



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN
CONSTRUCCIÓN

Trabajo de Integración Curricular

***“METODOLOGÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE
UNA VÍA ADOQUINADA. CASO DE ESTUDIO: VÍA DEL BARRIO LA PLANADA, EN LA
PARROQUIA DE CALDERÓN”***

TUTOR: Ing. Álvaro Barona Sánchez

Alumno: Luis Gabriel Zhunio Chévez

Quito, Ecuador

2025

INDICE

Contenido

| | |
|--|----------|
| INDICE..... | 2 |
| Introducción | 6 |
| Capítulo 1: Situación Actual..... | 7 |
| Diagnóstico | 8 |
| Problema | 9 |
| Problema científico..... | 9 |
| Delimitación del Problema | 9 |
| Problema Central..... | 10 |
| Objetivos..... | 10 |
| Objetivo Específico: | 10 |
| Metodología | 11 |
| Diseño Muestral | 11 |
| Instrumentos y Herramientas | 11 |
| Proceso Metodológico..... | 12 |
| Fase 1: Recolección de información. | 12 |
| Fase 2: Análisis técnico. | 12 |
| Fase 3: Comparación de metodologías. | 12 |
| Fase 4: Propuesta metodológica. | 12 |
| Capítulo 2: Análisis de datos | 12 |
| Fase 1: Actividades preliminares | 13 |
| Fase 2: Análisis de la información | 13 |
| Ilustración 1: <i>Desglose de Trabajo, Autor propio</i> | 16 |
| Ilustración 2: <i>Desglose de Trabajo, Autor propio</i> | 17 |
| Ilustración 3: <i>Diagrama de Gantt Entidad Contratante, Autor propio.</i> | 19 |
| Determinación de la Ruta Crítica del Proyecto | 20 |
| Procesamiento de datos y fórmulas aplicadas | 21 |
| Tabla 1. <i>Cálculo de rendimientos y duración estimada para la actividad de REPLANTEO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRAFICO (eje, laterales, referencias) de la Entidad Contratante</i> | 22 |

| | |
|---|----|
| Detalles del cálculo:..... | 22 |
| Fase 3: Comparación de metodologías | 23 |
| Tabla 2. <i>Comparación general de presupuestos: entidad contratante vs. Contratista ejecutora</i> | 23 |
| Tabla 3: <i>Comparación de Valores Totales Presupuestados por Parte Contratante y Contratista</i> | 24 |
| Ilustración 4: <i>Comparación de Valores Totales Presupuestados por Parte Contratante y Contratista</i> | 26 |
| Fase 3: Comparación de la Metodología Propuesta con la Metodología Contractual | 26 |
| Ilustración 5: <i>Comparación de Valores Totales Presupuestados por Parte Contratante y Contratista</i> | 29 |
| Ilustración 6: <i>Diferencia de Presupuesto entre Entidad Contratante y Contratista</i> | 30 |
| Nota: Elaboración propia | 30 |
| Análisis de variación de costos unitarios..... | 31 |
| Nota: Elaboración propia | 34 |
| Tabla 5: <i>Comparación de Valores Totales por Rubro (Entidad Contratante vs. Contratista</i> | 35 |
| Ilustración 10: <i>Comparación de Valores Totales por Rubro (Entidad Contratante vs. Contratista)</i> | 37 |
| Nota: Elaboración propia | 37 |
| Diagnóstico Técnico Previo y Descripción del Uso de Pareto | 37 |
| Tabla 6: <i>Análisis del Principio de Pareto Aplicado al Presupuesto Ofertado</i> | 39 |
| Ilustración 11: <i>Análisis del Principio de Pareto Aplicado al Presupuesto Ofertado</i> | 40 |
| Nota: | 40 |
| Análisis de Rendimientos Reales | 41 |
| Tabla 7: <i>Análisis del Rendimiento Inverso para obtener la duración en días, de la oferta del Contratista</i> | 42 |
| Diagnóstico del Rendimiento de Transporte de Material De Excavación | 42 |
| Análisis del Rendimiento de Excavación y Transporte De Material | 43 |
| Rendimiento de la Excavación..... | 44 |
| Cálculo del rendimiento teórico por hora | 45 |
| Producción estimada | 45 |
| Análisis del transporte..... | 45 |
| Tabla 8: <i>Datos iniciales para el análisis del transporte</i> | 45 |
| Tiempo total por ciclo (ida, vuelta, carga y descarga)..... | 46 |
| Viajes diarios por volqueta | 46 |
| Volumen total transportado por día | 46 |
| Duración del trabajo | 46 |

| | |
|---|----|
| Tiempo Estimado Total para Desalojo..... | 47 |
| Tabla 9: <i>Comparación Excavación vs Transporte</i> | 47 |
| Tabla 10: <i>Comparación acumulada Excavación vs Transporte</i> | 48 |
| Ilustración 12: <i>Comparación acumulada: Excavación vs Transporte</i> | 50 |
| Nota: Elaboración propia | 50 |
| Rendimiento Óptimo del Transporte de Excavación..... | 51 |
| Influencia de la excavadora de oruga en el rendimiento | 51 |
| Capacidad de carga por hora (Rendimiento de la excavadora) | 52 |
| Ejemplo numérico simplificado | 52 |
| Resultado Final | 53 |
| Diagnóstico del Rendimiento del Adoquinado de Bloques de Hormigón (vehicular)..... | 53 |
| Limitaciones del sistema constructivo con el adoquinado de bloques de hormigón | 54 |
| Tabla 11: <i>Características del Proyecto para Análisis de Adoquinado</i> | 54 |
| Datos disponibles | 54 |
| Optimización del Sistema Constructivo en Adoquinado (Vehicular) | 55 |
| Trabajo en paralelo (no secuencial) | 56 |
| Resultado final..... | 57 |
| Tabla 12: <i>Comparación de Escenarios</i> | 57 |
| Ilustración 13: <i>Comparación de Días de Ejecución y Rendimiento Diario Requerido</i> | 58 |
| Análisis FODA..... | 59 |
| Tabla 13: <i>Análisis FODA del proyecto tras la optimización de rubros críticos</i> | 59 |
| Optimización del Cronograma de Obra mediante Fast Tracking y Herramientas Digitales de Control..... | 60 |
| Aplicación de la Técnica de Fast Tracking | 60 |
| Tabla 14: <i>Aplicación de Fast Tracking en actividades clave</i> | 61 |
| Implementación de Herramientas Digitales de Control..... | 62 |
| Tabla 15: <i>Formulario de seguimiento de avance de obra</i> | 62 |
| Tabla 16: <i>Formulario de seguimiento de materiales</i> | 63 |
| Tabla 17: <i>Formulario de seguimiento de Maquinaria</i> | 63 |
| Tabla 18: <i>Formulario de Alertas técnicas</i> | 63 |
| Tabla 19: <i>Formulario de Acciones correctivas</i> | 64 |
| Implementación del Cronograma Optimizado de Obra | 65 |
| Ilustración 14: <i>Cuadro del Cronograma de Avance de Obra Optimizado</i> | 66 |
| Ilustración 15: <i>Gráfico de la Inversión Mensual con el Cronograma</i> | 67 |

| | |
|--|----|
| Comparación de Cronogramas mediante Curva S..... | 68 |
| Ilustración 16: Comparación de Valores Totales Presupuestados por Parte Contratante, Contratista y Óptimo | 69 |
| Análisis de Flujo de Caja y Amortización de Anticipo..... | 70 |
| Tabla 20: <i>Flujo de caja del Monto de ejecución</i> | 70 |
| <i>Fuente: Elaboración propia.</i> | 71 |
| Análisis del Déficit Financiero..... | 71 |
| Interpretación del gráfico:..... | 71 |
| Ilustración 17: <i>Ingresos vs Egresos y Saldo Mensual</i> | 73 |
| Interpretación del Flujo de Caja y Análisis del Déficit Financiero | 74 |
| Resultado del análisis financiero con tu anticipo actual | 74 |
| Tabla 21: <i>Resumen de meses con saldo mensual negativo</i> | 75 |
| Recomendación de Financiamiento para Sostener la Liquidez del Proyecto | 76 |
| Tabla 22: <i>Condiciones Simuladas de un Préstamo de Corto Plazo para Cubrir el Déficit Financiero</i> | 77 |
| Conclusión | 77 |
| Recomendaciones | 78 |
| Anexos | 80 |
| Anexo A..... | 80 |
| Anexo B..... | 80 |
| Anexo C..... | 80 |
| Anexo D | 80 |
| Anexo E..... | 80 |
| Anexo F..... | 80 |
| Anexo G..... | 80 |
| Anexo H..... | 80 |
| Anexo I..... | 80 |
| Anexo J..... | 80 |
| Anexo K..... | 80 |
| Anexo L..... | 80 |
| Bibliografía..... | 81 |

Introducción

Esta propuesta metodológica tiene como objetivo principal mejorar el uso de recursos durante la ejecución de una vía adoquinada en Calderón, aplicando estrategias que permitan reducir costos y aumentar la eficiencia en cada etapa constructiva.

Las vías adoquinadas desempeñan un papel clave en el crecimiento de la infraestructura tanto urbana como rural, al facilitar el acceso y conectividad entre diversas zonas ya que facilita la movilidad y el acceso entre diferentes sectores. Este documento presenta una metodología detallada para la optimización de recursos en la construcción de una vía adoquinada, abordando desde la evaluación inicial del terreno, recursos materiales, humano y técnicos avanzados en pavimentos flexibles(adoquinados).

En primer lugar, se realizará la recopilación de los datos necesarios como: Entre los recursos identificados se incluyen materiales de construcción específicos según el diseño, equipo y herramientas requeridas, así como el personal técnico y operativo indispensable para una adecuada ejecución y control de la obra.

También se compilará los datos de los presupuestos iniciales, cronogramas de trabajos, análisis del terreno, considerando factores como la topografía, la composición del suelo, que influyen significativamente en la ejecución de la obra. Posteriormente, se realizará un análisis de los datos recopilados donde se presentarán las etapas clave de la optimización de los

recursos en el proceso de construcción, que incluyen los trabajos preliminares, sistemas de drenajes, la colocación de la sub-base clase III, y la instalación de los adoquines.

Capítulo 1: Situación Actual

En Ecuador, el sector de la construcción representa uno de los principales motores económicos, aportando el 6,2 % del PIB en 2022 (Banco Central del Ecuador, 2023). Sin embargo, persisten debilidades estructurales, especialmente en proyectos de menor escala, como las vías adoquinadas. Estas obras suelen ejecutarse sin una metodología estandarizada, lo que genera ineficiencia, aumento de costos, demoras y deficiente calidad en la ejecución.

Frecuentemente, la planificación técnica se basa en criterios empíricos y experiencias previas, sin herramientas modernas que garanticen un control eficiente. La falta de herramientas modernas de planificación como cronogramas valorados, rutas críticas o estructuras de desgloses de trabajo (EDT) limita el control eficiente del proyecto y genera decisiones poco fundamentadas.

Esta realidad afecta tanto a la gestión administrativa como a la ejecución técnica. Se generan ajustes constantes, desorganización en la asignación de tareas, dificultades logísticas, conflictos contractuales y escasa supervisión de rendimientos.

Diagnóstico

Al analizar de manera detallada la situación actual, se pueden identificar varios factores que explican las dificultades presentes. Uno de los principales problemas radica en la gestión de recursos dentro de los proyectos viales, donde se evidencian bajos niveles de eficiencia, generalmente como resultado de una planificación deficiente o mal estructurada. Esta situación se agrava por la ausencia de un enfoque ordenado para distribuir los recursos humanos, materiales y financieros, lo que provoca un uso poco eficiente de los mismos. Además, es común que en las obras de menor escala no se utilicen herramientas modernas de gestión, como los cronogramas valorados, el análisis de ruta crítica o las estructuras de desglose de trabajo (EDT), las cuales son clave para mantener un control adecuado durante la ejecución de los proyectos. Entre los principales actores del mercado involucrados se encuentran:

Las entidades contratantes, que definen los términos contractuales y establecen las condiciones generales de ejecución.

Las empresas contratistas o ejecutoras, responsables del cumplimiento técnico y operativo del proyecto.

Los equipos de fiscalización o supervisión, que verifican el cumplimiento de los cronogramas, presupuestos y especificaciones técnicas.

Los proveedores de insumos y materiales, cuya logística incide directamente en los tiempos y costos del proyecto.

En este contexto, cada uno de los actores involucrados en la obra influye directa o indirectamente en su ejecución, ya sea facilitando el proceso o, por el contrario, generando obstáculos. Cuando no existe una metodología clara que guíe estas interacciones, es común ver que las relaciones se vuelven desorganizadas. Lo que da lugar a conflictos, retrasos y tener

incremento de costos. Esta situación se vuelve aún más crítica cuando se traslada a la realidad local, especialmente en zonas donde los recursos son escasos y cada obra representa un esfuerzo significativo para el bienestar de la comunidad. En muchos cantones del país, la construcción de una vía adoquinada puede ser la única gran inversión en infraestructura durante todo un periodo de gestión local, lo que hace aún más necesario que cada recurso se administre con el mayor cuidado y eficiencia posible.

Problema

Problema científico

La investigación surge a partir de esta problemática concreta, con el objetivo de contribuir al desarrollo de una metodología técnica aplicada que permita mejorar la ejecución de proyectos viales en contextos locales. Se parte del reconocimiento de que no existe en la actualidad una metodología estandarizada ni formalizada para optimizar recursos en la construcción de vías adoquinadas en el Ecuador. Esta ausencia implica que muchas obras se desarrollen bajo esquemas de ejecución empíricos, sin una planificación detallada, lo cual compromete su eficiencia, calidad y sostenibilidad.

El interés de la presente investigación radica, por tanto, en proponer una metodología que integre herramientas de gestión de proyectos y elementos técnicos operativos, orientados a maximizar el rendimiento de los recursos disponibles. Se trata de ofrecer una solución práctica que pueda ser replicada en otros proyectos similares, con ajustes mínimos y resultados verificables.

Delimitación del Problema

La investigación se desarrollará en un contexto local, específicamente en la ejecución de una vía adoquinada en una zona rural del cantón Quito, barrio La Planada, perteneciente a la parroquia Calderón provincia de Pichincha. Se analizarán exclusivamente los aspectos

técnicos y de gestión relacionados con la construcción de una vía adoquinada, excluyendo temas de índole legal, social o ambiental. Participan actores como técnicos de la entidad contratante, el equipo de la empresa constructora y, si corresponde, personal de fiscalización

Problema Central

¿De qué manera la implementación de una metodología permite optimizar los recursos durante la ejecución de una vía adoquinada?

Objetivos

Desarrollar una metodología que garantice cómo mejorar la optimización de recursos y tiempo para la ejecución de una vía adoquinada.

Objetivo Específico:

1. Investigar, recopilar y analizar la programación de obra, cronogramas valorados, rutas críticas, rendimientos de trabajos; donde se pueda establecer e identificar la mejor metodología para la optimización de recursos en la construcción de una vía adoquinada.
2. Definir los parámetros de construcción de una vía adoquinada, considerando estos para la planificación, ejecución y los detalles en cada etapa de la construcción de una vía adoquinada.
3. Determinar la adecuada metodología con el fin de establecer lineamientos y parámetros que guíen el aprovechamiento óptimo de los recursos en el proceso de adoquinada de la Planada que se ajuste a los criterios definidos por las normas de Construcción y aplicando los conceptos constructivos estudiados

durante la carrera de Tecnología Superior en construcción, a fin de establecer una propuesta optima al cronograma valorado de trabajo.

Metodología

El enfoque metodológico de esta investigación es descriptivo-comparativo, de naturaleza aplicada. La investigación se enmarca dentro de un diseño no experimental y una medición en un único momento, orientado al análisis de datos proporcionados por la documentación técnica del proyecto. La metodología permite identificar falencias en el uso de recursos y plantear una alternativa de optimización basada en herramientas técnicas, puesto que se analiza información disponible sin manipular directamente las variables involucradas (Hernández , Fernández , & Baptista, 2014).

Diseño Muestral

La muestra seleccionada corresponde a un proyecto vial específico ubicado en la parroquia Calderón, escogido de forma intencionada por la disponibilidad de información técnica relevante. La muestra incluye presupuestos, cronogramas, análisis técnicos, estudios topográficos y metodologías constructivas.

Instrumentos y Herramientas

- **Microsoft Excel:** Para análisis de cantidades de obra, rendimientos y presupuestos.
- **Microsoft Project:** Para cronogramas valorados y análisis de ruta crítica.
- **AutoCAD Civil 3D:** Para representar gráficamente perfiles transversales y detalles técnicos.

-
- **WBS Schedule Pro:** Se generará la descomposición estructurada de las actividades del proyecto (EDT).
 - **GPS y cámaras digitales:** Para georreferenciación y registro visual de la obra.
 - **Documentación técnica:** Proporcionada por la entidad contratante y la empresa constructora.

Proceso Metodológico

El trabajo se estructura en cuatro fases complementarias:

Fase 1: Recolección de información.

Se recopila toda la documentación técnica del proyecto: informes técnicos, presupuesto, Análisis de precios unitarios y cronograma.

Fase 2: Análisis técnico.

Se identifican los rendimientos reales, se calculan cantidades de obra y se comparan con lo planificado. Se aplican herramientas de software para visualizar la planificación y evaluar desviaciones.

Fase 3: Comparación de metodologías.

Se compara la metodología actual con una propuesta optimizada. Se utilizan cuadros y gráficos para contrastar tiempos, costos y consumo de recursos.

Fase 4: Propuesta metodológica.

Se diseña una nueva metodología basada en eficiencia, sostenibilidad y control técnico. Se plantea una EDT específica para vías adoquinadas, incluyendo criterios de control y evaluación

Capítulo 2: Análisis de datos

Fase 1: Actividades preliminares

La primera fase consistió en la recolección de datos técnicos relacionados con el proyecto de mejoramiento vial en el acceso a La Planada, barrio La Pradera, parroquia Calderón, en Quito, Pichincha. Se recopiló documentación relevante, cronogramas contractuales y antecedentes del proyecto. Esta etapa permitió construir una base de datos sólida, necesaria para comprender la metodología constructiva inicialmente planteada por la entidad contratante. La información fue organizada y categorizada para facilitar su análisis en fases posteriores, así como también se gestionó el acceso a los cronogramas de obra y Análisis de los Precios Unitarios (APUs) elaborados por la empresa ejecutante. Esta información permitió obtener una perspectiva más amplia sobre la planificación real establecida para la ejecución del proyecto.

Los siguientes archivos se adjuntan como parte del anexo técnico de este trabajo:

- Presupuesto de la Entidad contratante
- Presupuesto Referencial de la Ejecutora del proyecto (incluido A.P.U.).
- Cronograma de trabajos presentado por la ejecutora del proyecto.
- Metodología de trabajo presentado por la ejecutora del proyecto

Fase 2: Análisis de la información

Con la información ya ordenada, se procedió a la segunda fase, centrada en el análisis técnico. Para sustentar este análisis, se elaboró un archivo detallado con los rendimientos diarios de las principales actividades, obtenidos a partir obtenidos mediante la revisión de los precios unitarios. En este documento también se presentan los rendimientos inversos calculados, los cuales permitieron ajustar los plazos de ejecución considerando los recursos disponibles y las condiciones reales en obra. Este archivo se encuentra adjunto como **Anexo [ANALISIS_RENDIMIENTO_INVERSO_CONTRATISTA]**.

. Para la elaboración del cronograma del proyecto se utilizó el software **WBS Schedule Pro** (ver Ilustración 3), aprovechando su funcionalidad para desarrollar a través de la EDT se estructuran las actividades, lo que posibilita la creación del diagrama de Gantt. La duración estimada para cada una se definió con base en la documentación técnica y contractual proporcionada tanto por la entidad contratante como por la empresa contratista, lo cual aseguró que los plazos de ejecución sea el contractual

Los archivos generados se adjuntan como **Anexo [IMAGEN_DIAGRAMA DE GANTT-ENTIDAD_CONTRATANTE]**, correspondientes al Diagrama de Gantt del contratante y Diagrama de Gantt del contratista, respectivamente.

En esta etapa se utilizó el software WBS Schedule Pro para elaborar los desgloses de trabajo (EDT), tanto a partir de la planificación entregada por la entidad contratante como de la propuesta presentada por la empresa ejecutora. Gracias al acceso a la documentación oficial, fue posible reconstruir y comparar ambas estructuras, lo que permitió visualizar de forma más clara la organización de actividades, su secuencia lógica y la jerarquía de ejecución dentro del proyecto. Los archivos generados en esta fase se adjuntan como **Anexo [EDTE-CONTRATISTA-EJECUTOR]** y **Anexo [EDT-ENTIDAD-CONTRATANTE]**, correspondientes al EDT del contratante y al EDT del contratista, respectivamente.

