



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE FAST TRACKING Y CRASHING,
APLICADA A LA PLANIFICACIÓN DE EQUIPOS PESADOS EN EL
PROYECTO APOLO-DURAN**

TUTOR

MSc. KEVIN MENDOZA VILLACIS

AUTORES

CHAPIN JIMENEZ SANTIAGO ERWIN

GUERRERO YARI PEDRO

GUAYAQUIL

AÑO 2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS		
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Análisis comparativo entre fast tracking y crashing, aplicada a la planificación de equipos pesados en el proyecto Apolo-Duran.		
AUTOR/ES: Chapín Jiménez Santiago Erwin Guerrero Yari Pedro	TUTOR: MSc. Kevin Mendoza Villacis	
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil	
FACULTAD: Arquitectura y Construcción	CARRERA: Ingeniería Civil	
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2025	N. DE PÁGS: 110	
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción		
PALABRAS CLAVE: Construcción, Tiempo, Actividad, Planificación.		
RESUMEN: Dentro de la industria de la construcción, los procesos de planificación y el control de cronogramas son fases importantes, debido a que durante el desarrollo de la obra existe la presencia de errores en la elaboración de la programación inicial de los proyectos que ocasionan retrasos en su ejecución. Por tal motivo el presente estudio tiene como objetivo analizar la planificación de equipos pesados en el proyecto de construcción Apolo - Duran, mediante Fast Tracking y Crashing. Para lo cual se empleó una metodología con enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, caracterizado por recabar información sin necesidad de incidir en la manipulación de variables, mostrando la evidencia en su estado natural, direccionado en un diseño de tipo no experimental. Se aplicaron las técnicas Fast tracking y Crashing, a la programación de actividades que se ejecutaron en el proyecto Apolo – Duran. Donde se evidenció que mediante el uso de la técnica Fast tracking el cronograma de actividades establece una duración de 150 días; no obstante, mediante el reajuste del cronograma de actividades mediante la técnica Crashing se determinó un periodo de duración de 130 días desde el inicio hasta la finalización de proyecto.		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Chapín Jiménez Santiago Erwin Guerrero Yari Pedro José	Teléfono: 0959406499 0939229049	E-mail: schapinj@ulvr.edu.ec pguerreroy@ulvr.edu.ec

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

PhD. Marcial Sebastián Calero Amores

Teléfono: (04) 2596500 Ext. 241

E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec

Mgtr. Torres Rodríguez Jorge Enrique

Teléfono: (04) 2596500 Ext. 242

E-mail: jtorres@ulvr.edu.ec

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Análisis comparativo entre Fast tracking y Crashing, aplicada a la planificación de equipos pesados en el proyecto Apolo-Duran.

INFORME DE ORIGINALIDAD

1 %	1 %	0 %	0 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.continental.edu.pe	1 %
	Fuente de Internet	

Excluir citas Activo Excluir coincidencias < 20 words
Excluir bibliografía Activo



Kevin Mendoza Villacís

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados **CHAPIN JIMENEZ SANTIAGO** y **GUERRERO YARI PEDRO** declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE FAST TRACKING Y CRASHING, APLICADA A LA PLANIFICACIÓN DE EQUIPOS PESADOS EN EL PROYECTO APOLO-DURAN**, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores

Santiago Chapin J

Firma:

CHAPIN JIMENEZ SANTIAGO
C.I.0952973824

Pedro Guerrero

Firma:

GUERRERO YARI PEDRO

C.I. 0931416119

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE FAST TRACKING Y CRASHING, APLICADA A LA PLANIFICACIÓN DE EQUIPOS PESADOS EN EL PROYECTO APOLO-DURÁN**, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de **INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN** de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE FAST TRACKING Y CRASHING, APLICADA A LA PLANIFICACIÓN DE EQUIPOS PESADOS EN EL PROYECTO APOLO-DURAN**, presentado por los estudiantes **CHAPIN JIMENEZ SANTIAGO** y **GUERRERO YARI PEDRO** como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



MSc. Kevin Mendoza Villacis

C.C. 0922290010

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido al desarrollo de esta tesis.

Agradezco especialmente a mis asesores académicos por su orientación y apoyo constante, así como a mis colegas y compañeros por su colaboración y amistad.

A mi familia, gracias por su amor incondicional y su paciencia, que han sido fundamentales para superar los desafíos de este proceso.

También agradezco a las instituciones y organizaciones que han proporcionado los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

Finalmente, a todos aquellos que han influido positivamente en mi camino.

Santiago Chapín Jiménez

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por darme la oportunidad de cumplir este sueño, por no dejarme desistir a lo largo de esta carrera.

Agradecer a mi madre Carmen Yari y mi tío el Ing. Carlos Yari por todo el apoyo que me han brindado desde el inicio de mis estudios, y por ser mi pilar fundamental en este largo trayecto estudiantil.

Agradezco al Ing. Víctor Torres que es como mi hermano el cual estoy totalmente agradecido por darme la guía y la motivación de estudiar esta profesión y siempre estar allí compartiéndome sus conocimientos.

Agradezco a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, por proporcionar sus conocimientos y brindarnos el apoyo de poder estudiar y trabajar.

Así mismo extendiendo mi gratitud a todos los profesores que nos brindaron la mejor enseñanza a lo largo de mi carrera y al tutor Master Kevin Ángel Mendoza Villacis por darme las pautas y recomendaciones en mi tesis.

Pedro Guerrero Yari

DEDICATORIA

Este gran logro obtenido se lo dedico a nuestro Señor Todo Poderoso que me brindó esta valiosa oportunidad de poder cumplir una de las metas más importante de mi vida profesional.

Este valioso Logro también se lo dedico a mis padres que siempre me dieron un voto de confianza y que lo imposible también se puede lograr a cumplir.

A mi familia y amigos por extender esa mano amiga que uno necesita, con esos consejos que me ayudaron a madurar como persona.

Santiago Chapín Jiménez

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado fortaleza y permitirme haber llegado hasta este momento muy importante en mi formación profesional.

Este trabajo de titulación es dedicado enteramente a mis padres, quienes han sido desde mis inicios, los pilares fundamentales para mi desarrollo, con su amor incondicional.

A todas las personas que han estado en los más duros momentos, siempre dándome aliento y motivándome a seguir luchando. Esto es una pequeña muestra de gratitud hacia ellos.

Pedro Guerrero Yari

RESUMEN

Dentro de la industria de la construcción, los procesos de planificación y el control de cronogramas son fases importantes, debido a que durante el desarrollo de la obra existe la presencia de errores en la elaboración de la programación inicial de los proyectos que ocasionan retrasos en su ejecución. Por tal motivo el presente estudio tiene como objetivo analizar la planificación de equipos pesados en el proyecto de construcción Apolo - Duran, mediante Fast Tracking y Crashing. Para lo cual se empleó una metodología con enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, caracterizado por recabar información sin necesidad de incidir en la manipulación de variables, mostrando la evidencia en su estado natural, direccionado en un diseño de tipo no experimental. Se aplicaron las técnicas Fast tracking y Crashing, a la programación de actividades que se ejecutarán en el proyecto Apolo – Duran. Donde se evidenció que mediante el uso de la técnica Fast tracking el cronograma de actividades establece una duración de 150 días; no obstante, mediante el reajuste del cronograma de actividades mediante la técnica Crashing se determinó un periodo de duración de 130 días desde el inicio hasta la finalización de proyecto.

Palabras claves: Construcción, Tiempo, Actividad, Planificación.

ABSTRACT

Within the construction industry, the planning and schedule control processes are important phases, because during the development of the work there are errors in the preparation of the initial programming of the projects that cause delays in their execution. For this reason, the objective of this study is to analyze the planning of heavy equipment in the Apolo - Duran construction project, through Fast Tracking and Crashing. For which a methodology with a descriptive quantitative approach was used, characterized by collecting information without the need to influence the manipulation of variables, showing the evidence in its natural state, directed in a non-experimental design. Fast tracking and Crashing techniques were applied to the programming of activities that would be executed in the Apolo – Duran project. Where it was evident that through the use of the Fast-tracking technique, the schedule of activities establishes a duration of 150 days; However, by readjusting the schedule of activities using the Crashing technique, a duration period of 130 days was determined from the beginning to the end of the project.

Keywords: Construction, Time, Activity, Planning.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
ENFOQUE DE LA PROPUESTA	3
1.1 Tema.....	3
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Formulación del problema.....	4
1.4 Objetivo	5
1.5 Objetivos Específicos.....	5
1.6 Idea a defender	5
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.	5
CAPÍTULO II	6
MARCO REFERENCIAL.....	6
2.1 Marco Teórico	6
2.2 Marco Legal	24
CONTRATO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	25
CAPÍTULO III	30
MARCO METODOLÓGICO	30
3.1 Diseño metodológico.....	30
3.2 Enfoque de la investigación	30
3.3 Alcance de la investigación.....	31
3.4 Diseño de la investigación	31
3.5 Recolección de la información	31
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.7 Esquema metodológico.....	33
CAPÍTULO IV	38

PROPUESTA O INFORME	38
4.1. Presentación y análisis de resultados	38
4.1.1 Presentación de información del Proyecto Apolo - Durán.....	38
4.1.2. Programación de actividades del proyecto Apolo – Durán.....	38
4.1.3. Requerimiento de equipos para el proyecto Apolo - Duran.....	51
CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIONES	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXOS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas del uso del diagrama de Gantt	22
Tabla 2. Materiales necesarios para el proyecto	47
Tabla 3. Equipos para el proyecto	48
Tabla 4. Mano de obra para el proyecto	49
Tabla 5. Presupuesto inicial proyecto Apolo - Duran	50
Tabla 6. Equipos a utilizarse en el proyecto Apolo – Durán	52
Tabla 7. Cronograma de actividades inicial valorado de la obra del proyecto Apolo - Durán	54
Tabla 8. Cronograma valorado modificado de acuerdo a Fast Tracking proyecto Apolo - Durán	59
Tabla 9. Cronograma valorado modificado de acuerdo a Crashing proyecto Apolo - Durán	65
Tabla 10. Costos de ejecución del proyecto Apolo - Durán	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología tradicional	11
Figura 2. Técnicas de Crashing	16
Figura 3. Estructura de Diagrama de Gantt	19
Figura 4. Gráfico de Gantt para el seguimiento de actividades	21
Figura 5. Esquema metodológico	38
Figura 6. Diagrama de proceso metodológico	42
Figura 7. Ubicación del proyecto	43
Figura 8. Relación costo - tiempo	45
Figura 9. Cronograma inicial de actividades programadas en el Proyecto Apolo - Durán	55
Figura 10. Recursos de trabajo en el cronograma normal del proyecto Apolo - Duran	56
Figura 11. Horas de trabajo en el cronograma normal	57
Figura 12. Cronograma de actividades programadas modificado de acuerdo a Fast Tracking proyecto Apolo - Durán	60
Figura 13. Horas de trabajo en base a Fast tracking	61
Figura 14. Cumplimiento de horas de trabajo	62
Figura 15. Uso de equipos en base a Fast Tracking	63
Figura 16. Cronograma de actividades programadas modificado de acuerdo a Crashing proyecto Apolo - Durán	66
Figura 17. Horas de trabajo en base a Crashing	67
Figura 18. Cumplimiento de horas de trabajo en base a Crashing	68
Figura 19. Uso de equipos en base a Crashing	69
Figura 20. Profundidad de Hincado de pilotes	71
Figura 21. Proceso de hincado de pilotes	72
Figura 22. Análisis comparativo de costo - recurso	77
Figura 23. Análisis comparativo de costos – recursos de cronograma normal	78
Figura 24. Análisis comparativo de costos – recursos de cronograma Fast Tracking	78
Figura 25. Análisis comparativo de costos – recursos de cronograma Fast Tracking	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Medición del terreno.....	87
Anexo 2. Proceso de hincado	38
Anexo 3. Revisión de hincado de pilotes.....	88
Anexo 4. Equipo pesado empleado en el proyecto	88
Anexo 5. Proceso de hincado de pilotes	89
Anexo 6. Profundidad de hincado de pilotes	90
Anexo 7. Costos unitarios de desbroce y limpieza	91
Anexo 8. Costos unitarios de material granular.....	92
Anexo 9. Costos unitarios de mejoramiento clasificado	93
Anexo 10. Costos unitarios de material granular para vías	38
Anexo 11. Costos unitarios de material sub base	95
Anexo 12. Costos unitarios de material de base Clase #1	96
Anexo 13. Costos unitarios de material para precarga.....	97
Anexo 14. Costos unitarios de movilización de equipos.....	98
Anexo 15. Costos unitarios de hinca de pilotes.....	99

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, uno de los factores más críticos que impactan el desarrollo de los proyectos de construcción es, sin lugar a duda, el tiempo. Siendo común que los cronogramas no siempre cumplan tal como fueron planificados, lo que generalmente resulta en retrasos (Cama, 2024). Por ello, es fundamental poder conocer las técnicas empleadas en la compresión de proyectos y aceleración de las diversas actividades, tengan la capacidad de poder adaptarse mejor a los requerimientos específicos de los proyectos de construcción.

Dentro de la ejecución de proyectos de construcción, la planificación de los requerimientos de los equipos pesados, es un aspecto relevante que puede ser la clave para determinar el éxito del proyecto (Gutiérrez, 2019). La selección adecuada de un método o técnica de planificación puede influir de forma significativa en los costos, el tiempo, así como en la calidad del proyecto. Dos técnicas comúnmente aplicadas en la gestión de proyectos de construcción son el seguimiento rápido y la aceleración (Franco y Cusme, 2022). Donde el seguimiento rápido puede introducir incertidumbre, junto con un alto riesgo, debido a que una actividad o fase no se completará antes de que comience la siguiente. Por lo tanto, debe utilizarse con precaución y sólo tras considerar adecuadamente las dependencias entre actividades.

De acuerdo con estudios efectuados por Rodas (2024) la metodología Fast Tracking dentro de la construcción se refiere a un enfoque de gestión de proyectos que busca acelerar la ejecución de las obras mediante la superposición de las fases de diseño y construcción. Esto significa que no se espera a finalizar una fase establecida dentro del cronograma de actividades para comenzar a desarrollar la siguiente, reduciendo así los tiempos de entrega del proyecto.

El Fast Tracking requiere que se establezca una intensa coordinación y comunicación entre todas las partes involucradas en el desarrollo del proyecto, los que incluyen al contratista ejecutor, contratista supervisor y los especialistas y todas aquellas personas necesarias para que se pueda llevar a cabo (Bastante et al., 2019).

Se ha verificado, que otra de las técnicas de gestión de proyectos es el Crashing, el mismo que consiste en incrementar los recursos a fin de reducir el tiempo de ejecución de cada una de las tareas (Rudeli, 2019). Este tipo de técnica ayuda con

el análisis de las actividades establecidas dentro de la ruta crítica considerando el menor costo por unidad de tiempo favoreciendo la identificación de las actividades susceptibles de compresión al menor costo posible.

Dentro de este marco, este estudio tiene como objetivo analizar y evaluar la posible aplicación de estas técnicas de aceleración de proyectos en la gestión de proyectos de construcción.

La tesis está estructurada en secciones que facilitan la consecución del objetivo final: realizar un análisis comparativo entre Fast Tracking y Crashing aplicado a la planificación de equipos pesados en el proyecto Apolo-Duran. Las secciones se organizan de la siguiente manera:

En el Capítulo I se expresa la problemática de la influencia entre las técnicas de Fast Tracking y Crashing en la planificación y ejecución de proyectos, adicionalmente se establece la formulación del problema, los objetivos, se plantea la idea a defender y la línea base de la investigación.

En Capítulo II se desarrolla el marco teórico, la base legal, y la fundamentación de las variables en estudio.

Dentro del Capítulo III se indica la metodología, el alcance, técnicas e instrumentos de la investigación necesarios para la recolección de los datos.

En el Capítulo IV se exponen los resultados obtenidos producto de este estudio, lo que ayudará en la elaboración de nuevos cronogramas de obra.

Por último, se exponen las conclusiones y recomendaciones del trabajo desarrollado.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema

Análisis comparativo entre Fast tracking y Crashing, aplicada a la planificación de equipos pesados en el proyecto Apolo-Duran.

1.2 Planteamiento del problema

En el ámbito de la construcción civil, la planificación y programación son esenciales, ya que constituyen la base fundamental para la ejecución de una obra. Esto permite monitorear el progreso de la construcción, determinando el tiempo y los costos de cada una de sus actividades.

Cabe indicar que los proyectos de construcción suelen estar propensos a la presencia de errores, incompatibilidades e inconsistencias durante su proceso de diseño, lo cual puede resultar en ineficiencia, retrasos, disminución de la calidad e incremento de los costos durante el proceso de construcción. Estos problemas dificultan el cumplimiento de los plazos establecidos en la fase de diseño (Méndez, 2020). Por lo tanto, el análisis de la relación entre calidad, tiempo y costo es crucial en la planificación, ya que es una buena medida para mejorar estos problemas y lograr proyectos más rentables.

En efecto, para el ingeniero civil, la planificación de un proyecto tiene como objetivo principal encontrar el equilibrio óptimo entre tiempo y costo. Una mala estimación de la duración y el costo de las actividades representa un riesgo de programación que puede llevar al fracaso del proyecto (Plessis, 2019). Por ello, es fundamental asegurar que cada proyecto se desarrolle con estándares de calidad que permitan cuantificar la mano de obra, reducir accidentes, mejorar procesos en las distintas etapas de construcción, optimizar tiempo y recursos, y cumplir con la programación establecida sin retrasos imprevistos.

Los proyectos de construcción son fundamentales para el desarrollo de cualquier país, generando oportunidades de empleo y un impacto social y económico a largo plazo. De forma particular, los proyectos que requieren maquinaria pesada, debido a que enfrentan desafíos constantes en cuanto a plazos y presupuestos (Durán et al., 2023). En los procesos de construcción, se emplean frecuentemente

grandes máquinas para la ejecución de tareas como son excavación, movimiento de tierras, los retrasos son comunes, a fin de mitigar estos riesgos, se pueden destacar el uso de las técnicas de Fast Tracking y Crashing.

Dentro de esta problemática, Garzón (2021) menciona que Fast Tracking se encarga de acelerar proyectos superponiendo actividades que inicialmente se efectuarán de forma secuencial; no obstante, Crashing se encarga de añadir recursos que ayuden a reducir la duración del proyecto. Estas dos técnicas se conocen por la capacidad que tienen para disminuir los tiempos de ejecución de la obra, aunque también presentan riesgos relacionados con la gestión de la calidad y el aumento de costos. La implementación de estos métodos en la organización de equipos pesados en ciertas ocasiones presenta una serie de desafíos adicionales por la complejidad desarrollada dentro de la coordinación de recursos y por la falta de maquinaria pesada.

No obstante, el desarrollo del análisis comparativo de Fast Tracking y Crashing en proyectos con equipos pesados es limitado, lo que en su mayoría llega a generar variaciones significativas en la comprensión de cuál técnica ofrece mejores resultados en términos de eficiencia y costos. A pesar de que algunos estudios abordan estas técnicas de planificación en general, pocos se enfocan en su impacto específico en proyectos que requieren equipos pesados con una alta coordinación y planificación.

El principal desafío de este estudio es determinar cuál de estos dos métodos, Fast Tracking o Crashing, es más eficiente en la reducción de tiempos y costos, a fin de mejorar la gestión que se desarrolla en las etapas de construcción cumpliendo las fechas de entrega de la obra, disminuyendo la presencia de reclamos por incumplimiento.

1.3 Formulación del problema

¿Cómo influyen las técnicas de Fast Tracking y Crashing en la planificación y ejecución de proyectos que requieren equipos pesados, en términos de tiempos de ejecución, costos y optimización de recursos?

¿Cuál de estas dos técnicas resulta más efectiva para reducir los plazos de entrega y minimizar los costos asociados sin comprometer la calidad y la viabilidad del proyecto?

1.4 Objetivo

Analizar la planificación de equipos pesados en el proyecto de construcción Apolo-Duran, mediante Fast tracking y Crashing.

1.5 Objetivos Específicos

- Programar las actividades para planificación de equipos pesados en la construcción Apolo-Duran.
- Identificar posibles riesgos y sus características, asociados a la planificación de equipos pesados en la construcción Apolo-Duran.
- Aplicar técnicas Fast tracking y Crashing, en la programación de actividades.
- Modelar la programación de las actividades, riesgos y características entre las técnicas Fast tracking y Crashing.

1.6 Idea a defender

La tesis tiene como propósito evidenciar que la aplicación de los métodos de Fast Tracking y Crashing tiene un efecto notable en la mejora de los tiempos y costos en proyectos que necesitan la utilización de maquinaria pesada. El estudio comparará ambos métodos para establecer cuál proporciona mejores resultados en cuanto a la disminución de tiempos y la eficacia en la utilización de recursos, considerando la complejidad y las particularidades de estos proyectos.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

El presente trabajo de titulación corresponde a la línea de investigación institucional de Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico

Antecedentes

Investigaciones efectuadas a nivel internacional por Arrieta y Morales (2021) sobre el impacto en el alcance, tiempo y costos de los proyectos en la región de Tacna, Perú; evidencian que el desarrollo de un cronograma de actividades es destinado a mejorar el alcance, tiempo y costo de los proyectos básico de administración directa ejecutados, lo que garantiza el cumplimiento de la obra en el plazo estipulado, dotando de una alta la rentabilidad económica y el desarrollo sostenible, porque una programación deficiente general altos costos por incumplimiento, afectando el progreso de la obra y en ciertas ocasiones no llega a su finalización.

Rodríguez y Moreno (2021) mencionan en su estudio titulado guía para la gestión del cronograma y gestión de costos de proyectos, que uno de los principales problemas que se presentan en la construcción civil es el retraso de la entrega de la obra, debido a la falta de un cronograma de actividades y costos que se desarrollan dentro de la ejecución de los proyectos, por problema de memorias de cálculo y prórrogas concedidas que se presentan a lo largo del proyecto. Esto trae consigo afectaciones al cronograma de trabajo disminuyendo el rendimiento de las tareas, lo que acarrea problemas como son la extensión de contratos y por ende la generación de costos adicionales a los establecidos inicialmente.

Estudios efectuados por Porras y Díaz (2015) en su tesis titulada planeación y ejecución de las obras de construcción dentro de las buenas prácticas de la administración y programación, desarrollado en Colombia, el cual se enfoca en establecer los trabajos de manera detallada y planificar la elaboración de costos, con especial atención en los análisis de precios unitarios y los rendimientos adecuados. Resalta la importancia de la organización administrativa en un proyecto y sus características funcionales en la ejecución de una obra civil, además de hacer referencia a las labores del personal involucrado en la obra. La metodología utilizada en la tesis se centra principalmente en las etapas de construcción de un proyecto de

12 pisos. Para ello, se recopila la información obtenida durante la ejecución del proyecto, y se elabora un esquema detallado, donde se mencionan los altos costos económicos que se deben de cubrir en las obras cuando hay presencia de retrasos por falta de incumplimiento de cronogramas de actividades.

Por otro lado, es necesario indicar la importancia del uso de compresores de cronogramas para la ejecución de proyectos. En efecto, estudios desarrollados por Romero (2023) establecen un análisis comparativo entre dos metodologías Fast Tracking y el método tradicional desarrollados en proyectos de construcción. Donde se utilizó un enfoque cuantitativo, junto a entrevistas, con la finalidad de poder recopilar datos que ayuden a determinar las variables en estudio.

