242.68	-	-	2,242.68	-	-
1B	C013	TUBERÍAS HDPE (INC PVC)	60.48	33.60	188.79	26.88	-	-
1B	E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	2,681.36	2,681.36	2,129.04	-	-	-
1B	E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL	15,674.04	7,894.07	16,487.96	7,779.97	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Dado que la fuente de donde se extraen las HH gastadas son los tareas diarios de jornada, estos registros deben ser revisados continuamente para verificar que los recursos son correctamente direccionados (colocados a su correcto frente de trabajo y partida según la naturaleza de la actividad). Es frecuente encontrar tareas que no han sido revisados correctamente por los ingenieros de construcción, generando una distorsión considerable cuando se estudian los resultados.

Con los recursos gastados registrados y los metrados ejecutados correspondientes, se puede hacer una comparación entre las HH ganadas (venta) y las HH gastadas (costo), información que permitirá calcular la eficiencia por frente y partida, arrojando resultados semanales y acumulados.

Este conjunto de información se resume en una tabla donde se consolidan las variables de interés según el frente al que corresponden y su partida seleccionada. En la tabla 27 se aprecia un ejemplo para la “Obra total”.

Tabla 27. Metrados de Obra total

Frente:		OBRA TOTAL			
			AVANCE		
CÓDIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	TOTAL REAL A EJECUTAR	ACUMULADO REAL	% ACUMULADO REAL
C001	PRETIL DE SEGURIDAD	m	8,435.76	2,762.98	32.75%
C002	CONCRETO	m3	3,017.61	12.14	0.40%
C007	ENROCADO	m3	53,243.50	1,441.77	2.71%
C008	SANEAMIENTO	m3	16,508.27	445.46	2.70%
C009	CERCO Y PORTONES	m	2,146.60	83.00	3.87%
C011	REVESTIMIENTO CON GEOCELDAS Y CONCRETO	m2	7,084.00	2,570.04	36.28%
C012	GEOINTÉTICOS (GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL)	m2	58,688.24	17,596.62	29.98%
E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	m3	149,038.47	83,489.41	56.02%
E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	m3	3,216,520.80	635,094.21	19.74%
E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN PARA	m3	41,069.09	11,840.13	28.83%
E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE	m3	990,626.09	471,242.18	47.57%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 28 se aprecia un ejemplo para la el “Frente 1B”.

Por ejemplo, lo que corresponde a la actividad de pretil de seguridad (ejecución de bermas trapezoidales en los perímetros de las plataformas finalizadas), se puede apreciar un avance a la fecha 08/11 del 80%.

Tabla 28. Metrados del frente 1B

Frente:		1B			
			AVANCE		
CÓDIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	TOTAL REAL A EJECUTAR	ACUMULADO REAL	% ACUMULADO REAL
C001	PRETIL DE SEGURIDAD	m	2,187.00	1,748.62	79.96%
C002	CONCRETO	m3	7.60	-	0.00%
C007	ENROCADO	m3	7.50	-	0.00%
C008	SANEAMIENTO	m3	1,276.00	6.55	0.51%
C009	CERCO Y PORTONES	m	322.00	-	0.00%
C011	REVESTIMIENTO CON GEOCELDAS Y CONCRETO	m2	-	-	0.00%
C012	GEOINTÉTCOS (GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL)	m2	6,796.00	-	0.00%
E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	m3	24,376.04	24,376.04	100.00%
E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	m3	522,468.00	263,135.77	50.36%
E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN PARA	m3	3,631.40	64.85	1.79%
E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE	m3	212,574.15	212,574.15	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3. Análisis de desempeño. En la tabla 29 se puede apreciar el detalle de las “Horas Hombre”, previstas por partida (producto del metrado total por los ratios presupuestados), las HH acumuladas previstas/ganadas (metrado ejecutado a la fecha por los ratios presupuestados), las HH acumuladas reales (gastadas) y finalmente las HH proyectadas para el saldo (saldo del metrado por el ratio acumulado).

Tabla 29. Horas Hombre por actividad del frente correspondiente

Frente:		1B				
			HORAS HOMBRE			
CÓDIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	TOTAL PREVISTO A CONSUMIR	ACUMULADO PREVISTO	ACUMULADO REAL	PROYECTADO PARA EL SALDO
C001	PRETIL DE SEGURIDAD	m	1,355.94	1,084.14	625.62	156.84
C002	CONCRETO	m3	39.06	-	53.50	-
C012	GEOINTÉTCOS (GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL)	m2	2,242.68	-	-	-
E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	m3	2,681.36	2,681.36	2,129.04	-0.00
E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	m3	15,674.04	7,894.07	16,815.96	16,572.89
E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN PARA	m3	1,343.62	23.99	302.60	16,642.25
E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE	m3	19,131.67	19,131.67	24,048.59	-0.00
E006	EXCAVACIÓN MASIVA EN ROCA SIN EXPLOSIVOS	m3	-	-	-	-
E009	PERFILADO DE PLATAFORMAS	m2	1,229.61	279.17	1,459.38	4,968.41
E010	PREPARACION DE SUBRASANTE	m2	1,902.48	1,060.13	3,115.83	2,475.75
E012	EXCAVACIÓN DE ROCA CON EXCAVADORA + MARTILLO	m3	14,793.58	14,793.58	10,075.48	-
R002	RELLENO MASIVO CLASE B	m3	1,872.00	144.90	-	-
R003	RELLENO MASIVO CLASE C	m3	29,031.21	28,624.06	18,316.28	260.53
R004	RELLENO LOCALIZADO	m3	221.44	58.59	115.21	320.25
C013	TUBERÍAS HDPE (INC PVC)	m	60.48	33.60	188.79	151.03
			109,574.52	77,388.61	78,009.33	42,707.77
			PREVISTAS		PROYECTADAS	
			109,574.52		120,717.10	
			ACUMULADO		SEMANAL	
			70.6%		3.1%	

Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo, se puede apreciar que el Frente 1B está gastando más recursos de lo planeado en la actividad de “Excavación masiva de material común” (encerrado en líneas punteadas rojas), actividad que engloba más de tres millones de metros cúbicos en todo el proyecto. Al avance mostrado, se debieron de haber gastado solamente 7,894HH, sin embargo, se han gastado 16,487 HH, obteniendo una eficiencia por debajo del 50%. Puede apreciarse que manteniendo el rendimiento acumulado el proyectado para el saldo, aproximadamente la mitad, es de 16,250 HH más. Hablando en términos financieros, para esta partida, donde estaban destinados 15,674HH \approx 160,000 USD aproximadamente se terminarán invirtiendo 33,388 HH \approx 350,000 USD, traducido en una pérdida de casi 200,000 dólares americanos.

