



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

EJECUCIÓN DEL CASCO ESTRUCTURAL DEL CENTRO COMERCIAL SHOPPING
LA MOLINA – I ETAPA – SECTOR 2

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Modalidad de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Autor (a):

Ayala Muñoz, Alejandro Antonio

Asesor (a):

Barrantes Mann, Luis Alfonso
(ORCID: 0000-0002-2026-0411)

Jurado:

Tello Malpartida, Omart Demetrio

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

Aybar Arriola, Gustavo Adolfo

Lima - Perú

2021

Referencia:

Ayala, A. (2021). Ejecución del casco estructural del Centro Comercial Shopping La Molina – I Etapa – Sector 2. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional Federico Villarreal].

Repositorio

Institucional

UNFV.

<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5510>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

EJECUCIÓN DEL CASCO ESTRUCTURAL DEL CENTRO COMERCIAL
SHOPPING LA MOLINA – I ETAPA – SECTOR 2

Línea de Investigación:
Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Modalidad de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Ayala Muñoz, Alexandro Antonio

Asesor

Barrantes Mann, Luis Alfonso
(ORCID: 0000-0002-2026-0411)

Jurado

Tello Malpartida, Omart Demetrio
Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique
Aybar Arriola, Gustavo Adolfo

Lima – Perú
2021

Dedicatoria

A mis padres, Lucía y Alex, quienes me marcaron el camino y acompañaron para alcanzar este muy importante logro. A mis abuelos, a Antonio, ejemplo de superación migrante, mi amado abuelo. A toda mi familia, y cada persona que sin saberlo me motivó a conseguir este logro; y un agradecimiento especial a Hans, ingeniero amigo cuya confianza y enseñanza fue base para poder presentar esta obra como parte de este trabajo.

Hope cannot be taken to be originally there, nor can it be taken to be originally not there. Hope is like the way we walk on. In fact, there is no such a thing as a “way” in the first place. When one walks, the way is already underway.

Lu X.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Trayectoria del Autor.....	1
1.2. Descripción de la Empresa.....	1
1.3. Organigrama de la Empresa.....	4
1.4. Áreas y Función Desempeñadas.....	5
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA.....	7
2.1. Descripción del Caso.....	7
2.1.1. Generalidades.....	8
A. Alcance de la Contratista.....	9
B. Ejecución del Casco Estructural.....	10
2.1.2. Planteamiento del Problema.....	14
2.1.3. Enfoque Preliminar: Config. Estructural por Sectores y Niveles.....	15
2.2. Marco Teórico.....	20
2.2.1. Aspectos Constructivos.....	20
2.2.1.1. Procedimientos de Construcción.....	20
2.2.2. Aspectos Estructurales o de Diseño.....	30
2.2.2.1. Cimentaciones.....	30
2.2.2.2. Superestructura.....	31
2.3. Desarrollo del Caso.....	32
2.3.1. Determinación del Procedimiento Constructivo.....	32
2.3.1.1. Sectorización de la Obra.....	32
2.3.1.2. Movimiento de Tierras y Maquinaria.....	36
2.3.1.3. Equipamiento.....	40
2.3.1.4. Selección del Encofrado.....	43
2.3.2. Avance de Trabajos.....	50
2.3.2.1. Cimentaciones.....	50
2.3.2.2. Estructuras Verticales.....	57
2.3.2.3. Estructuras Horizontales.....	66
2.3.2.4. Estructuras Inclinadas.....	81
2.2.3. Productividad.....	93
III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA.....	101
IV. CONCLUSIONES.....	104
V. RECOMENDACIONES.....	105
VI. REFERENCIAS.....	106
Lista de Tablas.....	109
Lista de Figuras.....	110

Resumen

El presente trabajo busca mostrar los aspectos tanto positivos como negativos del procedimiento constructivo empleado durante la ejecución del proyecto del casco estructural del C.C. Shopping La Molina, entendiéndose como procedimiento constructivo no sólo la forma de trabajo en campo durante la ejecución de la obra (la cual es el insumo principal de este trabajo) sino también aspectos previos al inicio de obra como la definición de la forma de suministro de la información técnica por parte del cliente y supervisión. Así también muestra el impacto en los resultados de productividad de un proceso ajeno al procedimiento de construcción como lo es la presentación de la oferta incluyendo precios unitarios por mano de obra subvaluados que brindan un panorama sombrío de la productividad obtenida, información que la presente investigación muestra en forma de data numérica para las distintas variables involucradas en la productividad de una obra como lo son las horas hombre utilizadas por especialidad, cantidades por tipo de material (acero y concreto) y equipos (encofrados) empleados, todos estos datos agrupados por su ejecución en cada semana y tipo de estructura. Finalmente, además de identificar claramente los factores que afectaron la productividad, se proponen recomendaciones para su mitigación o eliminación, todo esto desde el punto de vista de los conocimientos de un bachiller en ingeniería civil que busca exponer dichos resultados y el procedimiento de construcción que los originó, de la forma más concisa e ilustrativa que pueda ser aporte para investigaciones más profundas sobre el tema de la productividad de obra.

Palabras claves: Construcción sostenible, sostenibilidad ambiental.

Abstract

The present report aims to expose the positive and negative aspects of the adopted construction method for the commercial building C.C. Shopping La Molina concrete structures phase execution, understanding as construction method not just the construction work procedures (which is the main component part of this report) but also previous aspects such as the convenient delivery of technical project information from the owner and the project manager-consultant. Furthermore, the report displays productivity data negative results caused by undervalued bid workforce prices, which is not part of the construction method analyzed but cause an impact in the final picture of the project productivity outcome. This data results involves a variety of productivity variables such as man hours by type of work, amount of material (concrete and reinforcement steel) and equipment (formworks) used in each type of concrete structure weekly. Finally, in addition to the identification of the factors that negatively affects the productivity, this work also suggests recommendations to mitigate or eliminate them, analysis that is made from the point of view of a bachelor in civil engineering that aims to share these results and the construction method that caused it, in the more succinct and illustrative way, as a contribution for deeper research in the subject of construction productivity.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Trayectoria del Autor

Asistente de Producción en J.E. Construcciones Generales S.A. Desempeñé esta función entre los meses de julio de 2018 y agosto de 2019 laborando en torno a la coordinación para la ejecución diaria del proyecto de edificación de acuerdo a sus requerimientos técnicos, procedimientos de calidad y principalmente la optimización de los recursos de la empresa. El presente informe se basa en esta experiencia profesional.

Practicante Preprofesional en Provías Descentralizado. Desempeñé esta función entre los meses de noviembre de 2016 y agosto de 2017 laborando en torno a auditorías técnicas realizadas a documentación relevante en contrataciones del estado para la ejecución de proyectos viales tales como expedientes técnicos, valorizaciones, adicionales de obra, sustentos de ampliación de plazo, bases y contratos. Estas evaluaciones se realizaban en base a normativas técnicas, ley y reglamento de contrataciones del estado y normativas de la Contraloría General de la República.

1.2. Descripción de la Empresa

La empresa en la cual realicé las labores descritas en el presente informe es J.E Construcciones Generales S.A. con sede corporativa en Av. La Fontana 1155 La Molina, la cual se dedica a la ejecución de proyectos de edificaciones tales como sedes corporativas, oficinas, residenciales, hoteles y centros comerciales desde hace más de 35 años. La Tabla 1 muestra las obras más importantes de la empresa en los últimos años.

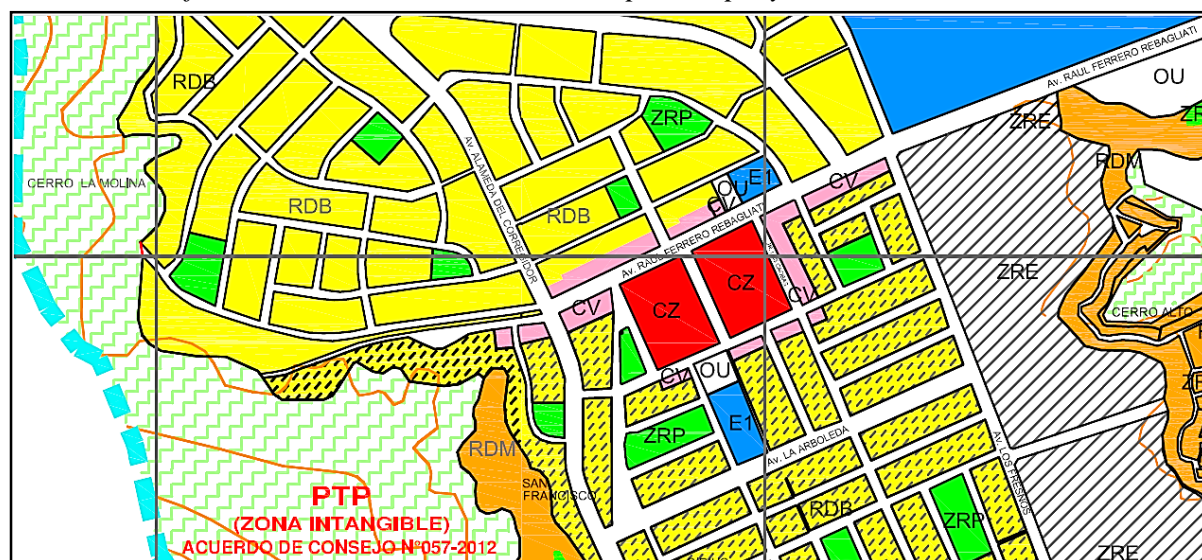
Tabla 1*Principales obras de la empresa en los últimos 5 años*

Obra / Consorcio	Costo aproximado	Año *	Superficie / A.Construida	Distrito
Mall del Sur para Grupo Wong S.A.C. J.E.	200 mill.US\$	2016	35,000 m2 (230,000 m2)	San Juan de Miraflores
Mall Plaza Comas para Mall Plaza Inmobiliaria S.A. J.E. / INARCO Perú S.A.C.	110 mill.US\$	2020	59,000 m2 (180,000 m2)	Comas
O.G. Shopping La Molina 1.ª Et. - Cencosud Retail Perú S.A. J.E.	46.5 mill. S/.	2019	8,635 m2 (66,900 m2)	La Molina
Polideportivo V.E.S. para Comité Org. JJPP Lima 2019 J.E. / OHL S.A. Suc. del Perú	90 mill. S/.	2019	49,000 m2 (49,000 m2)	Villa El Salvador
Sede C.D. Lima para Colegio de Ingenieros del Perú J.E.	50 mill. S/.	2019	2,400 m2 (13,400 m2)	San Isidro

Nota. Fuente: Elaboración propia.

*Año de entrega o proyectado.

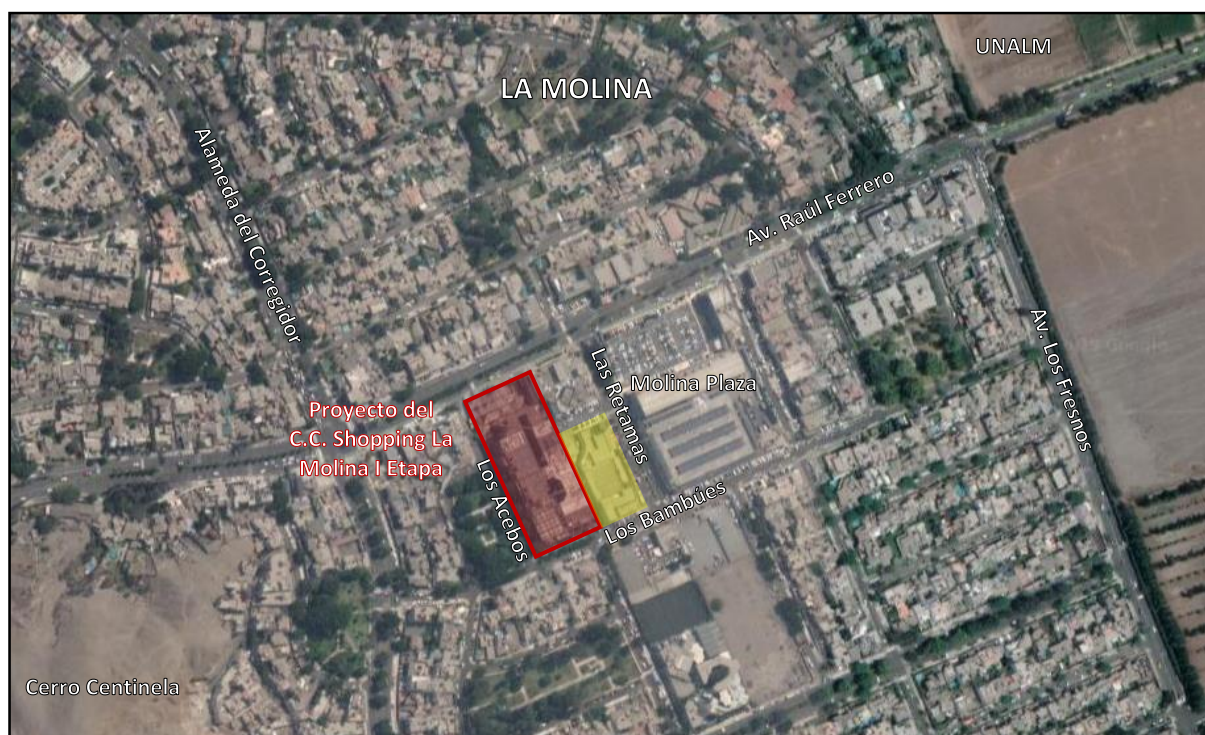
Obra Gruesa del Shopping La Molina. La obra en la cual participé es este centro comercial ubicado entre las vías calle Los Acebos - calle Los Bambúes - calle Las Retamas y la Av. Raúl Ferrero, dentro del área de comercio zonal del distrito de La Molina, en el cual también se encuentra operando desde el 2004 el C.C. Molina Plaza. (Véase Figuras 1, 2 y 3).

Figura 1*Plano de Zonificación del distrito de La Molina para el proyecto.*

Nota. Fuente: Ordenanza N° 1661-MML del 26 de febrero de 2013.

Figura 2

Ubicación del proyecto del C.C. Shopping La Molina.



Nota. Fuente: Google Maps 2019.

Figura 3

Vista Aérea de la Obra para la I Etapa del Proyecto, el Supermercado Wong (próxima II Etapa) y el C.C. Molina Plaza, adyacentes a la Av. Raúl Ferrero.



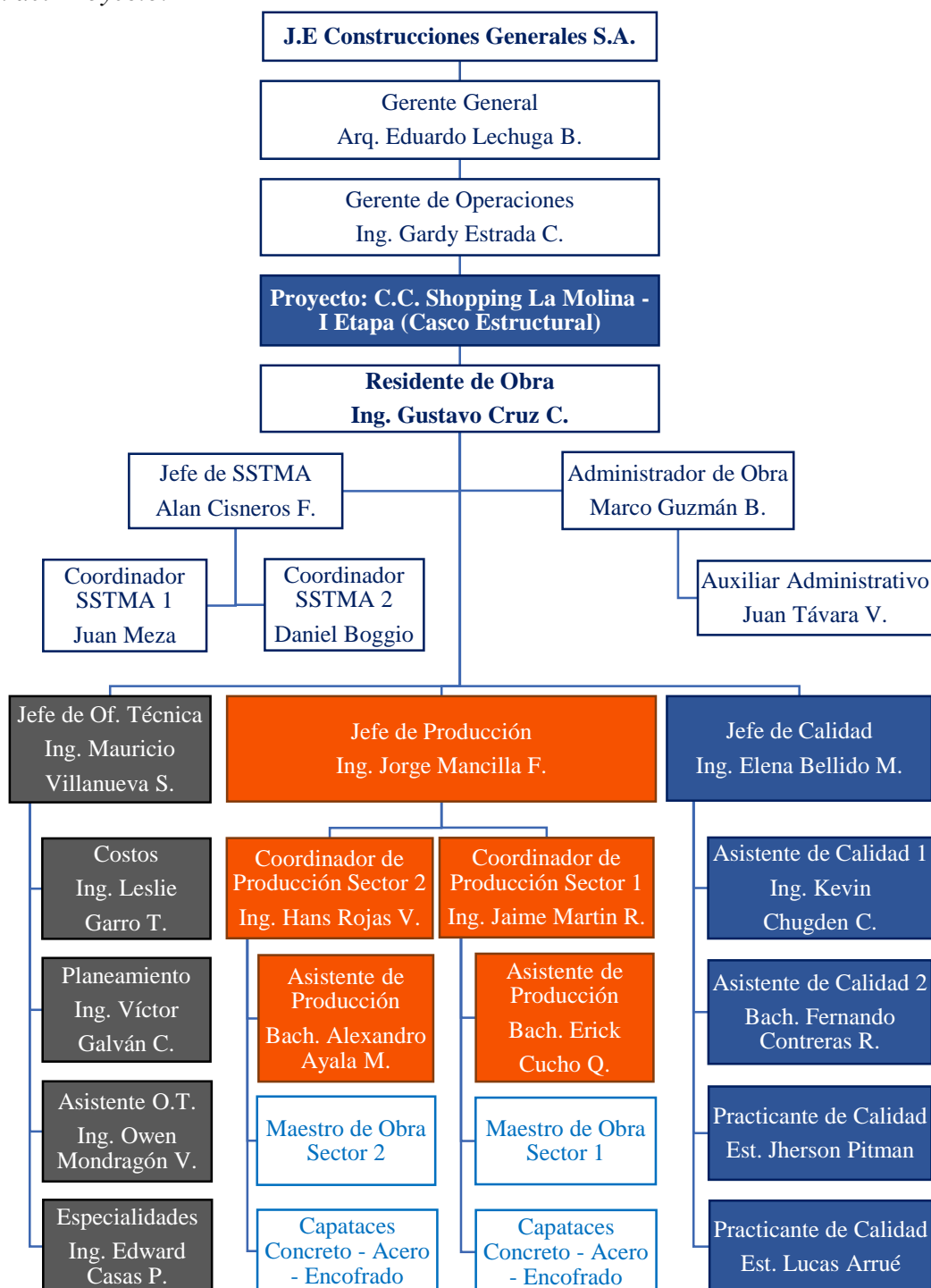
Nota. Fuente: Registro fotográfico de la empresa.

1.3. Organigrama de la Empresa

La siguiente figura muestra el equipo de profesionales, bachilleres y estudiantes que formaron parte del proyecto al momento de la culminación del último paño de losa vaciada.

Asimismo, se expone mi posición de Asistente de Producción del Sector 2 en la organización.

Figura 4
Organigrama del Proyecto.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

1.4. Áreas y Función Desempeñadas

Tal como se aprecia en el organigrama el Área de Producción se dividió de acuerdo a la sectorización de la I Etapa del proyecto delimitada principalmente por su diseño estructural que descompone la edificación en dos bloques separados por una junta sísmica de 0.3 metros. Cada uno de estos sectores contaron con recursos logísticos y de mano de obra propios que permitieron el avance en dos frentes principales de manera independiente. Véase Figura 6.

La ejecución del sector 2 de la obra estuvo a cargo del Ingeniero Coordinador de Producción designado, secundado por mi persona como Asistente de Producción.

Figura 5

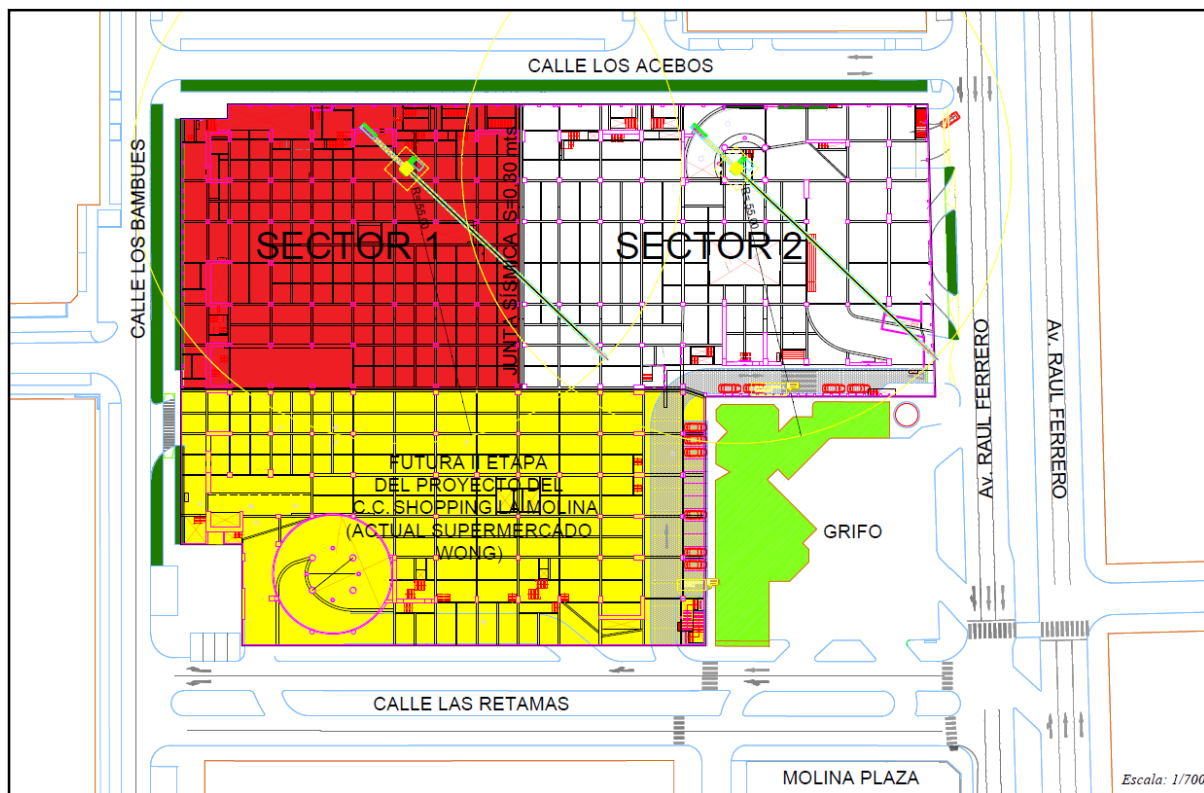
Fotografía de la Construcción de la I Etapa del Proyecto: Sector 1 y Sector 2 en cada extremo derecho e izquierdo respectivamente.



Nota. Fuente: Registro fotográfico de la empresa.

Figura 6

*Sectorización Principal de la I Etapa de la Obra Gruesa del Shopping La Molina.
Superposición de los Planos de Planta de Techo de 1er. Sótano, Ubicación de Grúas y
Exteriores del Proyecto.*



Nota. Fuente: Elaboración propia en base a los planos contractuales del proyecto.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

2.1. Descripción del Caso

El proyecto de C.C. Shopping La Molina es una edificación comercial sobre un área de 8,635 m² correspondiente a la I Etapa. El edificio cuenta con 4 sótanos de estacionamientos, 1 sótano comercial, mezanine y 4 pisos, siendo el cuarto nivel conformado casi en su totalidad por columnas y cubierta metálica.

Figura 7

I Etapa del Proyecto: Vista del Sector 1 (izquierda) y Sector 2 (derecha).



Nota. Fuente: Registro fotográfico de la empresa.

Figura 8

Fotografía de la Construcción de los 5 Sótanos del Proyecto.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

2.1.1. Generalidades

El proyecto es de propiedad de Cencosud Retail Perú S.A. y su desarrollo estuvo bajo la gerencia y supervisión de Sigral S.A. Esta a su vez derivó el diseño de las distintas especialidades a las siguientes consultoras:

- Arquitectura : LIHN Perú S.A.C.
- Estructuras : Seintec S.A.C. - Equilibrio3 S.A.C.
- II.SS. - II.EE. : DIAR Ingenieros S.A.
- II. MM. : GCI S.A.C.
- A.C. Incendio : Engineering Services S.A.C.
- EE. MM. : Seintec S.A.C.

A. Alcance de la Contratista. En cuanto a la contratista, J.E. Construcciones Generales S.A. se adjudicó la total ejecución de las obras de excavación, sostenimiento y casco estructural de la 1° etapa del proyecto bajo la forma de contratación de Suma Alzada por un monto y plazo inicial de S/.46'487,423.62 inc. IGV a 425 días calendario.

Entrega de Terreno e Inicio de Obra : 28 de agosto de 2017

Posteriores adicionales de obra y ampliaciones de plazo imputables tanto al Cliente como a la Contratista derivaron en una extensión del plazo de 285 d. c.

Plazo de Término - Entrega de Obra : 07 de agosto de 2019

La empresa a su vez realizó la subcontratación para trabajos de especialización como:

- Movimiento de Tierras : MEGATERRA S.A.C.
- Pilotes y Anclajes Postensados : Geofundaciones del Perú S.A.C.
- Estructuras Metálicas : FAMOME E.I.R.L.

Cabe señalar que el avance del trabajo del casco alcanza plantas (5 sótanos y 4 niveles superiores) sin tabiquería alguna.

B. Ejecución del Casco Estructural. Se entiende por “Casco Estructural” al conjunto de estructuras conformadas por lo siguiente:

1) Estructuras de Sostenimiento

: Croquis en Figura 7 o 9.

- Muro Pantalla



- Pilotes



- Micropilotes Horizontales



2) Cimentaciones

: Croquis en Figura 7.

- Zapatas Aisladas



- Zapatas Conectadas



- Zapatas Combinadas



- Zapatas Continuas



- Plateas de Cimentación



- Vigas de Cimentación



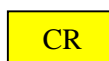
3) Estructuras Verticales

: Croquis en Figuras 8 y 9.

- Columnas de Sec. Cuadrada



- Columnas de Sec. Circular



- Muros de Corte o Placas



4) Estructuras Horizontales

: Croquis en Figuras 8 y/o 9.

- Losa Maciza



- Ábacos



- Vigas



5) Estructuras Inclinadas

: Croquis en Figuras 8 y 9.