Los desgloses de trabajo (EDT) permiten visualizar de forma estructurada y jerarquizada las actividades puntuales que conforman una obra. En el caso del proyecto analizado, esta herramienta fue clave para identificar y organizar las tareas en función de sus frentes de ejecución. A través del uso del software WBS Schedule Pro, se evidenciaron siete estructuras principales que definen claramente el alcance del proyecto: obras preliminares, movimiento de tierras, estructura de pavimento, bordillos, drenaje, señalización y componentes ambientales. Esta segmentación no solo facilita el análisis técnico, sino que también permite

evaluar la secuencia lógica y la dependencia entre actividades, lo cual resulta clave para organizar y supervisar de manera efectiva el cronograma del proyecto.

Ilustración 1:
Desglose de Trabajo, Autor propio

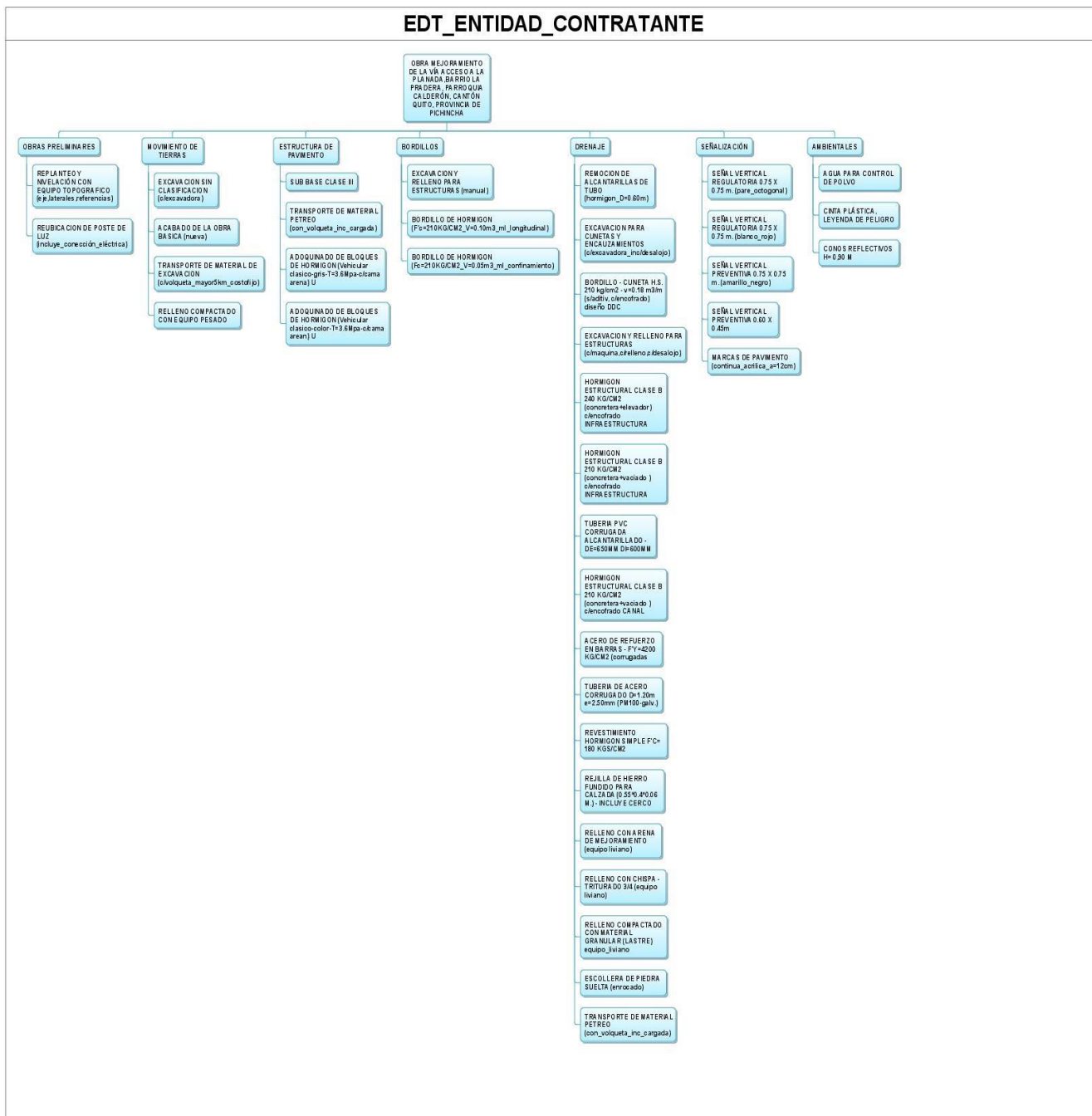
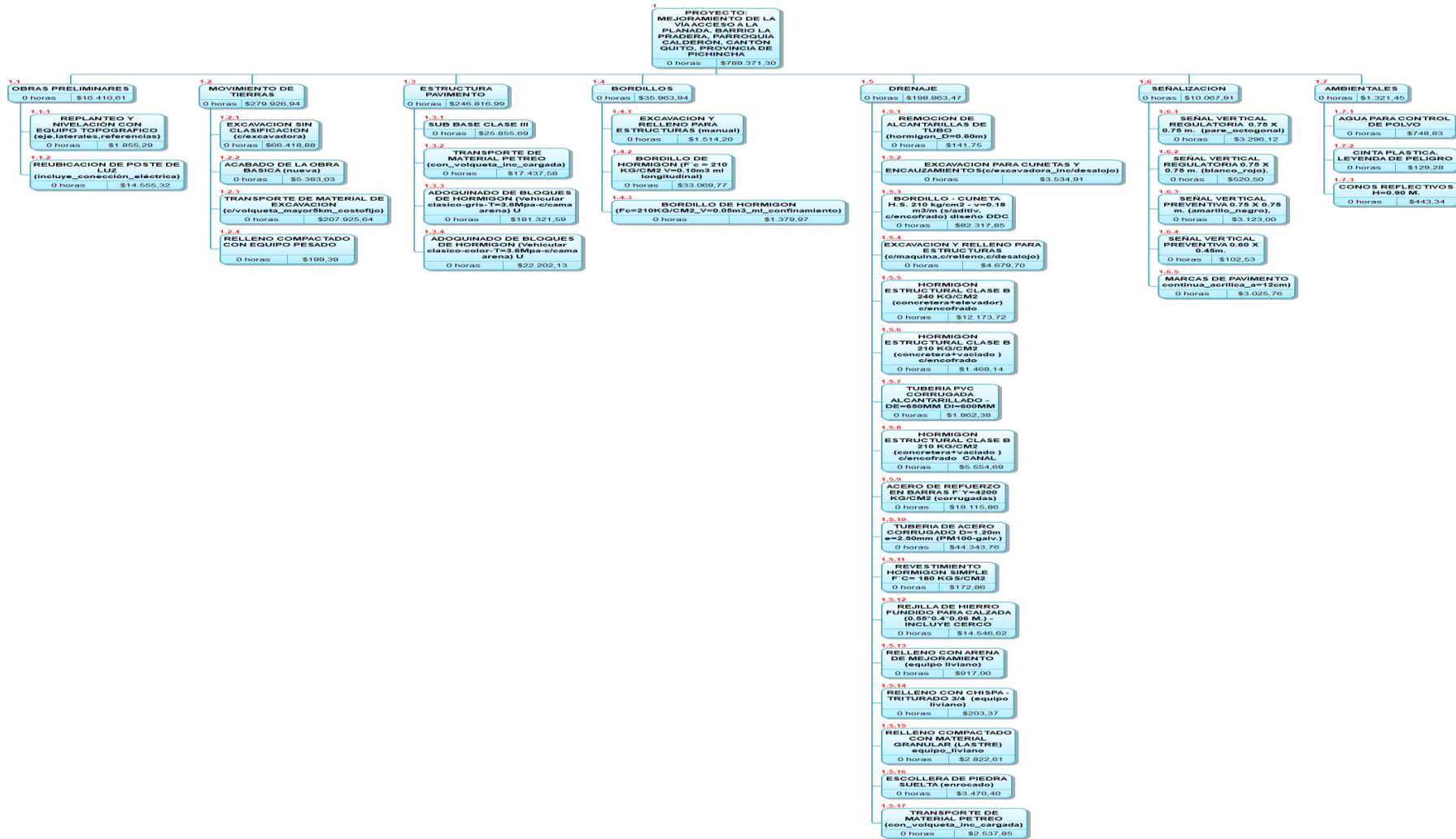


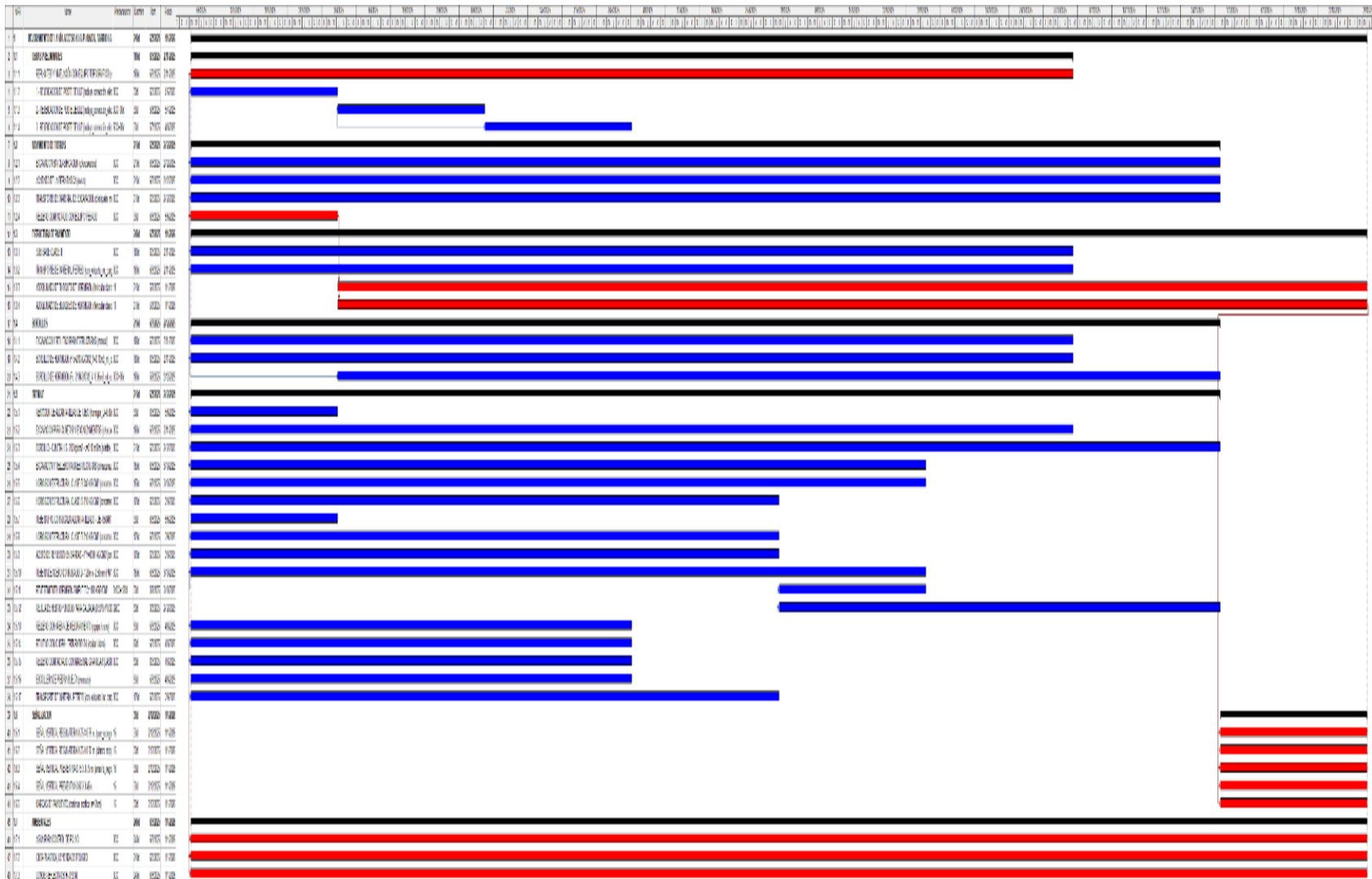
Ilustración 2:
Desglose de Trabajo, Autor propio



. Para la elaboración del cronograma del proyecto se utilizó el software **WBS Schedule Pro** (ver Ilustración 3), aprovechando su funcionalidad para desarrollar la estructura de desglose del trabajo (EDT) y, a partir de esta, generar el diagrama de Gantt. La duración de cada actividad se definió con base en la documentación técnica y contractual proporcionada tanto por la entidad contratante como por la empresa contratista, lo cual aseguró que los plazos de ejecución sea el contractual

Los archivos generados se adjuntan como **Anexo [IMAGEN_DIAGRAMA DE GANTT-ENTIDAD_CONTRATANTE]**, correspondientes al Diagrama de Gantt del contratante y Diagrama de Gantt del contratista, respectivamente.

Ilustración 3:
Diagrama de Gantt Entidad Contratante, Autor propio.



Determinación de la Ruta Crítica del Proyecto

El establecimiento de la ruta crítica y la evaluación de riesgos en la programación se logró a través del análisis detallado del cronograma con WBS Schedule Pro. A través de este proceso se detectaron actividades sin holgura que conforman la secuencia crítica del proyecto, es decir, aquellas cuya duración impacta directamente en la fecha final de entrega. Las líneas de tonalidad rojo son las que se interpreta como la posible ruta crítica y será la que se debe realizar y gestionar los debidos controles.

Entre las tareas más relevantes dentro de esta ruta crítica se *encuentran “replanteo y nivelación con un equipo topográfico (ejes, laterales y referencias)”*, así como las actividades de control ambiental, que incluyen el uso de agua para mitigación de polvo, el rubro de la colocación de *“cinta plásticas, con leyendas de peligro”* y conos reflectivos de 0,90 m de altura. Estas acciones, aunque algunas de ellas suelen considerarse preliminares o complementarias, resultan ser puntos estratégicos dentro del cronograma, ya que su retraso puede desencadenar efectos en cadena sobre otras fases del proyecto.

Adicionalmente, dentro del grupo de actividades correspondientes al movimiento de tierras, se identificó como parte de la ruta crítica el rubro de relleno compactado, cuya ejecución es clave para habilitar la siguiente fase constructiva. Su ubicación en una etapa temprana y su condición de base para otras partidas estructurales le otorgan un peso determinante en la secuencia del proyecto. Por otro lado, en la estructura de pavimento, los rubros de adoquinado gris y adoquinado de color también forman parte de la ruta crítica, dado que su ejecución se extiende hasta la fase final del cronograma. Esto implica que cualquier desviación en su inicio o desarrollo puede afectar directamente la fecha de culminación del proyecto. El archivo generado en (WBS Schedule) se adjunta como Anexo [DIAGRAMA DE GANTT- CONTRATANTE].

Procesamiento de datos y fórmulas aplicadas

Como parte del análisis de la información recopilada, se procedió a calcular los plazos de ejecución de los rubros del presupuesto tomando como base los rendimientos indicados los datos técnicos consignados en los precios unitarios desglosados tanto de la entidad contratante como de la empresa ejecutora. Este procedimiento permitió evaluar la coherencia entre los rendimientos propuestos y los cronogramas entregados.

Para ello, se utilizó la fórmula del **rendimiento inverso** (R_i) que permite estimar el tiempo requerido para ejecutar una actividad a partir de su cantidad total (Q) y del rendimiento reportado (R), de acuerdo con la siguiente relación:

$$R = \frac{Q}{T} \quad y \quad R_i = \frac{1}{R}$$

Donde:

T es el tiempo estimado (en horas)

Q es la cantidad de trabajo (en km, m³, etc.)

R es el rendimiento directo (por ejemplo, km/h)

R_i es el rendimiento inverso (por ejemplo, h/km)

Posteriormente, el tiempo estimado fue transformado a días hábiles, tomando en cuenta una jornada laboral típica de 8 horas por día. De acuerdo con la legislación ecuatoriana, esta es la duración permitida para la jornada ordinaria (Ministerio del Trabajo del Ecuador, 2024), lineamiento que se aplicó en este estudio. Con base en este criterio, se procede a exponer el cálculo correspondiente a la tarea de replanteo y nivelación con equipo topográfico, que incluye ejes, márgenes y puntos de referencia.

Tabla 1.

Cálculo de rendimientos y duración estimada para la actividad de REPLANTEO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRAFICO (eje, laterales, referencias) de la Entidad Contratante

| Actividad | Cantidad (Q) [km] | Rendimiento Apu (R = Q/T) [km/h] | Rendimiento Inverso (Ri = T/Q) [h/km] | Duración Estimada [días]* |
|---|-------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Replanteo y nivelación con equipo topográfico (eje, laterales, referencias) | 1,85 | 23,500 | 0,0426 | 5 |

Nota: Cálculo considerando jornada laboral de 8 horas diarias.

Fuente: Elaboración propia con base en documentos oficiales del contrato y presupuesto adjudicado.

Detalles del cálculo:

- Rendimiento inverso:

$$Ri = \frac{1}{23,500} = 0,0426 \text{ h/km}$$

- Duración total en horas:

$$T = Q \times Ri = (1,85 \text{ km} \times 23,5 \text{ h/km}) = 43,475 \text{ horas}$$

- Duración en días (8h/día):

$$T = \frac{Q}{Ri \times 8 \text{ h/día}}$$

$$T = \frac{43,475 \text{ h}}{8 \text{ h/día}} = 5,43 \text{ días}$$

Este ejercicio permitió determinar con mayor precisión la duración real de las actividades analizadas. En el caso del rubro de replanteo y nivelación con equipo topográfico, el rendimiento obtenido a partir del análisis de precios unitarios (APU) fue de 23,5 horas por kilómetro, lo que equivale a un rendimiento directo de 0,0426 km/h. Al aplicar este valor a los 1,85 km planificados para la obra, se estimó un tiempo total de ejecución de aproximadamente 43,475 horas. Este resultado, al dividirse para una jornada laboral estándar de 8 horas diarias (Ministerio del Trabajo del Ecuador, 2024), da como resultado una duración de 5,4 días. Sin embargo, al tratarse de una fracción de día no fácilmente interpretable en la planificación, se

optó por redondear este valor utilizando la función **REDONDEAR.MAS** de Excel, obteniendo así una duración definitiva de 6 días calendario. Este procedimiento se aplicó a todos los rubros que componen la estructura de desglose trabajo (EDT), aunque en este apartado se presenta únicamente un ejemplo representativo para ilustrar la metodología empleada.

Fase 3: Comparación de metodologías

Un elemento de particular relevancia en esta comparación fue la variación existente entre los presupuestos analizados. El estudio permitió identificar que el valor económico propuesto por la contratista resulta considerablemente inferior al establecido por la entidad contratante, lo que incide directamente en la estructuración del cronograma, la disponibilidad de recursos y los rendimientos técnicos considerados. Esta diferencia presupuestaria también se refleja en los plazos asignados a determinados rubros y en la simplificación observada en los cronogramas presentados por la empresa ejecutora.

Tabla 2.

Comparación general de presupuestos: entidad contratante vs. Contratista ejecutora

| Proyecto | Presupuesto entidad contratante (USD) | Presupuesto contratista ejecutora (USD) | Diferencia (USD) | Variación (%) |
|--|---------------------------------------|---|------------------|---------------|
| <i>Mejoramiento de la vía acceso a La Planada, barrio La Pradera, parroquia Calderón, cantón Quito</i> | 918.161,42 | 789.371,30 | 128.790,12 | 14,03 % |

Fuente: Elaboración propia con base en documentos oficiales del contrato y presupuesto adjudicado.

Como parte del análisis comparativo efectuado, se evidenció una diferencia sustancial entre el presupuesto asignado por la entidad contratante y el ofertado por la empresa adjudicataria responsable de la ejecución de la obra. Esta situación se identificó en el marco del

proyecto denominado “Mejoramiento de la vía de acceso a La Planada, barrio La Pradera, parroquia Calderón, cantón Quito”, el cual sirvió como caso de estudio para el presente trabajo. fue presupuestado inicialmente en **USD 918.161,42** por la entidad contratante. Sin embargo, el monto adjudicado a la contratista ejecutora fue de **USD 789.371,30**, lo que representa una disminución del **14,03 %**. Las diferencias observadas pueden estar relacionadas con diversos factores, tales como el enfoque metodológico aplicado, los rendimientos previstos, los costos directos, así como los componentes correspondientes a gastos indirectos y márgenes de utilidad establecidos por cada parte. Estos elementos resultan determinantes al momento de analizar los plazos de ejecución y las estrategias constructivas seleccionadas durante la implementación del proyecto.

