

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

**OPTIMIZACIÓN DEL COSTO Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL
PROYECTO MULTIFAMILIAR “PASEO LA ARBOLEDA” EN EL DISTRITO DE
SURCO, LIMA.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE **INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

FRANCISCO DAVID GAMARRA MIYÁN

ASESOR:

ING. IVAN BRAGAGNINI RODRIGUEZ

Lima, Febrero de 2021

RESUMEN

El mercado inmobiliario va en aumento debido al elevado déficit de viviendas a nivel nacional. Esto sumado a la dificultad de contar con terrenos adecuados que cuenten con servicios básicos instalados y saneados, generan un aumento en el valor del terreno que se traslada al precio final de los departamentos.

Es importante buscar optimizar los procesos constructivos para poder mejorar los costos finales y poder competir de una manera eficiente en el mercado actual.

En este análisis se comparará un sistema convencional del proceso constructivo del casco de un edificio multifamiliar versus un sistema que incluye concreto hecho en obra y vaciado monolítico (muros y techos), un departamento por día.

El objetivo es lograr una optimización en el costo utilizando estos procesos constructivos “no convencionales”.

Para el análisis de costos se tomará como base el presupuesto y ratios de la primera etapa y con los resultados se podrá proyectar al proyecto completo.

La compra de esta maquinaria y equipos, así como la implementación de los procesos constructivos proyectan generar un ahorro total de 4.03% en el presupuesto total de todo el proyecto (6 etapas). Este ahorro proyectado para todo el proyecto asciende a

S/. 4 337 160.78 y estamos mejorando los ratios de construcción en \$21.27 por m². Esto representa un ahorro considerable para la constructora o en el precio final de los departamentos por parte de la inmobiliaria.

AGRADECIMIENTOS



*A mis padres Cesar y María, por creer en mí siempre y darme lo necesario
para ser una persona de bien.*

*A mi esposa Vania, por ser el soporte y el complemento perfecto
para seguir en la ruta*

*Al Ingeniero Oscar Bravo Puccio, por todas las enseñanzas y brindarme
la oportunidad de crecer en su empresa*

Índice de contenido

1. Generalidades	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Antecedentes.....	2
1.3.1 Proyecto Nuevo Hábitat Comas.....	2
1.3.2 Proyecto Villanova – Etapa 2.....	3
1.4 Alcance.....	4
1.5 Objetivos.....	4
1.6 Metodología.....	4
2. Marco teórico	6
2.1 Proyecto “Condominio Paseo La Arboleda “.....	6
2.2 Características de la Edificación.....	9
2.3 Procesos Constructivos, Definiciones.....	10
2.4 Colocación de Concreto.....	10
2.5 Encofrado de Placas y Losas.....	12
3. Viabilidad y perfil financiero	14
3.1 Perfil Financiero Proyecto “Condominio Paseo La Arboleda”.....	14
3.2 Presupuesto de Construcción Proyecto “Condominio Paseo La Arboleda”.....	17
3.2.1 Metrados Estructuras.....	18
3.2.2 Análisis de Precios Unitarios.....	19
3.2.3 Presupuesto.....	22
4. Análisis de sistemas constructivos “no convencionales”	23
4.1 Sistema de Encofrado Monolítico.....	26
4.1.1 Trazo y Replanteo.....	28

4.1.2	Topes.....	28
4.1.3	Instalación de Mallas de Acero e Instalaciones Eléctricas y Sanitarias.....	29
4.1.4	Montaje del Sistema de Muros.....	29
4.1.5	Tensores de Puertas y Ventanas.....	31
4.1.6	Tensores de Muros y Alineador de CAP.....	31
4.1.7	Montaje del Sistema de Losas.....	32
4.1.8	Apuntalamiento con Losa Puntal.....	33
4.1.9	Instalación Malla de Losa.....	34
4.1.10	Revisión Final del Armado.....	34
4.1.11	Desencofrado.....	35
4.2	Sistema de Concreto Hecho con Planta Dosificadora en Obra.....	36
4.2.1	Llegada de Materiales a Planta.....	42
4.2.2	Control de Calidad de Concreto y Agregados.....	43
4.2.3	Diseño de Mezcla.....	44
4.2.4	Producción de Concreto (Mezclado).....	47
4.2.5	Transporte del Concreto.....	48
4.2.6	Colocación del Concreto.....	49
4.2.7	Vibrado del Concreto.....	50
4.2.8	Curado del Concreto.....	50
5.	Análisis comparativo de costos	52
5.1	Encofrado de Aluminio Monolítico.....	52
5.2	Producción y Colocación de Concreto.....	55
5.2.1	Producción de Concreto.....	55
5.2.2	Colocación de Concreto.....	58
5.3	Comparativos Finales.....	61
5.3.1	Encofrado de Aluminio Monolítico.....	61
5.3.2	Producción de Concreto.....	63
5.3.3	Colocación de Concreto.....	65
5.3.4	Resultados Finales.....	66
6.	Ejecución primera etapa del proyecto	68

6.1 Plan de Obra.....	69
6.1.1 Cronograma de Obra por Hitos.....	69
6.1.2 Planificación Maestra.....	70
6.1.3 Tren de Actividades.....	70
6.2 <i>Last Planner</i> (Último Planificador)	73
6.2.1 <i>Lookahead</i> Plan.....	73
6.2.2 Análisis de Restricciones.....	74
6.2.3 Programación Semanal.....	75
6.3 Ejecución de Obra.....	76
7. Conclusiones y recomendaciones	84
7.1 Conclusiones.....	84
7.2 Recomendaciones.....	85
8. Bibliografía	87
8.1 Fuentes bibliográficas.....	87
8.2 Fuentes de información oficiales.....	87
8.3 Normas y publicaciones.....	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proyecto Nuevo Hábitat Comas (Urbanistas Lat, 2018).....	3
Figura 2 Proyecto Villanova (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento,2018).....	3
Figura 3 Proyecto Condominio Paseo La Arboleda (www.vyv.pe , 2018).....	6
Figura 4 Proyecto Condominio Paseo La Arboleda (Fuente propia).....	8
Figura 5 Proyecto Condominio Paseo La Arboleda Primera Etapa, Sótano (Fuente propia).....	8
Figura 6 Colocación del concreto (Aceros Arequipa,2020).....	11
Figura 7 Colocación del concreto (Fuente propia).....	11
Figura 8 Encofrado de Placas (Guía práctica de encofrados, 2018).....	13
Figura 9 Encofrado de Losas (Peri, 2018).....	13

Figura 10 Terreno (Fuente propia).....	14
Figura 11 Tipología de Departamentos (www.vyv.pe , 2018).....	18
Figura 12 Análisis de Precios Unitarios Concreto (Fuente propia).....	21
Figura 13 Análisis de Precios Unitarios Encofrado (Fuente propia).....	21
Figura 14 Presupuesto de Obra (Fuente propia).....	22
Figura 15 Encofrado Forsa (www.forsa.com.co , 2018).....	26
Figura 16 Sectorización de encofrado (Fuente propia).....	27
Figura 17 Modulación 3D Encofrado (Fuente propia).....	27
Figura 18 Trazo (www.forsa.com.co , 2018).....	28
Figura 19 Trazo (www.forsa.com.co , 2018).....	29
Figura 20 Instalaciones (www.forsa.com.co , 2018).....	29
Figura 21 Montaje de Paneles (Fuente propia).....	30
Figura 22 Corbatas (www.forsa.com.co , 2018).....	30
Figura 23 Tensores en Puertas(www.forsa.com.co , 2018).....	31
Figura 24 Tensores de Muros (www.forsa.com.co , 2018).....	31
Figura 25 Alineador CAP (Fuente propia).....	32
Figura 26 Unión muro-losa (www.forsa.com.co , 2018).....	32
Figura 27 Montaje losa (www.forsa.com.co , 2018).....	33
Figura 28 Losa Puntal (www.forsa.com.co , 2018).....	33
Figura 29 Montaje losa (www.forsa.com.co , 2018).....	34
Figura 30 Instalaciones (Fuente propia).....	34
Figura 31 Encofrado Placas y Losa (Fuente propia).....	35
Figura 32 Desencofrado Paneles (www.forsa.com.co , 2018).....	36
Figura 33 Desencofrado losa (www.forsa.com.co , 2018).....	36
Figura 34 Planta Dosificadora marca Piccini MF 750 CS (www.batchcrete.net.au , 2017).....	38
Figura 35 Mini Cargador (Fuente propia).....	39
Figura 36 Distribución de Planta de Concreto (Fuente propia).....	39
Figura 37 Balde Concretero (Fuente propia).....	40
Figura 38 Torre Grúa (Fuente propia).....	40
Figura 39 Torre Grúa IT tf 105-5 115Lc (www.itcranes.com , 2017).....	41

Figura 40 Agregados (Fuente propia).....	43
Figura 41 Movilización de Agregados (Fuente propia).....	47
Figura 42 Mezclados Agregados (Fuente propia).....	48
Figura 43 Descarga de Concreto (Fuente propia).....	49
Figura 44 Transporte de Concreto (Fuente propia).....	49
Figura 45 Colocación de Concreto (Fuente propia).....	50
Figura 46 Vibrado de Concreto (ACI 309R-05, 2005).....	50
Figura 47 Curado de Concreto (Fuente propia).....	51
Figura 48 Condominio Paseo La Arboleda Primera Etapa (www.vyv.pe , 2018).....	68
Figura 49 Cronograma de Obra por Hitos (Fuente propia).....	69
Figura 50 Planificación Maestra Torres 2 y 3 (Fuente propia).....	70
Figura 51 Sectorización (Fuente propia).....	71
Figura 52 Tren de Actividades por Día (Fuente propia).....	71
Figura 53 Trenes de Trabajo para Torres 2 y 3 Semanas 1 al 9 (Fuente propia).....	72
Figura 54 Trenes de Trabajo para Torres 2 y 3 Semanas del 9 al 17 (Fuente propia).....	73
Figura 55 Lookahead Torres 3 y 2 Semana 32 (Fuente propia).....	74
Figura 56 Análisis de Restricciones (Fuente propia).....	75
Figura 57 Programación Semanal (Fuente propia).....	76
Figura 58 Desencofrado (Fuente propia).....	77
Figura 59 Encofrado (Fuente propia).....	78
Figura 60 Acero en Losa (Fuente propia).....	78
Figura 61 Instalaciones (Fuente propia).....	79
Figura 62 Concreto (Fuente propia).....	79
Figura 63 Concreto en Losa (Fuente propia).....	80
Figura 64 Acabado en Losa (Fuente propia).....	80
Figura 65 Plan Semanal Completado (Fuente propia).....	81
Figura 66 Causas de Incumplimiento (Fuente propia).....	82
Figura 67 Casco Torres 2 y 3 (Fuente propia).....	82
Figura 68 Rendimientos de Encofrado (Fuente propia).....	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de Carga de Diseño.....	9
Tabla 2 Cuadro de Consideraciones Sismo Resistentes.....	9
Tabla 3 Resultado Económico.....	16
Tabla 4 Metrados de Estructuras.....	19
Tabla 5 Requerimiento de Concreto por departamento.....	38
Tabla 6 Programación diaria de actividades.....	42
Tabla 7 Ensayos en Obra.....	43
Tabla 8 Ensayos de Agregados en Diferentes Canteras.....	45
Tabla 9 Ficha Técnica Cemento Sol Tipo I.....	46
Tabla 10 Ficha de diseño de Mezcla de Concreto.....	47
Tabla 11 Costo HH Para 2018-2019.....	53
Tabla 12 Costo 1 Semana x 8 parejas.....	53
Tabla 13 Metrado Encofrado 15 Torres.....	53
Tabla 14 PU Encofrado por m2.....	54
Tabla 15 Costo Implementación Laboratorio de Concreto.....	55
Tabla 16 Costo Operación de la Planta de Concreto.....	56
Tabla 17 Costo Equipamiento para Planta de Concreto.....	56
Tabla 18 Costo Implementación Planta de Concreto.....	57
Tabla 19 Precio Unitario por metro cubico de concreto.....	57
Tabla 20 Precio Unitario por metro cubico de concreto.....	58
Tabla 21 Análisis de Precio Unitario por m3 de Concreto c/Planta.....	58
Tabla 22 Costo de Torre Grúa y Equipamiento.....	59
Tabla 23 Alquiler mensual de Torre Grúa.....	60
Tabla 24 Costo total de Partida Colocación de Concreto.....	60
Tabla 25 Costo Unitario de Colocación de Concreto.....	61
Tabla 26 Costo Unitario del Encofrado del Presupuesto.....	62
Tabla 27 Comparativo Costo Unitario de Encofrado.....	62
Tabla 28 Costo Total Encofrado del Presupuesto.....	62

Tabla 29 Comparativo Costo Total Encofrado.....	63
Tabla 30 Costo Total del Concreto del Presupuesto.....	63
Tabla 31 Comparativo Costo Unitario de Concreto.....	64
Tabla 32 Costo Total Concreto del Presupuesto.....	64
Tabla 33 Costo Total Concreto hecho en Obra.....	64
Tabla 34 Comparativo Costo Total Concreto.....	65
Tabla 35 Costo Total Colocación de Concreto.....	65
Tabla 36 Costo Total Compra de Torre Grúa.....	66
Tabla 37 Ahorro Total Proyectado 6 Etapas.....	67
Tabla 38 Comparativo de Ratios Presupuesto 1ra ETAPA.....	67
Tabla 39 Programación Diaria de Actividades.....	77



1 Generalidades

1.1 Introducción

El mercado inmobiliario va en aumento debido al elevado déficit de viviendas a nivel nacional, según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) la demanda potencial para niveles socioeconómicos B, C y D en Lima y Callao para el 2018 era de 579 mil viviendas mientras que la demanda efectiva fue de 99 mil. (p. 12)

Esto sumado a la dificultad de contar con terrenos adecuados que cuenten con servicios básicos instalados y saneados, generan un aumento en el valor del terreno que se traslada al precio final de los departamentos. Es importante buscar optimizar los procesos constructivos para poder mejorar los costos finales y poder competir de una manera eficiente en el mercado actual.

En este análisis se compara un sistema convencional del proceso constructivo del casco de un edificio multifamiliar versus un sistema “no convencional” que incluye concreto hecho en obra, realizado con planta propia, y vaciado monolítico (muros y losas), a una velocidad de un departamento por día.

Estos procesos de optimización son posibles gracias a la uniformización de la arquitectura de los departamentos, al tener trabajos repetitivos se consigue uniformizar procesos y encontrar las máximas eficiencias.

El presente trabajo tiene como finalidad comparar los costos de construcción con ambos sistemas y luego verificar si se cumplieron en la ejecución de la primera etapa del proyecto.

1.2 Justificación

Este trabajo está orientado a los proyectos de vivienda masiva, como optimizar los procesos constructivos de tal manera de ser eficientes. La correcta planificación y construcción de estos

proyectos son cada día más exigentes y el mercado inmobiliario exige ser cada vez ser más competitivos. Se analizará y optimizarán las partidas que más impactan en el presupuesto de obra de tal manera que el ahorro sea significativo y se pueda estandarizar estos procesos constructivos para fomentar su uso en este tipo de proyectos.

1.3 Antecedentes

Es importante decir que para tomar la decisión de usar diferentes procesos constructivos en determinadas partidas primero se recogieron experiencias de otros proyectos para poder entender cuáles eran todos los alcances que se deberían tomar en cuenta. Esta toma de data consistió en visitar proyectos similares en la ciudad de Lima y recoger la información tanto del personal técnico de obra como del área de Control. En estas visitas se observaron las ventajas y restricciones que existían.

Específicamente se visitaron proyectos que estaban usando el encofrado monolítico y que estaban produciendo concreto en obra, con planta propia.

1.3.1 Proyecto Nuevo Hábitat Comas (Collique)

Este proyecto fue desarrollado por el Consorcio Collique, integrados por Graña y Montero (GyM) y Besco con una inversión aproximada de 500 millones de dólares en 5 años.

Con un total de 22 500 viviendas se orienta este proyecto a poder atender los sectores C, D y E, los cuales tienen un déficit de vivienda tal como se indica al inicio del presente trabajo.

El área total para el desarrollo del proyecto es de 600 mil metros cuadrados aproximadamente y son del programa Techo Propio, que recibe el subsidio del Bono Familiar Habitacional.



Fig. 01 – Proyecto Nuevo Hábitat Comas (Urbanistas.
Lat., 2018)

1.3.2 Proyecto Villanova – Etapa 2 (Callao)

Proyecto de vivienda masiva ejecutado por la Constructora Cumbres Villanova SAC que consta de 6 edificios con un total de 538 departamentos en 21 meses de duración.

El área del terreno es 36 747 metros cuadrados y el proyecto está destinado a sectores C, D y E.



Fig. 02 – Proyecto Villanova- (Ministerio de Vivienda,
Construcción y Saneamiento, 2018)

1.4 Alcance

Este trabajo presenta un planteamiento comparativo entre sistemas constructivos para viviendas masivas multifamiliares. Vamos a comparar partiendo de un proceso constructivo convencional, que es el más utilizado actualmente en el mercado, y su costo versus un sistema constructivo optimizado “no convencional”, en el caso de las partidas más incidentes.

Para este análisis tomaremos en cuenta el presupuesto de obra, cronograma, tren de actividades, *lookahead* y plan semanal.