En la parte inferior se muestra el resumen del frente en general, sumando los resultados de cada una de las partidas. Se puede apreciar que se lleva un avance acumulado de 70%, (con un avance de la última semana de 3%), donde se previó disponer de 77,388 HH, comparándose con la cifra real de 78,309 HH. Se proyecta usar 120,717HH en lugar de las 109,574HH al término.

En la tabla 30 se muestra la “Productividad (Ratio)” de las partidas. En esta tabla se registran los ratios meta y los reales, de modo que se facilite la comparación. Lo ideal es que los ratios reales sean inferiores a los meta, en caso contrario, el ratio meta para del saldo vendría a volverse más exigente para mitigar la pérdida generada.

Tabla 30. Ratios por actividad del frente correspondiente

Frente: 1B		PRODUCTIVIDAD (RATIO)				
CÓDIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	META	ACUMULADO REAL	ÚLTIMA SEMANA	META PARA EL SALDO
C001	PRETIL DE SEGURIDAD	m	0.6200	0.3578	-	0.3578
C002	CONCRETO	m3	-	-	-	5.1400
C007	ENROCADO	m3	-	-	-	0.4000
C008	SANEAMIENTO	m3	9.8300	10.4182	-	9.8270
C009	CERCO Y PORTONES	m	-	-	-	3.6300
C011	REVESTIMIENTO CON GEOCELDAS Y CONCRETO	m2	-	-	-	-
C012	GEOINTÉTICOS (GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL)	m2	-	-	-	0.3300
E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	m3	0.1100	0.0873	-	Culminado
E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	m3	0.0300	0.0655	0.0414	0.0300
E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN PARA	m3	0.3700	4.6662	-	0.2919
E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE	m3	0.0900	0.1117	4.9782	Culminado
E006	EXCAVACIÓN MASIVA EN ROCA SIN EXPLOSIVOS	m3	-	-	-	-
E009	PERFILADO DE PLATAFORMAS	m2	0.0300	0.1585	0.3002	0.0300
E010	PREPARACION DE SUBRASANTE	m2	0.0300	0.0882	0.4544	0.0300
E012	EXCAVACIÓN DE ROCA CON EXCAVADORA + MARTILLO	m3	0.3100	0.2048	0.0388	Culminado
R002	RELLENO MASIVO CLASE B	m3	0.3000	1.2346	1.2346	0.2621
R003	RELLENO MASIVO CLASE C	m3	0.1300	0.0831	0.6563	0.0831
R004	RELLENO LOCALIZADO	m3	1.2800	2.5171	-	0.8350
C013	TUBERÍAS HDPE (INC PVC)	m	1.1200	6.2929	-	1.1200
E005	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL RIPEABLE	m3	-	-	-	-
R005	AFIRMADO PARA PLATAFORMAS Y CAMINOS	m3	0.4500	0.1887	Falta Avance	0.1887

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 31 se muestran los resultados acumulados y proyectados. Se puede apreciar que a la fecha se lleva una eficiencia de 99%, se espera una eficiencia de 57% para el saldo, y para la culminación del frente una eficiencia final de 81.5%.

El principal motivo de la drástica transición negativa de la eficiencia proyectada, es el cercano final de los frentes que vienen generando la mayor ganancia, mientras que las causantes de mayor pérdida aún tienen mucho trabajo pendiente.

Esto es, la partida de Relleno clase C (R003) ya no tiene metrado pendiente, al igual que la partida de Excavación en roca con martillo hidráulico (E012), sin embargo, la Excavación masiva de material común (E002) que ha venido presentando pérdida, recién se ha ejecutado la primera mitad, y otras actividades como el Relleno clase B (R002) o el Perfilado de plataformas (E009) de reciente inicio de actividades, muestran una clara pendiente negativa.

Sin embargo, dado que se tratan de actividades recién iniciadas, a diferencia de la excavación masiva de material común, estas podrán ser estudiadas a la brevedad, buscando opciones de mejora para mejorar la performance de estas tareas.