- Escaleras



- Rampas

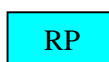
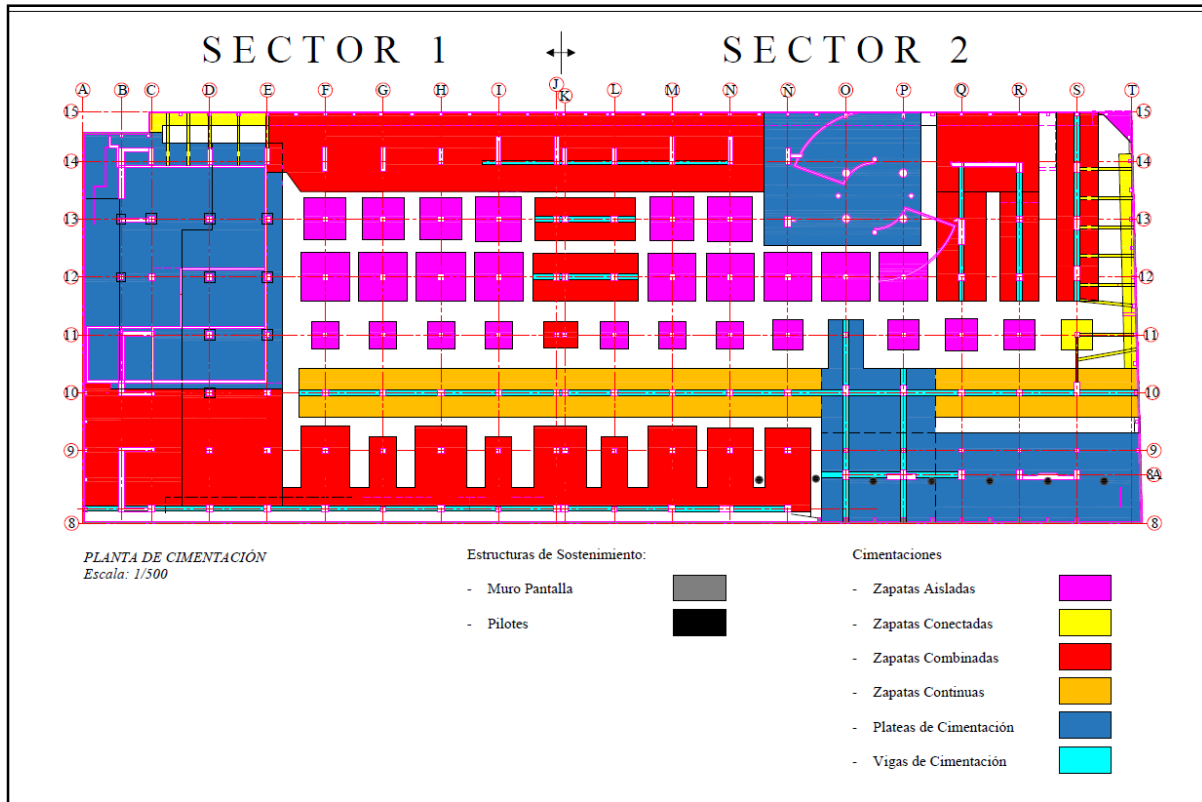


Figura 9

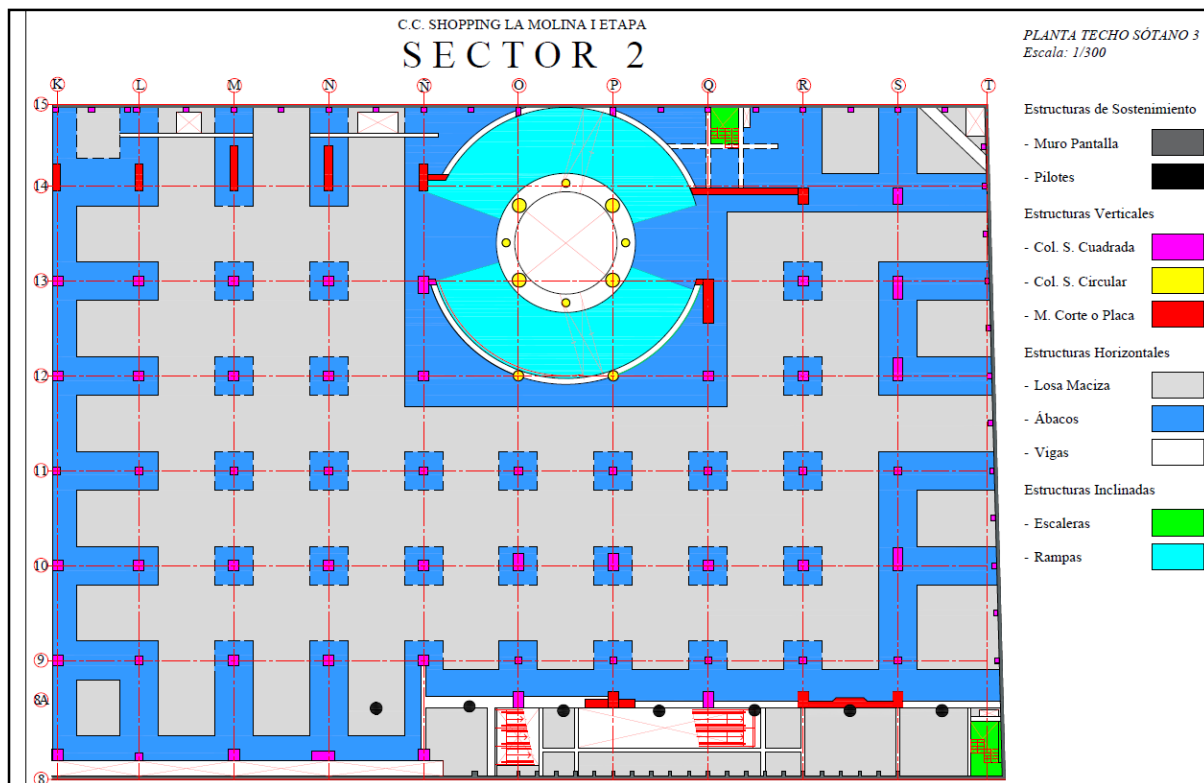
Croquis de los Distintos Tipos de Cimentaciones y Estructuras de Sostenimiento Ejecutados para el Proyecto del Shopping La Molina - I Etapa.



Nota. Fuente: Elaboración propia en base a los planos contractuales del proyecto.

Figura 10

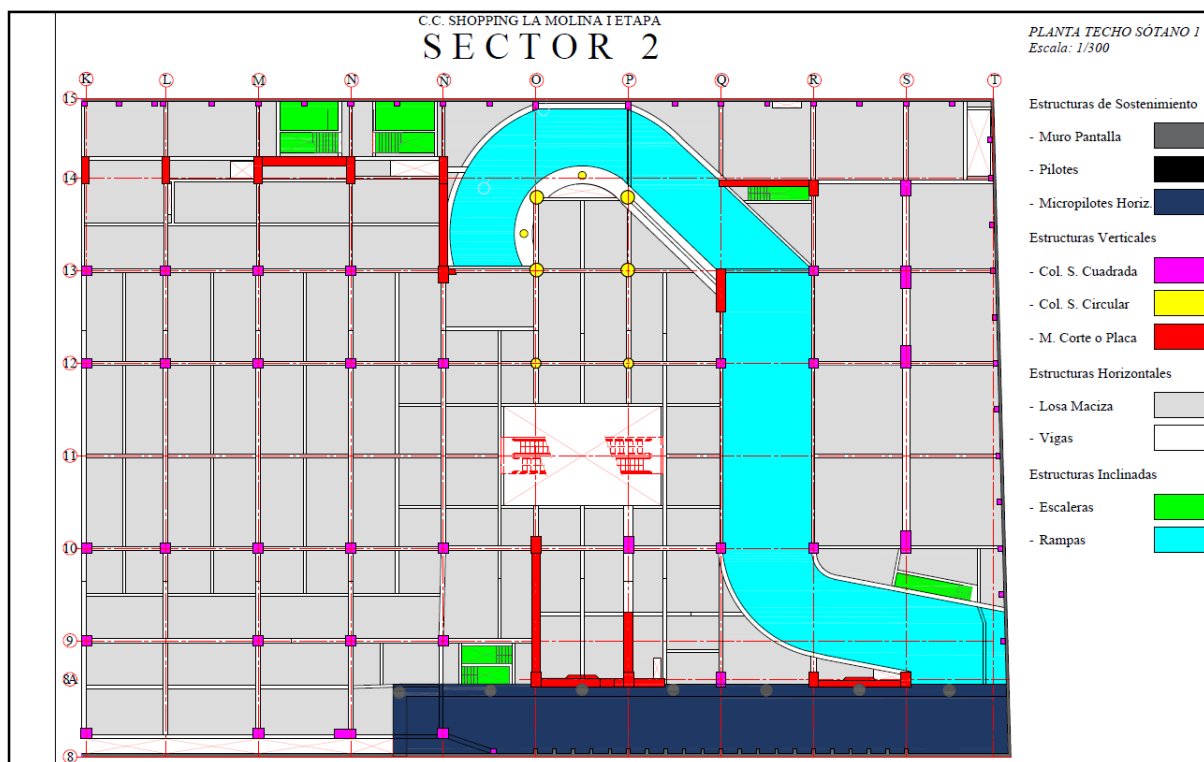
Croquis en Sótano 3, Típico en Sótanos 4 y 5 de los Distintos Tipos de Estructuras Verticales, Horizontales, Inclinadas y de Sostenimiento Ejecutados para el Sector 2 del Proyecto.



Nota. Fuente: Elaboración propia en base a los planos contractuales del proyecto.

Figura 11

Croquis en Sótano 1 de los Distintos Tipos de Estructuras Verticales, Horizontales, Inclinas y de Sostenimiento Ejecutados para el Sector 2 del Proyecto.



Nota. Fuente: Elaboración propia en base a los planos contractuales del proyecto.

2.1.2. Planteamiento del Problema

Por la inmediatez de poner en inicio las labores mercantiles del grupo empresarial propietario del proyecto se optó por un sistema aporticado dual en razón del cual se establece como problemas la determinación del mejor sistema constructivo para el cumplimiento de las metas y plazos establecidos por el cliente, así como la evaluación costos vs. productividad entre las alternativas.

Objetivos

- Evaluar la productividad en la ejecución del casco estructural del C.C. Shopping La Molina para la obtención de información de retroalimentación que permita la mejora u optimización del procedimiento de construcción a emplear durante la ejecución de proyectos similares.
- Exponer el procedimiento de construcción empleado, así como identificar y cuantificar los factores que impactaron en los resultados de la productividad de la obra a fin de analizar las causas de aquellos que afectaron negativamente y proponer recomendaciones para la mitigación o eliminación de éstos.
- Determinar los procesos constructivos a emplear para que los costos estén a la par de la productividad óptima, eficaz y oportuna.

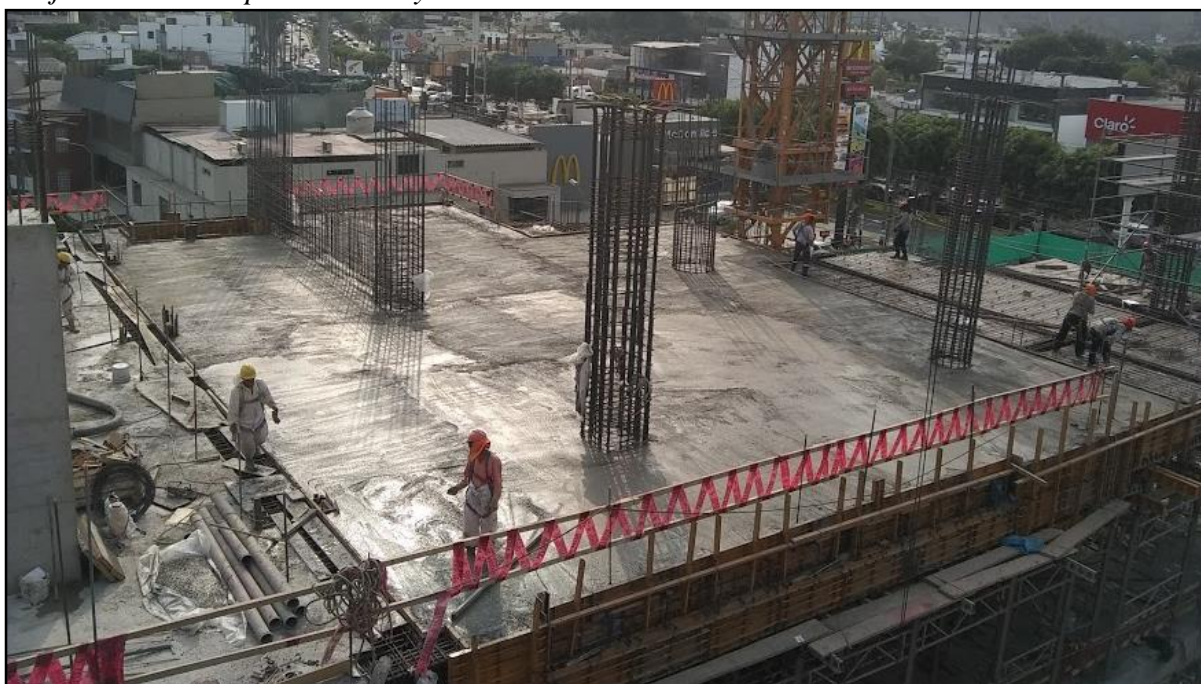
La diversidad y complejidad en el tipo de estructuras que comprenden el proyecto supone una restricción para la determinación del tipo de procedimiento constructivo que se usará en cada una de ellas, teniendo incidencia en la procura del tipo de encofrado necesario en cada etapa, la subcontratación potencial de cuadrillas de acero especializadas, la elección de distintos métodos de vaciado tanto por bombeo como por gravedad, la asignación de cuadrillas de carpintería y acero responsables por cada estructura (vertical, horizontal y curva), y la posible variación de la ruta crítica a lo largo del proyecto.

2.1.3. *Enfoque Preliminar: Configuración Estructural por Sectores y Niveles*

El sistema estructural del edificio es dual conformado por pórticos, muros estructurales y losas macizas armadas en dos direcciones que forman crujiás con luces entre ejes de 7.00 a 8.25 mts. en su mayoría. Este sistema es separado en dos bloques (Sectores 1 y 2) por una junta sísmica de 0.30 mts. y apoyado sobre un único sistema de cimentaciones superficiales.

Figura 12

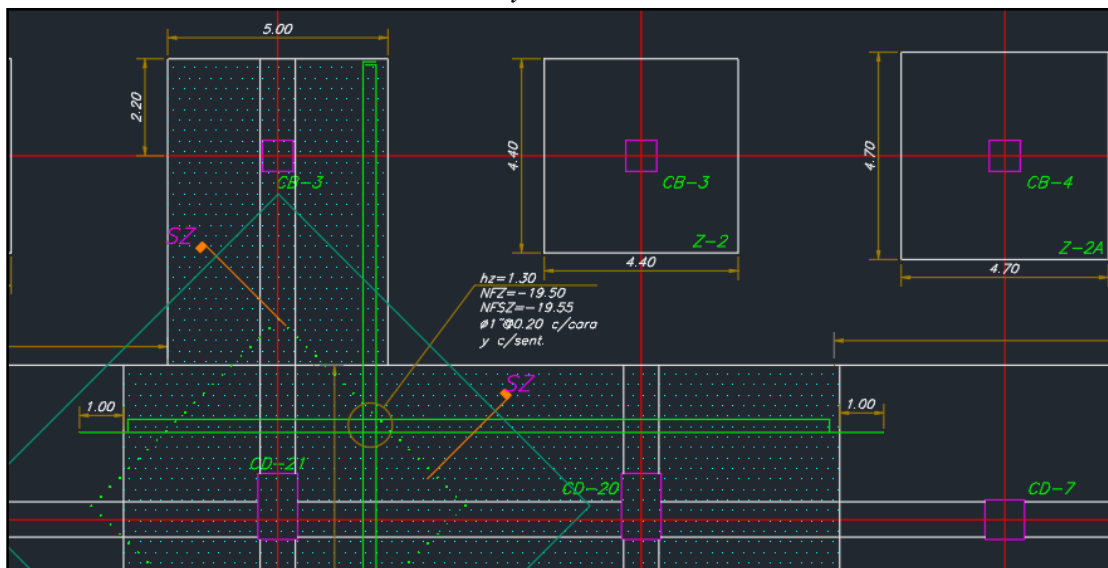
Crujiás Formadas por Pórticos y Placas en el Piso 3.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

A. Cimentaciones. El estudio de mecánica de suelos describe un estrato de apoyo conformado por Grava Pobrementada Graduada con Arena (GP) con una Presión Admisible del Terreno de 2.10 Kg/cm² y Cohesión de 0.30 Kg/cm². El Perfil de Suelo es del Tipo S2 Suelos Intermedios clasificado de acuerdo al Art. 12 de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Se presenta un sistema de cimentaciones superficiales con un N.F.Z. entre -18.40 a -20.00 bajo un N.P.T. = -17.20 correspondiente a la losa de piso del sótano 5; éste está conformado por zapatas aisladas, combinadas, continuas, plateas de cimentación y en menor medida zapatas conectadas. Véase Figura 10.

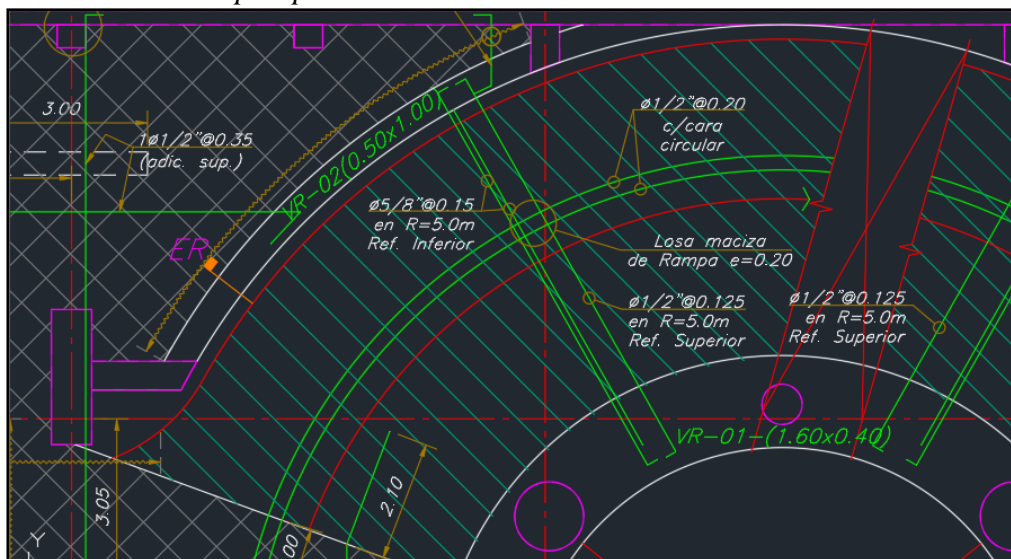
Figura 13
Subsector de las Cimentaciones del Proyecto.



Nota. Fuente: Plano de Estructuras del Proyecto.

B. Rampa Helicoidal en Sótanos. De C. Armado, se extiende desde los N.P.T +0.00 al -17.20 (Sótano 5) limitado por un radio externo de 12.30 mts. Columnas de sección circular de diámetros 0.70, 0.90 y 1.20 mts. Muros estructurales de espesor 0.25 mts. La rampa, con calzada de 5.75 mts., está compuesta por una losa maciza de espesor 0.20 mts. soportada por 2 vigas invertidas radiales, externa e interna, con peraltes de 1.00 y 0.40 mts., y anchos de 0.50 y 1.60 mts. respectivamente.

Figura 14
Subsector de Rampa típica en los Sótanos.



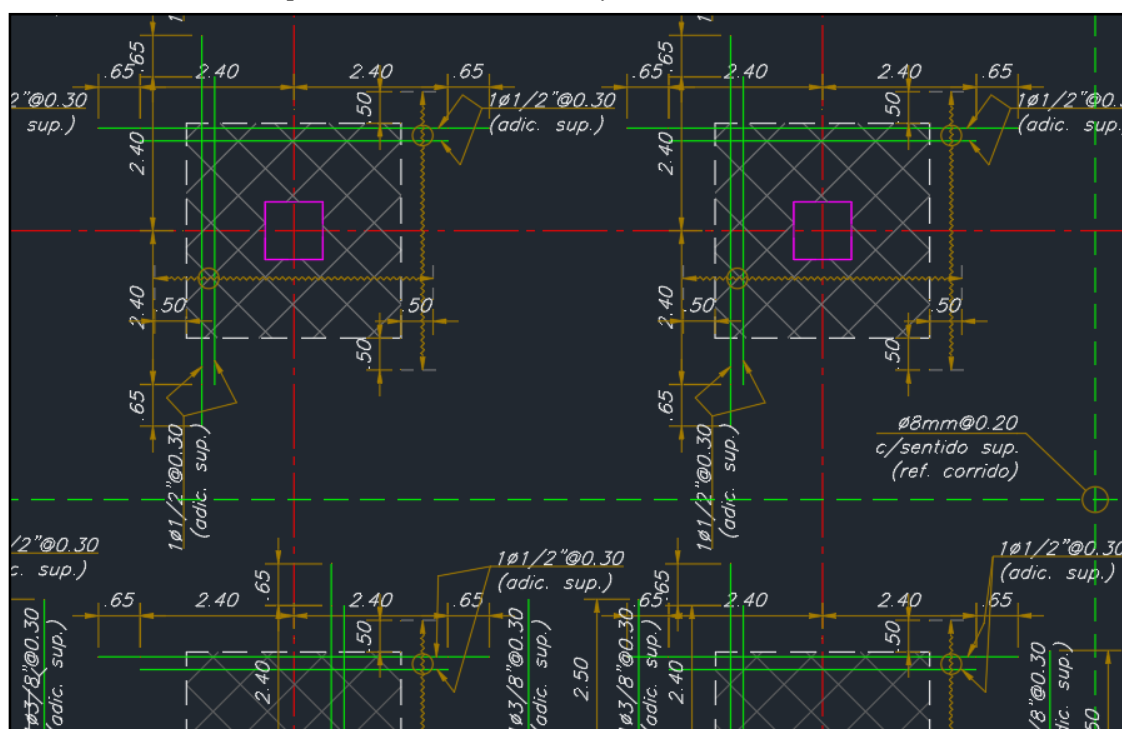
Nota. Fuente: Plano de Estructuras del Proyecto.

C. Sótanos 5, 4 y 3: Ábacos en 2.70 mts. de entrepiso.

- Losa : Maciza de 0.17 mts. de espesor.
- Ábacos : Peralte de 0.40 mts. y ancho de 3.35 mts. mayormente.
- Columnas : Secciones rectas de lado entre 0.60 y 2.00 mts.
- Col. Perimetrales : Sección constante de 0.40 por 0.50 mts.
- Placas : Espesor entre 0.60 y 0.80 mts.

Figura 15

Subsector de Techo Típico en los Sótanos 3, 4 y 5.

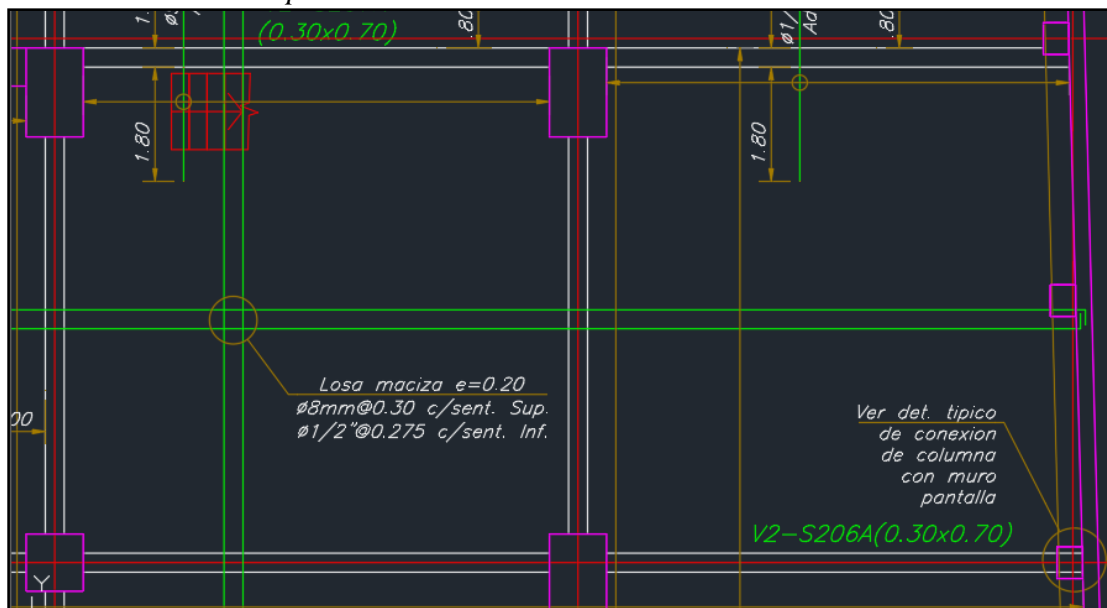


Nota. Fuente: Plano de Estructuras del Proyecto.

D. Sótano 2: Viga Típica en 3.10 mts. de entrepiso.

- Losa : Maciza de 0.20 mts. de espesor.
- Vigas : Sección constante de 0.70 por 0.30 mts. mayormente.
- Columnas : Secciones rectas de lado entre 0.60 y 2.00 mts.
- Col. Perimetrales : Sección constante de 0.40 por 0.50 mts.
- Placas : Espesor entre 0.60 y 0.80 mts.

Figura 16
Subsector de Techo Típico en el Sótano 2.

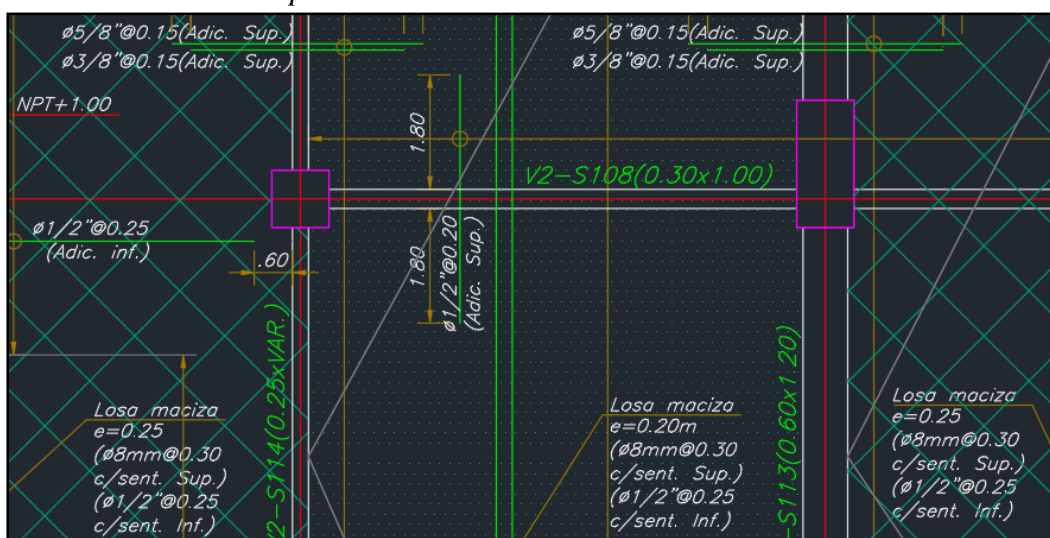


Nota. Fuente: Plano de Estructuras del Proyecto.

E. Sótano 1: Vigas Variables en 6.00 mts. de entrepiso.

- Losa : Maciza de 0.25, 0.20 y predominantemente 0.15 mts.
- Vigas : Peralte de hasta 1.20 mts. y ancho de 0.25 a 0.80 mts.
- Columnas : Secciones rectas de lado entre 0.90 y 2.00 mts.
- Col. Perimetrales : Sección constante de 0.40 por 0.50 mts.
- Placas : Espesor entre 0.60 y 0.80 mts.

Figura 17
Subsector de Techo Típico en el Sótano 1.