En esta fase del estudio, se desarrolló un análisis comparativo entre la planificación técnica y económica propuesta por la entidad contratante y la ejecutada por la empresa adjudicataria. Para ello, se examinaron los cronogramas valorados y los reportes de avance acumulado, los cuales fueron sistematizados mediante cuadros y representaciones gráficas que facilitaron la identificación precisa de las concordancias y discrepancias existentes entre ambas propuestas.

Tabla 3:

Comparación de Valores Totales Presupuestados por Parte Contratante y Contratista

| Mes del Informe | ENTIDAD CONTRATANTE | | | CONTRATISTA | | |
|-----------------|---------------------|------------------------|-------------|---------------|------------------------|-------------|
| | Monto Mensual | % Ejecución Programada | % Acumulado | Monto Mensual | % Ejecución Programada | % Acumulado |
| Inicio | | | 0% | | | 0% |
| MES 1 | 107709,37 | 11,73% | 11,73% | 90639,28927 | 11,48% | 11,48% |
| MES 2 | 137378,55 | 14,96% | 26,69% | 122796,3372 | 15,56% | 27,04% |
| MES 3 | 141385,78 | 15,40% | 42,09% | 120182,0916 | 15,23% | 42,26% |
| MES 4 | 134041,17 | 14,60% | 56,69% | 118143,4021 | 14,97% | 57,23% |
| MES 5 | 136351,61 | 14,85% | 71,54% | 115895,9125 | 14,68% | 71,91% |
| MES 6 | 116606,68 | 12,70% | 84,24% | 98627,13484 | 12,49% | 84,41% |

| | | | | | | |
|--------------|----------------------|----------------|---------|----------------------|----------------|---------|
| MES 7 | 100742,44 | 10,97% | 95,21% | 94512,10082 | 11,97% | 96,38% |
| MES 8 | 43945,82 | 4,79% | 100,00% | 28575,03159 | 3,62% | 100,00% |
| | \$ 918.161,42 | 100,00% | | \$ 789.371,30 | 100,00% | |

Fuente: Elaboración propia análisis comparativo del presupuesto total de ejecución del proyecto.

Una de las principales observaciones obtenidas del cuadro comparativo de ejecución (**Tabla 3**) fue los porcentajes de ejecución programada, variaciones mínimas, por el ejemplo el Mes 1 la Entidad propone un avance del 11,73% de la ejecución programada, mientras tanto la Contratista programa su ejecución en el 11,48%.

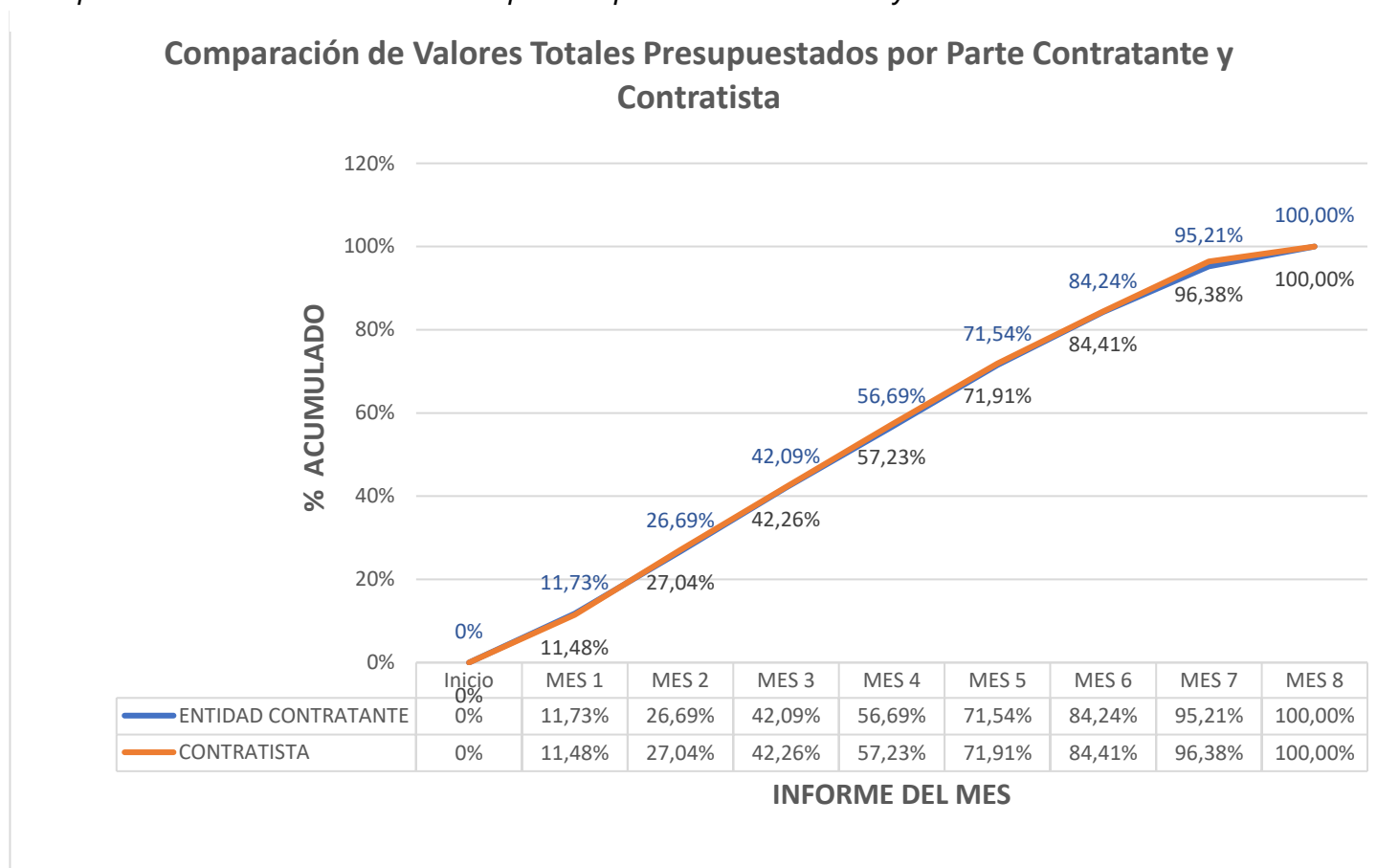
Para complementar el análisis de la matriz de ejecución y facilitar la interpretación de los datos, se elaboró un gráfico S. Este recurso visual permite observar con mayor claridad cómo fue avanzando el proyecto mes a mes, tanto desde la perspectiva de la entidad contratante como desde la del contratista. Al representar el porcentaje acumulado de ejecución, el gráfico ayuda a identificar de forma sencilla si hubo retrasos, adelantos. Además, su formato para facilitar, comparar el comportamiento de ambas partes y entender mejor la dinámica general del proyecto a lo largo del tiempo.

El gráfico denominado “Comparación de valores totales presupuestados por parte contratante y contratista” presenta el análisis de la ejecución acumulada del presupuesto a lo largo del período contractual. El eje vertical (Y) representa el porcentaje acumulado de ejecución, mientras que el eje horizontal (X) corresponde a los distintos informes mensuales. Se visualizan dos curvas: una en color azul, correspondiente a los registros de la parte contratante, y otra en color naranja, que representa la información reportada por el contratista. La similitud entre ambas curvas evidencia una correspondencia técnica sostenida en los niveles de avance, con diferencias mínimas entre los valores reportados, lo cual sugiere un control

financiero alineado entre las partes y una ejecución presupuestaria sin desviaciones significativas.

Ilustración 4:

Comparación de Valores Totales Presupuestos por Parte Contratante y Contratista



Fuente: Elaboración propia.

Fase 3: Comparación de la Metodología Propuesta con la Metodología Contractual

La metodología original se basa en una estructura tradicional y poco flexible, con procesos generalmente definidos desde una perspectiva administrativa más que técnica, la propuesta metodológica incorpora herramientas modernas de gestión de proyectos como

cronogramas valorados detallados, análisis de ruta crítica y una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) adaptada específicamente a obras adoquinadas.

Estas diferencias se reflejan de manera concreta en el cuadro comparativo de rubros analizados entre los costos referenciales de la entidad contratante y los costos presentados por la empresa contratista. En dicho análisis se observa que varios ítems presentan un porcentaje de disminución en relación con el presupuesto referencial, lo cual indica que, al aplicar una planificación más eficiente y una asignación racional de recursos, es posible reducir los costos sin comprometer la calidad técnica de la obra.

La Ilustración 5 Ilustración 5:

Comparación de Valores Totales Presupuestados por Parte Contratante y Contratista ha sido diseñada para facilitar la comprensión de las variaciones de costos entre el presupuesto de la entidad contratante y la oferta de la contratista. Este gráfico es una herramienta efectiva para visualizar la magnitud de las diferencias de valor en diversos rubros del proyecto, apoyando la información cuantitativa presentada.

La Ilustración 6 Ilustración 6:

Diferencia de Presupuesto entre Entidad Contratante y Contratista, correspondiente al gráfico de barras titulado “*Diferencia de presupuesto entre entidad contratante y contratista*”, muestra una comparación mensual de los valores presupuestarios registrados por ambas partes durante el período de ejecución contractual. En el gráfico, el eje vertical representa los montos acumulados en términos monetarios, mientras que el eje horizontal refleja los diferentes meses comprendidos en el análisis. Las barras en color azul indican los valores asignados por la entidad contratante, mientras que las de color naranja representan los montos reportados por la empresa ejecutora. Se evidencia una tendencia constante en la que el presupuesto de la

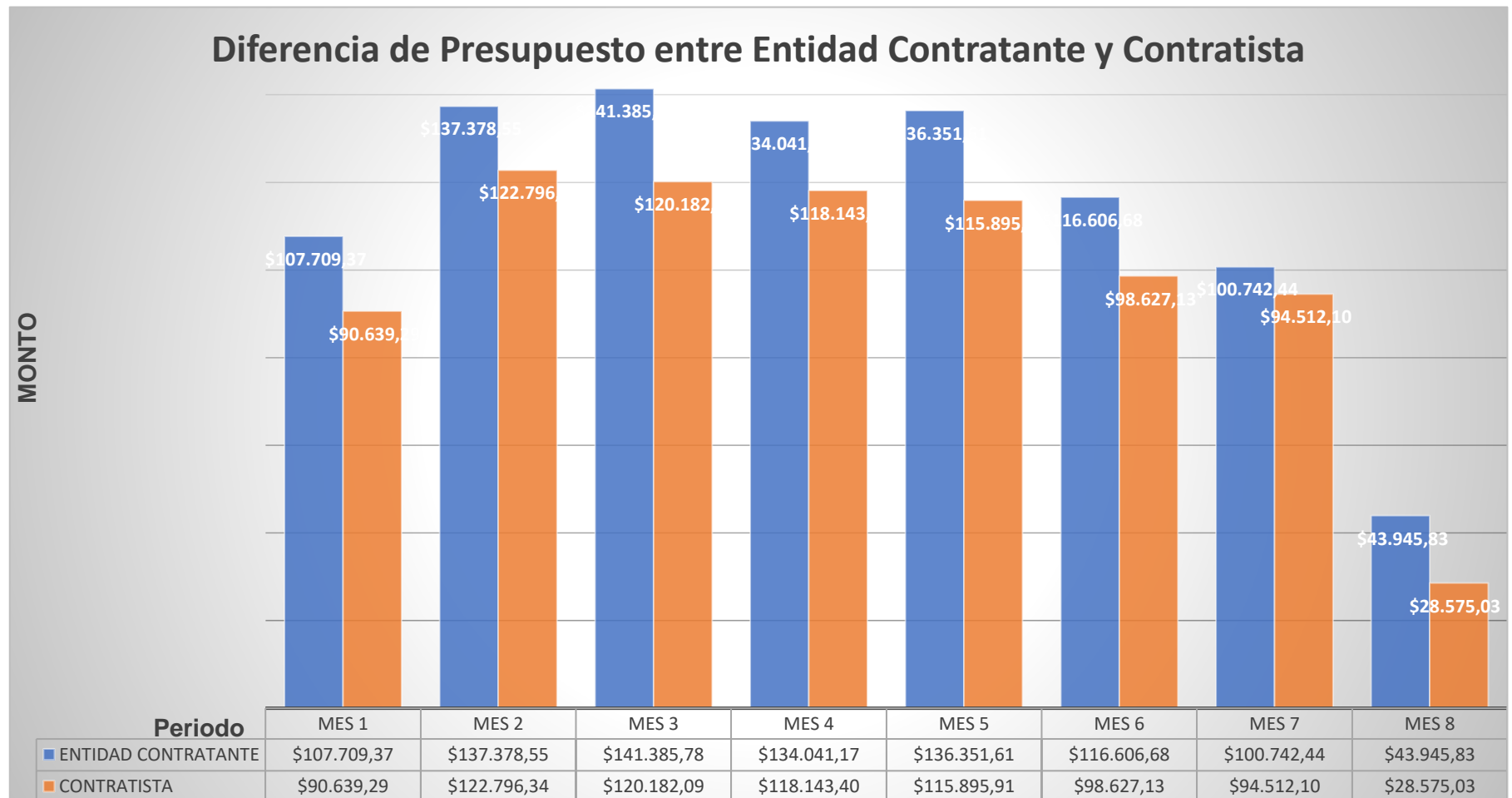
contratante supera al de la contratista. Esta diferencia responde, desde el punto de vista técnico, a una reducción del 14 % aplicada por la contratista sobre el presupuesto referencial, lo que genera una brecha sostenida entre ambas estimaciones a lo largo del desarrollo del proyecto.

Ilustración 5:
Comparación de Valores Totales Presupuestados por Parte Contratante y Contratista