Tabla 31. Resultados por cada actividad en horas hombre

Proyecto: 1867 MOVIMIENTO MASIVO DE TIERRAS - QUELLAVECO			ACUMULADO REAL				
Semana: 45			HH GANADAS Y PERDIDAS				
Fecha: 08/11/2018			ACUMULADO REAL	PROYECTADO PARA EL SALDO	RESULTADO SALDO	PROYECTADO TOTAL	RESULTADO TOTAL
Frente: 1B							
CÓDIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	ACUMULADO REAL	PROYECTADO PARA EL SALDO	RESULTADO SALDO	PROYECTADO TOTAL	RESULTADO TOTAL
C001	PRETIL DE SEGURIDAD	m	458.52	156.8	114.95	782.46	573.5
C002	CONCRETO	m3	0.00	39.1	0.00	39.06	0.0
C007	ENROCADO	m3	0.00	3.0	0.00	3.00	0.0
C008	SANEAMIENTO	m3	-3.85	13,225.3	-746.63	13,293.56	-750.5
C009	CERCO Y PORTONES	m	0.00	1,168.9	0.00	1,168.86	0.0
C011	REVESTIMIENTO CON GEOCELDAS Y CONCRETO	m2	0.00	-	0.00	0.00	0.0
C012	GEOINTÉLTICOS (GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL)	m2	0.00	2,242.7	0.00	2,242.68	0.0
E001	EXCAVACIÓN DE ESCARPE	m3	552.32	-	-0.00	2,129.04	552.3
E002	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	m3	-9,557.89	17,199.7	-9,419.73	34,651.66	-18,977.6
E003	EXCAVACIÓN LOCAL DE MATERIAL COMÚN PARA	m3	-78.61	5,642.9	-4,323.24	5,745.47	-4,401.8
E004	EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL RIPEABLE	m3	-4,613.45	-	-0.00	23,745.12	-4,613.4
E006	EXCAVACIÓN MASIVA EN ROCA SIN EXPLOSIVOS	m3	0.00	-	0.00	0.00	0
E009	PERFILADO DE PLATAFORMAS	m2	-1,183.21	5,038.2	-4,084.80	6,497.62	-5,268.0
E010	PREPARACION DE SUBRASANTE	m2	-2,055.70	2,475.8	-1,633.40	5,591.58	-3,689.1
E012	EXCAVACIÓN DE ROCA CON EXCAVADORA + MARTILLO	m3	5,018.10	-	0.00	9,775.48	5,018.1
R002	RELLENO MASIVO CLASE B	m3	-227.10	7,403.7	-5,604.60	7,703.70	-5,831.7
R003	RELLENO MASIVO CLASE C	m3	10,338.98	240.3	135.65	18,556.58	10,474.6
R004	RELLENO LOCALIZADO	m3	-56.62	320.3	-157.40	435.46	-214.0
C013	TUBERÍAS HDPE (INC PVC)	m	-155.19	151.0	-124.15	339.82	-279.3
			-684.10	56,467.42	-24,237.71	134,496.33	-24,921.81
			Eficiencia				
			99.1%	57.1%		81.5%	

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma se van registrando resultados semana tras semana en orden cronológico, permitiendo ver cómo evoluciona la eficiencia, frente por frente. Por consiguiente, resulta sencillo

evaluar no sólo la gestión de la mano de obra de cada frente, sino que se pueden apreciar los cambios en los resultados en función a las acciones correctivas propuestas por el área de control de proyectos. La consolidación de los resultados se puede visualizar en la tabla 32 y en la figura 20.

Tabla 32. Evolución de los resultados consolidados correspondiente al Frente 1B.

Frente:	1B	PLATAFORMAS Y ACCESOS A T5 Y T7				
Año	...	Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018
Semana	...	Sem 41	Sem 42	Sem 43	Sem 44	Sem 45
HH Sem previstas		4,959.33	2,473.78	1,013.29	2,327.78	3,385.38
HH Sem reales		3,682.55	5,062.28	4,168.51	2,451.81	4,187.26
HH Acum previstas		68,188.38	70,662.16	71,675.45	74,003.23	77,388.61
HH Acum reales		62,439.54	67,501.81	71,670.32	74,122.13	78,309.39
HH Gan/Per Sem		1,276.78	-2,588.50	-3,155.21	-124.04	-801.88
HH Gan/Per a la fecha		5,748.85	3,160.34	5.13	-118.91	-920.79
Eficiencia Sem		134.7%	48.9%	24.3%	94.9%	80.8%
Eficiencia Acum		109.2%	104.7%	100.0%	99.8%	98.8%

Fuente: Elaboración propia.

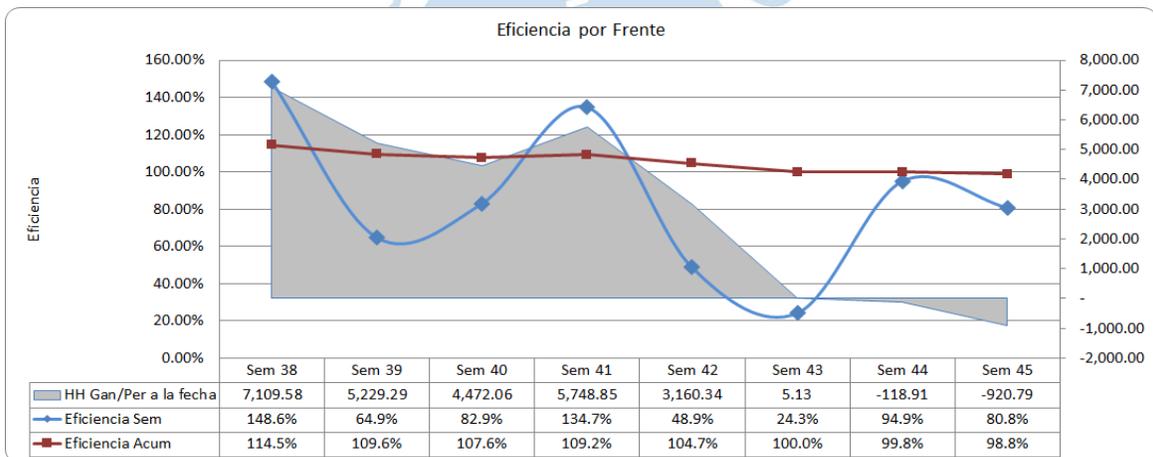


Figura 20. Gráfico de doble entrada de eficiencia vs. Tiempo / HH vs Tiempo

Fuente: Elaboración propia.

1.2.4. Análisis de causas.

a) Canales revestidos con geoceldas y concreto

Esta partida consta de perfilar y revestir canales con geoceldas y concreto, correspondiente al frente 1A, la cual resaltó por haber alcanzado, en las primeras semanas, ratios de hasta cinco veces el planificado. Posteriormente, por una serie de acciones correctivas se fue reduciendo duplicando el previsto como el de la última semana de 2.026 HH/m² tal cual se puede apreciar en la figura 21.

CÓDIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	PRODUCTIVIDAD (RATIO)			HH GANADAS Y PERDIDAS
			META	ACUMULADO REAL	ÚLTIMA SEMANA	ACUMULADO REAL
C011	REVESTIMIENTO CON GEOCELDAS Y CONCRETO	m2	1.0500	2.7655	2.0262	-4,237.47

Figura 21. Contraste del ratio meta con el ratio real acumulado del revestimiento de canales

Fuente: Elaboración propia.

Para poder formular un plan de mejora de productividad, es importante conocer cómo está la situación actual. Para corroborar que la cuadrilla esté correctamente estructurada independientemente del presupuesto, se realiza una medición de nivel general de actividad. Esto permite verificar que el dimensionamiento de los recursos sea proporcional al trabajo planificado, identificando qué fracción del tiempo el personal se encuentra haciendo actividades productivas (agregan valor), contributivas (soporte) y no contributivas (no agrega valor o pérdida).

En la figura 22 se puede apreciar los resultados del frente de trabajo a lo largo de la jornada, esto permite además identificar posibles patrones de eficiencia según la hora del día. El tiempo que se pudo evidenciar al personal realizar actividades productivas supera por poco a la tercera parte del tiempo, al igual que los periodos donde se constató personal sin actividad a lo largo de la jornada de trabajo.

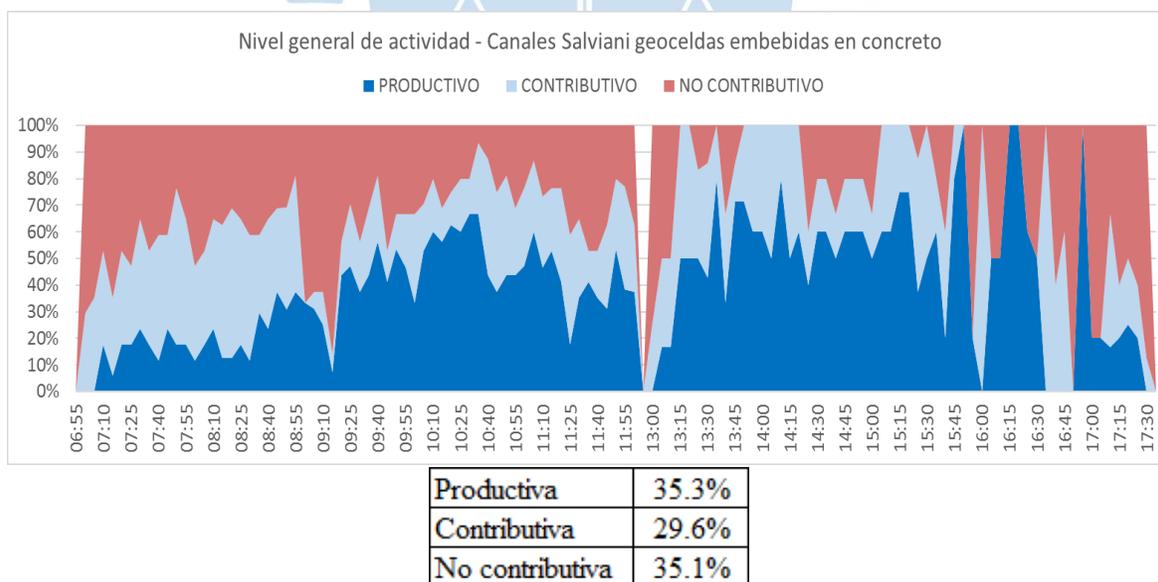


Figura 22. Nivel general de actividad de revestimiento de canales

Fuente: Elaboración propia.

Para fijar una línea base, lo ideal es tomar comparadores que pertenezcan a organizaciones que evidencien las mejores prácticas. Para este caso, se usan los valores de la cámara de construcción chilena, con el cual se referencia GyM⁷. Estas referencias se aprecian en la figura 23, donde el segmento escogido es el de obras civiles para el presente proyecto.

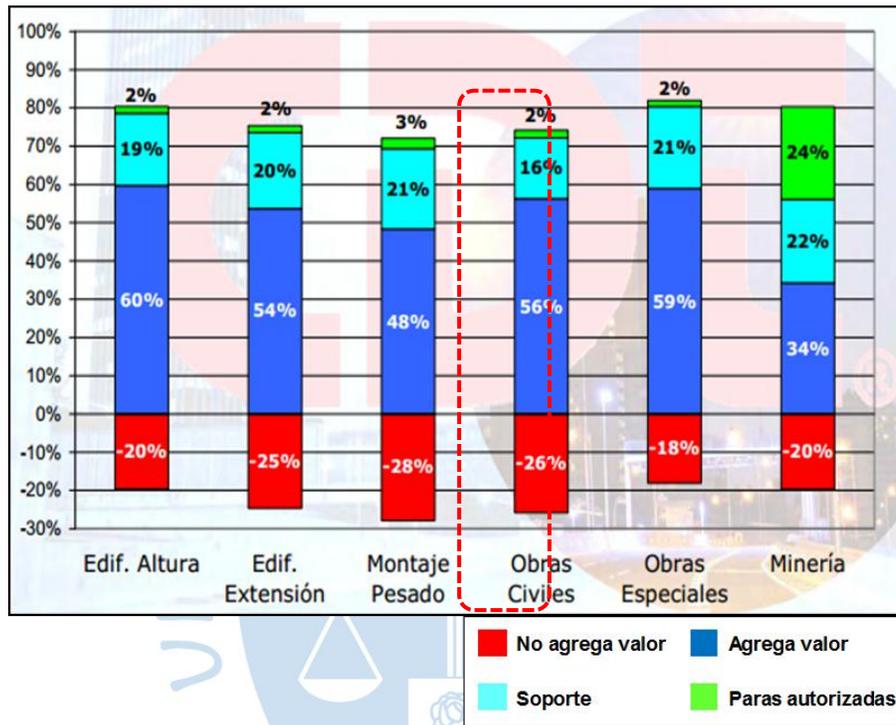


Figura 23. Nivel general de actividad ideal según la Cámara chilena de la construcción

Fuente: La empresa.

