



Análisis de la Productividad de Maquinaria Pesada en Excavaciones Masivas, para Edificaciones en altura.

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Sergio Nicolás Torres Soto

Profesor Guía:
Francisco Lagos

Fecha:
Agosto 2021
Santiago, Chile

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su incansable apoyo en estos años de aprendizaje.

SOLO USO ACADÉMICO

RESUMEN

Debido a la gran demanda habitacional que existe en Santiago y la limitada oferta de terrenos cercanos al núcleo de la ciudad, se deben aprovechar al máximo los tiempos que se tienen para realizar los trabajos de excavaciones en la superficie a construir.

Es por esto por lo que, para un Constructor Civil, es muy importante contar con un estudio que aporte los parámetros y datos de producción, plazos y costos asociados al uso de la maquinaria para faenas de excavaciones masivas para Edificaciones en altura.

Para lograrlo, se realizará un análisis de las cantidades, tiempos y rendimientos de un proyecto realizado, facilitado por Transportes Torres, empresa dedicada a este rubro, en donde se calculará la producción de las excavaciones masivas en este proyecto, para evidenciar la importancia que tiene este estudio, y las consideraciones que se deben tener en cuenta para estudiar su variación en la producción, dependiendo de la profundidad de la excavación.

Con este estudio se espera ayudar y dar referencia para el estudio de nuevos proyectos de excavaciones masivas, con el objeto de optimizar los tiempos en el desarrollo en este tipo de proyectos.

SUMMARY

Due to the great demand for housing in Santiago and the limited supply of land near the city center, it is necessary to make the most of the time available to carry out excavation work on the surface to be built.

That is why, for a Civil Builder, it is very important to have a study that provides the parameters and production data, deadlines and costs associated with the use of machinery for massive excavation works for high-rise buildings.

To achieve this, an analysis of the quantities, times and yields of a project carried out, provided by Transportes Torres, a company dedicated to this area, where the production of massive excavations in this project will be calculated, to show the importance of this study, and the considerations that must be taken into account to study its variation in production, depending on the depth of the excavation.

This study is expected to help and give reference for the study of new projects of massive excavations, in order to optimize the development times in this type of projects.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVOS	9
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
ALCANCE	10
CAPÍTULO 1:	11
1. Marco Teórico	11
1.1 Actividades que componen las operaciones de excavación masiva	11
1.2 Replanteo y Nivelación de obra	12
1.2.1 Descripción	12
1.2.2 Pasos para la ejecución de la partida	12
1.2.3 Tipos de Protección en Taludes	14
1.3 Acondicionamiento de la Superficie de Apoyo	16
1.4 Excavación: Concepto	17
1.4.1 Concepto de Suelos	18
1.4.2 Clasificación de los Tipos de Suelos	18
1.5 Tipos de Excavaciones	20
1.5.1 Excavaciones en zanjas	20
1.5.3 Excavación en Pozos	23
1.6 Carga con Equipo Mecánico y Bote de Material Proveniente de las Excavaciones para Asiento de Fundaciones, Zanjas, etc.	23
Capítulo 2	28
2.1 Proyecto para evaluar	28
Capítulo 3	33
3.1 Metodología de control	33
3.2 Planillas	34
3.3 Datos excavación	35
4. Estudio Económico	35
5. Análisis producción	43
CONCLUSIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS	49

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Actividades de Topografía.....	13
Imagen N° 2: Talud Natural.....	14
Imagen N° 3: Talud Artificial.....	14
Imagen N° 4: Puntales para apoyar las paredes de una excavación.....	15
Imagen N° 5: Entibado con Tablestacado.....	16
Imagen N° 6: Acondicionamiento de la superficie de apoyo.....	17
Imagen N° 7: Clasificación de los tipos de suelos.....	20
Imagen N° 8: Excavación en Zanja.....	21
Imagen N° 9: Excavación Masiva.....	22
Imagen N° 10: Excavación en Pozo.....	23
Imagen N° 11: Máquina Excavadora	24
Imagen N°12: Máquina Excavadora Tipo Oruga con brazo largo.....	25
Imagen N° 13: Camión Tolva.....	26
Imagen N° 14: Tracto Camión Cama Baja.....	27
Imagen N° 15: Vale Control maquinaria	33
Imagen N° 16: Tarjeta de Control de Salida de Camiones.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Tarjeta de control de salida de camiones.....	30
Tabla N° 2: Resumen de control de bote en camiones.....	30
Tabla N° 3: Datos de Excavación.....	31
Tabla N° 4: Resumen movimiento de tierras etapa 4.....	31
Tabla N° 5: Resumen movimiento de tierras etapa 5.....	32
Tabla N° 6: Resumen de Control de Bote en Camiones.....	35
Tabla N° 7: Datos de Excavación.....	35
Tabla N° 8: Presupuesto.....	36
Tabla N° 9: Costos Etapa 1.....	37
Tabla N° 10: Costos etapa 2.....	37
Tabla N° 11: Costos etapa 3.....	37
Tabla N° 12: Costos Etapa 4.....	37
Tabla N° 13: Costos Etapa 5.....	38
Tabla N° 14: Resumen Costos movimiento de tierras.....	38
Tabla N° 15: Valor Geométrico.....	38

INTRODUCCIÓN

Dentro de un proyecto habitacional en altura, es de gran importancia e impacto la partida de excavaciones masivas y movimientos de tierra, sobre todo si se consideran varios niveles subterráneos, lo que significa mayor movimiento de m^3 de tierra, maquinarias y personal involucrado.

Es por esto por lo que es necesario contar con información de campo para definir el proyecto a ejecutar tomando en cuenta todos los parámetros previstos en un diseño de obras civiles, para luego proceder a la determinación del volumen de material que será removido y reubicado con el fin de realizar las excavaciones del terreno de acuerdo con el diseño establecido. Esta actividad se identifica como Movimiento de Tierras, y es de suma significación, ya que, de la correcta planificación de esta, se podrá minimizar el tiempo empleado para realizar la excavación a fin de evitar inconvenientes a la comunidad o sectores adyacentes a la construcción.

Cabe destacar que, para minimizar los tiempos de ejecución de una obra, se deberá incorporar equipos o maquinaria pesada, para lo cual se requiere hacer un análisis económico a fin de estimar los costos que esto conlleva.

Para realizar este análisis se hará un estudio de caso, correspondiente a la obra “Pedro de Valdivia”, ubicada en la comuna de Ñuñoa, la cual consiste en la excavación en un área de $1.120 m^2$ aproximadamente de tierra a una profundidad de 14.5 metros, dando como resultado un volumen de excavación a máquina de $16.240 m^3$.

El propósito de este trabajo de investigación es analizar la productividad de este proyecto, tomando en cuenta el empleo de la maquinaria pesada utilizada en dicha obra, tales como:

excavadoras CAT 320 DL, Excavadora Hyundai 220 Roblex Lornng Reach, Excavadora John Deere 210GLC, camiones Shacman fx3000 de 18M3 y camiones Sinotruk CH77 de 22 M3, cuyas funciones y rendimientos fueron analizadas en el presente trabajo de investigación, a fin de poder concluir acerca del rendimiento de trabajo con este equipo empleado por la empresa sub contratista “Transporte Torres”, observando además la metodología empleada por dicha empresa para realizar el movimiento de tierra.