| ITEM | RUBRO | UNIDAD | PU | CANTIDAD | PRECIO ENTIDAD CONTRATANTE | TIEMPO EN | | | | | | | | PRECIO CONTRATISTA | TIEMPO EN | | | | | | | | % | | | | | | | |
|------|--|--------|----------|-----------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------|
| | | | | | | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 | MES 6 | MES 7 | MES 8 | | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 | MES 6 | MES 7 | MES 8 | | | | | | | | |
| 1 | REPLANTEO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRÁFICO (ejé laterales referen | km | 1,002.86 | 1,88 | 2,073.67 | 345.64 | 345.64 | 345.64 | 345.64 | 345.64 | 345.64 | 345.64 | 1,855.29 | 296.85 | 296.85 | 296.85 | 296.85 | 296.85 | 296.85 | 371.06 | - | - | - | - | - | - | - | 10.54% | | |
| 2 | REUBICACION DE POSTE DE LUZ (incluye conexión eléctrica) | m2 | 632.84 | 23.00 | 17,629.50 | 5,676.50 | 5,676.50 | 5,676.50 | 5,676.50 | 5,676.50 | 5,676.50 | 5,676.50 | 14,555.32 | 4,803.26 | - | 4,803.26 | - | 4,948.81 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 17.44% | |
| 3 | EXCAVACION SIN CLASIFICACION (c/ excavadora) | m2 | 3.14 | 21152.51 | 74,033.73 | 10,576.26 | 10,576.26 | 10,576.26 | 10,576.26 | 10,576.26 | 10,576.26 | 10,576.26 | 66,418.88 | 9,298.64 | 10,627.02 | 9,298.64 | 9,298.64 | 9,298.64 | 9,298.64 | 9,298.64 | 9,298.64 | 9,298.64 | 9,298.64 | 9,298.64 | 9,298.64 | 9,298.64 | 9,298.64 | 9,298.64 | 10.29% | |
| 4 | ACABADO DE LA OBRA BASICA (maera) | | 0.47 | 11453.25 | 6,070.22 | 867.17 | 867.17 | 867.17 | 867.17 | 867.17 | 867.17 | 867.17 | 5,383.03 | 753.62 | 861.28 | 753.62 | 753.62 | 753.62 | 753.62 | 753.62 | 753.62 | 753.62 | 753.62 | 753.62 | 753.62 | 753.62 | 753.62 | 753.62 | 11.32% | |
| 5 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION (c/ volqueta, mayor km, costo fijo) | m3 | 0.33 | 630077.70 | 284,632.63 | 37,804.66 | 37,804.66 | 37,804.66 | 37,804.66 | 37,804.66 | 37,804.66 | 37,804.66 | 207,925.64 | 29,109.59 | 33,288.10 | 29,109.59 | 29,109.59 | 29,109.59 | 29,109.59 | 29,109.59 | 29,109.59 | 29,109.59 | 29,109.59 | 29,109.59 | 29,109.59 | 29,109.59 | 29,109.59 | 29,109.59 | 21.43% | |
| 6 | RELLENO COMPACTADO CON EQUIPO PESADO | m3 | 1.33 | 149.92 | 223.38 | 223.38 | 223.38 | 223.38 | 223.38 | 223.38 | 223.38 | 223.38 | 199.39 | 199.39 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 10.74% | |
| 7 | SUB BASE CLASE II | KG | 9.03 | 2863.31 | 28,862.16 | 4,810.36 | 4,810.36 | 4,810.36 | 4,810.36 | 4,810.36 | 4,810.36 | 4,810.36 | 25,855.69 | 4,385.47 | 4,385.47 | 4,385.47 | 4,385.47 | 4,385.47 | 4,385.47 | 4,385.47 | 4,385.47 | 4,385.47 | 4,385.47 | 4,385.47 | 4,385.47 | 4,385.47 | 4,385.47 | 4,385.47 | 10.42% | |
| 8 | TRANSPORTE DE MATERIAL PETREO (con volqueta, inc. carpada) | m2 | 0.29 | 60128.57 | 21,546.65 | 3,607.77 | 3,607.77 | 3,607.77 | 3,607.77 | 3,607.77 | 3,607.77 | 3,607.77 | 17,437.58 | 2,964.39 | 2,964.39 | 2,964.39 | 2,964.39 | 2,964.39 | 2,964.39 | 2,964.39 | 2,964.39 | 2,964.39 | 2,964.39 | 2,964.39 | 2,964.39 | 2,964.39 | 2,964.39 | 2,964.39 | 19.44% | |
| 9 | ADOQUINADO DE BLOQUES DE HORMIGON (vehicular clasico-gris-T=3.6Mpa-c) | m2 | 17.59 | 10308.22 | 202,659.61 | 28,951.37 | 28,951.37 | 28,951.37 | 28,951.37 | 28,951.37 | 28,951.37 | 28,951.37 | 181,321.59 | - | 25,385.02 | 25,385.02 | 25,385.02 | 25,385.02 | 25,385.02 | 25,385.02 | 25,385.02 | 25,385.02 | 25,385.02 | 25,385.02 | 25,385.02 | 25,385.02 | 25,385.02 | 25,385.02 | 10.53% | |
| 10 | ADOQUINADO DE BLOQUES DE HORMIGON (vehicular clasico-color-T=3.6Mpa-c) | m3 | 19.39 | 1145.03 | 24,812.80 | 3,544.69 | 3,544.69 | 3,544.69 | 3,544.69 | 3,544.69 | 3,544.69 | 3,544.69 | 22,202.13 | - | 3,108.30 | 3,108.30 | 3,108.30 | 3,552.34 | 3,108.30 | 3,108.30 | 3,108.30 | 3,108.30 | 3,108.30 | 3,108.30 | 3,108.30 | 3,108.30 | 3,108.30 | 3,108.30 | 10.52% | |
| 11 | EXCAVACION Y RELLENO PARA ESTRUCTURAS (manual) | m3 | 9.80 | 154.51 | 1,691.88 | 281.98 | 281.98 | 281.98 | 281.98 | 281.98 | 281.98 | 281.98 | 1,514.20 | 257.41 | 257.41 | 257.41 | 257.41 | 257.41 | 257.41 | 257.41 | 257.41 | 257.41 | 257.41 | 257.41 | 257.41 | 257.41 | 257.41 | 257.41 | 10.50% | |
| 12 | BORDILLO DE HORMIGON (F'c = 210 KG/CM2 h=0.10m3 ml longitudinal) | m2 | 22.36 | 1478.97 | 36,959.46 | 6,159.91 | 6,159.91 | 6,159.91 | 6,159.91 | 6,159.91 | 6,159.91 | 6,159.91 | 30,069.77 | 5,621.86 | 5,621.86 | 5,621.86 | 5,621.86 | 5,621.86 | 5,621.86 | 5,621.86 | 5,621.86 | 5,621.86 | 5,621.86 | 5,621.86 | 5,621.86 | 5,621.86 | 5,621.86 | 5,621.86 | 10.52% | |
| 13 | BORDILLO DE HORMIGON (F'c=210KG/CM2 h=0.05m3 ml confinamiento) | m3 | 8.99 | 153.50 | 1,547.28 | 257.88 | 257.88 | 257.88 | 257.88 | 257.88 | 257.88 | 257.88 | 1,379.97 | - | 234.59 | 234.59 | 234.59 | 234.59 | 234.59 | 234.59 | 234.59 | 234.59 | 234.59 | 234.59 | 234.59 | 234.59 | 234.59 | 234.59 | 10.81% | |
| 14 | REMOCION DE ALCANTARILLAS DE TUBO (hormigon D=0.60m) | m3 | 9.45 | 15.00 | 158.55 | 168.55 | 168.55 | 168.55 | 168.55 | 168.55 | 168.55 | 168.55 | 141.75 | 141.75 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 10.60% | |
| 15 | EXCAVACION PARA CUNETAS Y ENCAJALAMIENTOS (c/ excavadora, inc. desajolo) | m3 | 7.13 | 485.78 | 3,951.37 | 658.56 | 658.56 | 658.56 | 658.56 | 658.56 | 658.56 | 658.56 | 3,534.91 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 600.93 | 10.54% |
| 16 | BORDILLO - CUNETA H.S. 210 kg/cm2 - h=0.18 m3 (s/ aditiv, c/ controlado) c/ seña | m3 | 43.17 | 1996.83 | 89,947.34 | 13,135.33 | 13,135.33 | 13,135.33 | 13,135.33 | 13,135.33 | 13,135.33 | 13,135.33 | 82,317.85 | 11,524.50 | 11,524.50 | 11,524.50 | 11,524.50 | 11,524.50 | 11,524.50 | 11,524.50 | 11,524.50 | 11,524.50 | 11,524.50 | 11,524.50 | 11,524.50 | 11,524.50 | 11,524.50 | 11,524.50 | 10.47% | |
| 17 | EXCAVACION Y RELLENO PARA ESTRUCTURAS (c/ maquinaria, c/ relleno, c/ desajolo) | m3 | 7.04 | 664.73 | 5,238.07 | 1,047.61 | 1,047.61 | 1,047.61 | 1,047.61 | 1,047.61 | 1,047.61 | 1,047.61 | 4,679.70 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 935.94 | 10.66% |
| 18 | HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE B 240 KG/CM2 (concretera+elevador) c/ seña | m3 | 198.14 | 61.44 | 13,602.82 | 2,720.56 | 2,720.56 | 2,720.56 | 2,720.56 | 2,720.56 | 2,720.56 | 2,720.56 | 12,173.72 | 2,434.74 | 2,434.74 | 2,434.74 | 2,434.74 | 2,434.74 | 2,434.74 | 2,434.74 | 2,434.74 | 2,434.74 | 2,434.74 | 2,434.74 | 2,434.74 | 2,434.74 | 2,434.74 | 2,434.74 | 10.51% | |
| 19 | HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE B 210 KG/CM2 (concretera+vaciado) c/ seña | m3 | 179.26 | 8.19 | 1,640.70 | 410.18 | 410.18 | 410.18 | 410.18 | 410.18 | 410.18 | 410.18 | 1,488.14 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 367.03 | 10.52% |
| 20 | TUBERIA PVC CORRUGADA ALCANTARILLADO - DE=650MM/ DI=600MM | m | 143.26 | 13.00 | 1,869.27 | 1,869.27 | 1,869.27 | 1,869.27 | 1,869.27 | 1,869.27 | 1,869.27 | 1,869.27 | 1,862.38 | - | 1,862.38 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.37% |
| 21 | HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE B 210 KG/CM2 (concretera+vaciado) c/ seña | m2 | 216.98 | 25.60 | 6,208.51 | 1,532.13 | 1,532.13 | 1,532.13 | 1,532.13 | 1,532.13 | 1,532.13 | 1,532.13 | 5,554.88 | 1,388.67 | 1,388.67 | 1,388.67 | 1,388.67 | 1,388.67 | 1,388.67 | 1,388.67 | 1,388.67 | 1,388.67 | 1,388.67 | 1,388.67 | 1,388.67 | 1,388.67 | 1,388.67 | 1,388.67 | 10.53% | |
| 22 | ACERO DE REFUERZO EN BARRAS F'Y=4200 KG/CM2 (compuadas) | m2 | 1.94 | 9388.07 | 20,450.37 | 5,112.59 | 5,112.59 | 5,112.59 | 5,112.59 | 5,112.59 | 5,112.59 | 5,112.59 | 18,115.86 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 4,528.96 | 11.42% |
| 23 | TUBERIA DE ACERO CORRUGADO D=1.20m (e=2.50mm) (PM100/galv) | m2 | 312.28 | 142.00 | 49,633.25 | 9,926.65 | 9,926.65 | 9,926.65 | 9,926.65 | 9,926.65 | 9,926.65 | 9,926.65 | 44,343.76 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 8,869.75 | 10.66% |
| 24 | REVESTIMIENTO HORMIGON SIMPLE F'c=180 KG/CM2 | u | 161.55 | 1.07 | 173.61 | 173.61 | 173.61 | 173.61 | 173.61 | 173.61 | 173.61 | 173.61 | 172.86 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.43% | |
| 25 | REJILLA DE HIERRO FUNDIDO PARA CALZADA (0.55'0.4'0.06 M) - INCLUYE CE | m | 115.45 | 126.00 | 16,281.72 | 16,281.72 | 16,281.72 | 16,281.72 | 16,281.72 | 16,281.72 | 16,281.72 | 16,281.72 | 14,546.62 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 10.66% |
| 26 | RELLENO CON ARENA DE MEJORAMIENTO (equipo liviano) | m | 17.45 | 52.55 | 1,024.73 | 341.58 | 341.58 | 341.58 | 341.58 | 341.58 | 341.58 | 341.58 | 917.00 | 302.61 | 302.61 | 311.78 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 10.51% |
| 27 | RELLENO CON CHISPA - TRITURADO 3/4 (equipo liviano) | m2 | 22.13 | 9.19 | 227.36 | 75.79 | 75.79 | 75.79 | 75.79 | 75.79 | 75.79 | 75.79 | 203.37 | 67.11 | 67.11 | 68.15 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 10.55% |
| 28 | RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL GRANULAR (LASTRE) equipo liviano | m2 | 11.56 | 244.17 | 3,152.23 | 1,050.74 | 1,050.74 | 1,050.74 | 1,050.74 | 1,050.74 | 1,050.74 | 1,050.74 | 2,822.61 | 931.46 | 931.46 | 959.69 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 10.46% |
| 29 | ESCALERA DE PIEDRA SUELTA (emrocado) | m2 | 28.92 | 120.00 | 3,913.20 | 1,304.40 | 1,304.40 | 1,304.40 | 1,304.40 | 1,304.40 | 1,304.40 | 1,304.40 | 3,470.40 | - | 1,145.23 | 1,145.23 | 1,179.94 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 11.32% |
| 30 | TRANSPORTE DE MATERIAL PETREO (con volqueta, inc. carpada) | m2 | 0.29 | 8751.19 | 3,150.43 | 787.61 | 787.61 | 787.61 | 787.61 | 787.61 | 787.61 | 787.61 | 2,537.85 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 634.46 | 19.44% |
| 31 | SEÑAL VERTICAL REGULADORA 0.75 X 0.75 m. (pare octogonal) | m2 | 173.48 | 19.00 | 3,682.58 | 3,682.58 | 3,682.58 | 3,682.58 | 3,682.58 | 3,682.58 | 3,682.58 | 3,682.58 | 3,296.12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 10.49% |
| 32 | SEÑAL VERTICAL REGULADORA 0.75 X 0.75 m. (blanco, rojal) | m | 173.50 | 3.00 | 581.46 | 581.46 | 581.46 | 581.46 | 581.46 | 581.46 | 581.46 | 581.46 | 520.50 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 10.48% |
| 33 | SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA 0.75 X 0.75 m. (amarillo, negro) | m | 173.50 | 18.00 | 3,488.76 | 3,488.76 | 3,488.76 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Ilustración 6:

Diferencia de Presupuesto entre Entidad Contratante y Contratista



Nota: Elaboracion propia

Análisis de variación de costos unitarios

Al comparar los costos unitarios de cada rubro entre el presupuesto referencial y la oferta del contratista, identificamos cuatro actividades con precios unitarios notablemente inferiores a las estimaciones de la entidad contratante. Esta disparidad puede originarse de diversas fuentes, como estrategias competitivas del contratista, posibles errores de cálculo, o diferencias en su análisis de precios unitarios.

Para cuantificar esta divergencia, aplicamos la siguiente fórmula para determinar la variación porcentual de cada rubro:

$$\text{Variación} = \frac{(\text{Contratista} - \text{Entidad})}{\text{Entidad}} \times 100$$

En la Ilustración 6, hemos clasificado estas variaciones para facilitar su interpretación. Consideramos un umbral mayor al 19% como "Crítico", mientras que las variaciones alrededor del 10% se etiquetan como "Moderado". Finalmente, los rubros con una variación inferior al 5% se marcan como "Normal", lo que permite una visualización clara del impacto en cada rubro.

La Ilustración 7: **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, muestra una hoja de cálculo en Excel que incorpora fórmulas con lógica bicondicional, lo cual permitió establecer un sistema de alertas automáticas de análisis. Este mecanismo clasifica los resultados en función del nivel de coherencia entre los valores presupuestados, determinando si el análisis es moderado (cuando los valores son consistentes) o crítico (cuando se identifican diferencias significativas). Esta herramienta facilitó la identificación de los rubros con mayores desviaciones, permitiendo focalizar la atención en aquellos que requieren un seguimiento más riguroso y que deben ser considerados como prioritarios en futuros procesos de análisis y control presupuestario.

Tabla 4:
Comparación de Precios Unitarios (Entidad Contratante VS. Contratista)

| ITEM | RUBRO | UNIDAD | PRECIO ENTIDAD CONTRATANTE | PRECIO CONTRATISTA | DIFERENCIA DE COSTO | % | Análisis |
|------|--|--------|----------------------------|--------------------|---------------------|--------|----------|
| 1 | REPLANTEO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRÁFICO (eje,laterales,referencias) | km | 2.073,87 | 1.855,29 | 218,58 | 10,54% | MODERADO |
| 2 | REUBICACION DE POSTE DE LUZ (incluye_conección_eléctrica) | m2 | 17.629,50 | 14.555,32 | 3.074,18 | 17,44% | MODERADO |
| 3 | EXCAVACION SIN CLASIFICACION (c/excavadora) | m2 | 74.033,79 | 66.418,88 | 7.614,91 | 10,29% | MODERADO |
| 4 | ACABADO DE LA OBRA BASICA (nueva) | | 6.070,22 | 5.383,03 | 687,19 | 11,32% | MODERADO |
| 5 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION (c/volqueta_mayor5km_costofijo) | m3 | 264.632,63 | 207.925,64 | 56.706,99 | 21,43% | CRÍTICO |
| 6 | RELLENO COMPACTADO CON EQUIPO PESADO | m3 | 223,38 | 199,39 | 23,99 | 10,74% | MODERADO |
| 7 | SUB BASE CLASE III | KG | 28.862,16 | 25.855,69 | 3.006,47 | 10,42% | MODERADO |
| 8 | TRANSPORTE DE MATERIAL PETREO (con_volqueta_inc_cargada) | m2 | 21.646,65 | 17.437,58 | 4.209,07 | 19,44% | CRÍTICO |
| 9 | ADOQUINADO DE BLOQUES DE HORMIGON (Vehicular clasico-gris-T=3.6Mpa-c/cama arena) U | m2 | 202.659,61 | 181.321,59 | 21.338,02 | 10,53% | MODERADO |
| 10 | ADOQUINADO DE BLOQUES DE HORMIGON (Vehicular clasico-color-T=3.6Mpa-c/cama arena) U | m3 | 24.812,80 | 22.202,13 | 2.610,67 | 10,52% | MODERADO |
| 11 | EXCAVACION Y RELLENO PARA ESTRUCTURAS (manual) | m3 | 1.691,88 | 1.514,20 | 177,68 | 10,50% | MODERADO |
| 12 | BORDILLO DE HORMIGON (F´c = 210 KG/CM2 V=0.10m3 ml longitudinal) | | 36.959,46 | 33.069,77 | 3.889,69 | 10,52% | MODERADO |
| 13 | BORDILLO DE HORMIGON (Fc=210KG/CM2_V=0.05m3_ml_confinamiento) | m3 | 1.547,28 | 1.379,97 | 167,32 | 10,81% | MODERADO |
| 14 | REMOCION DE ALCANTARILLAS DE TUBO (hormigon_D=0.60m) | m3 | 158,55 | 141,75 | 16,80 | 10,60% | MODERADO |
| 15 | EXCAVACION PARA CUNETAS Y ENCAUZAMIENTOS(c/excavadora_inc/desalojo) | m3 | 3.951,37 | 3.534,91 | 416,46 | 10,54% | MODERADO |
| 16 | BORDILLO - CUNETAS H.S. 210 kg/cm2 - v=0.18 m3/m (s/aditiv, c/encofrado) diseño DDC | m3 | 91.947,34 | 82.317,85 | 9.629,49 | 10,47% | MODERADO |
| 17 | EXCAVACION Y RELLENO PARA ESTRUCTURAS (c/maquina,c/relleno,c/desalojo) | m3 | 5.238,07 | 4.679,70 | 558,37 | 10,66% | MODERADO |
| 18 | HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE B 240 KG/CM2 (concretera+elevador) c/encofrado | m3 | 13.602,82 | 12.173,72 | 1.429,10 | 10,51% | MODERADO |
| 19 | INFRAESTRUCTURA HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE B 210 KG/CM2 (concretera+vaciado) c/encofrado | u | 1.640,70 | 1.468,14 | 172,56 | 10,52% | MODERADO |
| | INFRAESTRUCTURA | | | | | | |

| | | | | | | | |
|--------------|--|----|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 20 | TUBERIA PVC CORRUGADA ALCANTARILLADO - DE=650MM DI=600MM | | 1.869,27 | 1.862,38 | 6,89 | 0,37% | MODERADO |
| 21 | HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE B 210 KG/CM2 (concretera+vaciado) c/encofrado CANAL | m2 | 6.208,51 | 5.554,69 | 653,82 | 10,53% | MODERADO |
| 22 | ACERO DE REFUERZO EN BARRAS F`Y=4200 KG/CM2 (corrugadas) | m2 | 20.450,37 | 18.115,86 | 2.334,51 | 11,42% | MODERADO |
| 23 | TUBERIA DE ACERO CORRUGADO D=1.20m e=2.50mm (PM100-galv.) | m2 | 49.633,25 | 44.343,76 | 5.289,49 | 10,66% | MODERADO |
| 24 | REVESTIMIENTO HORMIGON SIMPLE F`C= 180 KGS/CM2 | u | 173,61 | 172,86 | 0,75 | 0,43% | MODERADO |
| 25 | REJILLA DE HIERRO FUNDIDO PARA CALZADA (0.55*0.4*0.06 M.) - INCLUYE CERCO | m | 16.281,72 | 14.546,62 | 1.735,10 | 10,66% | MODERADO |
| 26 | RELLENO CON ARENA DE MEJORAMIENTO (equipo liviano) | | 1.024,73 | 917,00 | 107,73 | 10,51% | MODERADO |
| 27 | RELLENO CON CHISPA - TRITURADO 3/4 (equipo liviano) | m2 | 227,36 | 203,37 | 23,99 | 10,55% | MODERADO |
| 28 | RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL GRANULAR (LASTRE) equipo_liviano | m2 | 3.152,23 | 2.822,61 | 329,62 | 10,46% | MODERADO |
| 29 | ESCOLLERA DE PIEDRA SUELTA (enrocado) | m2 | 3.913,20 | 3.470,40 | 442,80 | 11,32% | MODERADO |
| 30 | TRANSPORTE DE MATERIAL PETREO (con_volqueta_inc_cargada) | m2 | 3.150,43 | 2.537,85 | 612,58 | 19,44% | CRÍTICO |
| 31 | SEÑAL VERTICAL REGULATORIA 0.75 X 0.75 m. (pare_octogonal) | m2 | 3.682,58 | 3.296,12 | 386,46 | 10,49% | MODERADO |
| 32 | SEÑAL VERTICAL REGULATORIA 0.75 X 0.75 m. (blanco_rojo). | m | 581,46 | 520,50 | 60,96 | 10,48% | MODERADO |
| 33 | SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA 0.75 X 0.75 m. (amarillo_negro), | | 3.488,76 | 3.123,00 | 365,76 | 10,48% | MODERADO |
| 34 | SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA 0.60 X 0.45m. | Kg | 117,14 | 102,53 | 14,61 | 12,47% | MODERADO |
| 35 | MARCAS DE PAVIMENTO continua_acrilica_a=12cm) | m2 | 3.402,00 | 3.025,76 | 376,24 | 11,06% | MODERADO |
| 36 | AGUA PARA CONTROL DE POLVO | | 760,06 | 748,83 | 11,23 | 1,48% | MODERADO |
| 37 | CINTA PLASTICA, LEYENDA DE PELIGRO | m2 | 212,39 | 129,28 | 83,11 | 39,13% | CRÍTICO |
| 38 | CONOS REFLECTIVOS H=0.90 M. | u | 450,27 | 443,34 | 6,93 | 1,54% | MODERADO |
| TOTAL | | | | \$ 918.161,42 | \$ 789.371,30 | \$ 128.790,12 | 14,03% |

Nota: Elaboración propia

La Tabla 4 **Tabla 5:**

Comparación de Valores Totales por Rubro (Entidad Contratante vs. Contratista) ilustra las notables diferencias entre el presupuesto referencial de la entidad contratante y la propuesta económica del contratista. Se identificaron cuatro actividades con una reducción de precio unitario considerable, superando el 20% en ciertos casos.

- Es particularmente llamativo el Transporte de material de excavación (c/volquet_mayor5k_costofijo), donde la oferta del contratista es 56.000 dólares menor en valor absoluto.
- De igual forma, el transporte de materiales como la subbase clase III, ripio, arena, material de mejoramiento y escollera, agrupados bajo Transporte de Material Pétreo (con volqueta_inc_cargada), así como la cinta plástica con leyenda de peligro, reflejan disminuciones significativas en sus costos.