Se puede concluir que la fracción del tiempo dedicada a las actividades productivas es deficiente ($35% < 56%$), los tiempos en pérdida son superiores a los ideales ($35% > 26%$) y la actividad de soporte prácticamente dobla a la ideal ($30% > 16%$). Independientemente de lo presupuestado, es evidente que la gestión en campo puede mejorar considerablemente. Los siguientes factores fueron identificados como los responsables de esta situación:

- Se encontró personal con escasa actitud orientada al trabajo, prefiriendo destinar su tiempo al ocio en ausencia de la supervisión. El personal que no mostró mejoría en su actividad laboral fue desmovilizado.

⁷ Información extraída de sesión de Benchmarking de GyM del 2014.

- Por tratarse de una obra lineal (más de un kilómetro de canales), se destinaba al personal, excesivamente, al repetitivo traslado de materiales. Se presenció además una planificación deficiente, pues el suministro de insumos al frente de trabajo se producía cuando ya no se contaba con estos, generando tiempos de espera.

Después de analizar el nivel general de actividad, se procedió a analizar el análisis del precio unitario. Se observó que en campo se realizaban actividades que no estaban contempladas. Según lo presupuestado, la secuencia constructiva se basaría en preparar la subrasante (nivelación de una sección ya cortada de manera sobredimensionada por otro contratista), compactar y humectar la superficie, retiro de objetos puntiagudos, colocación de geoceldas (ver Figura 24), y el posterior vaciado de concreto, según el análisis de precios unitarios APU.

c1030 Revestimiento de Geoceldas con concreto		Bill Quantity=5,506.00 m2		
B.20 fc 210 kg/cm2		Rate: 05/04/18		
05/04/18				
Preparacion de la subrasante	0.415/m2*1	= 0.415233	2,286.273	1.05%
Compactacion superficies y Afirmado	5.454/m3*1	= 5.453867	30,028.992	13.84%
Agua (Fase 1, zona Salviani)	6.865/m3*0.024	= 0.164766	907.202	0.42%
Retiro de objetos punteagudos	0.292/m2*1	= 0.292033	1,607.934	0.74%
Colocacion de geoceldas	5.676/m2*1	= 5.676167	31,252.976	14.41%
Concreto f'c=210 kg/cm2 (geoceldas)	249.106/m3*0.10*1.1	= 27.401651	150,873.490	69.54%
		Net Rate	39.403716	216,956.860

Figura 24. Horas hombres Ganadas y perdidas en canales de geoceldas y concreto

Fuente: La empresa.

A pesar de que el proceso constructivo estaba definido paso a paso, se encontró personal picando roca con martillo eléctrico puesto que el corte, ejecutado por el anterior contratista, resultó ser insuficiente. Por tratarse de una excavación local y además de roca, se coordinó con el área de adicionales/contratos para solicitar un adicional por el picado de roca. Además, se cuantificaron los recursos usados en la roca ya cortada para que estos sean reconocidos. También se observó la colocación de geotextil antes de colocar geoceldas, actividad que tampoco estaba siendo valorizada, por lo que también se solicitó un adicional.

Por otro lado, el capataz estaba incluyendo en la partida de geoceldas embebidas en concreto (C011) HH que no correspondían. Su jefatura de construcción no se percató de esto y por dicho motivo el indicador de productividad arrojaba resultados alarmantes. Para estas nuevas actividades se crearon partidas nuevas para que se registren en estas sus recursos gastados y así no incluirlos a

la partida original. Por no haberse reportado esto al área de Control de proyectos estas actividades no se estuvieron valorizando, gastando recursos sin venta alguna.

Como se puede apreciar, el área de construcción ignoraba estos hechos, demostrando poca preocupación por una correcta supervisión y una gestión orientada a la rentabilidad. Además, se debe comunicar todo factor que influya en los resultados de su construcción, como solicitudes no formales hechas por el cliente. Por ello la importancia de la supervisión de la línea de mando en campo, para que además de evaluar la calidad del trabajo y del personal, se verifique que no se hagan actividades fuera de lo presupuestado, y de darse el caso solicitar su valorización.

Gracias al control de productividad, se puede ir haciendo un mapeo constante de los resultados de todas las actividades, permitiendo al equipo definir que partida y qué frente de trabajo resulta como prioridad para evaluar en campo.

b) Excavación masiva de material común:

La partida que representaba la mayor pérdida en la obra por representar la mayor cantidad de metrado asociada es la excavación masiva de material común, con una pérdida acumulada a nivel general de 30,670 HH equivalente a un monto superior a los 300,000 USD.

Para este caso, se muestra el estudio de los resultados de la partida correspondiente al frente 1B, donde el ratio acumulado real que duplica al ratio planificado generando pérdidas acumuladas de 9,557 HH como se puede apreciar en la figura 25.

PARTIDAS DE CONTROL	UND	PRODUCTIVIDAD (RATIO)			HH GANADAS Y PERDIDAS
		META	ACUMULADO REAL	ÚLTIMA SEMANA	ACUMULADO REAL
EXCAVACIÓN MASIVA DE MATERIAL COMÚN	m3	0.0300	0.0663	0.0414	-9,557.89

Figura 25. Comparación del ratio meta con el ratio real y HH perdidas – Frente 1B

Fuente: Elaboración propia.

Se identificaron múltiples factores por los cuales el ratio acumulado excedió en tal proporción al presupuestado. En la figura. 26 se muestra el detalle del PU.