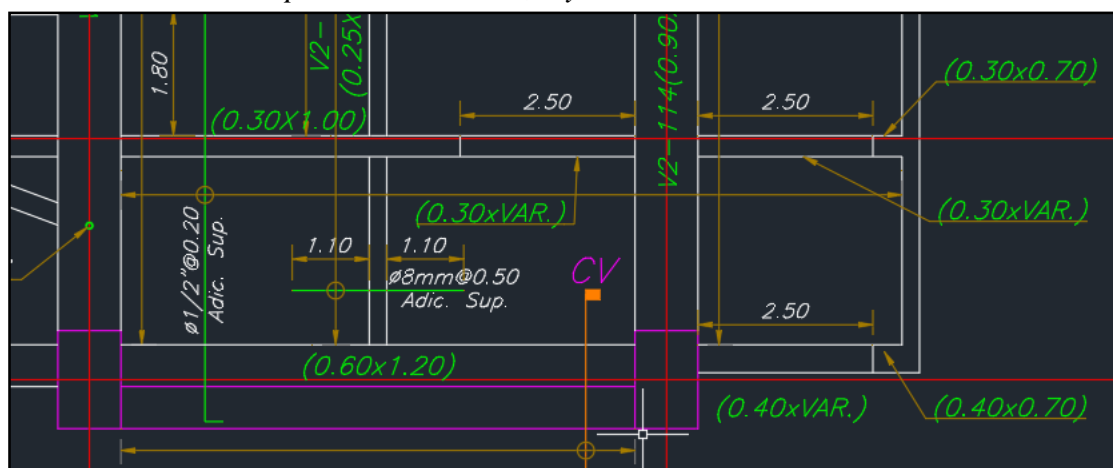
Nota. Fuente: Plano de Estructuras del Proyecto.

F. Pisos 1, 2 y 3: Vigas Variables en 5.40 mts. de entrepiso.

- Losa : Macizas de 0.15 y 0.17 mts. de espesor.
- Vigas : Peralte de hasta 1.40 mts. y ancho de 0.25 a 0.90 mts.
- Columnas : Secciones rectas de lado entre 0.90 y 2.00 mts; y secciones circulares de diámetros 0.90 y 1.20 mts.
- Col. Perimetrales : Sección constante de 0.40 por 0.50 mts.
- Placas : Espesor entre 0.60 y 0.80 mts.

Figura 18

Subsector de Techo Típico en los Pisos 1, 2 y 3.



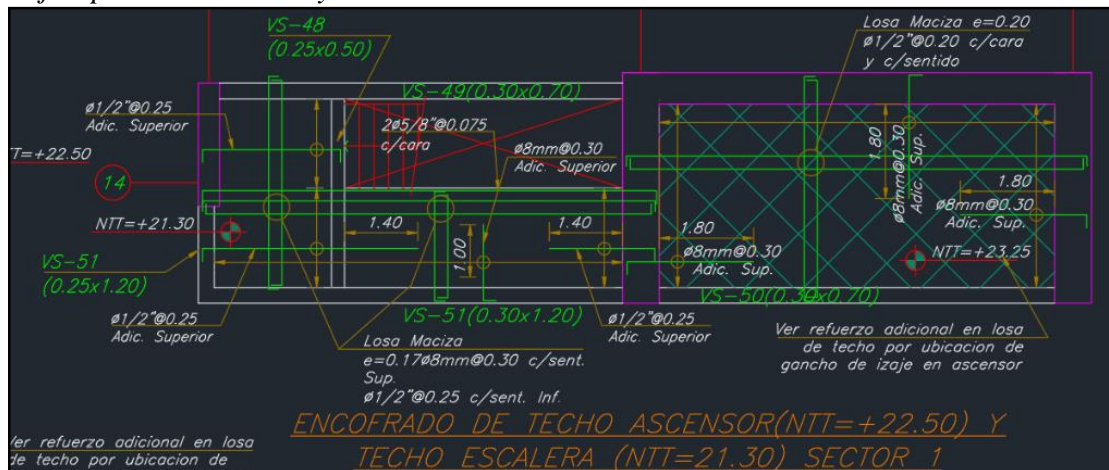
Nota. Fuente: Plano de Estructuras del Proyecto.

G. Piso 4 – EE. MM. Totalmente de estructuras metálicas a excepción de las cajas

de ascensores y escalera. Posee una altura de entrepiso de 5.10 mts.

Figura 19

Caja típica de Ascensor y Escalera en el Piso 4.



Nota. Fuente: Plano de Estructuras del Proyecto.

2.2. Marco teórico.

2.2.1. Aspectos Constructivos

2.2.1.1. Procedimientos de Construcción. Este término engloba todas las actividades gestionadas por los profesionales de ingeniería antes y durante la ejecución de una obra. Se destaca la siguiente definición:

Los Procedimientos de Construcción constituyen los distintos procesos, sistemas y métodos disponibles para hacer realidad una obra siguiendo para ello un conjunto ordenado de reglas o prácticas constructivas basadas en la experiencia y en los conocimientos técnicos y científicos disponibles en ese momento. (Yepes, V. 2014).

Basándome en la definición y universo de procedimientos considerados por este autor en su blog (detallado en las referencias), se resalta los siguientes:

1) *Movimiento de Tierras.* Actividades realizadas para desplazar una masa de terreno desde la excavación hasta su colocación en la nueva ubicación, como parte de la ejecución de una obra. Consta de cuatro procesos principales: Excavación, Carga, Transporte y Colocación.

a) ***Excavación.*** Es “la separación o extracción de determinadas partes de dicho volumen, una vez superadas las fuerzas internas que lo mantenían unido: cohesión, adherencia, etc.” (Yepes, 2014).

Equipo Característico : Pala Excavadora

Máquina sobre cadenas (oruga) principalmente o ruedas que usa una cuchara accionada por un brazo hidráulico articulado para excavar ejerciendo fuerzas verticales sobre el terreno (capacidad entre 1.7 y 3.9 m³). Su uso se limita a la excavación y carga en puntos fijos (mínimo desplazamiento).

Equipos Especializados : Bulldozer, Motoniveladora, Voladuras, Perforadora, Retroexcavadora, Traíllas, Cuchara Bivalva.

b) **Carga.** Es “la acción de depositar los productos de excavación en un determinado medio de transporte.” (Yepes, 2014).

Equipo Característico : Pala Cargadora Frontal

Máquina sobre ruedas o cadena que usa una cuchara de gran ancho para escarpar y cargar material (capacidad entre 2.7 y 12.2 m³) en distancias de acarreo no mayor a entre 30 y 50 mts. (óptimo).

Equipos Especializados : Cinta Transportadora, Minicargador,

Grúa y Balde Metálico.

Cinta Transportadora. Compuesta por una banda sobre un sistema de rodillos que, mediante el movimiento continuo, transporta el material entre sus extremos. En obras de edificación se usa como transición entre la pala excavadora o cargadora y el volquete llegado el momento en que éste ya no puede descender al interior de las excavaciones de la obra (por la excavación de la rampa).

c) **Transporte.** Es el acarreo del terreno al relleno o vertedero final.

Equipo Característico : Volquete

Equipo Especializado : Barcos, Camión Minero, Traíllas.

d) **Colocación.** Consiste en la manipulación del material en la zona de depósito. Puede incluir la nivelación del terreno, conformación de capas, tratamiento del material y compactación de éste.

Equipo Característico : Máquinas Compactadoras, Niveladoras y Escarpadoras.

Equipo Especializado : Traíllas, Motoniveladora, Minicargador.

2) **Muro Pantalla: Muros Anclados.** En el mundo, son usados distintos métodos para la contención del terreno en una excavación vertical, cada uno de ellos ha sido más desarrollado y utilizado ante otros según el tipo de suelo predominante y las facilidades locales.

La tecnología del Muro Anclado se ha establecido en Lima como una de las preferidas para la estabilización de excavaciones profundas. Las características del suelo con parámetros de resistencia muy altos son ideales para la aplicación del Muro Anclado permitiendo la excavación secuencial mediante el uso de paneles intercalados. (Saucedo, Raygada y Matos, 2010, p.2).

2.1) Clasificación de los Anclajes. Los Anclajes usados se pueden clasificar de dos maneras: por su tiempo de servicio en Temporales y Permanentes; así como por su forma de trabajar en Pasivos, Activos y Mixtos.

a) *Anclaje Temporal:* Permite contener las cargas hasta la construcción de la estructura por un máximo de 2 años.

b) *Anclaje Permanente:* Son diseñados con mayores factores de seguridad (resistencia) y durabilidad ante la corrosión.

c) *Anclaje Pasivo:* No postensados, entrando en tracción por la carga propia del terreno. Es susceptible de desplazamiento.

d) *Anclaje Activo:* Son postensados hasta alcanzar su carga admisible comprimiendo el terreno entre el bulbo y la placa.

e) *Anclaje Mixto:* Postensados por debajo de la carga admisible reservando una parte de su capacidad a eventuales cargas.

Líneas basadas en las referencias. (Yepes, 2019; Rengifo, 2015)

2.2) Especificaciones de Diseño y Materiales. La Norma CEN EN 1537:1999 es una importante referencia para la aplicación de esta tecnología y sus materiales. Se especifica el uso de cable de acero Grado 270 según la normativa americana ASTM A416/A416M o su equivalente europeo Y 1860 S7 15.20 según la normativa prEN 10138-3.

Tabla 2
Características del Cable o Torón de Acero G270 ASTM A416

Propiedad	Valor
Resistencia a la Tracción o a la Rotura. (<i>Tensile Strength - SMTS</i>)	1860 MPa (N/mm ²) (270 Ksi)
Límite de Fluencia o Elástico Aparente. (<i>Yield Strength</i>)	Mínimo 90 % de la Resistencia a la Rotura para torón de baja relajación. 1670 MPa (N/mm ²)
Composición por Cable	7 alambres entrelazados.
Diámetro / Área Nominales / Carga de Rotura	0.6" (15.20 mm) / 140 mm ² / 260.4 kN por cable.

Nota. Fuente: Elaboración propia en base a las referencias.

Cabe señalar que la carga de diseño no debe exceder el 60% del SMTS* (resistencia máxima o grado) del acero. (Sabatini, Pass & Bachus, 1999). A su vez, la Norma E.050 *Suelos y Cimentaciones* en su Art. 39 señala un Coef. de seguridad de 1.5 por debajo del 90% de la resistencia máxima del acero (Grado).

Tabla 3
Características de la Placa o Platina de Apoyo

Platina	Carga Total de Diseño	Tipo de Cabeza de Anclaje
320x320x25mm	≤105 Ton. (1030 kN)	De hasta 4 cuñas.
350x350x32mm	≥105 Ton. (1030 kN)	De hasta 7 cuñas.

Nota. Fuente: Elaboración propia en base a las referencias.

2.3) Principales Procesos en Muros Anclados Postensados.

a) Excavación y Banquetas de Seguridad: Es la excavación hasta la profundidad de -1.5 mts. por debajo del nivel de anclaje, de manera que el equipo de perforación pueda hacer su trabajo. Esto se realiza dejando una banquetta de fondos 1.0 m. en la corona y 1.5 m. en la base, reduciendo así riesgos de derrumbes. (Geofundaciones, 2017).

b) Perforación e Inyección del Anclaje: Realizado antes de la ejecución del muro de C.A., o después a través de un pase de PVC de 6" (152 mm). Sus fases son:

b.1) Perforación y Encamisado: Mediante maquinaria especializada, se realiza una perforación con un diámetro máximo de escariado de 152 mm. mayormente, usando un diámetro de broca máximo de 115 mm. Generalmente el encamisado (tubo de revestimiento) es simultáneo y continuo durante la perforación. (Ramos, 2015).

Son comúnmente instalados en un rango de 15 a 30 grados bajo la horizontal, y una longitud total de anclaje entre 9 a 18 mts., además: “Respecto a la perforación, excesiva pérdida de material en el agujero y desprendimientos en la entrada son las principales causas de daño a estas estructuras (...). Por ejemplo, el uso de grandes diámetros de perforación debe ser evitados en arenas y gravas (...). En suelos o rocas inestables el encamisado es usado.” (Sabatini et al., 1999, p.6).

b.2) Introducción del Anclaje: Sistema formado por 2 a 12 cables de acero de $\varnothing 0.6''$ por anclaje (mayormente 3 cables), sujetos con separadores y centralizadores (amarras) en la Longitud del Bulbo (armadura del bulbo) y cubiertos con tubos HDPE en la Longitud Libre. (Terratest, 2019). Una Longitud Libre mínima de 4.5 mts. debe ser adoptada en anclajes de cable. (Sabatini et al., 1999).

b.3) Formación del Bulbo: A través de la inyección de lechada (grout) en relación $a/c=0.40$ a 0.45 ($f'c \geq 210$ Kg/cm²) por tubos de PE a una presión de 2.5 a 3.0 MPa. (Yepes, 2019; Ramos, 2015).

c) Perfilado y Muro de Concreto Armado: Se realiza el perfilado del terreno y la ejecución del paño de C.A. dejando sobresalientes de la armadura por los lados y por la zona inferior al muro para poder generar los empalmes, incluido el refuerzo de armadura en la zona del anclaje conocida como *cajuela*. (Ramos, 2015).

d) Tensado del Anclaje: Realizado una vez que el concreto tanto del bulbo como del muro alcanzaron su resistencia de diseño. Tras la colocación de la placa de apoyo, cabeza del anclaje y cuñas de forma perpendicular al cable o tendón, se procede al postensado con el

gato hidráulico. La fuerza aplicada fluctúa entre 25 a 35 Ton. según EE.TT. de cada muro. (Rengifo, 2015).

2.4) Procedimientos en la Ejecución de Muros Anclados. El muro pantalla de una excavación está dividido en filas o anillos los cuales se ejecutan a medida que avanzan las excavaciones; sin embargo, es fundamental que una fila o tramo del anillo esté totalmente tensionado para poder dar inicio a los trabajos de excavación y ejecución del siguiente nivel o fila.

a) Postensado de la Primera Fila de Paños. Para este primer nivel se siguen los siguientes lineamientos:

- La instalación del anclaje debe ser anterior a la ejecución del muro, así se evitan riesgos de desplazamiento del paño por vibraciones y contactos con la maquinaria de perforación, teniendo en cuenta que estos primeros paños al estar aislados no cuentan con restricciones al desplazamiento o flexión en sus extremos, más que la estabilidad del propio terreno.

- Por razones de seguridad para las estructuras vecinas (daños) y los trabajadores, se debe abrir y ejecutar una longitud no mayor a un paño, la menor posible dependiendo del tipo de estructura vecina, e intercalándose con la banqueteta para una ejecución simultánea en la fila equilibrando seguridad y productividad. (Saucedo et al., 2010).

- Es “de suma importancia que los paneles en el primer nivel no excedan la altura máxima definida en el diseño”. (Saucedo et al., 2010, p.5).

1°. Proceso: Excavación y Banquetas de Seguridad: Se realiza la excavación masiva del nivel dejando la banqueteta de forma continua en la totalidad de la fila.

2°. Proceso: Perforación e Inyección de los Anclajes: Se ejecuta la totalidad de los bulbos de anclaje de forma continua en la fila de banqueteta.

a.1) Postensado Intercalado a 1 Paño (Paneles Primarios)

3°. Proceso: Perfilado y Muros de Concreto Armado: Se perfila y ejecutan los paños intercalados primarios.

4°. Proceso: Tensado de los Anclajes: Se tensan los paños intercalados primarios.

a.2) Postensado de Paños Faltantes (Paneles Secundarios). Una vez ejecutados y tensados los paneles primarios, se procede con la ejecución de los paneles secundarios. (Saucedo et al., 2010).

5°. Proceso: Perfilado y Muros de Concreto Armado: Se perfila y construyen los paños secundarios.

6°. Proceso: Tensado de los Anclajes: Se tensan los paños intercalados secundarios.

“La construcción requiere orden y un tren de trabajo adecuado, con una excelente coordinación entre los trabajos de perforación de anclajes, el perfilado del terreno, la construcción del muro y el tensado final de los anclajes para dar paso al siguiente estado constructivo.” (Saucedo et al., 2010, p.3).

b) Postensado de la Consecuente Fila de Paños. Para posteriores niveles se pueden seguir estos lineamientos:

- La instalación del anclaje puede ser posterior a la ejecución del muro, el cual ya contará con restricciones al desplazamiento o volteo al ser una continuación de la fila de muro anclado superior. Esta variante al proceso constructivo es llamada “muro pasante”, dejando un pase relleno de tecnopor en lugar de los anclajes (Ramos, 2015). Desde el enfoque de la productividad, esto permite reducir los procesos de excavación y perfilado a uno sólo, además de la no dependencia de la ejecución de los bulbos de anclaje para la inmediata ejecución de los paños.

- “Una vez ejecutada y tensada la primera línea de anclajes, es posible realizar excavaciones mayores en los niveles inferiores” (Saucedo et al., 2010, p.6). Se traduce en la

posibilidad de abertura y ejecución de hasta 2 paños continuos a la vez manteniendo la intercalación con pares de banquetas. En tal sentido, Ramos (2015) afirma: “la buena práctica indica que no se deben vaciar paños mayores a 10m” (p.21). Desde el enfoque de la productividad, esto permite reducir costos en materiales, mano de obra y horas máquina y una mayor rapidez en la ejecución de los anillos derivado de la simplificación de procesos: acero de empalmes, encofrado de cortes, escarificado de juntas frías, instalación de tuberías de bombeo, rotación de cuadrillas, etc.

1°. Proceso: Excavación y Banquetas de Seguridad: Se realiza la excavación masiva del nivel dejando únicamente las banquetas de los pares de paños secundarios.

b.1) Postensado Intercalado a 2 Paños (Paneles Primarios)

2°. Proceso: Perfilado y Muros de Concreto Armado: Se realiza el perfilado y construcción inmediata de los pares de paños primarios, dejando los pases de anclaje.

3°. Proceso: Perforación e Inyección de los Anclajes: Se ejecuta la totalidad de los bulbos de anclaje a través de los pases, y de ser posible los de las banquetas.

4°. Proceso: Tensado de los Anclajes: Se tensan los pares de paños primarios.

b.2) Postensado de Pares Faltantes (Paneles Secundarios)

5°. Proceso: Perfilado y Muros de Concreto Armado: Se perfila y construyen los pares de paños secundarios.

6°. Proceso: Perforación e Inyección de los Anclajes: En caso aún no hayan sido instalados previo al muro.

7°. Proceso: Tensado de los Anclajes: Se tensan los pares de paños secundarios.

c) Destensado. Para el caso de muros de anclaje temporal, se procede al destensado una vez que losas de sótano son construidas, y son capaces de soportar las cargas laterales del terreno. Esto es con el retiro de los cabezales, platinas y cable sobrante.

3) *Maquinaria Auxiliar y de Elevación*

3.1) *Maquinaria Auxiliar*

a) ***Generadores Eléctricos.*** Los más usados son los grupos electrógenos, los cuales producen hasta 200 kW a partir de motores de combustión interna a base de diésel. Su uso en obra abarca la iluminación de áreas de trabajo nocturno y el suministro de energía para las torres grúa mayormente.

b) ***Ventiladores.*** Indispensable para el suministro de aire o extracción de polvos y gases de espacios cerrados o confinados.

3.2) *Maquinaria de Elevación.* Permiten el desplazamiento de personas, materiales, máquinas y hasta estructuras a lo largo de la superficie y altura de la obra de construcción. Se destacan los siguientes grupos:

a) ***Plataformas Aéreas de Trabajo.*** Son plataformas para trabajos puntuales a gran altura, sostenidos por brazos telescópicos o articulados que permiten una gran flexibilidad en su desplazamiento. Capacidades:

- Capacidad de trabajo: hasta 2 personas.
- Carga máxima: hasta 454 kg.
- Altura máxima: hasta 58.56 mts.
- Alcance horizontal: hasta 24.38 mts.

b) ***Andamios Colgantes.*** Plataformas de trabajo suspendidas por medio de cables y poleas que le permiten un desplazamiento vertical para trabajos de acabados en fachada. Capacidades:

- Longitud de plataforma: hasta 12 mts.
- Capacidad de trabajo: hasta 5 personas.
- Capacidad de carga: entre 560 y 630 kg.

c) **Andamios Bimástil y Monomástil.** Es una plataforma de trabajo horizontal sujeta a uno o dos torres o mástiles que actúan a modo de rieles permitiendo su desplazamiento vertical para trabajos en fachada, posee una mayor capacidad de carga y trabajo respecto al tipo colgante. Capacidades:

- Longitud de plataforma: desde 2.70 hasta 30 mts.
- Capacidad de trabajo: hasta 12 personas.
- Capacidad de carga: hasta 1850 kg.
- Altura máxima: 100 mts.

d) **Elevadores de Construcción.** Es una plataforma de transporte vertical de personas y materiales sujeto a una o dos torres o mástiles usados como rieles. El espacio de carga es cerrado o semicerrado y posee una mayor capacidad de carga y velocidad respecto al andamio sobre mástil. Capacidades:

- Dimensiones: hasta 1.5 x 5.0 mts.
- Capacidad de carga: hasta 3200 kg.
- Velocidad: hasta 100 m/min.

e) **Grúa Torre Autodesplegable.** Similar a la grúa torre común, su plataforma de giro se encuentra en su base. Posee la gran ventaja de un fácil montaje automático y desplazamiento al ser remolcable. Requiere generador eléctrico. Capacidades:

- Carga máxima: hasta 1.4 ton.
- Altura máxima: hasta 38 mts.
- Alcance máximo: hasta 50 mts.

f) **Grúas Torre.** Es el más utilizado en edificaciones, compuesto por tramos en celosía horizontales o “pluma” que gira 360° sobre un mástil fijo de altura ajustable, y contiene un carro de traslación con poleas para el desplazamiento y elevación de las cargas. Su

estabilidad se da por medio de contrapesos o empotramientos en cimentación y arriostres.

Requiere generador eléctrico como equipo auxiliar. Capacidades:

- Carga máxima: Común entre 1 y 3 ton. Hasta 26 ton.
- Alcance: Común entre 50 y 65 mts. Hasta 85 mts.

g) Grúas Móviles Telescópicas. Es comúnmente usado para la manipulación en obra de maquinaria pesada y montaje de la grúa torre. Compuesto por un brazo metálico telescópico con base en una plataforma sobre ruedas. Capacidades:

- Carga máxima: desde 8.6 a 558.8 ton.
- Altura máxima: de 39 a 135 mts.

h) Grúas Móviles de Celosía. Son grúas de gran capacidad típicas en minería y obras de infraestructura. Utiliza un brazo de celosía de longitud fija instalado en una plataforma mayormente sobre cadenas. Capacidades⁸:

- Carga máxima: desde 73 hasta 2300 toneladas.
- Altura máxima: de 60 a 110 metros de altura.

2.2.2. Aspectos Estructurales o de Diseño.

2.2.2.1. Cimentaciones.

1) Cimentaciones Superficiales. Sistemas de fundaciones que transmiten las cargas de la estructura al suelo sin exceder la capacidad portante de éste. En este caso, son aquellas cuya proporción entre la profundidad de cimentación (tomada desde el N.P.T. más profundo) entre el ancho de la misma es menor o igual a 5. (RNE. E.050, 2018). Cabe recordar que su diseño responde principalmente a tres factores de esfuerzo presentes tales como la carga admisible, rotación y desplazamiento.

a) Zapatas Aisladas. (Spread Footings) Recibe una carga puntual, la que distribuye uniformemente sobre un área extendida del terreno.

b) *Zapatas Combinadas*. (Combined Footings) Recibe la carga de 2 o más columnas o muros. Su longitud máxima es 10 veces su ancho.

c) *Zapatas Continuas*. (Strip Footings) Recibe cargas alineadas de 3 o más columnas o muros. Su longitud es mayor a 10 veces su ancho.

d) *Zapatas Conectadas*. (Strap Footings) Comprende el uso de vigas de cimentación para controlar los esfuerzos de momento presentes en zapatas excéntricas o perimetrales, conectándolas a una zapata interior, evitando la necesidad del diseño de una zapata combinada.

e) *Plateas de Cimentación*. (Mat Foundations) Recibe la carga de un sistema de columnas o muros, y es usado en suelos con relativa baja capacidad portante en donde se requeriría el uso de extensas zapatas aisladas o combinadas; así, su uso se puede dar cuando las zapatas proyectadas cubran más del 50% del área de fundación o no sea viable el uso de cimentaciones profundas. (ACI 336, 2002).

2.2.2.2. Superestructura

1) **Muro de Corte o Placa**. La Norma E.060 del R.N.E. lo describe como muro estructural diseñado para resistir combinaciones de fuerzas cortantes, momentos y fuerzas axiales inducidas por cargas laterales. A su vez, Blanco (1994) lo describe:

Son paredes de concreto armado que, dada su mayor dimensión en una dirección, muy superior a su ancho, proporcionan gran rigidez lateral y resistencia en esa dirección (...).

Sin embargo, el hecho de tener su largo notoriamente superior a su ancho, hace que las placas tengan un comportamiento interior diferente (importantes deformaciones por corte). (p.32)

Para el análisis de un elemento considerado como placa se presenta el “*Método de Columna Ancha*” descrito por Bazán y Meli (2002), el cual toma en cuenta la Deformación por Corte determinado por:

$$\emptyset = \frac{12.E.I}{G.Ac.h^2}$$

Donde un valor de \emptyset mayor a 0.3 ya no se considera despreciable, y es propio de una placa, afectando así el valor de la rigidez del elemento (Tello, 2015).

Módulo de Rigidez : $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$

Coef. de Poisson : $\nu = 0.25$ (materiales isotrópicos)

Área de Cortante : $Ac = \frac{\text{Área de la Sección}}{\text{Factor de Forma}}$ (ff = 1.2 sección rectangular)

Reemplazando valores se obtiene la siguiente proporción aproximada para la denominación práctica de un elemento como placa:

$$L \geq H/3$$

2.3. Desarrollo del Caso.

2.3.1. Determinación del Procedimiento Constructivo.

2.3.1.1. Sectorización de la Obra. Se presentaron las siguientes condiciones para la sectorización de la obra:

- Se estableció a la Av. Raúl Ferrero como punto de salida del material proveniente de las excavaciones de toda la obra, de esta manera el Sector y subsector colindante a la avenida sería el último en iniciar la construcción del casco.
- La edificación está conformada por 2 bloques estructurales independientes separados por una junta sísmica de 0.30 mts. que, sin embargo, comparten un mismo sistema de cimentaciones superficiales.

Teniendo en cuenta estas condiciones iniciales se dividió la obra en 2 sectores principales “Sector 1” y “Sector 2” y se inició la ejecución de la obra (Excavaciones y Muro Pantalla) por el primero, estableciéndose así al Sector 2 como la vía de salida del material de eliminación de las excavaciones e ingreso de los recursos necesarios en esta primera fase.