Tabla 5:
Comparación de Valores Totales por Rubro (Entidad Contratante vs. Contratista)

| RUBRO | PRECIO ENTIDAD CONTRATANTE | PRECIO CONTRATISTA | DIFERENCIA | Análisis |
|--|----------------------------|--------------------|------------|----------|
| TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION (c/volqueta_mayor5km_costofijo) | 264.632,63 | 207.925,64 | 56.706,99 | CRÍTICO |
| TRANSPORTE DE MATERIAL PETREO (con_volqueta_inc_cargada) | 21.646,65 | 17.437,58 | 4.209,07 | CRÍTICO |
| TRANSPORTE DE MATERIAL PETREO (con_volqueta_inc_cargada) | 3.150,43 | 2.537,85 | 612,58 | CRÍTICO |
| CINTA PLASTICA, LEYENDA DE PELIGRO | 212,39 | 129,28 | 83,11 | CRÍTICO |

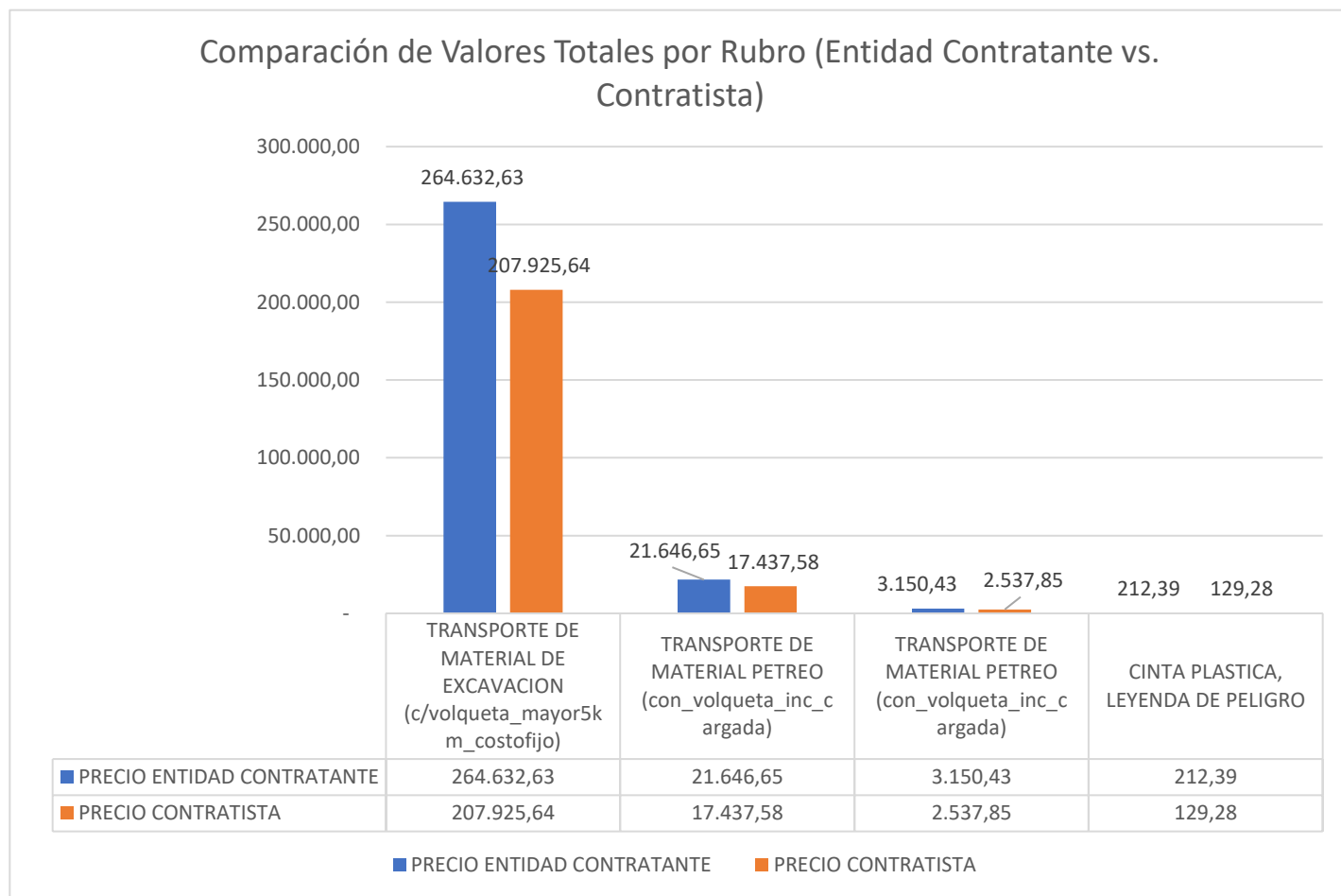
Fuente: Elaboración propia análisis comparativo de los valores totales por Rubro.

Con el objetivo de visualizar las diferencias más relevantes en la valoración presupuestaria, se ha desarrollado la **Ilustración 7:**

Comparación de Valores Totales por Rubro (Entidad Contratante vs. Contratista); **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** que muestra un gráfico de barras comparativo que muestra los valores totales por rubro, diferenciando entre la entidad contratante y el contratista. En el eje X se representan los distintos rubros críticos del presupuesto, mientras que el eje Y muestra los montos asociados a cada uno de ellos. Este recurso gráfico resulta fundamental no solo para realizar un análisis técnico detallado de las discrepancias existentes, sino también para respaldar y fortalecer las observaciones emitidas durante el proceso de evaluación comparativa.

Ilustración 7:

Comparación de Valores Totales por Rubro (Entidad Contratante vs. Contratista)



Nota: Elaboración propia

Diagnóstico Técnico Previo y Descripción del Uso de Pareto

Con el objetivo de determinar los factores que inciden con mayor intensidad en el problema central de la investigación, se aplicó un análisis técnico preliminar basado en el enfoque propuesto por Vilfredo Pareto (Pareto, 1896). Esta metodología facilita la organización y representación gráfica de las variables más significativas, permitiendo identificar cuáles concentran el mayor impacto en los resultados, bajo el criterio del principio 80/20.

Como parte del diagnóstico técnico, se aplicó el principio de Pareto al presupuesto ofertado por la contratista, con el objetivo de identificar aquellos rubros que concentran la mayor proporción del valor total del proyecto. Este análisis reveló que siete rubros representan aproximadamente el 81% del presupuesto total, lo que permite enfocar el control técnico y económico en los ítems de mayor impacto.

Entre estos, destacan el transporte de material de excavación, que representa el 26,3% del monto total ofertado; el adoquinado vehicular, con un 23,0%; y la ejecución de bordillos de hormigón (longitudinal), que, en conjunto, superan el 14%. Otros rubros como la excavación general, la instalación de tubería de acero corrugado y la colocación de Subbase Clase III también figuran dentro de este grupo prioritario.

Esta concentración presupuestaria permitió identificar que algunos de estos rubros coinciden con actividades que presentan bajos rendimientos técnicos, observados en el análisis previo. Tal coincidencia refuerza su análisis, ya que se trata de tareas que podrían comprometer el cumplimiento de los plazos y afectar la sostenibilidad económica de la obra si no son gestionadas de forma adecuada

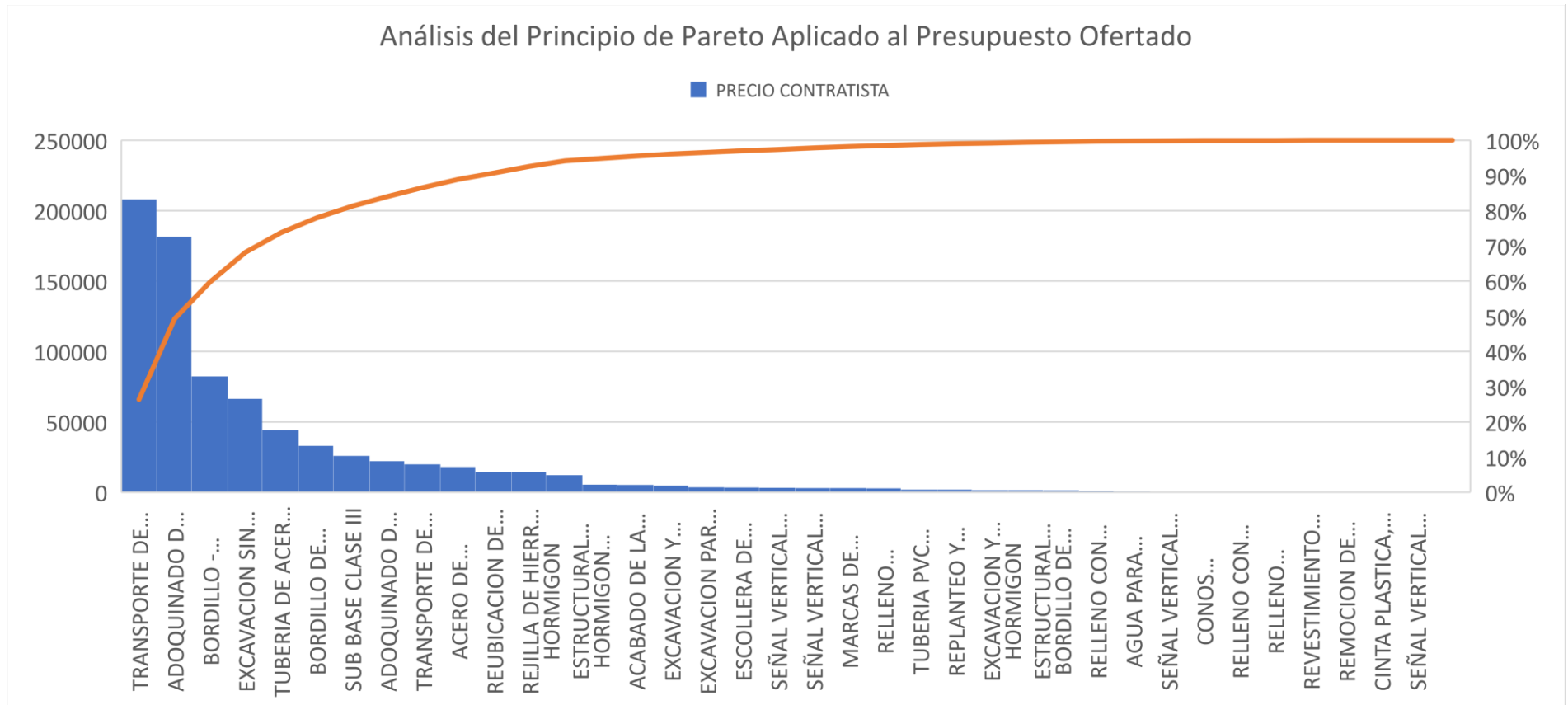
Tabla 6:
Análisis del Principio de Pareto Aplicado al Presupuesto Ofertado

| ITEM | RUBRO | PRECIO CONTRATISTA | ACUMULADO | % | ACUMULADO (%) |
|------|---|-----------------------|------------|-------|------------------|
| 1 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION (c/volqueta_mayor5km_costofijo) | 207.925,64 | 207.925,64 | 26,3% | 26,34% |
| 2 | ADOQUINADO DE BLOQUES DE HORMIGON (Vehicular clasico-gris-T=3.6Mpa-c/cama arena) U | 181.321,59 | 389.247,23 | 23,0% | 49,31% |
| 3 | BORDILLO - CUNETAS H.S. 210 kg/cm ² - v=0.18 m ³ /m (s/aditiv, c/encofrado) diseño DDC | 82.317,85 | 471.565,08 | 10,4% | 59,74% |
| 4 | EXCAVACION SIN CLASIFICACION (c/excavadora) | 66.418,88 | 537.983,96 | 8,4% | 68,15% |
| 5 | TUBERIA DE ACERO CORRUGADO D=1.20m e=2.50mm (PM100-galv.) | 44.343,76 | 582.327,72 | 5,6% | 73,77% |
| 6 | BORDILLO DE HORMIGON (F'c = 210 KG/CM ² V=0.10m ³ ml longitudinal) | 33.069,77 | 615.397,49 | 4,2% | 77,96% |
| 7 | SUB BASE CLASE III | 25.855,69 | 641.253,18 | 3,3% | 81,24% |

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 8:

Análisis del Principio de Pareto Aplicado al Presupuesto Ofertado



Nota: Elaboración propia

Para visualizar de forma más clara los rubros que concentran el mayor porcentaje del presupuesto, se elaboró un gráfico de Pareto (Ilustración 11:

Análisis del Principio de Pareto Aplicado al Presupuesto Ofertado), el cual muestra que solo siete actividades representan aproximadamente el 81% del valor total ofertado. Esta información resulta clave para focalizar el análisis técnico y fundamentar la propuesta metodológica que se desarrolla en los apartados siguientes.

La gráfica facilita priorizar la supervisión y control sobre estos rubros críticos, ya que cualquier desviación en ellos puede tener un impacto significativo en el resultado global del proyecto. Esta información fue fundamental para estructurar la metodología de validación técnica planteada en los siguientes apartados.

Análisis de Rendimientos Reales

A partir del cálculo de los rendimientos inversos, se estimó la duración en días de cada rubro de obra. El análisis evidenció que dos actividades clave —el transporte de material de excavación y el adoquinado de bloques de hormigón— superan el plazo total contractual del proyecto, lo que indica una subestimación en la planificación original.

Tabla 7:

Análisis del Rendimiento Inverso para obtener la duración en días, de la oferta del Contratista

| RUBRO/DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | RENDIMIENTO DEL APU CONTRACTUAL (H/U) | RENDIMIENTO O(U/H) | DURACIÓN (DÍAS) |
|---|--------|--------------|--|-----------------------|--------------------|
| TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION (c/volqueta_mayor5km_costofijo) | m3/km | 630077,70000 | 0,0043 | 232,5581395 | 339 |
| ADOQUINADO DE BLOQUES DE HORMIGON (Vehicular clasico-gris-T=3.6Mpa-c/cama arena) U | m2 | 10308,22000 | 0,229 | 4,366812227 | 296 |

Fuente: *Elaboración propia.*

De forma coincidente, estos mismos rubros figuran entre los de mayor impacto económico según el análisis de Pareto, ya que en conjunto representan aproximadamente el 49% del valor total ofertado. Esta doble condición —alto costo y bajo rendimiento— convierte a estos ítems en críticos para la viabilidad técnica y económica del proyecto.

Ante este escenario, se plantea recalcular los rendimientos de manera realista, tomando como referencia experiencias de campo, bases históricas y unidades de análisis de costos utilizadas por entidades públicas, con el fin de ajustar la planificación a condiciones operativas concretas y evitar riesgos en el cumplimiento de plazos y presupuestos.

Diagnóstico del Rendimiento de Transporte de Material De Excavación

Con base en los resultados del análisis técnico previo, que evidenció bajos rendimientos en rubros críticos como el transporte de material de excavación, el adoquinado de bloques de hormigón y el transporte de material pétreo, se plantea el desarrollo de un rendimiento óptimo ajustado a las condiciones reales del proyecto.

Para ello, se toma como referencia el informe técnico del “Mejoramiento de la vía de acceso a La Planada, barrio La Pradera, parroquia Calderón, cantón Quito, provincia de Pichincha”, elaborado por la Dirección de Vialidad del Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia de Pichincha en septiembre de 2023. (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha, 2023).

De acuerdo con el Capítulo 6 del diseño vial del mencionado informe, la longitud total del tramo intervenido es de 1,85 km, desde la abscisa 0+055 hasta 1+902. Además, el Capítulo 10 detalla que los materiales pétreos y hormigones deberán ser abastecidos desde la mina de Guayllabamba, ubicada a una distancia aproximada de 21 km del centro de gravedad del proyecto. Por su parte, el Capítulo 11 indica que el botadero más cercano para el desalojo de material excedente es la escombrera de San Antonio de Tanlahua, situada a 25 km del área de intervención.

Estos datos técnicos son fundamentales para recalcular los rendimientos reales de los rubros mencionados, considerando variables como distancia de transporte, tiempos operativos, disponibilidad de maquinaria y condiciones logísticas. La propuesta busca establecer valores de rendimiento más representativos de la realidad, que sirvan como insumo para el control técnico del proyecto y la planificación futura.

Análisis del Rendimiento de Excavación y Transporte De Material

Con el fin de establecer la viabilidad técnica y económica del desalojo del volumen total de excavación proyectado (21.152,51 m³), se ha realizado un análisis detallado del rendimiento

de la maquinaria principal involucrada, la excavadora Hyundai 320, así como del sistema de transporte mediante volquetas de un volumen de ocho metros cúbicos (8m^3).

Las volquetas utilizadas para el transporte del material excavado tienen una capacidad de 8 m^3 , lo que las clasifica como vehículos de carga pesada sujetos a regulación. De acuerdo con la (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2014) la circulación de estos vehículos en la Red de Servicio Local está restringida sin la autorización de la EMSAT. Además, (Agencia Metropolitana de Tránsito, 2023) implementa el sistema “Pico y Placa” para vehículos de carga, limitando su movilidad en horarios específicos.

Este análisis permite determinar la capacidad operativa diaria del equipo en condiciones reales de trabajo, estableciendo el rendimiento óptimo considerando factores técnicos como la eficiencia operativa, el tipo de material, la distancia al botadero y la logística de transporte.

A continuación, se presenta el desarrollo de los cálculos y resultados que permiten justificar la optimización del tiempo estimado en relación con el cronograma valorado presentado por la contratista.

Rendimiento de la Excavación

Equipo: Excavadora Hyundai 320 (oruga)

- Material a excavar: Suelo mixto (arena, arcilla)
- Jornada laboral: 8 horas/día
- V_c = Capacidad del cucharón: $0,8\text{ m}^3$
- E_0 = Eficiencia operativa estimada: 80%
- F_l = Factor de llenado del cucharón: 0,95
- T_c =Tiempo de ciclo (promedio): 0,6 minutos

Cálculo del rendimiento teórico por hora

$$R = \frac{Vc \times Fl \times E \times 3600}{Tc}$$

$$R = \frac{0.8 \times 0.8 \times 0.95 \times 3600}{60}$$

$$R = 36.48 \text{ m}^3/\text{h}$$

Producción estimada

Producción diaria estimada: $36.5 \times 8 = 292 \text{ m}^3/\text{día}$

Según (Peña, 2013), el rendimiento teórico de una excavadora puede determinarse con base en el volumen útil del cucharón, la eficiencia operativa, el factor de llenado y el tiempo del ciclo.

Análisis del transporte

El volumen del desalojo según presupuesto es de $21.152,51 \text{ m}^3$, los datos iniciales son:

Tabla 8:

Datos iniciales para el análisis del transporte

| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Volumen total a transportar | 21.152,51 m ³ |
| Capacidad por volqueta | 8 m ³ |
| Distancia al botadero (ida) | 25 km |
| Velocidad promedio | 65 km/h |
| Tiempo de carga | 15 min = 0,25 h |
| Tiempo de descarga | 10 min = 0,17 h |
| Jornada laboral | 8 horas |

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo total por ciclo (ida, vuelta, carga y descarga)

Distancia total por viaje:

$$25 \text{ km (ida)} + 25 \text{ km (retorno)} = 50 \text{ km}$$

Tiempo de transporte:

$$50 \text{ km} \div 65 \text{ km/h} = 0,77 \text{ horas}$$

Tiempo total por ciclo:

$$0,77 \text{ h (viaje)} + 0,25 \text{ h (carga)} + 0,17 \text{ h (descarga)}$$

$$\text{Tiempo total por ciclo} = 1,43 \text{ horas por viaje}$$

Viajes diarios por volqueta

$$8 \text{ h} \div 1,43 \text{ h} \approx 5,59 \text{ viajes/día/volqueta}$$

Volumen total transportado por día

Una volqueta:

$$5,59 \text{ viajes} \times 8 \text{ m}^3 = 44,72 \text{ m}^3/\text{día}$$

En la oferta técnica presentada por la Contratista en los equipos asignados al proyecto comunican el uso de cuatro (4) volquetas de ocho (8) metros cúbicos (m^3).

Con 4 volquetas:

$$\text{Volumen diario} = 44,72 \text{ m}^3 \times 4 = 178,88 \text{ m}^3/\text{día}$$

Duración del trabajo

$$\text{Duración} = \frac{\text{Volumen total}}{\text{Volumen diario}}$$

$$\text{Duración} = \frac{21152,51\text{m}^3}{178,88 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$\text{Duración} = 118,25 \text{ días}$$

Tiempo Estimado Total para Desalojo

$$\text{Duración} = \frac{21152,51\text{m}^3}{178,88 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$\text{Duración} = 118,25 \text{ días laborables}$$

$$\text{Duración} = \frac{119 \text{ días}}{7 \text{ días}}$$

$$\text{Duración} = 17 \text{ semanas.}$$

El análisis muestra que el volumen total de excavación y transporte de 21.152,51 m³ podría realizarse en aproximadamente 17 semanas que en su equivalencia sería 4,25 meses, significativamente por debajo del plazo previsto en el cronograma valorado de 7 meses.

Tabla 9:
Comparación Excavación vs Transporte

| Concepto | Excavación (Hyundai 20) | Transporte (4 volquetas 8 m³) |
|-----------------------|--------------------------------|---|
| Producción diaria | 292 m ³ /día | 178,88 m ³ /día |
| Cuello de botella | — | <input checked="" type="checkbox"/> Transporte |
| Volumen total a mover | 21.152,51 m ³ | 21.152,51 m ³ |
| Días necesarios | 73 días | 119 días |

Fuente: Elaboración propia.

La limitación principal es la capacidad de transporte, no la excavación. Esto abre la posibilidad de optimizar el cronograma, aumentar la eficiencia general o reducir costos indirectos.