1.5 Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es demostrar la optimización de los costos de los procesos “no convencionales” y sus ventajas constructivas, esto aplicado en proyectos de vivienda masiva con una arquitectura repetitiva. Al final se podrá comparar las ratios de los costos de los proyectos convencionales versus los “no convencionales”.

El objetivo secundario es describir los procesos constructivos “no convencionales”, identificar sus características y las ventajas y desventajas de estos.

1.6 Metodología

En primer lugar, revisaremos el perfil financiero desde el punto de vista inmobiliario para definir las ratios de este tipo de proyecto. Luego revisaremos el presupuesto con procesos constructivos convencionales.

Con esta información, revisaremos las partidas más incidentes, que serán las que analizaremos con un nuevo análisis de precios unitarios (definidos los nuevos procesos constructivos).

Ya teniendo un nuevo presupuesto vamos a comparar ambos ratios para verificar en costos la eficiencia de los nuevos procesos constructivos.

Finalmente se revisará la construcción de la primera etapa para verificar que los procesos nuevos funcionan y se llegue a los ratios esperados.



2 Marco teórico

2.1 Proyecto “Condominio Paseo La Arboleda ”

El conjunto Residencial de Vivienda denominado “Condominio Paseo La Arboleda “ubicado en Jr. Combate de Angamos 542 entre la Prolongación Jr. Peña Rivera y Calle San Borja en el distrito de Santiago de Surco, provincia y departamento de Lima, con un área total de 11,172.28 m² trata de la edificación de 15 edificios de viviendas. Los edificios constan de 9 pisos más un semisótano, 4 niveles de estacionamientos. En total tenemos 614 departamentos y 438 estacionamientos.

Se cuenta con Casetas de Vigilancia con baño, Cuartos de Acopio de basura, Salas de Usos Múltiples, baños para hombres y mujeres, salas de recreaciones, y zonas de parrillas, así como un área destinadas para jardines.



Fig. 03 – Proyecto Condominio Paseo La Arboleda (www.vyv.pe, 2018)

El Proyecto “Condominio Paseo La Arboleda” está dividido en seis etapas, la primera etapa del proyecto está compuesta de tres edificios de vivienda; denominados:

Edificio “1” que consta de 9 pisos y 1 semisótano, los cuales tienen la siguiente distribución:

- Semisótano: 02 departamentos
- Piso 1: 05 departamentos
- Piso 2 al 9: 06 departamentos por piso.

Edificio “2 y 3” que consta de 9 pisos y 1 semisótano, cada uno, los cuales tienen la siguiente distribución:

- Semisótano: 04 departamentos
- Piso 1 al 9: 04 departamentos por piso.

Los estacionamientos constan de cuatro niveles de sótanos y un cuarto de bombas, independientes a los edificios.

- Sótano 1: Estacionamiento de vehículos, cuarto de basura, cuarto de grupo electrógeno y cuarto de extracción de monóxidos.
- Sótano 2: Estacionamiento de vehículos y un depósito.
- Sótano 3: Estacionamiento de vehículos y un cuarto de extracción de monóxidos.
- Sótano 4: Estacionamiento de vehículos, un depósito y un cuarto de cámara de desagüe.
- Cuarto de bombas: Cuenta con un pozo sumidero y cuatro cisternas; dos de consumo doméstico, una para riego de áreas verdes y una para uso contraincendios. Las cuales tienen sus respectivas bombas.



Fig. 04 – Proyecto Condominio Paseo La Arboleda (Fuente propia)

El proyecto cuenta con un ingreso peatonal principal y un ingreso vehicular para estacionamiento en sótanos ubicados en la calle San Borja, desde donde se accede a los edificios ubicados en el interior. Un ingreso vehicular de emergencia a nivel de la calle para su fácil acceso, ubicado en la prolongación Jr. Peña Rivera. Además, se han planteado áreas verdes adyacentes a los edificios.

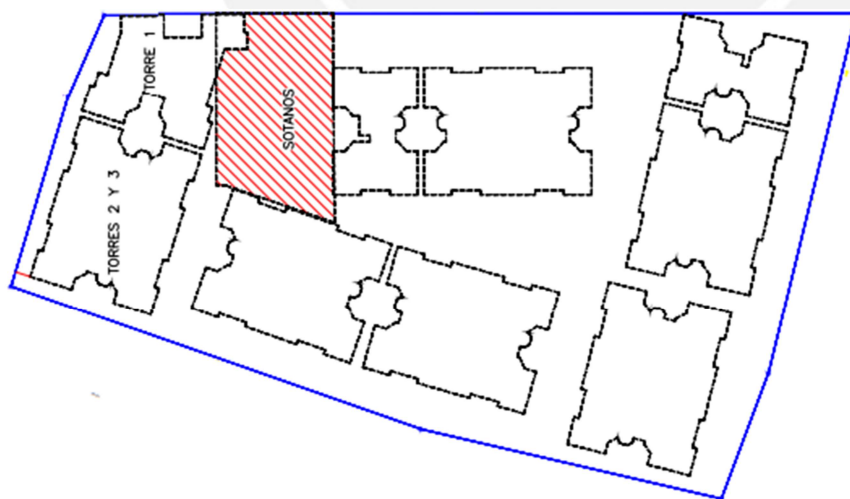


Fig. 05 – Proyecto Condominio Paseo La Arboleda Primera Etapa, Sótanos (Fuente propia)

2.2 Características de la Edificación.

El diseño estructural fue realizado por la empresa “Prisma Ingeniería”, con más de 25 años de experiencia desarrollando proyectos de vivienda, conjuntos habitacionales y megaproyectos.

Para el análisis estructural, se han considerado cargas de gravedad y cargas sísmicas.

El edificio de la “Torre 1” está estructurado con el sistema de muros portantes de concreto armado, los cuales poseen espesores de 15, 20 y 25 cm, y una losa pos tensada de 12 cm de espesor.

Los edificios de la “Torre 2 y 3”, están estructurados con el sistema de muro portantes de concreto armado, los cuales poseen espesores de 10, 15 y 20 cm, y una losa maciza de 12 cm de espesor.

Los edificios 1, 2 y 3, poseen una adecuada densidad de muros en ambas direcciones teniendo una alta rigidez y por lo tanto un excelente comportamiento ante cargas sísmicas.

La estructura de los sótanos de estacionamientos, están estructurados con el sistema a porticado de concreto armado. Los cuales poseen placas, columnas y vigas, con losas 20 cm de espesor.

Tabla 01

Cuadro de Carga de Diseño

CARGAS VIVAS (REGLAMENTO E-0.20)	
DEPARTAMENTOS	200 kg/m ²
CORREDORES Y ESCALERAS	200 kg/m ²
ESTACIONAMIENTOS	250 kg/m ²
DEPOSITOS	400 kg/m ²
CUARTOS DE MAQUINA	1000 kg/m ²

Fuente: Expediente Técnico del Proyecto “Condominio Paseo La Arboleda”

Tabla 02

Cuadro de Consideraciones Sismo Resistentes

CONSIDERACIONES SISMO RESISTENTES	
SISTEMA ESTRUCTURAL	En XX: Muros de Concreto Armado (Placas) - $l_a=1,00$ $l_p=0,85$
	En YY: Muros de Concreto Armado (Placas) - $l_a=1,00$ $l_p=0,85$
PARAMETROS DE FUERZA SISMICA	$Z=0.45$, $U=1.0$, $S=1.0$, $T_p=0.4\text{seg}$, $T_L=2.5$, $R_x=5.1$, $R_y=5.1$
DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS:	
AZOTEA	$D_x=8.76\text{ cm}$ $D_y=4.45\text{ cm}$
RELATIVO DE ENTREPISOS	$Dr_x=0.0051\text{ hei}$ $Dry=0.0030\text{ hei}$

Fuente: Expediente Técnico del Proyecto “Condominio Paseo La Arboleda”

La cimentación para los bloques de esta Etapa son plateas que se encuentran a nivel del 1er piso del proyecto apoyadas sobre un relleno controlado de alrededor de 4m de altura de manera que este llegue hasta el estrato de grava del terreno. La cimentación de los sótanos (Estacionamientos) es también una platea, pero a nivel del 4to sótano, por lo que esto no necesitara relleno controlado por ingeniería. El resto de elementos de sótano como placas y columnas de sótano se cimentarán por medio de zapatas aisladas con una profundidad de cimentación de 1.20m medida desde el nivel del ultimo sótano.

2.3 Procesos Constructivos, Definiciones.

Para el presente trabajo se tomó en cuenta las partidas que más inciden en el costo para la etapa de la construcción del casco estructural. Estas partidas son:

- Colocación de Concreto.
- Encofrado de placas y losas.

Estas dos partidas fueron analizadas y presupuestadas de manera convencional para luego plantear la optimización del proceso constructivo que permitiría bajar los costos considerablemente.

2.3.1 Colocación de Concreto

La partida Colocación de Concreto la podemos definir como “el vertido o colocación de concreto fresco en el sitio donde ha de endurecer; incorrectamente llamado verter” (*American Concrete Institute* [ACI],1985, p. 28) El concreto es un material compuesto constituido por un material cementante, agua y agregado. El cemento, una vez hidratado genera la adhesión química entre los componentes.

Para un correcto colocado del concreto se debe contar con una mezcla homogénea, equipos de colocación limpios, planteamiento de ruta de vaciado, etc.



Fig. 06 – Colocación del concreto (Aceros Arequipa,2020)

Para verificar el estado homogéneo del concreto se debe evaluar la apariencia y el *slump* (consistencia). Uno de los problemas más frecuentes en el concreto es la segregación (separación del agregado de la pasta cemento).

Para transportar el concreto se utilizan diferentes opciones, estas dependen de las características del concreto y la disponibilidad en obra.

La más comunes es utilizar camiones mezcladores (mixers), bombas de concreto, torres grúas etc. Lo importante es garantizar que la calidad del concreto que sale del mixer debe ser igual al que entra a la estructura.



Fig. 07 – Colocación del concreto (Fuente propia)

Se debe tener en cuenta la consolidación del concreto (vibrado), que se define según el ACI 116 (2009), como el “proceso de inducir una disposición más próxima de las partículas sólidas del concreto o mortero fresco durante su colocación mediante la reducción de los vacíos” (p. 29). Con este proceso se busca remover la mayor cantidad de aire atrapado de la manera más práctica y efectiva para lograr la máxima densidad.

Finalmente es importante curar el concreto durante 7 días para contribuir al desarrollo de la resistencia del concreto endurecido, ya sea humedeciendo los elementos con agua o utilizando curadores químicos.

2.3.2 Encofrado de Placas y Losas

Según el ACI 116 (2009), el encofrado se define como el “molde hecho de madera o metal que se utiliza para contener el concreto y darle forma hasta que se haya endurecido o fraguado”. (p. 39)

La partida de Encofrado para cualquier elemento se iniciará habilitando las planchas de madera o con el alquiler de las planchas metálicas, dependiendo del tipo de encofrado.

Esta estructura se coloca alrededor de las armaduras de acero haciendo la forma de la estructura que se vaciará.

Tenemos dos tipos de encofrado, encofrados de elementos verticales (columnas y placas) y horizontales (vigas y losas)

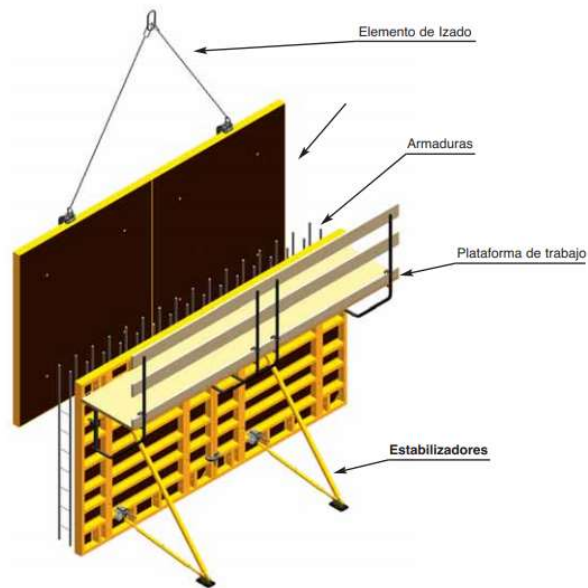


Fig. 08 – Encofrado de Placas (Guía práctica de encofrados, 2018)

Y para el encofrado de Horizontales tenemos el siguiente sistema:



Fig. 09 – Encofrado de Losas (Peri, 2018)

3 Viabilidad y perfil financiero

3.1 Perfil Financiero Proyecto “Condominio Paseo La Arboleda”.

Para la elaboración de un Proyecto inmobiliario es necesario realizar un buen estudio de viabilidad, que sea confiable y preciso. Para ello se debe tomar la siguiente información:

- Costo del terreno
- Parámetros Urbanísticos
- Unidades Inmobiliarias
- Costo total de la obra
- Costos Indirectos
- Financiamiento

Luego es importante la elección del terreno de acuerdo al Proyecto Inmobiliario que estamos elaborando. Algunos de los parámetros para esta etapa son la ubicación del terreno, el área, el precio y por último el precio del metro cuadrado en la zona.

A continuación, se solicitan los parámetros de diseño de construcción sobre el predio urbano (Parámetros Urbanísticos) para poder elaborar y presentar el anteproyecto (características del proyecto). Paralelamente se puede ir elaborando el Estudio de Suelos para poder conocer las características del suelo y el diseño de la cimentación.



Fig. 10 – Terreno (Fuente propia)

Con toda esta información se elabora un Presupuesto con estimaciones de precios por metro cuadrado (ratios), es importante que estos ratios estén dentro de la media del mercado. De la misma manera se establece un plazo y se elabora un cronograma valorizado.

En esta etapa se elabora el Diseño arquitectónico que cumpla con los requisitos y necesidades del cliente objetivo teniendo en cuenta el precio, área y ubicación.

Es necesario realizar un análisis comercial, se debe estudiar la zona donde se ejecutará el proyecto:

- Estudio de Mercado
- Análisis de Entorno
- Análisis FODA
- Estrategias de Comercialización
- Análisis de la Competencia

En la parte final de este estudio se debe efectuar un Análisis Financiero completo para evaluar su viabilidad, algunos de los parámetros que se evalúan son los siguientes:

- Ingresos; Unidades inmobiliarias, de estacionamientos y depósitos.
- Egresos; Costo del terreno, construcción, gastos indirectos.
- Rentabilidad; análisis de flujos de caja de ingresos y egresos del proyecto. Se debe evaluar la Rentabilidad de acuerdo a los siguientes rangos:
 - **Rentabilidad Alta;** mayor igual a 16%
 - **Rentabilidad Adecuada;** entre 10% - 15%
 - **Rentabilidad Baja;** entre 8% - 9%
 - **Rentabilidad Muy Baja;** menor a 7%
- Punto de Equilibrio; puntos críticos del proyecto.
- Financiamiento.

- Análisis de Sensibilidad; comportamiento del proyecto en escenarios conservador, optimista o pesimista.

Con esta información se elaboró la siguiente tabla para poder obtener el Resultado Económico para el Proyecto Condominio Paseo La Arboleda.

Tabla 03
Resultado Económico

EGRESOS		Total (S/.) (inc. IGV)
Terreno		S/3.385.372
Costos de habilitación urbana		S/1.993.845
Costos de construcción		S/25.716.437
Conexión de servicios		S/186.721
Costos de desarrollo de proyecto		S/1.287.633
Gastos indirectos		S/2.425.975
	Gerencia de proyectos	S/2.109.534
	Gastos administrativos	S/221.941
	Gasto Fideicomiso	S/94.500
Gastos municipales		S/475.865
	Pre-Construcción	S/242.740
	Post-Construcción	S/233.125
Costo de publicidad y ventas		S/2.730.168
	Publicidad (**)	S/1.857.589
	Gerencia de ventas	S/872.580
Otros Varios		S/135.721
Gastos Financieros		S/144.816
	Costo financiero - Línea Promot	S/0
	Costo financiero - Puente	S/144.816
Total Egresos		S/38.482.553

INGRESOS		Total (S/.) (inc. IGV)
Venta de Departamentos		S/41.562.202
Venta de Estacionamientos		S/2.725.000
Total Ingresos		S/44.287.202

ESTADO DE GANANCIAS Y PERDIDAS		Total (S/.) (inc. IGV)
Ingresos		S/44.287.202
Egresos		S/38.482.553
Utilidad Bruta		S/5.804.648
Reintegros		S/416.719
	Reintegro por Interes	S/144.816
	Reintegro por Habilitación Urba	S/271.903
Utilidad Bruta + Reintegros		S/6.221.368
Margen Bruto		14,05%

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Presupuesto de Construcción Proyecto “Condominio Paseo La Arboleda”.

Después del análisis y viabilidad del proyecto inmobiliario viene la etapa de elaborar el Presupuesto de Obra (costo de la construcción), para poder realizarlo se debe contar con toda la información del mismo, tales como:

- Planos Especialidades;
 - Arquitectura
 - Estructuras
 - Instalaciones Eléctricas
 - Instalaciones Sanitarias
 - Instalaciones Mecánicas
 - Instalaciones de Gas
 - Ascensores
 - Indeci
- Especificaciones Técnicas
- Memoria Descriptiva
- Cuadro de Acabados
- Absolución de Consultas



Fig. 11 – Tipología de Departamentos (www.vyv.pe, 2018)

3.2.1 Metrados Estructuras

Los Metrados son, según la *Norma Técnica Metrados para obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas (2010)*, “los cálculos o la cuantificación por partidas de la cantidad de obra a ejecutar”. (p. 05), a su vez se denomina partida a cada uno de los rubros o partes en que se divide convencionalmente una obra para fines de medición, evaluación y pago.