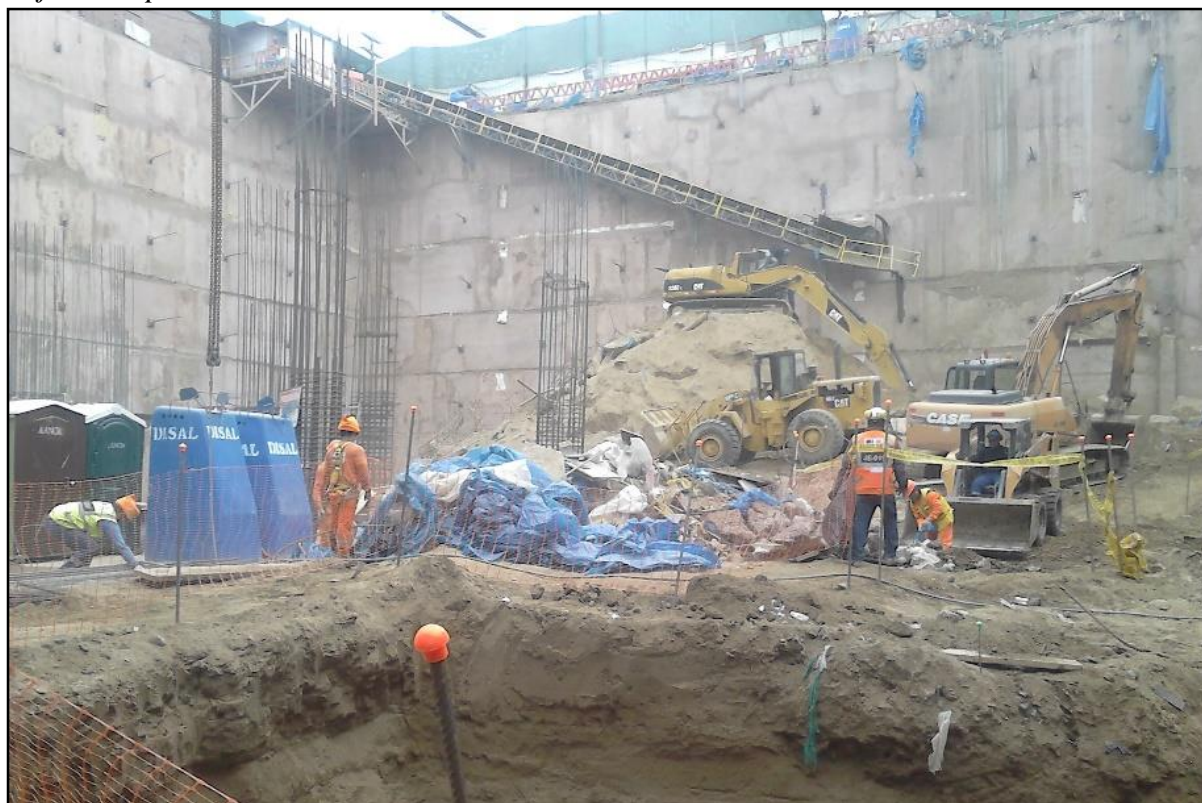
Condiciones adicionales para subsectorización del Sector 2:

- Se prioriza las excavaciones y construcción del muro pantalla colindante al subsector de la estructura de la rampa cuya platea de cimentación recibirá la base de la torre grúa del Sector 2.

Teniendo en cuenta las condiciones expuestas se dividió el Sector 2 de manera escalonada y estableciendo como último subsector en ejecutar al colindante a la Av. Raúl Ferrero (Subsector 2D), el cual a su vez contó con una Faja Transportadora para la última fase de eliminación de materiales. De manera adicional se estableció un subsector prioritario a ejecutar (Subsector 2B), cuya cimentación recibió la Torre Grúa del Sector 2, maquinaria indispensable para ejecución del resto de dicho Sector. Subsectorización en Figura 22.

Figura 20

Faja Transportadora en el Subsector 2D.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Figura 21

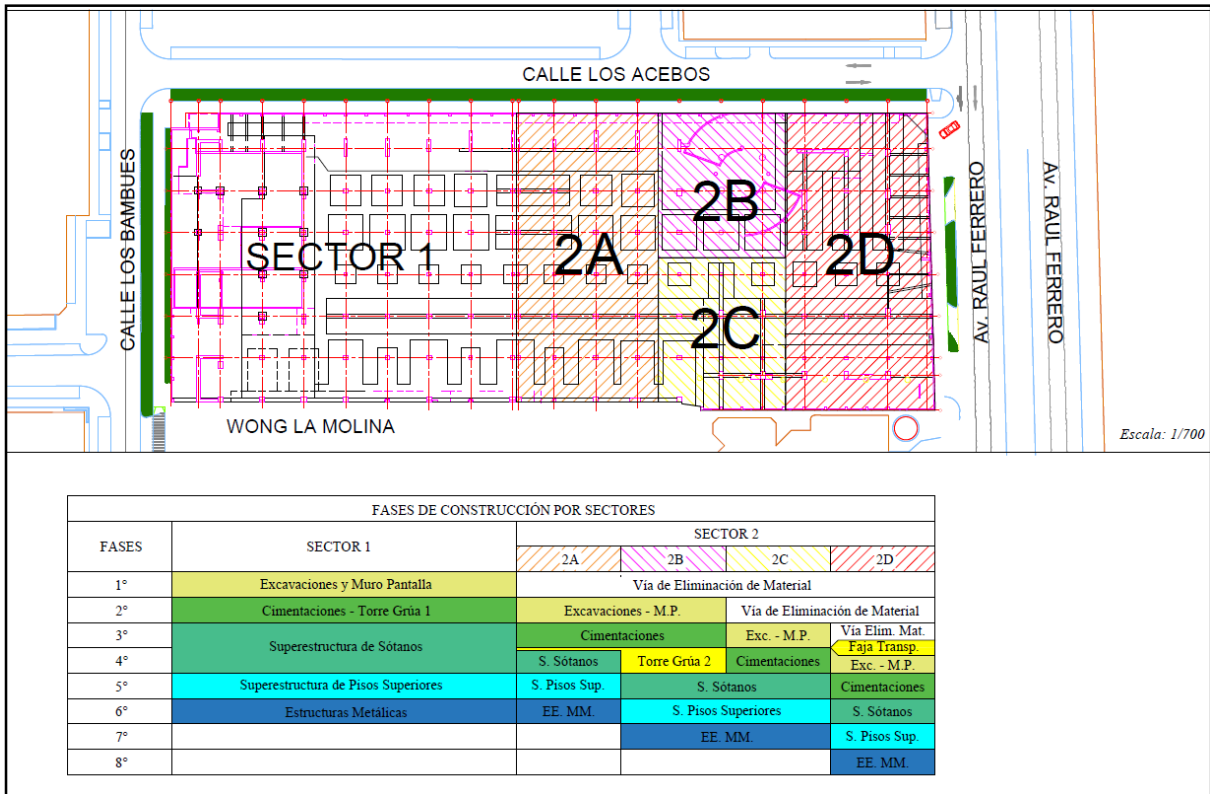
Fase de Ejecución de Estructuras en Subsector 2D.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Figura 22

Sub sectorización de la I Etapa de la Obra Gruesa del Shopping La Molina.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.2. Movimiento de Tierras y Maquinaria. Tal como se expuso previamente el lindero colindante a la Av. Raúl Ferrero fue establecido como la vía de acceso y tráfico de la maquinaria de excavación y volquetes durante la extracción de las masas de terreno (grava con arena). Así, a lo largo de este proceso, esta zona recibió la rampa de acceso (manipulación del terreno) y posteriormente la cinta transportadora. El espacio a excavar de 170 000 m³ significó un volumen de eliminación aproximado de 210 000 m³ de material, considerando un factor de esponjamiento de 1.25.

Tabla 4

Datos generales para el movimiento de tierras del proyecto

	Largo	Frente	Profundidad
Dimensiones	150.00 m.	58.50 m.	19.50 m.
Superficie	8 635 m ²		
Volumen Excavado	170 000 m ³		
Eliminación F.E.=1.25	210 000 m ³		
Tipo de Suelo	Grava con Arena		

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Excavación y Carga: Para la excavación y carga del material a eliminar se utilizaron 2 Palas Excavadoras sobre Oruga, 1 Cargador Frontal sobre Ruedas y 1 Minicargador, además se usaron otros métodos de carga de material (Grúa - Balde y Cinta Transportadora) según las fases expuestas a continuación.

Transporte: Para el transporte del material a eliminar se usaron volquetes durante todas las fases.

1) Fase 1: Rampa de Acceso. Conformado con el propio terreno y a través del cual los camiones accedieron al interior de la obra para ser cargados con el material a ser eliminado. Mediante este método se eliminó aproximadamente el 87% de tierras (183 000 m³). Factores tomados en cuenta son los relacionados al tipo de suelo y diseño de la rampa:

- Ángulo de Rozamiento Interno del Suelo: La cual varía entre 35° y 50°, para la Grava Arenosa suelta y densa respectivamente. Terzaghi & Peck, (1978).
- Cohesión: 0.30 Kg/cm² de acuerdo a las EE. TT. del proyecto.
- Pendiente y Ancho de Rampa: Se considera una pendiente óptima de 10% y un ancho de 4.00 mts. (1.50 mts. sumado al ancho de la maquinaria de transporte de 2.50 mts. para volquetes).

2) **Fase 2: Cinta Transportadora.** Colocada para la extracción de obra del material de la rampa de acceso, elevando el material desde la zona de excavación hasta los volquetes a ubicar en la calle Los Acebos. Mediante este método se eliminó aproximadamente el 13% de tierras restantes (27 000 m³). Al finalizarse esta fase y con la llegada de una Grúa Grove se procedió al retiro de 1 excavadora de oruga y del cargador frontal.

3) **Fase 3: Grúa Grove – Balde Metálico.** Mediante este método se eliminó desechos y restos de excavaciones en un volumen aproximado de 850 m³ durante 15 días (noviembre 2018) usando un balde de 4 m³ de capacidad. Al finalizarse esta fase, se retiró inmediatamente la segunda excavadora de oruga.

Figura 23

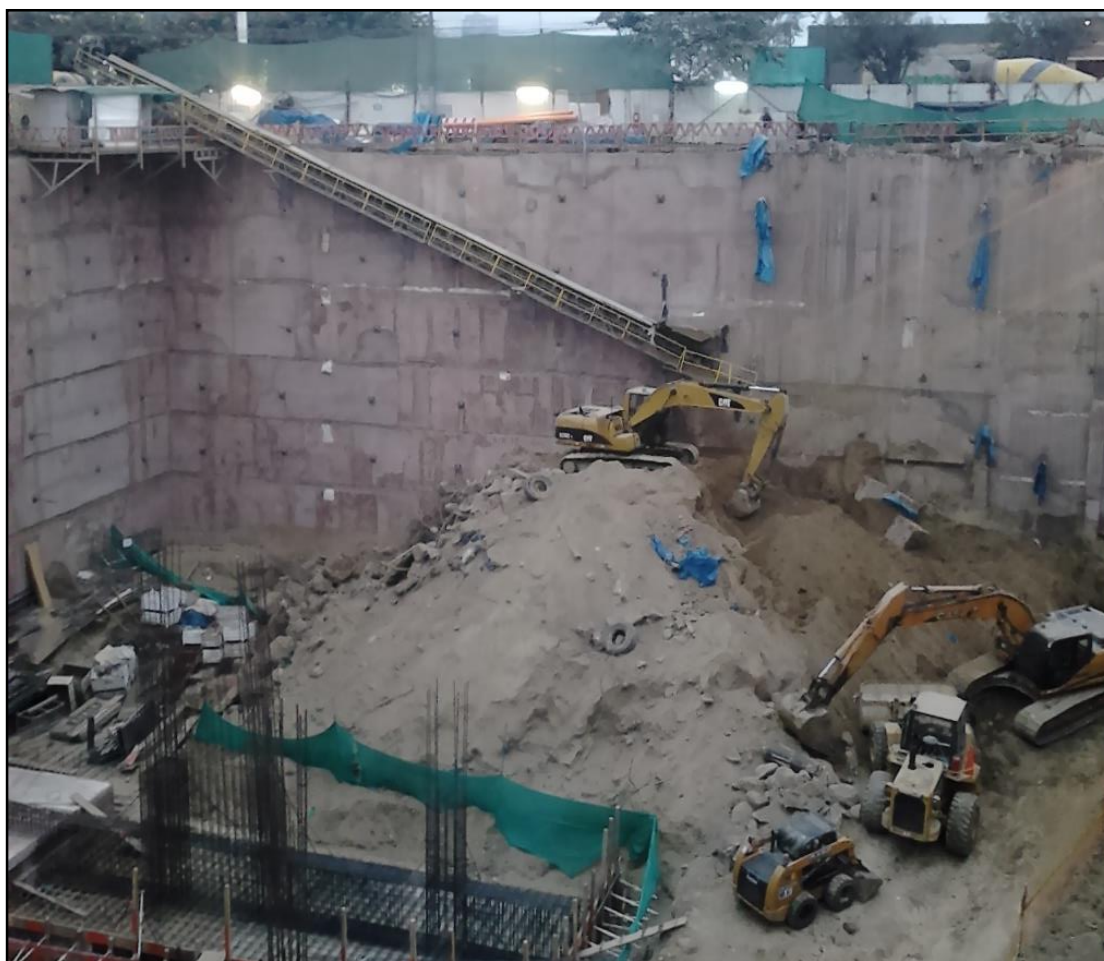
Fase 1 del Movimiento de Tierras y Fase 3 de la Construcción por Sectores: Cimentaciones de los Subsectores 2A-2B, Torre Grúa del Sector 2 y Construcción de los Sótanos del Sector 1.



Nota. Fuente: Registro fotográfico de la empresa.

Figura 24

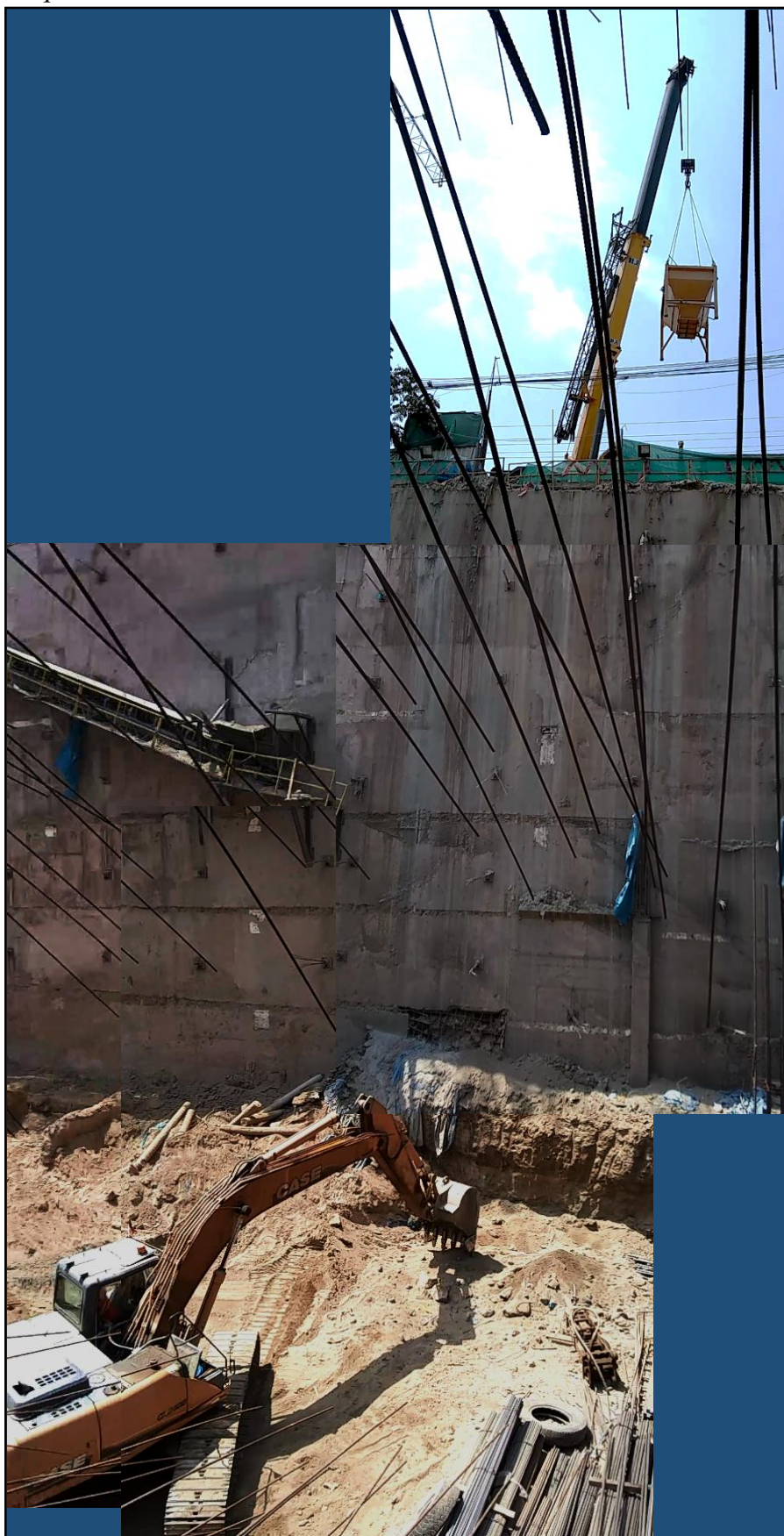
Maquinaria Durante la Fase 2 del Movimiento de Tierras.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Figura 25

Maquinaria Durante la Fase 3 del Movimiento de Tierras.



Nota. Fuente: Panorámico en base al registro fotográfico propio.

2.3.1.3. Equipamiento.

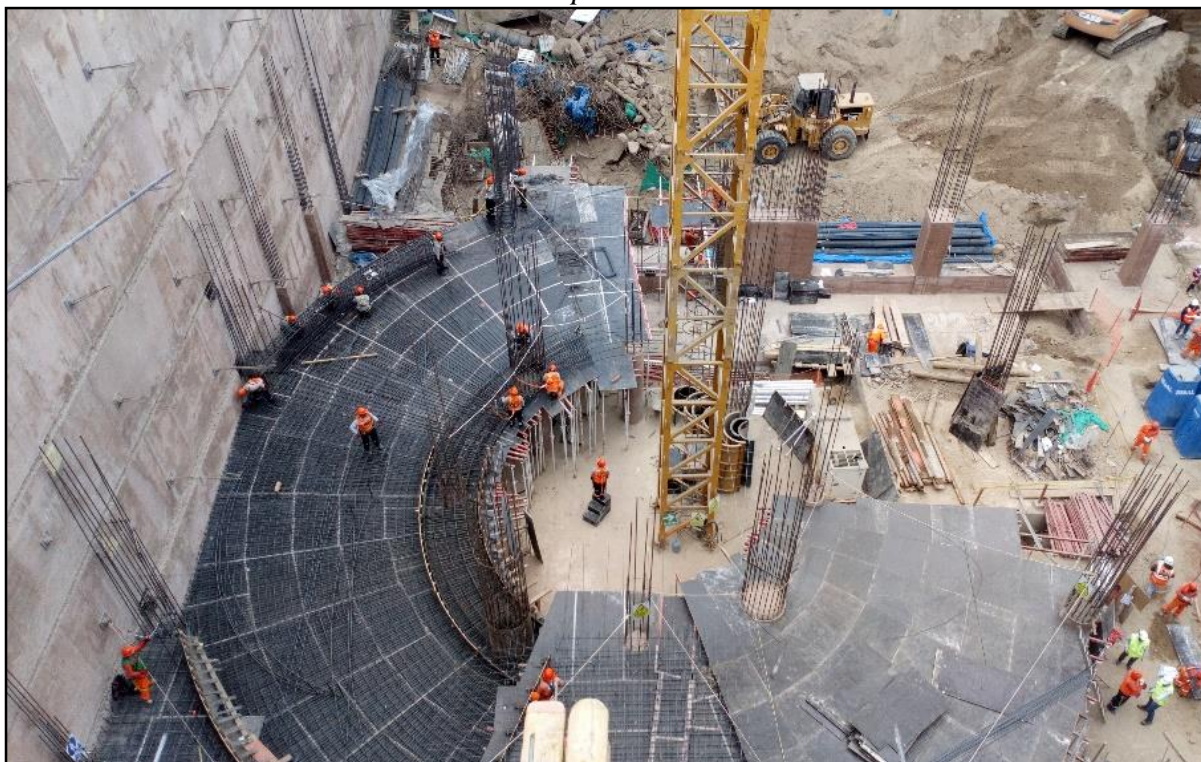
1) *Torre Grúa.* Se presentaron las siguientes condiciones en el Sector 2 de la obra para la selección del tipo y ubicación de su base:

- Sólo la calle Los Acebos y la avenida Raúl Ferrero tienen el ancho necesario para las maniobras de montaje por parte de una grúa Grove.
- Se disponía de 2.10 mts. máximo de espacio entre el borde del muro pantalla y el perímetro autorizado por la municipalidad, con lo cual se dificultaba como una posible ubicación de la base.
- La colocación de la torre grúa externamente al perímetro del muro pantalla requeriría el uso de una grúa torre con un alcance mayor a 60 mts., con ello a su vez un mayor dimensionamiento de su base y así un mayor costo de instalación y operación.
- El proyecto de edificación cuenta con un ducto circular de 8.90 mts. de diámetro originado y rodeado por una rampa helicoidal que sirve de acceso a los sótanos, la cual se fundamenta en una platea de cimentación. Este ducto se encuentra a 15 metros de la calle Los Acebos lo que viabiliza las maniobras de montaje mediante una grúa Grove.

Teniendo en cuenta las condiciones expuestas se determinó que la ubicación óptima para la torre grúa es la expuesta en la Figura 4. Esta torre grúa fue anclada sobre la platea de cimentación de la estructura de la rampa y requirió un alcance de pluma de 50 metros para cubrir la totalidad del Sector 2 de la obra.

Figura 26

Torre Grúa Sector 2 sobre Platea de la Rampa.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

2) ***Método de Bombeo de Concreto.*** Se presentaron las siguientes condiciones para la selección:

- Se proyectó un requerimiento de bombeo de 250 m³ de concreto por semana sólo para el Sector 2 (equivalente a 1000 m³/mes).
- Sólo la calle Los Acebos (parcialmente) y la avenida Raúl Ferrero están en capacidad de recibir los equipos de bombeo y transporte de concreto.
- Gran distancia entre la bomba y los puntos de vaciado en el Sector 2, de dimensiones principales 81 mts. de largo por 57 mts. de ancho horizontalmente y verticalmente entre los niveles N.F.Z. -20.00 y N.P.T. +16.20 (estimado de 110 mts. lineales como máximo).
- Se disponía de 2.10 mts. máximo de espacio entre el borde del muro pantalla y el perímetro autorizado por la municipalidad dificultando una posible zona de ubicación para una bomba permanente en obra.

Teniendo en cuenta las condiciones expuestas se planteó como primera alternativa el uso de una torre distribuidora en conjunto con una bomba estacionaria, sin embargo, esto significaba mayores costos por equipo, procedimientos adicionales para el parchado de losas y dificultad en la operación de la bomba estacionaria. Se optó por el uso de una bomba TK, la cual se instaló temporalmente en los exteriores de la obra durante cada vaciado y que cuenta con un alcance necesario mediante la instalación manual de tuberías hasta el punto de vaciado.

Figura 27

Bomba TK en Operación en Avenida Raúl Ferrero.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

2.3.1.4. Selección del Encofrado. El punto 2.1.2 del presente informe, describe los principales grupos de estructuras en el proyecto. Se determinó 7 grupos de estructuras típicas, seleccionándose así los tipos de encofrado óptimos y seguros para cada grupo teniendo siempre en cuenta la disponibilidad del mercado local.

1) Cimentaciones. De zapatas de geometría diversa entre secciones rectangulares y trapezoidales, con un Hz=1.50 mts. en promedio. Se debe tener en cuenta el bajo requerimiento de material de encofrado en relación al elevado metrado de concreto y/o acero por cimiento, además de la reutilización del fenólico sobrante (por superficie desgastada) de los procesos constructivos de losa del Sector 1.

Tabla 5

Encofrado en Cimentaciones

	Material	Marca
Encofrante	Fenólico, Madera.	Variable
Soporte	Puntales metálicos telescópicos de hasta 1.50 y 3.00 metros.	Alsina

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 28

Encofrado de Cimentaciones en Subsector 2C.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

2) **Columnas de Sección Cuadrada.** Se presentan columnas estándar de sección 60x60, 70x70, 90x90 cm. y de 1.0 x 1.0 mts. en todos los niveles de la edificación, variando entre columnas de altura simple o de doble altura (2.30 a 5.00 mts.). Considerando esta constante se optó por un sistema de encofrado de rápida ejecución basado en la menor cantidad de piezas y pasos posible, para ello la torre grúa fue una herramienta indispensable para el manejo de paneles de encofrado de elevado peso y tamaño.

Tabla 6

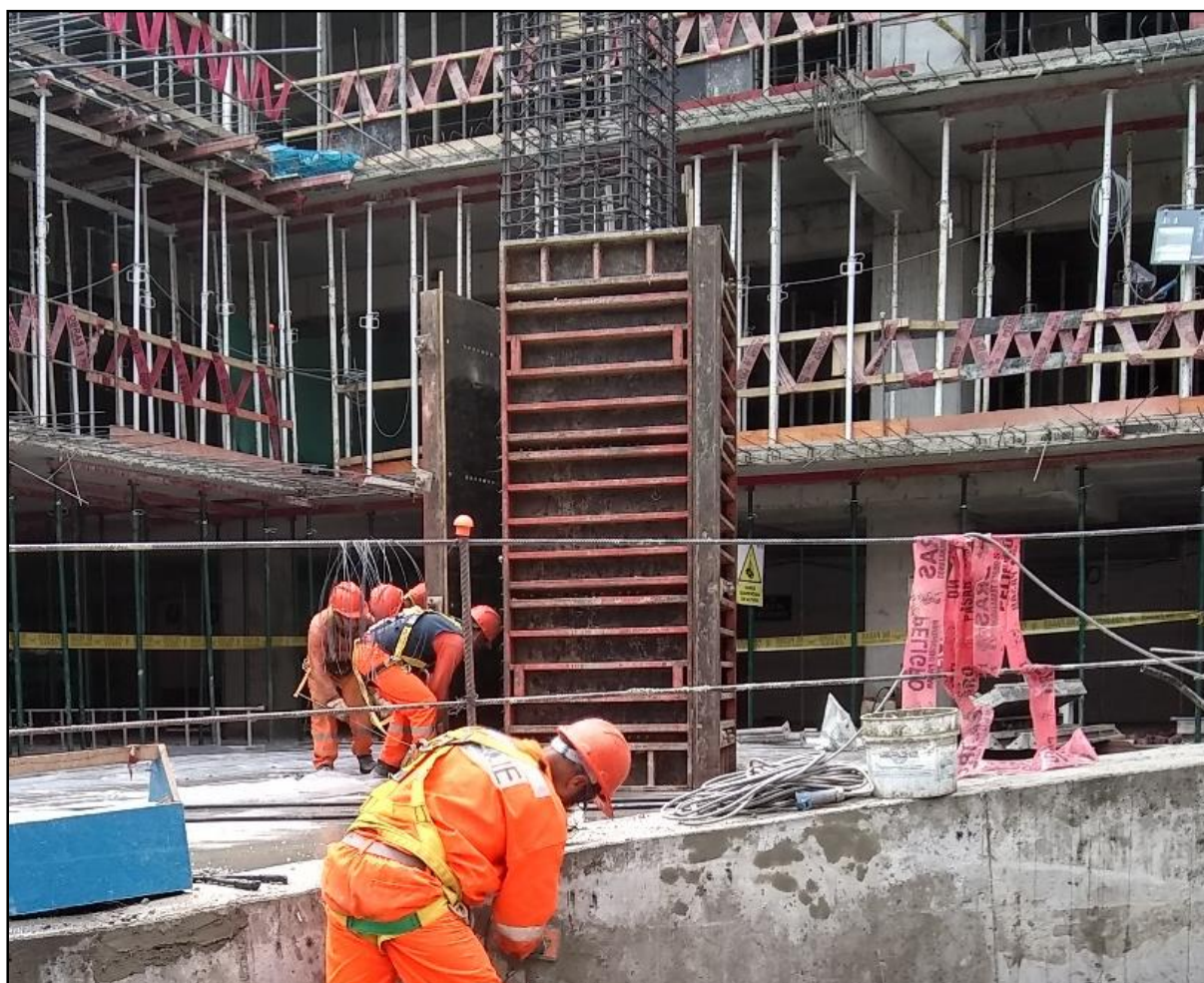
Encofrado en Columnas de Sección Cuadrada

	Material	Marca
Encofrante	Paneles de Estructura Metálica de 1.05x3.00 mts.	Alsina Alisply Universal
Soporte	Tornapuntas telescópicas de hasta 6.0 mts.	Alsina

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 29

Encofrado de Columna Cuadrada.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

3) **Columnas Circulares.** Se presentan 5 pares de columna de sección circular por nivel, de diámetros 1.20, 0.90 y 0.70 mts. y con una altura entre 2.30 a 4.50 mts. considerando esta constante, además de la necesidad de un acabado uniforme, se optó al igual que las columnas de sección cuadrada, de un encofrado de rápida ejecución.