Tabla 10:
Comparación acumulada Excavación vs Transporte

| Semana | Excavación acumulada (m³) | Transporte acumulado (m³) |
|---------------|---|---|
| 1 | 2044 | 1252,16 |
| 2 | 4088 | 2504,32 |
| 3 | 6132 | 3756,48 |
| 4 | 8176 | 5008,64 |
| 5 | 10220 | 6260,8 |
| 6 | 12264 | 7512,96 |
| 7 | 14308 | 8765,12 |
| 8 | 16352 | 10017,28 |
| 9 | 18396 | 11269,44 |
| 10 | 20440 | 12521,6 |
| 11 | 22484 | 13773,76 |
| 12 | 24528 | 15025,92 |
| 13 | 26572 | 16278,08 |
| 14 | 28616 | 17530,24 |
| 15 | 30660 | 18782,4 |
| 16 | 32704 | 20034,56 |
| 17 | 34748 | 21286,72 |

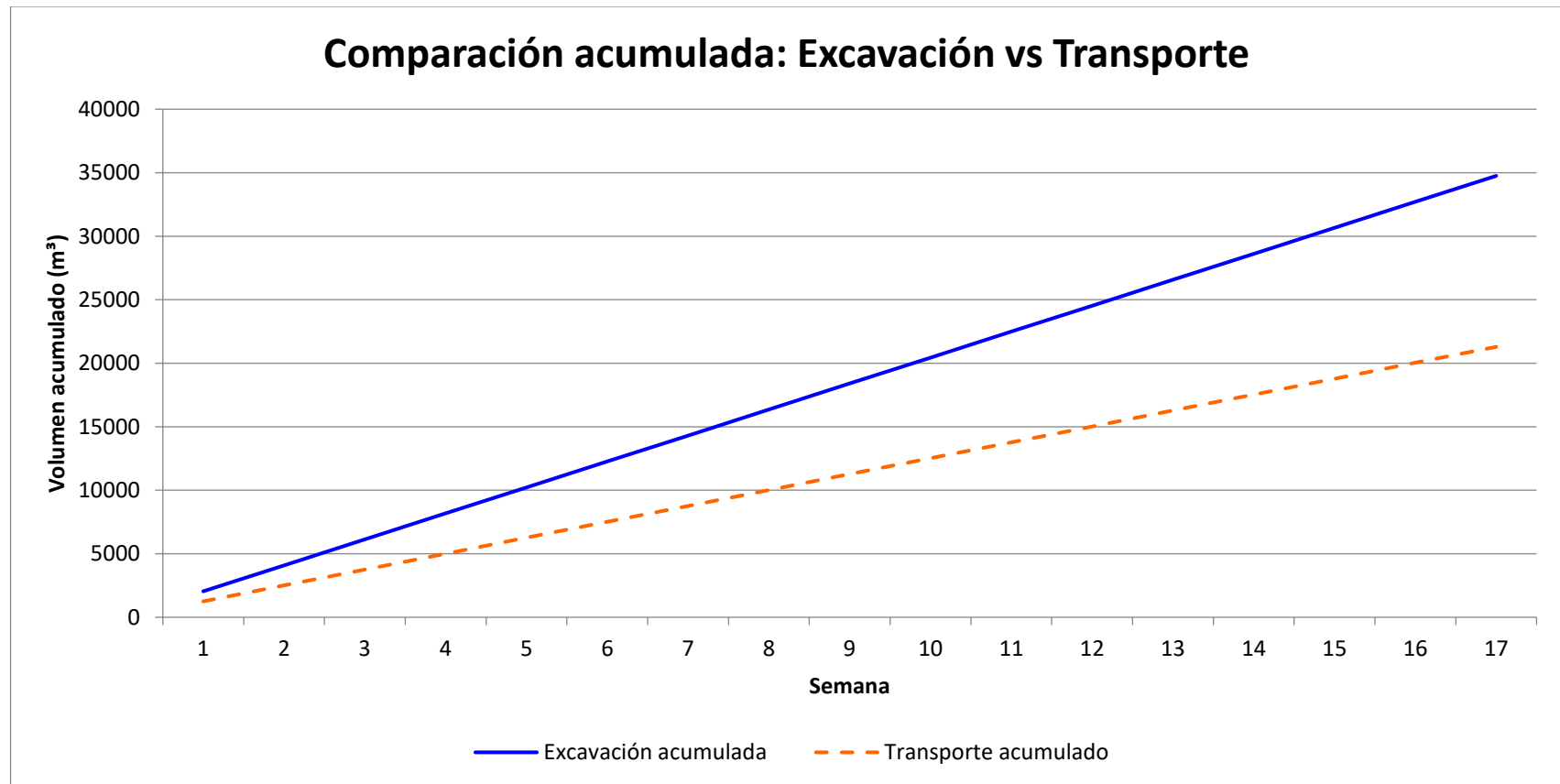
Fuente: Elaboración propia.

En este caso, la excavación es mayor que la capacidad de transporte, lo que implica que necesitarías más volquetas o reducir la producción para evitar acumulación de material.

En la interpretación de la Ilustración 12:

Comparación acumulada: Excavación vs Transporte, la línea azul sólida representa el volumen que la excavadora produce día a día. Mientras que la línea naranja punteada muestra la capacidad de evacuación total de las 4 volquetas.

Si la línea azul supera a la naranja, significa que se acumula material en el sitio, es decir, la excavadora produce más de lo que se transporta.

Ilustración 9:*Comparación acumulada: Excavación vs Transporte***Nota:** Elaboración propia

Rendimiento Óptimo del Transporte de Excavación

El rendimiento del transporte de excavación no depende únicamente de la cantidad y capacidad de volquetas, sino también del desempeño de la excavadora de oruga. Esta máquina marca el inicio del ciclo de transporte, por lo que su eficiencia afecta directamente el número de ciclos diarios, la duración total de la actividad y, en consecuencia, el cumplimiento del cronograma previsto.

Para estimar el rendimiento realista de excavación y transporte, se utilizaron datos técnicos de maquinaria estándar (volquetas de 8 m³ y excavadora tipo oruga) en combinación con metodologías establecidas por el (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2023) y valores de referencia del (Caterpillar Performance Handbook, 2022). Esta comparación permite validar si los rendimientos ofertados en el APU son técnicamente viables dentro del plazo contractual.

Influencia de la excavadora de oruga en el rendimiento

La excavadora de oruga tiene una influencia directa y crítica en el rendimiento total del proceso de excavación y transporte.

Es el punto de partida del ciclo de transporte. La excavadora de oruga es la encargada de cargar el material desde el frente de trabajo hacia las volquetas. Si su rendimiento es bajo, se generan cuellos de botella: las volquetas deben esperar a ser cargadas, lo que reduce su eficiencia y baja el volumen diario transportado.

Capacidad de carga por hora (Rendimiento de la excavadora)

Una excavadora de oruga de tamaño mediano puede cargar entre 80 y 120 m³/h, dependiendo de:

- Tipo de suelo
- Habilidad del operador
- Disponibilidad mecánica
- Organización logística en el frente de trabajo
- Coordinación con las volquetas

Si hay 10 volquetas esperando y la excavadora no carga con rapidez, se desperdicia tiempo de transporte. Esto reduce el rendimiento global del sistema.

Si la excavadora tiene una baja tasa de carga, los ciclos diarios se reducen, porque las volquetas están más tiempo paradas. Esto afecta directamente el volumen total transportado por día, que fue de 345,60 m³ lo calculado anteriormente.

Ejemplo numérico simplificado

Si la excavadora carga 1 volqueta de 8 m³ en 15 minutos, puede cargar:

4 volquetas por hora

32 volquetas por jornada de 8 horas.

Si hay solo 1 excavadora y 10 volquetas, y su rendimiento baja (por terreno rocoso, operador inexperto, etc.), el tiempo de carga puede subir a 25 minutos, reduciendo la cantidad de viajes efectivos por día.

Resultado Final

Si se emplean 10 volquetas de 8 m³ para transportar 21.152,51 m³ de material, considerando una distancia de 25 km al botadero y una jornada de 8 horas, el rendimiento realista estimado indica que la actividad tomará aproximadamente 61 días laborales.

Diagnóstico del Rendimiento del Adoquinado de Bloques de Hormigón (vehicular)

De acuerdo con el diseño vial del proyecto, la intervención comprende una longitud total de 1,85 km, desde la abscisa 0+055 hasta la 1+902, con un ancho de calzada de 6,00 m. Y al existir un tramo considerado crítico por restricciones físicas como la presencia de un muro y edificaciones existentes, el ancho de la calzada se reduce a 5,00 m., con una longitud de 30m. y se ha considerado la construcción de bordillos y cunetas en lados opuestos de la vía. Asimismo, el diseño estructural contempla el uso de un pavimento semirrígido mediante adoquinado, seleccionado en función de la topografía irregular y las pendientes pronunciadas del terreno.

Según la metodología planteada por la contratista, la colocación del pavimento adoquinado se ejecutará conforme a las especificaciones técnicas contenidas en los documentos precontractuales, cumpliendo con la normativa vigente del MTOP y las buenas prácticas de ingeniería. La duración de esta actividad se encuentra determinada por los rendimientos establecidos en los Análisis de los Precios Unitarios (APU) del proyecto. Asimismo, el número de frentes de trabajo a implementar dependerá de la ubicación específica de las intervenciones y del cronograma general establecido para la obra.

Limitaciones del sistema constructivo con el adoquinado de bloques de hormigón

A partir del volumen total de intervención para el rubro de adoquinado vehicular, que alcanza los 10.308,22 m², y considerando un plazo contractual de 240 días, se procedió a evaluar la viabilidad técnica del rendimiento ofertado. De acuerdo con registros y análisis preliminares, se identificó que con un avance diario estimado de 35 m², el tiempo requerido para ejecutar la actividad sería de aproximadamente 295 días, lo cual excede considerablemente el cronograma establecido.

Tabla 11:
Características del Proyecto para Análisis de Adoquinado

| Ítem | Descripción |
|--|---|
| Longitud total del proyecto | 1,85 km (Desde la abscisa 0+055 hasta 1+902) |
| Ancho de calzada general | 6,00 m |
| Ancho reducido (tramo con restricciones) | 5,00 m (presencia de muro y edificaciones existentes) |
| Tipo de pavimento | Semirrígido (adoquinado de bloques de hormigón) |
| Razón de elección del sistema constructivo | Pendientes pronunciadas y topografía irregular |
| Tipo de estructuras complementarias | Bordillos y cunetas en lados opuestos |
| Normativa técnica aplicable | Especificaciones precontractuales y normativa MTOP |
| Determinantes del rendimiento previsto | APU y cronograma general del contratista |

Fuente: Elaboración propia.

Datos disponibles

- Área total a adoquinar: 10.308,22 m²
- Ancho general de vía: 6 m.
- Ancho crítico de vía: 5 m.
- Longitud crítica: 30 metros.
- Plazo de ejecución disponible: 240 días

-
- Rendimiento Contratista de APU: 35 m²/día por cuadrilla
 - Duración estimada con una sola cuadrilla:

$$Duración = \frac{10.308,22 \text{ m}^2}{35 \text{ m}^2}$$

$$Duración = 294,52 \text{ días}$$

Esto supera el plazo contractual por 55 días, por lo tanto, se lo debe optimizar.

Para cumplir el plazo contractual con un rendimiento necesario de 43 m² por lo menos.

$$Rendimiento \text{ requerido} = \frac{10.308,22 \text{ m}^2}{240 \text{ días}}$$

$$\textbf{Rendimiento requerido} = \textbf{43 m}^2/\textbf{día}$$

Técnicamente no siempre es posible solo con una cuadrilla los 43 m² /día es un rendimiento alto para una sola cuadrilla, a menos que se trabaje con proceso muy eficientes y apoyo logístico muy fluido (materiales cerca de la obra, que el clima sea favorable)

Optimización del Sistema Constructivo en Adoquinado (Vehicular)

Debido a las condiciones topográficas del proyecto y a las características propias del sistema constructivo, no es recomendable ejecutar el adoquinado en sentido descendente (de arriba hacia abajo) en pendientes pronunciadas, ya que esto puede comprometer la estabilidad del empuje y la precisión del nivelado. Por lo tanto, se propone una organización estratégica

del proceso constructivo mediante tres cuadrillas especializadas, lo cual permite optimizar tiempos y garantizar una correcta ejecución técnica.

- Cuadrilla 1: encargada de realizar el corte, nivelación y trazado del área de adoquinado, asegurando que la superficie esté lista para recibir el material.
- Cuadrilla 2: dedicada a la colocación del adoquín y empare, asegurando la compactación adecuada y alineamiento correcto de las piezas.
- Cuadrilla 3: responsable del confinamiento lateral, mediante la construcción de bordillos o bermas que establezcan la estructura adoquinada.

Esta división de tareas por especialización permite que el trabajo avance en paralelo, con mayor eficiencia, mejor control de calidad y cumplimiento del cronograma establecido. La implementación de tres cuadrillas mejora la productividad general del proyecto y se ajusta a las recomendaciones de buenas prácticas en obras de adoquinado vehicular.

Trabajo en paralelo (no secuencial)

Al dividir el proceso constructivo en fases simultáneas (corte y trazado, colocación, y confinamiento), las cuadrillas trabajan de manera continua sin generar tiempos muertos, lo que reduce los días totales de ejecución.

Cada cuadrilla se enfoca en una tarea específica, lo cual reduce retrabajos y mejora la calidad y velocidad de ejecución, lo que se traduce en más metros cuadrados por día.

Resultado final

En el caso analizado del Rendimiento presentado por la Contratista, se tiene que el rendimiento lo han estructurado con una sola cuadrilla es de 35 m²/día, necesitarían 295 días para completar los 10.308,22 m².

Pero con 3 cuadrillas trabajando coordinadamente, se podría llegar a triplicar el rendimiento, acercándolo a los 105 m²/día, lo que permitirá cumplir o incluso adelantar el plazo de 240 días. Y con eso tener holgura para manejar imprevistos.

$$\text{Rendimiento óptimo} = \frac{10.308,22 \text{ m}^2}{105 \text{ m}^2/\text{días}}$$

$$\text{Rendimiento óptimo} = 98 \text{ días}$$

Tabla 12:
Comparación de Escenarios

| Escenario | Días de Ejecución | Rendimiento Diario Requerido (m²/día) |
|-------------------|--------------------------|---|
| Plazo Contractual | 240 | 43 |
| Contratista | 295 | 35 |
| Método Optimizado | 98 | 105 |

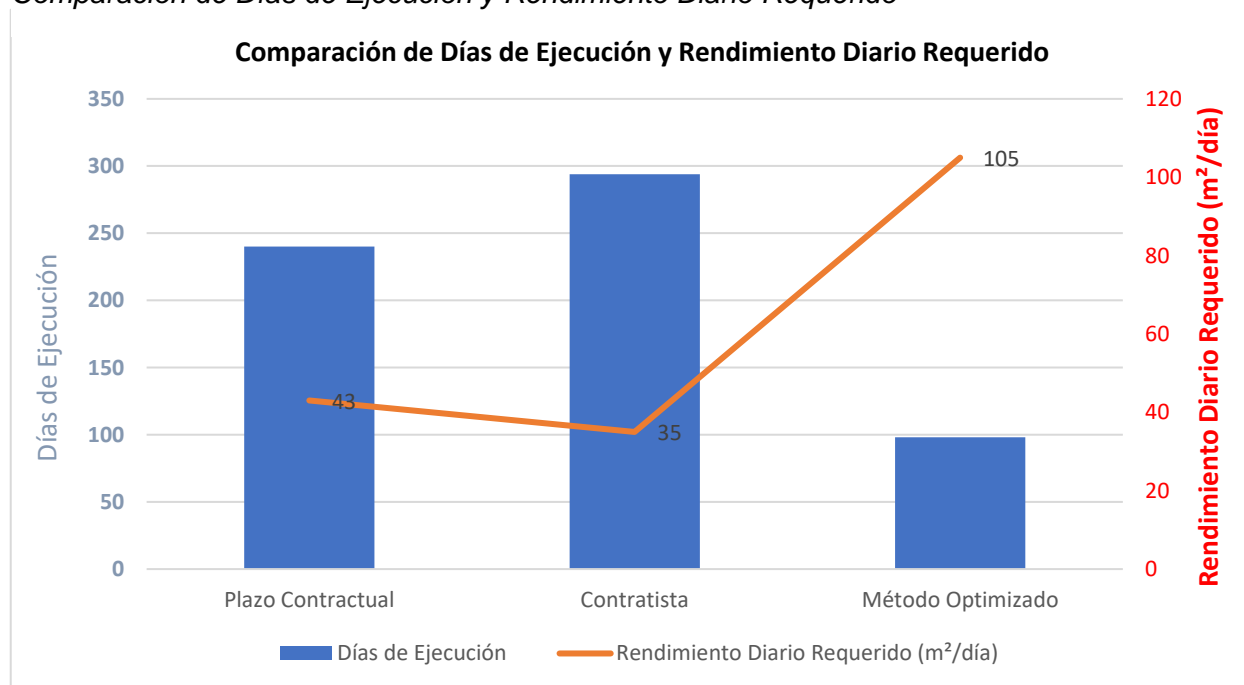
Fuente: Elaboración propia.

Se realiza un gráfico donde se puede evidenciar en la Ilustración 13:
Comparación de Días de Ejecución y Rendimiento Diario Requerido, donde se muestra una

comparación entre los días de ejecución y el rendimiento diario requerido para tres escenarios. El método optimizado destaca por requerir el menor tiempo de ejecución (98 días), pero exige el mayor rendimiento diario (105 m²/día). Por el contrario, el contratista se toma más tiempo (295 días), pero con un ritmo de trabajo menor (35 m²/día). Esto evidencia la relación inversa entre duración del proyecto y la intensidad del trabajo diario requerido.

Ilustración 10:

Comparación de Días de Ejecución y Rendimiento Diario Requerido



Nota: *Elaboración propia.*

Análisis FODA

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) es una herramienta estratégica que permite evaluar tanto los factores internos como externos que pueden influir en el desarrollo de un proyecto (Wehrich, 1982). En esta investigación se aplica de forma adaptada al contexto del cronograma optimizado, permitiendo identificar elementos clave para la toma de decisiones durante la ejecución.

Con base en los resultados obtenidos del análisis de rendimientos y la identificación de rubros críticos a través del principio de Pareto, se elaboró un análisis FODA que permite visualizar las condiciones internas y externas que pueden incidir en la implementación exitosa del cronograma optimizado. Este enfoque estratégico contribuye a fortalecer las decisiones tomadas y anticipar factores que puedan comprometer el desempeño del proyecto.

Tabla 13:

Análisis FODA del proyecto tras la optimización de rubros críticos

| FORTALEZAS (F) | OPORTUNIDADES (O) |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Experiencia previa en ejecución de excavación y adoquinado. - Identificación clara de rubros críticos con análisis de Pareto. - Capacidad de reorganizar recursos para mejorar el rendimiento. | <ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de aplicar tecnologías de optimización en cronograma. - Apoyo técnico de proveedores o maquinaria especializada. - Incentivos por reducción de plazos o costos en la ejecución. |
| DEBILIDADES (D) | AMENAZAS (A) |

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Retrasos históricos en actividades de excavación y adoquinado. - Dependencia de rendimiento del contratista o maquinaria propia. - Limitada capacidad de control en la fase de ejecución. | <ul style="list-style-type: none"> - Posibles lluvias o condiciones climáticas adversas. - Aumento de costos por inflación o escasez de materiales. - Cambios en la normativa o fiscalización más estricta. |
|---|--|

Fuente: Elaboración propia.

El análisis FODA permite identificar los aspectos clave a considerar en la implementación del cronograma optimizado. Aprovechar las fortalezas y oportunidades permitirá consolidar la propuesta, mientras que atender las debilidades y prepararse para las amenazas contribuirá a una gestión de riesgos más efectiva.

Optimización del Cronograma de Obra mediante Fast Tracking y Herramientas Digitales de Control

La necesidad de cumplir plazos contractuales sin comprometer la calidad de las obras ha motivado la aplicación de técnicas de optimización en la gestión de proyectos. En este capítulo se propone la implementación de la técnica de Fast Tracking, combinada con herramientas digitales de control, en la construcción de una vía adoquinada. Caso de estudio: Vía del barrio La Planada, parroquia Calderón (DMQ). El objetivo es reducir la duración del proyecto, mejorar la eficiencia de ejecución y facilitar el seguimiento en tiempo real desde el campo.

Aplicación de la Técnica de Fast Tracking

La necesidad de cumplir plazos contractuales sin comprometer la calidad de las obras ha motivado la aplicación de técnicas de optimización en la gestión de proyectos. En este capítulo se propone la implementación de la técnica de Fast Tracking, combinada con herramientas digitales de control, en la construcción de una vía adoquinada. Caso de estudio: Vía del barrio La Planada, parroquia Calderón (DMQ). El objetivo es reducir la duración del proyecto, mejorar la eficiencia de ejecución y facilitar el seguimiento en tiempo real desde el campo. (Project Management Institute, 2017).

Tras aplicar el análisis de Pareto, se identificaron como rubros críticos la excavación sin clasificación (con excavadora) y el adoquinado de bloques de hormigón (vehicular). En base a ello, se reestructuró el cronograma para que actividades como el replanteo, nivelación con equipo topográfico (eje, laterales y referencias), la excavación y la subbase clase III se ejecuten por tramos y en paralelo. Asimismo, el acopio anticipado de materiales evitó interrupciones logísticas.

A continuación, se muestra la comparación entre la planificación convencional y la propuesta optimizada mediante *Fast Tracking* en actividades clave.

