



**ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE UNA EDIFICACIÓN EN OBRA GRUESA,
EN TIEMPO Y COSTOS, CONSTRUIDA CON HORMIGÓN DE RESISTENCIA
TEMPRANA EN COMPARACIÓN A UNA CON HORMIGÓN
CONVENCIONAL.**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Kevin A. Caniumil Canto

Profesor Guía:
Francisco Sanhueza Duran.

Fecha:
31 Octubre de 2023
Santiago, Chile

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÒN	8
1.1	ANTECEDENTES	8
1.2	OBJETIVOS.....	10
1.2.1	GENERAL	10
1.2.2	ESPECIFICOS	10
1.3	METODOLOGIA.....	11
1.3.1	REVISIÒN BIBLIOGRAFICA:	11
1.3.2	SELECCIÒN DE EDIFICIOS:.....	11
1.3.3	RECOPIENCIÒN DE DATOS:	11
1.3.4	ANÁLISIS DE RESULTADO:	11
1.3.5	EVALUACIÒN DE RESULTADOS:.....	11
1.3.6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:.....	11
2	MARCO TEORICO	12
2.1	GESTIÒN DE PROYECTOS.	12
2.2	COSTOS DE OBRA.	13
2.2.1	EL ANÁLISIS DE COSTO ES APROXIMADO:	14
2.2.2	EL ANÁLISIS DE COSTO ES ESPECIFICO:.....	14
2.2.3	EL ANÁLISIS DE COSTO ES DINÁMICO:.....	14
2.3	PLAZOS DE OBRA.	16
2.4	PRODUCTIVIDAD.	18
❖	Producto por trabajador u hora empleado:.....	19
❖	Producto por stock de capital:	19
❖	Producto por unidad input:	19
2.5	ORDEN CRONOLÒGICO DE PARTIDAS OBRA GRUESA.....	21
2.5.1	OBRAS PRELIMINARES	22
2.5.2	EXCAVACIÒN	23
2.5.3	ENFIERRADURA	23
2.5.4	MOLDAJES	24

2.5.5	HORMIGÓN	24
2.6	GESTIÓN DEL HORMIGÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	24
2.6.1	IMPORTANCIA DEL HORMIGÓN EN UN PROYECTO.	24
2.6.2	FACTORES INCIDENTES EN LA GESTIÓN DEL HORMIGÓN.	25
2.6.3	ACTIVIDADES PREVIAS AL CICLO DEL PROCESO.....	26
2.6.4	PERDIDAS EN EL TIEMPO DE APLICACIÓN Y EN EL PROCESO DE HORMIGONADO.....	27
2.7	HORMIGONES UTILIZADOS EN OBRA.....	27
2.7.1	HORMIGON CONVENCIONAL.....	27
2.7.2	HORMIGON CON RESISTENCIA TEMPRANA	28
2.7.3	HORMIGON ARMADO	29
2.7.4	HORMIGON PRETENSADO	29
2.7.5	HORMIGON CELULAR	30
2.8	HORMIGÓN CONVENCIONAL.....	30
2.8.1	PROPIEDADES EN EL ESTADO FRESCO.....	31
2.8.2	TRABAJABILIDAD.	32
2.8.3	HOMOGENEIDAD.....	32
2.8.4	UNIFORMIDAD.	32
2.9	HORMIGÓN DE RESISTENCIA TEMPRANA.	33
2.9.1	ASPECTOS DE LOS MATERIALES PARA PRODUCIR HORMIGÓN DE RESISTENCIA TEMPRANA.....	35
2.10	ESTADO DE LA NORMATIVA QUE REGULA EL HORMIGÓN EN CHILE.	38
2.10.1	MATERIALES	38
2.10.2	EQUIPOS.....	39
2.10.3	PERSONAL	39
2.10.4	PROCEDIMIENTOS	40
3	DESARROLLO	41
3.1	EDIFICACIÓN HABITACIONAL MULTIFAMILY.....	41
3.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CON HORMIGON DE RESISTENCIA TEMPRANA..	44
3.2.1	UBICACIÓN	44
3.2.2	TIPO DE CONSTRUCCIÓN	45
3.2.3	DIMENSIONES Y ÁREAS DEL PROYECTO	45

3.2.4	ESTRUCTURA Y DISEÑO ESTRUCTURAL	45
3.2.5	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.....	45
3.2.6	CUBICACIÓN DE LAS PILAS	50
3.2.7	CARTA GANTT SOCIALZADOS.....	50
3.2.8	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO LOSAS TEMPRANAS	51
3.2.9	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO MUROS Y VIGAS	56
3.2.10	CARTA GANTT OBRA GRUESA	59
3.2.11	COSTOS ASOCIADOS A LA OBRA GRUESA	60
3.3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CON HORMIGÓN CONVENCIONAL	61
3.3.1	UBICACIÓN	61
3.3.2	TIPO DE CONSTRUCCIÓN	62
3.3.3	DIMENSIONES DEL PROYECTO	62
3.3.4	ESTRUCTURA Y DISEÑO ESTRUCTURAL	62
3.3.5	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO PARA LOSAS	63
3.3.6	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO MUROS.....	66
3.3.7	CARTA GANTT.....	67
3.3.8	COSTOS ASOCIADOS A LA OBRA GRUESA	69
3.4	COMPARACIÓN DE PROYECTOS.....	70
3.4.1	TIEMPOS DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN	71
3.4.2	TIEMPOS DE DESCIMBRE DEL HORMIGÓN	74
3.4.3	AVANCE OBRA GRUESA	74
3.4.4	COSTOS DE EQUIPOS UTILIZADOS EN OBRA.....	77
3.4.5	COSTOS DE MATERIALES.....	78
3.4.6	COSTO MANO DE OBRA.....	79
4	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	80
4.1.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	82
4.2	COMPARACIONES ENTRE CRITERIOS.....	83
4.2.1	TIEMPOS DE RESISTENCIA EN COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE DESCIMBRE Y AVANCE DE OBRA:.....	83
4.2.2	COSTOS DE MAQUINARIAS - EQUIPOS, COSTO DE MANO DE OBRA Y COSTO DE MATERIALES:.....	85
4.2.3	TIEMPOS EN COMPARACIÓN A COSTOS DE OBRA.	86

5	CONCLUSIONES	87
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

INDICE DE IMÁGENES

Imagen Nº1.	Integración del costo en construcción	15
Imagen Nº2.	Integración detallado de costo en edificación.	16
Imagen Nº3.	Sistema Productivo.....	20
Imagen Nº4.	Relación entre eficiencia, eficacia y productividad	21
Imagen Nº5.	Ubicación proyecto edificio Carmen 668	44
Imagen Nº6.	Plano de pilas de entibación	46
Imagen Nº7.	Detalle pila de entibación modelo 1	47
Imagen Nº8.	Detalle pila de entibación modelo 2	48
Imagen Nº9.	Detalle pila de entibación modelo 3	49
Imagen Nº10.	Carta Gantt Obras preliminares.	50
Imagen Nº11.	Ciclos de hormigonado.....	52
Imagen Nº12.	Instalación de sensor en losa	53
Imagen Nº13.	Resultados de sensor.....	54
Imagen Nº14.	Vigas y puntales.....	55
Imagen Nº15.	Descimbre de losa	56
Imagen Nº16.	Muros de enfierradura	57
Imagen Nº17.	Muros encofrados	58
Imagen Nº18.	Muros descimbrados.....	59
Imagen Nº19.	Carta Gantt obra gruesa	60
Imagen Nº20.	Ubicación proyecto Franklin Torre A.....	62
Imagen Nº21.	Armado de moldajes para llenado de losa.....	64
Imagen Nº22.	Armado de enfierradura en losa.	65
Imagen Nº23.	Avance Proyecto obra gruesa.....	66

INDICE DE TABLAS

Tabla Nº1.	Densidades para el hormigon fresco.....	33
Tabla Nº2.	Aspectos técnicos del hormigón de resistencia temprana	34
Tabla Nº3.	Requisitos propiedades físicas agregados gruesos	36
Tabla Nº4.	Requisitos de propiedades físicas del cemento Portland.	37
Tabla Nº5.	Cubicación pilas.....	50
Tabla Nº6.	Costos de obra gruesa proyecto Carmen	61
Tabla Nº7.	Carta Gantt del proyecto.....	67
Tabla Nº8.	Costos del proyecto Franklin	70
Tabla Nº9.	Resistencia obtenida hormigón convencional	72
Tabla Nº10.	Resistencia arrojada del sensor para obtención de curva de Resistencia / Madurez 73	
Tabla Nº11.	Porcentaje de avance en obra.....	75
Tabla Nº12.	Porcentaje de avance en obra.....	76
Tabla Nº13.	Costos de Maquinarias y equipos.	78
Tabla Nº14.	Costos de hormigón	79
Tabla Nº15.	Costos de mano de obra	80
Tabla Nº16.	Resumen de los criterios y comparación.	80
Tabla Nº17.	Precio unitario hormigón convencional.	81
Tabla Nº18.	Precio unitario hormigón con resistencia temprana.....	82
Tabla Nº19.	Costo diario por obra	86

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico Nº1.	Evolución número unidades multifamily	42
Gráfico Nº2.	distribución de unidades por comuna.....	43
Gráfico Nº3.	Distribución por unidades de tipología.	44
Gráfico Nº4.	Temperatura v/s hora	55
Gráfico Nº5.	Curva Madurez Versus Tiempo	73

AGRACECIMIENTOS

Primeramente, agradecerme a mí por todo el esfuerzo, empeño y obstáculos que tuve que superar, varias noches tuve que dormir poco para poder completar algunas tareas ya que trabajaba y estudiaba a la vez, todo esto me llevo a la instancia que estoy hoy en día.