Esto permitió que los resultados mostraran que el método Fast Tracking fue muy eficiente y ventajoso, reduciendo costos y tiempos. Sin embargo, este método requiere de la presencia de capacitaciones constantes, acompañado de un marco legal bien definido.

Por otro lado, Torres (2023) en su estudio método Fast Tracking desarrollado en la ejecución de obras, utilizó un diseño de estudio de casos, a fin de poder analizar todas las ventajas que el método Fast Tracking presenta frente al método tradicional empleado. Lo que permitió concluir que la metodología Fast Tracking, permite que sea utilizado mediante un sistema que favorece la integración de proyectos, siendo más beneficiosa su aplicación dentro de las instituciones públicas, donde su ejecución mejora la coordinación, eficiencia, costos y tiempos de entrega de las obras.

Así mismo, Flores (2022) mediante el desarrollo de su investigación estableció la adecuación del método Fast Tracking, dentro de la ampliación de un aeropuerto en el norte de Perú; para lo cual, utilizó la metodología cuantitativa básica. Dentro de su estudio procedió a encuestar a 20 colaboradores que se encargan de la gestión de proyectos, logrando evidenciar que para el 70% de los encuestados, no es fácil adaptarse al método Fast Tracking, considerando el diseño insuficiente y la organización de actividades deficiente. Concluyendo que es fundamental capacitar al personal para lograr resultados favorables en cuanto a tiempo y costo.

Debe señalarse que estudios del PMBOK (2021) determinaron que la metodología Fast Tracking, al ser una metodología que ayuda a la comprensión de los cronogramas, ayuda a superponer fases del proyecto de una manera más

práctica, permitiendo que se reduzcan los tiempos de ejecución donde se aumentan los riesgos durante su ejecución, debido a la presencia de una gestión simultánea de actividades dentro del proyecto que conlleva a la presencia de cambios.

Teniendo en consideración que el enfoque tradicional, se encarga de seguir una secuencia lineal de fases, las cuales se encuentran adecuadas para el proyecto, las mismas que se establecen con menor urgencia y mayor predictibilidad, las cuales en ciertas ocasiones tienden a volverse ineficientes, por la falta de una respuesta rápida ante situaciones de conflictos que se desarrollan dentro de la obra.

De acuerdo con estudios efectuados por Quispe (2023) titulado programación de obras civiles del proyecto: construcción de pavimento rígido en calles de la ciudad, aplicando el programa Microsoft Project", se enfocó en la planificación y programación del proyecto para determinar su duración real. Para ello, se elaboró un diagrama de barras en Microsoft Project y se realizó un cronograma detallado de actividades, incluyendo la estimación de equipos, mano de obra y materiales necesarios. Los resultados obtenidos indican una duración estimada de 169 días para la ejecución total del proyecto, estos datos y criterios se basaron en la información recopilada utilizando Excel y Microsoft Project, con el objetivo de beneficiar a la población y reducir los impactos socioeconómicos.

Técnica Fast tracking

De acuerdo con estudios efectuados por Bastante et al. (2019) señalan que el Fast Tracking se presenta como una variación del sistema diseño - construcción, la misma que se caracteriza porque una sola empresa asume simultáneamente el desarrollo de planos y la construcción. Esta técnica se implementa en situaciones de prisa, iniciando las obras sin un conocimiento claro del alcance total.

Dentro de un proyecto de construcción se establecen fases, las mismas que están vinculadas al alcance de la obra, fundamentadas en el objetivo final de este. Por tal motivo, Molinari y Padilla (2018) explicaron que el Fast Tracking se utiliza en condiciones especiales con fechas límite, iniciando el proyecto con solo el 30% del alcance definido, tratando de cumplir con todas las actividades que ayuden a agilizar su finalización en el plazo indicado.

Así mismo, Rudeli (2019) mencionó que el Fast Tracking surge dentro de los proyectos de obra, como una respuesta a la necesidad que se puedan agilizar

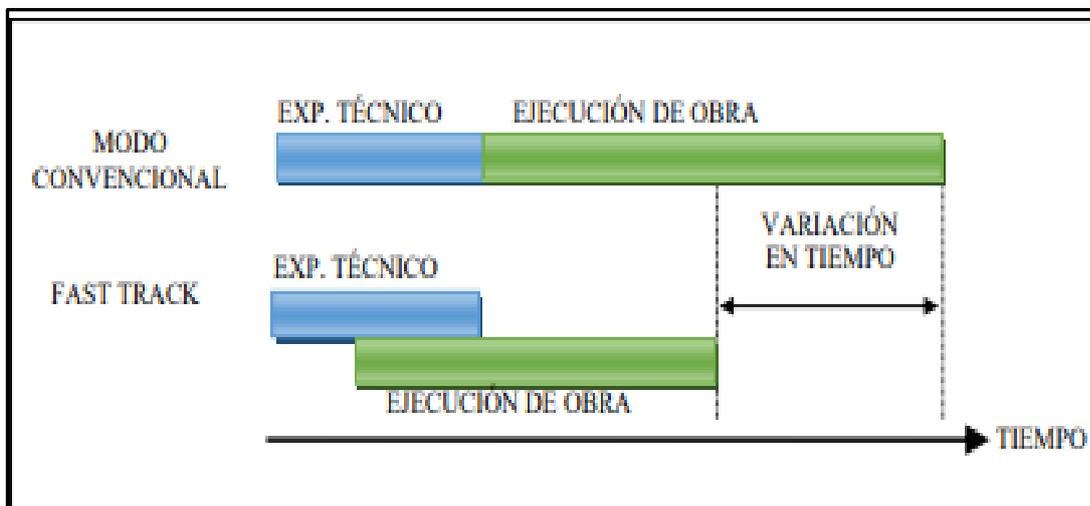
proyectos de una forma eficiente, sobre todo en el área de la industria de la edificación, donde se tiene un gran énfasis en suplantar situaciones de tiempo limitado.

Según investigaciones desarrolladas por Paredes et al. (2020) mencionaron que el término Fast Track fue popularizado en las décadas de 1970 y 1980 junto al desarrollo de proyectos civiles e industriales de gran magnitud, los cuales fueron ejecutados por empresas que necesitaban cumplir diversas demandas con agilidad y rapidez.

Por su parte, Rodas (2024) describió el Fast Tracking se encarga de funcionar como una técnica de gestión de proyectos que superpone las fases de diseño, adquisición y construcción, permitiendo la ejecución concurrente de actividades y reduciendo significativamente el tiempo total del proyecto. En contraste, la gestión tradicional sigue una secuencia lineal donde cada fase debe completarse antes de iniciar la siguiente (Figura 1).

Figura 1

Metodología tradicional



Fuente: Rodas (2024)

Ventajas de la aplicación de la metodología Fast track

Reducción del tiempo de proyecto

Dentro de la técnica de Fast Tracking, se establece que las diversas etapas de diseño, adquisición y construcción se efectúen de forma simultánea, lo cual reduce considerablemente el tiempo total del proyecto. Este enfoque es especialmente valioso en situaciones de emergencia o cuando se necesita una rápida implementación de la infraestructura (Flores, 2022).

Mayor flexibilidad y adaptabilidad

La aplicación de la técnica de Fast Tracking se encarga de proporcionar alta flexibilidad para la gestión del proyecto, lo que ayuda a efectuar ajustes y modificaciones durante su establecimiento, sin que se logre detener el avance del proyecto, esto es de gran utilidad cuando se indican la presencia de cambios en el proyecto debido a las condiciones del entorno o por sugerencias del cliente (Flores, 2022).

Optimización de recursos

Esta técnica tiene la capacidad para ejecutar diversas actividades de forma paralela, optimizando el empleo de recursos tanto humanos, como materiales, a fin de que se logren minimizar tiempos muertos y aumentar la eficiencia general (Guerrero y Zurita, 2023).

Respuesta rápida a necesidades urgentes

Es necesario establecer dentro de estados de emergencia, principalmente los que se desarrollan ante la presencia de los desastres naturales, el uso de la técnica Fast Tracking se encarga de ofrecer respuestas rápidas, oportunas y eficientes, las cual se fundamentan asegurando que la infraestructura crítica será restablecida o mejorada en el menor tiempo posible (Guerrero y Zurita, 2023).

Mejora en la competitividad

El uso de esta técnica dentro de los sectores competitivos, ayuda a que el producto o el servicio tenga una salida más rápida al mercado más rápidamente puede ser crucial para el éxito, ofreciendo una ventaja competitiva significativa (Espinoza et al., 2019).

Incremento de la productividad

El uso de la metodología Fast Track ayuda a aumentar la productividad, ya que favorece la reducción de los tiempos de espera en el desarrollo de los proyectos y asegura que los equipos pesados empleados en el trabajo, logran mantenerse ocupados con tareas continuas, logrando más actividades en el menor tiempo posible (Cama, 2024).

Mejora en la gestión de riesgos

La técnica de Fast Track favorece una gestión de riesgos, ocasionando que esta sea más dinámica, y ayuda a la identificación temprana de posibles problemas que puedan presentarse y facilita la posibilidad de realizar ajustes rápidos pueden mitigar impactos negativos potenciales durante la ejecución de los proyectos (Cama, 2024).

Ahorro de costos

Esta metodología ayuda a que se reduzcan los costos del proyecto en el tiempo posible, esto permite que puedan disminuir costos indirectos entre los que se encuentran asociados con la financiación, seguros y supervisión prolongada del proyecto. La elaboración de un cronograma más corto determina la oportunidad de establecer menores costos que facilitan poner en funcionamiento la infraestructura de manera más oportuna y rápida (Cama, 2024).

Mejora en la coordinación y comunicación

Dentro de esta técnica se presenta una comunicación constante, mediante la superposición de fases, haciendo el trabajo más efectivo entre todos los involucrados en el proyecto, lo que lleva a la obtención de una mejor colaboración, otorgando una

pronta resolución de conflictos que se presenten en la ejecución de la obra (Neyra, 2021).

Adaptabilidad al cambio

Cabe resaltar que la metodología Fast Track permite una mayor adaptabilidad a los cambios durante el desarrollo del proyecto, donde se asegura que el proyecto se ajusta a nuevos requerimientos o imprevistos de manera eficiente, en el menor tiempo posible (Neyra, 2021).

Etapas de la intervención de reconstrucción mediante la aplicación de Fast track

Identificación

La etapa de identificación se encarga de establecer las necesidades de reconstrucción, las mismas que son ejecutadas por medio de un diagnóstico donde se detallan todos los daños, considerando las zonas y sectores de mayor afectación, priorizando el favorecimiento de las intervenciones necesarias (Bocanegra y Paucar, 2021).

Formulación

Dentro de la fase de formulación se detallan proyectos, por medio de la definición de objetivos, metas, alcance y recursos que se necesitan para cada intervención. Adicionalmente, se incorporan estudios técnicos y se fundamentan con expedientes técnicos (Leandro, 2022).

Evaluación

Una vez que los proyectos son formulados se procede a su evaluación a fin de poder verificar su viabilidad tanto técnica, económica y social, tratando de asegurar que se cumplan con los estándares requeridos para su establecimiento (Leandro, 2022).

Financiamiento

Una vez aprobados, los proyectos deben asegurar su financiamiento. Esta etapa incluye la asignación de recursos presupuestarios y, en algunos casos, la búsqueda de financiamiento externo a través de donaciones, créditos o cooperación internacional (Leandro, 2022).

Ejecución

En esta fase, se implementan los proyectos, incluyendo la contratación de servicios y obras, la supervisión de los trabajos y la gestión administrativa necesaria para garantizar el cumplimiento de los plazos y la calidad de las obras (Leandro, 2022).

Supervisión y Monitoreo

Durante la ejecución de los proyectos, se realiza un seguimiento constante para asegurar que se cumplan los estándares de calidad y los plazos establecidos. Se supervisa el avance físico y financiero de las obras (Leandro, 2022).

Cierre y Evaluación Post-Ejecución

Una vez concluidas las obras, se realiza una evaluación final para verificar que se hayan cumplido los objetivos y metas planteados. Esta etapa también incluye la entrega y recepción de las obras, así como la elaboración de informes de cierre y lecciones aprendidas (Leandro, 2022).

Mantenimiento

Después de la entrega de las obras, se asegura la sostenibilidad de las intervenciones mediante planes de mantenimiento y conservación, garantizando que las infraestructuras se mantengan en buen estado y funcionales a lo largo del tiempo (Leandro, 2022).

Técnica Crashing

Chum (2021) indica que la Técnica de Crashing es un método empleado para reducir la duración del calendario con el menor aumento de costo posible a través de la contribución de recursos. Dentro de las formas de intensificación se encuentran la

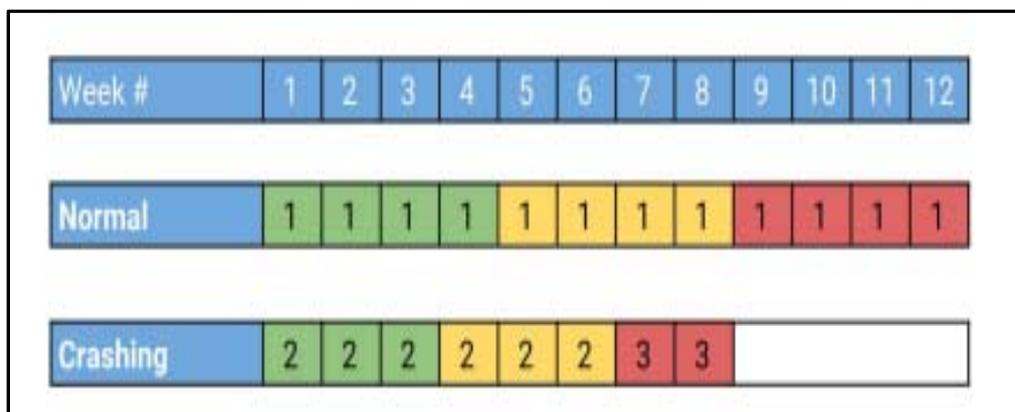
autorización de horas extra, la contribución de recursos extra o un abono extra para agilizar la finalización de las tareas que están en la ruta crítica.

La intensificación del efecto sólo es útil para actividades situadas en la ruta o camino crítico, donde los recursos extra permiten reducir la duración. La intensificación no siempre se presenta como una opción factible y puede provocar un aumento del riesgo y/o del costo. En las obras de edificación, este método puede utilizarse a través de la utilización de más recursos, como es el caso de la contratación de obreros.

Para Castañeda et al. (2022) el Crashing se refiere al aumento de los recursos para acelerar el rendimiento de tareas y terminarlas en una fecha temprana a la estimada inicialmente obteniendo el mayor beneficio al reducir el tiempo de duración con el menor costo. El aumento de recursos se refiere al aumento de las tareas de trabajo, aumentar el personal y prolongar los turnos de trabajo. Esto indica, aumentar las horas extras o un pago adicional para acelerar la entrega de las actividades (Figura 2).

Figura 2.

Técnicas de Crashing



Fuente: Castañeda et al. (2022)

La metodología Crashing puede utilizarse tanto en edificaciones públicas como en edificaciones privadas. Dado que es útil siempre que exista un déficit en las actividades y se disponga de un calendario de actividades, análisis de costos y evaluación de los recursos a utilizar. Además, es relevante no solo al inicio de los proyectos sino también durante su desarrollo, esto con el único objetivo de bloquear las actividades ya realizadas, es decir, considerando solo las tareas que todavía no

se han completado. Así se puede apreciar que posee un alto rendimiento en los proyectos de edificación (Hernández, 2023).

Los hallazgos del caso de estudio evidencian que la metodología produce ventajas en un corto plazo con costos asumibles e incluso, en función de la disminución, se producen ahorro en los costos totales. Es aplicable a situaciones concretas de proyectos de edificación antes y después de su inicio. Facilitando al usuario la observación del comportamiento de las actividades y la creación de análisis y tácticas para la inversión de recursos con la finalidad de agilizar el proyecto (Hernández, 2023).

Una de las mayores ventajas que brinda esta metodología es subrayar la relevancia de las tareas esenciales. Usualmente en las obras de edificación no se considera este factor, a pesar de contar con un calendario y en ciertas situaciones la secuenciación de las tareas. Así que optan por destinar recursos a tareas no esenciales con el objetivo de disminuir el tiempo de culminación del proyecto. Sin percatarse de que realmente están desaprovechando recursos sin ser eficientes. Por lo tanto, al especificar el camino crucial, los responsables de los proyectos pueden desarrollar estrategias ideales y eficaces que producirán resultados superiores (Hernández, 2023).

Aplicación de técnicas Fast tracking y Crashing, en la programación de actividades

Para aplicar la técnica de Crashing en cualquier proyecto, es fundamental utilizar un modelo de optimización que permita identificar la mejor relación entre el incremento de recursos asignados a las actividades y la reducción de sus tiempos de ejecución.

Diversos autores han desarrollado modelos basados en herramientas como la programación lineal y no lineal. A partir de estos modelos de optimización, se elaboró el siguiente capítulo, en el que se analizan diferentes enfoques para abordar el problema del intercambio tiempo-costos. Finalmente, se seleccionó la programación lineal (PL) como la herramienta principal, se revisaron múltiples modelos de PL con el propósito de proponer un modelo matemático, y se diseñó una metodología para implementar el Crashing en proyectos de construcción.

Programación de obras

Diagrama de barras o de Gantt

Ocampo (2019) menciona que, Henry L. Gantt en el año de 1917 creó el diagrama de Gantt, encargándose de mostrar la relación entre la magnitud del trabajo y el tiempo necesario para completar cada tarea asignada mediante una representación gráfica del tiempo. Este método permite observar el progreso óptimo del proyecto a lo largo del tiempo.

El diagrama de Gantt se presenta en una hoja. En la primera columna se enumeran las actividades, comenzando con aquellas que no tienen precedentes inmediatos. La primera fila representa una escala de tiempo definida, teniendo en cuenta las precedencias de las actividades necesarias para comenzar una nueva tarea (Figura 3), clasificadas como

Fin – inicio

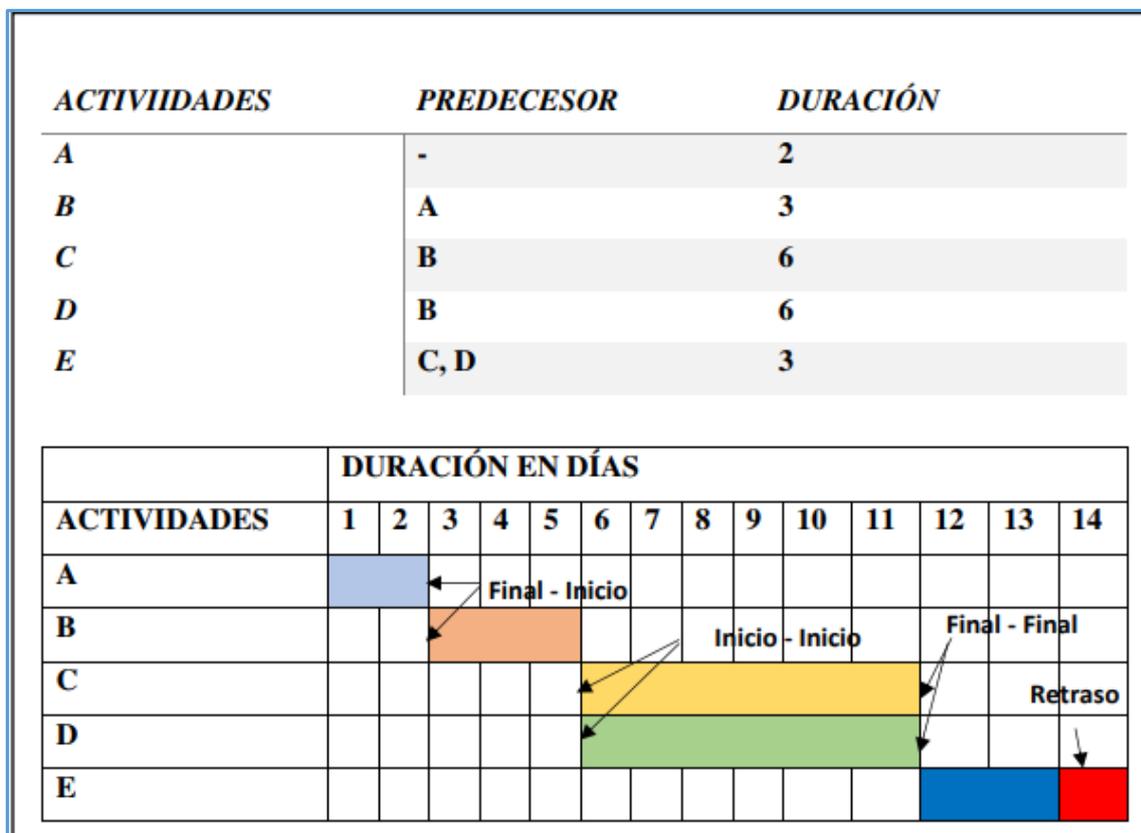
Inicio – Final

Final – Final

Retrasos

Figura 3.

Estructura de Diagrama de Gantt



Fuente: Ocampo (2019)

Características del diagrama de Gantt

Para el diagrama de Gantt representa actividades como barras horizontales y utiliza horas, días, semanas u otra unidad de tiempo en el eje vertical. El extremo izquierdo de la barra señala la fecha de inicio de la actividad, mientras que el extremo derecho indica la fecha de finalización. Microsoft Project es una de las herramientas más utilizadas para elaborar estos diagramas (Ejcalón, 2022).

Cada actividad se muestra como un bloque rectangular cuya longitud representa su duración, mientras que la altura no tiene significado.

La posición de cada bloque en el diagrama indica los momentos de inicio y finalización de las actividades correspondientes.

Los bloques que pertenecen a actividades del camino crítico suelen ser coloreados de manera diferente (Ejcalón, 2022).

Método constructivo

Para elaborar un diagrama de Gantt, se deben seguir los siguientes pasos:

- Dibujar los ejes horizontal y vertical.
- Escribir los nombres de las actividades en el eje vertical.
- Primero, se dibujan los bloques de las actividades que no tienen predecesoras, colocando el lado izquierdo de estos bloques en el instante cero del proyecto (su inicio).
- Se dibujan los bloques de las actividades que dependen de las previamente introducidas en el diagrama. Este proceso se repite hasta que todas las actividades estén representadas, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:
 - Las dependencias fin-inicio se indican alineando el final del bloque de la actividad predecesora con el inicio del bloque de la actividad dependiente (Ejcalón, 2022).
 - Las dependencias fin-fin se indican alineando los finales de los bloques de las actividades predecesora y dependiente.
 - Las dependencias inicio-inicio se indican alineando los inicios de los bloques de las actividades predecesora y dependiente.
 - Los retardos se indican desplazando la actividad dependiente hacia la derecha en el caso de retardos positivos y hacia la izquierda en el caso de retardos negativos (Ejcalón, 2022).

Cálculos

El diagrama de Gantt es una herramienta representativa que facilita la visualización de la distribución temporal del proyecto u obra, aunque no es adecuada para realizar cálculos detallados. La construcción de este diagrama permite mostrar directamente los inicios y finales mínimos de cada actividad (Genovés et al., 2023).

Construcción

Para elaborar el diagrama de Gantt, es importante resaltar con un color diferente las actividades críticas (Genovés et al., 2023).

Gráfico de Gantt para seguir la marcha de las actividades

En este tipo de gráfico, el eje vertical se utiliza para representar las actividades, mientras que los recursos aplicados a cada una se indican mediante claves, sobre la línea que representa la duración de la actividad (Ejcalón, 2022). Esto constituye una inversión del caso anterior, donde el eje horizontal sigue siendo el registro de la escala de tiempo (Figura 4).