Para realizar un buen metrado de obra se recomienda lo siguiente:

- Estudio integral de los planos de especialidades y Especificaciones Técnicas.
- Utilizar una correcta relación de partidas, según Norma Técnica de Metrados para Obras de Edificaciones y Habilitaciones Urbanas.
- Precisar la zona de metrados.
- Orden.
- Llevar un registro visual (con colores) para distinguir y poder revisar los elementos que se están cuantificando.

Es primordial la identificación de las partidas para poder armar una estructura del metrado, para el caso del proyecto “Condominio Paseo la Arboleda” se registraron las siguientes partidas o “Cuerpo del Presupuesto” para las Estructuras en la siguiente tabla:

Tabla 04
Metrados de Estructuras

Metrados Estructuras		
Presupuesto : Condominio Paseo La Arboleda Primera Etapa		Fecha : 06/11/17
Subpresupuesto : 003 ESTRUCTURAS TORRE		
Cliente : Inmobiliaria Naranjuelo S.A.C.		
Lugar : Jr. Combate de Angamos 596 - Santiago de Surco		
Construye : Constructora VyV Bravo S.A.C.		
ESTRUCTURAS TORRE		
CONCRETO ARMADO		
PLACAS		
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, PLACAS f'c=210 kg/cm2	m3	1.990,20
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA PLACAS	m2	26.227,00
ACERO FY= 4200 kg/cm2	kg	170.296,98
CURADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EXPUESTOS	m2	26.227,00
MUROS (ZONA LOSA POST TENSADA)		
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, MUROS f'c=210 kg/cm2	m3	363,20
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA COLUMNAS	m2	3.929,37
ACERO FY= 4200 kg/cm2	kg	31.961,88
CURADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EXPUESTOS	m2	3.929,37
VIGAS (LOSA POST TENSADA)		
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, VIGAS f'c=210 kg/cm2	m3	20,31
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA VIGAS	m2	207,55
ACERO FY= 4200 kg/cm2	kg	6.367,56
CURADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EXPUESTOS	m2	207,55
LOSAS MACIZAS E= 12 CM		
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS MACIZAS f'c=210 kg/cm2	m3	814,38
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA LOSA MACIZA	m2	6.786,50
ACERO FY= 4200 kg/cm2	kg	60.177,39
CURADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EXPUESTOS	m2	6.786,50
LOSAS POSTENSADAS E= 12 CM		
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS MACIZAS f'c=210 kg/cm2	m3	314,56
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA LOSA MACIZA	m2	2.835,42
ACERO FY= 4200 kg/cm2	kg	36.730,50
CURADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EXPUESTOS	m2	2.835,42
POSTENSADO DE LOSA (VSL)	m2	2.835,42
LOSAS MACIZAS E= 15 CM SUM		
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS MACIZAS f'c=210 kg/cm2	m3	15,14
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA LOSA MACIZA	m2	99,82
ACERO FY= 4200 kg/cm2	kg	893,94
CURADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EXPUESTOS	m2	99,82
ESCALERAS		
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I PARA ESCALERAS f'c=210 kg/cm2	m3	45,72
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN ESCALERA	m2	433,04
ACERO FY= 4200 kg/cm2	kg	3.238,77
CURADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EXPUESTOS	m2	433,04

Fuente: Metrados del Presupuesto “Condominio Paseo La Arboleda”

3.2.2 Análisis de Precios Unitarios

Revisaremos los análisis de precios unitarios más incidentes en la conformación de un presupuesto de construcción en la etapa de Estructuras, estas son;

- Colocación de Concreto en Losas y Placas
- Encofrado y Desencofrado de Losas y Placas

Colocación de Concreto

El Proyecto “Condominio Paseo La Arboleda” está compuesto estructuralmente por un sistema de Muros Portantes de concreto armado con espesores entre 10 y 20 cm, y una Losa maciza de 12 cm de espesor.

El siguiente es un análisis convencional de la partida de Colocación de Concreto Armado Pre Mezclado para Placas, Losas Macizas y Escaleras realizado con precios y rendimientos de mercado.

Para la colocación del concreto se consideró servicio de Bomba con equipo TK y tuberías.

Análisis de precios unitarios							
Presupuesto	0102025	CONDOMINIO PASEO LA ARBOLEDA ETAPA I				Fecha	25/10/2017
Subpresupuesto	004	ESTRUCTURAS TORRE					
Partida	01.01.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO. CEMENTO TIPO I. PLACAS f'c=210 kg/cm2				Costo unitario directo por : m3	S/. 298,11
Rendimiento	m3/DIA	MO. 25,0000	EQ. 25,0000				
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	2,0000	0,6400	21,88	14,00
0101010005	PEON		hh	2,0000	0,6400	15,96	10,21
							24,21
	Materiales						
02190100010010	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm2		m3		1,1000	215,00	236,50
							236,50
	Subcontratos						
04040200030001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO		m3		1,1000	34,00	37,40
							37,40
Partida	01.01.04.01	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS MACIZAS f'c=210 kg/cm2 CON SERVICIO DE BOMBA				Costo unitario directo por : m3	S/. 295,45
Rendimiento	m3/DIA	MO. 30,0000	EQ. 30,0000				
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	2,0000	0,5333	21,88	11,67
0101010005	PEON		hh	5,0000	1,3333	15,96	21,28
							32,95
	Materiales						
02190100010039	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm2 LOSA MACIZA		m3		1,0500	216,00	226,80
							226,80
	Subcontratos						
04040200030001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO		m3		1,0500	34,00	35,70
							35,70

Partida	01.01.07.01	CONCRETO PREMEZCLADO PARA ESCALERAS f'c=210 kg/cm2 CON SERVICIO DE BOMBA				Costo unitario directo por : m3	S/. 292,77
Rendimiento	m3/DIA	MO. 20,0000	EQ. 20,0000				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	2,0000	0,8000	21,88	17,50	
0101010005	PEON	hh	2,0000	0,8000	15,96	12,77	
						30,27	
Materiales							
02190100010037	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm2 VIGAS	m3		1,0500	216,00	226,80	
						226,80	
Subcontratos							
04040200030001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m3		1,0500	34,00	35,70	
						35,70	

Fig. 12 – Análisis de Precios Unitarios Concreto (Fuente propia)

Encofrado y Desencofrado

Para la partida de Encofrado y Desencofrado se cotizó con algunos sub contratistas que trabajan habitualmente con la empresa, así como una verificación de los costos con los precios del mercado. Estos fueron los precios que se consideraron en el presupuesto.

Análisis de precios unitarios							
Presupuesto	0102025	CONDominio PASEO LA ARBOLEDA ETAPA I				Fecha	25/10/2017
Subpresupuesto	004	ESTRUCTURAS TORRE					
Partida	01.01.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO MUROS Y PLACAS				Costo unitario directo por : m2	S/. 32,00
Rendimiento	m2/DIA	MO. 11,9556	EQ. 11,9556				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontratos							
0405020002	SC ENCOFRADO DE MUROS	m2		1,0000	32,00	32,00	
						32,00	
Partida	01.01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA LOSA MACIZA				Costo unitario directo por : m2	S/. 34,00
Rendimiento	m2/DIA	MO. 14,9831	EQ. 14,9831				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontratos							
0405010009	SC ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA LOSA MACIZA	m2		1,0000	34,00	34,00	
						34,00	
Partida	01.01.07.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN ESCALERA				Costo unitario directo por : m2	S/. 45,00
Rendimiento	m2/DIA	MO. 7,4629	EQ. 7,4629				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontratos							
0405010010	SC ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA ESCALERA	m2		1,0000	45,00	45,00	
						45,00	

Fig. 13 – Análisis de Precios Unitarios Encofrado (Fuente propia)

3.2.3 Presupuesto

Ya con los metrados completos del proyecto y los análisis de precios unitarios de todas las partidas, se procedió a elaborar el presupuesto de obra.

Este presupuesto está compuesto de:

Costos Directos; la suma de materiales, mano de obra y equipos necesarios para realizar un proceso productivo.

Costos Indirectos; la suma de gastos técnico-administrativos necesarios para la realización de un proyecto. Cabe resaltar que el monto de “Gastos Generales” esta expresado como porcentaje pero que en realidad tiene un análisis propio con el monto indicado.

PRESUPUESTO CONDOMINIO LA ARBOLEDA ETAPA I		
		Costo S/.
Obras Provisionales		1.769.632,25
Seguridad y Salud		454.746,45
Estructura Sótano		2.414.117,04
Estructura Torre		5.594.635,94
Acabados		3.652.062,38
Instalación Eléctrica		1.878.964,05
Instalación Sanitaria		912.937,81
Agua Contra incendio		282.986,67
Gas		332.520,00
Extracción de Monóxido		321.975,55
Equipamiento		1.169.458,23
Costo Directo		S/ 18.784.036,36
Gastos Generales	9,11%	S/ 1.711.936,36
Utilidades	3,56%	S/ 669.346,47
Sub Total		S/ 21.165.319,19
	IGV	S/ 2.905.883,13
Total		S/ 24.071.202,32
Ratio		S/ 1.647,51
Ratio		\$503,36

Fig. 14 – Presupuesto de Obra (Fuente propia)

4 Análisis de sistemas constructivos “no convencionales”

Para poder mejorar la rentabilidad de un proyecto, visto desde el punto de vista del constructor, es necesario optimizar los procesos productivos, medida que impacta directamente en el costo. Unas de las principales pérdidas de los procesos productivos son los trabajos no contributivos (actividades que no generan valor, que no son necesarias y tienen un costo) y los trabajos contributivos (trabajos de apoyo que debe de ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo) tales como transporte manual, trabajos lentos, limpieza, instrucciones deficientes. Guio, en su publicación Productividad en Obras de Construcción. Diagnóstico, Crítica y Propuesta publicado el 2001 define las causas principales de pérdidas en los procesos constructivos:

- Cuadrillas sobre dimensionadas; el exceso de personal en las partidas a la espera de trabajo y también para el cual no existen frentes. No tener una idea clara de las instrucciones ni del material ocasiona que se tenga personal dedicado a solucionar este tipo de problemas.
- Falta de supervisión; al no tener un control eficaz por parte del personal que dirige la obra se generan intervalos de inactividad y exceso de desperdicios, además de malas prácticas en las tareas exigidas.
- Deficiencia en el flujo de materiales; la mala organización del abastecimiento de materiales provoca que el personal destinado a labores productivas (operarios) deban ir en busca de sus materiales. La mala distribución del área de trabajo origina transportes manuales de materiales a distancias largas, estos movimientos extras generan muchas pérdidas. Por ultimo una mala planificación en el abastecimiento por parte de los proveedores, es necesario tener un buen sistema de administración de recursos.

- Mala distribución de instalaciones en obra; vías de acceso obstaculizados, largos tramos a recorrer hacia zonas de abastecimientos, desorden de materiales y herramientas y servicios higiénicos mal ubicados.
- Actitud del trabajador; irrupción o menor avance al exigido de las labores por motivos no justificados ya sea porque sienten que no se premia su esfuerzo, porque se sienten cómodos con los tiempos asignados o porque creen que a mayor avance luego se convertirá en una nueva meta impuesta por la empresa.
- Falta de manejo de campo; mala coordinación entre diferentes cuadrillas.
- Mala calidad; poca capacidad de la mano de obra, falta de supervisión durante la ejecución de los trabajos, falta de tecnología, información incompleta, cambio de los diseños, falta de compatibilidad de planos.
- Falta de programación de equipos; una deficiente programación de obra y equipos como grúa torre, cargadores, etc.
- Falta de diseño de los procesos constructivos; el uso de procedimientos constructivos tradicionales, faltos de diseño, agudiza el aumento de trabajos contributorios, dando una mayor holgura de tiempo a las labores, y permiten un rendimiento engañoso a partir de trabajos lentos.

Por lo antes mencionado se puede afirmar que la mayoría de las fuentes de pérdidas son responsabilidad directa de los sistemas de administración de la producción.

Por esto último debemos enfocar los esfuerzos principalmente a la reducción de estos trabajos no productivos, y a controlar sus fuentes, mediante las mejoras en supervisión, sistemas de procesos de producción, sistemas de información y planificación.

Para este caso nos enfocaremos en diseñar procedimientos constructivos diferentes a los usados comúnmente en el mercado (no convencionales) que nos permitan reducir tiempos y diseños de cuadrillas de trabajo.

Dentro de las partidas más incidentes en costo para la etapa de la construcción tenemos las de Concreto Armado, la cual está compuesta por:

- Colocación de Concreto
- Encofrado y Desencofrado
- Colocación de Acero

Tomaremos como propuesta las partidas de Colocación de Concreto y Encofrado y Desencofrado para un sistema constructivo monolítico de vivienda de concreto.

El sistema de vivienda monolítica de concreto consiste en el vaciado de concreto en un encofrado prediseñado de tal manera que obtengamos una sola pieza de muros y losas. Este sistema es viable siempre y cuando la cantidad de departamentos a ejecutar sea considerable.

Para el sistema de encofrado prediseñado se tiene la opción de usar los fabricados de aluminio, material que cumple con los estándares de calidad que nos van a garantizar un buen desempeño en el proceso constructivo.

Al construir utilizando este sistema podemos garantizar procesos más ordenados, rápidos y progresivos, con inventarios más equilibrados, con reducción la mano de obra, procesos constructivos más limpios, con aumento de productividad y rentabilidad.

Las ventajas de este sistema son un mejor comportamiento en caso de sismos, reduce los tiempos y ahorra gastos de la mano de obra y mejor disponibilidad del concreto en obra.

Para tal fin se necesita poder satisfacer el requerimiento de concreto a tiempo para cumplir con la demanda solicitada. Una opción para el abastecimiento del concreto es mediante una planta dosificadora en obra para poder incrementar la rentabilidad de la construcción.

También es importante tener en cuenta que dentro del costo del vaciado de concreto juega un papel fundamental el costo del colocado y transporte del concreto, el método usado depende de las características del concreto y disponibilidad de la obra.

Tenemos así diferentes formas de transportar el concreto tales como camiones mezcladores de concreto, bomba de concreto, torres grúas y baldes concreteros, canaletas, fajas transportadoras, etc.

Es importante considerar que debemos garantizar que el concreto que entre a la estructura (encofrado) tenga la misma calidad del concreto que salió de planta. Asimismo, para poder implementar una planta mezcladora en obra es necesario contar con un área de aproximadamente 200 m² para poder instalar la misma, igualmente se debe contemplar un área para implementar con un laboratorio para asegurar la calidad del concreto. Finalmente, el traslado del concreto desde la planta hacia la estructura a vaciar se contemplará con la ayuda de una torre grúa y baldes concreteros.

4.1 Sistema de Encofrado Monolítico.

Para la elaboración del Proyecto “Condominio Paseo La Arboleda” se consideró un tipo de encofrado monolítico de la marca Forsa, fabricado de aluminio de tal manera de permitir tener procesos ordenados, rápidos y progresivos.

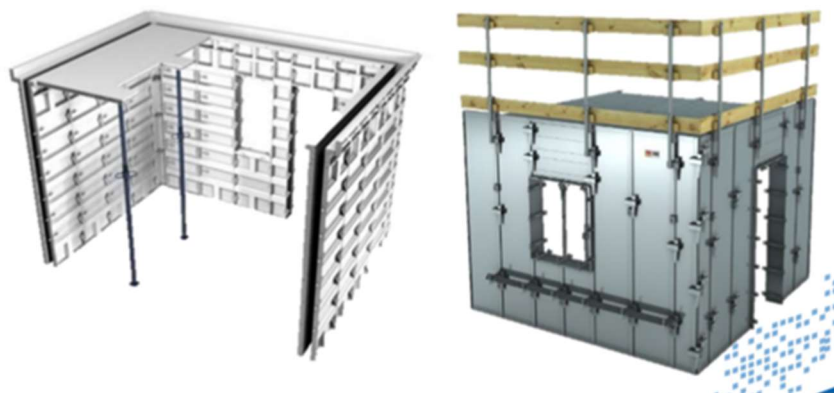


Fig. 15 – Encofrado Forsa (www.forsa.com.co, 2018)

Así mismo, poder reducir la mano de obra como consecuencia de una sustancial mejora en el rendimiento y productividad del proceso.

Al ser un encofrado monolítico nos permiten colocar el concreto simultáneamente en muros y losas de la vivienda de tal manera que el rendimiento sería de un departamento completo al día.

Para poder garantizar un correcto proceso constructivo es necesario una etapa de capacitación por parte del personal de la empresa Forsa al personal obrero de la obra.