A mi familia por todo el apoyo siempre ya sea en lo monetario y en las palabras donde decían tú puedes, lo lograras, tienes que llegar hasta el final, gracias papa, mama, hermanos y a mi mujer a quien amo demasiado gracias por siempre apoyarme.

A la universidad y profesores quienes estuvieron en el periodo de formación de mi carrera y me ayudaron a llegar a donde estoy, me llevo las mejores experiencias y conocimientos, las cuales me ayudaran a ser un mejor profesional el día de mañana.

SOLO USO ACADÉMICO

RESUMEN

El propósito de la investigación se enfoca en realizar un análisis exhaustivo del desempeño de una edificación multifamily en su etapa de obra gruesa, teniendo en consideración dos aspectos fundamentales: el tiempo de construcción y los costos involucrados en el proyecto. Esta edificación en particular se caracteriza por haber sido construida utilizando hormigón de resistencia temprana. Para obtener una visión clara de su rendimiento, se comparó esta construcción con otra edificación similar, pero en este caso, se empleó hormigón convencional.

El propósito principal de este análisis es determinar si la elección de utilizar hormigón de resistencia temprana conlleva ventajas significativas en términos de la duración del proceso de construcción y los costos en comparación con la utilización del hormigón convencional. En otras palabras, estamos buscando evaluar si esta alternativa de material puede acelerar los plazos de construcción y si la inversión inicial en materiales de mayor resistencia temprana se traduce en ahorros significativos o eficiencia en los gastos a lo largo de todo el proyecto.

En este contexto, el hormigón de resistencia temprana ha surgido como una posible solución para mejorar la velocidad de construcción y, potencialmente, reducir los costos asociados. Sin embargo, es importante someter esta afirmación a una evaluación rigurosa y objetiva para comprender su verdadero impacto en la industria de la construcción.

Los resultados obtenidos a través de este estudio proporcionarán información valiosa y basada en datos concretos sobre la viabilidad y el potencial de utilizar hormigón de resistencia temprana en proyectos de construcción. Estos resultados serán esenciales para la toma de decisiones en futuros proyectos similares o de mayor envergadura ya que permitirán a los profesionales de la construcción y a los inversores evaluar con mayor precisión los beneficios y desventajas de esta alternativa de material. Además, este estudio ayudará al enriquecimiento del conocimiento en el campo de la construcción y brindará una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en la industria de la construcción.

Palabras claves: Hormigón convencional, Hormigón con resistencia temprana, construcción, Edificación Multifamily.

SUMMARY

The purpose of the research is focused on performing an exhaustive analysis of the performance of a multifamily building in its rough construction stage, taking into consideration two fundamental aspects: the construction time and the costs involved in the project. This particular building is characterized by having been constructed using early strength concrete. In order to obtain a clear view of its performance, this building was compared with another similar building, but in this case, conventional concrete was used.

The main purpose of this analysis is to determine whether the choice of using early strength concrete leads to significant advantages in terms of the duration of the construction process and costs compared to using conventional concrete. In other words, we are seeking to evaluate whether this material alternative can accelerate construction timelines and whether the initial investment in higher early strength materials translates into significant savings or cost efficiencies throughout the project.

In this context, early strength concrete has emerged as a possible solution to improve construction speed and potentially reduce associated costs. However, it is important to subject this claim to a rigorous and objective evaluation to understand its true impact on the construction industry.

The results obtained through this study will provide valuable, evidence-based information on the feasibility and potential of using early strength concrete in construction projects. These results will be essential for decision-making on future similar or larger projects as they will allow construction professionals and investors to, more accurately assess the benefits and disadvantages of this material alternative. In addition, this study will help to enrich knowledge in the construction field and provide a solid foundation for future research and development in the construction industry.

Keywords: Conventional concrete, early strength concrete, construction, Multifamily building.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El rápido crecimiento de la población de Santiago de Chile se ha visto traducido en un importante aumento de la construcción. La falta de espacios en las zonas residenciales para abastecer la demanda ha producido en los últimos años un crecimiento físico en altura, manteniendo a la ciudad en un constante proceso de renovación constructiva.

La alta demanda por parte de la población ha hecho de la edificación una buena inversión, lo que ha generado la activación de una gran cantidad de empresas dedicadas al rubro y, por ende, una fuerte competencia en el mercado.

En esta actividad, el tiempo es un factor primordial, se busca entregar un servicio rápido y de calidad para satisfacer al cliente, y con costos que permitan generar utilidades suficientes a las empresas y accionistas. Los costos asociados a la construcción no sólo están relacionados con los materiales, mano de obra, permisos, entre otros, sino también, en gran parte, con los tiempos de construcción, ya que, al disminuir los plazos, se adelanta el inicio de la recuperación de la inversión y se disminuyen los gastos financieros y generales principalmente.

La evidencia nacional e internacional muestra que una proporción importante de proyectos de infraestructura presente sobrecostos y retrasos en su ejecución. La diferencia radica en la tasa de ocurrencia de los sobrecostos y en el orden de magnitud de los retrasos. En el caso internacional existen organismos públicos con un 10% de sus proyectos con sobrecostos; en el caso de Chile es un 50% respecto a plazos, la proporción de ocurrencia de retrasos es similar entre la evidencia nacional e internacional (alrededor de 80% de los proyectos presentan retrasos); sin embargo, en el caso internacional el retraso es de 19% respecto a lo estimado, mientras que en el caso de Chile un 50% duplica el plazo recomendado. (Comisión Nacional de Productividad, 2022).

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis exhaustivo del desempeño de dos edificaciones en obra gruesa, centrándose en la evaluación comparativa de su rendimiento en términos de tiempo y costos. Específicamente, se estudiará una edificación

construida utilizando hormigón de resistencia temprana, en contraste con otra edificación similar construida con hormigón convencional.

El uso de hormigón de resistencia temprana ha ido ganando popularidad en la industria de la construcción debido a sus propiedades especiales que permiten un fraguado y desarrollo de resistencia más rápido en comparación con el hormigón convencional. Esto puede resultar en potenciales beneficios en términos de tiempos de construcción reducidos y, posiblemente, costos más eficientes.

En este estudio, se investigará detalladamente los siguientes aspectos clave de las edificaciones en obra gruesa construidas con ambos tipos de hormigón: el tiempo requerido para completar la construcción, incluyendo las etapas de fraguado y curado, así como la duración total del proyecto en obra gruesa; y los costos asociados, considerando tanto los materiales utilizados como la mano de obra requerida.

Para llevar a cabo este análisis, se recopilará información relevante de ambos proyectos, incluyendo datos técnicos, registros de tiempo y costos, así como entrevistas a profesionales involucrados en la construcción. Además, se considerarán aspectos como la calidad de los resultados obtenidos y cualquier otra variable relevante que pueda influir en el desempeño general de las edificaciones.

El análisis comparativo entre estos dos tipos de hormigón en la construcción de edificaciones en obra gruesa permitirá una mejor comprensión de sus ventajas y desventajas, y además ofrecerá información valiosa para la toma de decisiones en futuros proyectos de construcción.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GENERAL

Comparar a partir de un caso de estudio en la región metropolitana, el desempeño en tiempo y costo de una edificación en obra gruesa construida con hormigón de resistencia temprana, y un hormigón convencional.

1.2.2 ESPECIFICOS

- Identificar y seleccionar dos edificaciones similares en cuanto a diseño, tamaño y función, pero que difieran en el tipo de hormigón utilizado: uno construido con hormigón de resistencia temprana y otro con hormigón convencional.
- Realizar un análisis comparativo de los costos de construcción de ambas edificaciones, en términos de materiales, mano de obra, equipos y otros costos asociados.
- Realizar un análisis comparativo de los plazos de ejecución de ambas edificaciones, desde la etapa de excavación hasta la finalización de la obra gruesa.

1.3 METODOLOGIA

1.3.1 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA: Se realizará una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica existente en la relación a la temática del proyecto, para conocer los diferentes aspectos que influyen en el desempeño de las edificaciones en obra gruesa y los materiales empleados en construcción.