Figura 4.

Gráfico de Gantt para el seguimiento de actividades

No. 1	Actividades	Duración (semanas)	Semanas de trabajo													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1.1	Preliminares	1	■													
1.2	Movimiento de tierras	1		■												
1.3	Cimentación	2			■	■										
1.4	Estructura	4					■	■	■	■						
1.5	Cubierta	2									■	■				
1.6	Acabados	2											■	■		

Fuente: Ejcalón (2022)

Ventajas y desventajas del diagrama de Gantt

Existen una serie de ventajas y desventajas que se vinculan al uso del diagrama de Gantt (Tabla 1).

Tabla 1.

Ventajas y desventajas del uso del diagrama de Gantt

Ventajas	Desventajas
Se logra una imagen simple de un sistema complejo.	Su complejidad depende de la magnitud del proyecto.
Mayor es su organización en las actividades	Presenta sólo el tiempo asignado por actividad. Carece de la cantidad de trabajo.
Si el diagrama es bueno, su interpretación es simple.	Se debe realizar actualizaciones constantes.
Se obtienen plazos reales para cumplir un proyecto.	No interpreta la relación de una actividad con otra.
Útil de interpretar incluso para empresas ajenas al proyecto.	

Fuente: Ocampo (2019)

Cronograma valorado, curva de avance

El propósito principal de un cronograma de proyecto es comunicar el progreso planificado para tomar decisiones a tiempo. El cronograma valorado se enfoca en los costos del trabajo en diferentes etapas del proyecto. Es un informe que incluye los costos semanales, mensuales, anuales, parciales y acumulativos necesarios para la elaboración de planillas. Para crear un cronograma valorado, se debe clasificar todos los rubros mensualmente para determinar la cantidad de fondos necesarios en cada etapa del desarrollo.

Por otro lado, la curva de avance muestra gráficamente los resultados del cronograma valorado del proyecto, ya que el valor acumulado en dicha curva refleja el porcentaje de avance acumulativo del trabajo realizado mensualmente.

Factores internos y externos que afectan el cronograma de obra

Factores externos

Entre los principales factores externos que se encuentran afectando el cronograma de las actividades dentro de una construcción de obra civil se encuentran los siguientes:

- **Clima**

Se refiere al conjunto variable de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y cambios del tiempo, durante un periodo y en un lugar o región específica.

- **Catástrofes naturales**

Son eventos naturales que representan una amenaza para las actividades en general, como sismos, terremotos, huracanes, entre otros.

- **Problemas financieros**

Dentro de los problemas financieros se pueden identificar varios aspectos:

Bajo nivel de inversión en infraestructura pública

Esto no solo implica la falta de construcción de nuevas obras, sino también la incapacidad de mantener adecuadamente las obras en ejecución. Esta situación afecta las variables de costos y tiempo de los proyectos en desarrollo o futuros.

Presupuesto temporal

Es el presupuesto utilizado en la obra conforme avanza. Los costos establecidos en este presupuesto son válidos únicamente mientras los precios que sirvieron de base sigan vigentes durante ese periodo.

Presupuesto no contemplado

Este presupuesto se refiere a un porcentaje variable que depende del criterio del ingeniero a cargo, así como del tipo y tamaño del proyecto. Este porcentaje cubrirá los costos de cualquier gasto no calculado en el presupuesto inicial, como la inclusión de nuevas obras, modificación de características geométricas, cambios en las especificaciones técnicas y condiciones reales del terreno no contempladas.

- **Conflictos laborales y huelgas**

Se refiere a la acción colectiva emprendida por los trabajadores, que resulta en la suspensión temporal del trabajo. Esta suspensión puede implicar a menudo el cierre físico de las instalaciones, establecimientos o lugares de trabajo.

- **Cambios de órdenes por el ente contratante**

Se refiere a los cambios administrativos realizados cuando no se obtienen los resultados esperados, afectando aspectos como utilidades, satisfacción personal, costos y la armonización del trabajo en la obra o por parte del ente contratante.

Factores Internos

Cualquier factor que el ingeniero a cargo pueda controlar y gestionar se considera un factor interno. Los más comunes en una obra son:

Problemas de diseño

- Aprobación tardía de los planos de ejecución y muestras.
- Demora en la aprobación de las pruebas de laboratorio.
- Incoherencias en los planos.
- Falta de comunicación con el contratista sobre la obra.
- Cambios en el método de trabajo del contratista.
- Variaciones en las cantidades estimadas.
- Modificaciones en el diseño.
- Fallas en el acceso al sitio de trabajo.
- Falta de requerimiento de vías de acceso.
- Otros.

Problemas de diseño

Son los retrasos típicos ocasionados por los contratistas. Las causas más comunes de retrasos por parte de los contratistas incluyen:

- Entrega tardía de los planos de ejecución.
- Adquisición demorada de materiales y equipos.

- Insuficiencia de personal.
- Personal no calificado.
- Coordinación inadecuada con subcontratistas u otros contratos.
- Retrasos por parte del contratista.
- Respuesta tardía a consultas del dueño o del arquitecto/diseñador.
- Construcción que no cumple con los requisitos del contrato, lo que obliga a rehacer los trabajos necesarios.

Mano de obra

La mano de obra se refiere al rendimiento de los trabajadores que se utilizan para ejecutar una unidad de obra.

No considerar la mano de obra como un factor importante en el avance de un proyecto puede resultar en problemas de rendimiento, desempeño, abastecimiento y contratación de personal, lo que genera retrasos en la obra y da como resultado un personal no calificado e insuficiente.

Aspectos a considerar en la elaboración del cronograma de obra

Definición de actividades

Implica identificar las actividades específicas del cronograma que deben llevarse a cabo para producir los distintos productos entregables en una obra civil (Quispe, 2023).

Definición de tiempos

Se estima la cantidad de períodos laborables necesarios para completar cada actividad del cronograma (Quispe, 2023).

Relación entre actividades

Consiste en identificar y documentar las dependencias entre las actividades del cronograma. Una vez definidas las actividades, la secuencia debe realizarse de manera sencilla, teniendo en cuenta las características del proyecto (Quispe, 2023).

Restricciones

Las restricciones son limitaciones que se producen al definir una actividad, especialmente cuando se utilizan materiales, maquinaria u otros recursos (Quispe, 2023).

Las restricciones pueden estar relacionadas con recursos, costos, cargas de trabajo, entre otros. Dentro del cronograma de actividades, las restricciones se manejan en diferentes etapas, de la siguiente manera:

Publicar el cronograma

Para publicar el cronograma, es importante considerar la restricción de definir correctamente el tiempo correspondiente a cada actividad. Esto no solo limita la actividad en sí, sino que también afecta a toda la obra.

Monitorear el cronograma

Durante la ejecución de la obra, se presentan limitaciones de recursos, por lo que es necesario recolectar información sobre el desarrollo del proyecto. Esto permite proveer los materiales, la mano de obra y los costos necesarios para agilizar las actividades que presentan este tipo de restricciones (Quispe, 2023).

Actualizar el cronograma

Comparando los datos y tomando acciones para corregir las limitaciones identificadas durante el monitoreo de la obra, se realizan cambios en el programa. Esto permite actualizarlo y evaluar si los cambios realizados tuvieron resultados positivos o si limitaron el cronograma de la obra en términos de tiempo (Quispe, 2023).

Recursos disponibles

Se refiere a la estimación de la cantidad de materiales, personas, equipos y suministros requeridos en cada actividad (Quispe, 2023).

2.2 Marco Legal

Dentro de esta tesis el marco legal se apoya en el establecimiento de un contrato de movimiento de tierras en el cual se determinan las fechas de inicio y finalización del mismo, el requerimiento de la maquinaria, la forma de pago, la responsabilidad y obligaciones de cada una de las partes.

CONTRATO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

En la ciudad de Guayaquil, a los veintitrés días del mes de abril del 2021, comparecen a la celebración del presente Contrato: por una parte, la compañía **HORMILITORAL S.A.**, debidamente representada por su Gerente, **el Señor Ing. Pedro Maridueña**, parte a la que se le denominará **EL PROPIETARIO**; y, por otra parte, la compañía **PECONSTSA S.A.S.**, representada por su Gerente, **el Sr. Pedro Guerrero**, a la que se le denominará **EL CONTRATISTA**; quienes convienen en forma libre y voluntaria celebrar el siguiente CONTRATO el mismo que se regirá por las disposiciones del Código Civil y demás normas legales pertinentes, al tenor de las cláusulas que a continuación se expresan.

CLÁUSULA PRIMERA: ANTECEDENTES. - Son antecedentes del presente contrato:

1.- La compañía **HORMILITORAL S.A.**, tiene la necesidad de contratar los servicios de una compañía con experiencia en el ámbito de la construcción y movimientos de tierra.

2.- “El Contratista” presentó su oferta GG-151-2021 de fecha 13 DE AGOSTO DEL 2025 para movimiento de tierra, siendo dicha oferta la adjudicada por El Propietario. Esta Oferta es parte integrante del contrato.

3.- Las palabras utilizadas en este instrumento, en sus anexos, o en cualquier documento relacionado con el mismo, deberán interpretarse en su sentido literal y lógico, a menos de que se trate de términos técnicos y en este caso se tomarán en el sentido que les den los que profesan la misma ciencia, a menos que aparezca claramente que se han tomado en sentido diverso.

CLÁUSULA SEGUNDA: OBJETO DEL CONTRATO. – EL PROPIETARIO contrata los servicios de la CONTRATISTA con el fin de que por su cuenta y riesgo realice los trabajos de movimiento de tierras en el sector de la Vía Durán – Tambo km 15.5, relleno compactado de la misma área. Para el efecto EL CONTRATISTA es propietaria de la maquinaria que se detalla a continuación:

Tabla 2.

Equipos para ejecución de obra

DESCRIPCION
Motoniveladora
Rodillo 12ton
Tanquero
Grua de hizaje
Grua de martillo
Tractor D6
Grua barrenadora
Herramienta menor y eq. seguridad ind.
Cargadora frontal
Volqueta 8m3
Montacargas
Camion plataforma
Motosierra
Camioneta 2000cc
Tecele

Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Sobre los precios unitarios aquí detallados, multiplicados por la cantidad de horas trabajadas y/o volúmenes determinados en sitio, mediante un levantamiento topográfico previo a la presentación de las planillas de obra por los rubros que se contratan. A las planillas quincenales presentadas se agrega el impuesto al valor agregado IVA.

La forma de pago se realizará de la siguiente forma:

1. EL PROPIETARIO pagará a LA CONTRATISTA sobre presentación de planillas de avance de obra quincenales.
2. LA CONTRATISTA deberá entregar Factura de acuerdo al Reglamento de Facturación vigente previo al pago correspondiente y EL PROPIETARIO aplicará los respectivos descuentos de ley.

CLÁUSULA CUARTA: OBLIGACIONES Y RESPONSABILIDADES DE LA CONTRATISTA: Para el cumplimiento del objeto de este contrato, la CONTRATISTA se obliga a realizar y/o ejecutar las obras contratadas de acuerdo al siguiente detalle:

1. Suministrar durante todo el tiempo que dure la ejecución del objeto del presente contrato, el material, mano de obra especializada, equipos, herramientas y maquinaria adecuada y suficiente en capacidad, cantidad y condiciones de funcionamiento; así como realizar la dirección técnica que se requiera hasta entregar completamente terminada la obra contratada a plena y total satisfacción del PROPIETARIO.
2. LA CONTRATISTA declara expresamente que todos los trabajadores que laboren en virtud del presente contrato, lo harán bajo su exclusiva dependencia y responsabilidad, y que en consecuencia EL PROPIETARIO no asume ninguna responsabilidad patronal ni civil para con ellos.
3. LA CONTRATISTA proporcionará el personal, así como los instrumentos, máquinas y demás herramientas necesarias para la realización de los trabajos objeto de este contrato.
4. LA CONTRATISTA, no podrá subcontratar, ceder, signar o transferir en ninguna forma ni a ningún título, ni la totalidad ni parte alguna de las obras materia de este contrato sin la previa autorización escrita del PROPIETARIO. La autorización para subcontratar la ejecución de parte de la obra no relevará al CONTRATISTA de la responsabilidad del cumplimiento de la totalidad de sus obligaciones asumidas mediante este contrato.

CLÁUSULA QUINTA: OBLIGACIONES Y RESPONSABILIDADES DEL PROPIETARIO. Para el cumplimiento del objeto de este Contrato, EL PROPIETARIO se obliga a:

1. Cancelar las planillas quincenales acordados por las partes, de manera puntual y dentro de los plazos estipulados en el mismo, no más de 72 horas posteriores a la aprobación de la planilla y emisión de la factura.
2. A mantener durante el tiempo del contrato a un fiscalizador que será responsable de los trabajos ejecutados por EL CONTRATISTA.

CLÁUSULA SEXTA: PLAZO. - EL CONTRATISTA, se obliga a entregar los trabajos contratados incluyendo el relleno compactado descrito en la Cláusula Segunda, materia del presente contrato, totalmente terminada, en un plazo de 210 días calendarios, contados desde la fecha de suscripción del contrato, sin embargo, si por causas propias del trabajo, condiciones climáticas u otras de fuerza mayor, el plazo de trabajo se podrá prolongar; siempre que el PROPIETARIO lo autorice por escrito.

CLÁUSULA SÉPTIMA: FISCALIZACIÓN. - EL PROPIETARIO nombrará una persona que le represente en la obra, en calidad de Fiscalizador y/o Administrador del Contrato. El Fiscalizador y/o Administrador, será el representante del PROPIETARIO en la obra, en los aspectos técnicos y administrativos, por tanto, será el único autorizado para tomar las decisiones que estime convenientes para asegurar el desarrollo y avance normal de los trabajos, así como para autorizar con su firma los estados de la obra.

El Fiscalizador tendrá las atribuciones necesarias para exigir al CONTRATISTA el cumplimiento del Contrato en tal forma que la obra se ejecute técnica y económicamente conforme a lo estipulado en el presente Contrato. El Fiscalizador será quien reciba y apruebe los trabajos ejecutados por LA CONTRATISTA y los pagos se realizarán con su visto bueno.

EL CONTRATISTA, deberá permitir las inspecciones que dentro del proceso de control deba realizar el Fiscalizador nombrado por el CONTRATANTE.

CLÁUSULA OCTAVA: PENALIZACIÓN. - Ante el evento de incumplimiento por parte de LA CONTRATISTA, se estipula una multa equivalente al 1 por mil (1x1.000) del monto no ejecutado. El incumplimiento se producirá por abandono del trabajo, no observar las disposiciones emanadas del Fiscalizador, falta de equipo para la ejecución, retraso injustificado en la ejecución; todas estas causales serán establecidas por el fiscalizador por escrito y notificadas a las dos partes.

CLÁUSULA NOVENA: ENTREGA RECEPCIÓN. - Los trabajos se darán por terminados, mediante la suscripción de un acta de recepción definitiva, con la intervención de las partes. EL CONTRATISTA, deberá entregar la obra a entera satisfacción del PROPIETARIO y de la Fiscalización. Si hubiera disconformidad con respecto a la obra, se harán las observaciones del caso, LA CONTRATISTA, tendrá un plazo no mayor a 15 días en que se deberá realizar las correcciones que fueren del caso.

CLÁUSULA DÉCIMA: RELACIÓN LABORAL.- LA CONTRATANTE deja expresa constancia que no contrae obligación o vínculo laboral alguno con los profesionales, técnicos, obreros y en general con los trabajadores que LA CONTRATISTA emplee en la ejecución de las obras objeto de este contrato, siendo ésta última la única y exclusiva responsable frente a sus trabajadores por todo pago de remuneraciones,

sueldos o jornales, así como de los aportes al IESS y por los accidentes de trabajo que pudieren ocasionarse; y LA CONTRATISTA deslinda de toda responsabilidad laboral y civil al PROPIETARIO.

CLÁUSULA DÉCIMO PRIMERA: PREVENCIÓN DE LAVADO DE ACTIVOS Y FINANCIACIÓN DEL TERRORISMO.- Las partes manifiestan bajo la gravedad de juramento, que se entiende prestado con la suscripción del presente contrato, que los recursos que componen su patrimonio no provienen de lavado de activos, financiación del terrorismo, narcotráfico, captación ilegal de dineros y en general de cualquier actividad ilícita; de igual manera manifiesta que los recursos empleados en desarrollo de éste contrato, no serán destinados a ninguna de las actividades antes descritas.

CLÁUSULA DÉCIMO SEGUNDA: RELACIÓN ENTRE LAS PARTES. - Las Partes dejan constancia que son contratistas independientes, y que la relación que establecen es civil, en consecuencia, no hay relación laboral de ninguna clase.

CLÁUSULA DÉCIMO TERCERA: RESCISIÓN DE CONTRATO. - Se dará por terminado el contrato cuando la CONTRATISTA incumpla con lo establecido en las cláusulas anteriormente descritas, por falta de calidad en el trabajo contratado o por atraso en la obra por más de cuarenta días.

CLÁUSULA DÉCIMA QUINTA: JURISDICCIÓN Y COMPETENCIA. - Las partes se comprometen a ejecutar de buena fe las obligaciones recíprocas que contraen mediante este Convenio, y a realizar todos los esfuerzos requeridos para superar, de mutuo acuerdo, cualquier controversia. Toda controversia o diferencia derivada de la aplicación, validez, interpretación, nulidad o cumplimiento del presente Contrato será resuelta con la intervención de un juez ordinario de la ciudad de Guayaquil.

Para constancia y ratificación, firman las partes en unidad de acto, en dos ejemplares de igual tenor en el mismo lugar y fecha de otorgamiento.

HORMILITORAL S.A.

RUC. 0992877510001

EL PROPIETARIO

PECONSTSA S.A.S.

RUC. 0993381076001

LA CONTRATISTA

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño metodológico

Para el objeto de estudio de esta tesis, el diseño metodológico constituye una parte fundamental porque define las estrategias, el plan y el marco seguido en su desarrollo, ya que orientó la elección de los enfoques, estrategias y procesos que se emplearon para recopilar y examinar los datos necesarios para el desarrollo de las actividades programadas dentro del proyecto Apolo - Durán

Tipo: Básica

Basada en la búsqueda de la comprensión de la naturaleza y los principios rectores de la misma, la investigación de tipo básica busca el avance de la ciencia, por ende, su propósito es generar conocimientos nuevos (Arias, 2020).

En este sentido, el propósito del presente estudio fue comprender la naturaleza de las variables y generar conocimientos al respecto, en función a las variables proceso constructivo y capacitación permanente en la obra de infraestructura Apolo – Durán ejecutada bajo el desarrollo de las metodologías Fast track y Crashing.

3.2 Enfoque de la investigación

El presente estudio abordó el enfoque cuantitativo, debido a que se empleó instrumentos para poder recabar información concerniente a la infraestructura, logrando obtener datos importantes en cifras y porcentajes concernientes al proceso constructivo de las obras (Mohamed et al., 2023).

Por tanto, bajo las características que presenta esta pesquisa, se determinó que se encuentra enmarcada dentro del enfoque cuantitativo puesto que se trabajó con variables que son medibles, logrando obtener resultados cuantificables. Así mismo, se emplearon instrumentos de medición con los cuales se recabó datos que permitieron conocer las condiciones reales del proceso constructivo y capacitación permanente en obras de infraestructura ejecutadas bajo la metodología Fast track y Crashing.

3.3 Alcance de la investigación

Este estudio presentó un alcance de tipo descriptivo. Según Hernández et al. (2023), la investigación descriptiva se centra en especificar propiedades, características y aspectos importantes de cualquier fenómeno que se estudie. Esto incluye la descripción de las tendencias, las cuales se enfocan en esclarecer las razones por las que ocurre una situación determinada, cuáles son las condiciones que la rodean y cómo se relacionan las variables propuestas.

3.4 Diseño de la investigación

El estudio se caracterizó por recabar información sin necesidad de incidir en la manipulación o alteración de las variables, mostrando la evidencia en su estado natural, razón por la cual, se asume que es de tipo no experimental. Así mismo, en función al tiempo de medición, se determinó que el estudio fue transversal, debido a que el análisis y la profundización en el estudio de las dos variables de la investigación se realizó en un único momento dentro del proyecto Apolo - Durán.

En base a lo descrito se puede decir que el diseño crea vías para apoyar o refutar las hipótesis, dado que no se altera ningún factor a lo largo de la recogida de datos, siendo el diseño no experimental. Del mismo modo se consideró transversal en la medida en que su aplicación se dio una sola vez y en un único momento (Bernal, 2021).

3.5 Recolección de la información

Recolectar información base del proyecto

El primer paso de la metodología consiste en recolectar información correspondiente al proyecto al cual se va a aplicar.

Esta información consiste en: estudios previos, cronograma de actividades, análisis de precios unitarios, cantidades de obra, análisis de recursos involucrados y precedencia de actividades

Diseñar la red del proyecto de acuerdo a su relación de precedencia

En el segundo paso se analizará la duración de las actividades y su precedencia, para posteriormente dibujar el diagrama de red del proyecto con el fin de ilustrar de mejor manera la estructura del proyecto.

Determinar la ruta crítica y clasificar las actividades en críticas y no críticas

Con ayuda del diagrama de red se calculará la holgura de todas las actividades. Para esto se tendrá en cuenta los siguientes conceptos:

- **Primer inicio:** Es la fecha más cercana en que una actividad determinada puede comenzar; se calcula con base en la fecha de inicio probable del proyecto y las duraciones estimadas de las actividades precedentes.
- **Primer final:** Es la fecha más cercana en que una actividad puede completarse; se calcula al sumar la duración estimada de la actividad a su primera fecha de inicio.
- **Último inicio:** Es la última fecha en la cual una actividad en particular debe iniciarse con el fin de que todo el proyecto se termine en su fecha de terminación requerida. Se calcula al restar la duración estimada de la actividad de la última fecha de su terminación.
- **Último final:** Es la última fecha en la cual una actividad en particular debe completarse para que todo el proyecto concluya en su fecha de terminación requerida. Se calcula con base en la fecha de terminación requerida del proyecto y la duración estimada de cada actividad subsiguiente.

Para calcular la holgura se debe restar el valor del último inicio y el primer inicio de cada actividad. Luego, teniendo en cuenta que una holgura igual a cero equivale a una actividad crítica, se clasificaron las actividades del proyecto como críticas y no críticas.

Recolectar los datos de aceleración de actividades tales como costo Crashing y tiempo máximo que una actividad puede reducirse

El primer paso en este punto consiste en determinar la duración Crashing y costo Crashing de las actividades críticas del proyecto.

Una vez recolectada la información se realizará un análisis de las posibles nuevas rutas críticas que puedan surgir. Este análisis consiste en verificar las demás rutas del proyecto, destacando aquellas que más se acercan a la duración crítica.

Para, posteriormente, estudiar en qué casos estas pasan a ser rutas críticas. En caso tal de que se pueda presentar una nueva ruta crítica con los tiempos Crashing obtenidos, se modifica el límite de reducción, aumentando la duración Crashing, con el fin de evitar esto.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó en el presente trabajo de investigación fue las técnicas de deducción, análisis, síntesis que fueron empleados para el estudio y análisis de datos, contenidos e informaciones obtenidos antes, durante y después de la ejecución del proyecto de construcción Apolo - Durán. El instrumento empleado fue el software de programación avanzado Microsoft Project que permitió tener un control adecuado del proyecto a realizar; ayudando a planificar, gestionar y organizar el trabajo a tiempo facilitando el desarrollo planes, la asignación de predecesoras a tarea.