Tabla 7

Encofrado en Columnas de Sección Circular

	Material	Marca
Encofrante	Paneles Semicirculares Metálicos de 1.20 y 2.40 mts.	EFCO Round Column.
Soporte	Tornapuntas telescópicas de hasta 6.0 mts.	Alsina

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 30

Encofrado de Columnas Circulares en Piso 3.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

4) **Placas.** Se presenta un aproximado de 10 mts. lineales de placa por subsector en cada nivel, cuyos anchos varían entre 0.60 y 0.80 mts. Presentan ligeros detalles geométricos y una longitud no constante, por lo cual se optó por un sistema de encofrado especializado que brinde la flexibilidad necesaria para cada elemento. Al igual que las columnas su altura varía entre 2.30 y 5.00 mts.

Tabla 8

Encofrado en Placas

	Material	Marca
Encofrante	Paneles Livianos de Estructura Metálica de dimensiones diversas.	Alsina Alisply Manual
Soporte	Tornapuntas telescópicas de hasta 6.0 mts.	Alsina

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 31

Encofrado de Placa en "L" en Piso 1.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

5) **Losa Maciza sobre Ábacos y Altura Simple de Entrepiso.** Se presentan 3 niveles en los sótanos compuestos de losa maciza plana y ábacos planos de 3.35 mts. de ancho. La altura de encofrado no supera los 2.55 mts. por lo cual se optó por un sistema de soporte simple con puntales. Se requirió el uso de un encofrado modular combinado con triplay fenólico.

Tabla 9

Encofrado en Losa Maciza y Ábacos - Altura Simple

	Material	Marca
Encofrante	Fenólico, Sopandas y Portasopandas metálicas.	Alsina Alulosas
Soporte	Puntales metálicos telescópicos de hasta 3.00 mts. y trípodes de apeo.	Alsina

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 32

Encofrado Losa y Ábacos en Sótano 5.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

6) Losa Maciza sobre Vigas de Sección Estándar y Altura Simple de Entrepiso.

Se presenta un nivel de sótano compuesto de losa maciza plana y vigas de sección 30x70 cm. casi en su totalidad, de esta manera se requirió un sistema de encofrado especializado a tales dimensiones. La altura de encofrado no supera los 2.90 mts. por lo cual se optó por un sistema de soporte simple con puntales.

Tabla 10

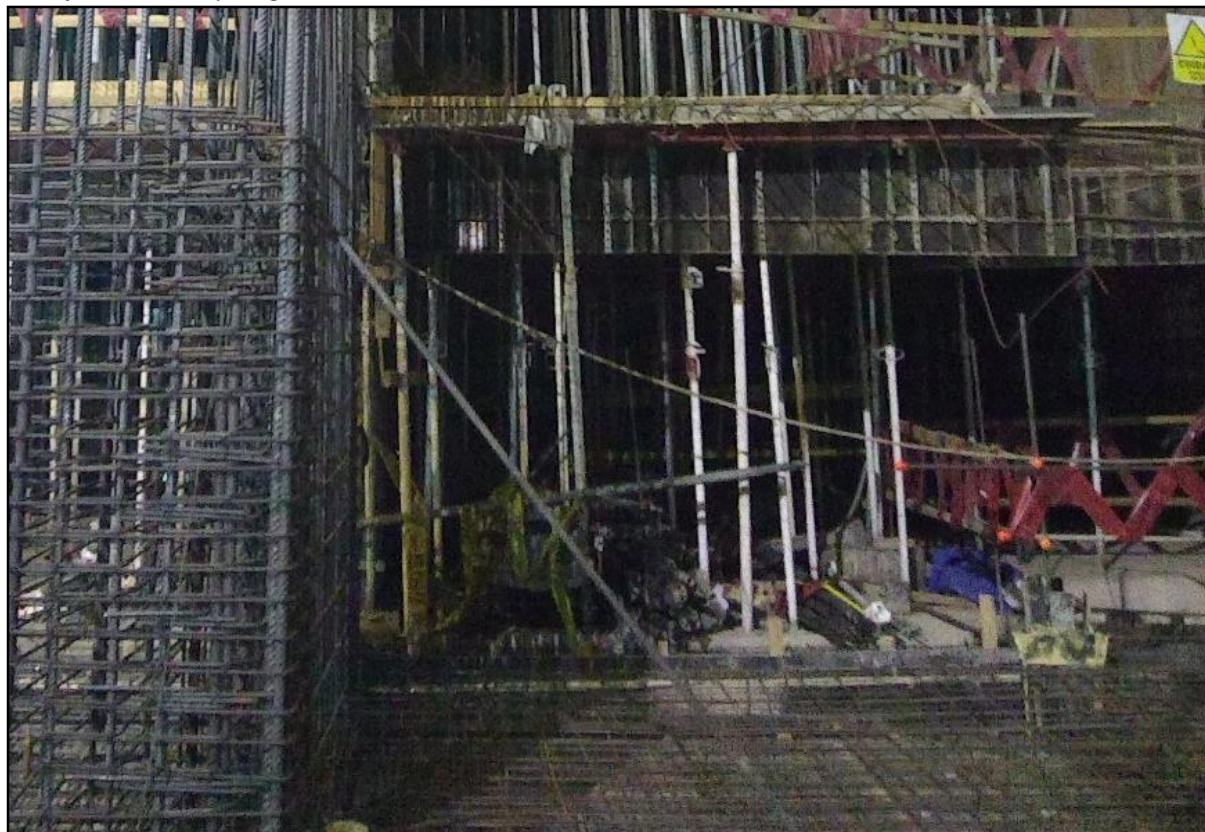
Encofrado en Losa Maciza y Vigas Estándar - Altura Simple

	Material	Marca
Encofrante	Fenólico, Sopandas, Portasopandas y Paneles Livianos de Estructura Metálica de dimensiones estándar.	Alsina Alulosas y Alsina Friendly Beam VCM (Sistema de Viga de Cuelgue Modular).
Soporte	Puntales metálicos telescópicos de hasta 3.00 mts. y trípodes de apeo.	Alsina

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 33

Encofrado Losa y Vigas Estándar en Sótano 2.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

7) **Losa Maciza sobre Vigas de Sección Muy Variable y Altura Doble de Entrepiso.** Se presentan 4 niveles de techo compuestos de losa maciza plana y vigas de sección muy variable. La altura de encofrado varía entre 5.25 y 5.85 mts. por lo cual se optó como soporte un sistema de torres de cimbra metálica que brinde la estabilidad y seguridad necesaria. Teniendo en cuenta la diversidad de formas y tamaños de vigas se optó por paneles de encofrado lateral y de fondo de dimensiones diversas.

Tabla 11

Encofrado en Losa Maciza y Vigas Variables - Doble Altura

	Material	Marca
Encofrante	Fenólico y Paneles Livianos de Estructura Metálica de dimensiones variables.	EFCO Hand-E-Form (Sistema de Encofrado Manual)
Soporte	Sistema de torres de cimbra metálica de aluminio y acero.	EFCO E-Z-Deck (Sistema modular de Armado Manual)

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 34

Encofrado Losa y Vigas en Doble Altura.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

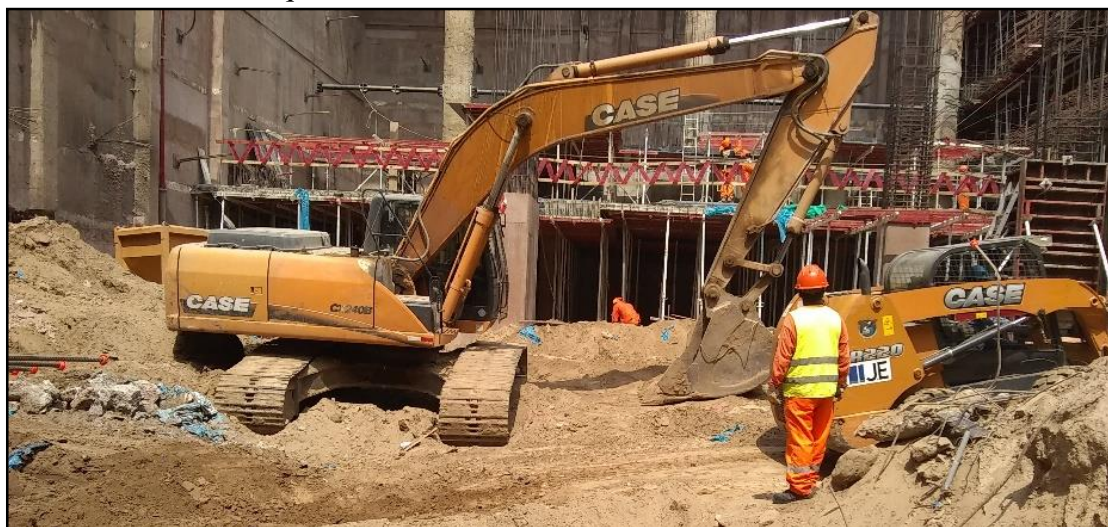
2.3.2. Avance de Trabajos

2.3.2.1. **Cimentaciones.** Se muestra la ejecución de una zapata combinada.

Proceso 1: Movimiento de Tierras con Maquinaria Pesada. Se alcanza la cota de cimentación señalada en los planos de Planta y Detalles de Cimentación del proyecto. Se realizó mediante el uso de excavadora de oruga y minicargador.

Figura 35

Excavaciones con Maquinaria Pesada.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 2: Perfilado a través de Excavación Manual. Se alcanza el nivel de fondo de cimentación (solado).

Figura 36

Perfilado para la Ejecución de una Zapata Aislada.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 3: Vaciado de Solado. Se establece el Nivel de Fondo de Zapata previo vaciado de un solado de espesor mín. 0.05 mts. y resistencia $f'c$ 175kg/cm².

Figura 37

Vaciado y "Regleado" de Solado de Zapata.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 4: Trazo de Zapata, Viga de Cimentación y Columna. Se realiza el trazo topográfico de las tres estructuras sobre el solado endurecido.

Figura 38

Topógrafo Trazando Zapata Combinada.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 5: Armado del Refuerzo de Columnas. Se arman previamente las columnas o núcleos de placa para su posterior izado sobre la parrilla única e inferior de la zapata.

Figura 39

Cuadrilla de Fierros durante el Armado del Refuerzo de Columnas.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 6: Refuerzo de la Zapata e Izado de Columnas. Se ejecuta la parrilla única en la zapata y se estabiliza la verticalidad de la armadura de columna en el trazo.

Figura 40

Armadura de Columna sobre Parrilla de Zapata.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 7: Armado del Refuerzo de Viga de Cementación. Una vez izadas las columnas, se introduce el refuerzo longitudinal de la V.C. sobre el trazo topográfico.

Figura 41

Colocación del Refuerzo de Viga de Cementación.

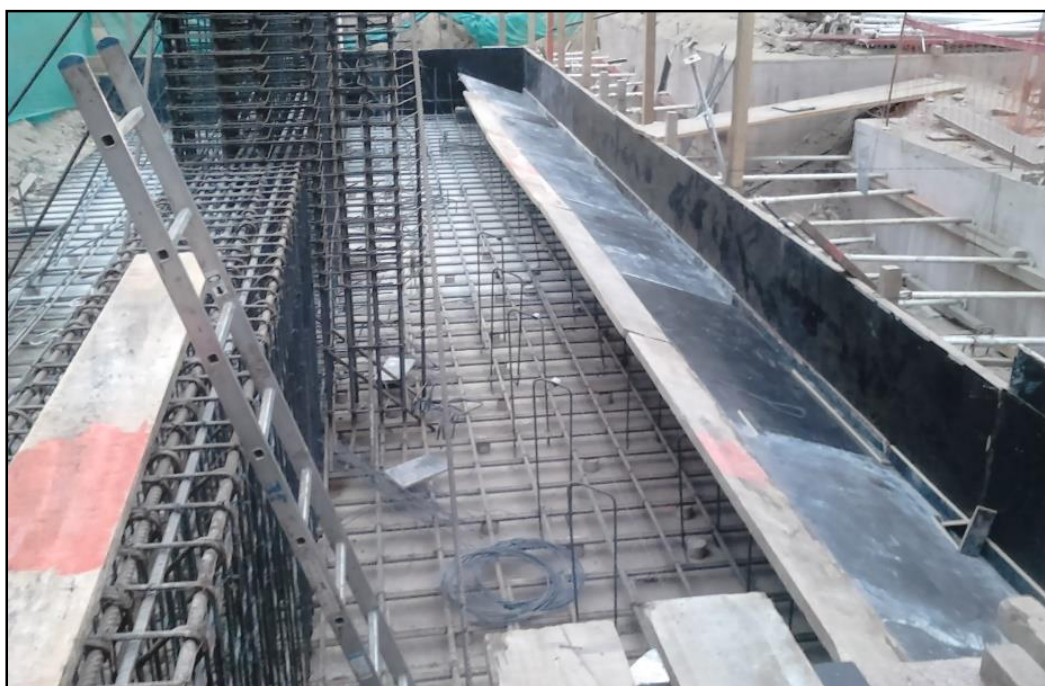


Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 8: Encofrado de Zapata. Esta zapata de sección de trapecio requirió un encofrado inclinado.

Figura 42

Encofrado de Zapata.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 9: Limpieza Previa al Vaciado. Se elimina restos ajenos al vaciado y exceso de polvo del interior del encofrado. Además, se limpia el acero de óxidos y restos de concreto mediante escobillas metálicas.

Figura 43

Limpieza de Zapata Previa al Vaciado de Concreto.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 10: Liberación de Elementos. Se realiza la verificación del cumplimiento de especificaciones técnicas del proyecto por parte del Área de Calidad de la empresa en coordinación con la Supervisión, mediante la validación en campo (liberación) de:

- Trazo topográfico de los elementos
- Verticalidad de las armaduras de columnas y Vigas de C.
- Diseño del refuerzo de acero de zapata, columnas y V.C.
- Dimensiones del espacio encofrado.
- Limpieza de los elementos a vaciar.
- La aplicación de puentes de adherencia, de ser el caso.
- Resistencia, slump y temperatura de la mezcla en obra.

Proceso 11: Vaciado de Concreto. Mediante bomba debido a los altos volúmenes, en ocasiones mayor a los 100 M3 de concreto puzolánico ($f'c=350$ kg/cm²).

Figura 44

Vaciado de Zapata mediante Bomba.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 12: Curado del Concreto de Zapata. Se satura la superficie de la zapata mediante pozas de agua aprovechando el encofrado y restos de mezcla (arroceras).

Figura 45

Curado de Zapata mediante Poza de Agua.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 13: Reparación de Estructuras. Tratamiento de cangrejas mediante mortero de reparación Sika Rep 500.

Figura 46

Reparación por Cangrejas en Zapata.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

2.3.2.2. Estructuras Verticales. Según sea una placa, columna o columneta perimetral pueden presentar procesos adicionales, sin embargo, comparten un mismo proceso general, expuesto:

Proceso 1: Trazo de Columna. Trazado topográfico de las caras de la columnas y referencias. Este se realizaba antes del curado de la losa recién vaciada.

Figura 47

Trazo Topográfico de Columna sobre Losa.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 2: Escarificado de Superficies Receptoras. Consiste en un leve picado de la superficie de concreto que recibirá la nueva estructura con la finalidad de proveer una mejor adherencia de la mezcla. Se realiza en la base de todos los elementos verticales (losa o cimiento) y en el caso de columnetas perimetrales se escarifica además la superficie del Muro Pantalla adyacente (1 cm. de profundidad máxima).

Figura 48

Escarificado de Base para Placa del Piso 1.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Figura 49

Escarificado y Limpieza de M.P. para Columneta.

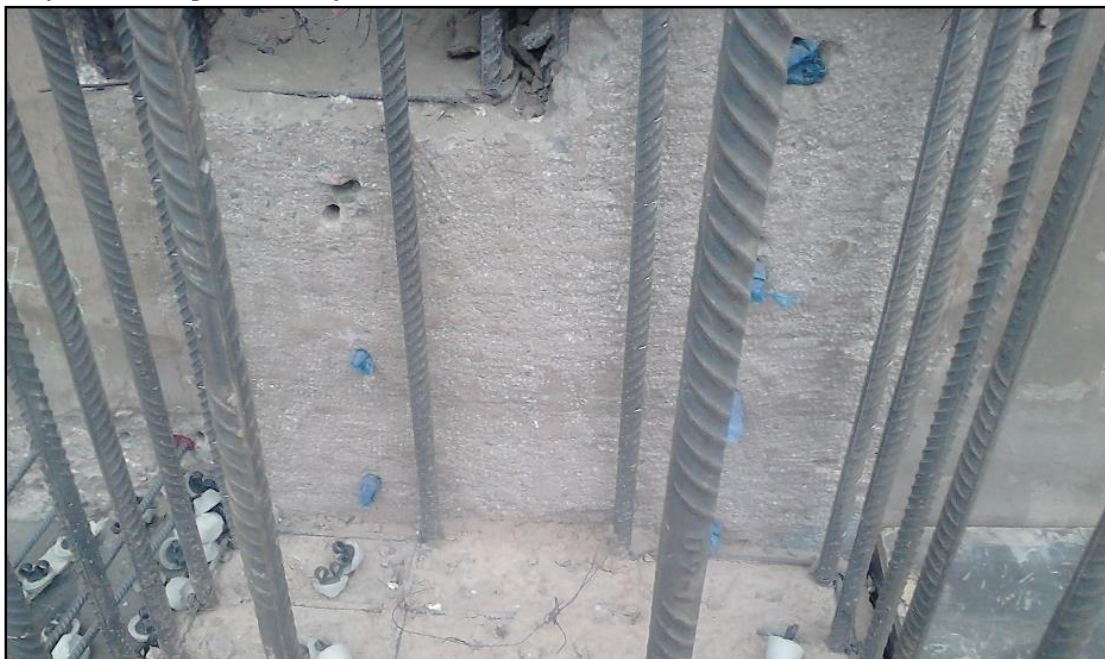


Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 3: Anclajes para Columnetas en Muro Pantalla. Como primer paso se realizan perforaciones de 20 cm con broca de 3/4" para la introducción del refuerzo de anclaje de columneta al muro pantalla.

Figura 50

Perforaciones para Anclaje de Columneta al Muro Pantalla.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Figura 51.

Inyección de Anclajes de Columneta al M.P.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Como segundo paso para este proceso se realiza la inyección de un adhesivo epóxico (Hilti RE 500 V3) y la introducción del refuerzo de anclaje (Bastones de acero corrugado de 5/8"). Véase Figura 51.

Proceso 4: Armado del Refuerzo de Acero. Debido a las alturas presentadas de hasta 6 mts. se armó previamente andamios para facilitar la colocación de barras y estribos.

Figura 52

Armado del Refuerzo de Placa en Piso 1.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 5: Liberación de Elemento previo al Encofrado. Se verifica el cumplimiento de especificaciones técnicas del proyecto por parte del Área de Calidad de la empresa en coordinación con la Supervisión, mediante la validación en campo (liberación) de:

- Trazo topográfico del elemento.
- Escarificado y limpieza de la superficie receptora.
- Aplicación del puente de adherencia (Columnetas perim.)
- Diseño del refuerzo de acero y su limpieza.

Proceso 6: Encofrado del Elemento. Tal como se expuso previamente, el tipo de encofrado varió según el elemento (Placa, columna circular, columna cuadrada o columneta). Se usó paneles prefabricados de las marcas Alsina principalmente y Efco.

Figura 53

Encofrado de Placa en Piso 2.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 7: Liberación del Encofrado previo al Vaciado. Verificación del cumplimiento en campo (liberación) de las EE. TT. del proyecto por parte del Área de Calidad en coordinación con la Supervisión:

- Verticalidad de la superficie encofrante (plomada).
- Alineamiento de la superficie encofrante en el caso de las caras longitudinales de una placa (cuerdas entre extremos).
- Recubrimiento del Refuerzo (colocación de tacos de 4cm.)
- Uso de ventanas para el vibrado de concreto a media altura.

Figura 54

Recubrimiento del Refuerzo con Dados en Columna.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Figura 55*Verificación de la Verticalidad de una Columna.*

Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 8: Vaciado de Concreto. Mediante el uso de la torre grúa (balde) para vaciados en columnas o volúmenes menores a 10 m³ por elemento vaciado en la mayoría de circunstancias. En placas es indispensable el uso de algún método de bombeo de concreto. Se requirió el uso de vibradores eléctricos de longitudes de 3 y 5 mts, además de plataformas de vaciado (andamios).

Figura 56*Vaciado de Tramo de Placa en Sótano 1.*

Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 9: Desencofrado del Elemento. Realizado previa inspección directa del nivel de fraguado del concreto.

Figura 57
Desencofrado de Placa en Piso 1



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 10: Curado del Concreto del Elemento Vertical. Es la aplicación de una membrana química en su superficie para evitar la evaporación del agua mientras éste desarrolla su resistencia de diseño. Se aplicó de la marca Z Aditivos mediante una mochila pulverizadora.

Figura 58
Curado de Columna con Aditivo Pulverizado.

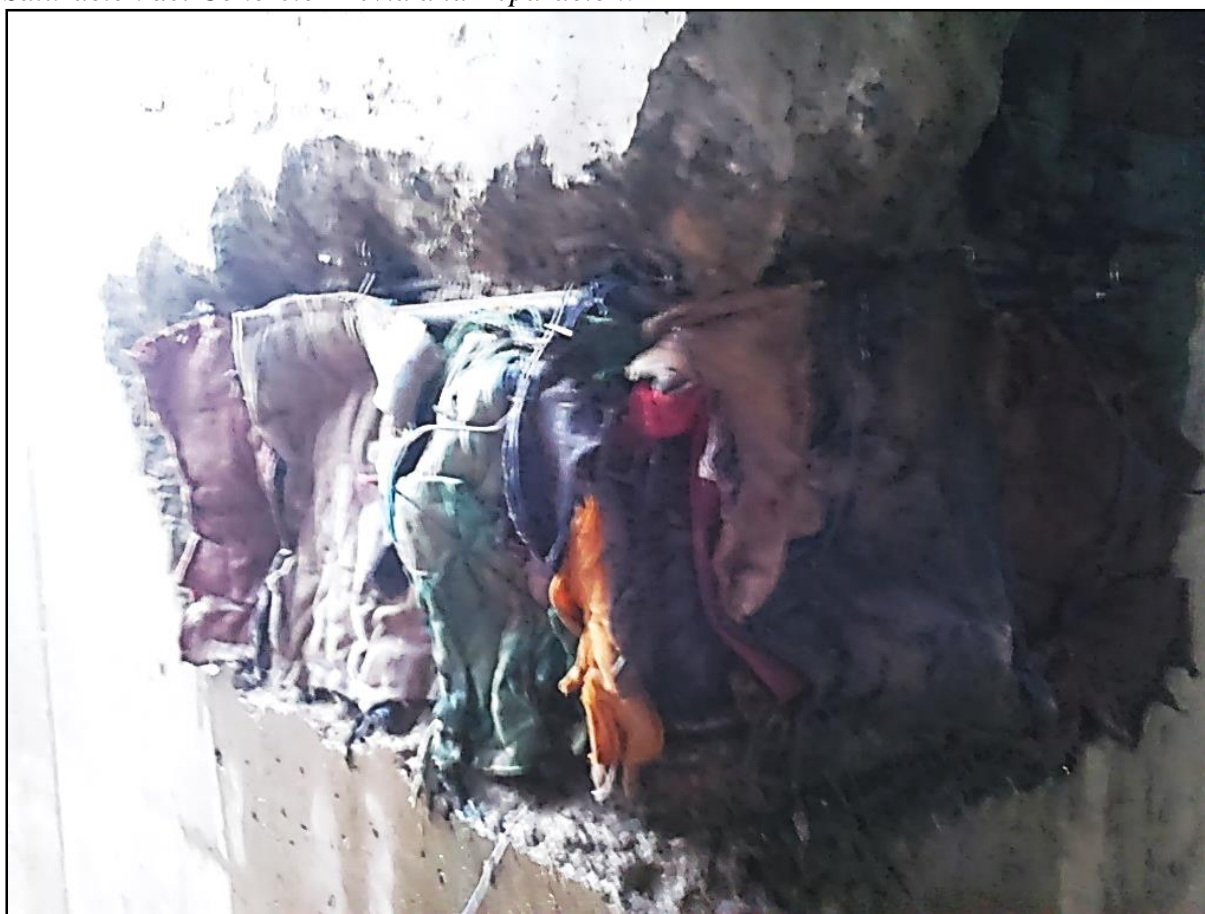


Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 11: Reparación de la Estructura. Ante la aparición de posibles cangrejas se realizaba el picado de la zona afectada, ésta podía involucrar al refuerzo de acero por lo cual un método de reparación consistía en el uso de morteros de alta fluidez, resistencia y adherencia. Se usó morteros Sika Grout 100 previa saturación del concreto receptor mediante paños húmedos colocados 24 horas antes.

Figura 59

Saturación del Concreto Previa a la Reparación.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Una vez saturado, se procede al encofrado del espacio afectado, sellado de aberturas con yeso, y aplicación del fluido de mezcla cementicia.

2.3.2.3. Estructuras Horizontales. Se presentan los procedimientos comunes para la ejecución de las losas macizas del proyecto.

Proceso 1: Trazo de Vigas, Ábacos y Nivel de Referencia. Se traza en el piso o superficie la proyección del techo incluyendo ductos, vigas, ábacos y aleros. Además, aprovechando la superficie lateral de las columnas, se traza un nivel de referencia para aproximación del fondo del encofrado.

Figura 60

Trazo de Fondo de Viga en Sótano 1.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 2: Encofrado de Fondo de Viga. Tal como se expuso en puntos anteriores del presente informe, el sistema de encofrado horizontal depende principalmente del tipo de losa (diseño del techo) y la altura de entrepiso.

Se toma como ejemplo el techo del piso 2, conformado por vigas variables, una losa maciza de 0.15 mts. y una altura de entrepiso de 5.40 mts. De esta manera el soporte del encofrado se basó en un sistema de torres de cimbra metálica (“catres”) y paneles encofrantes metálicos de dimensiones diversas.