1.3.2 SELECCIÓN DE EDIFICICIOS: Se buscarán dos edificaciones similares en cuanto a diseño, tamaño y función, pero que se diferencien en el tipo de hormigón empleado. En este caso una edificación construida con hormigón de resistencia temprana y la otra con un hormigón convencional o tradicional.

1.3.3 RECOPIACIÓN DE DATOS: Se realizará un registro detallado de los datos relativos a la construcción de ambas edificaciones, incluyendo información sobre el proceso constructivo, materiales empleados, costos y plazos de ejecución.

1.3.4 ANÁLISIS DE RESULTADO: Se hará una comparación de los datos registrados, ya antes mencionados y luego se realizará un análisis estadístico para determinar las diferencias en términos de costos y plazos de la ejecución entre las dos edificaciones.

1.3.5 EVALUACIÓN DE RESULTADOS: Se evaluará críticamente los resultados obtenidos en la comparación y se determinara si el uso del hormigón de resistencia temprana generó ventajas significativas en términos de costos y plazos de ejecución.

1.3.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Finalmente, se presentan las conclusiones obtenidas a partir del análisis de datos y se dan recomendaciones de las medidas para mejorar el proceso constructivo en futuras edificaciones similares, en función de los resultados obtenidos.

2 MARCO TEORICO

2.1 GESTIÓN DE PROYECTOS.

La gestión de proyectos tiene una gran importancia dentro de desarrollo sostenible y constante de la empresa, ayuda a visualizar un horizonte de posibilidades en un escenario determinado, lo que permite a futuro conocer un resultado el cual al interesado le brinde las herramientas necesarias para tomar la mejor decisión posible.

Son las malas decisiones, inversiones o proyectos realizados sin ningún tipo de gestión, los que generan una pérdida, que en muchos casos no solo afecta a quien es el responsable, si no que se traduce en decrecimiento de plazas de empleo o capital importantes, esto se puede evitar si se gestiona un apoyo en las herramientas y conocimientos necesarios que permitan cumplir con las exigencias del entorno cambiante, no solo por los consumidores cada vez más especializados y con mejor acceso a la información, también en la competencia que las organizaciones deben afrontar. Para aumentar el nivel de competitividad y disminuir estas posibles pérdidas es que se necesita de una gestión de proyectos, ya que es una guía muy necesaria para lograr una probabilidad mayor de alcanzar objetivos grandiosos. Estrada, (2015).

Un proyecto al desarrollarse de manera cronológica y estructurada, debe cumplir con tiempos predeterminados los cuales deben ser estrictos, además, en ellos se deben destacar las etapas en las cuales se desarrollan las diferentes tareas, estas tareas se ejecutan y finalizan en los plazos que se han determinado con anterioridad, este conjunto de tareas forma parte del todo en un proyecto, es por ello e igual de importante destacar que todo se realice siguiendo un orden específico, para evitar sucesos imprevistos y que estos afecten la viabilidad económica del proyecto. Reyes, (2015).

Existe una metodología llamada “Lean Construction”, el término “lean” se origina en el Japón a fines de la década de los 50 e inicios de los 60, como producto de las investigaciones realizadas por ingenieros de la empresa ensambladora de automóviles Toyota Motor, que pretendía mejorar su línea de producción. Uno de los más reconocidos en el tema fue el ingeniero Taiichi Ohno, encargado de la producción, quien buscaba eliminar los residuos y mejorar los tiempos de entrega de los automóviles a los clientes sustituyendo la tradicional producción en masa por la producción a pedido del cliente y

evitar, además, la acumulación de mercancía. Con las investigaciones se desarrolló lo que se conoce como “producción Lean” o “producción sin pérdidas”, que comprende una gran variedad de sistemas de producción que comparten el principio de minimización de pérdidas. En 1992 Lauri Koskela empezó a implementar esta filosofía en el sector de la construcción; resultado de ello es su trabajo “Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción”, producido en el grupo de investigación CIFE de la Universidad de Stanford, en el cual sostuvo que la producción debía ser mejorada mediante la eliminación de los flujos de materiales y que las actividades de conversión mejorarían la eficiencia. Otros investigadores, como Glenn Ballard, aportaron herramientas para la adaptación de la producción “Lean” al sector constructivo. Ballard empezó a trabajar con Koskela luego de oírlo hablar en una conferencia en la Universidad de Berkeley, y juntos conformaron el 7 Grupo Internacional de Lean Construction, surgido durante la primera conferencia sobre sistemas de gestión de proyectos de construcción en 1993 en Helsinki-Finlandia, donde se decide usar, por primera vez, la expresión “lean Construction” para referirse a la implementación de la nueva filosofía de producción en el sector constructivo. Lean Construction pretende conseguir la excelencia en la empresa y/o proyecto a través de un proceso de mejora continua, el que consiste en minimizar o eliminar todas las actividades que no agregan valor al producto que se pretende entregar, optimizando los recursos y maximizando la entrega de valor al cliente, diseñando y produciendo a un menor coste, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco ecológico con el entorno. Pons, (2014).

2.2 COSTOS DE OBRA.

Para Udolkin (2014), en el departamento de contabilidad se elaboran diversos estados, entre ellos tenemos al resultado de costos de producción y de situación financiera, en los cuales se ven reflejados todo lo relacionado con los costos. Los elementos de los costes de elaboración son: material directo, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación, quienes inciden en los precios de los costos de producción, reflejado en el estado con el mismo nombre, de un terminado periodo. Si a este total le agregamos los costos registrados del inventario inicial de la producción en ejecución, teniendo como resultado la totalidad de costos de producción trabajados en un periodo. Se puede decir que los costos tienen una

relación importante con la determinación de la rentabilidad dentro de una empresa, pues en la medida que estos sean adecuadamente controlados, serán aplicados solo, los necesarios y como consecuencia se obtendrá mayores beneficios para la empresa, sin que ello signifique mermar la calidad del producto o servicio. Asimismo, los costos responden a diferentes clasificaciones como costos fijos, costos variables, semifijos o semivARIABLES, que, en conjunto, determinaran los costos totales de producción en un determinado periodo de tiempo.

Meza (2017) indica que gestionar y administrar los costos es de suma importancia en las empresas inmobiliarias ya que garantizan la rentabilidad idónea para cada proyecto. Estos costos son el elemento fundamental de los gastos y costes implicados. Así mismo están representados por el 75-80% de la totalidad comprendido los gastos de supervisión. Los costos inmobiliarios, los que le anteceden a los de construcción, intangibles están representados por el 3 - 4%; los financieros son el 2 – 3% del costo total. Además, provocan los siguientes gastos: de marketing 3%; de ventas 2.5%; legales 1 – 1.2% y otros el 1,5% del costo del proyecto. Esta conformación de costos en construcción de viviendas evidencia una efectiva gestión de costos y posteriormente a conseguir una adecuada rentabilidad para cada proyecto.

Para Carlos Suárez 1977, dado que el análisis de un costo es, en forma genérica la evaluación de un proceso determinado, sus características serán:

2.2.1 EL ANÁLISIS DE COSTO ES APROXIMADO: el no existir dos procesos constructivos iguales, el intervenir la habilidad personal del operario, y el basarse en condiciones “promedio” de consumos, insumos y desperdicios, permite asegurar que la evaluación monetaria del costo no puede ser matemáticamente exacta.

2.2.2 EL ANÁLISIS DE COSTO ES ESPECIFICO: Por consecuencia, si cada proceso constructivo se integra en base a sus condiciones periféricas de tiempo, lugar y consecuencia de eventos, el costo no puede ser genérico.

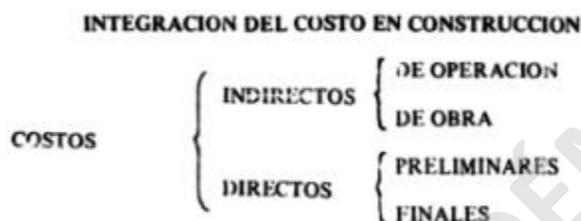
2.2.3 EL ANÁLISIS DE COSTO ES DINÁMICO: el mejoramiento constante de materiales, equipos, procesos constructivos, técnicas de planeación, organización, dirección, control, incrementos de costos de adquisiciones, perfeccionamiento de sistemas impositivos, de prestaciones sociales, etc., nos permite recomendar la necesidad de una actualización constante de los análisis de costos.

La contabilidad en general acepta y señala como integrantes del: costo indirecto. “aquellos gastos que no pueden tener aplicación a un producto determinado”.

Costo directo. “aquellos gastos que tienen aplicación a un producto determinado”.

Ahora bien, con el fin de aplicar las definiciones anteriores a la construcción en la imagen N°1, se señala otra subdivisión para facilidad de operación, así como más adelante, sus correspondientes definiciones aplicables a la misma.

Imagen N°1. Integración del costo en construcción



Fuente: Libro “costo y tiempo en edificación”- Carlos Suárez- 1977.