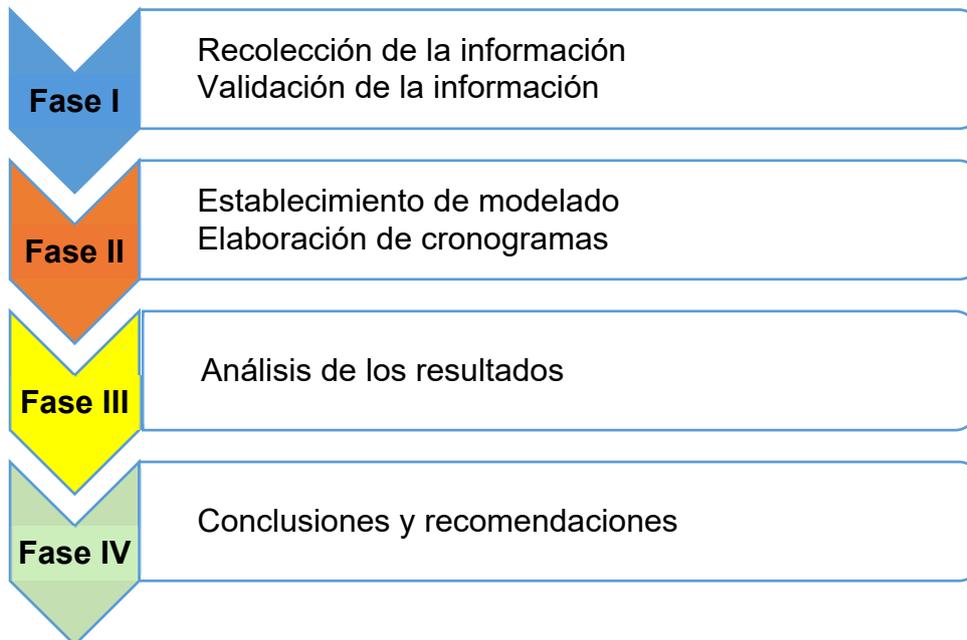
Una vez que se ha configurado Microsoft Project, se organizaron todas las actividades y su duración para determinar las fechas de inicio y finalización de cada tarea, respetando el plazo establecido. Luego, se colocaron las predecesoras de manera adecuada para obtener el plazo total del proyecto. Estas predecesoras se estructuran en: Fin a Comienzo (FC), Fin a Fin (FF), Comienzo a Fin (CF) y Comienzo a Comienzo (CC) [17]. Finalmente, se calculó un plazo inicial de 210 días para el proyecto.

3.7 Esquema metodológico

Para el cumplimiento del desarrollo de las actividades propuestas en el proyecto de investigación se efectuó la implementación de fases a ejecutarse para su correcto desarrollo, las mismas que son detalladas a continuación (Figura 5):

Figura 5.

Esquema metodológico



Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Fase I

Recolección de la información

Se llevó a cabo un procedimiento para la búsqueda, clasificación y almacenamiento de información y datos relacionados con el tema de investigación, de acuerdo con el área de estudio.

La validación de la información

Se realizó la evaluación de los datos obtenidos mediante la interpretación y clasificación, según lo referente al área de estudio.

Fase II

Establecimiento del modelado

Para el desarrollo de esta fase se empleó el software del programa Microsoft Project, la misma que es una herramienta de administración desarrollada para ser empleada en la planificación eficiente, el control y el seguimiento de la ejecución de proyectos. Este programa proporciona seguridad y comodidad al usuario.

Elaboración de cronogramas

Primero, se configuró un nuevo proyecto creando un calendario donde se editan los días laborables y no laborables. A continuación, se asigna la fecha de inicio del proyecto y se ingresan las tareas con su duración correspondiente. Automáticamente se generó un diagrama de Gantt, en el cual cada barra debe vincularse con su predecesora de manera lógica, presentando así la ruta crítica. Finalmente, se asignaron los recursos (trabajo, material y costos) a cada una de las tareas y se establecieron los cronogramas.

Fase III

Análisis de resultados

Una vez finalizado el análisis otorgado por el programa Microsoft Project, mediante la comprensión de los cronogramas de las actividades a desarrollarse en el proyecto Apolo – Durán, fue posible efectuar el análisis comparativo en relación al tiempo de ejecución y de costo de los rubros que se requieren para su implementación.

Fase IV

Conclusiones y recomendaciones

Concluido el análisis comparativo, se establecen las conclusiones y recomendaciones de los objetivos propuestos en este estudio, donde se establece la importancia del uso de las técnicas de la compresión de cronogramas a fin de evidenciar la importancia de los mismos en la ejecución de los proyectos.

Diagrama del proceso metodológico

El diagrama establecido para el cumplimiento del proceso metodológico está conformado de seis fases (Figura 6):

Fase I. Programación Planificar, definir y secuenciar actividades

Se ha desarrollado la planificación de las actividades que se requieren para la ejecución de las actividades, definiendo y secuenciando un esquema de actividades que se requieren cumplir a cabalidad.

Fase II. Estimar recursos y duración de actividades

Una vez que se ha finalizado la fase de definición de actividades, se procede a la estimación de recursos y al establecimiento de duración de actividades, donde se establecen la ejecución de trabajos preliminares del proyecto Apolo – Durán entre las que se encuentran desbroce, desbosque, limpieza, desalojo del material,

Fase III. Determinación del presupuesto

Con la ayuda del APU de cada rubro con la ayuda de Microsoft excel, se efectúa la asignación de cada uno de los recursos a emplear dentro del proyecto Apolo – Durán, el mismo que está establecido por los equipos a utilizar, materiales, mano de obra y recursos de trabajo, adjuntando el proceso de duración en relación a días y horas.

Fase IV. Desarrollar el tiempo y costo

En esta fase se establece el uso del programa Microsoft Project mediante el uso del diagrama de Gantt se efectúa el control del cronograma en relación al tiempo que se van a efectuar las actividades.

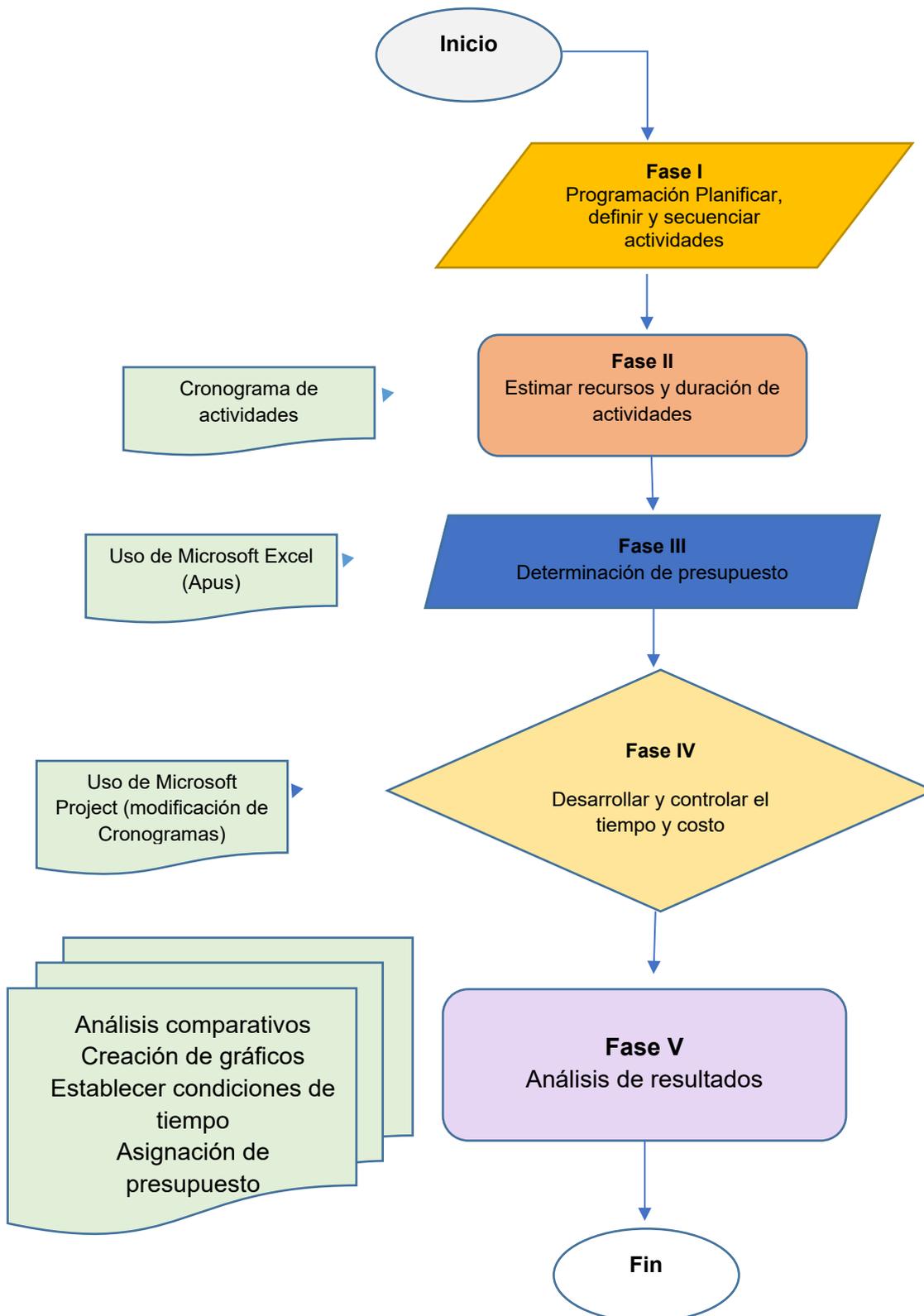
Fase V. Análisis de resultados

Dentro de esta fase se van a ejecutar cuatro procesos de este estudio que son:

- Análisis comparativos de las técnicas de la compresión de cronogramas
- Creación de gráficos con la finalidad de evidenciar el tipo de técnica más recomendable.
- Establecerán las condiciones de tiempo en cuanto a la realización de dos actividades al mismo tiempo.
- Se efectuará la asignación de presupuesto, para el desarrollo del proyecto hasta su finalización.

Figura 6.

Diagrama de proceso metodológico



Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1. Presentación y análisis de resultados

4.1.1 Presentación de información del Proyecto Apolo - Durán

El proyecto Apolo – Durán se encuentra ubicado en el km 15,5 de la vía Duran Tambo, donde se ejecutará el trabajo de demolición de 31 viviendas ubicadas en la Ciudadela Montanovis, remoción de escombros y relleno compactado de la misma área, cuyo plazo de ejecución es de 210 días calendario (Figura 7).

Figura 7.

Ubicación del proyecto



Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

4.1.2. Programación de actividades del proyecto Apolo – Durán

El proyecto de investigación actual implica un trabajo de campo centrado en evaluar las técnicas ya existentes para comprimir y acelerar un cronograma de obras de construcción con retrasos en sus actividades.

Las técnicas más drásticas, utilizadas cuando sus cronogramas poseen retrasos considerables y las técnicas más sencillas utilizadas cuando el retraso no es tan significativo y por ende más fácil de enmendarlo.

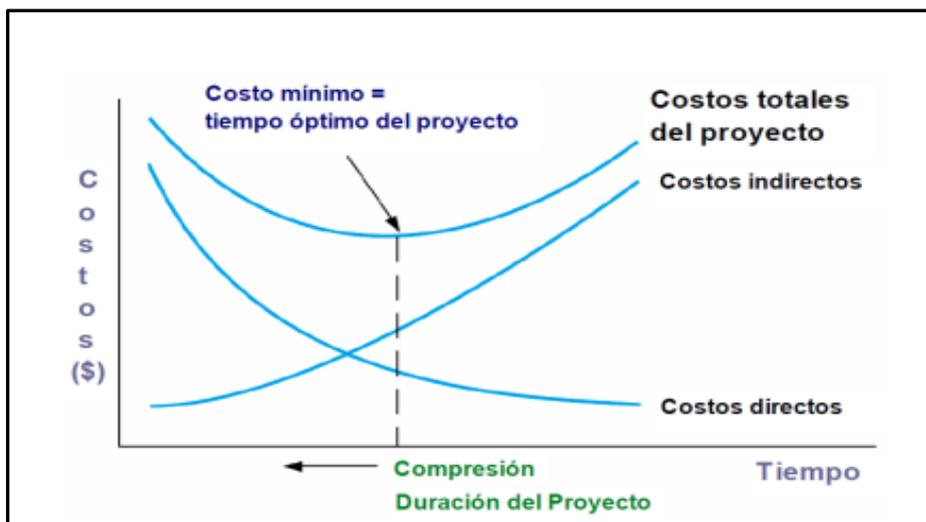
Cada actividad consta de un tiempo previamente establecido en la fase de planificación en tiempo normal o estándar, esta duración se la calcula mediante tres estimaciones de tiempos establecidos por PERT las cuales son, tiempo optimista (TO), tiempo pesimista (TP) y tiempo más probable (TM).

El tiempo normal o estándar, en cada actividad del proyecto dispondrá de un valor económico el cual se lo denomina como costo normal, al realizar una aceleración en algunas o en cada una de las actividades del proyecto se genera un tiempo acelerado en cada tarea, y por ende un costo acelerado de las mismas.

Esta relación costo-tiempo se ilustra en la Figura 4, en la misma que se podrá notar superficialmente que el costo de un proyecto es inversamente proporcional a su tiempo de ejecución (Figura 8).

Figura 8.

Relación costo - tiempo



Fuente: García y Sanabria (2021)

Para que este proyecto de construcción tenga buenos resultados en el cumplimiento del costo, plazo y calidad contractual se encuentran vinculados y comprometidos con la gestión del equipo de proyecto, suministro de materiales, medio ambiente, gestión de equipos y metodología de trabajo. Estos últimos juegan un rol importante en el cumplimiento de objetivos y metas programadas durante el desarrollo y ejecución de un proyecto de construcción Apolo – Durán, debido que permiten disminuir y en algún caso hasta anular los impactos negativos que generen en el

cumplimiento de las líneas base de costo, tiempo y calidad de los proyectos de construcción.

Los retrasos, sobrecostos y deficiencias de calidad son problemas comunes y con mayor frecuencia durante la ejecución de proyectos de construcción, todos ellos convirtiéndose al final en mayores costos y pérdidas económicas para el proyecto. Es por ello la importancia de efectuar la identificación y establecimiento de los factores más significativos que podrían generar impactos negativos en el costo contractual de un proyecto mediante la aplicación de nuevos cronogramas de trabajo. Para el desarrollo del proyecto, se estableció un presupuesto inicial, donde se efectuó una estimación de costos que se requerían para la ejecución de la obra, determinándose la descripción de los rubros y el detalle de todas las actividades que deben realizarse dentro de la obra.

Primero se establecieron los materiales que se requerían para la cimentación del proyecto Apolo – Durán, el cual estuvo compuesto por el material granular clasificado, base clase 1, material clasificado, material granular grueso, sub - base clase 3 y agua (Tabla 3).

Posteriormente, se estableció el listado del equipo pesado que se requería para la ejecución de la obra, compuesto por motoniveladora, rodillo 12 ton, tanquero, grúa de hizaje, grúa de martillo, tractor D6, grúa barrenadora, herramienta menor, cargadora frontal, volqueta 8 m³, montacargas, camión plataforma, motosierra, camioneta 2000 cc y tecla (Tabla 4).

Adicionalmente, se efectuó el requerimiento de la mano de obra necesaria para la ejecución del proyecto, donde se efectuó un listado de operadores de equipo pesado y caminero, ayudante en general, chofer con licencia tipo e, maestro mayor en ejecución de obras civiles, ayudante de maquinaria, engrasador, ayudante de operador, peón y operador de equipo liviano, donde se estableció el número de horas que se requerían para el cumplimiento de cada una de las actividades (Tabla 5).

Tabla 3.

Materiales necesarios para el proyecto

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	Código CPC	Descripción CPC	NP/ND/EP	VAE
101354	Material granular clasificado	m ³	88.716,81	4,00	354.867,24	153200015	Agregados Pétreos	EP	100
114899	Base clase 1	m ³	23.540,18	8,47	199.385,32	153200015	Agregados Pétreos	EP	100
101705	Material clasificado	m ³	166.962,46	1,00	166.962,46	153200015	Agregados Pétreos	EP	100
101715	Material granular grueso	m ³	41.740,61	4,00	166.962,44	153200015	Agregados Pétreos	EP	100
100833	Sub-base clase 3	m ³	17.474,59	8,00	139.796,72	153200015	Agregados Pétreos	EP	100
100796	Agua	m ³	67.686,93	0,40	27.074,78	180000111	Agua Potable	EP	100
TOTAL:					1.055.048,96				

Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Tabla 4.

Equipos para el proyecto

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TIPO	PRECIO	HORAS TOTAL	PRECIO TOTAL	Código CPC	Descripción CPC	NP/ND/EP	VAE
200138	Motoniveladora	Hora		50,00	9.847,71	492.385,60	444220013	Motoniveladora	NP	0
200137	Rodillo 12ton	Hora	No	40,00	11.233,50	449.340,01	433310013	Rodillos	NP	0
200012	Tanquero	Hora	No	25,00	11.233,50	280.837,51	491140015	Tanquero	NP	0
200757	Grúa de hizaje	Hora		166,80	724,62	120.866,42				
200756	Grúa de martillo	Hora		133,50	724,62	96.736,61				
200605	Tractor D6	Hora		50,00	1.647,41	82.370,66	441400013	Tractores industriales dirigidos por peatón	NP	0
200755	Grúa barrenadora	Hora		111,50	724,62	80.795,00				
200092	Herramienta menor y equipo de seguridad industrial	Hora	No	0,30	65.223,07	19.566,92	4299217233	Herramientas manuales	EP	100
200009	Cargadora frontal	Hora		50,00	261,63	13.081,25	444250011	Cargadoras de pala frontales, autopropulsadas	NP	0
200082	Volqueta 8m3	Hora	No	25,00	261,63	6.540,63	491190311	Volquete dos ejes	ND	40
200010	Montacargas	Hora	No	50,00	46,32	2.315,80	444110021	Montacargas de cadena	NP	0
200610	Camión plataforma	Hora		50,00	46,32	2.315,80	491150011	Camiones grúas, carro grúa y elevadores remolcables	ND	40
200176	Motosierra	Hora		5,00	261,63	1.308,13	442220015	Sierra circular para trabajar madera	NP	0
200141	Camioneta 2000cc	Hora	No	25,00	46,32	1.157,90	491130024	Camioneta doble cabina 4x2	ND	40
200123	Tecele	Hora	No	1,00	46,32	46,32	442320932	Tecele	NP	0
TOTAL:						1.649.664,54				

Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025).

Tabla 5.

Mano de obra para el proyecto

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	SALARIO REAL HORARIO	HORAS TOTAL	PRECIO TOTAL	Código CPC	Descripción CPC	NP/ND/EP	VAE
400077	Operadores de equipo pesado y camionero de excavación, construcción, industria (estr. oc. c1 grupo i	Hora	4,75	24.687,17	119.749,51	547900412	Servicios de albañilería	EP	100
400273	Ayudante en general (estr. oc. d2)	Hora	4,23	22.532,39	95.312,00	547900412	Servicios de albañilería	EP	100
400152	Chofer licencia "e" (estr. oc. c1)	Hora	6,22	11.587,76	72.075,85	547900412	Servicios de albañilería	EP	100
400106	Maestro mayor en ejecución de obras civiles (estr. oc. c1)	Hora	4,75	11.495,13	54.601,84	547900412	Servicios de albañilería	EP	100
400107	Ayudante de maquinaria-estruct. ocup. c3	Hora	4,23	7.352,60	31.101,49			EP	100
400304	Engrasador o abastecedor responsable en construcción (estr. oc. d2)	Hora	4,28	2.208,89	9.454,04	547900412	Servicios de albañilería	EP	100
400294	Ayudante de operador (estr. oc. d2)	Hora	4,23	2.173,86	9.195,41	547900412	Servicios de albañilería	EP	100
400319	Peón (estr. oc. e2)	Hora	4,23	1.449,24	6.130,28	547900412	Servicios de albañilería	EP	100
400354	Operador equipo liviano	Hora	4,75	261,63	1.242,72	547900412	Servicios de albañilería	EP	100
TOTAL:					398.863,14				

Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Una vez efectuado el listado de los requerimientos de materiales, equipos pesados y mano de obra, donde se establecieron las cantidades y costos unitarios de cada uno de los rubros necesarios, se procedió a la elaboración del presupuesto inicial del proyecto Apolo – Durán (Tabla 6).

Tabla 6.

Presupuesto inicial proyecto Apolo - Duran

RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
1	Desbroce, desbosque, limpieza y desalojo del material hasta una profundidad de 20 cm.	m2	104.650,00	0,46	48.139,00
2	Material granular grueso, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	41.740,61	10,52	439.111,22
3	Mejoramiento clasificado hasta alcanzar cota del proyecto, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	166.962,46	7,51	1.253.888,07
4	Material granular clasificado para área de vías, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	36.459,35	7,51	273.809,72
5	Material de Sub Base, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	17.474,59	16,01	279.768,19
6	Material de Base Clase #1, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	23.540,18	27,01	635.820,26
7	Material para precarga (Mejoramiento clasificado hasta alcanzar cota del proyecto), incluye regado, hidratado y compactado.	m3	52.257,46	7,51	392.453,52
	OBRA CIVIL				
8	Movilización de equipos	Unidad	10,00	849,98	8.499,80
9	Hinca de pilotes	ml	14.043,00	27,80	390.395,40
				TOTAL	3.721.885,18

Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

4.1.3. Requerimiento de equipos para el proyecto Apolo - Duran

Los equipos a utilizarse en la ejecución del proyecto se establecieron en base a las actividades indicadas al momento de la adjudicación del contrato están descritas en la Tabla 7.

En esta tabla mencionan las maquinarias, equipos y mano de obra que se requirieron para el cumplimiento de la entrega del proyecto en el plazo determinado, se detalla el periodo de uso en relación a una fecha inicial y una fecha final, donde se evidencian los días en los cuales fueron ejecutadas cada una de las actividades y el cumplimiento total de las mismas.

Tabla 7.