Para este proyecto se consideró la siguiente sectorización:

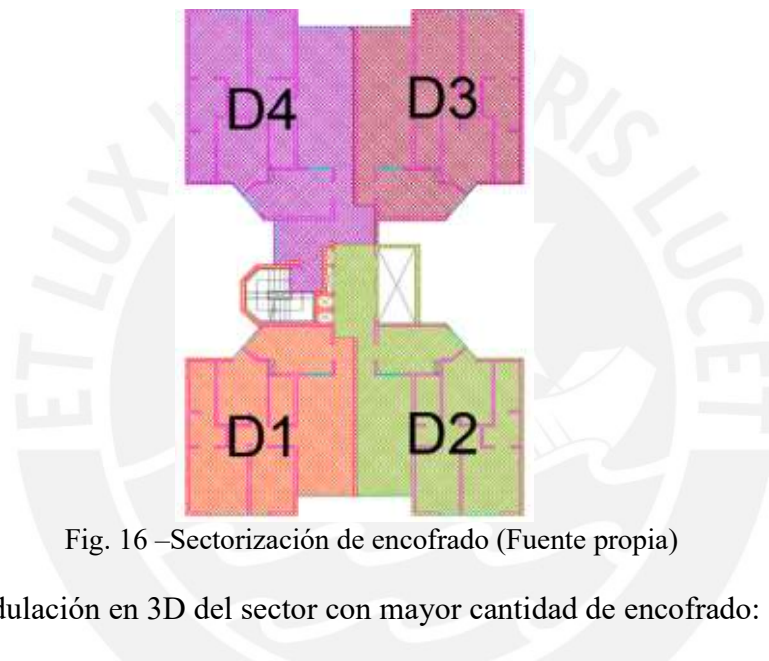


Fig. 16 –Sectorización de encofrado (Fuente propia)

Tenemos la modulación en 3D del sector con mayor cantidad de encofrado:

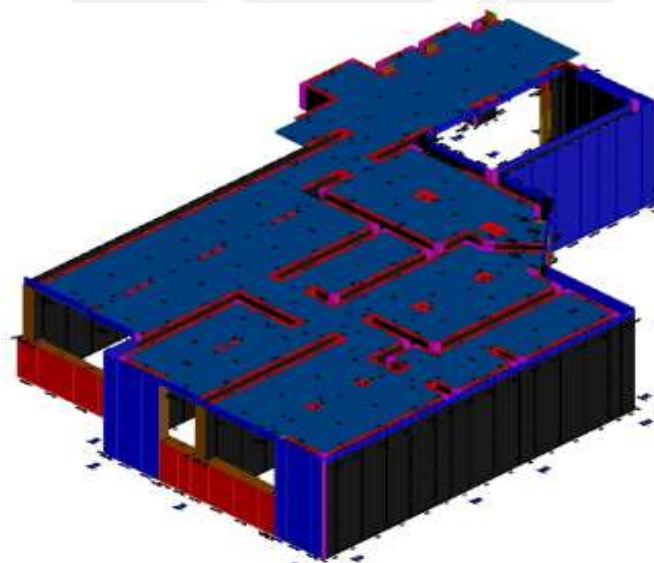


Fig. 17 – Modulación 3D Encofrado (Fuente propia)

Elaborando el metrado de un departamento más las áreas comunes tenemos lo siguiente:

- Formaletas para Muros 300 m²
- Formaletas para Losas 90 m²
- Formaletas unión Muro/Losa 10 m²

En total tenemos un metrado de 400 m² para este sector, que es el de mayor área.

Los procesos constructivos para la colocación de este sistema es el siguiente;

4.1.1 Trazo y Replanteo

El Topógrafo realiza los trazos de los muros y vanos, así como también los ejes auxiliares de acuerdo a los planos del proyecto.



Fig. 18 – Trazo (www.forsa.com.co, 2018)

4.1.2 Topes

Se fijan el pin de tope en los trazos de los paños de muros de tal manera que el encofrado no se desplace y mantenga su posición.

Estos pines (tramos de varillas d 3/8") son de 60cm y se colocan a cada 60cm.



Fig. 19 – Trazo (www.forsa.com.co, 2018)

4.1.3 Instalación de Mallas de Acero e Instalaciones Eléctricas y Sanitarias.

Después de verificar el trazo, las cuadrillas de colocación de acero instalan las mallas de refuerzo. Seguido de estos trabajos se viene instalando las tuberías de las redes eléctricas, de agua, gas y demás servicios.



Fig. 20 – Instalaciones (www.forsa.com.co, 2018)

4.1.4 Montaje del Sistema de Muros.

Se empieza generalmente por una esquina colocando un esquinero de muro con los 2 paneles de cada lado formando una escuadra, para dar estabilidad.



Fig. 21 – Montaje de Paneles (Fuente propia)

A continuación, unimos los paneles interior y exterior utilizando las corbatas (separadores) que sirven para dar rigidez, mantienen el espesor del muro y soportar la presión del vaciado.

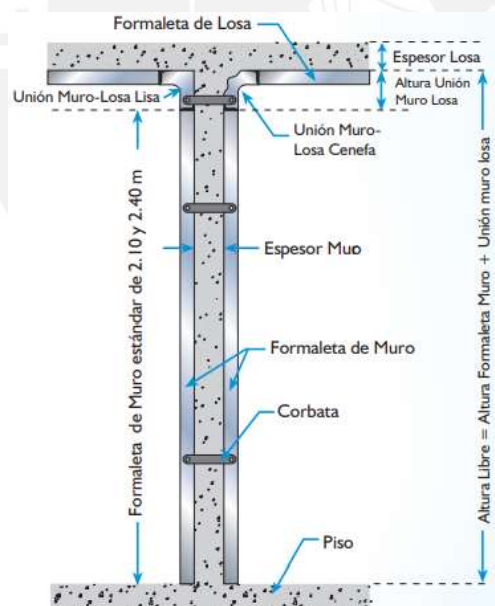


Fig. 22 – Corbatas (www.forsa.com.co, 2018)

Una vez colocada las corbatas, se une una formaleta a la otra desplazando e insertando el pasador flecha y se ajustan con una cuña.

Repitiendo estos pasos se va ensamblando todos los muros del departamento a encofrar.

En los lugares donde encontremos puertas y ventanas se utilizan tapa muros para cerrar el encofrado

4.1.5 Tensores de Puertas y Ventanas.

La instalación de este tensor es para garantizar que las puertas y ventanas mantengan las medidas requeridas. Las colocaciones de estos tensores en las ventanas son en la parte superior mientras que en el caso de las puertas están en la parte inferior.



Fig. 23 – Tensores en Puertas (www.forsa.com.co, 2018)

4.1.6 Tensores de Muros y Alineador de CAP

Luego de alinear los muros se deben plomar y para este proceso se instala el tensor de muro anclado al piso.



Fig. 24 – Tensores de Muros (www.forsa.com.co, 2018)

Posteriormente instalamos en las fachadas el alineador CAP que además nos sirve como elemento de protección para los trabajos en la losa.



Fig. 25 – Alineador CAP (Fuente propia)

4.1.7 Montaje del Sistema de Losas.

Para iniciar el montaje del sistema de losas se instala una unión muro-losa (perfil conector) que va adosada a los paneles de losa de cada extremo de muro.



Fig. 26 – Unión muro-losa (www.forsa.com.co, 2018)

A continuación, se van colocando las losas de los extremos sobre el muro, terminado este proceso se van montando y uniendo el resto de paneles de losa entre sí con un pin grapa



Fig. 27 – Montaje losa (www.forsa.com.co, 2018)

4.1.8 Apuntalamiento con Losa Puntal.

Este es un apuntalamiento especial que permite desencofrar la losa dejándola apuntalada para que pueda cumplir el tiempo necesario para que el concreto adquiera la resistencia para auto soportarse, así como realizar ajustes en el proceso del vaciado del concreto.

Estos puntales serán colocados en los lugares que el plano de encofrado lo solicite



Fig. 28 – Losa Puntal (www.forsa.com.co, 2018)

De acuerdo al plano de encofrado se continúa uniendo las formaletas de losa entre si utilizando el pin grapa hasta completar al 100% la losa del departamento.



Fig. 29 – Montaje losa (www.forsa.com.co, 2018)

4.1.9 Instalación Malla de Losa.

Antes de iniciar la colocación de la malla de acero para la losa es necesario aplicar el desmoldante a todo el encofrado de losa. De la misma manera se instalan las instalaciones eléctricas, sanitarias, gas, etc.



Fig. 30 – Instalaciones (Fuente propia)

4.1.10 Revisión Final del Armado.

Previo a la colocación del concreto se debe hacer una revisión detallada final:

- Posición correcta de accesorios

- Posición correcta de soportes
- Posición correcta de tensores de muro
- Posición correcta de puntales
- Alineamientos
- Plomadas, medidas y escuadras
- Niveles
- Aplicación de desmoldante
- Durante la colocación de concreto
 - Usar martillo de caucho en las placas para evitar la segregación
 - Distribuir el concreto uniformemente para evitar sobrecargas innecesarias
 - Usar escantillones para revisar niveles de vaciado
 - Después del vaciado lavar los residuos de concreto con agua a presión



Fig. 31 – Encofrado Placas y Losa (Fuente propia)

4.1.11 Desencofrado.

El proceso de desencofrado se realiza al día siguiente del vaciado de concreto.

Primero retiramos los accesorios de alineamiento, cuñas y pines. Luego se retiran los paneles de menor ancho.



Fig. 32 – Desencofrado Paneles (www.forsa.com.co, 2018)

Posteriormente los accesorios de la losa e igualmente se desencofra. Solo dejamos las losas con puntales. Este proceso se repite hasta terminar de desencofrar toda la losa.



Fig. 33 – Desencofrado losa (www.forsa.com.co, 2018)

4.2 Sistema de Concreto Hecho con Planta Dosificadora en Obra.

Para elegir entre el concreto premezclado y el concreto hecho en planta dosificadora en obra se deben considerar las diferentes circunstancias de la obra, temas técnicos y por supuesto el

costo. Según Guio (2001) las empresas que abastecen el concreto premezclado en el mercado brindan usualmente un buen producto, sin embargo, se tienen algunos inconvenientes como el tema de costos y el de la confiabilidad para cumplir con los cronogramas de trabajo exigidos en obra (p. 102). Los casos más frecuentes de pérdidas en esta partida son tales como que el constructor no está listo, el mixers llegó antes de la hora pactada y se envían dos o más mixers juntos.

Esta variable costo- tiempo afecta directamente a la productividad y rentabilidad de los proyectos, el elevado costo del concreto premezclado y la necesidad de usar un equipo de bombeo adicional fueron las causas determinantes para elegir usar la planta dosificadora en obra.

El objetivo de usar esta planta dosificadora es garantizar un abastecimiento constante, continuo y a tiempo de concreto para cumplir con la producción solicitada. De la misma manera, para la carga y traslado del concreto hecho en la planta dosificadora en obra hasta la estructura se consideró usar baldes concreteros y una Torre Grúa, de esta manera se asegura una frecuencia constante en el colocado del concreto.

Para este proyecto se consideró una planta Dosificadora marca *Piccini* modelo **MF 750 CS** con dos brazos rascantes con una producción estimada de concreto mezclado de 18m³/hora en condiciones óptimas.

Las especificaciones técnicas de la planta son las siguientes:

- Capacidad de carga de agregados; 750 kilos
- Capacidad de carga de cemento; 200 kilos
- Producción de concreto fresco; 500 litros
- Producción teórica por hora; 18 m³/h
- Sistema de control; DOS 2005
- Máxima potencia del motor; 12 Kw

- Peso de la maquina; 2 500 kilos
- Tolva para Big Bag de 1 000 kilos de capacidad



Fig. 34 – Planta Dosificadora marca *Piccini* MF 750 CS (www.batchcrete.net.au , 2017)

Los departamentos son vaciados mediante el sistema monolítico, por lo que la demanda de concreto diaria para poder cumplir con la programación de una unidad de vivienda al día es de 30 m³, según el requerimiento de concreto expresado en la siguiente tabla:

Tabla 05
Requerimiento de Concreto por departamento

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
MUROS Y PLACAS	m ³	22,00
LOSAS	m ³	8,00
TOTAL	m ³	30,00

Fuente: Elaboración Propia

Para poder implementar esta planta dosificadora se necesita un área aproximada de 200 m², y para el traslado de los agregados hacia la ubicación de los brazos rascantes es necesario contar con un Mini Cargador de tal manera de garantizar el abastecimiento constante de este material.



Fig. 35 – Mini Cargador (Fuente propia)

La distribución del área de trabajo implementado para la planta es el siguiente:

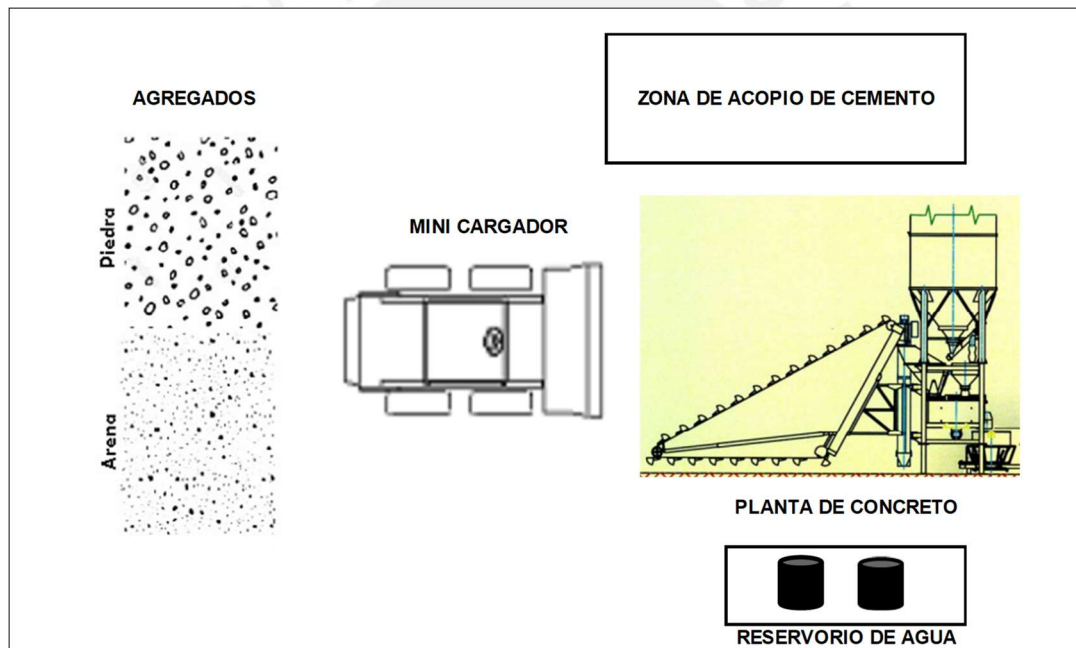


Fig. 36 – Distribución de Planta de Concreto (Fuente propia)

Para el carguío del concreto se utilizará baldes concreteros de la marca *Boscaro* con 0.5 m³ de capacidad:



Fig. 37 – Balde Concretero (Fuente propia)

El traslado del concreto con estos baldes concretos hacia el sitio donde se ha de endurecer se efectuará con la ayuda de una Torre Grúa.



Fig. 38 – Torre Grúa (Fuente propia)

Para este proyecto se optó por comprar una torre grúa modelo IT tf 105-5 115Lc con las siguientes características de tal manera que cumplan con las solicitudes del proyecto, tales

como distancia de la planta dosificadora a la estructura, altura de la edificación, peso del balde concretero lleno (1.2 tn):

- Altura; 36m
- Distancia; 55m
- Carga en pie; 5tn
- Carga en punta; 1.6 tn

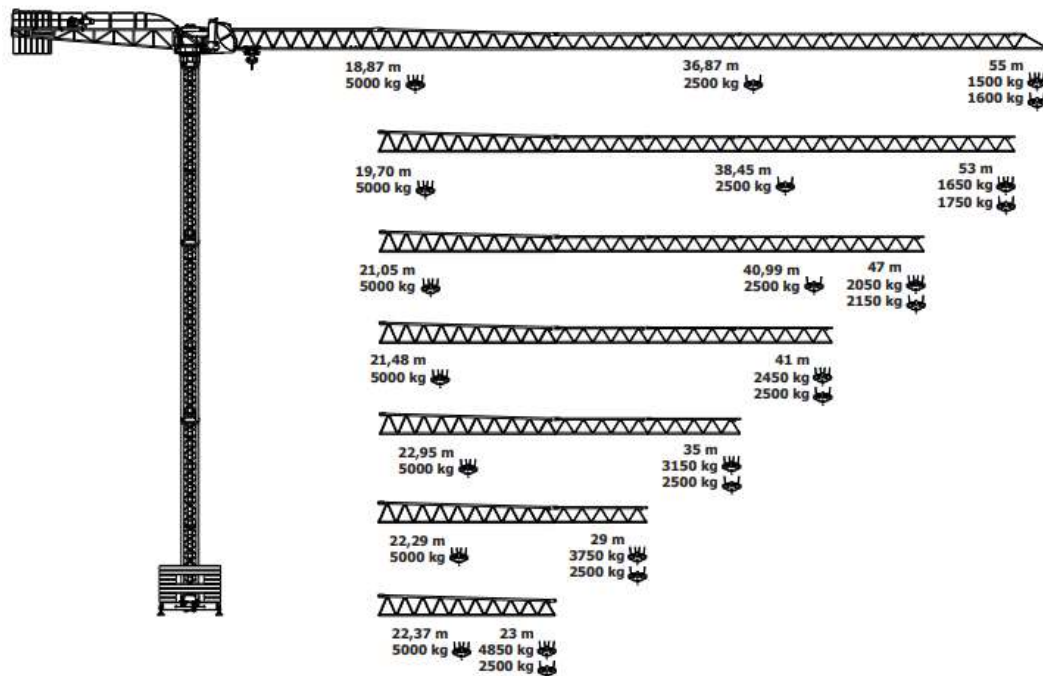


Fig. 39 – Torre Grúa IT tf 105-5 115Lc (www.itcranes.com , 2017)

Este proceso repetitivo de carguío del concreto en la planta dosificadora hacia la estructura fue medido en tiempo gracias a los datos recogidos en las obras similares visitadas durante el proceso de recolección de data para la implementación de este proyecto.