- ❖ **Definición de costo indirecto:** es la suma de gastos técnico-administrativo necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo.
- ❖ **Definición de costo indirecto de operación:** Es la suma de gastos que, por su naturaleza intrínseca, se aplican a todas las obras efectuadas en un tiempo determinado. (año fiscal, año calendario ejercicio, etc.)
- ❖ **Definición de costo indirecto de obra:** Es la suma de todos los gastos que, por su naturaleza intrínseca, son aplicables a todos los conceptos de una obra en específico.
- ❖ **Definición de costo directo:** Es la suma de material, mano de obra y equipo necesarios para realización de un proceso productivo.
- ❖ **Definición de costo directo preliminar:** Es la suma de gastos de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un subproducto.
- ❖ **Definición de costo directo final:** Es la suma de gastos de material, mano de obra, equipo y subproductos para la realización de un producto.

Cabe destacar que las definiciones anteriormente mencionadas detallan un poco más la siguiente tabla a:

Imagen N°2. Integración detallada de costo en edificación.



Fuente: Libro "costo y tiempo en edificación"- Carlos Suárez- 1977

2.3 PLAZOS DE OBRA.

Reyes, (2015) menciona que, un proyecto al desarrollarse de manera cronológica y estructurada, debe cumplir con tiempos predeterminados los cuales deben ser estrictos, además, en ellos se deben destacar las etapas en las cuales se desarrollan las diferentes tareas, estas tareas se ejecutan y finalizan en los plazos que se han determinado con anterioridad, este conjunto de tareas forma parte del todo en un proyecto, es por ello e igual de importante destacar que todo se realice siguiendo un orden específico, para evitar sucesos imprevistos y que estos afecten la viabilidad económica del proyecto.

Sin embargo, el desempeño en los proyectos de construcción ha sido criticado durante muchos años debido a los excesos de costos y retrasos significativos. A partir de esto se han generado un gran número de clientes insatisfechos, por lo que es necesario encontrar

nuevas tecnologías o herramientas que ayuden a desarrollar propuestas con mayor eficiencia y permita contar con información precisa sobre la ejecución del proyecto de manera oportuna y eventualmente competir en la industria.

Zhiliang, propone un enfoque para lograr un proceso de gestión sobre la calidad de la construcción más efectivo y colaborativo mediante el desarrollo de un sistema basado en la aplicación integrada del Building Information Modeling (BIM) y la tecnología de posicionamiento en interiores. Logrando de ese modo reducir la carga de trabajo sobre los inspectores y disminuyendo el riesgo de gestión de calidad de la edificación. El autor concluye que, con estas mejoras, el sistema puede ahorrar aproximadamente el 50% del tiempo en todo el proceso de inspección.

Así mismo, Kosegoglu y Nurtan-Gunes se centran en los procesos BIM móviles aplicados en el sitio de construcción con la finalidad de mejorar los procesos tradicionales en la gestión de proyectos mediante el uso de tabletas. Los autores elaboraron cinco procesos para el caso estudiado, siendo aquellos: Gestión de diseño, Gestión de la información, Registros de control y garantía de calidad, Gestión de recursos y Gestión de rendimiento. En el resultado de la aplicación se menciona que se obtuvieron beneficios en lo que refiere a los tres primeros, mientras que existieron complicaciones en optimizar tanto la Gestión de recursos como la Gestión de rendimiento.

Liu, J y Shi G. se basaron en la teoría BIM y Lean, este estudio establece un sistema de control de calidad KanBIM (QC) para lograr un proceso más eficiente analizando las herramientas y tecnologías necesarias, siendo de esta manera exitosos al utilizar la propuesta en proyectos de estructuras complejas, grandes dificultades de construcción y estrictos requisitos de calidad. Finalmente, consiguen una supervisión en tiempo real y control de calidad para antes, durante y después de la construcción. Este nivel de control ayuda a alcanzar altos estándares en la construcción Lean, maximizar el valor de un proyecto y controlar la duración, el costo y el alcance de un proyecto. Un sistema de Control de Calidad KanBIM se construye desde la perspectiva del Control de Calidad, pero también tiene un rol positivo en el control de costos, duración y seguridad del proyecto, entre otros elementos.

Pons, (2014) menciona que, existe una metodología llamada “Lean Construction”, el término “lean” se origina en el Japón a fines de la década de los 50 e inicios de los 60,

como producto de las investigaciones realizadas por ingenieros de la empresa ensambladora de automóviles Toyota Motor, que pretendía mejorar su línea de producción. Uno de los más reconocidos en el tema fue el ingeniero Taiichi Ohno, encargado de la producción, quien buscaba eliminar los residuos y mejorar los tiempos de entrega de los automóviles a los clientes sustituyendo la tradicional producción en masa por la producción a pedido del cliente y evitar, además, la acumulación de mercancía. Con las investigaciones se desarrolló lo que se conoce como “producción Lean” o “producción sin pérdidas”, que comprende una gran variedad de sistemas de producción que comparten el principio de minimización de pérdidas. En 1992 Lauri Koskela empezó a implementar esta filosofía en el sector de la construcción; resultado de ello es su trabajo “Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción”, producido en el grupo de investigación CIFE de la Universidad de Stanford, en el cual sostuvo que la producción debía ser mejorada mediante la eliminación de los flujos de materiales y que las actividades de conversión mejorarían la eficiencia. Otros investigadores, como Glenn Ballard, aportaron herramientas para la adaptación de la producción “Lean” al sector constructivo. Ballard empezó a trabajar con Koskela luego de oírlo hablar en una conferencia en la Universidad de Berkeley, y juntos conformaron el 7 Grupo Internacional de Lean Construction, surgido durante la primera conferencia sobre sistemas de gestión de proyectos de construcción en 1993 en Helsinki-Finlandia, donde se decide usar, por primera vez, la expresión “lean Construction” para referirse a la implementación de la nueva filosofía de producción en el sector constructivo. Lean Construction pretende conseguir la excelencia en la empresa y/o proyecto a través de un proceso de mejora continua, el que consiste en minimizar o eliminar todas las actividades que no agregan valor al producto que se pretende entregar, optimizando los recursos y maximizando la entrega de valor al cliente, diseñando y produciendo a un menor coste, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco ecológico con el entorno.

2.4 PRODUCTIVIDAD.

De acuerdo con la revista Bit (2001), en su artículo “Índice de productividad en la construcción: Mito o Realidad”, se entiende por productividad la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla.

Por lo tanto, productividad se define como la relación entre producción final y factores productivos utilizados en la producción de bienes y servicios. De un modo general, la productividad se refiere a lo que genera el trabajo, la producción por cada trabajador, la producción por cada hora trabajada o cualquier otro tipo de indicador de la producción en función del factor trabajo. Una productividad mayor significa hacer más con la misma cantidad de recursos o hacer lo mismo con menos capital y trabajo.

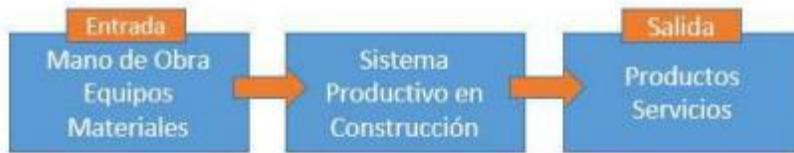
Niebel (2001), señala que el mejoramiento de la productividad se refiere al incremento de la producción por hora-trabajo o por tiempo gastado. Como base fundamental para el mejoramiento de la productividad se encuentran los recursos humanos, ya que estos son el capital más importante de toda la empresa. “Algunos mencionan el capital como el recurso esencial para el desarrollo industrial y otros mencionan la tecnología como el factor que incrementa la misma. Si bien estos recursos son importantes, el capital puede ser desperdiciado por las personas y la tecnología no sirve de nada sin personas que se comprometan y aprendan a utilizarla bien”.

La productividad se puede medir de diversas formas, siendo las más frecuentes:

- ❖ **Producto por trabajador u hora empleado:** Razón denominada productividad laboral.
- ❖ **Producto por stock de capital:** Razón denominada rendimiento de stock de capital.
- ❖ **Producto por unidad input:** Razón que proporciona la productividad total de los factores (PTF), su crecimiento se entiende como la diferencia entre el aumento de la producción y el aumento de los inputs utilizados (capital y trabajo). Esta última forma es la más confiable al largo plazo, sobre todo en países industrializados donde difícilmente se puede aumentar la productividad en cada trabajador.

En el ámbito de la construcción el sistema productivo interactúa básicamente de la siguiente forma, observar imagen N°3 presentada a continuación:

Imagen N°3. Sistema Productivo



Fuente: Universidad EAFIT (2004).

En este caso se puede definir, adicionalmente, la productividad como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado, más productivo es el sistema.

En base a este sistema productivo, se distinguen tres productividades parciales.