Equipos a utilizarse en el proyecto Apolo – Durán

Nombre	Comienzo	Fin	Trabajo restante
Rodillo 12ton	dom 21/7/24	vie 27/12/24	0 horas
Tractor D6	lun 1/7/24	mié 14/8/24	0 horas
Tanquero	dom 21/7/24	vie 27/12/24	0 horas
Motoniveladora	jue 15/8/24	vie 27/12/24	0 horas
Grúa de hizaje	dom 29/9/24	mié 27/11/24	0 horas
Grúa de martillo	dom 29/9/24	mié 27/11/24	0 horas
Grúa barrenadora	dom 29/9/24	mié 27/11/24	0 horas
Herramienta menor y eq. seguridad ind.	lun 1/7/24	vie 27/12/24	0 horas
Cargadora frontal	lun 1/7/24	sáb 20/7/24	0 horas
Volqueta 8m3	lun 1/7/24	sáb 20/7/24	0 horas
Montacargas	mar 24/9/24	sáb 28/9/24	0 horas
Camión plataforma	mar 24/9/24	sáb 28/9/24	0 horas
Motosierra	lun 1/7/24	sáb 20/7/24	0 horas
Camioneta 2000cc	mar 24/9/24	sáb 28/9/24	0 horas
Tecele	mar 24/9/24	sáb 28/9/24	0 horas
Operadores de equipo pesado y caminero de excavación. construcción. Industria (estr. oc. c1 grupo i	lun 1/7/24	vie 27/12/24	0 horas
Chofer licencia "e" (estr. oc. c1)	lun 1/7/24	vie 27/12/24	0 horas
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (estr. oc. c1)	lun 1/7/24	vie 27/12/24	0 horas
Ayudante de maquinaria-estruct.ocup.c3	mar 24/9/24	lun 4/11/24	0 horas
Engrasador o abastecedor responsable en construcción (estr. oc. d2)	lun 1/7/24	lun 23/9/24	0 horas
Ayudante en general (estr. oc. d2)	jue 15/8/24	jue 26/9/24	0 horas
Ayudante de operador (estr. oc. d2)	dom 29/9/24	mié 27/11/24	0 horas
Peón (estr. oc. e2)	dom 29/9/24	mié 27/11/24	0 horas
Operador equipo liviano	lun 1/7/24	sáb 20/7/24	0 horas

Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Cronograma inicial de obra del proyecto Apolo - Duran

Este cronograma inicial valorado es elaborado en el programa Microsoft Project, el mismo que fue desarrollado y revisado en la etapa inicial del proyecto, cuya duración es de 210 días laborables. Donde se establecen el desarrollo de las siguientes actividades:

- Desbroce, desbosque, limpieza y desalojo del material hasta una profundidad de 20 cm.
- Material granular grueso, incluye regado, hidratado y compactado.
- Mejoramiento clasificado hasta alcanzar cota del proyecto, incluye regado, hidratado y compactado.
- Material granular clasificado para área de vías, incluye regado, hidratado y compactado.
- Material de Sub Base, incluye regado, hidratado y compactado.
- Material de Base Clase #1, incluye regado, hidratado y compactado.
- Material para precarga (Mejoramiento clasificado hasta alcanzar cota del proyecto), incluye regado, hidratado y compactado.
- Movilización de equipos.
- Hincas de pilotes.

Cabe resaltar que posteriormente, se realiza el control del avance diario de las partidas, de esta manera este cronograma se toma como la base inicial del desarrollo de actividades del proyecto Apolo – Durán, que han sido programadas para este estudio (Tabla 8).

El cronograma de actividades inicial del proyecto Apolo – Durán donde se establece un plazo 6 meses, para la ejecución de todas las actividades programadas el mismo que fue elaborado en el programa Microsoft Project, estableciéndose los días que se requieren para el cumplimiento de cada una de las actividades dispuestas en este proyecto (Figura 9).

Tabla 8.

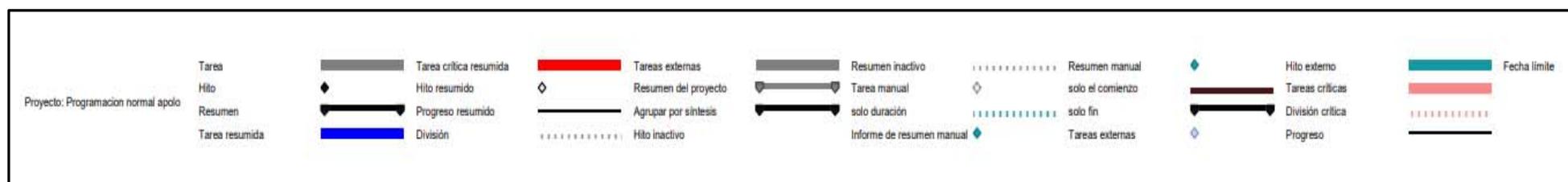
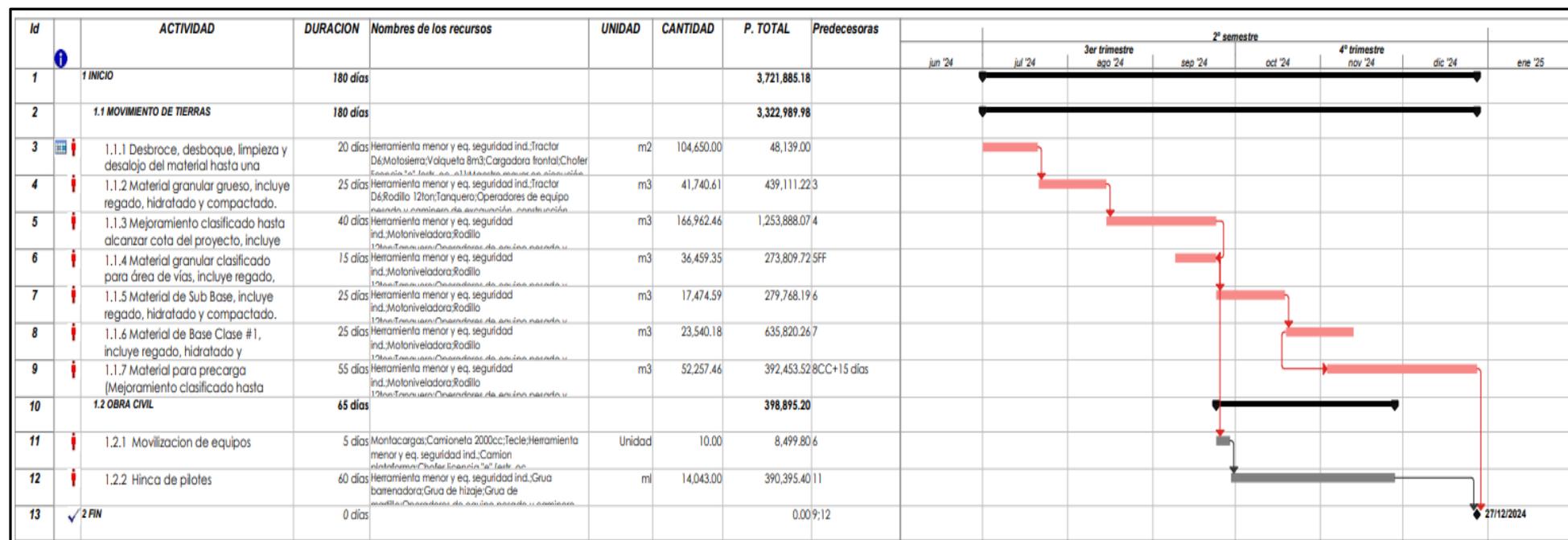
Cronograma de actividades inicial valorado de la obra del proyecto Apolo - Durán

RUBRO		CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	1	2	3	4	5	6	7
Desbroce, desboque, limpieza y desalojo del material hasta una profundidad de 20 cm.	m2	104650,00	0,46	\$48.139,00	104650,000						
					\$48.139,00						
Material granular grueso, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	41740,61	10,52	\$439.111,22	16696,24	25044,37					
					\$175.644,49	\$263.466,73					
Mejoramiento clasificado hasta alcanzar cota del proyecto, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	166962,46	7,51	\$1.253.888,07		66784,984	100177,475				
						\$501.555,23	\$752.332,84				
Material granular clasificado para área de vías, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	36459,35	7,51	\$273.809,72			36459,350				
							\$273.809,72				
Material de Sub Base, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	17474,59	16,01	\$279.768,19			2795,934	14678,656			
							\$44.762,91	\$235.005,28			
Material de Base Clase #1, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	23540,18	27,01	\$635.820,26				9416,072	14124,108		
								\$254.328,10000	\$381.492,16000		
Material para precarga (Mejoramiento clasificado hasta alcanzar cota del proyecto), incluye regado, hidratado y compactado.	m3	52257,46	7,51	\$392.453,52					24703,526	26603,798	950,136
									\$185.523,48	\$199.794,52	\$7.135,52
Movilización de equipos	Unidad	10,00	849,98	\$8.499,80			8,000	2,000			
							\$6.799,84000	\$1.699,96			
Hinca de pilotes	ml	14043,00	27,80	\$390.395,40				7021,500	7021,500		
								\$195.197,70	\$195.197,70		
INVERSIÓN MENSUAL					\$223.783,49	\$765.021,96	\$1.077.705,31	\$686.231,04	\$762.213,34	\$199.794,52	\$7.135,52
AVANCE PARCIAL EN %					6,01%	20,55%	28,96%	18,44%	20,48%	5,37%	0,19%
INVERSIÓN ACUMULADA					223783,49	988805,45	2066510,76	2752741,80	3514955,14	3714749,66	3721885,18
AVANCE ACUMULADO EN %					6,01%	26,57%	55,52%	73,96%	94,44%	99,81%	100,00%

Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Figura 9.

Cronograma inicial de actividades programadas en el Proyecto Apolo - Durán

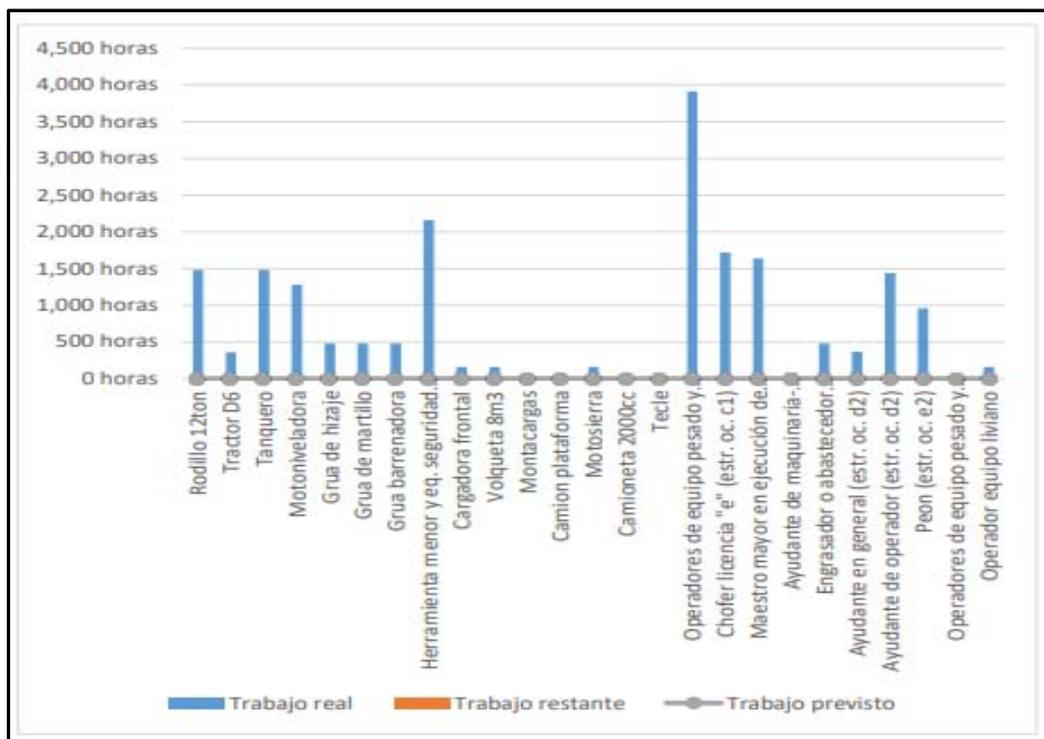


Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

El cronograma de actividades se encuentra definido con recursos de trabajo para cada una de las maquinarias y equipos que se van a emplear, las mismas que son asignadas a las horas destinadas a las labores que se tienen que ejecutar dentro de la obra, esto se en base al tiempo de ejecución del proyecto Apolo – Durán (Figura 10).

Figura 10.

Recursos de trabajo en el cronograma normal del proyecto Apolo - Duran



Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Al efectuarse el desarrollo de todas las actividades programadas en el cronograma normal, se estableció el cumplimiento de las tareas distribuidas a lo largo del proyecto Apolo – Duran, el cual se evidencia en la Figura 11 donde se indica que el trabajo real acumulado restante es de 0.

Figura 11.

Horas de trabajo en el cronograma normal



Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Constructibilidad del cronograma inicial de obra del proyecto Apolo - Duran

El informe de rediseño del cronograma se realizó para identificar las nuevas condiciones que modifican el desempeño de las actividades a efectuarse para la aceleración de la entrega del proyecto.

Estos cambios surgieron en base a los requerimientos establecidos por el constructor, ejecutándose una actualización de horario, las mismas que se efectuaron en base a las necesidades actuales del proyecto.

Fast Tracking

Para el desarrollo del Fast tracking, se desplazan las actividades hacia la izquierda con el fin de buscar una adecuada programación para realizar trabajos en paralelo sin descuidar la secuencia constructiva. Es decir, la nueva programación se establece de forma coherente con el proyecto.

Cabe indicar que en el cronograma valorado modificado de acuerdo a Fast Tracking en el proyecto Apolo – Durán, la inversión inicial se mantiene con una cantidad de \$3'721.885,18 (Tabla 9).

Dentro del cronograma establecido en la modalidad Fast Tracking en el proyecto Apolo – Durán, se establece un plazo de ejecución total del proyecto 150 días, en el cual se ejecutarán todas las actividades programadas en el inicio del mismo.

En este cronograma se establecieron la cantidad de días que se requieren para el cumplimiento de las tareas dispuestas para la ejecución de actividades dentro de este proyecto evidenciándose la reducción de 30 días laborables (Figura 12).

Tabla 9.

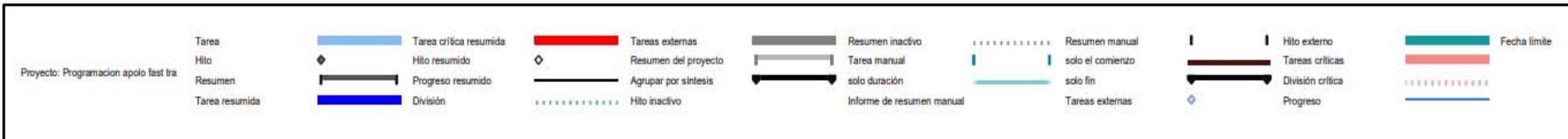
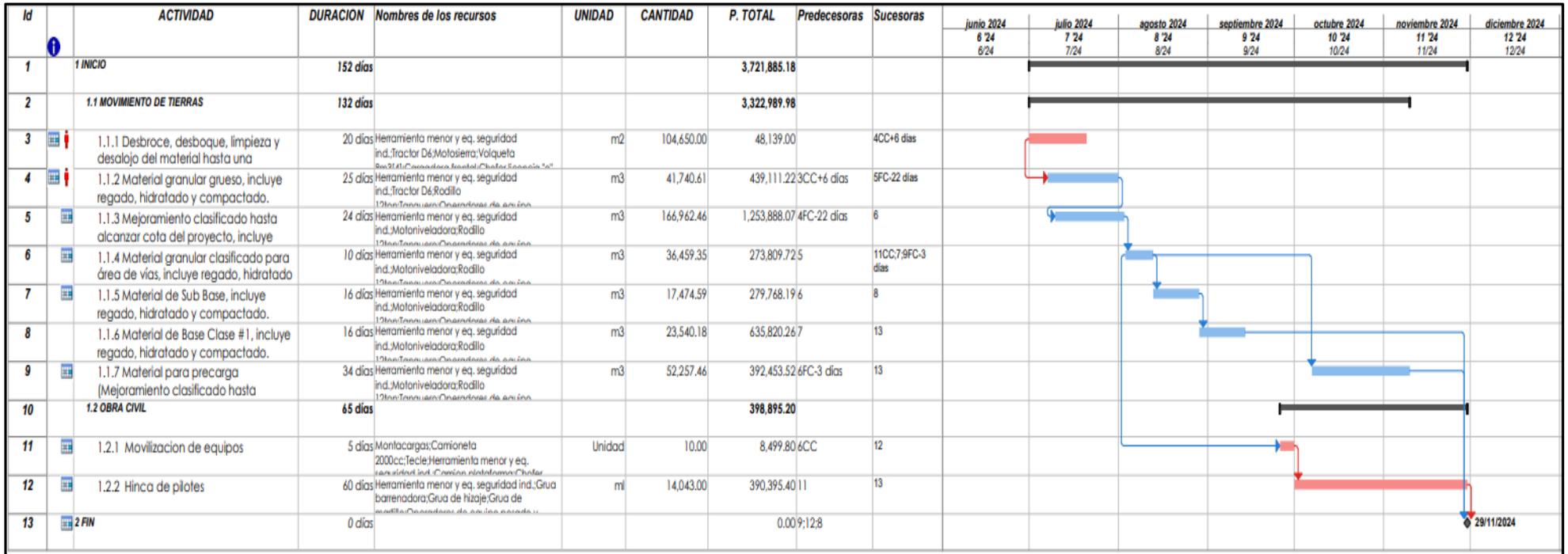
Cronograma valorado modificado de acuerdo a Fast Tracking proyecto Apolo - Durán

RUBRO		CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	1	2	3	4	5
Desbroce, desbosque, limpieza y desalojo del material hasta una profundidad de 20 cm.	m2	104650,00	0,46	\$48.139,00	104650,000				
					\$48.139,00				
Material granular grueso, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	41740,61	10,52	\$439.111,22	40070,99	1669,62			
					\$421.546,77	\$17.564,45			
Mejoramiento clasificado hasta alcanzar cota del proyecto, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	166962,46	7,51	\$1.253.888,07	146092,152	20870,308			
					\$1.097.152,06	\$156.736,01			
Material granular clasificado para área de vías, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	36459,35	7,51	\$273.809,72		36459,350			
						\$273.809,72			
Material de Sub Base, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	17474,59	16,01	\$279.768,19		17474,590			
						\$279.768,19			
Material de Base Clase #1, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	23540,18	27,01	\$635.820,26		2942,522	20597,658		
						\$79.477,53	\$556.342,73		
Material para precarga (Mejoramiento clasificado hasta alcanzar cota del proyecto), incluye regado, hidratado y compactado.	m3	52257,46	7,51	\$392.453,52				36887,618	15369,842
								\$277.026,01	\$115.427,51
Movilización de equipos	Unidad	10,00	849,98	\$8.499,80			8,000	2,000	
							\$6.799,84000	\$1.699,96	
Hinca de pilotes	ml	14043,00	27,80	\$390.395,40				7021,500	7021,500
								\$195.197,70	\$195.197,70
INVERSIÓN MENSUAL					\$1.566.837,83	\$807.355,90	\$563.142,57	\$473.923,67	\$310.625,21
AVANCE PARCIAL EN %					42,10%	21,69%	15,13%	12,73%	8,35%
INVERSIÓN ACUMULADA					1566837,83	2374193,73	2937336,30	3411259,97	3721885,18
AVANCE ACUMULADO EN %					42,10%	63,79%	78,92%	91,65%	100,00%

Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Figura 12.

Cronograma de actividades programadas modificado de acuerdo a Fast Tracking proyecto Apolo - Durán

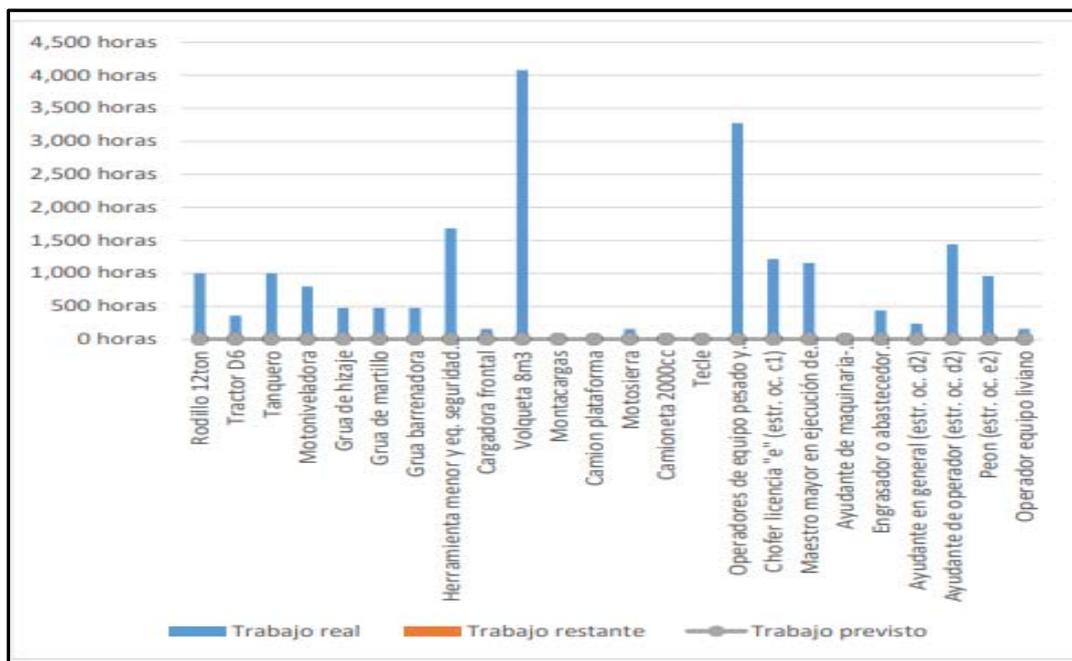


Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

El cronograma de actividades desarrollado con Fast tracking se encuentra definido con el número de horas que se requieren para el cumplimiento de cada una de las actividades, estableciéndose la mano de obra que se requiere para la ejecución de la obra y manejo de las maquinarias y equipos utilizados, esto se en base al tiempo de ejecución del proyecto Apolo – Durán (Figura 13).

Figura 13.

Horas de trabajo en base a Fast tracking

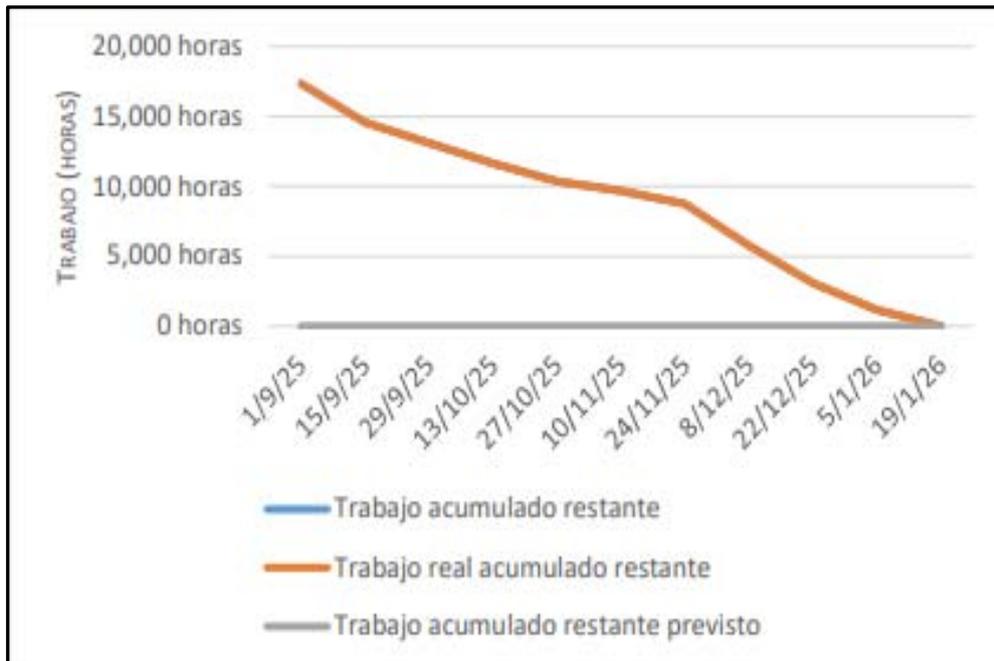


Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Al efectuarse el desarrollo de todas las actividades programadas, se logró establecer el cumplimiento de las tareas distribuidas a lo largo del proyecto Apolo – Duran, el cual se evidencia en la Figura 14 donde se indica que el trabajo real acumulado restante es de 0.

Figura 14.