El tiempo estimado para el llenado del concreto en el balde (desde la planta dosificadora), el transporte hacia la estructura y el colocado del concreto es de 3:45 min por viaje de 0.5 m³.

Teniendo en cuenta este valor podemos concluir que en 1 hora se consigue vaciar 8 m³ de concreto, solicitud que está dentro de la producción de la planta concretera.

Con estos valores tenemos que el tiempo de vaciado diario de concreto para un departamento (30 m³) es de 4 horas, tiempo que cumple con la programación diaria de diseño propuesta para este proyecto, tal como se muestra en el siguiente cuadro de una programación diaria de actividades.

Tabla 06
Programación diaria de actividades

	PASEO LA ARBOLEDA			
	Hora Inicio	Hora Entrega	Partida	Responsable
SECTOR (TORRE 3 y 2)	8:00	8:30	Desenclafado forsa	Capataz carpintero
	8:30	14:00	Enclafado forsa	Capataz carpintero
	12:00	14:00	Acero losa	Capataz Acero
	13:00	15:30	Instalaciones IISS , IIEE	Capataz Instalaciones
	13:30	16:30	Vaciado de Concreto Placas	Maestro de Obra
	16:30	17:30	Vaciado de Concreto Losas	Maestro de Obra
	15:00	18:00	acabado losa	Maestro de Obra

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro anterior podemos ver que el tiempo asignado para la partida de colocación de concreto va desde las 13:30 pm hasta las 17:30 pm, en total 4 horas.

Las etapas de la producción del concreto son; selección de materiales, diseño de mezclas, mezclado, transporte, colocación, vibrado y curado.

4.2.1 Llegada de Materiales a Planta

Se debe tener una logística óptima para garantizar el abastecimiento de los materiales para la planta de concreto, en este sentido el acceso, orden, precio y calidad de los mismos es muy importante para obtener los resultados esperados.

Los materiales para la elaboración del concreto son los siguientes:

- Cemento tipo I en sacos
- Arena gruesa
- Piedra Chancada

- Agua
- Aditivos



Fig. 40 – Agregados (Fuente propia)

4.2.2 Control de Calidad de Concreto y Agregados

Es importante implementar un laboratorio donde se puedan hacer los ensayos y el control de calidad de los materiales a usar. Los ensayos a implementar para los agregados son los siguientes:

Tabla 07
Ensayos en Obra

ENSAYO	NORMA
MUESTREO	ASTM D 75
HUMEDAD	ASTM D2216
GRANULOMETRIA	ASTM C136
MALLA 200	ASTM C117

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente se harán ensayos complementarios tales como peso específico y absorción, peso unitario, impurezas orgánicas, abrasión, cloruros y sulfatos.

Para poder realizar estos ensayos es necesario contar con los siguientes equipos:

- Cono de Abrams, Varillas y Plancha Metálica
- Molde metálicos Probetas
- Estufa eléctrica

- Martillo de goma y cucharón metálico
- Juego de tamices
- Balanza digital
- Termómetro electrónico digital

Para el ensayo de la calidad del concreto se implantarán los siguientes ensayos:

- Temperatura del concreto fresco (ASTM C1064)
- *Slump* del concreto fresco (ASTM C143)
- Muestreo de probetas (ASTM C31)
- Resistencia a la compresión (ASTM C39)

4.2.3 Diseño de Mezcla

Para contar un correcto diseño de mezcla se deben de tomar en cuenta lo siguiente:

- Revisión de las propiedades de los insumos empleados en la elaboración del concreto
- Verificación y soporte técnico de productos químicos
- Verificación y soporte técnico en cumplimiento de la norma ASTM C94 tomando en cuenta las operaciones de la planta
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado
- Definir relación agua/cemento y contenido de aire
- Estimación de cantidades de agregados, cemento y agua
- Revisión de la estadística de resistencia a compresión a 7 y 28 días
- Seguimiento a ensayos complementarios como *slump*, temperatura, etc.

Para la optimización del diseño de mezcla se analizó cada insumo tomando en cuenta sus propiedades.

Agregado Fino y Grueso

Se realizó un estudio de agregados (ensayos) de diferentes canteras, con el objetivo de elegir los más convenientes para la fabricación del concreto. Los ensayos fueron realizados por la empresa PyS CONCRETO SAC. y los resultados fueron los siguientes:

Tabla 08
Ensayos de Agregados en Diferentes Canteras

TIPO DE AGREGADO			CANTERA		
AGREGADO FINO					
Propiedad	Und.	Valor referencial	Trapiche	Cantera Sur	UNICON
Modulo de fineza	-	2,3 a 3,1	2,92	2,72	2,89
Huso granulometrico	-	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Cumple parcialmente
Pasante Malla N° 200	%	Max 5%	10,25	5,2	5,2
Peso especifico	kg/m3	2400 a 2900	2600	2682	2744
Absorción	%	Ideal max. 2,0%	1,57	0,77	0,87
Peso unitario suelto	kg/m3	1500 a 1700	1660	1520	1473
Sulfatos	ppm	Max 1200 ppm	-	169	95
Cloruros	ppm	Max 1000 ppm	-	232	121
AGREGADO GRUESO					
Propiedad	Und.	Valor referencial	Gambeta	UNICON	
Modulo de fineza	-	Para HUSO 67: 6,3 a 6,9	6,36	6,78	
Huso granulometrico	-	Si cumple	Si cumple	Cumple parcialmente	
Pasante Malla N° 200	%	Max 1%	-	0,9	
Peso especifico	kg/m3	2400 a 2900	2601	2686	
Absorción	%	Ideal max. 2,0%	1,09	1,22	
Peso unitario suelto	kg/m3	1500 a 1700	1473	1520	
Sulfatos	ppm	Max 1200 ppm	-	359	
Cloruros	ppm	Max 1000 ppm	-	91	

Fuente: PyS CONCRETO SAC.

En base a los resultados obtenidos se decidió usar la cantera del Sur para el Agregado Fino, puesto que presenta una buena gradación y un bajo contenido de malla 200 comparados con los otros dos agregados.

Para el agregado grueso se optó por cantera Gambeta, puesto que presenta una buena gradación y se encuentra dentro de su uso respectivo.

Aditivos

Los aditivos permiten modificar las propiedades del concreto de manera prevista y controlada, de tal manera que se cumplan los requerimientos básicos y evitar condiciones indeseables.

En general se usan los aditivos para aumentar la trabajabilidad, acelerar la velocidad de desarrollo de la resistencia y reducir el costo del concreto.

Los aditivos usados para dosificación del concreto fueron los siguientes:

- *Plastcon* RF 10; aditivo plastificante de rango medio, retardante inicial para todo concreto que requiera extender el fraguado inicial y la trabajabilidad. También ayuda a reducir las contracciones en estado plástico.
- *Fluidcon* 500 H; aditivo superplastificante de rango alto, preciso para producir concretos rheoplásticos, obteniendo un incremento de la resistencia a todas las edades del concreto.

Cemento Tipo I

Para elegir la mejor opción de cemento para nuestro diseño se eligió Cemento Portland Tipo I Sol de la empresa Unacem, el formato que se eligió fue en *Big Bag* de 1.5 tn de peso.

Este cemento cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150

Tabla 09
Ficha Técnica Cemento Sol Tipo I

Propiedades físicas y químicas			
Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	310	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	377	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	438	Mínimo 285*
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
Composición Química			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	1.92	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C ₂ S	%	11.9	No específica
C ₃ S	%	54.2	No específica
C ₃ A	%	10.1	No específica
C ₄ AF	%	9.7	No específica

*Requisito opcional

4.2.4 Producción de Concreto (Mezclado)

Una vez que tenemos todas las propiedades de los componentes del concreto, pasamos al diseño de mezcla, según las consideraciones y solicitud del proyecto.

Para esta obra se contrató los servicios de la empresa PyS CONCRETO SAC que se encargó del diseño y supervisión de la fabricación y ensayos del concreto.

Para la producción del concreto tenemos la siguiente ficha de producción:

Tabla 10
Ficha de diseño de Mezcla de Concreto

 PY S CONCRETO	DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO	Tanda de 0.46 m ³					
CLIENTE: VIV BRAVO	OBRA: PASEO LA ARBOLEDA	Fecha: 04-09-19					

HUMEDAD DE ARENA						
2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	

Items	Unidad	MURO y LOSA - f'c 210 - SLUMP 6" a 8"					
Cemento UNACEM Tipo I	kg	129	129	129	129	129	129
Agua Maxima	L	93	88	83	78	74	69
Arena: Trapiche	kg	490			500		
Piedra huso 67 Gambeta	kg	340					
Plastcon RF 10	L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
FLUIDCON 500 H	L	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Nota: Tomado de "Diseño de Mezcla de Concreto", por PyS Concreto, 2018

Una vez que se enciende la Planta Dosificadora, empezamos el proceso de llenado de los agregados dentro de la mezcladora con ayuda del Mini Cargador.



Fig. 41 – Movilización de Agregados (Fuente propia)

Luego completamos los materiales (cemento, agua y aditivos) para que empiece el tiempo de mezclado, donde se empiezan a tener nuevas propiedades producto de las reacciones químicas.



Fig. 42 – Mezclados Agregados (Fuente propia)

Según estipula el MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO. En su *Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.060 Concreto Armado* publicado el 2009 “Todo concreto debe mezclarse hasta que se logre una distribución uniforme de los materiales” (p. 45). Mientras que el tiempo de mezclado debe ser como mínimo 1 minuto según se precisa en el ASTM C94/C 94M-03 (2003)-*Especificaciones Normalizadas para el Hormigón Pre Mezclado*.

Como buen parámetro se puede considerar como tiempo mínimo de mezclado un minuto y medio, lo importante en este tema es poder observar una uniformidad en la mezcla.

4.2.5 Transporte del Concreto

Para un correcto transporte del concreto es importante tener en cuenta evitar la segregación y la evaporación del mismo. También se debe considerar producir el concreto lo más cerca al lugar de vaciado.

Primero tenemos la descarga de la planta hacia el balde concretero:



Fig. 43 – Descarga de Concreto (Fuente propia)

Luego, el transporte por medio de la torre grúa hasta el lugar de vaciado:



Fig. 44 – Transporte de Concreto (Fuente propia)

4.2.6 Colocación del Concreto

Para este proceso es importante tomar en cuenta todas las consideraciones para prevenir y evitar cualquier tipo de segregación, cangrejeras y juntas frías.

Este proceso debe de ser continuo desde inicio a fin.

La colocación del concreto en elementos verticales (Placas) debe de ser por capas y teniendo en cuenta que no debe haber más de 30 minutos entre la colocación de una capa con la siguiente.

Para elementos horizontales como losas, es importante contar con un planeamiento de la ruta de vaciado, para así mejorar la eficiencia y rendimiento en la colocación



Fig. 45 – Colocación de Concreto (Fuente propia)

4.2.7 Vibrado del Concreto

Según el ACI 309R-05 (2005), este proceso consiste en eliminar el aire atrapado, lograr la mayor resistencia y garantizar la adherencia del concreto con el acero. Esta consolidación se lleva a cabo mediante el vibrado, es importante mantener un espaciamiento entre inserciones adecuado y además considerar que el exceso de vibrado puede generar segregación en el concreto.

La forma correcta del vibrado es la siguiente.

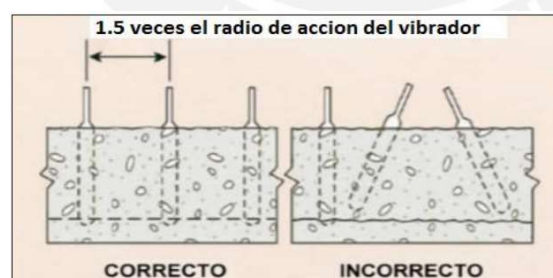


Fig. 46 – Vibrado de Concreto (ACI 309R-05, 2005)

Se debe mantener un tiempo de vibrado entre 5 a 10 segundos.

4.2.8 Curado del Concreto

El mantenimiento de un contenido de humedad y una temperatura satisfactorios en el concreto durante su etapa temprana de manera que se puedan desarrollar las propiedades de resistencia

deseadas tal como se estipula en el ACI 308 R-01(2008). El curado ayuda a reducir las fisuras por contracción plástica.

Es importante curar los primeros días, que son los más importantes, el tiempo recomendable de curado es de 7 días.

Para el curado de las placas se usó curador químico mientras que para el curado de las losas se usó agua (curado por aspersión)



Fig. 47 – Curado de Concreto (Fuente propia)

5 Análisis comparativo de costos

En este capítulo elaboraremos los Análisis de Precios Unitarios y Costos Totales de las dos partidas incidentes en el costo de la construcción que son:

- Encofrado y Desencofrados de Placas Losas y Escaleras
- Colocación de Concreto

Para estos análisis de sistemas No Convencionales se tomará en cuenta la compra de los equipos y se consideró las seis etapas del proyecto y no solo la primera.

Al final se podrá calcular el ahorro total en el proyecto y además la incidencia en los ratios de la primera etapa.

5.1 Encofrado de Aluminio Monolítico

El equipo utilizado para esta etapa es el siguiente:

- Un juego de Encofrado Forsa Plus.
- Un juego de Encofrado Forsa Alum, para escalera.
- Un juego del sistema de seguridad.

Mano de Obra

El encofrado diario a realizar es de 400 m² en el día de mayor metrado y el rendimiento para una pareja de un operario más un oficial esperado según la data recogida en otras obras similares y del proveedor es de 48 m²/día.

Realizando el cálculo para estos datos y teniendo en cuenta que el metrado es el considerado para el sector con mayor encofrado tenemos que la cuadrilla para este trabajo debería ser de 8 parejas (1 operario + 1 oficial). El tiempo estimado para este trabajo es de 30 semanas (Primera etapa), considerando 135 departamentos, a velocidad de uno por día y contando semanas de lunes a viernes (5 días).

El costo de las Horas Hombre considerado es el costo empresa que se obtuvo del presupuesto:

Tabla 11
Costo HH Para 2018-2019

COSTO HH	jun-18
Capataz	S/. 26,25
Operario	S/. 21,88
Oficial	S/. 17,74
Peon	S/. 15,96

Fuente: Elaboración Propia

Considerando semanas de 48 horas podemos calcular el costo de las 8 parejas por una semana

Tabla 12
Costo 1 Semana x 8 parejas

CATEGORIA	CANTIDAD	HORAS X SEM	COSTO HH	TOTAL S/.
OPERARIO	8	48	21,88	8.401,92
OFICIAL	8	48	17,74	6.812,16
				S/15.214,08

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que el costo de la M.O. de 8 parejas por 30 semanas seria: S/. 456,422.40.

Este monto de la Primera Etapa corresponde a 3 Torres, si consideramos que las 6 Etapas tienen 15 Torres podemos calcular el monto de M.O. para todo el proyecto, S/. 2'887,810.48

Este monto incluye los aumentos anuales de la mano de obra proyectado por el tiempo total de la obra.

También podemos deducir del presupuesto el metrado final de encofrado para las 15 torres:

Tabla 13
Metrado Encofrado 15 Torres

DESCRIPCION	UND	3 TORRES	15 TORRES
		CANT	CANT
PLACAS	M2	30.157,00	150.785,00
LOSAS	M2	9.621,92	48.109,60
ESCALERAS	M2	433,00	2.165,00
	M2	40.211,92	201.059,60

Fuente: Elaboración Propia

Con estos valores podemos calcular el Costo Unitario de la Mano de Obra de Encofrado de la siguiente manera:

Costo Total M.O. S/. 2'887,810.48

Total, Metrado de Encofrado 201.059,60 m²

Por lo tanto, el PU para la M.O. de Encofrado seria S/. 14.36 / m²

Equipamiento

Para este análisis se consideró la compra del siguiente equipo:

- Un juego de Encofrado Forsa Plus, para un departamento.
- Un juego de Encofrado Forsa Alum, para una escalera.
- Un juego del sistema de seguridad.

El costo total de este equipo es S/. 639,636.08 incluidos gastos financieros.

También tenemos los siguientes gastos adicionales, proyectados para las 15 Torres:

- Mantenimiento de Encofrado (5 veces); S/. 150,000
- Consumibles y Reposiciones; S/. 225,000

Tenemos que la suma de los gastos de equipamiento seria: S/. 1'014,636.08

Si dividimos este monto nuevamente entre el Metrado Total del Encofrado tenemos el PU para el Equipamiento, el cual sería S/. 5.05

De tal manera que el PU final del Encofrado seria de la siguiente manera:

PU (M.O.) + PU (EQUIPAMIENTO) = S/. 19,41 / m²

Tabla 14
PU Encofrado por m²

GASTOS PROYECTADOS 15 TORRES	
COSTO M.O. 15 TORRES	S/ 2.887.810,48
COSTO ENCOFRADO + GASTOS FINANCIEROS	S/ 639.636,08
MANTENIMIENTO DE ENCOFRADO	S/ 150.000,00
CONSUMIBLES Y REPOSICIONES	S/ 225.000,00
TOTAL	S/ 3.902.446,56
METRADO TOTAL DEL ENCOFRADO (M2)	201.059,60
PU	S/ 19,41

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Producción y Colocación de Concreto

5.2.1 Producción de Concreto

Para esta partida debemos tener en cuenta que el cálculo para el análisis unitario se sustentó en la producción de concreto para las 6 etapas (15 Torres). El tiempo estimado para la etapa de producción de concreto de estas Torres es de 150 semanas, aproximadamente 30 meses.