De acuerdo con el portal web (Construvicol, 2014) antes de iniciar un movimiento de tierra, es preciso comenzar por realizar un replanteo del terreno, prever los accesos para maquinarias, camiones tolva, servicios. Seguidamente se debe hacer una limpieza de arbustos, plantas, árboles, maleza y basura que pudiera hallarse en el terreno; a cuya actividad se le llama escarpe o retiro de la capa vegetal presente en el área a intervenir. Una vez que el terreno se encuentra limpio y libre, se efectúa el replanteo y se comienza con la excavación. (p. 8)

Con el desarrollo de esta tesis se propone analizar las actividades en terreno previas al movimiento de tierras, las cuales serán fundamentales para la correcta ejecución de los trabajos por parte del contratista y el cálculo exacto del movimiento de tierra que se va a excavar de acuerdo con el resultado de la topografía previo a la excavación, la cual contiene, cálculo de áreas de corte, de acuerdo con las secciones transversales, volúmenes y distancias de acarreo y de material de excavación. También se analizará la elección del tipo de maquinaria más adecuada de acuerdo con el tipo de trabajo a realizar, análisis del rendimiento de los equipos que intervienen en los movimientos de tierras, análisis de precios unitarios de las actividades a ejecutar. En base a ellos se determinará un presupuesto referencial del movimiento de tierras, cronograma de actividades que va a garantizar que se cumpla con los objetivos previstos para el buen desenvolvimiento de la obra y la curva de inversión (desarrollo económico).

Finalmente se puede decir que el fin de esta tesis es ser una herramienta de orientación, basada en la productividad de la cantidad de maquinaria pesada utilizadas en excavaciones masivas para edificaciones de altura con base a lo visto en terreno, analizando producción

y procesos de esta etapa para lograr una máxima eficiencia en termino de costos de maquinarias, equipos y horas hombre.

OBJETIVOS

El objetivo general y los objetivos específicos de esta investigación se describen a continuación

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un análisis de la productividad de maquinaria pesada en excavaciones masivas para la edificación en altura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar y analizar las distintas actividades que componen una excavación masiva.
2. Analizar los datos de cantidades, tiempos y rendimientos.
3. Estudiar las consideraciones que se deben tener en cuenta para su variación en la producción, dependiendo de la profundidad de la excavación.
4. Estructurar y evaluar un análisis precio unitario para cada etapa y así determinar qué tipo de contrato es idóneo para este tipo de trabajos.

ALCANCE

El enfoque de esta metodología es tener una visión correcta del concepto de excavaciones masivas, que pueda ser empleada como herramienta de trabajo para profesionales de la construcción al momento de proyectar partidas de este tipo dentro de sus labores en la construcción de edificaciones en altura.

El estudio de caso será emplazado en la comuna de Ñuñoa, Región metropolitana lo que representa fielmente al mercado inmobiliario en altura del gran Santiago.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPÍTULO 1:

1. Marco Teórico

1.1 Actividades que componen las operaciones de excavación masiva

Las actividades que involucran la realización de excavaciones, están asociadas a situaciones de riesgo o peligro, por lo que es muy importante tener en cuenta todos los medios de seguridad para el trabajador al momento de estar realizando dicha actividad, esto requiere, de acuerdo a lo establecido en las Norma excavaciones Chile 2600 ESS-134¹, la obligatoriedad de coordinar debidamente la realización de excavaciones, solicitar los permisos necesarios y capacitar a los trabajadores que han de participar en trabajos de excavación.

Para dar a conocer y explicar las distintas actividades que componen una faena de Excavación Masiva, se comenzará por tomar en cuenta la Norma Chilena (NCH 349) de seguridad en las excavaciones para realizar dichas actividades.

Según esta normativa, toda excavación o zanja debe ser aislada o protegida mediante un cierre, baranda u otra defensa adecuada. En caso de que las excavaciones o zanjas se realicen en la vía pública, se debe además colocar luces rojas durante la noche que adviertan su proximidad al público transeúnte.

Es posible que la excavación desestabilice edificios o fundaciones colindantes, por lo que siempre se debe recurrir a un especialista para estudiar e indicar las soluciones o precauciones a tomar a cargo de un ingeniero civil o mecánico de suelos; y las acciones referentes a los refuerzos o apuntalamientos necesarios para asegurar la estabilidad de las excavaciones y de dichas construcciones.

¹ <https://construccionessuce.wordpress.com/2017/02/02/norma-excavaciones-chile/>

En excavaciones de cierta envergadura o cuando la naturaleza del terreno lo amerite, se debe contar (previo a iniciar los trabajos) con un estudio de mecánica de suelos en el cual se indiquen los taludes a efectuar, las protecciones o sistemas de entibado a utilizar y cualquier sistema de seguridad o procedimiento de trabajo adicional que el tipo de terreno requiera.

1.2 Replanteo y Nivelación de obra²

1.2.1 Descripción

Para realizar esta labor, el contratista con empleo de equipo topográficos de precisión levantará de acuerdo con las condiciones establecidas en el proyecto, todos los elementos que se construirán. El replanteo será verificado por la Interventoría, sin cuya aprobación no se podrá seguir con el proceso de construcción. Esta labor deberá ser realizada por un profesional idóneo el que además de la planimetría deberá establecer los niveles, siendo todo completamente referenciado.

1.2.2 Pasos para la ejecución de la partida

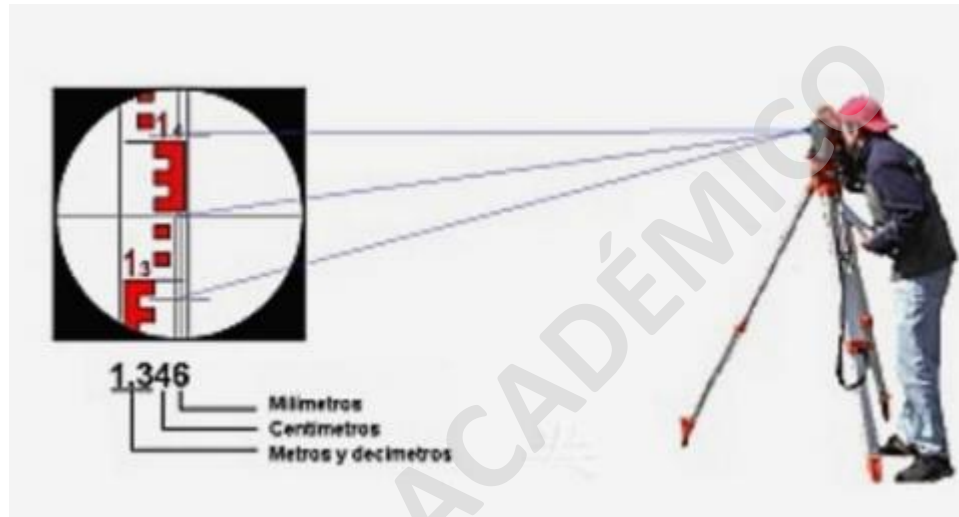
- 1) Determinar como referencia planimétrica el sistema de coordenadas empleado en el levantamiento topográfico.
- 2) Determinar como referencia altimétrica el hito de hormigón (BM) empleado en el levantamiento topográfico.
- 3) Verificar deslindes, cabida del lote y aislamientos.
- 4) Identificar ejes extremos del proyecto.
- 5) Localizar ejes estructurales.
- 6) Demarcar e identificar convenientemente cada eje.
- 7) Establecer y conservar los sistemas de referencia planimétrica y altimétrica.
- 8) Establecer el nivel $N = 0.00$ arquitectónico para cada zona.