Productividad de los materiales: relación entre los materiales utilizados y la cantidad producida. Es necesario controlar los costos y minimizar las pérdidas de insumos utilizados.

- ❖ **Productividad de los equipos:** es la relación de producción y el uso de maquinaria. Tiene asociado un alto costo por lo que se deben evitar los tiempos muertos y el retraso.
- ❖ **Productividad de mano de obra:** factor fundamental que determina el ritmo de trabajo.

Este último factor se define como:

$$Productividad\ M.O = \frac{Avance\ Obras}{Horas\ Hombre}$$

Formula 1: Productividad mano de obra

Dicho avance se puede cuantificar por tarea o como horas ganadas. Las horas ganadas permiten llevar a una misma unidad todos los trabajos y se calculan con la siguiente fórmula:

$$\text{Horas Ganadas} = \text{Rendimiento} \left[\frac{HH}{\text{unidad trabajada}} \right] * \text{unidades trabajadas.}$$

Formula 2:

horas ganadas.

Donde el rendimiento es calculado en base a las horas de trabajo presupuestadas y la cantidad de trabajo expresado en una determinada unidad que depende del tipo de actividad (metros lineales, Kg, unidades globales). Estos valores quedan establecidos en el contrato y en base a ellos se genera el plan maestro con los plazos y recursos.

Por otra parte, es importante destacar que para lograr una alta productividad se requiere de una alta eficiencia y efectividad. La primera se relaciona con la capacidad para conseguir un objetivo aprovechando de la mejor manera posible los recursos disponibles, mientras que la segunda es la capacidad de lograr lo propuesto reflejado en el cumplimiento de programas y plazos, observar imagen N°4.

Imagen N°4. Relación entre eficiencia, eficacia y productividad



Fuente: Universidad EAFIT (2004).

2.5 ORDEN CRONOLÓGICO DE PARTIDAS OBRA GRUESA.

Dado que el estudio está enfocado únicamente a la obra gruesa, se analizará el orden cronológico solo hasta el término de esta, cabe destacar que este orden cronológico es en base al punto de vista del estudiante:

2.5.1 OBRAS PRELIMINARES

Las obras preliminares corresponden como dice su nombre a todo aquello que se debe realizar antes de empezar con la ejecución de un proyecto. Esta etapa contempla varias subetapas las cuales se detallan a continuación:

2.5.1.1 OBTENCIÓN DE PERMISOS

En esta fase se precede a obtener todos los permisos necesarios para poder iniciar las diferentes actividades de cada proyecto. El primer permiso y más importante es el permiso de edificación que es otorgado por la municipalidad posterior a la aprobación del proyecto y con una validez por el plazo total del proyecto.

Adicionalmente se solicitan los permisos para ocupación de calle e instalación de faenas sobre la vereda. Ambos pueden ser requeridos va a depender de las condiciones y ubicación del terreno.

2.5.1.2 INSTALACIÓN DE FAENAS Y CIERRE

En esta etapa se comienza con la instalación de todos los elementos necesarios para el funcionamiento correcto del proyecto. Estos elementos corresponden a:

- Instalación de oficinas de quienes gestionaran el proyecto.
- Bodega para materiales.
- Camarines para el personal contratado.
- Comedor.
- Instalaciones sanitarias y duchas.
- Empalme provisorio de electricidad y agua.
- Cierre provisorio.
- Montaje de equipos.

2.5.1.3 ESTUDIOS ASOCIADOS

Es el proceso donde se solicitan los estudios de mecánica de suelo y topografía con la finalidad de determinar las condiciones en las que se encuentra el terreno y poder definir qué tipo de maquinaria usar y las cotas que definirán el emplazamiento definitivo del proyecto.

2.5.1.4 DEMOLICIÓN

Este proceso solo se realiza si es que en el terreno en el cual se construirá el proyecto ya existe alguna edificación construida la cual debe ser retirada para la ejecución del nuevo proyecto. Todo material extraído de la demolición debe ser trasladado a un lugar certificado para cumplir con las normas medioambientales.

2.5.1.5 TRAZADO Y REPLANTEO

El trazado y replanteo corresponde a la demarcación en el terreno donde irá emplazada la edificación y básicamente el área de excavación que se debe ejecutar para fundaciones, socialzados, entibaciones y/o cualquier proceso especificado por cálculo.

2.5.2 EXCAVACIÓN

Es el proceso en el cual se retira todo el material pétreo existente para poder realizar la fundación y construcciones bajo cota 0 que los proyectos requieran. Esta puede ser manual o con maquinaria y va a depender de la envergadura y presupuesto del proyecto.

2.5.3 ENFIERRADURA

La enfierradura de una edificación es aquel material que va incorporado al interior del hormigón y cumple la función de soportar los esfuerzos de tracción que el hormigón no puede aguantar. A su vez es la primera actividad secuencial que comprende la confección de hormigón armado. La enfierradura se divide por elemento a construir dentro del proyecto lo cuales son fundaciones, muros, pilares y losa.

2.5.4 MOLDAJES

Son elementos de medidas definidas y de materialidad metálica o de madera que cumplen la función de contener y soportar el hormigón en su estado fresco hasta que este cumpla la capacidad de auto soportarse. Este elemento se instala posterior a la colocación de la enfierradura y previo a verter el hormigón.

2.5.5 HORMIGÓN

Corresponde a un conjunto de materiales que al ser mezclados en cantidades específicamente definida forman una piedra artificial capaz de soportar esfuerzos de compresión en una estructura. Su composición está dada por cemento, áridos y agua. Este material en conjunto con la enfierradura conforma el hormigón armado el cual corresponde la totalidad de la estructura de una edificación con esta materialidad. Su colocación secuencialmente está dada cuando los moldajes estén instalados, aplomados y en correctas condiciones para recibir al hormigón y corresponde a la última etapa de la secuencia del hormigón armado.

2.6 GESTIÓN DEL HORMIGÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

2.6.1 IMPORTANCIA DEL HORMIGÓN EN UN PROYECTO.

El hormigón ha sido la clave de la construcción de las grandes ciudades en el mundo, desde sus inicios de la antigüedad en el imperio Romano, hasta sus inicios de la edad moderna en

Inglaterra con el faro de Smeaton en 1774. La importancia de este material en la construcción está basada en múltiples capacidades y características el cual lo posiciona como el elemento de construcción de estructuras. Porque cuenta con capacidades de adaptarse a casi cualquier forma, su gran resistencia y su capacidad de trabajar a compresión, entre muchas otras capacidades hacen del hormigón uno de los materiales primordiales en la construcción; desde la construcción de estructuras pequeñas, como las casas de viviendas hasta las más grandes, como edificios de oficinas y rascacielos. El hormigón ofrece una gran resistencia a las fuerzas de compresión, pero igual que estas una resistencia moderada a la flexión y a la tracción, es decir a doblarse a estirarse. Para mejorar la resistencia a estas dos últimas se combina con una materia más dúctil y resistente como lo es el acero. Salazar, (2013).

La importancia del concreto en los proyectos de infraestructura radica en su variedad de desarrollo de tecnologías que lo han llevado a límites de alta calidad en su desempeño garantizando los diferentes usos y aplicaciones con la capacidad de resistir a diferentes condiciones de exposición extremas durante su periodo útil gracias a su gran durabilidad, Es una material local y de alta disponibilidad de los diferentes componentes que puede ser fabricado en cualquier parte del mundo, lo que ayuda a reducir los costos. Sus propiedades estéticas permiten variar e innovar diseños arquitectónicos por su flexibilidad al momento de ejecutar el diseño que se desee. Ceballos, (2016).

Respecto a la importancia del hormigón en nuestro país, es indispensable como en cualquier otro, ya que está presente en la mayoría de las estructuras por no decir en todas y en cada uno de los lugares por donde nos desplazamos, en nuestras viviendas hace parte de la estructura de nuestra casa o departamentos, en los sitios de trabajo centros de estudios vías y todas las estructuras que nos rodean.

2.6.2 FACTORES INCIDENTES EN LA GESTIÓN DEL HORMIGÓN.

Sin duda la industria de la construcción está cambiando, manifestándose con transformaciones significativas en el modo de hacer gestión, que incorporan calidad,

seguridad, especialización, productividad y tecnologías, y también información generada por los distintos procesos productivos.

Durante la década de los 90's, autores como Koskela (1997), Ballard (1998) y Formoso (1998), señalan que tienen la visión de que la planificación y el control, son sustituidos en muchas oportunidades por caos e improvisaciones, causando una mala comunicación, documentación inadecuada, ausencia o deficiencia en la información de entrada de los procesos que se realizan, desequilibrio en la asignación de los recursos, falta de coordinación entre disciplinas y errática toma de decisiones.