ZP1204	Excavacion mat comun c/exc-345 -masiv		/m3	
05/04/18	LEVEL 6		Rate: 05/04/18	
	[REND]=2500 m3/turno			
#				
	1) MANO DE OBRA			
10001	CAPATAZ CIVIL CIV	11.420/hh*0.5	=	0.022840 3.88%
10002	OPERADOR PESADO CIV	11.250/hh*1	=	0.045000 7.64%
10009	AYUDANTE CIV	8.190/hh*1	=	0.032760 5.56%
=	APPLIED FACTOR	*10/[REND]		0.100600 17.09%
#				
	2) EQUIPO			
7	411070Z EXCAVADORA CAT-345	120.393/hm*1	=	0.481570 81.80%
7	471190Z TORRE DE ILUMINACION, 5 KW	3.275*0.5	=	0.006550 1.11%
=	APPLIED FACTOR	*10/[REND]		0.488120 82.91%
			Net Rate	0.588720

Figura 26. PU de excavación masiva de material común – Frente 1B

Fuente: La empresa.

Analizando la estructura del precio unitario correspondiente a excavación masiva de material común del frente 1B, se puede concluir respecto al presupuesto lo siguiente:

1. Para el APU de excavación masiva con material común se consideró una excavadora CAT 345 para el corte del material con un rendimiento planeado de 250m³/hr. Por temas de coyuntura, la mayoría de equipos disponibles eran de menor capacidad de trabajo. En este frente se sustituía al equipo CAT 345 por dos CAT 336 (de rendimiento 120m³/hr). Por esta razón, se necesitaban dos operadores de excavadora en vez de uno, como fue planteado inicialmente.
2. Dentro del pull de equipos se identificó maquinaria que no era ideal para el trabajo. Se encontraron tractores CAT D8 realizando acopios de material común para el posterior carguío con cargadores frontales. Lógicamente no es conveniente utilizar equipos de mayor precio por hora de operación si se obtienen rendimientos inferiores.
3. Se realizó una medición de nivel general de actividad del frente y se evidenció personal sin realizar actividad alguna el 74% de la jornada laboral, por un sobredimensionamiento de cuadrilla. Al presupuestarse el personal de suelo sólo se consideró un ayudante para el capataz, pero este último contaba con tres ayudantes de más; y si bien este defendía el dimensionamiento de su personal, la medición de nivel general de actividad demostró lo contrario.

Tras esta noticia, el frente se vio obligado a liquidar al personal excedente, mejorando su eficiencia de 45% hasta alcanzar ratios más eficientes rodeando el 72%, como se aprecia en el ejemplo de la figura 22 con un resultado de 0.0414HH/m³ en la última semana.

2. Control del consumo de combustible

Otra actividad que el suscrito manejó fue el control de los ratios de combustible. Esto se debe a que la segunda componente más importante del presupuesto son los materiales (30%). Aunque generalmente es una componente de baja variabilidad, por tratarse de un proyecto de movimiento de tierras, está compuesto en un 58% de combustible como puede apreciarse en la tabla 33, por lo que es conveniente llevar un control de su adecuado consumo.

Tabla 33. Incidencia del combustible

Costo Directo
34,243,108

Descomposición del costo directo				
Mano de obra	Equipos	Materiales	Subcontratos	C.I.
7,642,956	14,418,018	10,205,878	1,958,924	17,331.68
22%	42%	30%	6%	0%

Combustible	5,946,230	58%
Otros	4,259,649	42%

Combustible	5,946,230	17%
-------------	-----------	-----

Fuente: Elaboración propia.

2.1. Registro de información base para el control. El primer paso es consolidar los consumos teóricos de los equipos para la elaboración del presupuesto. El resultado se puede apreciar en la tabla 34, donde se muestra una porción de los equipos.

De la base de datos, se estableció un estándar de equivalencia para todos los equipos según sus capacidades de trabajo y demás características como se muestra en la tabla 35.

El área de logística lleva un control del combustible que consumen todos los equipos individualmente y esta data es pasada posteriormente al área de control de proyectos.

Tabla 34. Consumo presupuestado de combustible por tipo de equipo

EQUIPO	DIESEL	UND
TRACTOR CAT D6-C Pos Alqui	6.75	GI/HM
TRACTOR CAT D8-C Pos Alqui	11.00	GI/HM
TRACTOR CAT-D9-C Pos Alqui	14.00	GI/HM
EXCAVADORA CAT-336-C Pos Alqui	8.50	GI/HM
EXCAVADORA CAT-345-C Pos Alqui	9.15	GI/HM
MARTILLO HIDRAULICO P/EXC-C Pos Alq	-	GI/HM
CARGADOR CAT-966-C Pos Alqui	4.49	GI/HM
RETROCARGADOR CAT-420-C Pos Alqui	2.00	GI/HM
RODILLO VIBRAT LISO 2-3 TON-C Pos Alqui	1.50	GI/HM
RODILLO VIBRAT LISO 10T C Pos Alquiler	2.77	GI/HM
RODILLO VIBRAT LISO 18T C Pos Alquiler	3.50	GI/HM
MOTONIVELADORA CAT-140K, 190-C Pos Alqui	3.70	GI/HM
MOTONIVELADORA CAT-160K, 190-C Pos Alqui	4.23	GI/HM
PERFORADORA S/ORUGAS, HIDRAULICA-C Pos A	5.00	GI/HM

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Cuadro de equivalencias de equipos

Código	Familia	Marca	Modelo	Equivalente
177-ST	Excavadora de Orugas	JOHN DEERE	210G LC	320
200-ST	Excavadora de Orugas	JOHN DEERE	210G LC	320
158-ST	Excavadora de Orugas	CATERPILLAR	336D2L	336
160-ST	Excavadora de Orugas	JOHN DEERE	350G LC	336
168-ST	Excavadora de Orugas	DOOSAN	HB30	336
169-ST	Excavadora de Orugas	CATERPILLAR	336D2L	336
171-ST	Excavadora de Orugas	DOOSAN	HB30	336
172-ST	Excavadora de Orugas	DOOSAN	HB30	336
201-ST	Excavadora de Orugas	JOHN DEERE	350G LC	336
212-ST	Excavadora de Orugas	DOOSAN	DXB260	336
179-ST	Excavadora de Orugas	KOMATSU	PC450LC-8	345
195-ST	Excavadora de Orugas	KOMATSU	PC450LC-8	345
204-ST	Excavadora de Orugas	HITACHI	ZX450LC-3	345
270-ST	Excavadora de Orugas	CATERPILLAR	349 DL	349
119-ST	Retroexcavadora	JOHN DEERE	310SK	420
203-ST	Retroexcavadora	CATERPILLAR	420F	420
209-ST	Retroexcavadora	JCB	3CX-ECO	420

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Análisis de las brechas de consumo. Con la información recibida se puede apreciar dónde se están alcanzando consumos superiores a los esperados. Por ejemplo, en la tabla 36 los cargadores frontales están ligeramente por encima, sin embargo, donde pueden encontrarse cifras considerables es en las excavadoras de dimensiones mayores.