² Disponible en: http://contratacion.sena.edu.co/file/solicitudes/13868_2.pdf

- 9) Determinar ángulos principales.
- 10) Determinar ángulos secundarios.

A continuación, se muestra en la imagen N. 1 una caracterización de realización de trabajos topográficos.

Imagen N°1: Actividades de Topografía



Fuente: <http://axisima.com/en-que-consiste-la-nivelación-topográfica/>

Es importante realizar la protección en taludes, a fin de evitar riesgos por derrumbes, en tal sentido, será necesario conocer cuáles son los tipos de protección de taludes a emplear en una excavación.

1.2.3 Tipos de Protección en Taludes

“Un talud es la inclinación de un terreno con respecto a la vertical. También se puede definir como la pendiente de un terreno estable”. (Arquitectura, 2016, párrafo 1). También se puede agregar que dependiendo de la manera como se ha concebido el talud, se puede considerar como talud natural, como se muestra en la imagen N° 2, o talud artificial, como el de la imagen N° 3. En tal sentido, un talud natural es el que presenta un terreno sin alterar y uno artificial es el que se realiza tras la intervención del hombre, generalmente, en los procesos de urbanización o en las obras de ingeniería civil.

Imagen N°2: Talud Natural



Fuente:

<https://diccionarqui.com/diccionario/talud/>

Imagen N°3: Talud Artificial



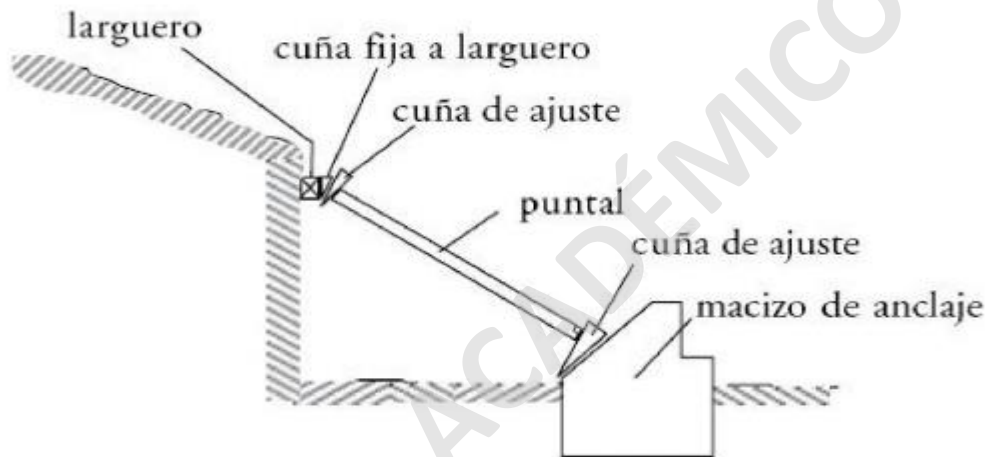
Fuente:

<http://www.construarte.com.ve/talud-elemento-da-estabilidad/>

Solminihac y Thenoux (2020) refieren que los tipos más usuales de protección en excavación provisional son:

- Hormigón proyectado o Shotcret: Estos protectores previenen el desplazamiento de piedras pequeñas y controlan la pérdida de humedad y la consiguiente falta de cohesión de los taludes, como se aprecia en la imagen N° 4.

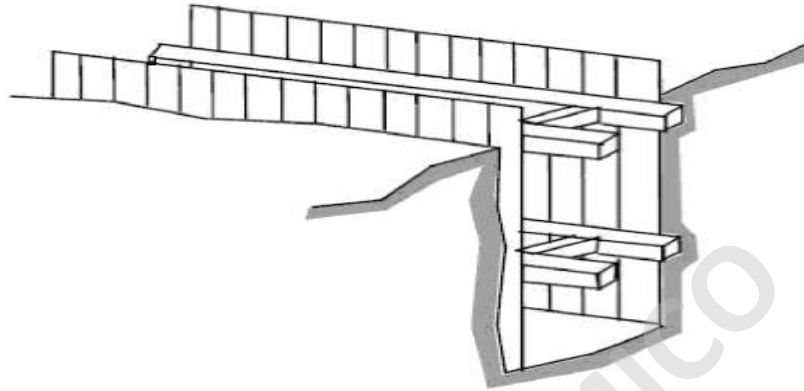
Imagen N°4: Puntales para apoyar las paredes de una excavación



Fuente: Solminihac y Thenoux (2020)

- Entibaciones: Para este tipo de protección, se emplean “tablestacados”, como se muestra en la figura N°5. También se pueden utilizar ataguías metálicas, o de concreto, cuando en la excavación haya presencia de agua.

Imagen N°5: Entibado con Tablestacado



Fuente: Solminihac y Thenoux (2020)

1.3 Acondicionamiento de la Superficie de Apoyo

De acuerdo con el portal web: Decoración Arqhy, los trabajos de acondicionamiento de la superficie de apoyo consisten en realizar la limpieza del terreno, demolición de forjados, demolición de muros pertenecientes a la misma construcción, desmalezado y corte de arbustos o árboles, demarcaciones y retirada de los escombros consiguientes, para la preparación del área de trabajo. (Párrafo 1). También se puede agregar o quitar tierra, según el caso, hasta lograr el nivel o altura necesarios al fin propuesto.

En la imagen N° 6, se puede apreciar dicha actividad de acondicionamiento de la superficie de apoyo.

Imagen N°6: Acondicionamiento de la Superficie de Apoyo



Fuente: <https://www.arqhys.com/construccion/terreno-acondicionamiento.html>

1.4 Excavación: Concepto

Moscozo (2011), expone que el concepto de excavación se refiere a la realización de actividades para “cortar y remover cualquier clase de suelo independiente de su naturaleza o de sus características físico-mecánicas, dentro o fuera de los límites de construcción”. (p.1). Igualmente expresa que se deben incluir las labores para la nivelación del terreno, carga y bote del material removido a su lugar de disposición final.

De acuerdo con el Manual de Seguridad en Excavaciones (ACHS, N°1 en prevención), “Es importante conocer el tipo de suelo donde se realizará la excavación y sus propiedades, con el fin de planificar adecuadamente las actividades a realizar, los equipos, maquinarias y herramientas óptimas, y las medidas preventivas a considerar”. (p.4). En ese sentido, es importante conocer, los tipos de suelos, sus características y propiedades.

1.4.1 Concepto de Suelos

Es el estrato o capa superficial de la corteza terrestre, resultante de un proceso natural de desintegración a través de los años, producto de agentes atmosféricos como el viento, la nieve, las heladas, el agua, etc. (p.4)

1.4.2 Clasificación de los Tipos de Suelos³

Rocas. Es un tipo de suelo resistente cuyas características no se modifican con el agua. Es de tipo rígido, por lo tanto, no puede deformarse. No disipa la energía sísmica y la transmite a la edificación. Las rocas fracturadas pueden presentar planos de deslizamiento en una determinada dirección, lo que obliga a reforzarlas con pernos u otras soluciones. La excavación en roca es compleja: requiere para su remoción de explosivos, barrenos y maquinaria especializada, lo que la convierte en un trabajo peligroso, de alto costo y muy bajo rendimiento.