Cumplimiento de horas de trabajo

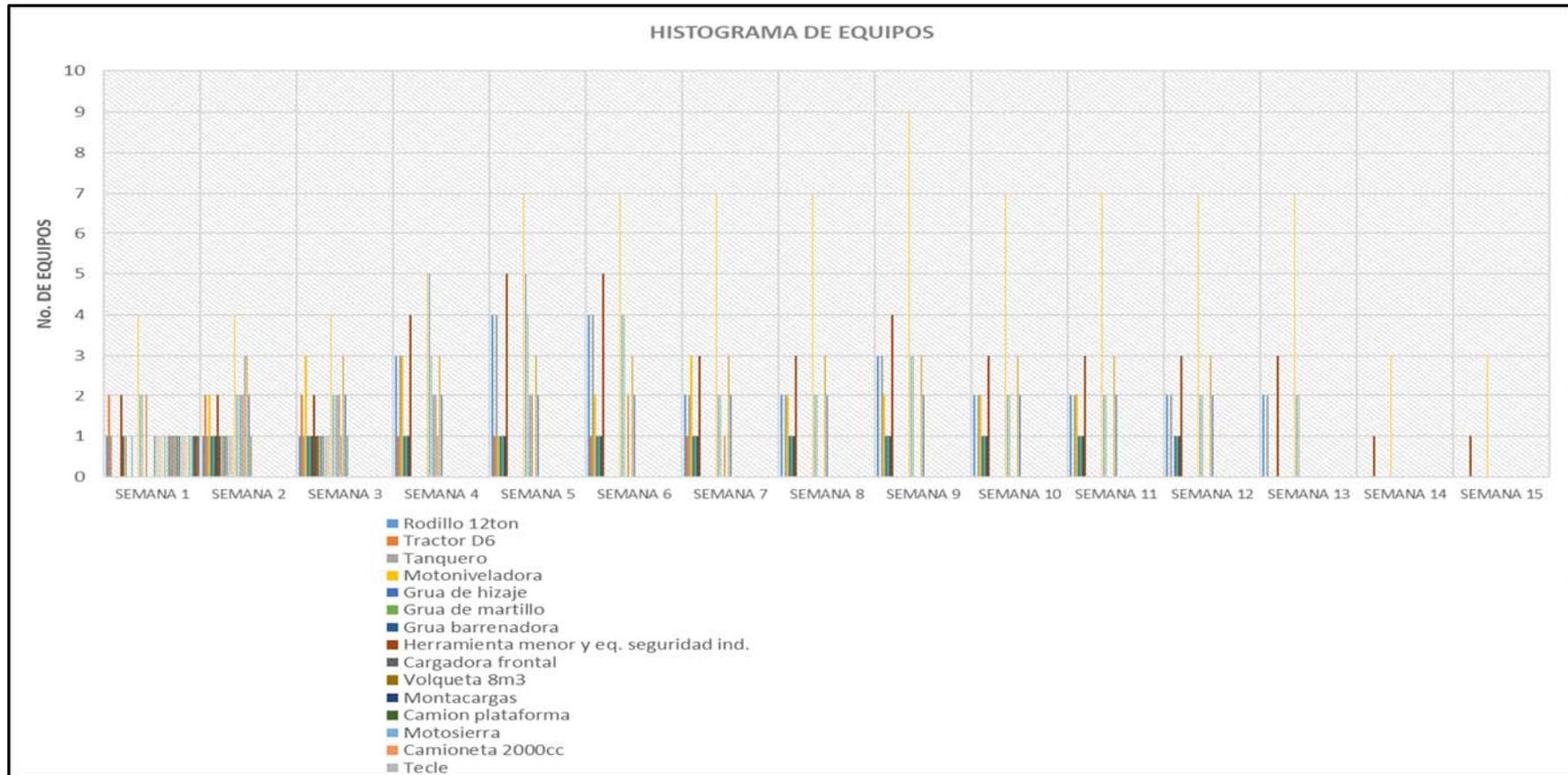


Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Para el cumplimiento de las horas de trabajo se estableció un cronograma del uso de los equipos que fueron contratados para la ejecución de este proyecto, donde se evidencia una duración de 15 semanas, los cuales fueron distribuidos de acuerdo al trabajo a efectuarse (Figura 15).

Figura 15.

Uso de equipos en base a Fast Tracking



Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Crashing

En cuanto a la metodología de comprensión de cronograma desarrollada mediante Crashing, se pudo evidenciar que en el cronograma valorado modificado del proyecto Apolo – Durán, la inversión inicial se mantiene con una cantidad de \$3'721.885,18, evidenciándose una reducción de 60 días en comparación con el cronograma inicial valorado (Tabla 10).

El comportamiento de los costos del proyecto Apolo – Durán al aplicar Crashing varían de la siguiente manera, en el caso de los costos directos es decir todos aquellos que son medibles, incrementan su valor a medida que se acelera el tiempo previamente establecido para la ejecución de la obra, al contrario de lo que sucede con los costos indirectos o valores asignados ya que en este caso el costo disminuye a medida que se aceleran las actividades del proyecto.

Por esta razón al acelerar un proyecto lo ideal es establecer un tiempo óptimo, el cual se ubica entre la duración normal de la obra y la duración tope o acelerada.

Dentro del proceso de Crashing se puede observar la reducción de los días de la finalización del proyecto Apolo – Durán a un período de 120 días, en relación con las horas en el desarrollo de las actividades se presenta un aumento debido a que se incrementan los recursos, tales como frentes de trabajo, maquinaria, mano de obra, horas extras, como se lo indica en el cronograma de actividades programadas modificado de acuerdo a Crashing (Figura 16).

Tabla 10.

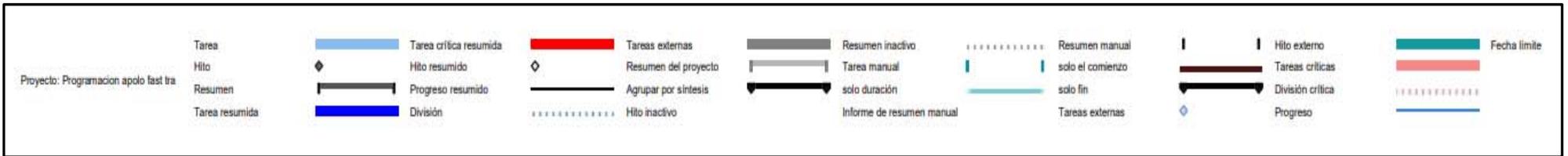
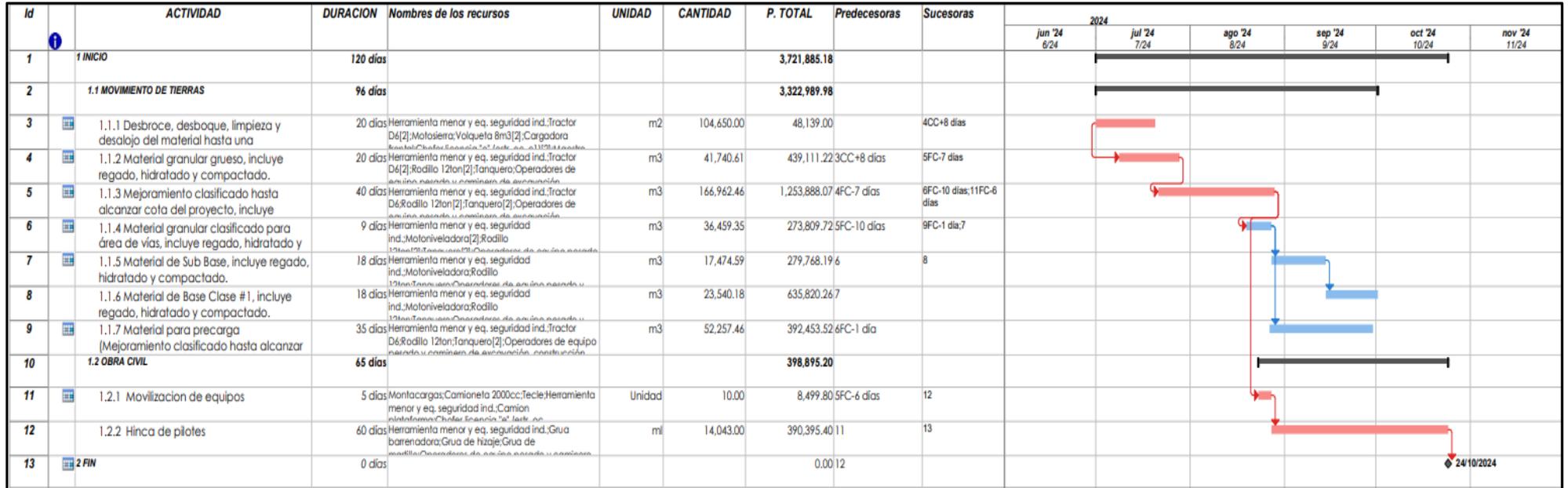
Cronograma valorado modificado de acuerdo a Crashing proyecto Apolo - Durán

RUBRO		CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	1	2	3	4
Desbroce, desbroque, limpieza y desalojo del material hasta una profundidad de 20 cm.	m2	104650,00	0,46	\$48.139,00	104650,000			
					\$48.139,00			
Material granular grueso, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	41740,61	10,52	\$439.111,22	41740,61			
					\$439.111,22			
Mejoramiento clasificado hasta alcanzar cota del proyecto, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	166962,46	7,51	\$1.253.888,07	42262,373	124700,087		
					\$317.390,42	\$936.497,65		
Material granular clasificado para área de vías, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	36459,35	7,51	\$273.809,72		36459,350		
						\$273.809,72		
Material de Sub Base, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	17474,59	16,01	\$279.768,19		3033,783	14440,807	
						\$48.570,87	\$231.197,32	
Material de Base Clase #1, incluye regado, hidratado y compactado.	m3	23540,18	27,01	\$635.820,26			21088,078	2452,102
							\$569.588,98	\$66.231,28
Material para precarga (Mejoramiento clasificado hasta alcanzar cota del proyecto), incluye regado, hidratado y compactado.	m3	52257,46	7,51	\$392.453,52		6158,915	46098,545	
						\$46.253,45	\$346.200,07	
Movilización de equipos	Unidad	10,00	849,98	\$8.499,80		849,980		
						\$8.499,80000		
Hinca de pilotes	ml	14043,00	27,80	\$390.395,40		731,406	7255,550	6056,044
						\$20.333,09	\$201.704,29	\$168.358,02
INVERSIÓN MENSUAL					\$804.640,64	\$1.333.964,58	\$1.348.690,66	\$234.589,30
AVANCE PARCIAL EN %					21,62%	35,84%	36,24%	6,30%
INVERSIÓN ACUMULADA					804640,64	2138605,22	3487295,88	3721885,18
AVANCE ACUMULADO EN %					21,62%	57,46%	93,70%	100,00%

Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Figura 16.

Cronograma de actividades programadas modificado de acuerdo a Crashing proyecto Apolo - Durán

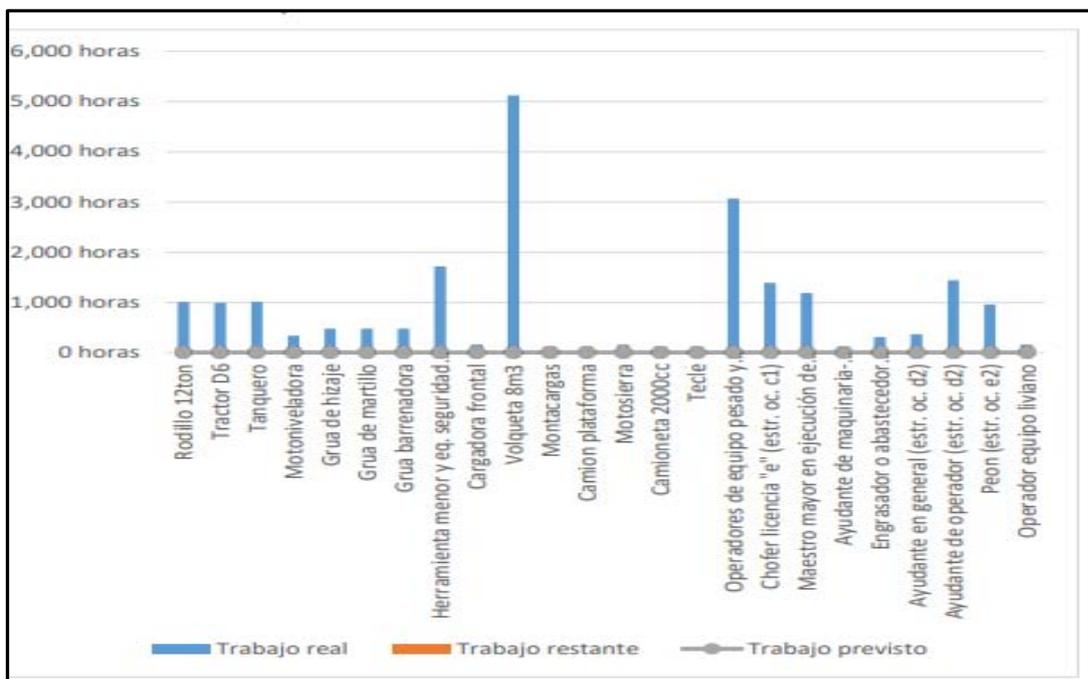


Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

El cronograma de actividades desarrollado con Crashing se encuentra definido con aumento en el número de horas que se requieren para el cumplimiento de cada una de las actividades, estableciéndose la mano de obra que se requiere para la ejecución de la obra y manejo de las maquinarias y equipos utilizados, esto se en base al tiempo de ejecución del proyecto Apolo – Durán (Figura 17).

Figura 17.

Horas de trabajo en base a Crashing



Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Al efectuarse el desarrollo de todas las actividades programadas, se logró establecer el cumplimiento de las tareas distribuidas a lo largo del proyecto Apolo – Durán, el cual se evidencia en la Figura 18 donde se indica que el trabajo real acumulado restante es de 0 en base a la metodología Crashing.

Figura 18.

Cumplimiento de horas de trabajo en base a Crashing

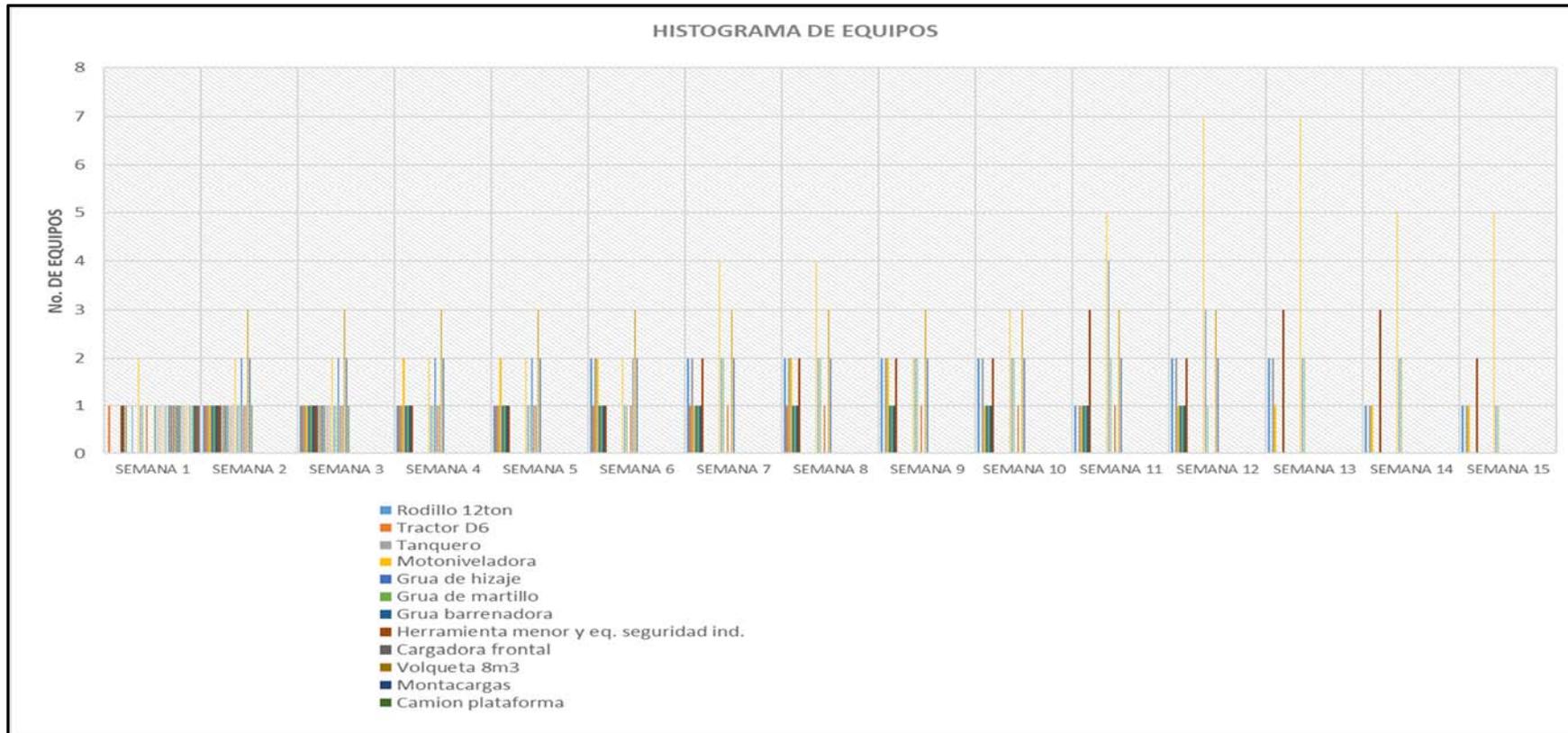


Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Para el cumplimiento de las horas de trabajo en base a la técnica Crashing se estableció un cronograma del uso de los equipos que fueron contratados para la ejecución de este proyecto, donde se evidencia una duración de 15 semanas, los cuales fueron distribuidos de acuerdo al trabajo a efectuarse (Figura 19).

Figura 19.

Uso de equipos en base a Crashing



Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

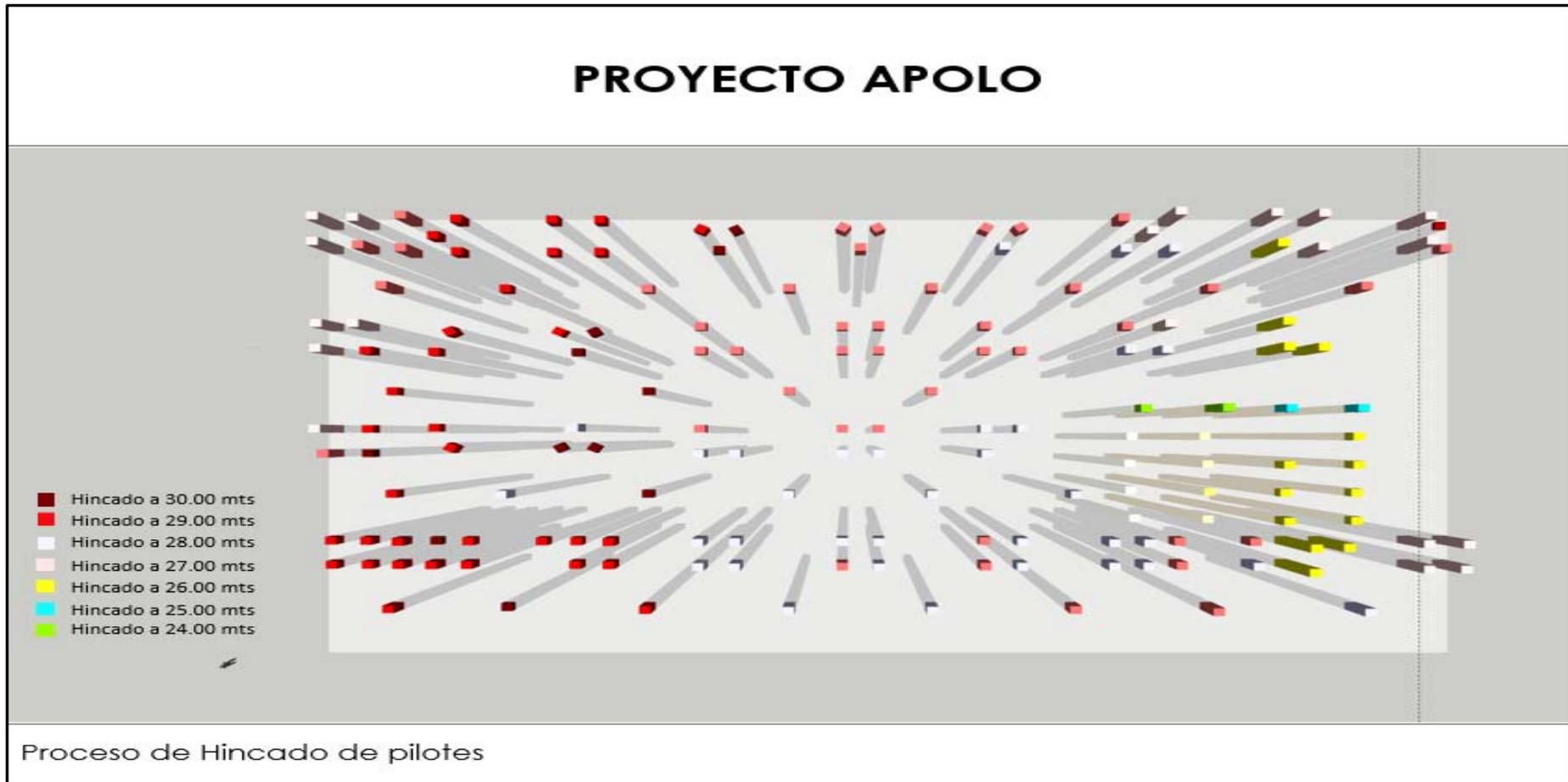
Por otro lado, para el establecimiento de las cimentaciones profundas se empleó pilotes en grupo, a fin de que estos puedan interactuar entre sí, a fin de que puedan trabajar de forma conjunta, cuya función es la poder reducir los asentamientos y que se disminuyan los riesgos a los hundimientos.

El material empleado en el establecimiento de los pilotes dentro del proyecto Apolo Durán fue de hormigón prefabricado de alta resistencia. Dentro de este procedimiento se colocaron los pilotes en el terreno mediante el proceso de hincados, cuya característica fundamental estriba en el desplazamiento del terreno.

Se procedió al hincado de pilotes en el terreno de manera directa, sin hacer excavaciones previas en el suelo. Los pilotes fueron hincados mediante percusión con golpes de masa, con el uso de equipos pesados constituidos por la formación de un único tramo a diversas profundidades (Figura 20 y Figura 21).

Figura 20.