Planta de Concreto

En este proyecto, después de visitar proyectos similares que contaban con su propia planta de concreto, se consideró una planta Dosificadora marca *Piccini* modelo MF 750 CS con dos brazos rascantes, el precio de esta planta es S/. 165,495.00 más gastos financieros.

Para la calidad y el diseño del concreto se implementará un laboratorio para el concreto, el cual estará dirigido por un personal calificado.

Este laboratorio está considerado implementarlo en dos oportunidades a lo largo de las 150 semanas, de tal manera que el cálculo sería el siguiente:

*Tabla 15
Costo Implementación Laboratorio de Concreto*

DESCRIPCION	UND	CANT	PU \$	PU S/.	PARCIAL
LABORATORIO DE CONCRETO	VECES	2,00		7.000,00	S/ 14.000,00
TECNICO LABORATORIO DE CONCRETO	MES	35,00		3.000,00	S/ 105.000,00
					S/119.000,00

Fuente: Elaboración Propia

También se estimó el mantenimiento preventivo de la planta con un valor de \$ 0.4 por metro cubico de concreto fabricado. La proyección de las 15 Torres es de 21,650 m³ de concreto.

La planta estaría operada por un operador de planta y para garantizar la calidad del concreto se contrató los servicios de Asesoría Técnica en Operaciones de Concreto de PyS CONCRETO SAC. durante las 150 semanas:

Tabla 16
Costo Operación de la Planta de Concreto

DESCRIPCION	UND	CANT	PU \$	PU S/.	PARCIAL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANTA	UND	21.650,00	0,4	1,30	S/ 28.101,70
OPERADOR PLANTA (150 SEMANAS)	MES	35,00		3.000,00	S/ 105.000,00
ASESORIA TECNICA EN OPERACIONES DE CONC	GLB	1,00		44.000,00	S/ 44.000,00
					S/177.101,70

Fuente: Elaboración Propia

Equipamiento

Los equipos considerados para la producción de concreto con la planta dosificadora son los siguientes:

- Mini cargador modelo S 185 marca *Bodcat*, con una carga nominal de 924 kg y con un costo de S/. 55,165.00.
- Grupo Electrónico de 136 kw, con un costo de S/. 25,960.00.

Para el análisis, estos dos equipos se consideran solo a un 50% debido a que es el tiempo que estarán produciendo concreto al día.

De la misma manera se calculó el sueldo del operador del mini cargador por las 150 semanas, el combustible para los dos equipos y por último el mantenimiento del Grupo Electrónico por 35 meses.

Tabla 17
Costo Equipamiento para Planta de Concreto

DESCRIPCION	UND	CANT	PU \$	PU S/.	PARCIAL
MINICARGADOR	UND	0,50	17000	55.165,00	S/ 27.582,50
OPERADOR MINICARGADOR	MES	35,00		1.500,00	S/ 52.500,00
COMBUSTIBLE MC	GL	2.100,00		8,50	S/ 17.850,00
GRUPO ELECTROGENO	UND	0,50	8000	25.960,00	S/ 12.980,00
COMBUSTIBLE GE	GL	6.300,00		8,50	S/ 53.550,00
MANTENIMIENTO GE	MES	35,00		300,00	S/ 10.500,00
					S/174.962,50

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, el costo total de la implementación de la planta proyectada a todo el proyecto (15 Torres) es el siguiente:

Tabla 18
Costo Implementación Planta de Concreto

DESCRIPCION	UND	CANT	PU \$	PU S/.	PARCIAL
PLANTA CONCRETO 15M3/hr	UND	1,00	51000	165.495,00	S/ 165.495,00
GASTOS FINANCIEROS	GLB	1,00		40.100,00	S/ 40.100,00
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANTA	UND	21.650,00	0,4	1,30	S/ 28.101,70
OPERADOR PLANTA (150 SEMANAS)	MES	35,00		3.000,00	S/ 105.000,00
ASESORIA TECNICA EN OPERACIONES DE CONC	GLB	1,00		44.000,00	S/ 44.000,00
IMPLEMENTACION LAB CONCRETO	VECES	2,00		7.000,00	S/ 14.000,00
TECNICO LABORATORIO CONCRETO	MES	35,00		3.000,00	S/ 105.000,00
MINICARGADOR	UND	0,50	17000	55.165,00	S/ 27.582,50
OPERADOR MINICARGADOR	MES	35,00		1.500,00	S/ 52.500,00
COMBUSTIBLE MC	GL	2.100,00		8,50	S/ 17.850,00
GRUPO ELECTROGENO	UND	0,50	8000	25.960,00	S/ 12.980,00
COMBUSTIBLE GE	GL	6.300,00		8,50	S/ 53.550,00
MANTENIMIENTO GE	MES	35,00		300,00	S/ 10.500,00
					S/676.659,20

Fuente: Elaboración Propia

Si tenemos en cuenta que la cantidad total de concreto para las 15 Torres es de 21,650 m³ podemos calcular el precio unitario por metro cubico:

Tabla 19
Precio Unitario por metro cubico de concreto (i)

COSTO IMPLEMENTACION DE PLANTA	S/	676.659,20	
TOTAL CONCRETO 15 TORRES		21.650,00	M3
PU	S/	31,26	M3

Fuente: Elaboración Propia

Materiales

Los análisis unitarios de las cantidades de los materiales se efectuaron bajo el diseño de la empresa PyS CONCRETO SAC.

Los precios del concreto (*BIG BAG*), agregados, aditivos y del agua fueron cotizados por el área administrativa después de ser validados por los ensayos de calidad, tal como se muestran a continuación:

Tabla 20
Precio Unitario por metro cúbico de concreto (ii)

DESCRIPCION	UND	CANT	PU \$	PU S/.	PARCIAL
CEMENTO QUISQUEYA TIPO I	kg	270,00		0,35	S/ 94,50
ARENA GRUESA	m3	0,52		31,50	S/ 16,38
PIEDRA CHANCADA	m3	0,53		50,00	S/ 26,50
AGUA	m3	0,20		4,50	S/ 0,90
ADITIVOS 1 RETARDANTE	L	1,00		3,75	S/ 3,75
ADITIVOS 2 SUPERPLASTIFICANTE	L	2,90		5,67	S/ 16,44
					S/158,47

Fuente: Elaboración Propia

Concluyendo de las dos tablas antes calculadas (i) y (ii) tenemos el Precio Unitario del Metro cúbico de Concreto:

Tabla 21
Análisis de Precio Unitario por m3 de Concreto c/Planta

DESCRIPCION	CANT
ANALISIS UNITARIO EQUIPAMIENTO	31,26
ANALISIS UNITARIO MATERIALES	158,47
PU	S/189,73

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2 Colocación de Concreto

Equipamiento

Para la partida de colocación de concreto se consideró la compra de una Torre Grúa.

Este equipo será usado no solo en los 35 meses que dura la ejecución de las 15 torres si no que estará presente para los 88 meses que dura el proyecto completo.

El costo será repartido en este tiempo y durante la ejecución de la colocación de concreto para las torres se va a considerar el porcentaje de participación. Tenemos que, según la Tabla 06 (*Programación diaria de actividades*), el vaciado de concreto será diario y empieza a las 13:30 pm y termina a las 17:30 pm, 4 horas en total, por lo que se considerara una participación del 50%.

Las características de la Torre Grúa son las siguientes:

- Altura; 36m
- Distancia; 55m de Pluma
- Carga en pie; 5tn
- Carga en punta; 1.6 tn

El costo de la Torre Grúa es S/. 300,7333.80 incluidos gastos financieros, además se sumaron al análisis los gastos anexos tales como transportes, montajes y desmontajes durante todo el proyecto, revisiones y por último los equipos propios del proceso (baldes concreteros, exlingas, ganchos, cadenas, etc) tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22
Costo de Torre Grúa y Equipamiento

DESCRIPCION	UND	CANT	PU \$	PU S/.	PARCIAL
COMPRA DE GRUA	UND	1		S/300.733,80	S/ 300.733,80
TRANSPORTE A OBRA	GLB	1		S/ 5.250,00	S/ 5.250,00
REVISION MENSUAL	MES	69		S/ 800,00	S/ 55.200,00
MONTAJE Y DESMONTAJE DE GRUA	VECES	4		S/ 12.960,00	S/ 51.840,00
AUTOGRUA P/MONTAJE	VECES	4		S/ 17.742,00	S/ 70.968,00
CERTIFICADOS DE MONTAJE	VECES	4		S/ 600,00	S/ 2.400,00
PATAS EMPOTRAMIENTO	UND	4		S/ 9.880,00	S/ 39.520,00
BALDES CONCRETEROS	UND	4		S/ 6.000,00	S/ 24.000,00
ESCOMBRERAS	UND	2		S/ 5.500,00	S/ 11.000,00
CADENAS	UND	6		S/ 1.200,00	S/ 7.200,00
EXLINGAS	UND	6		S/ 500,00	S/ 3.000,00
GANCHOS	UND	6		S/ 360,00	S/ 2.160,00
					S/573.271,80

Fuente: Elaboración Propia

Este gasto se debe repartir en los 88 meses que va a durar todo el proyecto para poder tener el costo del “alquiler” del equipo a la obra:

Tabla 23

Alquiler mensual de Torre Grúa

ALQUILER DE GRUA	
COSTO GRUA MAS EQUIPOS	S/ 573.271,80
CANTIDAD DE MESES DE OBRA	88,00
ALQUILER MENSUAL DE GRUA	S/ 6.514,45

Fuente: Elaboración Propia

Luego, para calcular el PU de la Colocación de Concreto debemos de considerar el costo de la mano de obra del operador de la Torre Grúa y los dos *Rigers* que estarán por todo el tiempo considerado para la ejecución del concreto para las torres (35 meses).

Estos costos de mano de obra más el costo del alquiler de la Torre Grúa de deben de considerar al 50% puesto que solo trabajaran en esta partida de colocación de concreto por la mitad de tiempo al día.

Además, debemos considerar el costo del Grupo Electrónico más el combustible que se alquilará durante este tiempo.

Tabla 24

Costo total de Partida Colocación de Concreto

DESCRIPCION	UND	CANT	PESO	PU S/.	PARCIAL
ALQUILER MENSUAL DE GRUA	MES	35	50%	S/ 6.514,45	S/ 114.002,91
MO OPERADOR DE GRUA	MES	35	50%	S/ 4.860,00	S/ 85.050,00
MO 02 RIGGER	MES	35	50%	S/ 8.000,00	S/ 140.000,00
TRANSPORTE GE P/GRUA	GLB	1	1	S/ 900,00	S/ 900,00
ALQUILER GE P/GRUA	MES	35	1	S/ 3.260,00	S/ 114.100,00
COMBUSTIBLES P/GE DE GRUA	MES	35	1	S/ 3.744,00	S/ 131.040,00
					S/585.092,91

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente tenemos que el volumen total de concreto a colocar en todo el proyecto es 21,650 m³. Por lo que se elaboró la siguiente tabla para calcular el costo unitario de la partida de Colocación de Concreto.

Tabla 25
Costo Unitario de Colocación de Concreto

PU DE COLOCADO DE CONCRETO POR M3		
ALQUILER MENSUAL DE GRUA	S/	114.002,91
MO OPERADOR DE GRUA	S/	85.050,00
MO 02 RIGGER	S/	140.000,00
TRANSPORTE GE P/GRUA	S/	900,00
ALQUILER GE P/GRUA	S/	114.100,00
COMBUSTIBLES P/GE DE GRUA	S/	131.040,00
	TOTAL S/	585.092,91
METRADO TOTAL DEL CONCRETO (M3)		21.650,00
	PU S/	27,03

Fuente: Elaboración Propia

5.3 Comparativos Finales

Ahora veremos los comparativos finales de los análisis antes calculados versus el costo del presupuesto con el sistema convencional. El objetivo de este capítulo es demostrar el ahorro que se obtendría al utilizar estos sistemas no convencionales para el proyecto total, 15 Torres.

5.3.1 Encofrado de Aluminio Monolítico

Tenemos el costo unitario y metrados, del Encofrado, iniciales del presupuesto y con estos datos podemos calcular el gasto total para la primera etapa, 3 Torres.

Además, podemos estimar el PU del encofrado por m².

Tabla 26
Costo Unitario del Encofrado del Presupuesto

DESCRIPCION	UND	CANT	PU	SUB TOT
PLACAS	M2	30.157,00	32	S/ 965.024,00
LOSAS	M2	9.621,92	34	S/ 327.145,28
ESCALERAS	M2	433,00	45	S/ 19.485,00
	M2	40.211,92		S/ 1.311.654,28
PU ENCOFRADO PRESUPUESTO				S/ 32,62

Fuente: Elaboración Propia

De estos cálculos podemos comparar los PU del presupuesto y del sistema de Encofrado de Aluminio Monolítico.

Tabla 27
Comparativo Costo Unitario de Encofrado

COMPARATIVO PU		
PU ENCOFRADO PRESUPUESTO	S/	32,62
PU ENCOFRADO MONOLITICO	S/	19,41

Fuente: Elaboración Propia

Ahora podemos calcular de la siguiente tabla el costo total de la partida de encofrado para todo el proyecto, es decir para las 15 torres.

Tabla 28
Costo Total Encofrado del Presupuesto

DESCRIPCION	UND	CANT	PU	SUB TOT
PLACAS	M2	150.785,00	32	S/ 4.825.120,00
LOSAS	M2	48.109,60	34	S/ 1.635.726,40
ESCALERAS	M2	2.165,00	45	S/ 97.425,00
	M2	201.059,60		S/ 6.558.271,40

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera podemos comparar los costos de usar el encofrado convencional versus el encofrado monolítico de aluminio.

El costo total del encofrado monolítico de aluminio lo obtenemos de la *Tabla 14* (PU Encofrado por m²)

Tabla 29
Comparativo Costo Total Encofrado

AHORRO PROYECTADO 15 TORRES	
COSTO ENCOFRADO TORRES PRESUPUESTO	S/ 6.558.271,40
COSTO ENCOFRADO MONOLITICO TORRES	S/ 3.902.446,56
DIFERENCIA TOTAL	S/ 2.655.824,84

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla anterior podemos ver que el ahorro por usar el encofrado monolítico de aluminio es de S/. 2'655.824,84 para todo el proyecto.

5.3.2 Producción de Concreto

Tenemos el costo unitario y metrados, del Concreto, iniciales del presupuesto y con estos datos podemos calcular el gasto total para la primera etapa, 3 Torres.

Además, podemos estimar el PU del concreto por m³.

Tabla 30
Costo Total del Concreto del Presupuesto

DESCRIPCION	UND	CANT	PU	SUB TOT
CONCRETO PREMEZCLADO F´C=210 KG/CM2	M3	3.563,52	226,8	S/ 808.205,68

Fuente: Elaboración Propia

De estos cálculos podemos comparar los PU del presupuesto y del concreto hecho en obra.

Tabla 31
Comparativo Costo Unitario de Concreto

COMPARATIVO PU	
PU CONCRETO PRESUPUESTO	S/ 226,80
PU CONCRETO HECHO EN OBRA	S/ 189,73

Fuente: Elaboración Propia

Ahora podemos calcular el costo total de la partida de concreto para todo el proyecto, es decir para las 15 torres.

Tabla 32
Costo Total Concreto del Presupuesto

DESCRIPCION	UND	CANT	PU	SUB TOT
CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2	M3	21.650,00	226,8	S/ 4.910.220,00

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera podemos comparar los costos de comprar concreto pre mezclado versus el concreto hecho en obra.

El costo total del concreto hecho en obra lo obtenemos de la *Tabla 21 (Análisis de Precio Unitario por m3 de Concreto c/Planta)*

Tabla 33
Costo Total Concreto hecho en Obra

DESCRIPCION	UND	CANT	PU	SUB TOT
CONCRETO HECHO EN OBRA F'C=210 KG/CM2	M3	21.650,00	189,73	S/ 4.107.654,50

Fuente: Elaboración Propia

De estos cuadros tenemos el siguiente comparativo:

Tabla 34
Comparativo Costo Total Concreto

AHORRO PROYECTADO 15 TORRES	
CONCRETO PREMEZCLADO F´C=210 KG/CM2	S/ 4.910.220,00
CONCRETO HECHO EN OBRA F´C=210 KG/CM2	S/ 4.107.654,50
DIFERENCIA TOTAL	S/ 802.565,50

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla anterior podemos ver que el ahorro por producir concreto en obra es de S/. 802.565,50 para todo el proyecto.