Suelos de grano grueso. Por lo general son suelos con buenas características de resistencia, estabilidad y drenaje para fundaciones, especialmente cuando están bien compactados y confinados. Presentan buenas características de drenaje. Son muy permeables. La estabilidad depende del grado de compactación. Su resistencia está dada por la fricción entre sus partículas. Bajo nivel de asentamiento. No tienen propiedades cohesivas, por lo que es altamente inestable en taludes pronunciados. Dentro de esta tipología se tienen: Gravas: tamaño comprendido entre 4,76 y 75 mm. Arenas: tamaño entre 0,074 y 4,76 mm. Bolones: tamaño entre 75 y 250 mm. Bloques o rocas: tamaño de partículas sobre 250 mm.

³ https://www.achs.cl/portal/Comunidad/Documents/2_Manual_de_seguridad_en_excavaciones.pdf

Suelos de grano fino. La resistencia de este tipo de suelos depende principalmente de la cohesión de las partículas. Dentro de esta tipología se tienen limos y arcillas inorgánicas. En ambos casos corresponden a material de tamaño menor a 0,074 mm.

Limos inorgánicos: Comúnmente llamados “tierra”. Su característica principal es que presenta baja o ninguna plasticidad. Presentan malas características de drenaje. Presentan fragilidad en estado seco. Muy compresibles.

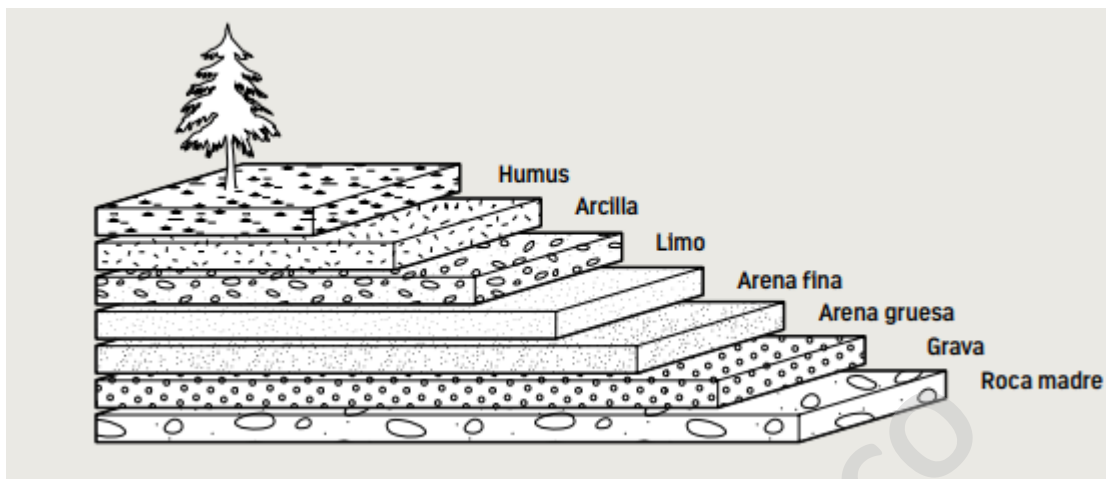
Arcillas inorgánicas: La mayoría de las veces es de color rojizo. Características de drenaje muy malas. Pueden absorber gran cantidad de agua, aumentando su volumen y su plasticidad quedando sin capacidad de soporte. En estado seco pueden ser muy duras y se contraen en forma importante, generando variaciones de volumen. Pueden asentarse muy lentamente, incluso por siglos como en el caso de la torre de Pisa.

Las clasificaciones y descripciones visuales de los suelos permiten hacer estimaciones preliminares, con el fin de determinar la extensión de las prospecciones de terreno adicionales requeridas para el buen desarrollo del proyecto.

Adicional a esto, las condiciones del suelo, ya sea para proyectos pequeños o de gran envergadura, siempre deben ser evaluadas mediante una correcta investigación de mecánica de suelos, ya que si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo o las deformaciones son considerables, se pueden producir fisuras, grietas o desniveles que en casos extremos pueden generar el colapso de la obra.

En la imagen N° 7, se puede visualizar la clasificación de los tipos de suelos

Imagen N°7: Clasificación de los Tipos de Suelos



Fuente: Control de riesgos en excavaciones para el Sector Construcción

1.5 Tipos de Excavaciones⁴

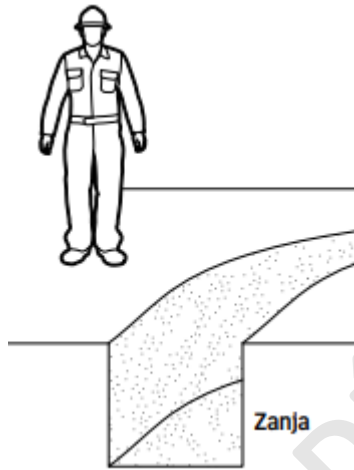
1.5.1 Excavaciones en zanjas

Se entiende por zanja una excavación larga y angosta realizada en el terreno y se utiliza para instalar tuberías subterráneas de aguas, electricidad o gas o para construcción de fundaciones superficiales, entre otros usos. Las excavaciones de zanjas son, en general, peligrosas cuando su profundidad es superior a 80 centímetros y principalmente cuando los terrenos en los que se excava son inestables, o cuando no se cuenta con un estudio de mecánica de suelos. Presentan planos de deslizamiento por ambos lados inclinados hacia el fondo, lugar donde laboran los trabajadores. La excavación en zanjas se puede hacer de forma manual o mecanizada, o mediante la combinación de ambas técnicas.

En la imagen N°8, se puede apreciar este tipo de excavaciones.

⁴ https://www.achs.cl/portal/Comunidad/Documents/2_Manual_de_seguridad_en_excavaciones.pdf

Imagen N°8: Excavación en Zanja



Fuente: Control de riesgos en excavaciones para el Sector Construcción

1.5.2 Excavación Masiva

La excavación masiva consiste en la remoción de grandes volúmenes de suelo natural. Se realiza complementariamente de forma mecanizada (excavadoras) y manual en la construcción de subterráneos de edificios, caminos, muros de contención, etc.

A continuación, se presenta la imagen N°9 de excavación masiva

Imagen N°9: Excavación Masiva

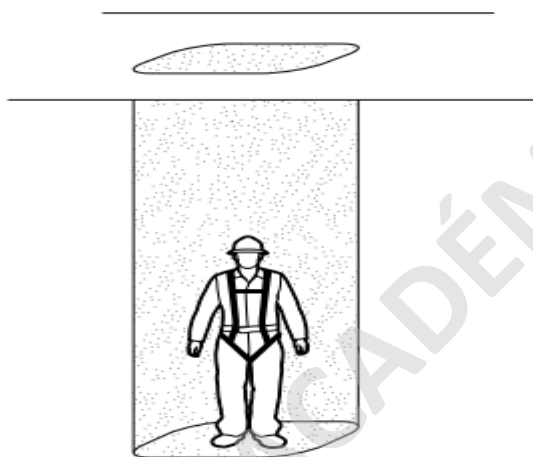


Fuente: Elaboración Propia.