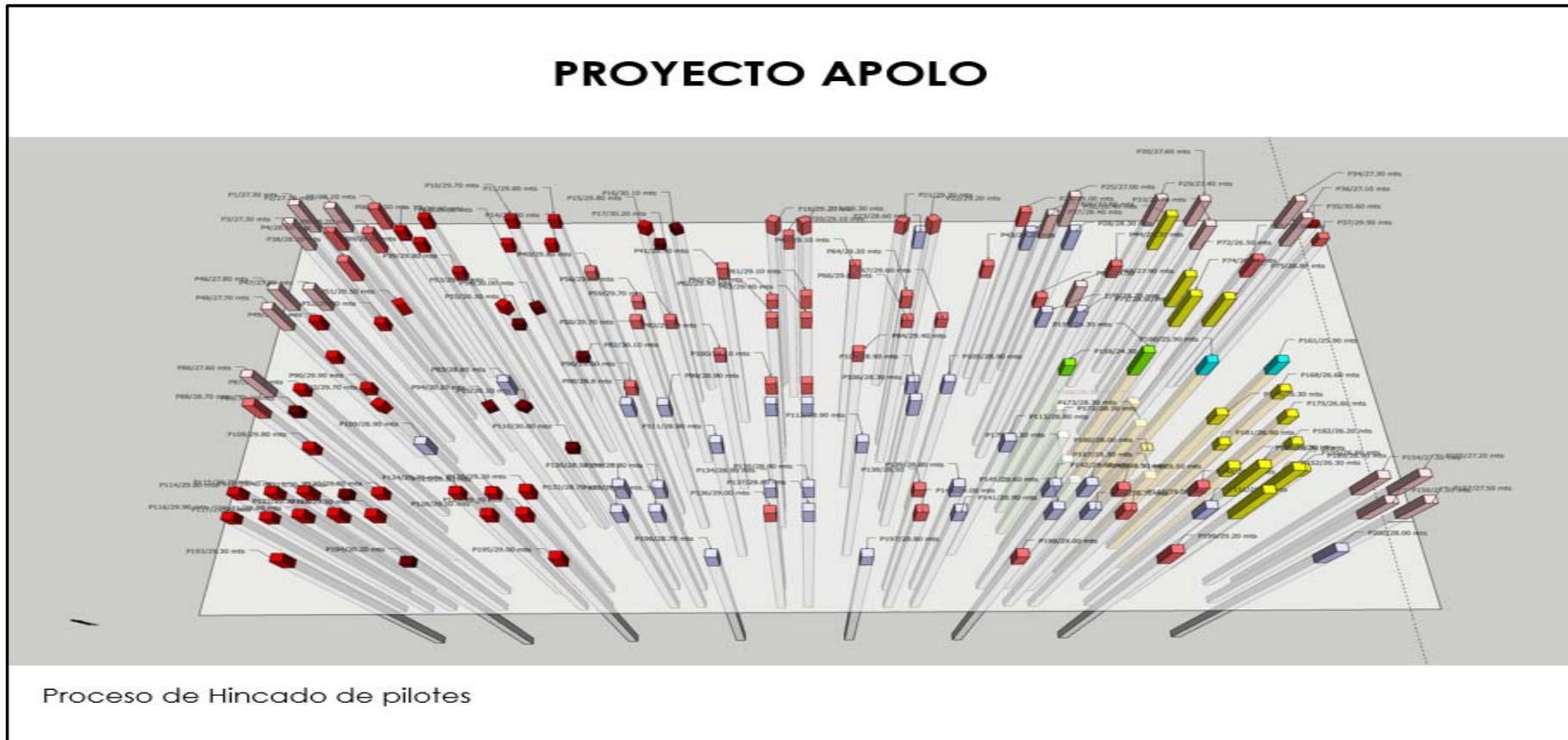
Profundidad de Hincado de pilotes



Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Figura 21.

Proceso de hincado de pilotes



Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Análisis comparativo de las técnicas Fast tracking y Crashing

En la actualidad en el campo de la construcción se pueden ofrecer el establecimiento de proyectos que logran ajustarse acuerdo a las necesidades del mundo empresarial, esto gracias al desarrollo de técnicas de compresión de cronogramas como son la Fast tracking y Crashing.

Dentro del proyecto Apolo – Durán el uso de la técnica Fast tracking permitió el acortamiento de 60 días laborables en la ejecución de todas las actividades destinadas hasta finalización de la obra, en relación con las dispuestas en el cronograma inicial.

Esta metodología permite comprimir el cronograma por medio de la ejecución de tareas en forma paralela, teniendo en consideración que normalmente dentro de la obra se efectuarán en secuencia, donde no se presentó riesgos de costo dentro de los límites aceptables, para el cumplimiento de actividades de forma secuencial logrando la entrega del proyecto al cliente en fechas antes de las previstas.

No obstante, la técnica de Crashing permitió el acortamiento de 80 días laborables en la ejecución de todas las actividades destinadas hasta finalización de la obra, en relación con las dispuestas en el cronograma inicial.

La técnica de Crashing, permitió añadir más recursos con el fin de acelerar la entrega de la obra. Estos recursos fueron incremento de mano de obra, alquiler de equipo pesado, compra de más suministros, lo que permitió el mejoramiento de los rendimientos, donde la duración de la obra se redujo, afectando en un bajo porcentaje los beneficios económicos que se obtienen por la ejecución del proyecto.

Cabe indicar, que dentro del proyecto Apolo – Durán se presentaron actividades que no se podían comprimir, siendo necesario trabajar de forma paralela con otras tareas para lograr el cumplimiento previsto, añadiendo más recursos y aumentando ciertos cambios en el desarrollo de la actividad.

El empleo de ambas técnicas, ayudó con el ahorro del tiempo, facilitando la flexibilidad para el desarrollo de las actividades que no se encontraban presentes dentro de la ruta crítica del desarrollo del proyecto, otorgando la flexibilidad necesaria para su cumplimiento.

La reducción del cronograma de trabajo es de gran beneficio, favorece y estimula a el mejoramiento del control de calidad, debido que, al efectuar la asignación de los recursos esenciales para el cumplimiento de las tareas, se garantiza la precisión en la ejecución de las mismas, por lo que es necesario que el personal que labora dentro de la obra tenga el conocimiento adecuado del trabajo que está efectuando, a fin de disminuir la presencia de riesgos (Tabla 11).

Tabla 11.

Costos de ejecución del proyecto Apolo - Durán

Nombre	NORMAL			FAST TRACKING			CRASHING		
	Trabajo real/HORAS/CANTIDAD	Costo real	Tasa estándar	Trabajo real/HORAS/CANTIDAD	Costo real	Tasa estándar	Trabajo real/HORAS/CANTIDAD	Costo real	Tasa estándar
Rodillo 12ton	1.480,00	40	59200	1000	40	80000	1011,41	40	40456,4
Tractor D6	360,00	50	18000	360	50	36000	991,55	50	49577,5
Tanquero	1.480,00	25	37000	1000	25	50000	1011,41	25	25285,25
Motoniveladora	1.280,00	50	64000	800	50	80000	339,86	50	16993
Grúa de hizaje	480,00	166,8	80064	480	166,8	160128	480	166,8	80064
Grúa de martillo	480,00	133,5	64080	480	133,5	128160	480	133,5	64080
Grúa barrenadora	480,00	111,5	53520	480	111,5	107040	480	111,5	53520
Herramienta menor y eq. seguridad ind.	2.160,00	0,3	648	1680	0,3	1008	1720	0,3	516
Cargadora frontal	160,00	50	8000	160	50	16000	160	50	8000
Volqueta 8m3	160,00	25	4000	4080	25	204000	5120	25	128000
Montacargas	40,00	50	2000	40	50	4000	40	50	2000
Camión plataforma	40,00	50	2000	40	50	4000	40	50	2000
Motosierra	160,00	5	800	160	5	1600	160	5	800
Camioneta 2000cc	40,00	25	1000	40	25	2000	40	25	1000
Tecele	40,00	1	40	40	1	80	40	1	40
Operadores de equipo pesado y caminero de excavación. construcción. Industria (estr. oc. c1 grupo i	3.915,01	4,75	18596,2975	3276,63	4,75	31127,985	3067,65	4,75	14571,3375
Chofer licencia "e" (estr. oc. c1)	1.720,00	6,22	10698,4	1218,3	6,22	15155,652	1391,73	6,22	8656,5606
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (estr. oc. c1)	1.640,00	4,75	7790	1160	4,75	11020	1191,55	4,75	5659,8625
Ayudante de maquinaria-estruct.ocup.c3	71,12	4,23	300,8376	43,96	4,23	371,9016	43,96	4,23	185,9508

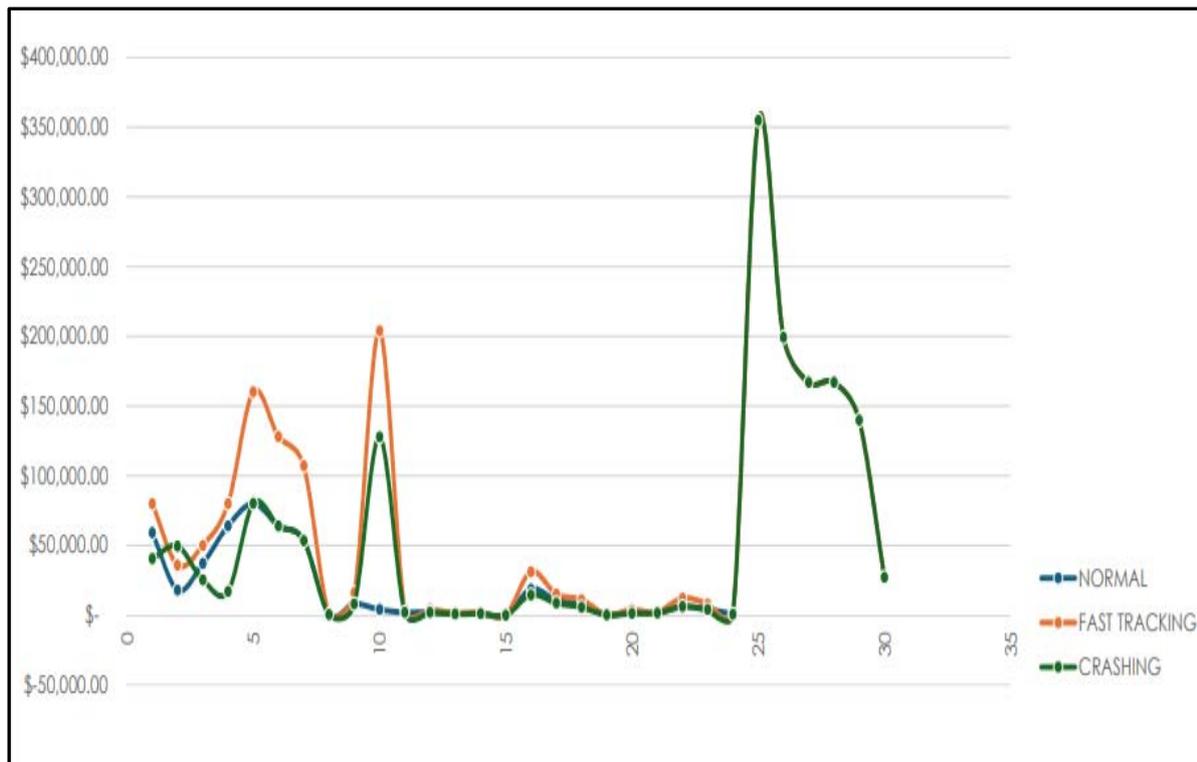
Engrasador o abastecedor responsable en construcción (estr. oc. d2)	480,00	4,28	2054,4	440	4,28	3766,4	312	4,28	1335,36
Ayudante en general (estr. oc. d2)	368,00	4,23	1556,64	240	4,23	2030,4	368	4,23	1556,64
Ayudante de operador (estr. oc. d2)	1.440,00	4,23	6091,2	1440	4,23	12182,4	1440	4,23	6091,2
Peón (estr. oc. e2)	960,00	4,23	4060,8	960	4,23	8121,6	960	4,23	4060,8
Operador equipo liviano	160,00	4,75	760	160	4,75	1520	160	4,75	760
Material granular grueso	88.716,81	4	354867,24	88716,81	4	354867,24	88716,81	4	354867,24
Material granular clasificado	23.540,18	8,47	199385,3246	23540,18	8,47	199385,3246	23540,18	8,47	199385,3246
Base clase 1	166.962,46	1	166962,46	166962,46	1	166962,46	166962,46	1	166962,46
Sub-base clase 3	41.740,61	4	166962,44	41740,61	4	166962,44	41740,61	4	166962,44
Material clasificado	17.474,59	8	139796,72	17474,59	8	139796,72	17474,59	8	139796,72
Agua	67.686,93	0,4	27074,772	67686,93	0,4	27074,772	67686,93	0,4	27074,772
			1501309,532			2014361,295			1570258,818

Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Adicionalmente, en la Figura 22 se aprecia el análisis comparativo de costo - recursos de las dos metodologías empleadas en la compresión de cronogramas de actividades, en relación con la normal; donde se logra evidenciar que en Crashing se emplea un mayor número de recursos para el cumplimiento de las tareas.

Figura 22.

Análisis comparativo de costo - recurso

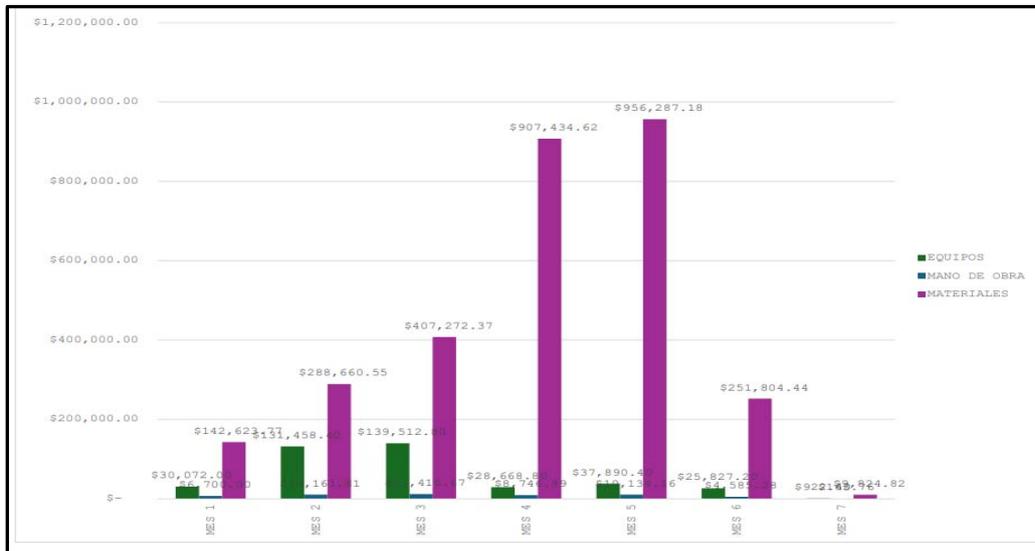


Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Dentro de este contexto, se efectuó el análisis individual de las tres metodologías empleadas, logrando evidenciar la diferencia significativa entre las en los costos y recursos de manera individual para la ejecución de las actividades (Figura 23, Figura 24, Figura 25).

Figura 23.

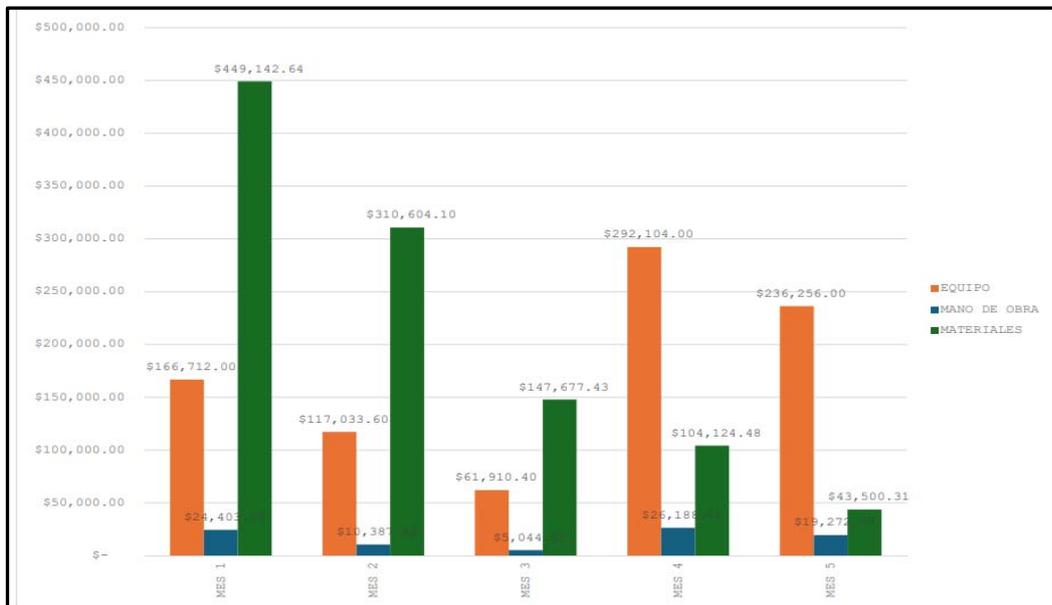
Análisis comparativo de costos – recursos de cronograma normal



Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Figura 24.

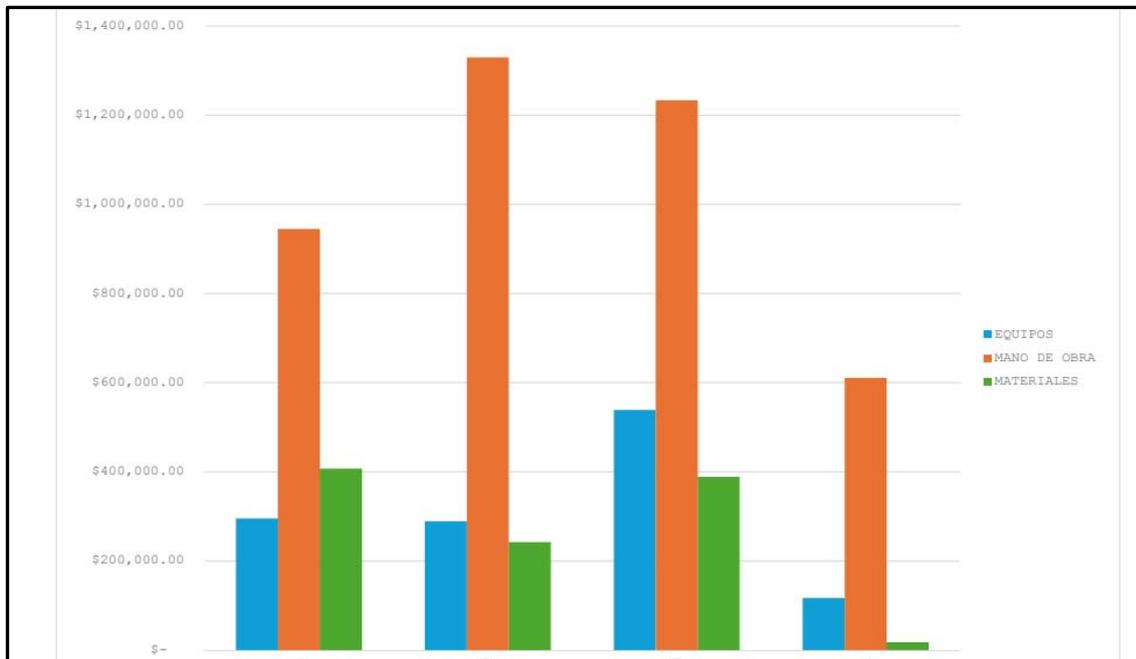
Análisis comparativo de costos – recursos de cronograma Fast Tracking



Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

Figura 25

Análisis comparativo de costos – recursos de cronograma Fast Tracking



Elaborado por: Chapin y Guerrero (2025)

CONCLUSIONES

- Se desarrolló la programación de las actividades para ejecución del proyecto Apolo-Duran, la misma que tuvo una duración de 180 días y fue desarrollada en el programa Microsoft Project, donde se establecieron los materiales, equipos y mano de obra necesarios para la ejecución de la obra y donde se garantizó el cumplimiento de las cláusulas propuestas dentro del contrato.
- Se identificaron posibles riesgos y sus características, asociados a la planificación de equipos pesados en la construcción Apolo-Duran, donde se evidenció que el principal riesgo presentado fue la falta de experiencia de la mano de obra extra que se requirió para el cumplimiento del nuevo plazo previsto para la finalización de la obra.
- Se logró aplicar las técnicas Fast tracking y Crashing, a la programación de actividades que se ejecutarán en el proyecto Apolo – Duran. Donde se evidenció que mediante el uso de la técnica Fast tracking el cronograma de actividades establece una duración de 150 días; no obstante, mediante el reajuste del cronograma de actividades mediante la técnica Crashing se determinó un periodo de duración de 130 días desde el inicio hasta la finalización de proyecto.
- Se modeló la programación de las actividades, riesgos y características entre las técnicas Fast tracking y Crashing, donde se evidenció los beneficios que se obtiene al emplear la técnica de compresión de cronogramas Crashing en relación a la disminución del tiempo, ya que esta permite la ejecución de varias actividades de manera simultánea, la misma que ayuda en la aceleración en el tiempo de entrega de la obra culminada.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el desarrollo de futuros trabajos investigativos relacionados con uso adecuado de la técnica Crashing a fin de evidenciar, que el uso de la misma ayudará a obtener mayores beneficios en la distribución de actividades en menor tiempo, con altas ganancias económicas.
- Efectuar un análisis de costo – tiempo donde se evidencien, los beneficios generales del proyecto en relación a las ganancias y beneficios que se presentan en la ejecución de este tipo de obras.
- En el modelado de programación de actividades, se coloquen imprevistos a fin de estar preparados a gastos extras que se puedan presentar en relación al aumento de actividades que permita la disminución del tiempo en la entrega de las obras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, J. (2020). *Métodos de investigación online. Herramientas digitales para recolectar datos*. Obtenido de <https://universoabierto.org/2022/02/18/metodos-de-investigacion-online-herramientas-digitales-para-recolectar-datos/>
- Arrieta, A., y Morales, M. (2021). *Impacto en los riesgos en el cronograma de los proyectos de construcción*. Colombia: Universidad de Cartagena. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/server/api/core/bitstreams/3fcda7a7-f308-4905-9de4-5120c7bdd858/content>
- Bastante, M., Nina, F., y González, M. (2019). Optimización de tiempos en obras civiles, aplicando el método Fast - tracking. Estudio de caso. *23rd International Congress on Project Management and Engineering Málaga, 10th – 12th July 2019* (1- 13). Malaga: Universitat Politècnica de Valencia. Obtenido de http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/2271/AT02-014_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bocanegra, M., y Paucar , J. (2021). *Implementación de la Metodología BIM para optimizar el tiempo de revisión en la etapa de Diseño de una infraestructura educativa gestionada bajo contrato NEC3 OPCIÓN F Caso de estudio: Institución gestionada bajo contrato NEC3 OPCIÓN F Caso de estudio: Ins.* Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/673777/Bocanegra_BM.pdf?sequence=14
- Cama, H. (2024). Estrategias de mejora del desempeño del cronograma en proyectos de construcción. *Revista Digital Novasinerгия*, 7(2), 1 - 12. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-26542024000200164
- Castañeda, S., Dasa , D., y Rincón, A. (2022). *Revisión de las técnicas de comprensión de cronograma Crashing y Fast tracking para proyectos de construcción*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/a36590ba-715c-4f93-b1bb-b67a5ca6ea66/content>

- Chum, N. (2021). *Determinación de técnicas de compresión y aceleración óptimas para proyectos de construcción que tienen retrasos en sus cronogramas*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/16605/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-391.pdf>
- Durán, F., Rivas, L., y Cárdenas, M. (2023). Modelos para evaluar la complejidad de los proyectos de construcción de infraestructura. *Ingeniería*, 28(1), 10 - 26. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4988/498875016003/html/>
- Ejcalón, K. (2022). *Metodología para el avance de proyectos de obra civil cuando se presentan demoras en el cronograma de actividades*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_4600_C.pdf
- Espinoza, O., Reyes, M., y Máximo, F. (2019). *Aspectos centrales para la gestión de proyectos en la modalidad Fast Track*. San Isidro: Universidad Peruana. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/594621/ASP-ECTOS+CENTRALES+PARA+LA+GESTI%C3%93N+DE+PROYECTOS+EN+LA+MODALIDAD+FAST+TRACK.pdf?sequence=1>
- Flores, K. (2022). *Propuesta del método Fast Track para la ampliación de un aeropuerto del norte del Perú*. Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/79394/Flores_D-KE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Franco, J., y Cusme, C. (2022). La gestión integral de proyectos de construcción, basada en la sostenibilidad y la innovación. *South Florida Journal of Development, Miami*, 3(4), 5647-5663.
- García, O., y Sanabria, C. (2021). *Implementación de técnicas para el control de costos desde la interventoría a proyectos*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/932f2894-b9ac-4fed-a9e8-de6ed5572f6e/content>