Sin embargo, se tiene la visión de que la calidad de la construcción siempre ha sido mala y no va a cambiar, antiguamente en las construcciones, con muchas menos herramientas y recursos, los resultados eran asombrosos, tanto que han perdurados por siglos, entonces cuál es el problema si hemos avanzado tanto, la respuesta es simple: tiempo y mano de obra poco calificada. No tiene sentido teorizar en la base de modelos estadísticos o generar planes de gestión, si son estos los actores principales a la hora de hablar de la mala calidad de algunos procesos.

2.6.3 ACTIVIDADES PREVIAS AL CICLO DEL PROCESO.

Antes del inicio del ciclo del proceso se realizan una serie de actividades previas, las cuales permiten que el proceso se ejecute de la mejor manera y así, evitar posibles problemas, muchas veces estas actividades previas no se realizan con el mejor énfasis, algunos de los ejemplos son:

No revisar el vibrador para hormigón, si este está realmente funcionando o tiene algún problema eléctrico, esto provoca una gran pérdida de tiempo sobre todo si es que solamente tienen uno solo en obra.

No revisar los rebases de losa o muro y una vez hormigonando estos revienten, se para el proceso y esto es tiempo, se pierde hormigón, etc.

Ejecutar estas actividades de mala manera trae consecuencias, prácticamente los camiones mixer cumpliendo su horario de descarga, estos se retiran de obra y netamente es por todo ese tiempo perdido, finalmente se retrasa aún más el proceso y pierde en costo.

2.6.4 PERDIDAS EN EL TIEMPO DE APLICACIÓN Y EN EL PROCESO DE HORMIGONADO.

En la aplicación del hormigón, el tiempo de pérdidas se refiere al tiempo que transcurre desde que se mezcla el cemento, agua la arena y la grava hasta que se coloca el hormigon en el lugar deseado. Durante este tiempo, el hormigón comienza a resistir y pierde su capacidad de ser moldeado y trabajado.

Este tiempo depende de varios factores, como la temperatura ambiente, humedad relativa, la cantidad de agua en la mezcla, la cantidad de aditivos utilizados.

Por lo general, el tiempo de pérdida del hormigon varía entre 30 minutos y dos horas. Sin embargo, esto puede variar significativamente dependiendo de las condiciones ambientales y de la mezcla utilizada.

Es importante tener en cuenta que una vez que el hormigon se ha endurecido, es difícil o imposible de modificar. Por lo tanto, es importante asegurarse de que la mezcla sea adecuada y de que se coloque y moldee correctamente antes de que el hormigón comience a resistir.

Por otro lado, existen una serie de actividades que toda obra no espera que pasen:

- Pérdidas por esperas (inactividad).
- Pérdidas por traslados.
- Pérdidas por trabajo lento.
- Pérdidas por trabajo mal ejecutado (reparar con otra actividad).
- Pérdidas por trabajo rehecho (demoler y rehacer).

Saber dónde controlar necesariamente implica saber dónde se encuentran las mayores pérdidas en el ciclo de vida del proceso, esto hace que el proceso sea continuo y con una pérdida de tiempo mucho menor.

2.7 HORMIGONES UTILIZADOS EN OBRA

2.7.1 HORMIGON CONVENCIONAL

El hormigón convencional o tradicional es un material de construcción compuesto principalmente de cemento, agua, agregados (como arena, grava o piedra triturada) y aditivos, si es necesario. Este tipo de hormigón es ampliamente utilizado en la industria de

la construcción para la creación de estructuras como cimientos, columnas, muros, losas, entre otros.

El proceso de elaboración del hormigón convencional implica la mezcla de los diferentes componentes en las proporciones adecuadas y su posterior colocación y compactación en el lugar de la obra. El proceso de fraguado del hormigón convencional se produce por la reacción química entre los componentes del cemento y el agua, lo que resulta en una masa sólida y resistente que adquiere su resistencia mecánica a lo largo del tiempo, esto varía según las condiciones ambientales, la composición de la mezcla y otros factores, pero puede tomar varias semanas o incluso meses para que alcance su resistencia máxima. Sin embargo, una vez que se ha alcanzado su resistencia máxima, el hormigón convencional es un material duradero y resistente capaz de soportar cargas pesadas y condiciones ambientales adversas.

2.7.2 HORMIGON CON RESISTENCIA TEMPRANA

Es un hormigón formulado especialmente para alcanzar altas resistencias iniciales desde 1 hasta 7 días según sea especificado. Puede ser utilizado en la construcción de elementos estructurales y no estructurales, clasificados según su resistencia mecánica. (Hormigones BSA, sf).

Beneficios

- Su diseño para alcanzar un rápido desarrollo de resistencia no altera las otras propiedades del hormigón.
- Por sus características, es un producto con excelente desempeño en zonas de bajas temperaturas.
- Su uso en pavimentos, permite una rápida entrega a tránsito evitando las molestias por atochamientos y cortes de tránsito.
- Permite una mayor rotación de moldajes por unidad de tiempo.
- Disminuye la cantidad requerida de alzaprimas.
- Permite aumentar la productividad de la obra.

2.7.3 HORMIGON ARMADO

Es la feliz asociación de dos materiales de características mecánicas bien diferenciadas, el hormigón, una roca artificial compuesta por unos materiales de origen pétreo trabados por un conglomerante y acero material que resiste por igual esfuerzos de tracción y compresión. Con la incorporación del acero, el hormigón adquiere las propiedades que aquel le presta, sin perder por ello la facultad intrínseca de adoptar la forma que le marcan los encofrados que lo circundan. Los esfuerzos de tracción quedan así canalizados en el conjunto de barras que componen la armadura, y aun cuando esta no siga con toda fidelidad el trazado de las isostáticas de tracción, no por eso deja de ejercer su influjo sobre las fibras de hormigón que las rodean. La trabazón necesaria para la mutua colaboración en el fenómeno resistente se confía a la adherencia entre ambos materiales, razón por la cual las barras que constituyen la armadura presentan, sobre un núcleo cilíndrico, unos resaltos o estrías salientes destinados a reforzar, con la rugosidad creada en su superficie, la adherencia y razonamiento con la masa de hormigón. Páez, A. (1986). *Hormigón armado*. Reverté.

2.7.4 HORMIGON PRETENSADO

Pretensar el hormigón, es una técnica que consiste en someterlo a esfuerzos de compresión previos a que tome cargas exteriores. El objetivo es eliminar los esfuerzos de tracción del hormigón, introduciendo tensiones artificiales de compresión antes de que la estructura sea sometida a cargas externas. Luego que la estructura es sometida a cargas externas, la superposición entre estas y las cargas de pretensado, debe ser tal que las tensiones permanentes queden comprendidas dentro de los límites que el material puede soportar.

La utilización de hormigón pretensado surge buscando superar los inconvenientes que implica la utilización de hormigón armado. Se utiliza buscando alivianar la estructura y evitar la aparición de fisuras. Miguel Payá, (1964).

2.7.5 HORMIGON CELULAR

El hormigón celular fue creado con el objetivo de encontrar un material de construcción que presentara las características positivas de la madera (aislamiento, solidez y trabajabilidad) y dejara de lado sus desventajas (combustión, fragilidad y necesidad de mantenimiento). Este tipo de hormigón se consigue de la mezcla de cemento, arena, agua, agente espumante y aditivos específicos para mejorar las propiedades finales, el cual una vez endurecido resulta un hormigón liviano que contiene millones de pequeñas burbujas o celdas de aire de tamaño consistente y distribuidas en toda la masa, la densidad del hormigón celular resulta inferior a la del hormigón convencional y esta cualidad está determinada por la cantidad de espuma que se adhiere a la mezcla. Se entiende que, regulando convenientemente las proporciones del mortero y del aditivo espumante, se puede lograr en el producto final distintos valores de densidades, pueden prepararse hormigones desde 250[kg/m³] a 2200[kg/m³], el volumen de aire atrapado en la masa del hormigón define la densidad de la misma y como consecuencia su resistencia. Rengifo Cuenca, M. C., & Yupangui Cushicondor, R. V. (2013).

De todos estos tipos de hormigón utilizados en obra y dependiendo del uso de cada uno de ellos en los proyectos, este trabajo se centrará en hormigón convencional y hormigón con resistencia temprana para tener más información de estos tipos de hormigones a continuación de definen a ambos.

2.8 HORMIGÓN CONVENCIONAL

El hormigón convencional es el tipo más comúnmente utilizado en la industria de la construcción debido a su facilidad de producción y su rentabilidad. Además, tiene una resistencia adecuada para soportar cargas de construcción típicas.

Una de las principales ventajas del hormigón convencional es su capacidad para resistir la compresión. Es decir, puede soportar cargas verticales sin sufrir daños significativos, lo que lo convierte en un material ideal para la construcción de columnas, vigas y muros.

Otra ventaja importante es su facilidad de moldeado. El hormigón convencional puede ser vertido en moldes de diferentes formas y tamaños, lo que permite a los ingenieros y

arquitectos crear diseños personalizados. Esto es especialmente útil para la construcción de edificios y estructuras con formas no convencionales.