1.5.3 Excavación en Pozos

Excavaciones ejecutadas verticalmente. Pueden ser de sección circular o cuadrada, y por lo general son de gran profundidad. Se utilizan para la construcción de pilas de entibación, para pozos de reconocimiento de suelos o captación de aguas. En estos casos la excavación generalmente es manual. Ver imagen N°10

Imagen N°10: Excavación en Pozo



Fuente: Control de riesgos en excavaciones para el Sector Construcción

1.6 Carga con Equipo Mecánico y Bote de Material Proveniente de las Excavaciones para Asiento de Fundaciones, Zanjas, etc.

Para describir esta actividad, se estudiará los diferentes tipos de maquinarias⁵ empleadas para hacer la carga y bote del material proveniente de las excavaciones.

Máquinas Excavadoras. La función principal de las máquinas excavadoras es la extracción de material procedente del terreno natural, su carga y transporte y su descarga en el lugar elegido para la realización del acopio. En función de las características y desnivel del terreno, se usan dos tipos diferentes de excavadoras: sobre ruedas y sobre cadenas u orugas. Las segundas ofrecen una mayor estabilidad ante terrenos de desniveles importantes, al situarse el centro de gravedad de la máquina a menor altura y contar, además, con mayor superficie de contacto con el terreno. Ver imagen N° 11

Imagen N°11: Máquina Excavadora



Fuente: Elaboración Propia.

Máquina Excavadora con brazo largo. La extracción de material procedente del terreno puede realizarse de diversas formas, según la naturaleza del terreno, su composición y profundidad de sello de excavación. Se requieren para ello útiles de trabajo especializados, tales como:

En este caso una máquina excavadora con brazo largo corresponde a una máquina excavadora normal con la modificación de su brazo excavador, haciéndolo más largo con la tarea de llegar a sellos de fundación más profundos que las excavadoras normales

A continuación, se presenta en la imagen N° 12, una máquina excavadora tipo brazo largo

Imagen N°12: Máquina Excavadora Tipo Oruga con brazo largo.



Fuente: Elaboración Propia

Medios de Transporte. Los medios de transporte de material a vertedero, rellenos estructurales o a zona de acopio de plantas de áridos son muy variados y dependen de las

características del terreno en que se trabaje, así como de las características geométricas de la propia obra. Ver imagen N° 14

Camión tolva.

Imagen N°13: Camión Tolva



Fuente: Elaboración Propia.

Transporte de Maquinaria Pesada: Tracto Camión Cama Baja

De acuerdo con el portal web (Economía de hoy.net, 2020), las empresas que ofrecen los servicios para el transporte de maquinaria pesada tienen una gran responsabilidad. De su buen funcionamiento, no solo dependerá la continuidad y finalización de la obra, además de la protección que deben ofrecer a los transeúntes de las vías de acceso por las que se desplazan. En vista a esto, son muchos los aspectos a considerar toda vez que se requiera el transporte de carga pesada, destacando la obtención de los permisos emitidos por las autoridades locales y fuera de ellas para poder efectuar el traslado de la maquinaria (Párrafos 1,2).

A continuación, se presenta en la imagen N° 15 un Tracto Camión Cama Baja, para el transporte de maquinaria pesada.

Imagen N° 14: Tracto Camión Cama Baja



Fuente: Elaboración Propia.

Capítulo 2

2.1 Proyecto para evaluar

Proyecto: Análisis de la Productividad de Maquinaria Pesada en Excavaciones Masivas, para edificaciones en Altura

Problema: El problema que se presenta está relacionado con el tiempo real de ejecución de la obra, el cual se ha visto afectado por diferentes razones. Una de las causas es el empleo de la maquinaria pesada y la distribución del equipo para acondicionar el área de trabajo, además de esto, no se debe dejar de evidenciar que la situación pandémica, también ha influido en el rendimiento de la obra, alargando los tiempos de ejecución, igualmente, se han presentado otras situaciones imprevistas que inciden en el normal desenvolvimiento de los trabajos de excavación. Cabe destacar que debido a la gran demanda habitacional que existe en Santiago y la limitada oferta de terrenos cercanos al núcleo de la ciudad, se debe aprovechar al máximo los tiempos que se tienen para realizar los trabajos de excavaciones en la superficie a construir. Para ello, se realizará un análisis del proyecto a fin de realizar las excavaciones masivas con empleo de maquinaria pesada, para disminuir el tiempo de realización de la obra y aumentar la efectividad del trabajo.

Una vez que se ha determinado el método de seguridad que garantice la estabilidad de las paredes de la excavación y determinado las máquinas que se utilizarán se procederá de la siguiente manera:

Descripción del Proceso:

Colocación de muros o pilotes a fin de proteger las paredes del terreno, evitando derrumbes. Para la excavación, se empezará con una Excavadora Caterpillar modelo 320D, la cual se encargará de excavar y cargar a los camiones el material proveniente de la excavación a su disposición final. Se debe empezar la excavación de manera que sea fácil el acceso a los camiones y que en la medida que avance la misma, sea cómodo sacar la materia en estado suelto.

A fin de aumentar el rendimiento, se deberá incorporar otras máquinas similares, de manera que se agilice la producción en la obra y se disminuyan los tiempos de ejecución. Para el caso que se analiza, se trabajó con dos excavadoras, de la siguiente manera: Se empleó en la fosa de excavación, una excavadora 320 y en la parte superior otra excavadora similar, para extraer el material, que luego fue cargado en los camiones para traslado con destinación final vertedero o relleno sanitario.

Es importante tener presente que durante la excavación hay que estar pendiente de que el polvo no perjudique a los ciudadanos y que el tráfico en la zona no se vea obstaculizado. Igualmente, es muy importante determinar el nivel freático y así colocar la protección necesaria para evitar que el agua entre en la excavación.

Ver en Anexo N°1: Memoria Fotográfica.

2.2 Desarrollo de obra

Debido a inconvenientes relacionados con la pandemia que está afectando hoy en día a toda la población, se vieron afectadas las planificaciones iniciales respecto a plazos ya que las cuarentenas no dejaron funcionar en ciertas fechas acotadas.

Por a lo anterior este proyecto se dividió en 5 etapas, las cuales serán detalladas a continuación.

2.2.1 Etapa 1

Durante la primera etapa de la excavación se realizó un movimiento de tierras correspondiente a escarpe, lo que significa retirar la capa vegetal hasta llegar a la cota correspondiente a material grava arcillo limosa conocido como Integral, con un tamaño de árido aproximado de 6" a 10", utilizado especialmente en plantas de áridos o mejoramientos estructurales de tierra.

Tabla N°1: Resumen movimiento de tierras etapa 1

Etapa 1		Faena Pedro De Valdivia	
Día	M3 MOVIDOS	MATERIAL	Destino
21-09-2020	306	Escarpe	Botadero
22-09-2021	552	Escarpe	Botadero
23-09-2021	298	Escarpe	Botadero
Total, Etapa 1	1156	M3	

2.2.2 Etapa 2

Esta etapa corresponde a la excavación hasta la cota -3.3 para iniciar la perforación y posterior tensado de pilas de socialzado para sostener la excavación masiva.

Tabla N°2: Resumen movimiento de tierras etapa 2

Etapa 2		Faena Pedro De Valdivia	
Día	M3 MOVIDOS	MATERIAL	Destino
09-11-2020	384	Integral	Planta de áridos
10-11-2020	577	Integral	Planta de áridos
11-11-2020	520	Integral	Planta de áridos
12-11-2020	877	Integral	Planta de áridos
13-11-2020	619	Integral	Planta de áridos
Total, etapa 2	2977	M3	

2.2.3 Etapa 3

Esta etapa corresponde a la excavación hasta la cota -8.0 para dar inicios a la segunda linea de perforación y posterior tensado de pilas de socialzado.