5.3.3 Colocación de Concreto

Para esta partida se consideró los siguientes costos del presupuesto:

- Alquiler mensual de Grúa
- Pies de empotramiento, por 4 movimientos durante toda la obra
- Montajes y desmontajes, 4 en total
- Grúas para montaje
- Transportes
- Servicio de bomba para concreto pre mezclado

Estos cálculos fueron considerados para los 88 meses que dura todo el proyecto. Para el análisis no se consideró el costo de los *rigers* ni el costo del operador de la grúa. Estos costos se mantuvieron en el presupuesto.

El cálculo es el siguiente:

Tabla 35
Costo Total Colocación de Concreto

DESCRIPCION	UND	CANT.	PU	TOT. S/.
ALQUILER MENSUAL DE GRUA	mes	88,00	S/ 6.514,45	S/ 573.271,60
PIES DE EMPOTRAMIENTO DE GRUA	gib	4,00	S/ 7.501,26	S/ 30.005,04
MONTAJE Y DESMONTAJE DE GRUA	gib	4,00	S/ 9.910,40	S/ 39.641,60
GRUA HIDRAULICA PARA MONTAJE Y DESMONTAJE EN OBRA	gib	4,00	S/ 16.300,00	S/ 65.200,00
GRUA AUXILIAR DE CARGA Y DESCARGA EN ALMACEN DE V&V	gib	1,00	S/ 1.956,00	S/ 1.956,00
TRANSPORTE DE GRUA DE ALMACEN A LA OBRA ARBOLEDA	gib	1,00	S/ 5.868,00	S/ 5.868,00
SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO (6 ETAPAS)	M3	21.650,00	S/ 34,00	S/ 736.100,00
				S/ 1.452.042,24

Fuente: *Elaboración Propia*

De esta manera tenemos que hay destinados S/. 1'452,530.64 en el presupuesto para el proyecto total.

Si consideramos la compra de la Torre Grúa con las consideraciones de equipamiento antes explicados, tenemos que el costo de esta compra sería:

Tabla 36
Costo Total Compra de Torre Grúa

DESCRIPCION	UND	CANT	PU \$	PU S/.	PARCIAL
COMPRA DE GRUA	UND	1		S/ 300.733,80	S/ 300.733,80
TRANSPORTE A OBRA	GLB	1		S/ 5.250,00	S/ 5.250,00
REVISION MENSUAL	MES	69		S/ 800,00	S/ 55.200,00
MONTAJE Y DESMONTAJE DE GRUA	VECES	4		S/ 12.960,00	S/ 51.840,00
AUTOGRUA P/MONTAJE	VECES	4		S/ 17.742,00	S/ 70.968,00
CERTIFICADOS DE MONTAJE	VECES	4		S/ 600,00	S/ 2.400,00
PATAS EMPOTRAMIENTO	UND	4		S/ 9.880,00	S/ 39.520,00
BALDES CONCRETEROS	UND	4		S/ 6.000,00	S/ 24.000,00
ESCOBRERAS	UND	2		S/ 5.500,00	S/ 11.000,00
CADENAS	UND	6		S/ 1.200,00	S/ 7.200,00
EXLINGAS	UND	6		S/ 500,00	S/ 3.000,00
GANCHOS	UND	6		S/ 360,00	S/ 2.160,00
					S/573.271,80

Fuente: *Elaboración Propia*

De las dos tablas se puede calcular la diferencia que es S/. 878,770.44, este sería el ahorro total que se generaría por comprar la Torre Grúa y utilizarla para la partida Colocación de Concreto y Acarreo Vertical.

La sub partida de Servicio de Bomba, que se encuentra dentro del análisis de la partida de Colocación de Concreto pasaría a costo cero debido a que sería absorbida por la partida de Alquiler Mensual de Grúa.

5.3.4 Resultados Finales

Para los comparativos finales, debemos tener en cuenta el ahorro total proyectado para todo el proyecto, 6 etapas, que tendrá un tiempo estimado de 88 meses.

El ahorro total sería el siguiente:

Tabla 37

Ahorro Total Proyectado 6 Etapas

AHORRO TOTAL PROYECTADO 6 ETAPAS		
AHORRO TOTAL PROYECTADO ENCOFRADO	S/	2.655.824,84
AHORRO TOTAL PROYECTADO CONCRETO	S/	802.565,50
AHORRO TOTAL PROYECTADO COMPRA DE GRUA	S/	878.770,44
	AHORRO TOTAL	S/ 4.337.160,78

Fuente: Elaboración Propia

El ahorro sería de **S/. 4'337,160.78** para las 6 Etapas y teniendo en cuenta que el presupuesto total del proyecto se estima en **S/. 107'695,605.83** podemos calcular que se está consiguiendo un ahorro del **4.03%** en total.

Si queremos analizar cómo impacta esta optimización en el presupuesto de la primera etapa podemos comparar los ratios del presupuesto inicial versus el final.

Tabla 38

Comparativo de Ratios Presupuesto Ira ETAPA

COSTO PRESUPUESTO	TOTAL PPTTO S/.	AREA CONST. TOTAL	RATIO S/.	RATIO \$
PRESUPUESTO INICIAL	S/ 24.071.202,32	14.610,68	S/ 1.647,51	\$503,36
PRESUPUESTO FINAL	S/ 23.054.132,63	14.610,68	S/ 1.577,90	\$482,09
			DIFERENCIA	\$21,27

Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados se obtienen de insertar los nuevos PU en el presupuesto inicial, en las partidas de Encofrado, Concreto y Alquiler de Grúa. Y además de retirar el PU de la sub partida Servicio de Bomba para Concreto Pre Mezclado.

De esta manera el ratio inicial de **\$503.36** por m2 pasaría a ser **\$ 482.09** por m2.

6 Ejecución primera etapa del proyecto

Revisaremos la ejecución de la primera etapa del proyecto Condominio Paseo La Arboleda.

Esta etapa consta de tres torres denominadas Edificio 1, 2 y 3. Además tenemos 4 niveles de Sótanos destinados a estacionamientos y áreas verdes para esparcimiento adyacentes a los edificios. Vamos a centrarnos en revisar la ejecución de las Torres 2 y 3 del Proyecto donde se puede verificar la utilización de los sistemas constructivos “no convencionales” que se han estudiado en el presente trabajo.

El tiempo de ejecución total de esta etapa es 395 días, tomando en cuenta las estructuras y los acabados de los departamentos, así como también las áreas comunes y estacionamientos.

Para el caso específico del casco de las torres 2 y 3 tenemos un tiempo estimado de 138 días según cronograma contractual.

Para poder llevar el correcto control de la ejecución de esta etapa se usaron las diferentes herramientas para una adecuada gestión de la producción, plazo y calidad velando siempre por la seguridad en el proyecto.



Fig. 48 – Condominio Paseo La Arboleda Primera Etapa (www.vyv.pe, 2018)

6.1 Plan de Obra

6.1.1 Cronograma de Obra por Hitos

Tomando como base las fechas de inicio y final del proyecto se elabora un cronograma de trabajo, no es necesario tenerlo demasiado al detalle, lo que es importante es establecer los tiempos estimados de cada partida de acuerdo a la velocidad y tecnología a usar.

En este cronograma podemos observar fechas de inicio (08/01/2018) y fin (12/04/2019) teniendo el proyecto una duración de 395 días, también podemos ver los hitos intermedios.

Nos centraremos en la construcción de las Torres 2 y 3, con los métodos constructivos “no convencionales” antes estudiados.

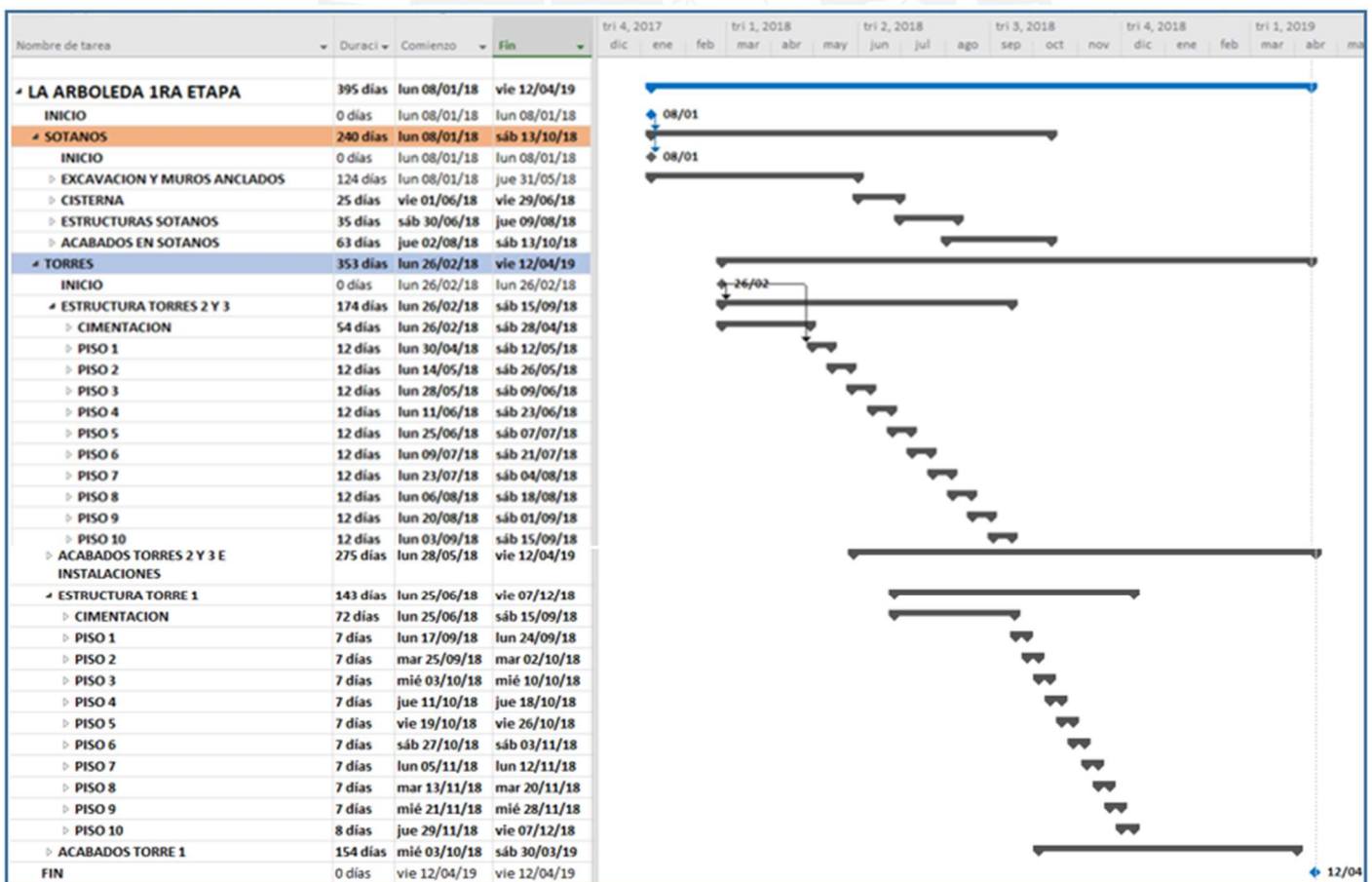


Fig. 49 – Cronograma de Obra por Hitos (Fuente propia)

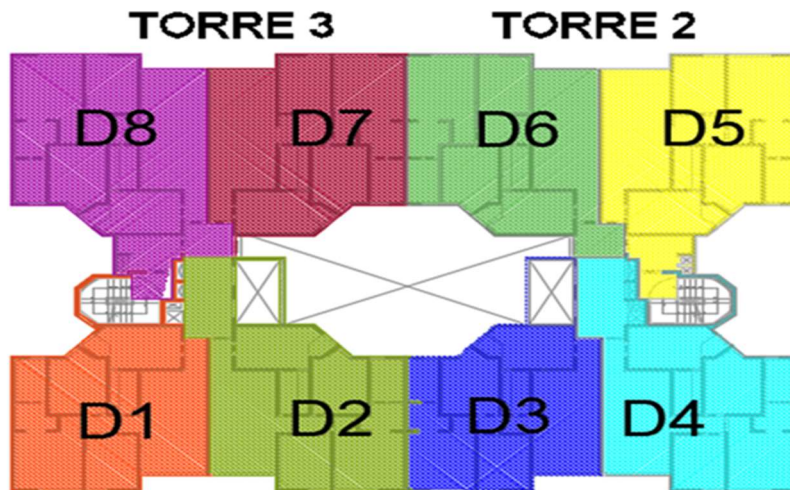


Fig. 51 – Sectorización (Fuente propia)

La idea de los Trenes de Trabajo es partir una tarea, por ejemplo, “Construcción de un Departamento”, en sub tareas que sean consecutivas y que se realicen en un día. Es importante garantizar que cada sub tarea pueda realizar cada día un sector.

Por ejemplo, la sub tarea “Acero Verticales” debe realizar el día 1 el primer sector “D1”, para el día 2 debe realizar el sector “D2” y así consecutivamente.

Después de la sub tarea “Acero verticales” vienen las siguientes hasta completar la tarea completa.

A continuación, tenemos el tren de actividades para completar la construcción del primer piso de las Torres 2 y 3 (8 departamentos).

El día 1 tenemos el Acero de Verticales, el día 2 Instalaciones Eléctricas y Sanitarias y el día 3 tenemos el Encofrado de Placas y Losas, Acero en Losa y la Colocación de Concreto.

ACTIVIDADES	SEMANA 1					SEMANA 2				
	LU	MA	MIE	JUE	VIE	LU	MA	MIE	JUE	VIE
Acero Verticales	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8		
IIIE y IISS - Verticales		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	
Encofrado Placas y Losas			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
Acero e Instalaciones en Losa			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
Concreto DPTO (f'c=210 Normal)			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8

Fig. 52 – Tren de Actividades por Día (Fuente propia)


ANÁLISIS DE RESTRICCIONES / RECURSOS							
NOMBRE DE PROYECTO PASEO LA ARBOLADA			AREA / DPTO EDIFICACIONES		FECHA: SABADO 11/08/2018		
CODIGO DEL PROYECTO			PROPIETARIO VYV BRAVO		UBICACION JR. COMBATE DE ANGAMOS 542 , SURCO		
Cantidad	Und.	Actividad	Fecha que se debe realizar la actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida en Obra	Responsable	
ALBANILERIA							
1	GLB	Salidas de Instalaciones y Muros					
		IISS		Falta personal en esta actividad. Reorganizar.	13-ago-18	Igor	
SOLAQUEO DE CIELORASO Y PLACAS EN TORRE							
1	GLB	Solaqueo de placas		Menos personal por la cuadrillas de mejoramiento de vanos. Y se bajó un personal para la cuadrilla de enchape.	13-ago-18	Igor	
ENCHAPE							
1	GLB	Enchape en baños		Las colgantes de IISS que están aún en el primer nivel y la instalación de griferías.	15-ago-18	Igor	
PUERTAS							
1	GLB	Puertas		Realizar OC	13-ago-18	Manuel Arrese	
				Definir diseño de puerta de lavandería	15-ago-18	Gabriela	
MUEBLES DE COCINA							
1	GLB	Muebles de cocina		Realizar OC	13-ago-18	Manuel Arrese	
				Definir diseño de muebles de cocina torre 1 - dptos atipicos	15-ago-18	Gabriela	
GRANITO							
1	GLB	Tableros de granito		Realizar cuadro comparativo	14-ago-18	Gabriela	
				Definir tipo de granito	13-ago-18	Gabriela	

Fig. 56 – Análisis de Restricciones (Fuente propia)

6.2.3 Programación Semanal

Teniendo el *Lookahead*, la programación a 3 semanas, se planifica junto con todo el equipo de obra el plan de la semana. En esta planificación participan:

- Ing. Residente
- Ing. de Campo
- Asistente de Campo
- Ing. Instalaciones
- Maestro de Obra
- Capataz Carpintero
- Capataz Acero
- Capataz instalaciones IIEE, IISS

- Prevencionista
- Almacenero
- Administrador

En esta reunión se entrega a todos los presentes una Orden de Trabajo y Compromisos.