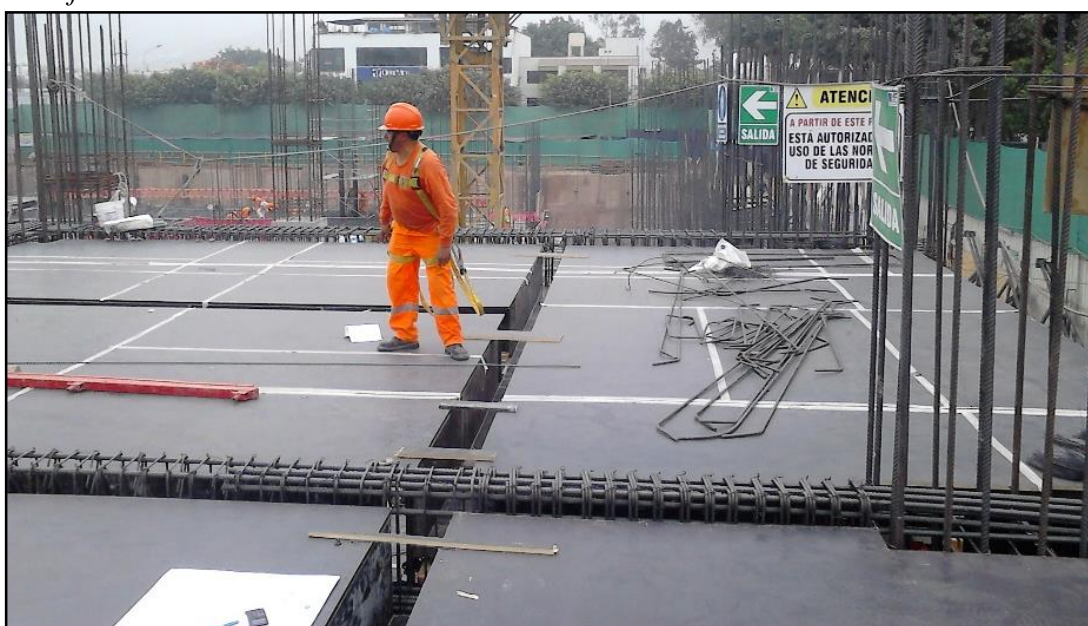
Figura 61
Encofrado de Fondos de Viga del Techo del Piso 2.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 3: Encofrado de Fondo de Losa. Se usó triplay fenólico como encofrante de losa. Para la presente muestra, éste fenólico se apoyó en el mismo sistema de torres de cimbra metálica, el cual soportará todas las cargas durante la construcción del techo.

Figura 62
Encofrado de Fondos de Losa del Techo del Piso 1.



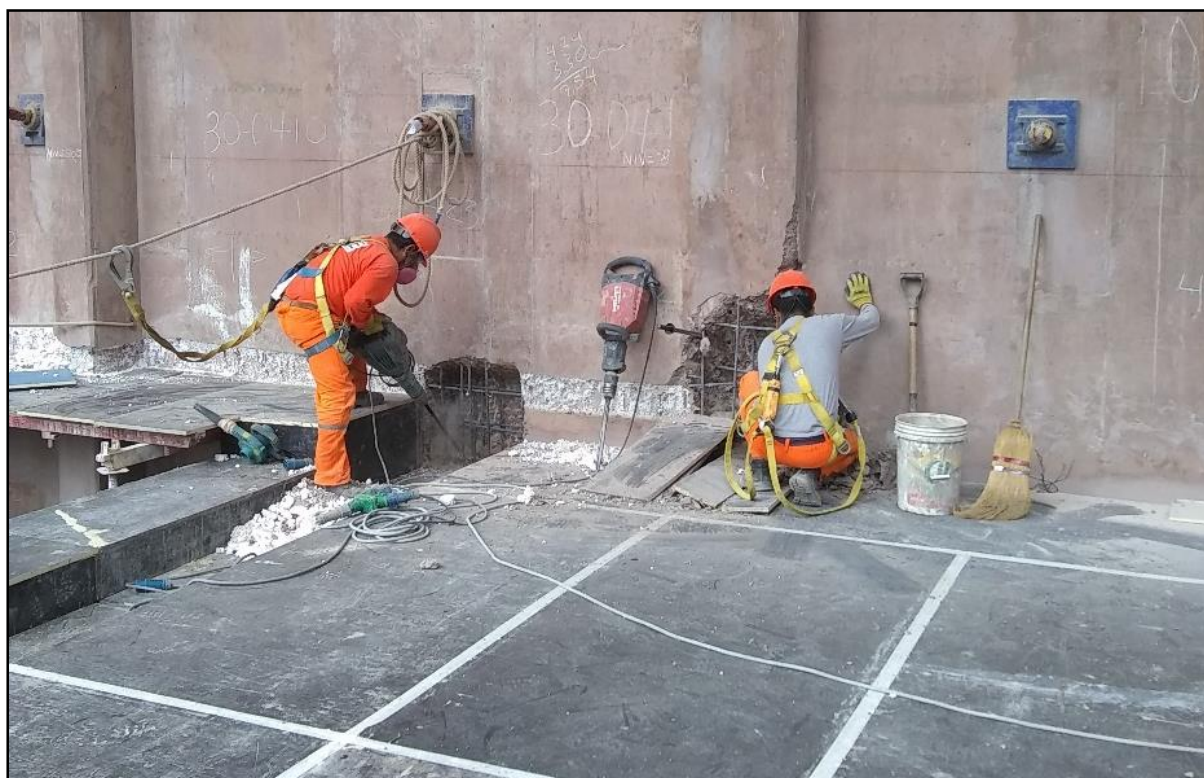
Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 4: Picado del Concreto Precedente. Esto se da por dos motivos principalmente, en el caso de losas macizas y ábacos es necesario para una mejor adherencia del concreto al muro pantalla o paño de losa precedente; en el caso de vigas es indispensable el picado (demolición) de la intersección (caja) en el muro pantalla para la introducción del refuerzo longitudinal de acero de viga. Este picado también se da en el concreto endurecido de tramos de vigas precedentes formando “llaves” que permitan un comportamiento monolítico de la estructura además de una mejor adherencia (rugosidad).

En la mayoría de casos, más aún si el concreto precedente tiene varios días de desarrollo, se aplica un puente de adherencia epóxico en el día y previo al inicio de vaciado. Se usó los productos Sikadur 32 Gel y ColmaFix 32 de Sika.

Figura 63

Picado del M.P. para Cajuela del Refuerzo de Viga.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 5: Anclajes para Losa en Muro Pantalla. Como primer paso se realizan perforaciones de 20 cm con broca de 5/8" para la introducción del refuerzo de anclaje de columneta al muro pantalla.

Figura 64

Perforaciones para Anclaje del Refuerzo de Losa.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Como segundo paso para este proceso se realiza la inyección de un adhesivo epóxico (Hilti RE 500 V3) y la introducción del refuerzo de anclaje (Varillas de acero corrugado de 1/2").

Figura 65

Anclajes de Losa Inyectados al Muro Pantalla.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 6: Refuerzo de Acero de Vigas. Una vez colocado el fondo de encofrado de vigas, se realiza el armado completo de su refuerzo de acero.

Figura 66

Refuerzo de Acero de Vigas.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 7: Refuerzo de Acero de Losa y/o Ábacos. Una vez colocado el refuerzo de vigas se colocan las mallas de refuerzo inferior y superior de la losa maciza y ábacos de ser el caso.

Figura 67

Colocación del Refuerzo de Acero de Losa Maciza.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 8: Encofrado de Laterales de Viga. Una vez colocado el refuerzo de acero de viga, los tubos de pase de II. SS. y el refuerzo adicional para estas perforaciones, se realiza el cierre de los laterales del encofrado de viga.

Figura 68

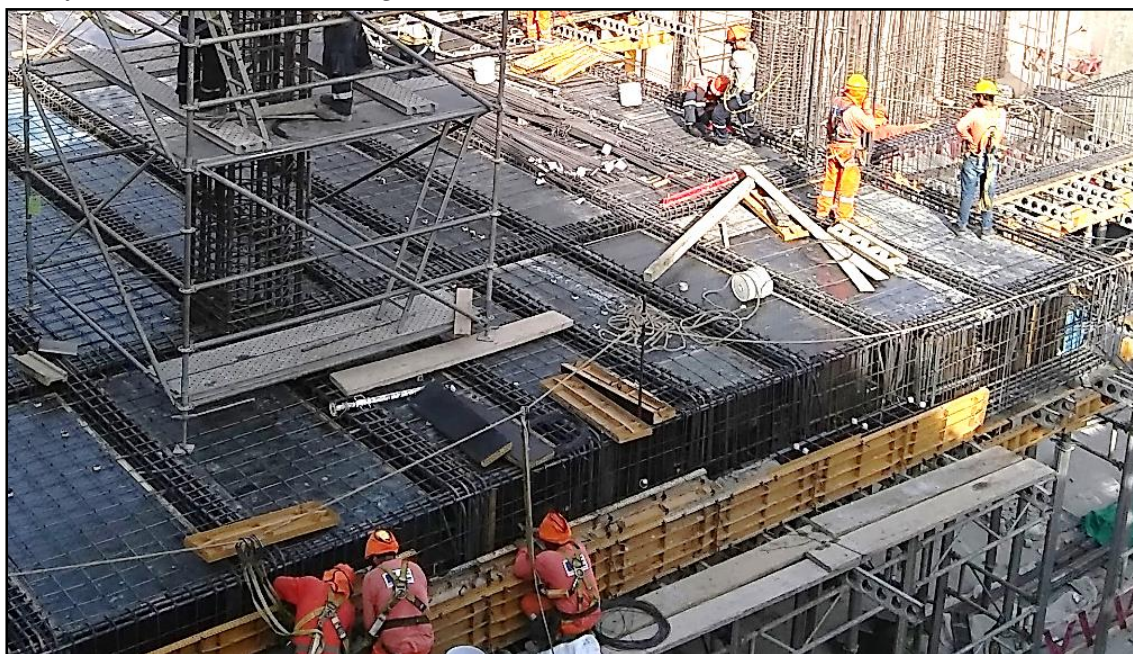
Tubo para Pase Sanitario en Viga.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Figura 69

Encofrado de Laterales de Viga en Techo del Piso 1.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 9: Corte de Losa, Vigas y Bandas de Contracción. Debido al área extensa que cubre la losa de cada piso del sector 2, el diseño del proyecto contempla el uso de Bandas de Contracción para evitar la fisuración a largo plazo debido a la retracción plástica del concreto. El ancho de estas bandas varía entre 60 cm en losas hasta 1 mt. en ábacos y vigas; su vaciado se realiza posterior a los 30 días desde que se vació el último de los dos paños de losa que la conforman.

Figura 70

Corte de Paños de Losa por Banda de Contracción.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Asimismo, cada uno de estos paños separados por las bandas se subdividió por simples juntas de construcción (corte de losa y vigas) en subsectores, debido al elevado volumen de mezcla requerida y por razones de productividad (frentes de trabajo).

Figura 71

Encofrado de Corte de Losa y Vigas.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 10: Nivelación de Encofrado y Contraflechas. Realizado con Nivel Topográfico, es la verificación de los niveles de fondo de losa, ábacos y vigas considerando además la Planta de Ubicación de Contraflechas. Éstas consisten en curvaturas opuestas a las deflexiones por cargas previstas en el centro de luz de losas y vigas. Varían de 1.0 a 5.5 cms. y se ejecutan previo al vaciado del paño de techo.

Figura 72

Nivelación de Encofrado y Contraflechas.



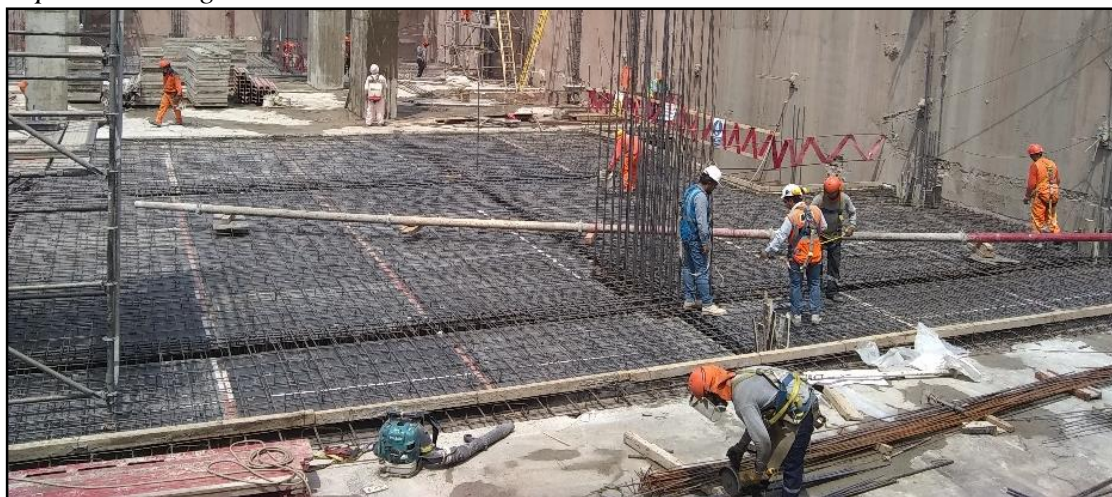
Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 11: Liberación de Losa y Vigas/Ábacos. Verificación del cumplimiento en campo (liberación) de las EE. TT. del proyecto por parte del Área de Calidad en coordinación con la Supervisión:

- Niveles y Contraflechas del Encofrado de Techo.
- Ancho de encofrado de vigas y/o ábacos.
- Verticalidad y alineamiento de lateral de vigas de fachada.
- Diseño del refuerzo de acero de losa, vigas y/o ábacos.
- Anclajes de losa en muro pantalla, de ser el caso.
- Recubrimiento del acero en losa, vigas y/o ábacos mediante dados de concreto y separadores (burros).
- Recubrimiento del refuerzo de columnas y placas mediante el trazo topográfico sobre la malla superior de la losa.
- Cortes de losa, vigas y banda de contracción.
- Escarificado de estructuras precedentes (losas, muro pantalla) y aplicación de puentes de adherencia.
- Limpieza de los elementos a vaciar.
- Resistencia, slump y temperatura de la mezcla en obra.

Figura 73

Supervisor e Ing. de Calidad durante Liberación de Paño de Losa - Techo Sótano 2.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 12: Vaciado de Concreto en Paño de Losa. Mediante impulsión usando una Bomba TK, línea de tuberías metálicas y manguera. Se requirió como mano de obra, un mínimo de 4 operarios, un topógrafo nivelador, una pareja de carpinteros para el control del encofrado y el uso de vibradores eléctricos de 3 mts. El proceso de vaciado tenía una duración de 6 horas en promedio (por 100 M3 de mezcla colocada).

Figura 74

Ingeniero de Producción durante Vaciado de Losa.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Algunos problemas comunes presentes durante este proceso:

- Retraso en la liberación de elementos por correcciones.
- Fugas de concreto por aberturas en encofrado de vigas.
- Demora o exceso en la frecuencia de llegada de mixeres.
- Fallas mecánicas en la bomba y atoramiento de tuberías.
- Retraso por parte del personal de vaciado y/o operador de bomba en la colocación de la mezcla.
- Retraso en la nivelación y regleado de la mezcla por un rápido avance del área vaciada.

Figura 75*Derrame de Mezcla por Abertura en Encofrado de Viga.*

Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Figura 76*Suministro de Mezcla para Bombeo hacia la Estructura.*

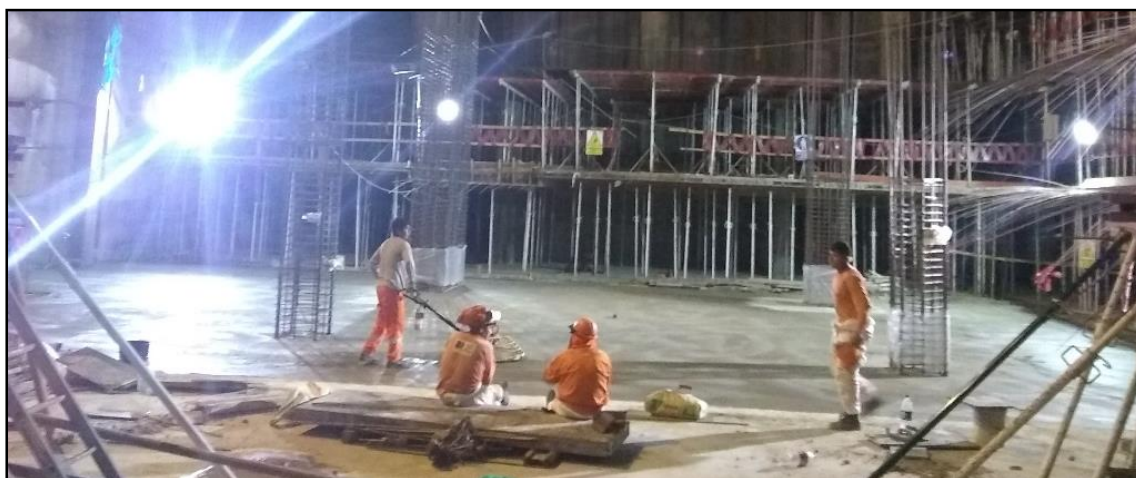
Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Ante una posible falla de la bomba y para evitar la pérdida de mezcla o daños a la estructura, se recurría a acciones como el uso del balde - grúa, solicitud de retraso o paralización del pedido (stand by) a la concretera y la comunicación formal con la empresa del servicio de bombeo.

Proceso 13: Acabado Pulido de Losa. Una vez alcanzado cierto nivel de fraguado, se da inicio al proceso del acabado pulido de la losa (sótanos de estacionamiento) por 4 operarios de albañilería mediante máquinas alisadoras principalmente y de manera manual (remates). Este proceso se extendía de 6 a 8 horas desde el final de vaciado en promedio (por 300 M2 de área vaciada), dependiendo de la rapidez del fraguado de la mezcla hasta alcanzar la consistencia necesaria.

Figura 77

Proceso de Acabado Pulido en Losa - Techo del Sótano 5.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 14: Curado del Concreto de Losa. Mediante la saturación con agua de la superficie y el uso de una capa plástica para evitar la evaporación del agua.

Figura 78

Curado del Concreto de Losa.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 15: Desencofrado de Laterales de Viga y Frisos. Realizado al día siguiente del vaciado de concreto (12 hrs. como mínimo) para su utilización en el siguiente encofrado de vigas o la devolución al proveedor (corte del período de alquiler).

Figura 79

Lateral de Viga Desencofrado para su Reutilización.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 16: Desencofrado de Fondos de Losa, Viga y Reapuntalamiento. Este procedimiento se realiza una vez el concreto desarrolla como mínimo el 70% de su resistencia de diseño. Esto sucedía aproximadamente una semana después del vaciado de mezcla y era previamente autorizado por el área de calidad de la empresa. Paralela e inmediatamente después al desencofrado de losa y vigas se realiza el proceso de reapuntalamiento, el cual consiste en

proveer de un soporte homogéneo en las luces de la estructura para contrarrestar el peso propio del concreto hasta alcanzar su resistencia de diseño o para contrarrestar las sobrecargas transmitidas por niveles superiores, evitando así deflexiones excesivas y fisuras.

Figura 80

Desencofrado y Reapuntalamiento de Losa en Sótano 1.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 17: Retiro de Reapuntalamiento. Una vez el concreto alcanzó el 100% de su resistencia de diseño y la losa ya no soportará o transmitirá sobrecargas por construcción de estructuras superiores, se realiza el retiro del sistema de reapuntalamiento. Este proceso se realizaba aproximadamente al mes de haberse vaciado el elemento, previa autorización del área de calidad de la empresa.

Figura 81

Retiro del Material de Reapuntalamiento en Sótano 4.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

2.3.2.4. Estructuras Inclinadas. Comprende la ejecución de escaleras y rampas.

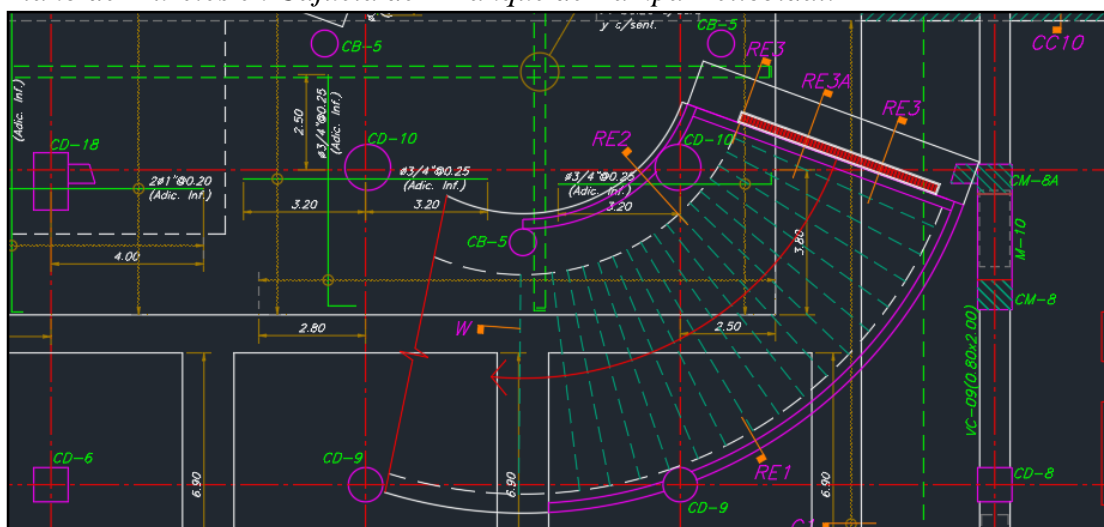
Se presenta a continuación los procedimientos para la ejecución de la rampa helicoidal en la cual tuve participación.

A. Rampa Helicoidal

Proceso 1: Arranque de Rampa. La estructura de arranque de la rampa helicoidal es una cajuela formada por 3 muretes continuos sobre la superficie de las cimentaciones.

Figura 82

Plano de Muretes en Cajuela de Arranque de Rampa Helicoidal.



Nota. Fuente: Plano de cimentaciones del proyecto.

Figura 83

Murete Central Recto en la Cajuela de Arranque de la Rampa.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Una vez culminadas las cimentaciones el proceso de construcción de esta cajuela inició con el anclaje del refuerzo de acero de los muretes mediante adhesivo epóxico (Hilti RE 500 V3).

Siguiendo el siguiente procedimiento:

- Trazo de los muretes $e=0.25$ mts. sobre la superficie de las zapatas.
- Perforación para el anclado del refuerzo mediante broca 3/4" @0.20m.
- Inyección del adhesivo epóxico Hilti RE 500 V3 e introducción del anclaje consistente en una varilla $\varnothing 5/8$ " de 0.90m. de longitud cada una.
- Armado de la malla a 2 caras del refuerzo de acero de los muretes.
- Encofrado de los muretes.
- Trazo del nivel o pendiente de vaciado (nivel de fondo de rampa o viga).
- Vaciado, posterior desencofrado y curado.

Figura 84

Muretes de Cajuela de Arranque de Rampa Culminados.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Respecto a la construcción de la estructura inclinada de la rampa (losa y vigas curvas) en el tramo inicial sobre la cajuela, ésta se vio facilitada por:

- El uso de los muretes como superficie estable para el trazo de niveles del fondo inclinado de losa y vigas curvas.

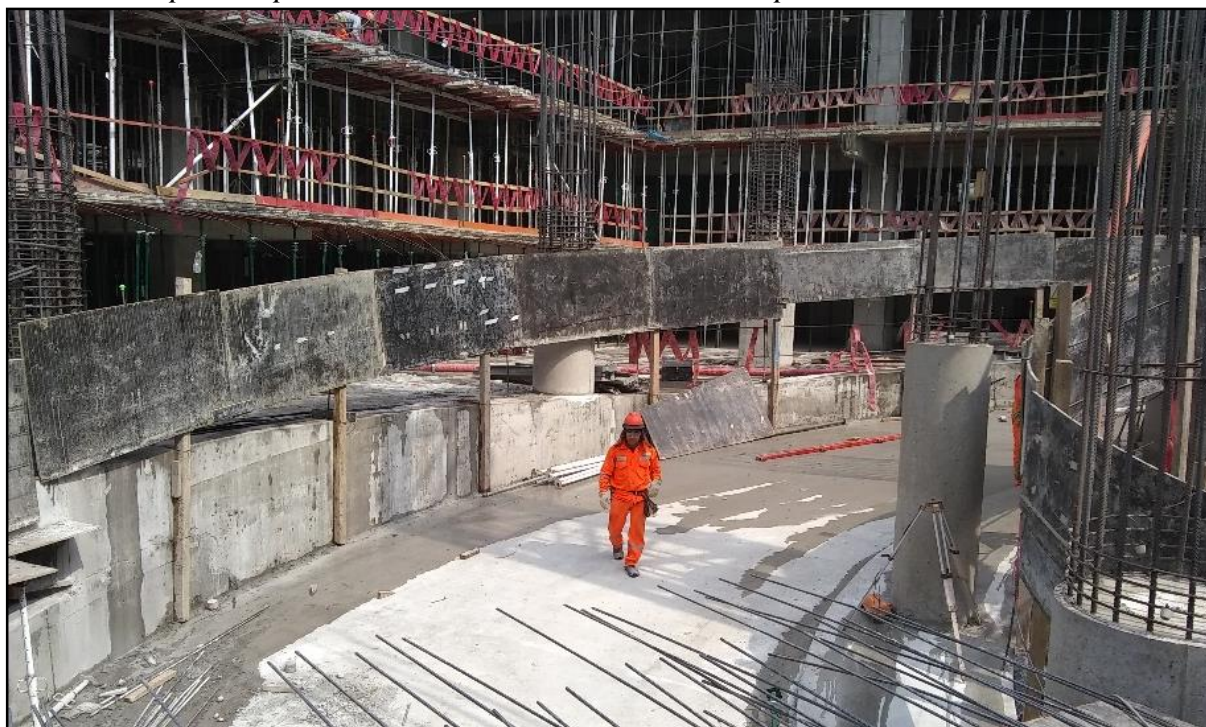
- La toma del perímetro externo de los muretes como referencia inicial para limitar el tendido del encofrado de fondo de losa y vigas curvas.

Respecto a la construcción de la rampa helicoidal en tramos posteriores a la cajuela, se siguieron los siguientes procesos adaptados a la circunstancia:

Proceso 2: Trazo de Niveles sobre Paneles Temporales. Dada la imposibilidad de tener un solo nivel de referencia para la altura del fondo de encofrado de rampa, se instalaron filas de paneles fenólicos sobre parantes a cada lado de la rampa proyectada con el fin de trazar en ellos directamente numerosos puntos del nivel requerido de acuerdo a la progresiva o ángulo del tramo.

Figura 85

Paneles Temporales para Trazo del Nivel de Fondo de Rampa en Sótano 3.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 3: Encofrado de Fondos de Losa y Vigas Invertidas Curvas. Realizadas en un solo tiempo al tener el mismo nivel de fondo. Se usó encofrante de la marca Alsina Mecanoflex (puntales y sopandas), consistiendo en la distribución de las sopandas de forma radial uniendo puntos de nivel de cada lado y de una misma progresiva o ángulo.

Figura 86

Instalación de Puntales y Sopandas en Encofrado de Rampa en Sótano 3.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Figura 87

Encofrado de Fondo de Rampa Helicoidal en Sótano 3.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 4: Trazo de Vigas Curvas y para el Acero de Losa. Se realiza el trazo topográfico de las vigas curvas VR-01 y VR-02 sobre la superficie del encofrado, así como del espaciado o ejes para la ubicación de las barras del refuerzo longitudinal (curvos) y radial (rectos) de la rampa.