Tabla N°3: Resumen movimiento de tierras etapa 3

Etapa 3		Faena Pedro De Valdivia	
Día	M3 MOVIDOS	MATERIAL	Destino
16-12-2020	562	Integral	Planta de áridos
17-12-2020	596	Integral	Planta de áridos
18-12-2020	787	Integral	Planta de áridos
21-12-2020	626	Integral	Planta de áridos
22-12-2020	850	Integral	Planta de áridos
23-12-2020	920	Integral	Planta de áridos
28-12-2020	720	Integral	Planta de áridos
29-12-2020	938	Integral	Planta de áridos
30-12-2020	501	Integral	Planta de áridos
Total, Etapa 3		6500	M3

2.2.4 Etapa 4

Durante esta etapa se llega hasta la cota – 10.2 y faenas debieron ser paradas por brote de coronavirus dentro de la obra.

Tabla N°4: Resumen movimiento de tierras etapa 4

Etapa 4		Faena Pedro De Valdivia	
Día	M3 MOVIDOS	MATERIAL	Destino
11-01-2021	578	Integral	Planta de áridos
12-01-2021	620	Integral	Planta de áridos
13-01-2021	475	Integral	Planta de áridos
14-01-2021	800	Integral	Planta de áridos
15-01-2021	527	Integral	Planta de áridos
Total, etapa 4		3000	M3

2.2.5 Etapa 5

Corresponde a la etapa 5 y final de esta excavación masiva, en la cual con la ayuda de una máquina excavadora cuello largo (ver imagen n°12) desde la superficie y otra excavadora sobre orugas desde cota -12 alimentando y dando sello final al movimiento masivo.

Tabla N°5: Resumen movimiento de tierras etapa 5

Etapa 5		Faena Pedro De Valdivia	
Día	M3 MOVIDOS	MATERIAL	Destino
18-01-2021	480	Integral	Planta de áridos
19-01-2021	450	Integral	Planta de áridos
20-01-2021	450	Integral	Planta de áridos
21-01-2021	521	Integral	Planta de áridos
25-01-2021	440	Integral	Planta de áridos
26-01-2021	259	Integral	Planta de áridos
Total, Etapa 5	2600	M3	

2.2.6 Maquinaria

Cada máquina excavadora diariamente debe entregar un reporte firmado por el operador (ver tabla N° 07) en la cual se indica la cantidad de horas trabajadas diariamente.

Con tan información podemos realizar un resumen de las horas trabajadas por etapa.

Capítulo 3

3.1 Metodología de control

Rivera (2015) expone que “esto sirve para llevar el control en obra de cada uno de los renglones de trabajos, se le asigna a un encargado dependiendo del área de trabajo”. (p. 43).

Se tomará en cuenta lo siguiente:

- Control de maquinaria
- Control de Salida de los Camiones
-

Control de maquinaria

Se llevará el control diario de horas trabajadas reales de máquina excavadora, como se muestra en la tabla No.2

Imagen N°15: Vale Control maquinaria

TRANSPORTES
SERGIO TORRES SpA
TRANSPORTE Y VENTA DE MATERIALES
ARIDOS PARA LA CONSTRUCCION
MOVIMIENTO DE TIERRA

INFORME DE TRABAJO DIARIO
Nº 0003501
DIA MES AÑO

CONDUCTOR: _____
PATENTE: _____
EMPRESA: _____
OBRA: _____

HORA INICIO TOTAL HORAS
HORA TERMINO

Observaciones: _____

OPERADOR _____ JEFE FAENA _____

Los Cerezos 6151 - Peñalolén - Santiago / Fono: 2-2284.5471 - 2-22841119 - Fax: 2-22845471

Fuente: Elaboración Propia

Control de Salida de los Camiones

Se llevará una planilla para el control de la salida de camiones, como se muestra en Tabla No.3

Imagen N°16: Tarjeta de Control de Salida de Camiones

Logo: **SERGIO TORRES** TRANSPORTE

MOVIMIENTOS DE TIERRA

Nº 0047701

FAENA: _____

PATENTE: _____ M3: _____

MATERIAL: _____

DESTINO: _____

FECHA: _____ HORA: _____

Recibí Conforme _____ Firma Autorizada _____

Los Cerezos 6151 - Peñalolén - Santiago / Fono: 2-2284 5471 - 2-2284 1119 - Fax: 2-2284 5471

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Planillas

A continuación, se presenta en la Tabla N° 6 un resumen los periodos en que se trabajó durante la obra.

Tabla N°6: Resumen de Control de Bote en Camiones

Días	Fecha	Máquinas en obra	M ³ Retirados
2	21/9/2020 al 23/9/2020	1	1.156
5	9/11/2020 al 13/11/2020	2	2.977
10	16/12/2020 al 30/12/2020	2	6.500
5	11/01/2021 al 15/01/2021	3	3.000
7	18/01/2021 al 26/01/2021	2	2.600

Fuente: Elaboración Propia

De esta planilla se puede obtener la cantidad de días trabajados, el cual dio un resultado de 29 días trabajados para cargar y botar 16.339 m³ de tierra

3.3 Datos excavación

En la Tabla N° 10 se presentan los datos de excavación

Tabla N°7: Datos de Excavación

Cantidades totales de excavación:	13.750	m ³
Profundidad de excavación masiva:	13.5	metros
área que excavar	1.120	m ²

Fuente: Elaboración Propia

4. Estudio Económico

Se realizará el estudio económico a fin de poder analizar y comparar la situación ideal con la ejecutada

4.1 Presupuesto:

En todo proyecto es importante realizar una planificación que además de funcional sea económico. Es por esto por lo que el presupuesto es una parte fundamental, pues es aquí donde

se estiman los precios que va a tener la obra. En movimientos de tierra, es de gran importancia, ya que el costo de la maquinaria es elevado.

Tabla N°8: Presupuesto

Part. N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Valor Total
1	Replanteo de obra	M2	1.120	\$ 1.100	\$ 1.232.000
2	Escarpe	M3	1.120	\$ 8.000	\$ 8.960.000
3	Excavación Masiva medida en banco	M3	13.750	\$ 3.500	\$ 48.125.000
4	Disposición Final material excavado	M3	13.750	\$ 2.200	\$ 30.250.000
5	Traslado Maquinaria	GL	20	\$ 120.000	\$ 2.400.000
Sub-total					\$ 90.967.000
IVA (19%)					\$ 17.283.730
Total					\$ 108.250.730

Consideraciones del contrato:

- Contrato Cubo ajustable.
- Valores Geométricos
- Valores incluyen gastos generales y utilidad.

4.2 Análisis Costo Unitario

En el siguiente análisis buscaremos un valor M3 geométrico que incluya todas las partidas involucradas en el contrato de excavación masiva con el objetivo de tener un valor de comparación en caso de que soliciten un contrato tipo SUMA ALZADA y no cubo ajustable que es el caso del proyecto evaluado.

No se considerará el replanteo en este análisis.