Una limitación del hormigón convencional es su resistencia a la tracción y su fragilidad ante la flexión. Para combatir este problema, a menudo se utiliza acero de refuerzo dentro del hormigón, lo que aumenta su resistencia a la flexión.

Existen muchas constructoras que utilizan el hormigón convencional en sus proyectos de construcción. Es relativamente económico y fácil de producir, lo que lo hace una opción atractiva para muchas obras de construcción. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la calidad del hormigón puede variar según la calidad de los materiales utilizados y el proceso de mezclado y colocación, por lo que es importante asegurarse de trabajar con empresas y proveedores de confianza que cumplan con los estándares de calidad y seguridad requeridos en la industria de la construcción.

2.8.1 PROPIEDADES EN EL ESTADO FRESCO

Las propiedades deseables en el estado fresco para el hormigón base involucran no solo a la consistencia (cualquiera sea su método de medida) si no también su aptitud para el transporte y bombeo sin segregación y su aptitud para la inyección, con adecuada adhesión y bajo rebote.

El tiempo del hormigón en estado fresco es corto, por lo que se debe considerar sus propiedades antes de que el hormigón inicie la reacción de fraguado rápido. El hormigón fresco debe cumplir una serie de propiedades, las cuales se las debe controlar con ensayos establecidos por normas nacionales e internacionales, para obtener el hormigón deseado en obra. Las propiedades son:

Consistencia

Es la menor o mayor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica; para ocupar todos los vacíos del molde. Los factores más importantes que producen esta deformación son la cantidad de agua de amasado, el tamaño máximo de los agregados, la forma de los agregados y su granulometría.

La consistencia depende:

- Grado de finura del cemento, una mayor finura otorga mayor consistencia en la mezcla.

- Cantidad de agua de amasado empleada, a mayor cantidad de agua, la mezcla se vuelve más fluida y viceversa.
- Forma y textura de los agregados, si son ásperos y angulares se requiere mayor cantidad de pasta para llegar a obtener una determinada consistencia.
- Cantidad y graduación de los agregados, a mayor cantidad y mala graduación de los agregados, la mezcla será más rígida y seca.

2.8.2 TRABAJABILIDAD

Se considera como trabajabilidad a la aptitud que presenta el hormigón fresco para ser colocado y compactado en cualquier molde. Los hormigones con baja trabajabilidad presentan problemas de mezclado, compactación dentro de los moldes, lo que puede desencadenar en una disminución de la resistencia. Para mejorar la trabajabilidad de un hormigón, se pueden incluir aditivos plastificantes que no disminuirán su resistencia final. Cabe señalar que la trabajabilidad es una propiedad de definición compleja, pues abarca propiedades de la mezcla fresca que califican la "facilidad de colocación" y "la resistencia a la segregación".

2.8.3 HOMOGENEIDAD

Es la propiedad por la cual, los diferentes componentes del hormigón se presentan distribuidos regularmente en toda la masa, de manera tal que, dos muestras tomadas de distintos lugares del mismo volumen resulten iguales. La masa de hormigón debe ser homogénea, que se consigue con una mezcla amasada correctamente, y se cuidará que, durante el transporte, no se produzcan segregaciones de los agregados gruesos para mantener la homogeneidad.

2.8.4 UNIFORMIDAD.

Propiedad en la cual se asegura que los agregados se encuentren unidos idénticamente con la pasta de cemento. La uniformidad del hormigón depende de diversas variantes:

- El tiempo de mezclado del hormigón.

- La excelente adherencia entre pasta y agregado.
- La granulometría de los agregados utilizados en la fabricación del hormigón.
- La dosificación de los componentes.
- El tipo de transporte.
- Los procesos de puesta en obra.

Hormigón Armado Tomo 1- P. Jiménez Montoya: Quinta Edición: 1971: Pág. 58 – 59.

Tabla Nº1. Densidades para el hormigon fresco

Tamaño máximo del Agregado mm	Contenido de aire, porcentaje	Agua, kg/m ³	Hormigón, kg/m ³	Densidad, kg/m ³				
				Gravedad Especifica del Agregado"				
				2.55	2.6	2.65	2.7	2.75
19	6	168	336	2194	2227	2259	2291	2323
37.5	4.5	145	291	2259	2291	2339	2371	2403
75	3.5	121	242	2307	2355	2387	2435	2467

Fuente: Bureau of Reclamation, 1981

2.9 HORMIGÓN DE RESISTENCIA TEMPRANA.

El hormigón se constituye actualmente como el material de mayor importancia en el mundo de la construcción debido a su uso extendido en diversas aplicaciones y a los múltiples estudios que se realizan sobre él en centros de investigación a nivel mundial. La tecnología del hormigón muestra un marcado avance tecnológico en las últimas décadas; la aparición de nuevos tipos de cementos, adiciones altamente reactivas, fibras estructurales y aditivos de última generación han permitido desarrollar hormigones especiales con prestaciones mejoradas que se adaptan a los requerimientos y demandas actuales.

El hormigón con resistencia temprana es una variedad especial de hormigón que se caracteriza por su capacidad para adquirir resistencia mecánica rápidamente después de su colocación y fraguado. A diferencia del hormigón convencional, que suele requerir un período de tiempo más prolongado para desarrollar su resistencia máxima, el hormigón con resistencia temprana acelera este proceso y permite obtener resultados en un plazo más corto.

Este tipo de hormigón se logra mediante la utilización de aditivos específicos, como acelerantes del fraguado y endurecimiento, que promueven una reacción química más rápida entre los componentes del hormigón. Estos aditivos actúan acelerando la hidratación del cemento, que es el proceso mediante el cual el cemento se endurece y adquiere resistencia.

El hormigón con resistencia temprana ofrece varias ventajas y aplicaciones prácticas. En primer lugar, permite acelerar los tiempos de construcción al reducir el período de fraguado y curado del hormigón, lo que puede traducirse en un mayor ritmo de avance de la obra y en una mayor eficiencia en términos de tiempo. Además, esta variedad de hormigón puede ser especialmente útil en proyectos en los que se requiere un rápido restablecimiento del tráfico o la utilización de estructuras, como puentes o pavimentos.

Sin embargo, es importante destacar que el hormigón con resistencia temprana no sacrifica la calidad y la durabilidad del material. Aunque adquiere resistencia más rápido, sigue cumpliendo con los requisitos de resistencia y durabilidad establecidos para el hormigón convencional. Es fundamental que se realicen pruebas y controles de calidad adecuados para asegurar que el hormigón cumpla con los estándares y normas aplicables. Observar tabla N°2 de los aspectos técnicos del hormigón.

Tabla N°2. Aspectos técnicos del hormigón de resistencia temprana

Aspectos Técnicos				
PROPIEDAD	COMPRESIÓN	FLEXOTRACCIÓN	UNIDAD	REFERENCIA
Resistencia a 1 día	20	2,5	MPa	NCh170
Resistencia a 3 días	30	4,2	MPa	NCh170
Resistencia a 7 días	40	5,0	MPa	NCh170
Asentamiento de cono	≥4	4 a 10	cm	NCh1019
Tamaño máximo de árido	13, 20 y 40	20 y 40	mm	NCh163

Fuente: Hormigones BSA, SF.

La tabla anterior corresponde a diseños típicos de hormigón con requerimientos de resistencia temprana, sin embargo, es posible desarrollar otros niveles de resistencia según especificación para aplicaciones especiales. (Hormigones BSA, sf).

2.9.1 ASPECTOS DE LOS MATERIALES PARA PRODUCIR HORMIGÓN DE RESISTENCIA

TEMPRANA

2.9.1.1 AGREGADOS FINOS

Los agregados finos se definen como los agregados que pasan el tamiz de 9,5 mm y pasan casi por completo el tamiz de 4,75 mm y se retienen predominantemente en el tamiz de 75 μm (ASTM C 125-00a, 2002). La arena es la forma más común de agregado fino que se puede obtener naturalmente de pozos, ríos, mares y lagos. Otros materiales como el polvo de cantera y los finos de roca se pueden usar como agregado fino.

Los agregados finos deben estar sanos, libres de humedad, poco absorbentes y libres de materiales nocivos como arcilla, limo, materia orgánica, conchas y sales para producir concreto de alta calidad. Sus granos deben ser afilados y angulares para mejorar la resistencia y la unión interfacial del hormigón. Sin embargo, los agregados finos con forma de partícula redondeada y textura superficial suave requieren menos agua de mezclado y, por lo tanto, son propicios para mejorar la trabajabilidad del concreto. Los requisitos de ASTM para las propiedades físicas clave de los agregados finos.