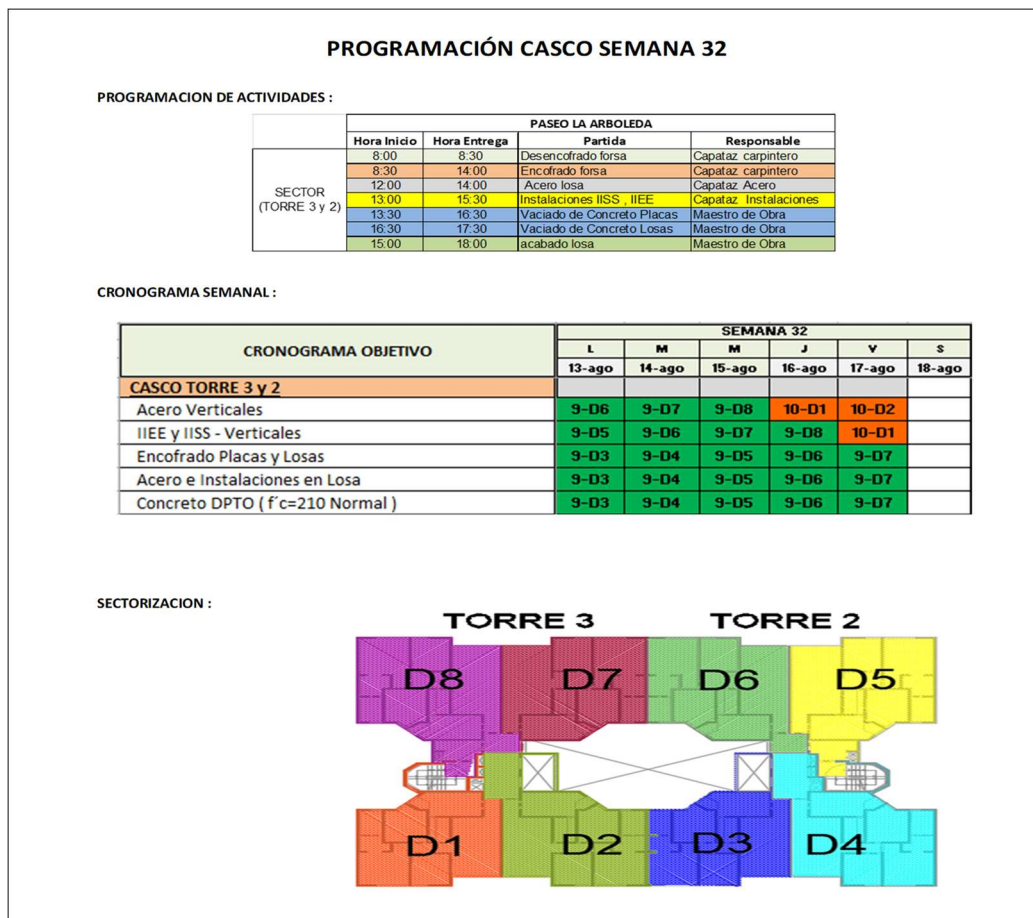


Fig. 57 – Programación Semanal (Fuente propia)

6.3 Ejecución de Obra

Ahora analizaremos el proceso constructivo para la ejecución del casco constructivo de las Torres 2 y 3. Revisaremos, con imágenes, la secuencia constructiva de esta partida.

Tenemos la Programación Diaria de Actividades, teniendo en cuenta el horario de trabajo impuesto por la Municipalidad de Santiago de Surco que es de 8:00 am hasta 18:00 pm.

Tabla 39
Programación Diaria de Actividades

	PASEO LA ARBOLEDA			
	Hora Inicio	Hora Entrega	Partida	Responsable
SECTOR (TORRE 3 y 2)	8:00	8:30	Desencofrado forsa	Capataz carpintero
	8:30	14:00	Encofrado forsa	Capataz carpintero
	12:00	14:00	Acero losa	Capataz Acero
	13:00	15:30	Instalaciones IISS , IIEE	Capataz Instalaciones
	13:30	16:30	Vaciado de Concreto Placas	Maestro de Obra
	16:30	17:30	Vaciado de Concreto Losas	Maestro de Obra
	15:00	18:00	acabado losa	Maestro de Obra

Fuente: Elaboración Propia

- 8:00 a 8:30 am

La primera actividad del día es el desencofrado del sector anterior. Este trabajo es bastante ruidoso por lo que es importante empezar a la hora indicada.



Fig. 58 – Desencofrado (Fuente propia)

- 8:30 a 14:00 pm

La segunda actividad es el Encofrado de placas y losas, es importante para esta actividad que este trazado al 100% el sector a encofrar.



Fig. 59 – Encofrado (Fuente propia)

- 12:00 a 14:00 pm

A partir de las 12:00 ya tenemos armado el encofrado de Losas por lo que debe iniciar la partida de Acero en Losa.



Fig. 60 – Acero en Losa (Fuente propia)

- 13:00 a 15:30 pm

La actividad que sigue es la colocación de las instalaciones Eléctricas y Sanitarias en Losa. En el caso de las instalaciones Sanitarias se trabaja con las redes pre armadas para bajar el tiempo de colocación.



Fig. 61 – Instalaciones (Fuente propia)

- 13:30 a 16:30 pm

Una vez terminado el encofrado de placas podemos empezar con el vaciado de Concreto en estos elementos. Para esta partida debemos empezar la producción de concreto en la planta y la colocación con la Torre Grúa.



Fig. 62 – Concreto (Fuente propia)

- 16:30 a 17:30 pm

Culminado el vaciado del concreto en Placas seguimos con la partida de vaciado de concreto en Losa.



Fig. 63 – Concreto en Losa (Fuente propia)

- 15:00 a 18:00 pm

Finalmente le damos acabado a la losa



Fig. 64 – Acabado en Losa (Fuente propia)

Esta secuencia se repite para los 80 departamentos que conforman las Torres 2 y 3 que tal como se indica en el *Lookahead* de la Semana 32 debe terminar el 31/08/18 mientras que la fecha del Cronograma de Obra por Hitos es el 15/09/18.

En el seguimiento del Porcentaje del Plan Semanal Completado tenemos el siguiente cuadro:

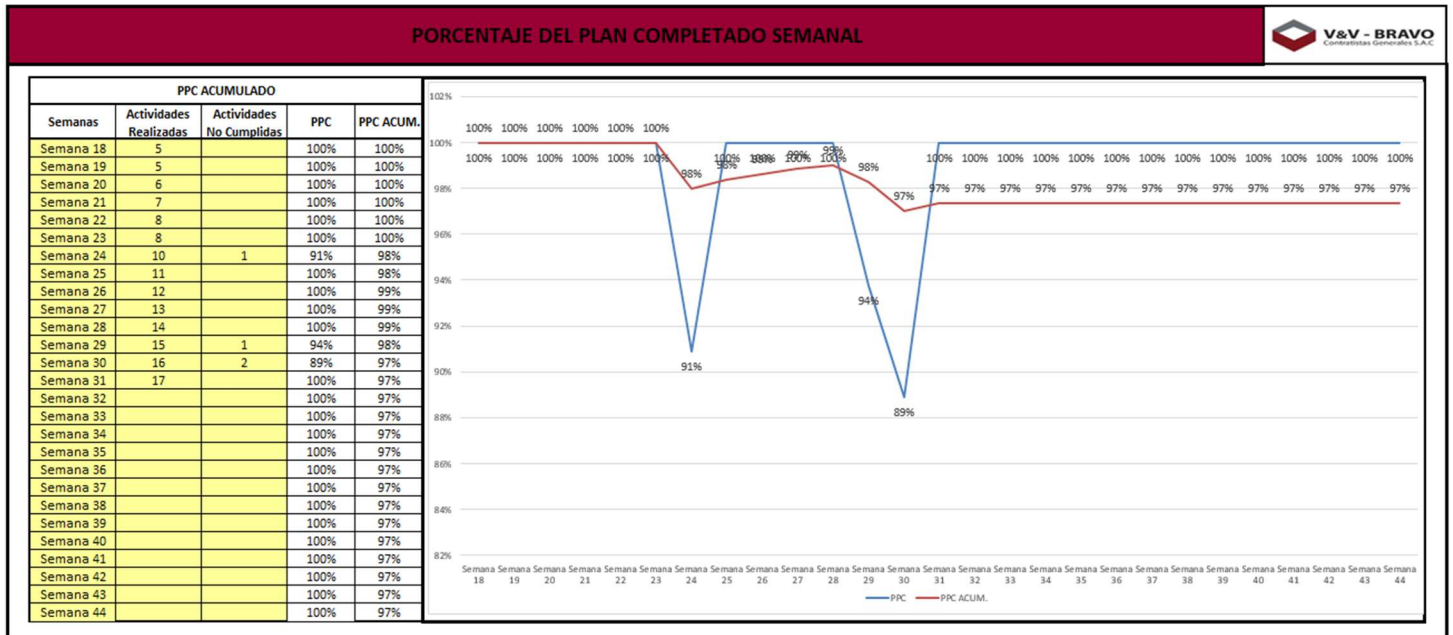


Fig. 65 – Plan Semanal Completado (Fuente propia)

De este cuadro se observa que en las semanas 24, 29 y 30 se tuvieron actividades no cumplidas por lo que el porcentaje del plan completado es de 97%.

Para esta etapa las causas de los incumplimientos fueron las siguientes:

- Subcontratas (SC); retrasos debido al incumplimiento de algún sub contratista
- Logística (LOG); alguna falta de materiales en obra
- Supervisión/Cliente (SUP/CLI); falta de información oportuna por parte del cliente

Podemos ver gráficamente las causas de incumplimiento para la construcción de las torres 2 y 3 en la siguiente figura:

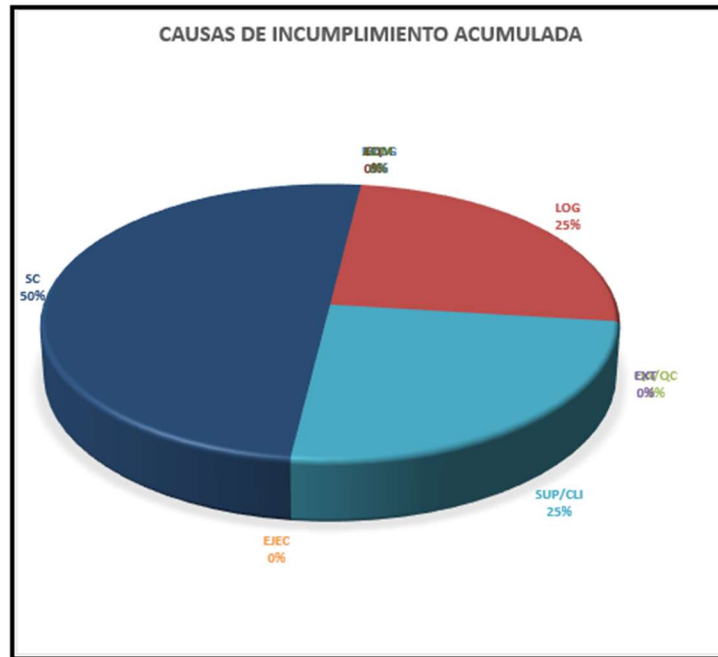


Fig. 66 – Causas de Incumplimiento (Fuente propia)

Finalmente, se concluyó la etapa de la construcción de las torres 2 y 3 satisfactoriamente en calidad y tiempo. Los rendimientos obtenidos fueron los estimados tanto en la elaboración de concreto por parte de la planta concretera como también en la partida del encofrado monolítico.



Fig. 67 – Casco Torres 2 y 3 (Fuente propia)

Para el caso del rendimiento del encofrado se obtuvieron los siguientes resultados:

Inicio de Desencofrado, 8:00 am

Termino de Encofrado, 14:00 pm

DIA	M2	CANT. PERSONAL	HORAS	RENDIMIENTO
DIA 1	397,4	16	6	24,8
DIA 2	377,2	16	6	23,57
DIA 4	395,5	16	6	24,7
DIA 4	380,1	16	6	23,7

Fig. 68 – Rendimientos de Encofrado (Fuente propia)

Estos resultados son similares a los rendimientos estimados en el cálculo de los Análisis Unitarios del costo de esta partida (48m²/día por pareja).

En el caso del concreto se cumplió con los requerimientos de abastecimiento en los tiempos estimados de colocado, la duración de vaciado es de 30m³ / 3 horas.

Los valores de producción de concreto son de 10m³ / hora que están dentro de los valores de producción de la planta concretera además se ajusta a la velocidad de colocado con la torre grúa.

7 Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

- El método de sistema de vivienda monolítico consiste en el vaciado de concreto en un encofrado prediseñado de tal manera que obtengamos una sola pieza de muros y losas. Este sistema es viable siempre y cuando la cantidad de departamentos a ejecutar sea considerable ya que nos brinda procesos más ordenados, rápidos y progresivos sumado a que ahorra tiempo y costo.
- El Sistema de Encofrado Monolítico es conveniente para proyectos masivos y genera una rentabilidad considerable al incidir en el rendimiento de la mano de obra sumado a la durabilidad del material que nos permite, previo mantenimiento periódico, reutilizarlo en todo el proyecto, en este caso las 5 etapas.
- Utilizar una Planta Dosificadora de Concreto en obra genera un ahorro considerable en el costo, permite un abastecimiento continuo y a tiempo de concreto para así poder cumplir con la demanda solicitada de obra, eliminando así las variables de las esperas que generan grandes pérdidas en este proceso constructivo.
- La colocación y traslado de concreto utilizando una Torre Grúa genera un ahorro frente al colocado con Bomba de Concreto y es conveniente constructivamente debido a que con este método se asegura una frecuencia constante en el colocado del concreto, así como también la rapidez para poder llegar a cualquier lugar de colocado, siempre y cuando este en el radio de giro de la Torre Grúa.
- Es necesario brindar capacitación al personal para la ejecución del encofrado de aluminio con el sistema monolítico, poder definir correctamente los procesos constructivos para poder llegar a los rendimientos esperados. También se debe capacitar

al personal que trabajará en la planta dosificadora de concreto y que llevará el control de calidad del mismo.

- Estas optimizaciones de los procesos constructivos se plantean en partidas que son parte de la ruta crítica de la estructura, en tal sentido se debe considerar, en el armado del cronograma de obra, que se está eliminando las holguras.

Existe el peligro que los atrasos de una actividad van a afectar al resto de actividades.

- Es importante elegir correctamente estas innovaciones tecnológicas en los procesos constructivos puesto que estas no son necesariamente óptimas para todos los casos.

Las innovaciones siempre tienen una probabilidad de no ser eficientes, por diferentes motivos. Es importante tener en cuenta que el éxito de estas depende en gran parte en la mano de obra, por lo que es necesario fomentar un clima óptimo y capacitar adecuadamente al personal.

- La compra de esta maquinaria y equipos, así como la implementación de los procesos constructivos proyectan generar un ahorro total de 4.03% en el presupuesto total de todo el proyecto (6 etapas). Este ahorro proyectado para todo el proyecto asciende a S/. 4 337 160.78
- Con la implementación de estos procesos y compra de equipos estamos mejorando los ratios de construcción en \$21.27 por m². Esto representa un ahorro considerable para la constructora o en el precio final de los departamentos por parte de la inmobiliaria.

7.2 Recomendaciones

- Para poder tener éxito en la implementación de estos procesos constructivos “no convencionales” es necesario estudiar el planeamiento de la obra antes de empezar. Debemos comenzar con una planificación general por hitos, planificar un horizonte

corto de tal manera que nos permita lograr un buen porcentaje de cumplimiento. Para ello se debe revisar bibliografía, visitas a obras que implementen procesos iguales o similares, buscar el personal idóneo para el proyecto, revisar y estudiar el proyecto, etc. Con toda esta información se realiza el planeamiento de la obra.

- Este método es conveniente para obras repetitivas y masivas, de tal manera que se vaya perfeccionando el proceso constructivo y después de tener un tiempo de aprendizaje se pueda garantizar una línea de producción constante y así poder ir buscando las mejoras a este y otros procesos.
- Se debe llevar un control de calidad del concreto bastante estricto, para esto se debe implementar un laboratorio que verificara la calidad del mismo. No obstante, es necesario y conveniente llevar las pruebas de resistencia de concreto con alguna empresa seria del medio.
- Es necesario programar el mantenimiento periódico de los equipos tales como encofrado, planta de concreto y torre grúa.

Dentro de los análisis unitarios del costo de estas partidas se incluyen estos mantenimientos, por lo que es importante programar los mismos entre las construcciones de todas las etapas.

8 Bibliografía

8.1 Fuentes Bibliográficas

Alvarez Cangahuala, José (2019). *Uniguía del Concreto, UNICON*. Primera Edición. Lima.

Fondo mi Vivienda S.A. (2018). *Memoria Institucional 2018*. Fondo Mi Vivienda. Lima.

Ghio Castillo, Virgilio (1997). *Guía para La Innovación Tecnológica en la Construcción*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile.

Ghio Castillo, Virgilio (2001). *Productividad en Obras de Construcción. Diagnóstico, Crítica y Propuesta*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial.

Guillermo Consuegra, Juan (2002). *Presupuestos de Construcción. Segunda Edición*. Biblioteca de la Construcción. Bogotá, Colombia.

Muciño Veles, Alberto y Santa Ana Lozada, Perla (2017). *Diseño de Mezclas de Concreto*. Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo CONAC y T-SENER.

Pasquel Carbajal, Enrique (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto*. Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Nacional. Segunda Edición. Lima.

Ramos Salazar, Jesús (2003). *Costos y Presupuestos en Edificación*. Fondo Editorial Capeco. Octava Edición. Lima.

Suarez Salazar, Carlos (2002). *Costo y Tiempo en Edificación*. Limusa Noriega Editores. México.

8.2 Fuentes de Información Oficiales

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009). *Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.060 Concreto Armado*. SENSICO. Lima.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). *Estudio de Demanda de Vivienda a Nivel Nacional*. Fondo Mi Vivienda. Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). *Estudio de Demanda de Vivienda a Nivel Nacional*. Fondo Mi Vivienda. Perú.

Resolución Directoral N 073 – 2010 / VIVIENDA / VMCS-DNC. *Norma Técnica Metrados para obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas*. Lima.

8.3 Normas y Publicaciones

ACI 116 AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (1985). *Cement and Concrete Terminology.*

ACI 308R-01 AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (2008) *Guide to Curing Concrete*

ACI 309R-05 AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (2005) *Guide for Consolidation of Concrete*

ASTM C94/C 94M-03 (2003) *Especificaciones Normalizadas para el Hormigón Pre Mezclado.*