Tabla N°9: Costos Etapa 1

Proyecto Pedro de Valdivia		ETAPA 1		
Detalle	Unidad	Cantidad	V. Unitario	V. Total
Maquina excavadora	HR	27	\$ 35.000	\$ 945.000
Flete direccion botadero	M3	1156	\$ 3.000	\$ 3.468.000
Flete direccion P. de áridos	M3	0	\$ 2.500	\$ -
Traslado Maquinaria	GL	2	\$ 120.000	\$ 240.000
Sub- Total				\$ 4.653.000

Tabla N°10: Costos etapa 2

Proyecto Pedro de Valdivia		ETAPA 2		
Detalle	Unidad	Cantidad	V. Unitario	V. Total
Maquina excavadora	HR	90	\$ 35.000	\$ 3.150.000
Flete direccion botadero	M3	0	\$ 3.000	\$ -
Flete direccion P. de áridos	M3	2977	\$ 2.500	\$ 7.442.500
Traslado Maquinaria	GL	4	\$ 120.000	\$ 480.000
Sub- total				\$ 11.072.500

Tabla N°11: Costos etapa 3

Proyecto Pedro de Valdivia		ETAPA 3		
Detalle	Unidad	Cantidad	V. Unitario	V. Total
Maquina excavadora	HR	162	\$ 35.000	\$ 5.670.000
Flete direccion botadero	M3	0	\$ 3.000	\$ -
Flete direccion P. de áridos	M3	6500	\$ 2.500	\$ 16.250.000
Traslado Maquinaria	GL	4	\$ 120.000	\$ 480.000
Sub- total				\$ 22.400.000

Tabla N°12: Costos Etapa 4

Proyecto Pedro de Valdivia		ETAPA 4		
Detalle	Unidad	Cantidad	V. Unitario	V. Total
Maquina excavadora	HR	135	\$ 35.000	\$ 4.725.000
Flete direccion botadero	M3	0	\$ 3.000	\$ -
Flete direccion P. de áridos	M3	3000	\$ 2.500	\$ 7.500.000
Traslado Maquinaria	GL	6	\$ 120.000	\$ 720.000
Sub- total				\$ 12.945.000

Tabla N°13: Costos Etapa 5

Proyecto Pedro de Valdivia		ETAPA 5		
Detalle	Unidad	Cantidad	V. Unitario	V. Total
Maquina excavadora	HR	108	\$ 35.000	\$ 3.780.000
Flete direccion botadero	M3	0	\$ 3.000	\$ -
Flete direccion P. de áridos	M3	2600	\$ 2.500	\$ 6.500.000
Traslado Maquinaria	GL	4	\$ 120.000	\$ 480.000
Sub- total			\$	10.760.000

Tabla N°14: Resumen Costos movimiento de tierras

Etapa N°1	\$	4.653.000
Etapa N°2	\$	11.072.500
Etapa N°3	\$	22.400.000
Etapa N°4	\$	12.945.000
Etapa N°5	\$	10.760.000
Monto total	\$	61.830.500
G.G. (7%)	\$	4.328.135
Utilidad (10%)	\$	6.183.050
Sub-total	\$	72.341.685

4.3 Resultados

A continuación, se presentan valores por M3 calculados geométricamente sin considerar esponjamiento

Tabla N°15: Valor Geométrico

Sub- Total	\$	72.341.685
M3 geométricos		13750
Valor M3 Geométrico	\$	5.261

5. Análisis producción

5.1 Replanteo

Se realizaría el replanteo de 1.120 m^2 de acuerdo con lo presupuestado, en condiciones ideales, con un rendimiento de 560 m^2 por día, según la programación y en un lapso de 2 días, de acuerdo con el cronograma de actividades.

En cuanto a lo ejecutado, el replanteo de la obra se realizó de acuerdo con lo estipulado en el presupuesto y en el cronograma de actividades.

5.2 Escarpe

Correspondiente al Acondicionamiento de la Superficie mediante el retiro de escarpe (capa vegetal) y retiro de fundaciones hacia botadero. Espesor Comprendido Entre 80 y 100 centímetros, se debería acondicionar un área de 1.120 m^3 según presupuesto, con un rendimiento de 380 m^3 por día, según la planificación, en un lapso de 3 días, de acuerdo con lo establecido en el cronograma de obra.

Esta partida se ejecutó con total normalidad, en concordancia con lo establecido en el presupuesto y en el cronograma de obra.

5.3 Excavación masiva.

En condiciones ideales de presupuesto, dicha partida se realizaría excavando 15200 m^3 sobre camión de tierra en un período de tiempo de 20 días, de acuerdo con el cronograma de actividades, con un rendimiento de 760 m^3 por día de excavación.

Lo ejecutado realmente, corresponde de la siguiente manera:

En fecha 9/11/2020 al 13/11/2020, se excavó la cantidad de 2.977 m^3 de material y del 16/12/2020 al 30/12/2020 se excavó 6.500 m^3 de material, para un total de excavación de 9477 m^3 de tierra en 15 días, con un rendimiento de 631.8 m^3 por día de excavación.

Esta diferencia de tiempo de ejecución, entre lo ideal y lo real, se debió a la variación de horario de trabajo que en un principio fue desde las 8:30 hasta las 17:30, cumpliendo un total de nueve horas de trabajo, que luego fueron reducidas hasta las 14:00, debido a una ordenanza municipal, por motivo de la pandemia, laborando solamente 5,30 horas al día, por motivo del COVID-19.

El siguiente tramo correspondía excavar 5600 m^3 de material en condiciones ideales en un total de 12 días, de acuerdo con el cronograma de trabajo, con un rendimiento diario de excavación, según planificación, de 466 m^3 por día.

Durante una faena de excavación masiva profunda, debido a espacios y logística los últimos m^3 en retirar son los más lentos ya que requiere la utilización de máquina excavadora de brazo largo.

5.4 Flete

De acuerdo con lo ejecutado, corresponde al bote del material total excavado con su esponjamiento igual a 16500 m^3 Aproximadamente

A una distancia de 12 Km donde va a ser depositado el material integral, para un total de $198.000 \text{ m}^3\text{-Km}$, en 29 días, con un rendimiento aproximado de $6827.5 \text{ m}^3\text{-Km/d}$.

Este flete con deposito incluido tiene un valor de \$2.500 por cada M^3 .

Esto cubre gastos de camión, autopistas, valor día chofer, traslados y botadero.

A una distancia de 17.5 Km fue depositado el material correspondiente a escarpe

Con un total de $19.500 \text{ M}^3\text{-Km}$ en 3 días, con un rendimiento aproximado de $6.533 \text{ m}^3\text{-Km/D}$,

Este flete con deposito incluido tiene un valor de \$3.000 por cada M3.

Se puede observar que hubo una disminución del rendimiento en la excavación diaria. Igualmente se observa una diferencia entre el período de ejecución pautado de acuerdo con el cronograma de trabajo y al ejecutado, motivado a la reducción del horario de trabajo y días de paralización por la pandemia.

CONCLUSIONES

Es de conocimiento general que cada proyecto es diferente al otro, no queda duda alguna, también existen distintas formas de abordar procesos con diferentes técnicas. La idea de este estudio fue dar a conocer la forma que tiene de trabajar la empresa Transportes Torres, para dar el ejemplo a futuros constructores e ingenieros de cómo se podría afrontar un desafío de tal magnitud o parecido.

En este caso particular fue muy afectado por los cortes entre etapas, lo que perfectamente se podría haber hecho en 3 etapas, se logró en 5, posponiendo considerablemente los plazos de entrega del proyecto por razones de fuerza mayor.