Figura 88

Vista del Topógrafo (casco blanco) Durante Trabajos de Trazo, y de Barras Curvas de Acero para el Refuerzo Longitudinal de la Rampa.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 5: Refuerzo de Acero de Vigas Invertidas Curvas. Son los primeros en ser instalados sobre el encofrado de la rampa.

Figura 89

Refuerzo de Acero de Vigas Curvas VR- 01 y 02 en Sótano 3.

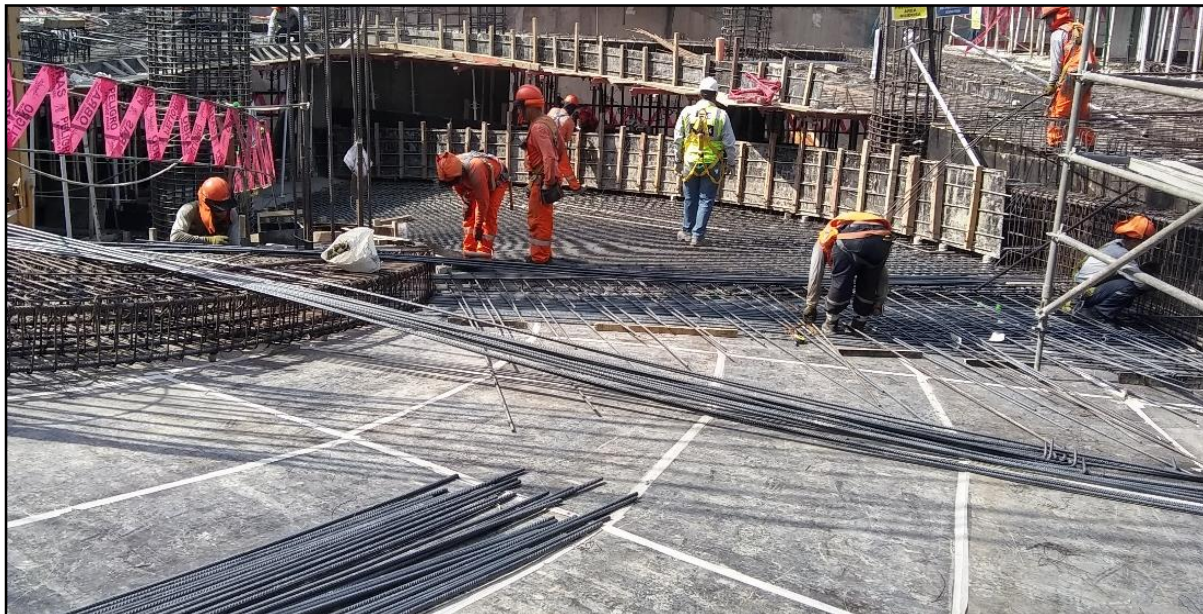


Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 6: Refuerzo de Acero de Losa. Una vez colocado el refuerzo de vigas se colocan las mallas de refuerzo inferior y superior de la losa maciza de $e=0.20\text{m}$.

Figura 90

Armado del Refuerzo de Acero de Losa de un Tramo de Rampa Helicoidal en Sót. 3.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 7: Encofrado de Laterales de Vigas Invertidas Curvas. Una vez colocado el refuerzo de acero de la rampa, se realiza el cierre de los laterales del encofrado de las vigas invertidas.

Figura 91

Encofrado de Laterales de la Viga Curva Interna VR-01 en un Tramo de Rampa en Sótano 5.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Figura 92

Encofrado de Laterales de la Viga Curva Externa VR-02 en un Tramo de Rampa en Sótano 3.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 8: Corte de Rampa, Vigas y Bandas de Contracción. Consistente en el cierre del tramo a vaciar mediante el encofrado de corte de losa, vigas y/o por bandas de contracción.

Figura 93

Encofrado de Corte de Tramo de Rampa en Sótano 5.

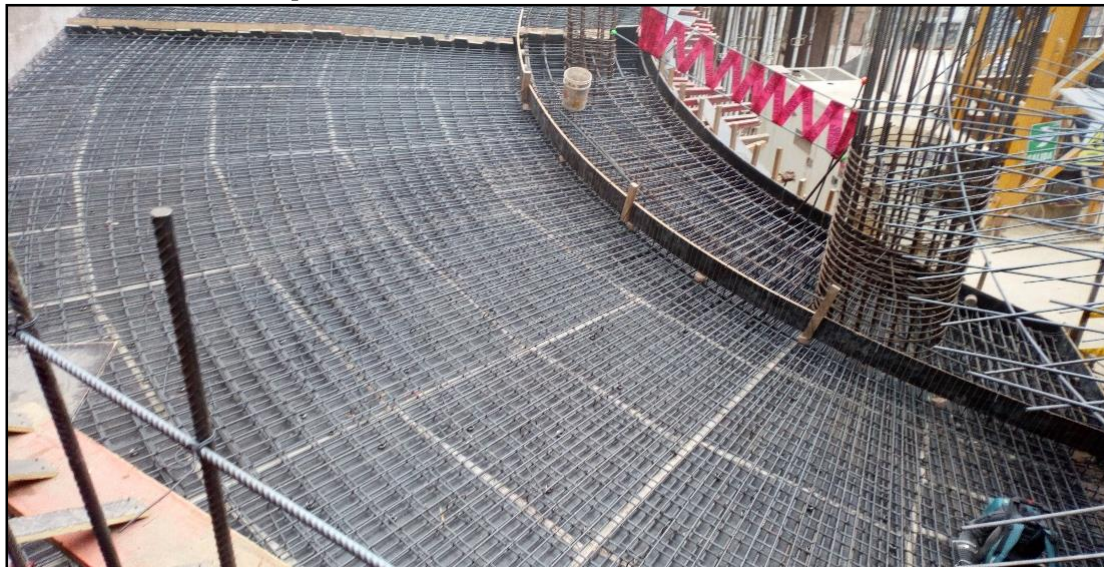


Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 9: Nivelación de Encofrado y Contraflechas. Consiste en la nivelación del fondo de encofrado de rampa y levantamiento (contraflecha) de su eje central en 2.5 cm. según plano de contraflechas.

Figura 94

Primer Tramo de Rampa en Sótano 5 Previo a su Liberación.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 10: Liberación del Tramo de Rampa. Verificación del cumplimiento en campo (liberación) de las EE. TT. del proyecto por parte del Área de Calidad en coordinación con la Supervisión:

- Niveles y Contraflechas del Encofrado de Rampa.
- Ancho de encofrado de vigas curvas externa VR-02 e interna VR-01.
- Verticalidad del encofrado lateral de viga curva externa VR-02.
- Diseño del refuerzo de acero de losa y vigas curvas
- Anclajes de losa maciza en muro pantalla, de ser el caso.
- Recubrimiento del acero en losa y vigas curvas mediante dados de concreto y separadores (burros).
- Recubrimiento del refuerzo de columnas circulares mediante el trazo topográfico de referencias rectas sobre superficies temporales (tablas).
- Cortes de losa, vigas y banda de contracción.

- Escarificado de estructuras precedentes (losas, muro pantalla) y aplicación de puentes de adherencia (Sika ColmaFix o Sikadur 32).
- Limpieza de los elementos a vaciar.
- Resistencia, slump y temperatura de la mezcla en obra.

Figura 95

Supervisor e Ingeniero de Calidad durante la Liberación del Segundo Tramo de Rampa Helicoidal en Sótano 5.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 11: Vaciado de Concreto en Tramo de Rampa. El proceso es semejante al descrito para el vaciado de losa maciza común.

Figura 96

Vaciado por Bombeo de Tramo de Rampa en Sótano 4.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 12: Acabado Barrido de Rampa. El proceso comienza cuando el concreto alcanzó el fraguado necesario para el alisado de la superficie mediante maquinaria. Inmediatamente posterior al alisado de un corto tramo, se procede a realizar el acabado barrido usando un rastrillo texturizador.

Figura 97

Alisado del Concreto del Primer Tramo de Rampa en Sótano 5.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Figura 98

Acabado Barrido de Tramo de Rampa de Entrada en Sótano 2.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 13: Desencofrado y Reparación de Laterales de Viga Curva. Desencofrado de laterales realizado como mínimo 12 horas después del vaciado, asimismo se realizó las reparaciones necesarias a su superficie.

Figura 99

Riego (Curado) y Reparación de Losa y Vigas de Tramo de Rampa.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 14: Curado del Concreto de Rampa. Mediante el riego continuo por una semana de la losa y vigas curvas.

Figura 100

Construcción Culminada de Tramo de Rampa en Sótano 4.

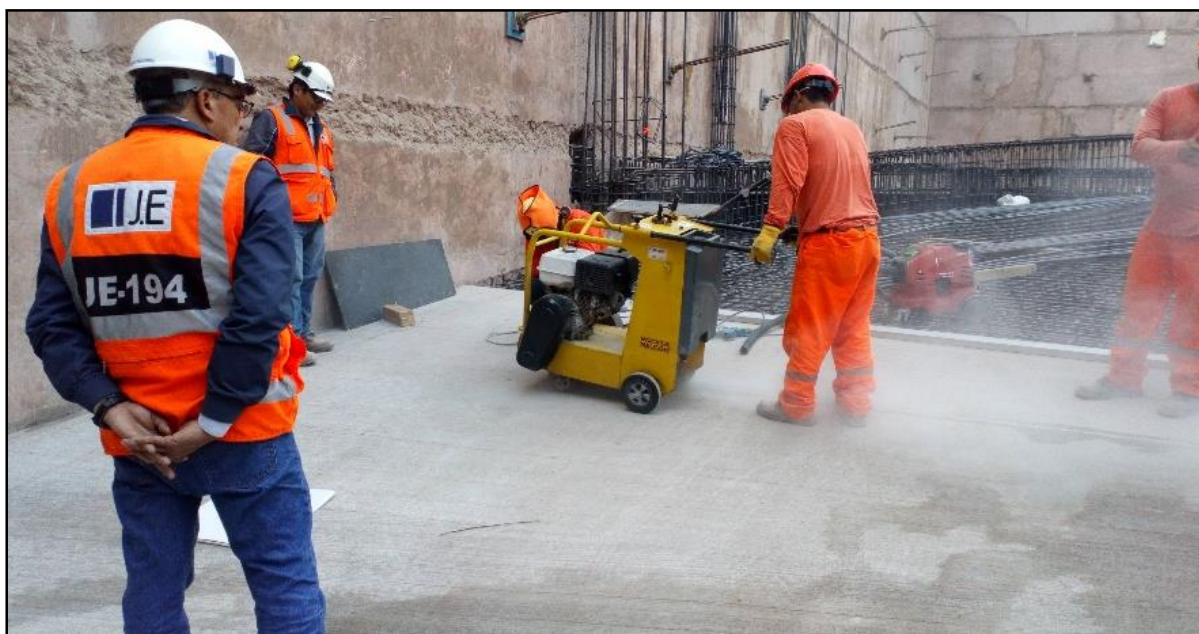


Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 15: Acabado Corte Bruñado de Rampa. Comienza con el trazo topográfico de cada una de las líneas de bruñado, las cuales tienen una configuración radial, perpendiculares al eje de la calzada y espaciadas cada 0.10 m. Se usó disco de corte de concreto para las bruñas cuyas dimensiones fueron de ¼” de ancho y 0.5m. de profundidad.

Figura 101

Ingenieros Residente y de Producción Evaluando el Acabado de los Primeros Cortes de Bruñado del Primer Tramo de Rampa en Sótano 5.



Nota. Fuente: Registro fotográfico propio.

Proceso 16: Desencofrado de Fondo de Rampa y Reapuntalamiento. Al igual que una estructura horizontal, es realizado al alcanzar como mínimo el 70% de $f'c$, aproximadamente 7 días después del vaciado y autorizado por el área de calidad. Es reemplazado por un sistema de reapuntalamiento, el cual permanece hasta alcanzado el 100% de $f'c$ y mientras existan sobrecargas por la construcción de niveles superiores.

Proceso 17: Retiro de Reapuntalamiento. Realizado una vez alcanzado el 100% de $f'c$, aproximadamente un mes después del vaciado y autorizado por el área de calidad. Este permanece por más tiempo en caso la rampa continúe soportando sobrecargas por la construcción de niveles superiores.

2.3.3. *Productividad*

La productividad del Sector 2 de la obra Shopping La Molina estuvo a cargo del Ing. Hans Rojas Velásquez como Coordinador de Producción, apoyado éste en el autor del presente informe. Con el objetivo de determinar la productividad resultante de esta gestión sobre el Sector 2, compatibilicé y consolidé los datos obtenidos a lo largo de 1 año y 3 meses (66 semanas) por las áreas de RRHH, Calidad y Producción, entre los cuales se destacó:

- Volúmenes vaciados en la semana, ubicación de éstos en el sector 2 (Subsector y Eje), nivel de la estructura (Sótano - Piso), total de la semana por tipo de estructura (cimentación o superestructura de altura simple - doble altura) e ingenieros ejecutores.
- Personal obrero contratado en la semana (Encofrado, Acero y Albañilería).
- Jornada semanal efectiva (menor o igual a 48 horas), descontando feriados, feriados extraordinarios y días de permiso pagados, de manera que no influyan drásticamente en el rendimiento semanal, sin embargo, son luego considerados (excepto feriados simples cuyo impacto se deriva al costo HH) en los rendimientos globales (en forma de pérdida de HH del 1.2%) y así en el costo. No se considera y descuenta los recurrentes descansos médicos al considerarlo un concepto inherente en cualquier grupo expuesto a trabajos de riesgo, por lo que se plasmará afectando el rendimiento semanal.
- Clasificación por períodos a lo largo del año según los vaciados predominantes por tipo de estructura (cimentación o superestructura de altura simple - doble altura), para la determinación del rendimiento de la mano de obra en cada uno de los tipos.

El trabajo descrito es plasmado en la Figura 102.

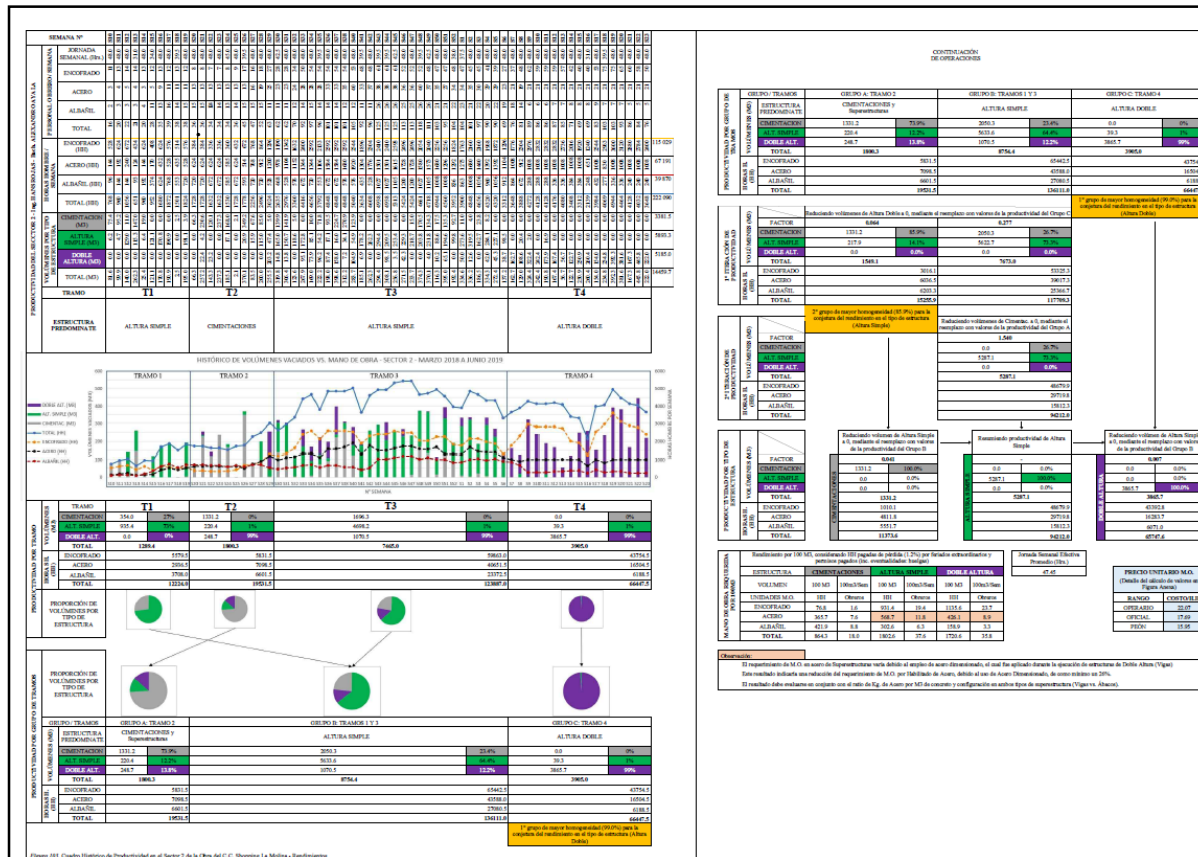
Gráfica de Líneas y Barras: Volúmenes Vs. Horas Hombre. La gráfica de barras presentada en la siguiente Figura 103 permite una mejor visualización de períodos definidos por los tipos de estructura siendo ejecutados y la proporción en volumen entre éstos, por semana. A su vez permite visualizar características de las proporciones de mano de obra de encofrado vs. acero vs. albañilería empleadas en cada período identificado.

Cálculo del Rendimiento. Con el objetivo de determinar las proporciones de mano de obra requerida por cada tipo de estructura ejecutada, se agrupó los 4 tramos o períodos identificados en 3 grandes grupos A, B y C de ejecución de acuerdo a las estructuras predominantes, independientemente de las fechas. Así, mediante iteraciones simples que se facilitaron por la homogeneidad del último grupo (99% de Superestructura de Altura Doble), se halló la mano de obra requerida (encofrado – acero – albañilería) por cada 100 M3 a vaciar o rendimiento por M3 de cada uno de los tipos de estructuras ejecutados.

Finalmente se describe además las proporciones entre los rangos de obrero empleados o cuadrillas, también de acuerdo a lo realmente utilizado en esta obra por el equipo del cual fue parte el autor de este informe.

Rendimiento por M3 de Concreto Colocado a Unidades de Encofrado (m²) y Acero (kg). El resultado de rendimientos obtenido de las iteraciones simples es únicamente respecto a la unidad del concreto colocado (m³), para las diferentes cuadrillas de acero y encofrado además del de concreto. Así, se obtiene, por ejemplo un rendimiento de 365.7 HH de mano de obra de acero por cada 100 M3 de concreto colocado en Cimentaciones, o un rendimiento de 931.4 HH de mano de obra de encofrado por cada 100 M3 de concreto colocado en las Superestructuras de Altura Simple, resultados que se deben transferir a las respectivas unidades de cada tipo de actividad, como es M² para encofrado y Kg. para acero, a través del metrado de las estructuras y respectivos ratios.

Figura 103
Cuadro Histórico de Productividad en el Sector 2 de la Obra del C.C. Shopping La Molina - Rendimientos



Nota. Fuente: Elaboración propia en base a los resultados técnicos e historial del proyecto.

Metrado de Estructuras. La Figura 104 muestra el resumen de los metrados de encofrado, concreto y acero por tipo de estructura, elementos y para cada nivel, de lo cual se obtiene la cuantía de acero por M3 de concreto en estructuras así como el ratio encofrado-concreto también por cada tipo de elemento y tipo de estructura, lo cual permitirá las precisiones de los rendimientos de mano de obra en encofrado y acero a sus respectivas unidades para su uso en el Análisis de Precios Unitarios de las partidas.

Comparativa de Resultados: Costos Reales Vs. Costos Contractuales. Se realizó la comparativa de resultados reales vs. los proyectados al momento de la oferta, siempre usando los precios por mano de obra vigentes al momento de dicha oferta con el fin de visualizar únicamente los resultados en el uso de la mano de obra por parte de los ingenieros del Sector 2 de la obra respecto a los precios unitarios ofertados.

Del análisis se obtuvo que:

- Se obtuvo un sobrecosto global por mano de obra de S/ 794,532.44 equivalente a un exceso del 19.5% respecto a lo ofertado, resultando en una evidente pérdida por costos de mano de obra durante la construcción.
- De la búsqueda de partidas o grupos de partidas con más incidencia en la resultante pérdida, se encontró que ésta se concentra en las partidas relacionadas al encofrado de superestructuras en Altura Simple y Altura Doble, con unos excesos en el costo de S/ 378,862.30 (+60%) y S/ 417,808.83 (+52%) respectivamente.
- Del análisis de los precios unitarios ofertados para las partidas de encofrado en altura simple y altura doble se encontró que éstos fueron infravalorados, para esta conclusión se comparó estos precios ofertados con los recomendados en la Revista Costos Ed. 270 de setiembre de 2016 y con precios por mano de obra vigentes al momento de la oferta (Abril 2017). Así, y como se aprecia en la Figura 105 los precios unitarios ofertados para estas partidas bordean

los S/ 20.00 aproximadamente, mientras que los propuestos por la revista especializada no son menores a los S/ 31.21. Dicha diferencia general evidencia el elevado porcentaje de diferencia en los resultados de pérdida.

- Esta situación se repite en menor medida en otras partidas analizadas.

Figura 104
Metrado de Estructuras en el Sector 2.

METRADO DE ESTRUCTURAS EN EL SECTOR 2										
TIPO	NIVEL	H/V	A.T. (M2)	SUB ESTRUCTURA	ENCOFRADO (M2)	VOLUMEN (M3)	ACERO (KG)	CUANTÍA (KG/M3)		
DOBLE ALTURA	PISO 3	H	3,186.1	LOSA MACIZA	2,605	399	45,283	113.55		
		V		VIGAS	2,784	541	105,868	195.58	159.82	
	PISO 2	H	3,160.6	COLUMNAS	1,209	7,205	317	21,367	206.22	
		V		MUROS	607		231	21,367	92.39	
	PISO 1	H	3,160.6	LOSA MACIZA	2,609		391	43,598	111.39	
		V		VIGAS	2,689	7,115	520	99,081	190.36	157.03
	SÓTANO 1	H	3,005.3	COLUMNAS	1,209	6,957	317	64,733	204.52	
		V		MUROS	607		231	21,788	94.22	160.42
	MEZANINE	H	213.5	LOSA MACIZA	2,470	29,588	370	41,045	110.80	
		V		VIGAS	2,671	6,957	504	99,212	196.99	163.70
ALTRA SIMPLE	SÓTANO 1	H	3,862.5	COLUMNAS	1,209	1,422	68,825	217.45		
		V		MUROS	675	1,571	402	77,212	191.96	162.23
	SÓTANO 2	H	213.5	LOSA MACIZA	3,467		573	73,398	128.17	
		V		VIGAS	1,969	7,769	339	79,494	234.43	
	SÓTANO 3	H	4,097.9	COLUMNAS	1,658	55,243	402	77,212	191.96	
		V		MUROS	675	1,571	257	24,725	96.28	
	SÓTANO 4	H	4,211.6	R. RECTA D.A.	543		97	13,943	143.66	143.66
		V		R. HELIC. - CURVA	1,505	1,505	246	38,854	158.23	158.23
	SÓTANO 5	H	4,097.9	LOSA MACIZA	3,767		753	64,987	86.25	
		V		VIGAS	1,309	6,842	231	40,231	174.47	124.01
CIMENTACIONES		H	364.0	RAMPA	528	134	22,054	164.87		
		V		MUROS	99	1,423	272	46,512	171.21	
		H	4,211.6	LOSA M. y Ábacos	4,128		1,065	76,239	71.55	
		V		VIGAS	156	1,432	46	8,868	193.84	
		H	338.2	RAMPA	482	25,655	107	20,416	190.82	101.53
		V		MUROS	797	6,056	185	37,658	203.35	
		H	4,211.6	LOSA M. y Ábacos	4,128		1,065	76,239	71.55	
		V		VIGAS	156	1,432	46	8,868	193.84	
		H	338.2	RAMPA	482		107	20,416	190.82	101.61
		V		MUROS	797	6,010	185	37,782	204.02	
		H	4,211.6	LOSA M. y Ábacos	4,128		1,065	76,239	71.55	
		V		VIGAS	156	1,522	46	8,868	193.84	
		H	338.2	RAMPA	482		107	20,416	190.82	114.23
		V		MUROS	1,123	263	64,615	245.69		
		H	216.8	ZAPATAS Y SZ	2,168	4,672	318,568	68.19		
		V		VIGAS DE CIM.	480	155	54,923	354.45	77.38	
			32372 m2	57,891	16,919	2,022,170	119.52			
				4,827	373,491	77.38				

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

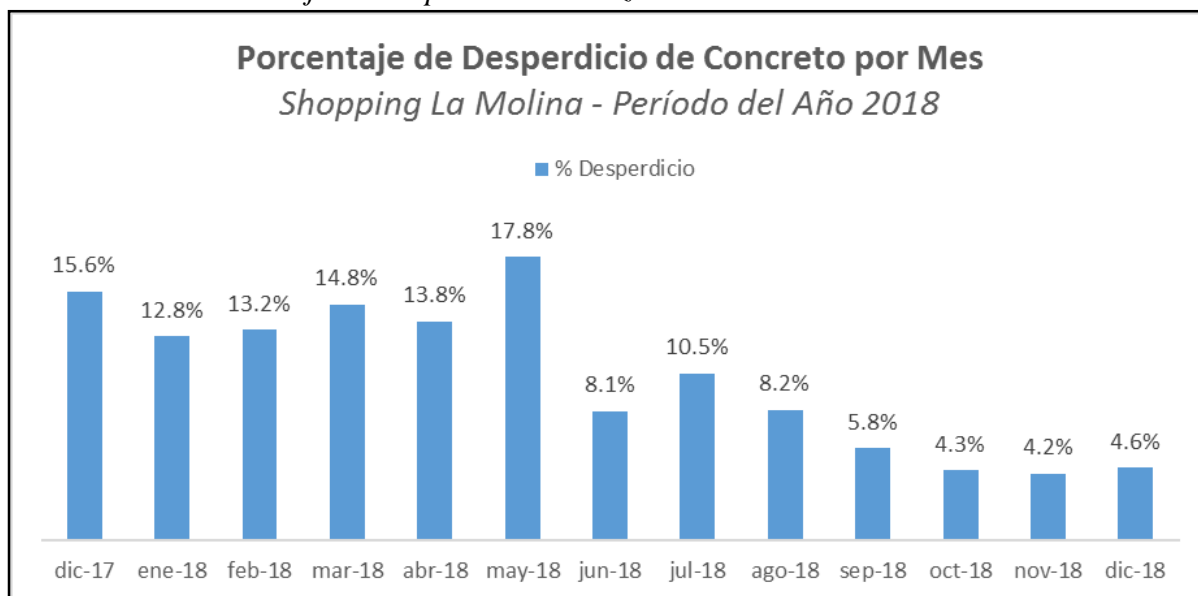
Durante mi estadía en la empresa se me asignó paulatinamente más responsabilidades y recibí la confianza de quien fue mi superior inmediato, el Ingeniero de Producción Hans Rojas Velásquez. Esto sumado al apoyo en equipo con el Área de Calidad y Oficina Técnica permitió a la obra avanzar según lo proyectado por el jefe de producción, independientemente de dificultades ajenas al equipo de trabajo dirigido por el Residente.