Tabla 14:
Aplicación de Fast Tracking en actividades clave

| Nº | Actividad | Convencional (Secuencial) | Fast Tracking (Paralelo) | Justificación Técnica |
|-----------|---------------------------------|--|--|--|
| 1 | Replanteo y Nivelación | Completo antes de excavar | Replanteo por tramos simultáneo | Libera sectores para iniciar excavación temprana |
| 2 | Excavación de cajonera y zanjas | Global, antes de siguiente fase | Por zonas, con avance simultáneo | Mejora uso de maquinaria y reduce espera |
| 3 | Subbase Clase III | Tras toda la excavación | Inicio en zonas excavadas | Reduce jornadas inactivas |
| 4 | Acabado de la Obra básica | Después de colocar toda la Subbase III | Compacta por tramos | Ahorra tiempos de máquinas y operarios |
| 5 | Acopio de materiales | Al final de las fases previas | Paralelo a ejecución de capas inferiores | Evita demoras por logística |

| | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--|--|
| 6 | Colocación de adoquinado | Final de todas las capas | En zonas listas mientras otras avanzan | Acelera ejecución por cuadrillas simultáneas |
|---|--------------------------|--------------------------|--|--|

Fuente: Elaboración propia.

Implementación de Herramientas Digitales de Control

Se diseñaron matrices digitales mediante Google Forms, accesibles desde dispositivos móviles en obra. Estas herramientas recopilan datos diarios sobre:

- Avance físico
- Consumo de materiales
- Uso de maquinaria
- Alertas técnicas
- Acciones correctivas

Estas matrices constituyen una herramienta de gestión que facilitaría la sistematización de datos y el análisis rápido para la toma de decisiones.

A continuación, se presentan ejemplos de las matrices diseñadas para el seguimiento digital. Estas permiten registrar de manera estructurada el avance físico, el uso de recursos, alertas técnicas y acciones correctivas durante la ejecución del proyecto

Tabla 15:
Formulario de seguimiento de avance de obra

| Ítem de trabajo | Unidad | Cantidad planificada | Cantidad ejecutada | % Avance | ¿Cumple? (✓/X) | Observaciones |
|---------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------|--------------------------|
| Excavación de terreno | m ³ | 150 | 140 | 93% | ✓ | Desfase por clima |
| Transporte de material Excavado | m ³ /km | 3200 | 1400 | 63% | X | Volqueta averiada; no se |

| | | | | | | | |
|--------------------------|----------------|-----|----|-----|---|---|---------------------------|
| | | | | | | | completó el tercer viaje |
| Subbase III | m ³ | 100 | 90 | 90% | ✓ | — | |
| Colocación de Adoquinado | m ² | 80 | 65 | 81% | ✗ | | Falta entrega de material |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16:
Formulario de seguimiento de materiales

| Material | Unidad | Cantidad prevista | Cantidad entregada | Diferencia | ¿Justificado? (✓/✗) | Observaciones |
|-------------------------|----------------|-------------------|--------------------|------------|---------------------|------------------------|
| Subbase clase III | m ³ | 80 | 65 | -15 | ✗ | Falta guía de despacho |
| Arena para colchón | m ³ | 500 | 500 | 0 | ✓ | — |
| Adoquín vehicular e=8cm | m ² | 100 | 100 | 0 | ✓ | — |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17:
Formulario de seguimiento de Maquinaria

| Recurso | Programado | Ejecutado | Diferencia | ¿En uso eficiente? (✓/✗) | Observaciones |
|--------------------------|------------|-----------|------------|--------------------------|------------------|
| Motoniveladora | 8 | 8 | 0 | ✓ | Correcto uso |
| Rodillo vibratorio | 8 | 5 | -3 | ✗ | Fallo mecánico |
| Jornales de mano de obra | 10 | 11 | 1 | ✗ | Se duplicó tarea |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18:
Formulario de Alertas técnicas

| Desviación Detectada |
|--|
| Desfase en entrega de Subbase Clase III |
| Uso ineficiente del rodillo por parada técnica |
| Sobreuso de mano de obra (jornal adicional) |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19:
Formulario de Acciones correctivas

| Problema detectado | Acción correctiva propuesta | Responsable | Fecha límite |
|---------------------------|---|--|---------------------|
| Falta Subbase Clase III | Contactar proveedor y reprogramar entrega | Procurador Común/Superintendente de Obra | 10/06/2025 |
| Fallo en rodillo | Coordinar reparación o alquiler temporal | Residente/Supervisor de obra | 09/06/2025 |
| Exceso de jornales | Optimizar programación de tareas diarias | Residente de obra | 10/06/2025 |

Fuente: Elaboración propia

La implementación de herramientas digitales como Google Forms y hojas de cálculo en línea permitiría mejorar el seguimiento diario de actividades en obra, al facilitar el registro directo desde el campo, reducir errores en la recolección de datos y optimizar el análisis de avances. Estas herramientas, accesibles desde dispositivos móviles, podrían aplicarse para sistematizar la información relacionada con el avance físico, consumo de materiales, uso de maquinaria, alertas técnicas y acciones correctivas, fortaleciendo la toma de decisiones a tiempo. De aplicarse correctamente, este sistema digital de control contribuiría a mejorar la eficiencia operativa, el uso racional de recursos y el cumplimiento del cronograma optimizado propuesto en esta investigación.

Implementación del Cronograma Optimizado de Obra

En base a los análisis realizados en capítulos anteriores, y considerando los rubros críticos identificados mediante el principio de Pareto, se procedió a elaborar un cronograma de obra optimizado. Este nuevo cronograma aplica la técnica de Fast Tracking, la cual permite traslapar actividades que tradicionalmente se ejecutan en secuencia, con el objetivo de reducir la duración total del proyecto sin aumentar los recursos disponibles.

El cronograma fue valorizado económicamente para reflejar el costo acumulado conforme al avance físico previsto, permitiendo así su uso posterior para generar la Curva S y proyectar el flujo de caja del proyecto. La propuesta considera condiciones técnicas reales del terreno, disponibilidad de materiales, rendimientos ajustados por cuadrilla, y la implementación de herramientas digitales de control que facilitan el seguimiento en campo.

Se evidenció una reducción del plazo total de ejecución respecto al cronograma base entregado por la entidad contratante como se ve en la imagen: Ilustración 14:

Cuadro del Cronograma de Avance de Obra Optimizado

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 11: Cuadro del Cronograma de Avance de Obra Optimizado

| CUADRO DEL CRONOGRAMA DE AVANCE DE OBRA OPTIMIZADO | | | | | | | |
|---|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Nombre de ítem | PRECIO TOTAL | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 | MES 6 |
| OBRAS PRELIMINARES | | | | | | | |
| REFLANTEO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRAFICO (eje,laterales,referencias) | \$1,855.29 | \$1,855.29 | | | | | |
| REUBICACION DE POSTE DE LUZ (incluye_conexión_eléctrica) | \$14,555.32 | \$5,198.33 | \$9,356.99 | | | | |
| MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | | | | |
| EXCAVACION SIN CLASIFICACION (c/excavadora) | \$66,418.88 | \$9,098.48 | \$27,295.43 | \$28,205.28 | \$1,819.69 | | |
| ACABADO DE LA OBRA BASICA (nueva) | \$5,383.03 | \$5,383.03 | | | | | |
| TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION (c/volqueta_mayor5km_costofljo) | \$207,925.64 | \$34,086.17 | \$102,258.51 | \$71,580.96 | | | |
| RELLENO COMPACTADO CON EQUIPO PESADO | \$199.39 | \$199.39 | | | | | |
| ESTRUCTURA PAVIMENTO | | | | | | | |
| SUB BASE CLASE III | \$25,855.69 | \$25,855.69 | | | | | |
| TRANSPORTE DE MATERIAL PETREO (con_volqueta_inc_cargada) | \$17,437.58 | \$3,006.48 | \$14,431.10 | | | | |
| ADOQUINADO DE BLOQUES DE HORMIGON (Vehicular clasico-gris-T=3.6Mpa-c/cama arena) U | \$181,321.59 | \$14,801.76 | \$55,506.61 | \$57,356.83 | \$53,656.39 | | |
| ADOQUINADO DE BLOQUES DE HORMIGON (Vehicular clasico-color-T=3.6Mpa-c/cama arena) U | \$22,202.13 | | | | | \$15,756.35 | \$6,445.78 |
| BORDILLOS | | | | | | | |
| EXCAVACION Y RELLENO PARA ESTRUCTURAS (manual) | \$1,514.20 | | \$1,514.20 | | | | |
| BORDILLO DE HORMIGON (F'c = 210 KG/CM2 V=0.10m3 ml longitudinal) | \$33,069.77 | \$5,701.68 | \$27,368.09 | | | | |
| BORDILLO DE HORMIGON (F'c=210KG/CM2_V=0.05m3_mL_confinamiento) | \$1,379.97 | | \$1,379.97 | | | | |
| DRENAJE | | | | | | | |
| REMOCION DE ALCANTARILLAS DE TUBO (hormigon_D=0.60m) | \$141.75 | \$141.75 | | | | | |
| EXCAVACION PARA CUNETAS Y ENCAUZAMIENTO(c/excavadora_inc/desalojo) | \$3,534.91 | \$3,534.91 | | | | | |
| BORDILLO - CUNETA H.S. 210 kg/cm2 - v=0.18 m3/m (c/aditiv, c/encofrado) diseño DDC | \$82,317.85 | \$13,719.64 | \$41,158.93 | \$27,439.28 | | | |
| EXCAVACION Y RELLENO PARA ESTRUCTURAS (c/maquina,c/relleno,c/desalojo) | \$4,679.70 | \$4,679.70 | | | | | |
| HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE B 240 KG/CM2 (concretera+elevador) c/encofrado | \$12,173.72 | \$12,173.72 | | | | | |
| HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE B 210 KG/CM2 (concretera+vaclado) c/encofrado | \$1,468.14 | \$1,468.14 | | | | | |
| TUBERIA PVC CORRUGADA ALCANTARILLADO - DE=650MM DI=600MM | \$1,862.38 | \$1,862.38 | | | | | |
| HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE B 210 KG/CM2 (concretera+vaclado) c/encofrado CANAL | \$5,554.69 | \$5,554.69 | | | | | |
| ACERO DE REFUERZO EN BARRAS F'Y=4200 KG/CM2 (corrugadas) | \$18,115.86 | \$9,534.66 | \$8,581.20 | | | | |
| TUBERIA DE ACERO CORRUGADO D=1.20m e=2.50mm (PM100-galv.) | \$44,343.76 | \$44,343.76 | | | | | |
| REVESTIMIENTO HORMIGON SIMPLE F'c= 180 KGS/CM2 | \$172.86 | | \$172.86 | | | | |
| REJILLA DE HIERRO FUNDIDO PARA CALZADA (0.55*0.4*0.06 M.) - INCLUYE CERCO | \$14,546.62 | | \$14,546.62 | | | | |
| RELLENO CON ARENA DE MEJORAMIENTO (equipo liviano) | \$917.00 | \$917.00 | | | | | |
| RELLENO CON CHISPA - TRITURADO 3/4 (equipo liviano) | \$203.37 | \$203.37 | | | | | |
| RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL GRANULAR (LASTRE) equipo liviano | \$2,822.61 | \$2,822.61 | | | | | |
| ESCOLLERA DE PIEDRA SUELTA (enrocado) | \$3,470.40 | \$3,470.40 | | | | | |
| TRANSPORTE DE MATERIAL PETREO (con_volqueta_inc_cargada) | \$2,537.85 | \$2,537.85 | | | | | |
| SEÑALIZACION | | | | | | | |
| SERIAL VERTICAL REGULATORIA 0.75 X 0.75 m. (pare_octogonal) | \$3,296.12 | | | | | | \$3,296.12 |
| SERIAL VERTICAL REGULATORIA 0.75 X 0.75 m. (blanco_rojo). | \$520.50 | | | | | | \$520.50 |
| SERIAL VERTICAL PREVENTIVA 0.75 X 0.75 m. (amarillo_negro), | \$3,123.00 | | | | | | \$3,123.00 |
| SERIAL VERTICAL PREVENTIVA 0.60 X 0.45m. | \$102.53 | | | | | | \$102.53 |
| MARCAS DE PAVIMENTO continua_acrilica_a=12cm) | \$3,025.76 | | | | | | \$3,025.76 |
| AMBIENTALES | | | | | | | |
| AGUA PARA CONTROL DE POLVO | \$748.83 | \$748.83 | | | | | |
| CINTA PLASTICA, LEYENDA DE PELIGRO | \$129.28 | \$129.28 | | | | | |
| CONOS REFLECTIVOS H=0.90 M. | \$443.34 | \$443.34 | | | | | |
| | \$789,371.30 | | | | | | |
| INVERSION MENSUAL | | \$213,472.33 | \$303,570.49 | \$184,582.35 | \$55,476.08 | \$15,756.35 | \$16,513.69 |
| AVANCE PARCIAL EN % | | 27.04 | 38.46 | 23.38 | 7.03 | 2.00 | 2.09 |
| INVERSION ACUMULADA | | \$213,472.33 | \$517,042.82 | \$701,625.17 | \$757,101.26 | \$772,857.61 | \$789,371.30 |
| AVANCE ACUMULADO EN % | | 27.04 | 65.50 | 68.88 | 95.91 | 97.91 | 100.00 |

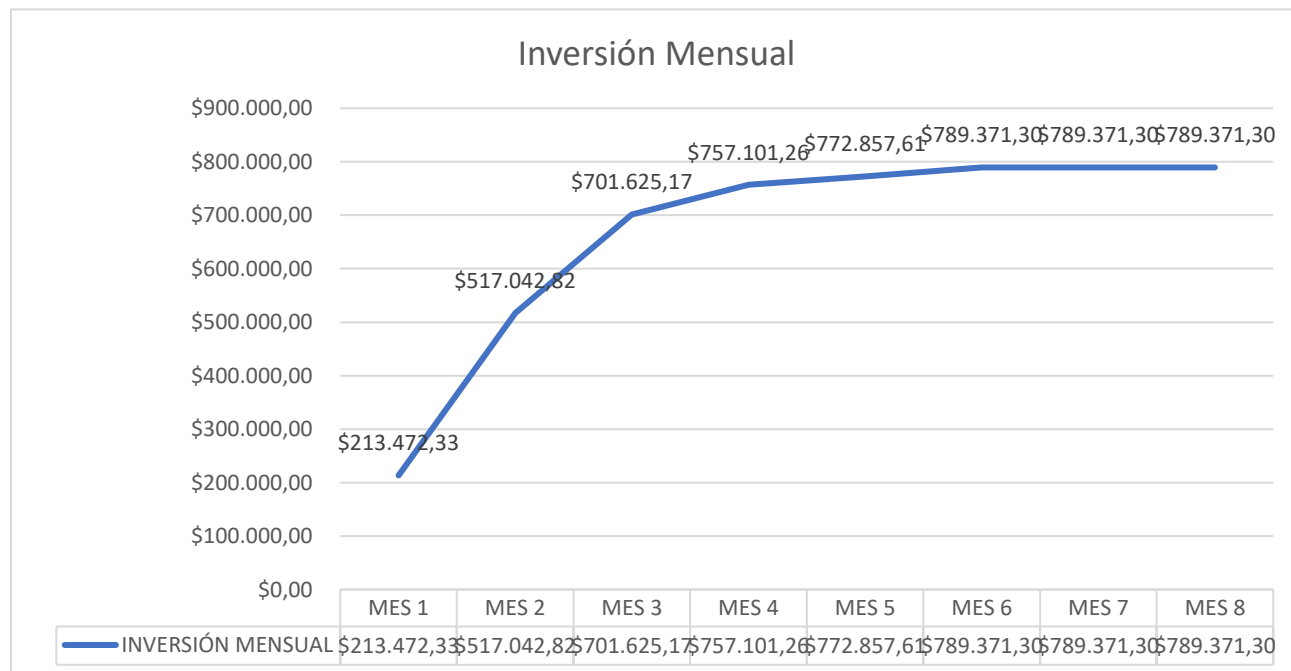
Nota: Elaboración propia.

Como resultado del proceso de optimización, se elaboró un nuevo cronograma valorado aplicando la técnica de Fast Tracking, el cual permitió reducir la duración total del proyecto a 6 meses. Este ajuste se logró mediante el traslape estratégico de actividades críticas, especialmente en los rubros de excavación y adoquinado, identificados previamente como determinantes en el avance general mediante el análisis de Pareto.

El nuevo cronograma se valoró económicamente, permitiendo calcular el avance físico y financiero mensual, base fundamental para la construcción de la Curva S comparativa y la proyección de un flujo de caja realista que refleje el comportamiento del proyecto con una planificación optimizada.

Ilustración 12:

Gráfico de la Inversión Mensual con el Cronograma



Nota: *Elaboración propia.*

Comparación de Cronogramas mediante Curva S

Con el objetivo de evaluar el impacto de la optimización propuesta, se realizó una comparación gráfica mediante curvas S entre tres cronogramas distintos:

- Cronograma base proporcionado por la entidad contratante (240 días).
- Cronograma ejecutado por el contratista (394 días).
- Cronograma optimizado propuesto en esta investigación (143 días).

La Ilustración 16:

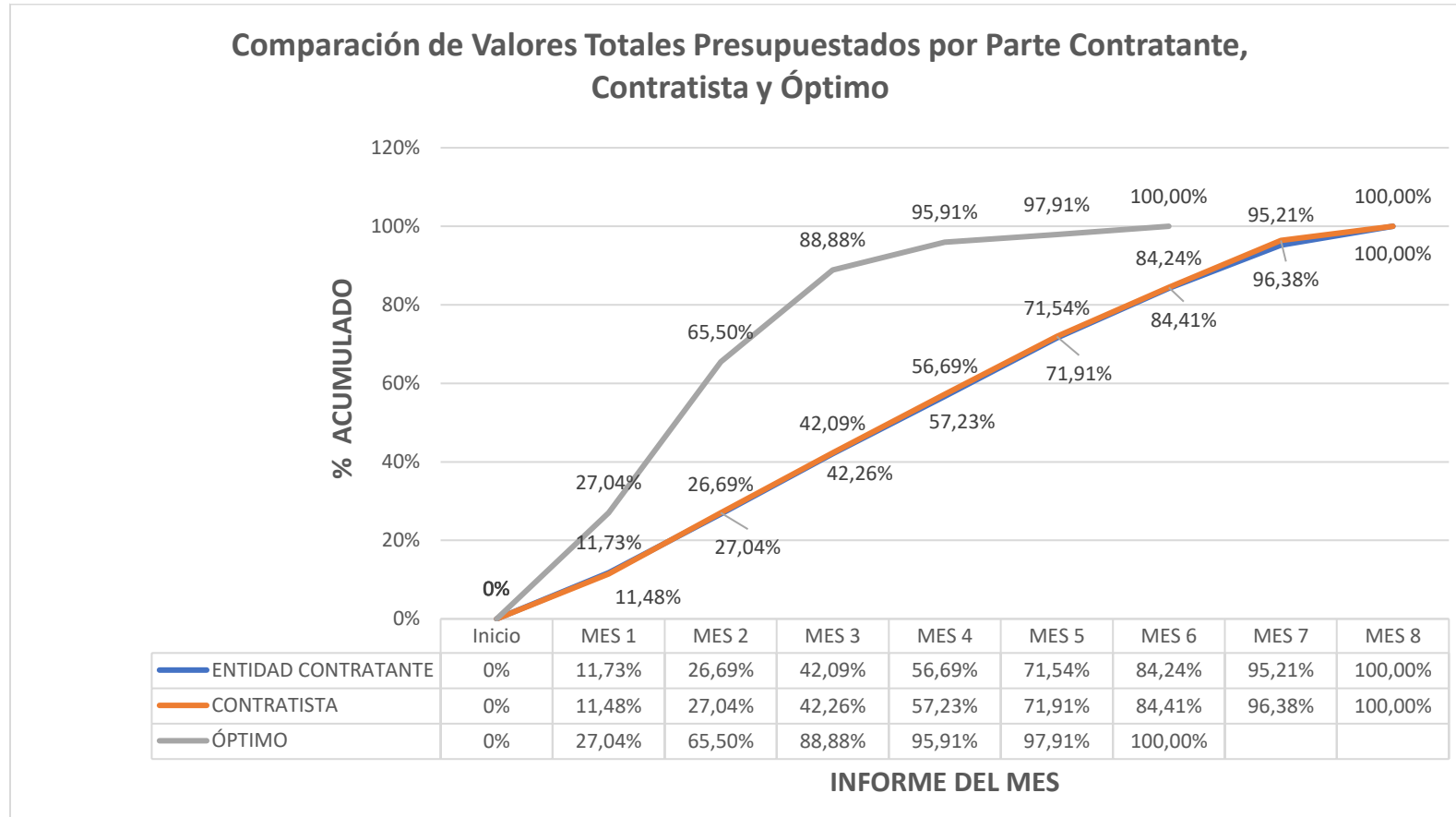
Comparación de Valores Totales Presupuestados por Parte Contratante, Contratista y Óptimo muestra de forma comparativa estas tres curvas de avance acumulado. Se observa que el cronograma optimizado presenta una pendiente más pronunciada desde los primeros meses, lo que refleja un mayor avance físico en menor tiempo. Este comportamiento se debe a la aplicación de la técnica de Fast Tracking, que permitió traslapar actividades críticas, como la excavación, la colocación de la subbase y el adoquinado, reduciendo tiempos de espera entre fases.