Lo anterior no afecta los parámetros generales de este proyecto los cuales pueden ser de gran ayuda para el estudio de proyectos similares en caso de querer acotar presupuestos y plazos para una carta Gantt más precisa, considerando la alta competitividad que existe en el mercado chileno ligado a la construcción, en la cual las licitaciones se hilan muy fino, un error de cálculo o exageración de precios / plazos podría significar la no adjudicación de un proyecto.

En base al análisis realizado de rendimiento, se puede observar que debido a que no se cumplió con los lapsos establecidos en el cronograma de trabajo, hubo que utilizar más días laborales de máquina para la excavación en cotas entre 0-3 m y de 0-5 m, afectando la carga y la descarga en camiones para el transporte del material.

El resto de la excavación se realizó bajo márgenes normales y aceptables

Con esto se demuestra que se emplearon mayor número de días de maquinaria, equipos y mano de obra, lo que eleva el costo de la obra, además de esto, se deberá hacer un cuadro de aumentos y disminuciones para sincerar lo ejecutado realmente y solicitar una

reconsideración de precios justificando los motivos que conllevaron al incremento en el costo de la obra.

Ante todo, esto, es de hacer notar que existen muchas causas por las que una obra puede interrumpir sus labores, tales como: Paralización por incumplimiento de normas, falta de permisos, máquinas inadecuadas, paralización por condiciones laborales, problemas sindicales, accidentes laborales, daño de equipos, etc. La causa del retraso en la obra “Pedro de Valdivia”, ubicada en la comuna de Ñuñoa, se debió a la situación de pandemia, por lo que debieron acatar las normas de reducción de horario laboral.

Finalmente se puede decir que la realización de este trabajo cumplió con todos sus objetivos, permitió tener una experiencia en cuanto a la metodología de trabajo como a la parte correspondiente al análisis de un trabajo de terreno. Esto ha permitido que me motive para emprender como futuro contratista, realizando obras de calidad y con máxima eficiencia en el proceso de construcción, así como también guardando especial atención a las normas inherentes en el ejercicio laboral como constructor civil y cumpliendo con la responsabilidad social pertinente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHS. (Nº1 en prevención). *Control de Riesgos en Excavaciones*. Chile: Sector Construcción. Obtenido de https://www.achs.cl/portal/Comunidad/Documents/2_Manual_de_seguridad_en_excavaciones.pdf
- Arquitectura, D. d. (2016, párrafo 1). *Talud*. Obtenido de <https://diccionarqui.com/diccionario/talud/>
- Construmática. (sección de excavaciones y vaciados). *Movimiento de Tierras*. Obtenido de https://www.construmatica.com/construpedia/Movimiento_de_Tierras
- Construvicol. (2014). *PROCEDIMIENTO DE EXCAVACIÓN GENERAL*. Colombia. Obtenido de http://construvicol.com:8080/intranet/images/sgi/operaciones/QF/QF_OPER_PR_008_excavacion_general_rev_1.pdf
- Decoración Arqhys. (párrafo 1). *Acondicionar un terreno para construir*. Obtenido de <https://www.arqhys.com/construccion/terreno-acondicionamiento.html>
- Economía de hoy.net. (2020). *Aspectos a Considerar para el Traslado de Maquinaria Pesada en Chile*. Obtenido de <https://www.economiadehoy.net/aspectos-a-considerar-para-el-traslado-de-maquinaria-pesada-en-chile/>
- Moscozo. (2011). *METODOLOGÍA PARA LA EJECUCIÓN Y CONTROL DE EXCAVACIONES EN SÓTANOS PARA EDIFICIOS*. Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3277_C.pdf
- Rivera. (2015). *Programación, Planificación Y Control de Obras de infraestructura Civil*. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3615/1/V%C3%ADctor%20Manuel%20Rivera%20Esteban.pdf>
- Solminihaç y Thenoux. (2020). *Procesos y Técnicas de Construcción*. Universidad Católica de Chile. Obtenido de ACHS. (Nº1 en prevención). *Control de Riesgos en Excavaciones*. Chile: Sector Construcción. Obtenido de https://www.achs.cl/portal/Comunidad/Documents/2_Manual_de_seguridad_en_excavaciones.pdf
- Arquitectura, D. d. (2016, párrafo 1). *Talud*. Obtenido de <https://diccionarqui.com/diccionario/talud/>
- Construmática. (sección de excavaciones y vaciados). *Movimiento de Tierras*. Obtenido de https://www.construmatica.com/construpedia/Movimiento_de_Tierras
- Construvicol. (2014). *Procedimiento de Excavación General*. Colombia. Obtenido de http://construvicol.com:8080/intranet/images/sgi/operaciones/QF/QF_OPER_PR_008_excavacion_general_rev_1.pdf

Decoración Arqhys. (párrafo 1). *Acondicionar un terreno para construir*.
Obtenido de <https://www.arqhys.com/construccion/terreno-acondicionamiento.html>

Economía de hoy.net. (2020). *Aspectos a Considerar para el Traslado de Maquinaria Pesada en Chile*. Obtenido de
<https://www.economiadehoy.net/aspectos-a-considerar-para-el-traslado-de-maquinaria-pesada-en-chile/>

Moscozo. (2011). *Metodología Para la Ejecución y Control de Excavaciones en Sotanos para Edificios*. Guatemala. Obtenido de
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3277_C.pdf

Rivera. (2015). *Programación, Planificación Y Control de Obras de infraestructura Civil*. Obtenido de
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/3615/1/V%C3%ADctor%20Manuel%20Rivera%20Esteban.pdf>

Solminihaç y Thenoux. (2020). *Procesos y Técnicas de Construcción*.
Universidad Católica de Chile. Obtenido de
<https://supervisiondeobrasumayor.files.wordpress.com/2017/07/procesos-y-tc3a9cnicas-de-construccic3b3n.pdf>

ANEXOS

Anexo No. 1

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Acondicionamiento del Área de Terreno



Excavación con Empleo de Dos Máquinas excavadoras



Excavación escalonada empleo de dos

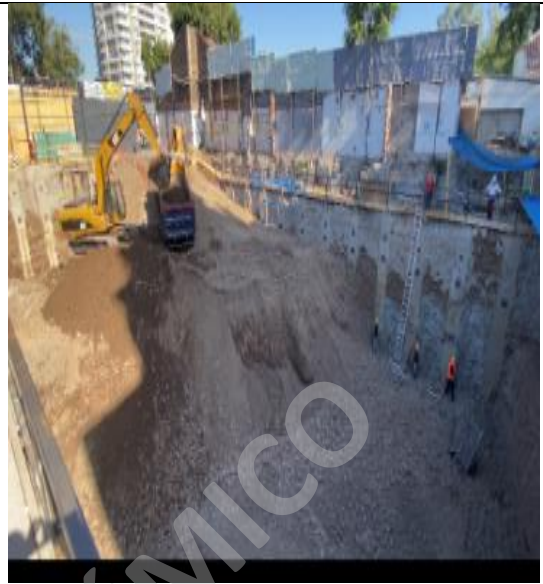
máquinas excavadoras



Excavación y carguío de Material
proveniente de la Excavación



Remate de excavación con la utilización de excavadoras brazo largo



Carguío de material



Talud para apoyo de Máquina



Excavación con empleo de dos Máquinas Excavadoras