Como aportes expongo:

- Reducción del desperdicio de concreto en obra pasando de un promedio de 230 M3/mes (13%) en los 5 meses anteriores a mi ingreso, a nuevos mensuales de 140 M3/ mes (5%) en los 5 meses del año posteriores a mi ingreso al equipo en el mes de Julio del 2018, a pesar del aumento de los volúmenes de concreto solicitados.

Figura 106

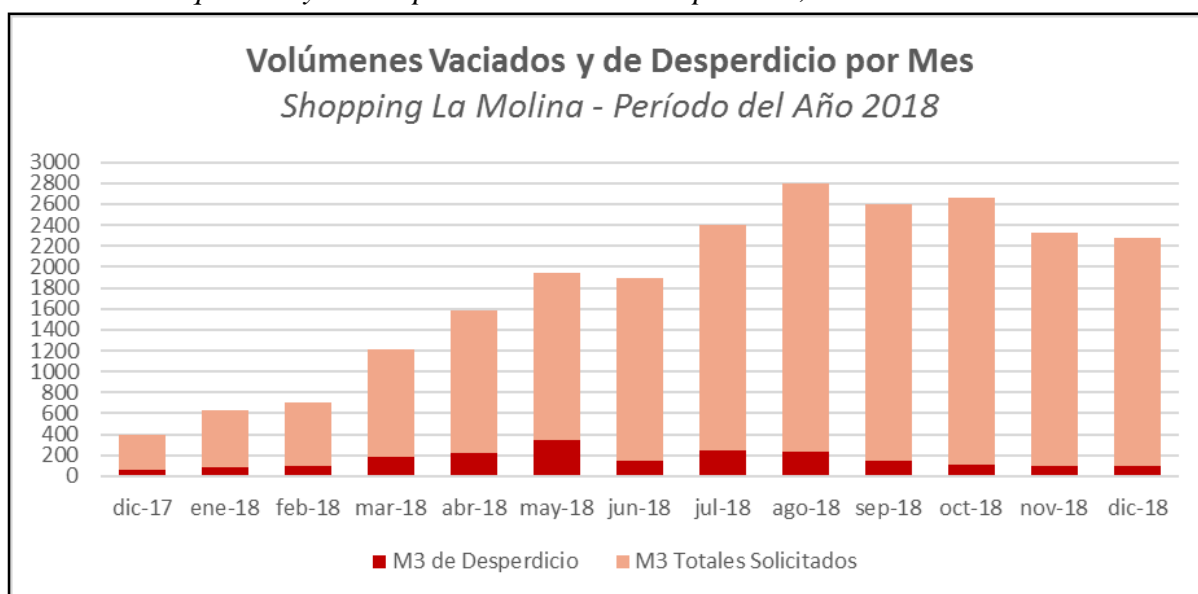
Evolución del Porcentaje de Desperdicio de Mezcla de Obra – Año 2018.



Nota. Fuente: Área de Calidad de la Obra Shopping La Molina.

Figura 107

Volúmenes Adquiridos y de Desperdicio de Concreto por Mes, Año 2018.



Nota. Fuente: Área de Calidad de la Obra Shopping La Molina.

- Encargatura de la producción del Sector 2 de la obra durante la primera quincena del mes de marzo del 2019 por motivo de salida de vacaciones del Ingeniero de Producción, quién depositó su confianza en mi persona ante el Residente de Obra. Durante y finalizado este período recibí felicitaciones por parte del Residente y Jefe de Producción (4 a 16 de marzo de 2019).
- Encargatura de la producción de las Losas Contraterreno del Sector 2. Durante la última fase del proyecto, el Ingeniero de Producción me asignó esta responsabilidad, la cual cumplí por 2 meses hasta la fecha del vaciado del último paño de losa de piso de dicho sector (10 de junio a 3 de agosto de 2019).

El detalle de mis responsabilidades y su aumento a lo largo de mi estadía como asistente de producción de la obra se expone en la siguiente Figura 108.

Figura 108

Evolución de las Áreas y Funciones Desempeñadas por el Autor como Asistente de Producción durante la Ejecución de Estructuras del Sector 2 de la Obra Shopping La Molina - I Etapa.

NOTAS DE TABLA		SUBSECTOR												SUBFASES DE LA EJECUCIÓN DE ESTRUCTURAS DEL SECTOR 2											
Nota 1: Inicio de la ejecución de la Rampa Helicoidal (Subsector 2B).		2A		Séptimo 1.4.3.2 y 1				Ejecución de Pisos 1 y 2				Pantallas				Piso 3									
Nota 2: Aumento del personal a cargo por salida del Ing. Producción de Exc. y M. Pantalla.		2B		Ejecución de la Rampa Helicoidal (Séptimo 1.4.3.2 y 1)				Pisos 1 y 2				Piso 3				Ejecución de Losas Contrarreaso en Séptimo 5									
Nota 3: Culminación de Fase 3 de Eliminación de Materiales (Grúa Grove - Bólide Metálico).		2C		Cimentaciones				Séptimo 1.4.3.2 y 1				Pisos 1 y 2				Piso 3									
Nota 4: Retiro de la ejecución de cimentaciones y sótanos del Subsector 2D.		2D		Cimentaciones				Elim. Mat. Cim.				Séptimo 1.4.3.2 y 2				Rampa Mesana y 566.1 Pisos 1,2 y 3									
Nota 5: Paralización del Subsector 2D por modificación de la Rampa de Mezclaje y Sót. 1.		2E		Cimentaciones				Elim. Mat. Cim.				Séptimo 1.4.3.2 y 2				Rampa Mesana y 566.1 Pisos 1,2 y 3									
Nota 6: Salida del Maestro de Obra del Sector 2.		MES		JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEM.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO									
Nota 7: Ausencia del Ingeniero de Producción del Sector 2 por motivo de vacaciones.		SEMANA		529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541									
Nota 8: Asignación a mi persona para la producción de losas contrarreaso.		ÁREA		FUNCIONES ESPECÍFICAS												NOTA / HITO									
Nota 9: Asignación del Ing. Producción del Sector 2 a la ejecución de EE. M.M. del Sector 1.		OFICINA DE OBRA		Revisión de Planos y Actualizaciones:																					
				Interpretación y validación de detalles de diseño menores en acuerdo con el área de calidad.																					
				Requerimiento de información específica del diseño a oficina técnica o a la supervisión.																					
				Coordinación para la adquisición de servicios: extremos, materiales y herramientas.																					
				Cubijaje de elementos y programación para los distintos tipos de mezcla de concreto en obra.																					
				Selección del método de bombeo y programación del equipo de bombeo en obra.																					
				Coordinación para la adquisición de nuevos tipos de material que se requieran.																					
				Coordinación para la ejecución del acero, encofrado y vaciado de concreto en las estructuras.																					
				Estimación de la duración global de los procesos o fecha potencial de vaciado por cada elemento.																					
				Asignación de capacitaciones y cuadrillas para los procesos.																					
				Seguimiento de los procesos para la liberación de componentes y vaciado de la estructura.																					
				Aseguramiento del flujo continuo de los procesos en cada elemento en ejecución.																					
				Corrección en campo de fallas y retrasos en los procesos de construcción.																					
				Cubijaje efectivo del concreto y su monitoreo durante los vaciados.																					
				Coordinación con el área de calidad para la liberación de estructuras.																					
				Coordinación de itinerario y tiempos de liberación junto con el ingeniero de calidad.																					
				Levantamiento de las observaciones previas hechas por el ingeniero de calidad.																					
				Control de tareas semanal.																					
				Registro de las horas hombre utilizadas diariamente por metro de las partidas en ejecución.																					
				Medrado del avance ejecutado por partidas.																					
				Coordinación con el personal externo asignado para el bombeo de concreto.																					
				Indicaciones para la ruta e instalación de las líneas de tuberías de bombeo.																					
				Seguimiento permanente durante el proceso de bombeo de concreto.																					
				Coordinación con la empresa concretera antes y durante la llegada de mixer a obra.																					
				Modificación de volúmenes, inicio, frecuencia, paralización temporal y/o cancelación de entrega.																					
				Control de la recepción de mixers, maquinaria de bombeo y vehículos de carga.																					
				Confirmación del diseño de mezcla y slump a través de los probetores de obra.																					
				Indicaciones para la entrada o salida de mixers.																					
				Manejo de exteriores para la maniobra ordenada de los vehículos, carga y descarga de materiales.																					
				Coordinación de acciones de la torre grúa del sector 2.																					
				Coordinación para la descarga de materiales llegados a obra y para el vaciado mediante balde.																					
				Coordinación para el movimiento de andamios, materiales de encofrado y acero en la obra.																					
				Coordinación de procedimiento de trabajo y maniobra seguro: al interior y exterior de obra.																					
				Concurrencia con el coordinador de SSTMA (Seguridad y Salud en el Trabajo y Medio Ambiente)																					
				Verificación de condiciones mínimas de seguridad durante los procesos.																					

Nota. Fuente: Elaboración propia en base a los resultados técnicos e historial del proyecto.

IV. CONCLUSIONES

- Desde el comienzo y durante el proyecto se fueron determinando o cambiando procedimientos constructivos según las oportunidades o problemas que se presentaron, buscando la eficiencia de los trabajos, sin embargo en esta obra se llegó a un punto en que el problema imposibilitaba cualquier idea o forma de avance constructivo, este problema basado en la indefinición de los planos de arquitectura para la rampa de salida desde el sótano 1, causó la paralización de dicho subsector por alrededor de un mes y con ello problemas de desequilibrio de mano de obra por frente de trabajo, para la logística del encofrado ya contratado, inestabilidad laboral del equipo profesional de trabajo y demás dificultades para el reinicio de los trabajos que aumentan conforme no se llega a la solución de la indefinición. Por ello es necesario tomar medidas para la mitigación de estos riesgos desde la concepción del contrato de obra, el diseño de los procedimientos de gestión del proyecto, la definición del equipo de trabajo y la asignación de responsabilidades.
- La obra necesitó una variedad de sistemas de encofrado según el nivel, lo cual influyó en las decisiones para el avance eficiente durante el proyecto y provocaron ciertos problemas logísticos de almacenamiento, suministro y devolución que se tradujeron en sobrecostos para esta partida en techos principalmente, por lo cual debe ser tomado como un factor muy importante al momento del diseño del procedimiento constructivo (sectorización, programación, método constructivo o demás) a emplear en el proyecto. Se debe tener en cuenta además la especialización por práctica que alcanzan las cuadrillas de mano de obra cuando se usa un mismo tipo de encofrado por más tiempo y hay menos saltos y regresos entre un tipo de encofrado u otro, más aun teniendo en cuenta como dato estadístico que el costo de mano de obra de encofrado representa el 22% del costo total de un proyecto (*Fuente: "The Concrete Society". Reino Unido*).

V. RECOMENDACIONES

Visto el problema causado por una indefinición de los planos del proyecto, y ante un contrato desfavorable para la contratista, se debe incidir en medidas de mitigación de estos riesgos, que sean aplicables durante la ejecución de la obra tales como la revisión cualitativa de los planos de subsectores o niveles cuyo inicio aún no está en el horizonte cercano de actividades, lo cual requeriría del trabajo de un profesional a tiempo completo. En la actualidad existen metodologías de trabajo que no fueron aplicadas en la obra, tal como el *Building Information Modeling*, que consiste en la evaluación de la edificación a través de su modelado tridimensional al detalle tal cual está siendo diseñado permitiendo la detección de incompatibilidades, y que requiere de profesionales especializados para la gestión de esa información. Cabe resaltar que la Supervisión, la cual también estuvo a cargo parcialmente de la gerencia del proyecto (diseño y entrega de los planos), no realizó ninguna acción para mitigar este riesgo a pesar de su posición, y se limitó a resolver las incompatibilidades en el diseño ya con el frente de trabajo encima previa consulta por parte de la contratista.

- La gran variedad de tipos de encofrado necesario por sector o nivel en un proyecto, debe ser tomado como un factor importante al momento del diseño del procedimiento constructivo, con el objetivo de disminuir los saltos entre un tipo y otro, que afectan la productividad (por corte del proceso de especialización en las cuadrillas) y generan sobrecostos en la gestión logística del material por un mayor gasto en transporte (devolución y retorno a obra del mismo material), tiempo muerto del material al inicio y fin de cada periodo de alquiler, gasto de horas hombre y horas máquina (torre grúa) para el almacenamiento, carga y descarga del material encofrante.

VI. REFERENCIAS

Alimak Group AB (2021). New Equipment.

<https://alimak.com/new-equipment/>

American Society for Testing and Materials International (2006). Standard Specification for Steel Strand. Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete (ASTM A 416/A 416M) (Especificación Normalizada para Torón de Acero de Siete Alambres Sin Recubrimiento para Concreto Preesforzado).

Bazán, E. y Meli, R. (2002). Diseño Sísmico de Edificios. Limusa Noriega Editores, México.

Blanco, A. (1994). Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado.

Capítulo de Ingeniería Civil. Consejo Departamental de Lima.

Brito, R. (2017). Control y seguimiento de los procesos constructivos aplicados a losa flotante y losa postensada para un Edificio empresarial de oficinas, ubicado en la ciudad de Lima. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Archivo digital. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/11999>

Comité Europeo de Normalización (1999). CEN EN 1537 Ejecución de Trabajos Geotécnicos Especiales: Anclajes.

Comité Europeo de Normalización (2000). CEN prEN 10138-3 Prestressing Steels – Part 3: Strand (Acero Pretensado. Parte 3: Cordón).

American Concrete Institute Committee (2002). ACI 336.2R-88 Suggested Analysis and Design Procedures for Combined Footings and Mats.

Concremax. (2015). Concretips: Proceso Constructivo de Muros Anclados.

<http://www.concremax.com.pe/noticia/proceso-constructivo-muros-anclados>.

Geofundaciones (2017). Procedimiento Constructivo de los Muros Anclados.

Goñi, D. y Cáceres, J. (2018). Comparativo técnico-económico de una nave industrial con un sistema de tijerales y de pórticos. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica

- del Perú]. Archivo digital.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/10193>
- JLG Industries (2021). Equipo. Elevadores Motorizados de Pluma.
<https://www.jlg.com/equipment/engine-powered-boom-lifts>
- Manitowoc (2020). Productos. Grúas sobre Orugas con Pluma de Celosía.
<https://www.manitowoccranes.com/es-ES/cranes/manitowoc/crawler-cranes/lattice-boom-crawlers>
- Pomalaza B. (2016). Determinación de los factores de volumen a través del sistema unificado de clasificación de suelos y American Association of State Highway Officials para generar una tabla de conversión volumétrica en movimiento de tierras, Huancayo. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Archivo digital.
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/430>
- Ramos, R. (2015). Propuesta y análisis de alternativas constructivas para la mejora en el acabado de los muros anclados. Caso de proyecto de edificaciones en la ciudad de Lima. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Archivo digital.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6301>
- Rengifo, J. (2015). Muros anclados en arenas, análisis y comparación de técnicas de anclajes. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Archivo digital. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6730>
- Revista Costos (2016). Edición 270 Setiembre.
- Resolución Ministerial N° 406-2018-VIVIENDA, Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (3 de diciembre de 2018).
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Perú.
- Sabatini, P., Pass, D. & Bachus, R. (1999). Ground anchors and anchored systems

(No. FHWA-IF-99-015). United States. Federal Highway Administration. Office of Bridge Technology.

Saucedo, M., Raygada, L. y Matos, G. (2010). Aspectos Constructivos, Consideraciones de Diseño y Monitoreo de Muros Anclados en Excavaciones Profundas. Caso Práctico: Edificio Cipreses Lima. Lima: Pilotes Terratest Perú S.A.C.
<https://www.terratest.cl/wp-content/uploads/2020/02/Pilotes-terratest-Muros-anclados-mariano-saucedo.pdf>

Sky Andamios & Elevadores (2020). Andamio Colgante Eléctrico – Andamio Eléctrico sobre Mástil. <https://www.skypase.com/>

Tello, O. (2015). Apuntes del Curso de Ingeniería Sismorresistente II. Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de Ingeniería Civil.

Terratest. (2019). Anclajes Postensados.

https://www.terratest.cl/pdf/05_catalogo_Anclajes_pilotes_terratest.pdf

Terzagui, K. & Peck, R. (1978). Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica.

Ugaz, J. (2018). Análisis técnico del uso de muros anclados y empotrados para excavaciones profundas en suelos gravosos y rellenos. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. Archivo digital.
http://200.37.102.150/bitstream/USIL/8757/1/2018_Ugaz-Sachez.pdf

Yepes, V. (27 de noviembre de 2014). Antecedentes históricos de la asignatura “Procedimientos de Construcción”. PoliBlogs.

<https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/11/27/antecedentes-historicos-asignatura-procedimientos-construccion/>

Yepes, V. (8 de febrero de 2019). Concepto y Clasificación de los Anclajes. PoliBlogs.

<https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/anclaje/>

Yepes, V. (s.f). PoliBlogs. <https://victoryepes.blogs.upv.es/>

Lista de Tablas

Tabla 1: Principales obras de la empresa en los últimos 5 años.

Tabla 2: Características del Cable o Torón de Acero G270 ASTM A416.

Tabla 3: Características de la Placa o Platina de Apoyo.

Tabla 4: Datos generales para el movimiento de tierras del proyecto.

Tabla 5: Encofrado en Cimentaciones.

Tabla 6: Encofrado en Columnas de Sección Cuadrada.

Tabla 7: Encofrado en Columnas de Sección Circular.

Tabla 8: Encofrado en Placas.

Tabla 9: Encofrado en Losa Maciza y Ábacos - Altura Simple.

Tabla 10: Encofrado en Losa Maciza y Vigas Estándar - Altura Simple.

Tabla 11: Encofrado en Losa Maciza y Vigas Variables - Doble Altura.

Lista de Figuras

- Figura 1.* Plano de Zonificación del distrito de La Molina para el proyecto.
- Figura 2.* Ubicación del proyecto del C.C. Shopping La Molina.
- Figura 3.* Vista aérea de la Obra para la I Etapa del Proyecto, el Supermercado Wong (próxima II Etapa) y el C.C. Molina Plaza, adyacentes a la Av. Raúl Ferrero.
- Figura 4.* Organigrama del Proyecto.
- Figura 5.* Fotografía de la Construcción de la I Etapa del Proyecto: Sector 1 y Sector 2 en cada extremo derecho e izquierdo respectivamente.
- Figura 6.* Sectorización Principal de la I Etapa de la Obra Gruesa del Shopping La Molina.
- Figura 7.* I Etapa del Proyecto: Vista del Sector 1 (izquierda) y Sector 2 (derecha).
- Figura 8.* Fotografía de la Construcción de los 5 Sótanos del Proyecto.
- Figura 9.* Croquis de los Distintos Tipos de Cimentaciones y Estructuras de Sostenimiento Ejecutados para el Proyecto del Shopping La Molina - I Etapa.
- Figura 10.* Croquis en Sótano 3, Típico en Sótanos 4 y 5 de los Distintos Tipos de Estructuras Verticales, Horizontales, Inclinas y de Sostenimiento Ejecutados para el Sector 2 del Proyecto.
- Figura 11.* Croquis en Sótano 1 de los Distintos Tipos de Estructuras Verticales, Horizontales, Inclinas y de Sostenimiento Ejecutados para el Sector 2 del Proyecto.
- Figura 12.* Crujías Formadas por Pórticos y Placas en el Piso 3.
- Figura 13.* Subsector de las Cimentaciones del Proyecto.
- Figura 14.* Subsector de Rampa típica en los Sótanos.
- Figura 15.* Subsector de Techo Típico en los Sótanos 3, 4 y 5.
- Figura 16.* Subsector de Techo Típico en el Sótano 2.
- Figura 17.* Subsector de Techo Típico en el Sótano 1.
- Figura 18.* Subsector de Techo Típico en los Pisos 1, 2 y 3.
- Figura 19.* Caja típica de Ascensor y Escalera en el Piso 4.
- Figura 20.* Faja Transportadora en el Subsector 2D.
- Figura 21.* Fase de Ejecución de Estructuras en Subsector 2D.
- Figura 22.* Sub sectorización de la I Etapa de la Obra Gruesa del Shopping La Molina.
- Figura 23.* Fase 1 del Movimiento de Tierras y Fase 3 de la Construcción por Sectores: Cimentaciones de los Subsectores 2A-2B, Torre Grúa del Sector 2 y Construcción de los Sótanos del Sector 1.
- Figura 24.* Maquinaria Durante la Fase 2 del Movimiento de Tierras.
- Figura 25.* Maquinaria Durante la Fase 3 del Movimiento de Tierras.
- Figura 26.* Torre Grúa Sector 2 sobre Platea de la Rampa.

Figura 27. Bomba TK en Operación en Avenida Raúl Ferrero.

Figura 28. Encofrado de Cimentaciones en Subsector 2C.

Figura 29. Encofrado de Columna Cuadrada.

Figura 30. Encofrado de Columnas Circulares en Piso 3.

Figura 31. Encofrado de Placa en “L” en Piso 1.

Figura 32. Encofrado Losa y Ábacos en Sótano 5.

Figura 33. Encofrado Losa y Vigas Estándar en Sótano 2.

Figura 34. Encofrado Losa y Vigas en Doble Altura.

Figura 35. Excavaciones con Maquinaria Pesada.

Figura 36. Perfilado para la Ejecución de una Zapata Aislada.

Figura 37. Vaciado y “Regleado” de Solado de Zapata.

Figura 38. Topógrafo Trazando Zapata Combinada.

Figura 39. Topógrafo Trazando Zapata Combinada.

Figura 40. Armadura de Columna sobre Parrilla de Zapata.

Figura 41. Colocación del Refuerzo de Viga de Cimentación.

Figura 42. Encofrado de Zapata.

Figura 43. Limpieza de Zapata Previa al Vaciado de Concreto.

Figura 44. Vaciado de Zapata mediante Bomba.

Figura 45. Curado de Zapata mediante Poza de Agua.

Figura 46. Reparación por Cangrejeras en Zapata.

Figura 47. Trazo Topográfico de Columna sobre Losa.

Figura 48. Escarificado de Base para Placa del Piso 1.

Figura 49. Escarificado y Limpieza de M.P. para Columneta.

Figura 50. Perforaciones para Anclaje de Columneta al M.P.

Figura 51. Inyección de Anclajes de Columneta al M.P.

Figura 52. Armado del Refuerzo de Placa en Piso 1.

Figura 53. Encofrado de Placa en Piso 2.

Figura 54. Recubrimiento del Refuerzo con Dados en Columna.

Figura 55. Verificación de la Verticalidad de una Columna.

Figura 56. Vaciado de Tramo de Placa en Sótano 1.

Figura 57. Desencofrado de Placa en Piso 1

Figura 58. Curado de Columna con Aditivo Pulverizado.

Figura 59. Saturación del Concreto Previa a la Reparación.

Figura 60. Trazo de Fondo de Viga en Sótano 1.

- Figura 61.* Encofrado de Fondos de Viga del Techo del Piso 2.
- Figura 62.* Encofrado de Fondos de Losa del Techo del Piso 1.
- Figura 63.* Picado del M.P. para Cajuela del Refuerzo de Viga.
- Figura 64.* Perforaciones para Anclaje del Refuerzo de Losa.
- Figura 65.* Anclajes de Losa Inyectados al Muro Pantalla.
- Figura 66.* Refuerzo de Acero de Vigas.
- Figura 67.* Colocación del Refuerzo de Acero de Losa Maciza.
- Figura 68.* Tubo para Pase Sanitario en Viga.
- Figura 69.* Encofrado de Laterales de Viga en Techo del Piso 1.
- Figura 70.* Corte de Paños de Losa por Banda de Contracción.
- Figura 71.* Encofrado de Corte de Losa y Vigas
- Figura 72.* Nivelación de Encofrado y Contraflechas.
- Figura 73.* Supervisor e Ingeniero de Calidad durante la Liberación del Paño de Losa – Techo del Sótano 2.
- Figura 74.* Ingeniero de Producción durante Vaciado de Losa.
- Figura 75.* Derrame de Mezcla por Abertura en Encofrado de Viga.
- Figura 76.* Suministro de Mezcla para Bombeo hacia la Estructura.
- Figura 77.* Proceso de Acabado Pulido en Losa - Techo del Sótano 5.
- Figura 78.* Curado del Concreto de Losa.
- Figura 79.* Lateral de Viga Desencofrado para su Reutilización.
- Figura 80.* Desencofrado y Reapuntalamiento de Losa en Sótano 1.
- Figura 81.* Retiro del Material de Reapuntalamiento en Sótano 4.
- Figura 82.* Plano de Muretes en Cajuela de Arranque de Rampa Helicoidal.
- Figura 83.* Murete Central Recto en la Cajuela de Arranque de la Rampa.
- Figura 84.* Muretes de Cajuela de Arranque de Rampa Culminados.
- Figura 85.* Paneles Temporales para Trazado del Nivel de Fondo de Rampa en Sótano 3.
- Figura 86.* Instalación de Puntales y Sopandas en Encofrado de Rampa en Sótano 3.
- Figura 87.* Encofrado de Fondo de Rampa Helicoidal en Sótano 3.
- Figura 88.* Vista del Topógrafo (casco blanco) Durante Trabajos de Trazo, y de Barras Curvas de Acero para el Refuerzo Longitudinal de la Rampa.
- Figura 89.* Refuerzo de Acero de Vigas Curvas VR- 01 y 02 en Sótano 3.
- Figura 90.* Armado del Refuerzo de Acero de Losa de un Tramo de Rampa Helicoidal en Sótano 3.

Figura 91. Encofrado de Laterales de la Viga Curva Interna VR-01 en un Tramo de Rampa en Sótano 5.

Figura 92. Encofrado de Laterales de la Viga Curva Externa VR-02 en un Tramo de Rampa en Sótano 3.

Figura 93. Encofrado de Corte de Tramo de Rampa en Sótano 5.

Figura 94. Primer Tramo de Rampa en Sótano 5 Previo a su Liberación.

Figura 95. Supervisor e Ingeniero de Calidad durante la Liberación del Segundo Tramo de Rampa Helicoidal en Sótano 5.

Figura 96. Vaciado por Bombeo de Tramo de Rampa en Sótano 4.

Figura 97. Alisado del Concreto del Primer Tramo de Rampa en Sótano 5.

Figura 98. Acabado Barrido de Tramo de Rampa de Entrada en Sótano 2.

Figura 99. Riego y Reparación de Losa y Vigas de Tramo de Rampa.

Figura 100. Construcción Culminada de Tramo de Rampa en Sótano 4.

Figura 101. Ingenieros Residente y de Producción Evaluando el Acabado de los Primeros Cortes de Bruñado del Primer Tramo de Rampa en Sótano 5.

Figura 102. Cuadro Histórico de Productividad en el Sector 2 de la Obra del C.C. Shopping La Molina.

Figura 103. Cuadro Histórico de Productividad en el Sector 2 de la Obra del C.C. Shopping La Molina – Rendimientos.

Figura 104. Metrado de Estructuras en el Sector 2.

Figura 105. Comparativa de Resultados: Precios por Mano de Obra Reales Vs. Precios por Mano de Obra Contractuales.

Figura 106. Evolución del Porcentaje de Desperdicio de Mezcla de Obra – Año 2018.

Figura 107. Volúmenes Adquiridos y de Desperdicio de Concreto por Mes, Año 2018.

Figura 108. Evolución de las Áreas y Funciones Desempeñadas por el Autor como Asistente de Producción durante la Ejecución de las Estructuras del Sector 2 de la Obra Shopping La Molina – I Etapa.