Tabla 36. Cuadro de equivalencias de equipos

EQUIPO	EQUIVALENTE	Modelo	Fecha	Ratio Teórico	Ratio Real	Status Acum.
Camión Volquete	FMX 6x4			4.00	3.46	EFICIENTE
	FMX 8X4R			5.00	2.68	EFICIENTE
Cargador Frontal	Cargador F. 966			4.49	4.61	PÉRDIDA
Excavadora de Orugas	320			7.34	5.39	EFICIENTE
	336			7.86	7.89	PÉRDIDA
	345			9.15	10.01	PÉRDIDA
	349			10.00	11.59	PÉRDIDA
Motoniveladora	Motoniveladora 140k			4.42	2.23	EFICIENTE
Retroexcavadora	420			2.00	1.84	EFICIENTE
Rodillo	16T			3.32	2.90	EFICIENTE
	20T			4.35	3.81	EFICIENTE
	12T			2.77	2.69	EFICIENTE
Tractor de Orugas	D8			11.00	10.08	EFICIENTE
	D6			6.75	5.50	EFICIENTE
	D9			14.00	11.92	EFICIENTE

Fuente: Elaboración propia.

Dado que estos son valores ponderados, es posible que el resultado se vea afectado por algún modelo o equipo en particular. Esta tabla permite entrar a un mayor detalle de información, permitiéndonos identificar qué equipos en particular muestran un exceso de consumo. Esto se puede ver en la tabla 37.

Para este proyecto se contaba con tres retroexcavadoras, una CAT (420F), una John Deere (310SK) y una JCB (3CX). Podría atribuirse un alto consumo de combustible a la marca JCB, aunque podría ser una conclusión muy apresurada, por lo que, lo mejor es realizar una inspección a dicho equipo y ver si se mantienen los comportamientos inesperados. En paralelo se debe monitorear el rendimiento de los equipos que el operador de la retroexcavadora JCB 3CX utilice posteriormente. Adicionalmente, el instructor de operadores debe hacer evaluaciones periódicas en campo, para ver si el consumo anormal se atribuye al equipo o al operador.

Si nos enfocamos en las excavadoras que son equivalentes a la CAT 345, se disponen de tres equipos, dos Komatsu (PC-450) y una Hitachi (ZX-450) como se puede apreciar en la tabla 38.

Tabla 37. Estado de consumo real por equipos

EQUIPO	EQUIVALENTE	Modelo	Fecha	Ratio Teórico	Ratio Real	Status Acum.
Camión Volquete	FMX 6x4			4.00	3.46	EFICIENTE
	FMX 8X4R			5.00	2.68	EFICIENTE
Cargador Frontal	Cargador F. 966			4.49	4.61	PÉRDIDA
Excavadora de Orugas	320			7.34	5.39	EFICIENTE
	336			7.86	7.89	PÉRDIDA
	345			9.15	10.01	PÉRDIDA
	349			10.00	11.59	PÉRDIDA
Motoniveladora	Motoniveladora 140k			4.42	2.23	EFICIENTE
Retroexcavadora	420	310SK		2.00	1.74	EFICIENTE
		420F		2.00	1.46	EFICIENTE
		3CX-ECO		2.00	2.33	PÉRDIDA

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Consumo de excavadoras desglosado por códigos

EQUIPO	EQUIVALENTE	Modelo	Código (App)	Ratio Teórico	Ratio Real	Status Acum.	
Camión Volquete	FMX 6x4			4.00	3.46		
	FMX 8X4R			5.00	2.68		
Cargador Frontal	Cargador F. 966			4.49	4.61		
Excavadora de Orugas	320			7.34	5.39		
	336			7.86	7.89		
	345		PC450LC-8	179-ST	9.15	9.64	PÉRDIDA
				195-ST	9.15	10.29	PÉRDIDA
			ZX450LC-3	204-ST	9.15	10.10	PÉRDIDA
	349			10.00	11.59		

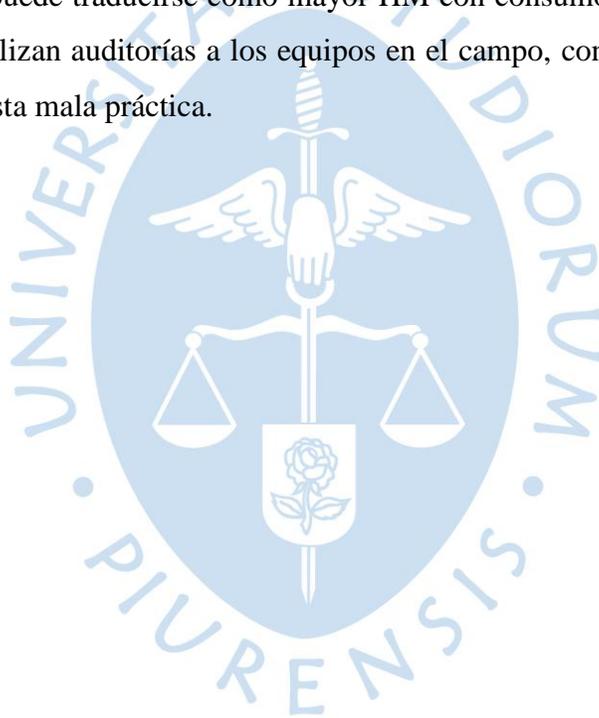
Fuente: Elaboración propia.