- Gazón, E. (2021). *Propuestas metodológicas y tecnológicas avanzadas para proyectos de desarrollo*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21396/1/UPS-CT009402.pdf>
- Genovés, K., Cordero, D., y Andrade, D. (2023). MS Project como alternativa para la gestión de proyectos de redes de distribución eléctrica. *Ciencia Digital*, 7(4), 1 - 20. Obtenido de <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/2728>
- Guerrero, P., y Zurita, W. (2023). *Ventajas, desventajas, indicaciones y contraindicaciones del Fast Track*. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/11978/1/Guerrero%20Molina%2c%20P.%20-%20%20Zurita%20Ar%c3%a9valo%2c%20W.%20%282023%29%20Ventajas%2c%20desventajas%2c%20indicaciones%20y%20contraindicaciones%20del%20Fast%20Track%20Surgery..pdf>
- Gutiérrez, R. (2019). Factores críticos que influyen en la gestión de ejecución de obras y su impacto en el desarrollo de la región Puno. *Revista de Investigaciones: Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno*. 8(4), 25. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7616748>
- Hernández, R. (2023). *Intensificación o Crashing: la estrategia de gestión de proyectos para acelerar plazos de entrega*. HRtrends. Obtenido de <https://empresas.infoempleo.com/hrtrends/intensificacion-o-crashing-la-estrategia-de-gestion-de-proyectos-para-acelerar-plazos-de-entrega/>
- Leandro, J. (2022). *Aplicación de sistema Fast track en la gerencia y supervisión en la construcción de galpones e infraestructuras en una granja avícola*. Lima: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4725965>
- Méndez, K. (2020). *Presupuesto y programación utilizando Microsoft Project, construcción pavimento flexible vía Yacuvíñay*. Machala: Universidad Técnica

de Machala. Obtenido de
<https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15868/1/ECFIC-2020-IC-DE-00036.pdf>

Mohamed, H. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis*. Perú: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología. Obtenido de <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/book/82>

Molinari, A., y Padilla, R. (2018). Algunos alcances y elementos de la responsabilidad civil contractual del constructor. Especial énfasis en el contrato de construcción bajo la modalidad Fast track. *Revista chilena de derecho privado* (31), 1 - 13. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-80722018000200279&script=sci_arttext&tlng=en

Neyra, A. (2021). *Implementación de la Constructibilidad del cronograma de obra para la reducción de reclamos en proyectos de construcción Fast - Track: caso de estudio*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9f7d5c79-e541-4587-ad22-7f64136ed3da/content>

Ocampo, N. (2019). *Planificación y control de una construcción civil basada en el enfoque de PMBOK*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/31a15207-1477-4da3-a2d7-42c01bc9b507/content>

Paredes, S., Torres, H., y Gómez, R. (2020). Programación de la construcción del tercer anillo de muros anclados de una edificación aplicando el método de líneas de balance. *Investigación y Desarrollo*, 20(1), 173 - 192. Obtenido de <https://www1.upb.edu/revista-investigacion-desarrollo/index.php/id/article/view/219>

Plessis, H. (2019). Facilitation of construction project management through building contracts: A South African perspective on the locally developed suites of contracts. *Acta Structilia*, 26(1), 120 - 147. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15868/1/ECFIC-2020-IC-DE-00036.pdf>

- Porras, D., y Díaz, J. (2015). *La planeación y ejecución de las obras de construcción dentro de las buenas prácticas de la administración y programación*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/6569ed92-ad79-44c8-8551-653dc82bc830/content>
- Quispe, H. (2023). *Optimización del tiempo de ejecución de un proyecto mediante una adecuada programación y control con los softwares S10 y Microsoft Project, modalidad administración directa en Huancavelica*. Huancayo: Universidad Continental. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14491>
- Roca, S. (2020). *Metodología para la gestión eficaz de proyectos de construcción incorporando los conceptos y prácticas del PMBOK*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/13590/1/Sergio%20lv%C3%A1n%20de%20la%20Roca%20Lemus.pdf>
- Rodas, D. (2024). *Efecto de la aplicación Fast Track en proyectos de intervención de reconstrucción mediante inversiones, del Programa Nacional de Infraestructura Educativa*. Nuevo Chimbote, Perú: Universidad Nacional del Santa. Obtenido de [https://www.Trabajo%20de%20Investigación%20Rodas%20\(2\).pdf](https://www.Trabajo%20de%20Investigación%20Rodas%20(2).pdf)
- Rodríguez, J., y Moreno, Y. (2021). *Propuesta de una guía para la gestión del cronograma y gestión de costos en proyectos públicos*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/a863c764-0f1b-47ab-94d3-a5f2b12395b4/content>
- Rudeli, N. (2019). *Proyectos de construcción: determinación de causas principales de retraso y desarrollo de modelos estadísticos para la mejora*. San Sebastián: Universidad de Navarra. Obtenido de <https://redi.anii.org.uy/jspui/bitstream/20.500.12381/212/1/Memoria%20-%20Rudeli.pdf>

ANEXOS

Anexo 1.

Medición del terreno



Anexo 2.

Proceso de hincado



Anexo 3.

Revisión de hincado de pilotes



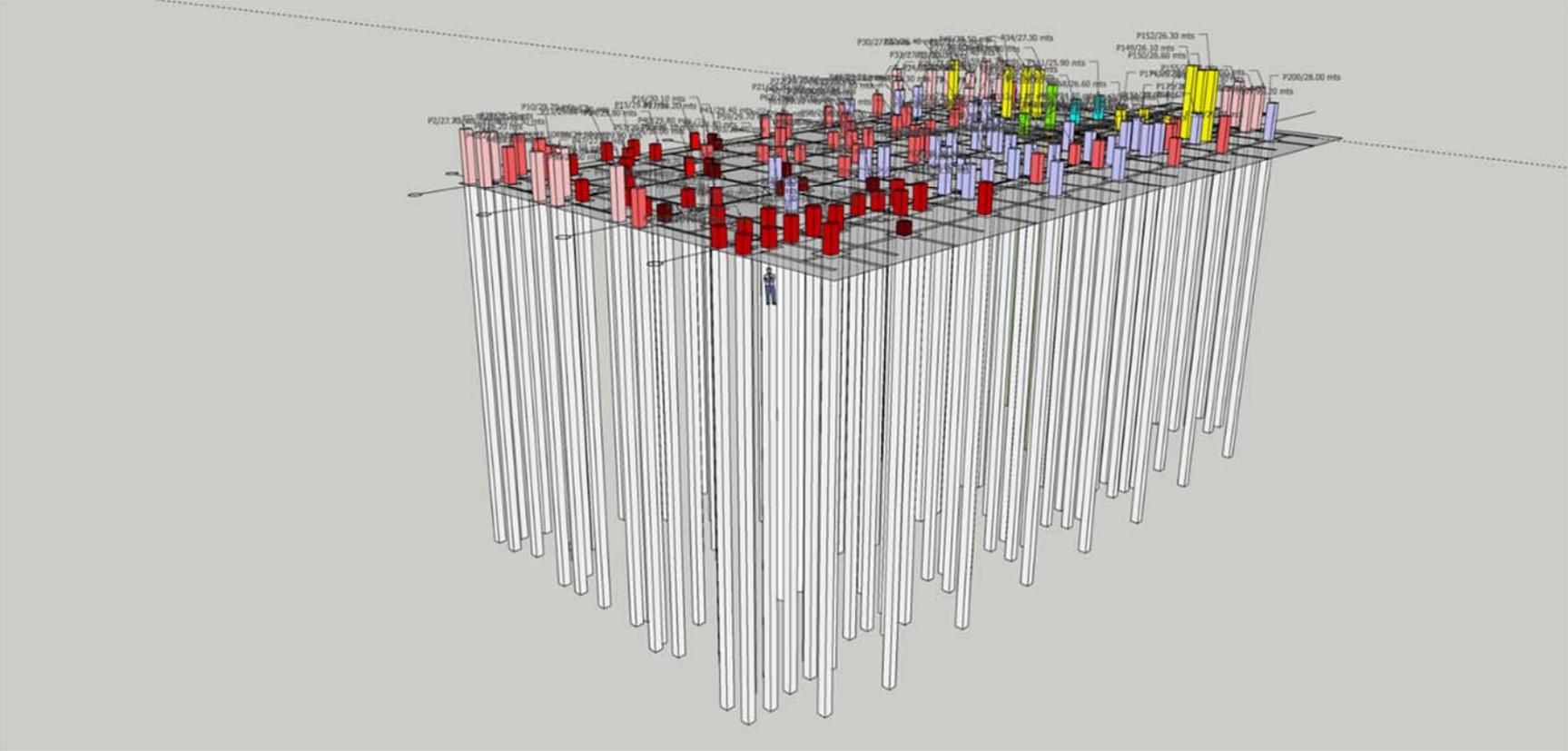
Anexo 4.

Equipo pesado empleado en el proyecto



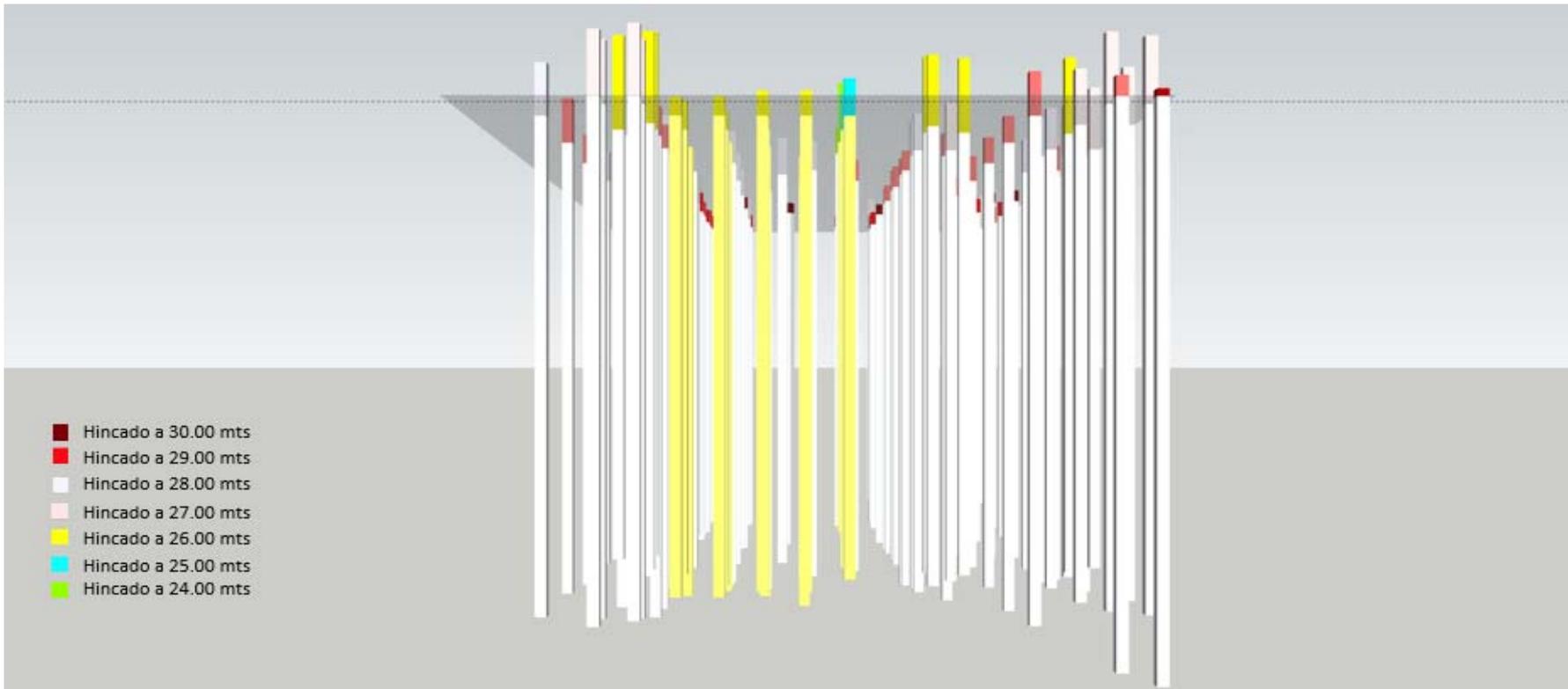
Anexo 5.

Proceso de hincado de pilotes



Anexo 6.

Profundidad de hincado de pilotes



Anexo 7.

Costos unitarios de desbroce y limpieza

RUBRO:	Desbroce, desbosque, limpieza y desalojo del material hasta una profundidad de 20 cm.				
UNIDAD:	m²				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor y eq. seguridad ind.	1,00	0,30	0,30	0,0025	0,00
Tractor D6	1,00	50,00	50,00	0,0025	0,12
Motosierra	1,00	5,00	5,00	0,0025	0,01
Volqueta 8m3	1,00	25,00	25,00	0,0025	0,06
Cargadora frontal	1,00	50,00	50,00	0,0025	0,12
SUBTOTAL M					0,31
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Chofer licencia "e" (estr. oc. c1)	1,00	6,22	6,22	0,0025	0,02
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (estr. oc. c1)	1,00	4,75	4,75	0,0025	0,01
Engrasador o abastecedor responsable en construcción (estr. oc. d2)	1,00	4,28	4,28	0,0025	0,01
Operadores de equipo pesado y caminero de excavación, construcción, industria (estr. oc. c1 grupo i)	2,00	4,75	9,50	0,0025	0,02
Operador equipo liviano	1,00	4,75	4,75	0,0025	0,01
SUBTOTAL M					0,07
SUBTOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,38
COSTO INDIRECTO					20,00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					0,46
VALOR OFERTADO:					0,46

Anexo 8.

Costos unitarios de material granular

RUBRO:	Material granular grueso, incluye regado, hidratado y compactado.				
UNIDAD:	m³				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor y eq. seguridad ind. (5% M.O.)					0,04
Tractor D6	1,00	50,00	50,00	0,0332	1,66
Rodillo 12 ton	1,00	40,00	40,00	0,0332	1,33
Tanquero	1,00	25,00	25,00	0,0332	0,83
SUBTOTAL M					3,86
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Operadores de equipo pesado y caminero de excavación, construcción, industria (estr. oc. c1 grupo i)	2,00	4,75	9,50	0,0332	0,32
Chofer licencia "e" (estr. oc. c1)	1,00	6,22	6,22	0,0332	0,21
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (estr. oc. c1)	1,00	4,75	4,75	0,0332	0,16
Engrasador o abastecedor responsable en construcción (estr. oc. d2)	1,00	4,28	4,28	0,0332	0,14
SUBTOTAL M					0,83
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Agua	m3	0,20	0,40	0,08	
Material granular grueso	m3	1,00	4,00	4,00	
					4,08
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					8,77
COSTO INDIRECTO					20,00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					10,52
VALOR OFERTADO:					10,52

Anexo 9.

Costos unitarios de mejoramiento clasificado

RUBRO:	Mejoramiento clasificado hasta alcanzar cota del proyecto, incluye regado, hidratado y compactado.				
UNIDAD:	m ³				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor y eq. seguridad ind. (5% M.O.)					0,06
Motoniveladora	1,00	50,00	50,00	0,0336	1,68
Rodillo 12 ton	1,00	40,00	40,00	0,0336	1,34
Tanquero	1,00	25,00	25,00	0,0336	0,84
SUBTOTAL M					3,92
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Operadores de equipo pesado y caminero de excavación, construcción, industria (estr. oc. c1 grupo i)	2,00	4,75	9,50	0,0336	0,32
Chofer licencia "e" (estr. oc. c1)	1,00	6,22	6,22	0,0336	0,21
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (estr. oc. c1)	1,00	4,75	4,75	0,0336	0,16
Ayudante en general (estr. oc. d2)	4,00	4,23	16,92	0,0336	0,57
SUBTOTAL M					1,26
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Material clasificado	m3	1,00	1,00	1,00	
Agua	m3	0,20	0,40	0,08	
					1,08
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					6,26
COSTO INDIRECTO				20,00	1,25
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					7,51
VALOR OFERTADO:					7,51

Anexo 10.

Costos unitarios de material granular para vías

RUBRO:	Material granular clasificado para área de vías, incluye regado, hidratado y compactado.				
UNIDAD:	m ³				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor y eq. seguridad ind. (5% M.O.)					0,02
Motoniveladora	1,00	50,00	50,00	0,0154	0,77
Rodillo 12 ton	1,00	40,00	40,00	0,0154	0,62
Tanquero	1,00	25,00	25,00	0,0154	0,38
SUBTOTAL M					1,79
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Operadores de equipo pesado y caminero de excavación, construcción, industria (estr. oc. c1 grupo i)	2,00	4,75	9,50	0,0154	0,15
Chofer licencia "e" (estr. oc. c1)	1,00	6,22	6,22	0,0154	0,10
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (estr. oc. c1)	1,00	4,75	4,75	0,0154	0,07
Engrasador o abastecedor responsable en construcción (estr. oc. d2)	1,00	4,28	4,28	0,0154	0,07
SUBTOTAL M					0,39
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Material granular clasificado	m ³	1,00	4,00	4,00	
Agua	m ³	0,20	0,40	0,08	
					4,08
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					6,26
COSTO INDIRECTO				20,00	1,25
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					7,51
VALOR OFERTADO:					7,51

Anexo 11.

Costos unitarios de material sub base

RUBRO:	Material de Sub Base, incluye regado, hidratado y compactado.				
UNIDAD:	m ³				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Tanquero	1,00	25,00	25,00	0,0362	0,90
Rodillo 12 ton	1,00	40,00	40,00	0,0362	1,45
Motoniveladora	1,00	50,00	50,00	0,0362	1,81
Herramienta menor y eq. seguridad ind. (5% M.O.)					0,05
SUBTOTAL M					4,21
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Operadores de equipo pesado y caminero de excavación, construcción, industria (estr. oc. c1 grupo i)	2,00	4,75	9,50	0,0362	0,34
Chofer licencia "e" (estr. oc. c1)	1,00	6,22	6,22	0,0362	0,23
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (estr. oc. c1)	1,00	4,75	4,75	0,0362	0,17
Ayudante de maquinaria-estruct. ocup. c3	2,00	4,23	8,46	0,0362	0,31
SUBTOTAL M					1,05
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Agua	m ³	0,20	0,40	0,08	
Sub-base clase 3	m ³	1,00	8,00	8,00	
					8,08
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					13,34
COSTO INDIRECTO				20,00	2,67
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					16,01
VALOR OFERTADO:					16,01

Anexo 12.

Costos unitarios de material de base Clase #1

RUBRO:	Material de Base Clase #1, incluye regado, hidratado y compactado.				
UNIDAD:	m ³				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDA D	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Tanquero	1,00	25,00	25,00	0,0960	2,40
Rodillo 12 ton	1,00	40,00	40,00	0,0960	3,84
Motoniveladora	1,00	50,00	50,00	0,0960	4,80
Herramienta menor y eq. seguridad ind. (5% M.O.)					0,14
SUBTOTAL M					11,18
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDA D	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Operadores de equipo pesado y caminero de excavación, construcción, industria (estr. oc. c1 grupo i)	2,00	4,75	9,50	0,0960	0,91
Chofer licencia "e" (estr. oc. c1)	1,00	6,22	6,22	0,0960	0,60
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (estr. oc. c1)	1,00	4,75	4,75	0,0960	0,46
Ayudante de maquinaria-estruct.ocup.c3	2,00	4,23	8,46	0,0960	0,81
SUBTOTAL M					2,78
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Agua	m ³	0,20	0,40	0,08	
Base clase 1	m ³	1,00	8,47	8,47	
					8,55
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					22,51
COSTO INDIRECTO				20,00	4,50
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					27,01
VALOR OFERTADO:					27,01

Anexo 13.

Costos unitarios de material para precarga

RUBRO:	Material para precarga (Mejoramiento clasificado hasta alcanzar cota del proyecto), incluye regado, hidratado y compactado.				
UNIDAD:	m ³				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Tanquero	1,00	25,00	25,00	0,0150	0,38
Rodillo 12 ton	1,00	40,00	40,00	0,0150	0,60
Motoniveladora	1,00	50,00	50,00	0,0150	0,75
Herramienta menor y eq. seguridad ind. (5% M.O.)					0,02
SUBTOTAL M					1,75
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Operadores de equipo pesado y caminero de excavación, construcción, industria (estr. oc. c1 grupo i	2,00	4,75	9,50	0,0150	0,14
Chofer licencia "e" (estr. oc. c1)	1,00	6,22	6,22	0,0150	0,09
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (estr. oc. c1)	1,00	4,75	4,75	0,0150	0,07
Ayudante de maquinaria-estruct.ocup.c3	2,00	4,23	8,46	0,0150	0,13
SUBTOTAL M					0,43
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Agua	m ³	0,20	0,40	0,08	
Material granular clasificado	m ³	1,00	4,00	4,00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				6,26	
COSTO INDIRECTO				20,00	1,25
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:				7,51	
VALOR OFERTADO:				7,51	

Anexo 14.

Costos unitarios de movilización de equipos

RUBRO: Movilización de equipos					
UNIDAD: Unidad					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Montacargas	1,00	50,00	50,00	4,6316	231,58
Camioneta 2000cc	1,00	25,00	25,00	4,6316	115,79
Tecele	1,00	1,00	1,00	4,6316	4,63
Herramienta menor y eq. seguridad ind. (5% M.O.)					5,94
Camión plataforma	1,00	50,00	50,00	4,6316	231,58
SUBTOTAL M					589,52
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Chofer licencia "e" (estr. oc. c1)	2,00	6,22	12,44	4,6316	57,62
Operadores de equipo pesado y caminero de excavación, construcción, industria (estr. oc. c1 grupo i)	1,00	4,75	4,75	4,6316	22,00
Ayudante en general (estr. oc. d2)	2,00	4,23	8,46	4,6316	39,18
SUBTOTAL M					118,80
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					708,32
COSTO INDIRECTO					20,00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					849,98
VALOR OFERTADO:					849,98

Anexo 15.

Costos unitarios de hinca de pilotes

RUBRO: Hinca de pilotes					
UNIDAD: ml					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDA D	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor y eq. seguridad ind. (5% M.O.)					0,09
Grúa barrenadora	1,00	111,50	111,50	0,0516	5,75
Grúa de hizaje	1,00	166,80	166,80	0,0516	8,61
Grúa de martillo	1,00	133,50	133,50	0,0516	6,89
SUBTOTAL M					21,34
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDA D	JORNA L /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Operadores de equipo pesado y caminero de excavación, construcción, industria (estr. oc. c1 grupo i	3,00	4,75	14,25	0,0516	0,74
Peón (estr. oc. e2)	2,00	4,23	8,46	0,0516	0,44
Ayudante de operador (estr. oc. d2)	3,00	4,23	12,69	0,0516	0,65
SUBTOTAL M					1,83
SUBTOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					23,17
COSTO INDIRECTO				20,00	4,63
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					27,80
VALOR OFERTADO:					27,80