En comparación con la planificación original, que proyectaba una duración de 8 meses (240 días), y la ejecución real, que se extendió a 13 meses (394 días), el cronograma optimizado plantea una ejecución total de 6 meses (143 días), manteniendo los parámetros técnicos y de calidad.

Además del avance físico, este patrón se ve reflejado en el avance financiero, lo que permite una proyección más precisa del flujo de caja. La reducción del plazo global mejora el desempeño del proyecto, disminuye costos indirectos y permite una entrega anticipada, beneficiando tanto al contratista como a la entidad contratante.

Ilustración 13:

Comparación de Valores Totales Presupuestados por Parte Contratante, Contratista y Óptimo



Nota: Elaboración propia.

Como parte del control financiero de la obra, se elaboró un flujo de caja mensual con el objetivo de anticipar el comportamiento real del ingreso frente al gasto. Este ejercicio permite visualizar si los pagos que se recibirán mes a mes, luego de aplicar el descuento proporcional del anticipo conforme a la ley, son suficientes para cubrir los costos de ejecución. Con este análisis se puede identificar en qué etapas del proyecto podrían presentarse desbalances económicos, y tomar decisiones preventivas como ajustar el cronograma financiero o considerar la necesidad de fondos complementarios.

Análisis de Flujo de Caja y Amortización de Anticipo

Al analizar el flujo de caja de una obra con duración de 8 meses y un presupuesto total de \$789.371,30, considerando diferentes esquemas de amortización del anticipo del 10%. Se evalúan las implicaciones financieras de cada escenario y se identifica el déficit financiero máximo, proponiendo opciones para mejorar la liquidez del contratista durante la ejecución del proyecto.

Tabla 20:
Flujo de caja del Monto de ejecución

| Monto Mensual (\$) | Ejecución % | Avance Acum (%) | Descuento Anticipo (\$) | Ingreso Neto (\$) | Saldo Mensual (\$) | Saldo Acumulado (\$) |
|---------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| \$ 213.472,33 | 27,04 | 27,04 | \$ 21.344,60 | \$ 192.127,73 | \$ -21.344,60 | -21344,59995 |
| \$ 303.570,49 | 38,46 | 65,5 | \$ 30.359,22 | \$ 273.211,27 | \$ -30.359,22 | \$ -51.703,82 |
| \$ 184.582,35 | 23,38 | 88,88 | \$ 18.455,50 | \$ 166.126,85 | \$ -18.455,50 | \$ -70.159,32 |
| \$ 55.476,08 | 7,03 | 95,91 | \$ 5.549,28 | \$ 49.926,80 | \$ -5.549,28 | \$ -75.708,60 |
| \$ 15.756,35 | 2 | 97,91 | \$ 1.578,74 | \$ 14.177,61 | \$ -1.578,74 | \$ -77.287,34 |
| \$ 16.513,69 | 2,09 | 100 | \$ 1.649,79 | \$ 14.863,90 | \$ -1.649,79 | \$ -78.937,13 |

Fuente: Elaboración propia.




Análisis del Déficit Financiero

Durante la ejecución del proyecto, al aplicar la normativa de contratación pública ecuatoriana, se descuenta proporcionalmente el anticipo en función del avance mensual establecido en la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública, art. 72. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008). Esto reduce el ingreso neto que percibe el contratista cada mes. Al comparar los egresos reales con los ingresos netos, se obtiene un saldo mensual, que acumulado mes a mes da como resultado el saldo acumulado. Este permite identificar si el contratista necesitará recursos adicionales.

En este análisis se presenta el comportamiento mensual de ingresos, egresos y saldo de caja durante la ejecución del proyecto. El saldo mensual más negativo registrado fue de \$78.937,13, el cual representa el déficit financiero máximo acumulado a lo largo de la obra.

A continuación, se interpreta el gráfico conformado por tres líneas:

El gráfico tiene 3 líneas:

| Línea | ¿Qué representa? |
|---|---|
|  Egreso mensual | Costo real de la ejecución en ese mes (es decir, lo que se gasta). |
|  Ingreso neto | Monto efectivamente cobrado ese mes, luego del descuento correspondiente al anticipo. |
|  Saldo mensual | Diferencia entre ingreso neto y egreso mensual; refleja si ese mes se genera un superávit o un déficit. |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación del gráfico:

Cuando la línea roja (saldo mensual) se ubica por debajo de cero, indica que en ese mes se ha generado un déficit financiero. Esto ocurre porque el monto cobrado, luego del descuento por amortización del anticipo, no es suficiente para cubrir los costos ejecutados.

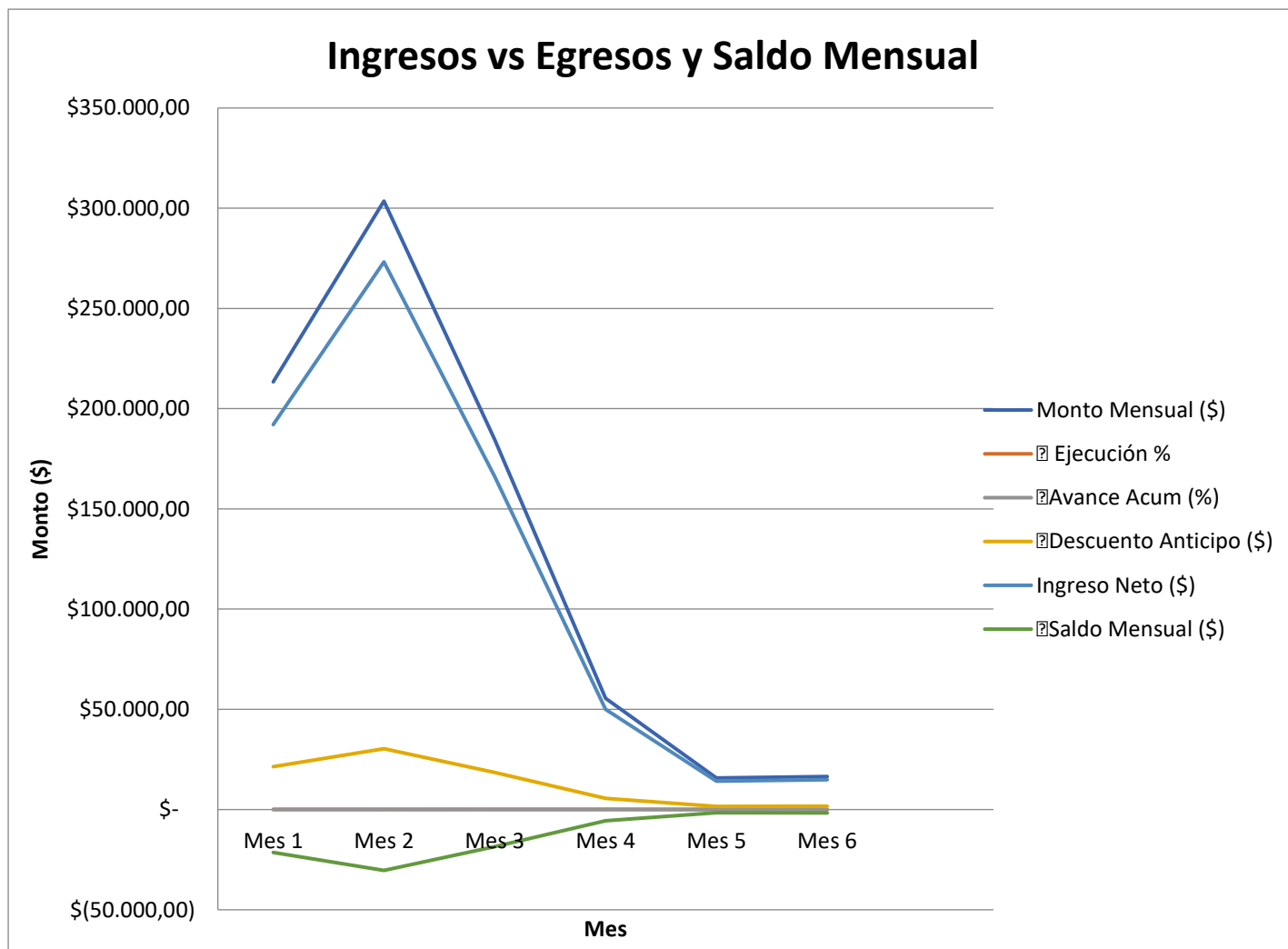
Si la línea verde (ingreso neto) está por debajo de la azul (egreso mensual), se evidencia que el ingreso percibido es inferior al costo ejecutado, lo que inevitablemente se refleja en un saldo negativo.

Cuando la línea roja sube por encima de cero, significa que se ha alcanzado un superávit mensual. Esto generalmente ocurre una vez finalizada la amortización del anticipo, permitiendo que los valores cobrados reflejen íntegramente el monto ejecutado.

Cuando la línea roja sube por encima de cero, significa que se ha alcanzado un superávit mensual. Esto generalmente ocurre una vez finalizada la amortización del anticipo, permitiendo que los valores cobrados reflejen íntegramente el monto

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 14:
Ingresos vs Egresos y Saldo Mensual



Interpretación del Flujo de Caja y Análisis del Déficit Financiero

El análisis del flujo de caja evidencia que el saldo acumulado presenta valores negativos debido a que los ingresos netos percibidos mensualmente no logran cubrir el costo real de ejecución de cada periodo. Esta situación se origina principalmente por la aplicación del mecanismo de recuperación del anticipo, el cual se descuenta de forma proporcional al avance físico de la obra, conforme lo establece la normativa vigente en materia de contratación pública.

A medida que avanza el proceso de amortización del anticipo, el ingreso neto disponible para el contratista se aproxima gradualmente al valor efectivamente ejecutado. Una vez que el anticipo ha sido completamente descontado, los ingresos mensuales reflejan el 100 % del valor ejecutado, lo que permite estabilizar o mejorar los saldos mensuales.

Para evitar la ocurrencia de déficits financieros en el desarrollo del proyecto, es fundamental determinar un valor de anticipo cuya recuperación proporcional no genere saldos mensuales negativos. En términos prácticos, esto implica calcular el anticipo mínimo necesario que, al ser amortizado conforme al avance, garantice que el flujo neto mensual sea igual o superior a cero durante toda la ejecución del contrato.

Resultado del análisis financiero con tu anticipo actual

En el presente estudio, se mantuvo el anticipo contractual en el 10 % del valor total de la obra, equivalente a \$78.937,13. Al simular el flujo de caja mensual para los seis meses de ejecución programada, se identificó que el déficit financiero máximo coincide con este valor, registrando un saldo acumulado negativo de -\$78.937,13. Este monto representa el aporte

adicional mínimo requerido para garantizar la continuidad financiera del proyecto sin comprometer su avance.

Durante todo el periodo analizado, los saldos mensuales resultaron negativos debido al descuento proporcional del anticipo aplicado en cada mes. El mes con mayor afectación fue el segundo, con un déficit mensual de $-\$30.357,05$, constituyéndose en el punto crítico del flujo de caja.

Tabla 21:
Resumen de meses con saldo mensual negativo

| Mes | Saldo Mensual (\$) |
|-------|--------------------|
| Mes 1 | – 21.347,23 |
| Mes 2 | – 30.357,05 |
| Mes 3 | – 18.231,96 |
| Mes 4 | –5.527,61 |
| Mes 5 | –1.575,64 |
| Mes 6 | –1.650,79 |

Fuente: Elaboración propia.

Como medida preventiva, se plantea la creación de un fondo de respaldo o capital de trabajo equivalente al déficit financiero máximo identificado. Este fondo actuaría como mecanismo de compensación ante los desajustes temporales entre ingresos netos y egresos reales, especialmente durante los primeros meses del proyecto, cuando el impacto del descuento del anticipo es mayor.

Incluir este requerimiento dentro de los informes de planificación financiera permitiría estimar con mayor precisión el capital mínimo indispensable para ejecutar el contrato. En caso

de no contar con recursos propios suficientes, se recomienda gestionar un crédito de corto plazo o línea de sobregiro respaldada por el contrato adjudicado, como estrategia para mantener la liquidez operativa del contratista.

Recomendación de Financiamiento para Sostener la Liquidez del Proyecto

Dado que el análisis del flujo de caja revela un déficit financiero acumulado máximo de $-\$78.937,13$, se recomienda que el contratista gestione un financiamiento externo a corto plazo por un valor equivalente a dicho monto. Este préstamo actuaría como fondo de respaldo para equilibrar la liquidez durante los meses críticos en que los ingresos netos no alcanzan a cubrir los costos reales de ejecución.

La amortización mensual del anticipo reduce progresivamente el ingreso disponible, provocando saldos negativos en todos los meses analizados. Al cubrir este déficit temporal con un crédito respaldado por el contrato adjudicado, se evitarían retrasos, interrupciones o problemas de flujo de efectivo que pudieran afectar la continuidad de la obra.

El valor sugerido del préstamo es de **$\$78.937,13$** , monto que representa el déficit máximo identificado. Esta estrategia financiera permitiría al contratista mantener su capacidad operativa durante toda la ejecución del proyecto, sin incurrir en mora con proveedores ni comprometer la calidad de la obra.

Tabla 22:*Condiciones Simuladas de un Préstamo de Corto Plazo para Cubrir el Déficit Financiero*

| Concepto | Valor / Condición |
|--------------------------------|---|
| Monto del préstamo | \$78.937,13 |
| Tipo de préstamo | Crédito de corto plazo empresarial |
| Tasa de interés referencial | 11% anual (Ejemplo: tasa pasiva promedio) |
| Plazo del crédito | 6 meses (igual al plazo del contrato) |
| Forma de pago | Cuotas mensuales iguales |
| Tipo de amortización | Alemán o francés (según acuerdo bancario) |
| Cuota mensual estimada | \$13.690,10 aprox. (en sistema francés) |
| Garantía sugerida | Contrato adjudicado y flujo proyectado |
| Entidad financiera recomendada | Banco público o privado con líneas para PYMEs constructoras |

Fuente: *Elaboración propia.*

Conclusión

Esta investigación permitió confirmar que una planificación técnica rigurosa puede marcar la diferencia en el uso eficiente de recursos dentro de un proyecto vial. Al comparar los enfoques del GAD de Pichincha, del contratista y el que se plantea en este estudio, se observaron contrastes importantes en cuanto a tiempos y rendimientos. Mientras que el contratista estimó una duración de 390 días por inconsistencias en sus análisis de precios unitarios, la planificación propuesta logró reducir ese plazo a 143 días, garantizando una ejecución más ágil y controlada.

Al aplicar el principio de Pareto se identificaron partidas específicas que concentraban la mayor parte del presupuesto, y que a su vez presentaban los mayores desajustes técnicos, como el transporte y el adoquinado. La corrección de estos rendimientos fue clave para optimizar la programación general.

Por otro lado, el análisis financiero a través del flujo de caja reveló que el anticipo del 10% no era suficiente para cubrir los requerimientos en los meses iniciales, lo cual generó un saldo negativo acumulado que alcanzó los $-\$78.937,13$. Este dato evidencia la importancia de planificar también desde lo financiero, no solo desde lo técnico.

Las herramientas aplicadas —curvas S, cronogramas valorados y matrices de fast tracking— permitieron un seguimiento más preciso, con alertas tempranas y propuestas de solución. En conjunto, la metodología desarrollada demuestra que es posible reducir plazos, anticipar riesgos y mantener el control técnico y económico durante toda la ejecución de una obra vial.

Recomendaciones

1. Utilizar criterios como el principio de Pareto desde el inicio del proyecto, para identificar los rubros más sensibles en términos de costo y ejecución.
2. Asegurarse de que los rendimientos utilizados en la programación provengan de datos reales y verificables, evitando sobrestimaciones o errores de cálculo.
3. Incorporar en la planificación elementos como curvas de avance y proyecciones financieras, que ayuden a tomar decisiones antes de que surjan problemas de liquidez.
4. Implementar un sistema de seguimiento tipo fast tracking, con matrices que permitan observar en tiempo real el consumo de recursos, el avance físico y posibles desvíos técnicos.
5. Tener precaución con las ofertas económicas que estén muy por debajo del presupuesto referencial, ya que esto puede afectar la calidad de la obra o provocar retrasos por falta de recursos.

-
6. Fomentar una cultura de planificación técnica fundamentada, que no se limite a cumplir plazos contractuales, sino que responda a las condiciones reales del entorno y del proyecto.

Anexos

En esta sección se presentan los documentos, gráficos y archivos complementarios que respaldan los análisis y resultados desarrollados a lo largo de la presente tesis. Los anexos permiten ampliar la información técnica y metodológica utilizada.

Anexo A. Presupuesto de la Entidad contratante

Anexo B. Análisis de Precios Unitarios de la Entidad contratante

Anexo C. Cronograma de trabajos de la Entidad contratante

Anexo D. Presupuesto por la ejecutora del proyecto

Anexo E. Cronograma de trabajos por la ejecutora del proyecto

Anexo F. Metodología de trabajo presentado por la ejecutora del proyecto

Anexo G. EDT-CONTRATISTA-EJECUTOR

Anexo H. EDT-ENTIDAD CONTRATANTE

Anexo I. ANALISIS_RENDIMIENTO_INVERSO_CONTRATISTA

Anexo J. ANALISIS COMPARATIVO DEL PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.

Anexo K. IMAGEN_DIAGRAMA DE GANTT-ENTIDAD CONTRATANTE

Anexo L. DIAGRAMA DE GANTT-CONTRATANTE- (WBS Schedule)

Bibliografía

- Agencia Metropolitana de Tránsito. (2023). *Normativas y restricciones para vehículos de carga: Sistema Pico y Placa*. Obtenido de <https://www.transitoquito.gob.ec/normativas/pico-y-placaage>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (LOSNC)*. Obtenido de Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (LOSNC)
- Autodesk. (2023). *Civil 3D*. Obtenido de <https://www.autodesk.com/products/civil-3d>.
- Banco Central del Ecuador. (2023). *Producto Interno Bruto trimestral*. Obtenido de <https://www.bce.fin.ec>
- Caterpillar Performance Handbook. (2022). *Caterpillar Performance Handbook*. Peoria, IL: Edition 52.
- Critical Tools*. (2023). Obtenido de WBS Sxhedule Pro-Project planning software: <https://www.criticaltools.com>
- Ecuador, B. C. (2023). *Producto Interno Bruto 2022*. Obtenido de <https://www.bce.fin.ec>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha. (2023). *Informe técnico del mejoramiento de la vía de acceso a la Planada, parroquia Calderón*. Quito: Dirección de Viabilidad.
- Hernández , R., Fernández , C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill Education.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). *Encuesta Estructural Empresarial*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Microsoft. (2023). *Project*. Obtenido de <https://www.microsoft.com/project>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2023). *Unidades de Análisis de Costos de la Construcción – UAC Quito, Ecuador*. Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec>

-
- Ministerio del Trabajo del Ecuador. (2024). *Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2024-200*. Obtenido de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/10/ACUERDO-MINISTERIAL-NRO.-MDT-2024-200-signed.pdf>
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2014). *Ordenanza Metropolitana 147: Reglamento para la movilidad de vehículos de carga pesada y transporte de productos químicos peligrosos en la Red de Servicio Local*. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.quito.gob.ec/ordenanzas/147.pdf>
- Pareto, V. (1896). *Cours d'économie politique*. Lausanne: F. Rouge.
- Paz Miño, M., Rodríguez, J., & Cabrera, F. (2022). Diagnóstico del sector de la construcción en Ecuador y su impacto en la planificación de obras públicas. *Revista de Ingeniería y Gestión*, 75-88.
- Peña, R. A. (2013). *Costos y presupuestos en edificación y obra civil*. Ciudad de México: Alfaomega Grupo Editor.
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)*. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Wehrich, H. (1982). The TOWS Matrix—A tool for situational analysis. *Long Range Planning*, 54-66.
- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2022). *Política Nacional de Emprendimiento y MIPYMES del Ecuador*. <https://www.produccion.gob.ec>