Una vez identificados los equipos con alto consumo, lo siguiente a hacer es coordinar con el área de mantenimiento para que intervenga a los equipos indicados. En paralelo, se pueden establecer correlaciones entre operadores y consumos excesivos de petróleo. Los comportamientos anómalos de consumo se pueden explicar porque:

- El equipo presenta defectos mecánicos y es necesario realizar una inspección por el área de mantenimiento.

- El operador no opera de la forma adecuada su equipo, quizás sobre exigiendo el motor cuando no es necesario, llevado las RPM por encima de lo correcto. Se debe hacer seguimiento a sus resultados y designarle un instructor de equipos para su evaluación
- De verse un consumo excesivo por operador en distintos equipos, se puede estar evidenciando un caso de hurto de combustible, por lo que se tendría que intervenir al operador y a la subcontrata que realiza el abastecimiento de los equipos para descartar esta posibilidad.

Sin embargo, así como llama la atención un consumo alto de combustible por hora de operación, no se debe descartar la posibilidad de confundir una correcta operación con un alto porcentaje de ralentí. Dado que es frecuente encontrar operadores con los motores prendidos durante la espera, esto puede traducirse como mayor HM con consumos bajos. Para poder llevar un mejor control, se realizan auditorías a los equipos en el campo, con el fin de identificar a los operadores que llevan esta mala práctica.



Conclusiones

Si bien la rentabilidad es una de las variables de mayor interés para la gerencia; sin embargo, es común que sea considerada en segundo plano por los responsables de ejecutar el proyecto. Esto puede deberse a un mensaje transmitido de manera poca eficaz desde la jefatura a los ingenieros que dirigen la construcción, quienes suelen estar principalmente orientados a culminar la obra en el plazo pactado, ocasionando que descuiden su eficiencia y por consecuencia afectando la ganancia de empresa. Por este motivo, resulta necesario fomentar prácticas que estén orientadas a controlar la evolución de la rentabilidad, priorizando el monitoreo de los indicadores de productividad, tal como se muestra en el presente estudio.

Alcanzar la rentabilidad es parte de la meta de un proyecto. Por esto, debe implementarse un sistema que monitoree su evolución desde el inicio hasta el final del proyecto. Los indicadores de productividad permiten de forma temprana identificar brechas negativas para mitigarlas y brechas positivas para potenciarlas; de esta forma se podrán apreciar los resultados que se obtienen del desempeño del equipo, así como el progreso de la obra en función de lo inicialmente establecido.

Como referencia para rentabilidad, es lógico valerse del presupuesto, ya que este se define como un plan de acción expresado en valores monetarios dirigidos a cumplir una meta prevista, por lo que, toda desviación de este se traducirá en una pérdida o ganancia. De acuerdo al presupuesto, pueden establecerse prioridades sobre los recursos más incidentes. Sin embargo, tampoco debe subestimarse la influencia del resto de recursos, dado que en el presente proyecto la mano de obra, siendo un recurso de menor influencia que la maquinaria, provocó pérdidas considerablemente superiores a la ganancia generada en la gestión de los equipos.

El presupuesto se entiende como un plan de acción a base de suposiciones. Cuando se identifique una brecha presupuestal, el equipo de obra debe cuantificar los impactos proyectados y evaluar medidas para mitigar la pérdida. Cuando el origen de la pérdida esté en la gestión en campo, se debe evaluar la relación entre el dimensionamiento de los recursos por su capacidad de trabajo y la demanda de esta última. Para este análisis la medición de nivel general de actividad resulta eficaz.



Recomendaciones

La mejora continua involucra aspirar a alcanzar y superar los resultados mostrados por las empresas que muestren las mejores prácticas. Esto significa que se debe actualizar constantemente la base de referencia para evaluar resultados de mediciones de nivel general de actividad.

Analizar los precios unitarios permite cuantificar los recursos considerados en la planificación de la ejecución de los trabajos. Esta información sirve de referencia al ingeniero para el dimensionamiento de la cuadrilla de personal y equipos; y de registrarse un exceso de recursos, en contraste con lo planificado, este debe alertar a su jefatura para su posterior evaluación.

Cuando las partidas están compuestas por sub partidas se conoce el tren de trabajo planificado; en estos casos es recomendable identificar si en campo se ejecutan actividades adicionales a las consideradas inicialmente.

Se debe definir un sistema de toma de información confiable para cuantificar los metrados ejecutados y los recursos invertidos. La información debe ser constantemente revisada y aprobada por el área de construcción.

El sistema de monitoreo de rentabilidad debe realizar visitas a campo con el fin de estar familiarizado con el proyecto para una mejor comprensión de los resultados. Se debe evaluar en campo las condiciones para cerciorarse que el desempeño en campo no se vea distorsionado por factores externos a la empresa. De encontrarse interferencias no contempladas en el contrato o que sean responsabilidad del propietario, estas deben ser informadas inmediatamente a la jefatura para cuantificar impactos y entrar en diálogo con el responsable.

Se debe evaluar constantemente la actitud y la habilidad del personal. Esto permite identificar la parte del equipo de trabajo que no se desempeña adecuadamente y que además contagia negativamente al resto del equipo. Por eso se debe realizar un filtro constante.

Se recomienda transmitir eficazmente la importancia de obtener una rentabilidad positiva a los encargados de ejecutar la obra.



Referencias bibliográficas

AngloAmerican. (2019). Uso responsable de los recursos. Obtenido de https://peru.angloamerican.com/quellaveco/esquema-hidrico?sc_lang=es-ES

GyM. (2019). Minería. Obtenido de <http://www.gym.com.pe/nuestros-proyectos/nuestra-experiencia>