2.9.1.2 AGREGADOS GRUESOS

Los agregados gruesos deben ser fuertes, de textura rugosa, sólidos, no porosos y no reactivos. En particular, la solidez del agregado grueso es vital para producir hormigón duradero. Los agregados gruesos deben estar libres de sustancias nocivas como impurezas orgánicas, arcilla y limo, sales y partículas finas en mal estado para evitar cualquier efecto adverso en el concreto endurecido. Los requisitos de propiedades físicas para los agregados gruesos dados por la ASTM se muestran en la Tabla N°3. Se deben usar agregados gruesos duros para que el hormigón contribuya al menos a la resistencia del gel de cemento. El

tamaño del agregado también debe reducirse para lograr una mayor resistencia. Esto se debe a que el proceso de reducción de tamaño a menudo elimina los defectos internos en el agregado, como poros grandes, micro fisuras e inclusiones que consisten en minerales blandos.

En la mayoría de los casos, 10 mm o 12 mm es el tamaño máximo nominal preferible de agregados gruesos. Sin embargo, se pueden usar agregados gruesos suficientemente fuertes de 19 mm o 25 mm de tamaño máximo nominal sin afectar negativamente la trabajabilidad y la resistencia (Mehta y Aïtcin, 1990).

Tabla Nº3. Requisitos propiedades físicas agregados gruesos

Propiedad	Máximo permitido valor (%)
Contenido de arcillas, grumos y partículas friables	3 - 10
Contenido de sílex	3 - 8
Carbón y lignito	0.5 - 1
Material más fino que 75 µm	1
Abrasión	50
Solidez de sulfato de magnesio	18

Fuente: (ASTM C 33-02a, 2002).

Los agregados gruesos seleccionados deben tener 0.83 0.81 un valor de absorción bajo y un coeficiente de forma adecuado. Un coeficiente de absorción igual o inferior al 1% y un coeficiente de forma de alrededor o superior a 0,25 son buenos para mejorar la trabajabilidad del hormigón. Además, los agregados gruesos deben cumplir con un coeficiente igual o inferior a 15 y un índice de trituración igual o inferior a 15 para mejorar la resistencia del hormigón (Gutiérrez y Cánovas, 1996).

2.9.1.3 CEMENTO

El cemento es un componente esencial. Se endurece al interactuar con el agua y forma un compuesto duro resistente al agua después del fraguado final. El cemento más utilizado es el cemento portland. Es un cemento hidráulico producido al pulverizar el Clinker que consiste esencialmente en silicatos de calcio hidráulicos y que generalmente contiene una o

más formas de sulfato de calcio como una adición intermolida (ASTM C 150-02, 2002). Existen principalmente cinco tipos de cemento portland. Entre estos, el cemento portland normal (ASTM Tipo I) es el más común.

La gravedad específica del cemento portland normal varía de 3,12 a 3,16 y pesa alrededor de 1208 kg/ m³. Los cementos comerciales que cumplen con la especificación estándar de ASTM para cemento portland normal (ASTM C 150-02, 2002) difieren considerablemente en finura. La finura de las partículas del cemento portland normal varía de 10 micrones a 50 micrones (Nawy, 1996). La finura superficial del cemento portland normal determinada por el método de permeabilidad al aire generalmente varía de 250 a 400 m²/kg (Neville, 1996). Influye en el requerimiento de agua para una trabajabilidad dada. como el efecto de la finura del cemento en la demanda de agua es más notable en hormigones con mayor resistencia debido al alto contenido de cemento, la uniformidad del cemento debe mantenerse durante todo el trabajo. La finura Blaine del cemento portland normal no debe variar en más de 375 cm²/g (Safiuddin, 1998). La ASTM también ha establecido los requisitos físicos para el cemento portland. Los requisitos de ASTM para las propiedades físicas del cemento portland normal se muestran en la Tabla N°4.

Tabla N°4. Requisitos de propiedades físicas del cemento Portland.

Propiedad	Requisito
Finura (Específico superficie)	≥160 metros ² /kg si se mide con la prueba del turbidímetro; ≥280 metros ² /kg si se mide por prueba de permeabilidad al aire
Autoclave expansión	Máximo 0,80%
Compresivo fortaleza	≥12 MPa a los 3 días, ≥19 MPa a los 7 días, ≥28 MPa a los 28 días
Ajuste inicial tiempo	≥60 min si se mide mediante la prueba de Gillmore; ≥45 min si se mide con la prueba de Vicat
tiempo de fraguado final	≤600 min si se mide mediante la prueba de Gillmore; ≤375 min si se mide con la prueba de Vicat

Fuente: (ASTM C 150-02, 2002).

2.10 ESTADO DE LA NORMATIVA QUE REGULA EL HORMIGÓN EN CHILE.

Todo material de construcción se debe someter a un control o régimen que establezca ciertos parámetros de control para su correcta ejecución y puesta en práctica, por ello existen organismos que controlan los factores que intervienen en el comportamiento como también en la elaboración del material. Actualmente son muchos los factores que influyen en el comportamiento de los materiales de construcción, pero principalmente nos enfocaremos en el hormigón.

La normativa que regula el hormigón en Chile es la NCh170.Of2006, “Hormigón – Requisitos, producción y conformidad”. Esta norma establece los requisitos mínimos que deben cumplir los materiales, los equipos, el personal y los procedimientos para producir y controlar el hormigón utilizado en la construcción de obras civiles.

A continuación, se detalla la normativa que regula el hormigón en Chile:

Requisitos para la producción del hormigón;

2.10.1 MATERIALES

2.10.1.1 CEMENTO PORTLAND

El cemento Portland debe cumplir con la NCh148.Of68 “Cemento – Terminología, Clasificación y especificaciones generales”. Se debe verificar que el cemento tenga la resistencia a la compresión y finura adecuada para la aplicación requerida.

2.10.1.2 AGREGADOS

Los agregados deben cumplir con la NCh163.Of68 “Áridos para morteros y hormigón – Especificaciones”. Se debe verificar que los agregados no contengan materia orgánica, arcilla o sustancias perjudiciales.

2.10.1.3 AGUA

El agua es utilizada para la producción del hormigón debe cumplir con la NCh409.Of2005 “Agua potable – Requisitos”. Esta norma establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua potable en todo el territorio nacional.

2.10.1.4 ADITIVOS

Los aditivos que se usen en la confección del hormigón deben cumplir con NCh2182. En caso de que se utilicen aditivos no considerados en la mencionada norma, se deben adoptar las recomendaciones del fabricante y verificar su efecto en el hormigón por medio de mezclas de prueba.

2.10.2 EQUIPOS

2.10.2.1 Dosificación y mezclado

Los equipos de dosificación y mezclado deben cumplir con la norma NCh190.Of68 “Hormigoneras – Requisitos”. Se debe verificar periódicamente los equipos y mantenerlos en buen estado para asegurar la calidad del hormigón.

2.10.2.2 TRANSPORTE

Los equipos de transporte deben cumplir con la norma NCh152.Of68 “vehículos para el transporte de hormigón – Requisitos”. Se deben verificar periódicamente los equipos y mantenerlos en buen estado para asegurar la calidad del hormigón.

2.10.3 PERSONAL

2.10.3.1 OPERADORES

Los operadores de los equipos de producción de hormigón deben estar capacitados y contar con la experiencia en el manejo de los equipos y la producción del hormigón.

2.10.3.2 CONTROL DE CALIDAD

El personal encargado del control de calidad debe estar capacitado y contar con la experiencia en la inspección y ensayo del hormigón.

2.10.4 PROCEDIMIENTOS

2.10.4.1 DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de mezcla del hormigón debe cumplir con la norma NCh1017.Of 68 “Hormigón – Diseño de mezcla”. Se debe realizar ensayos en laboratorio para determinar la resistencia a la compresión del hormigón y ajustar el diseño de mezcla en caso de ser necesario.

2.10.4.2 PRODUCCIÓN

La producción del hormigón debe seguir los procedimientos establecidos en la norma. Se deben realizar ensayos periódicos para verificar que el hormigón producido cumpla con los requisitos establecidos.

2.10.4.3 TRASPORTE Y COLOCACIÓN

El transporte y colocación del hormigón debe cumplir con la norma NCh170.Of85 “Hormigón – Transporte y colocación”. Se deben tomar medidas para evitar la segregación del hormigón durante el transporte y la colocación.

Es importante tener en cuenta que estas normativas pueden actualizarse y modificarse con el tiempo, por lo que siempre es recomendable consultar la versión más reciente de la normativa aplicable antes de llevar a cabo cualquier proyecto de construcción con hormigón.

3 DESARROLLO

3.1 EDIFICACIÓN HABITACIONAL MULTIFAMILY.

“Los activos Multifamily son aquellos edificios residenciales dedicados completamente a la renta y con un solo propietario. Estos edificios cuentan con ubicaciones estratégicas donde se destaca la condición de buena conectividad, estando en su mayoría a una distancia menor o igual a 500 metros de una estación de metro.” (Colliers, 2022).

Esta acotada definición permite identificar tres factores a destacar: la existencia de un único propietario; exclusividad de renta (y no venta); relevancia de la ubicación y conectividad.

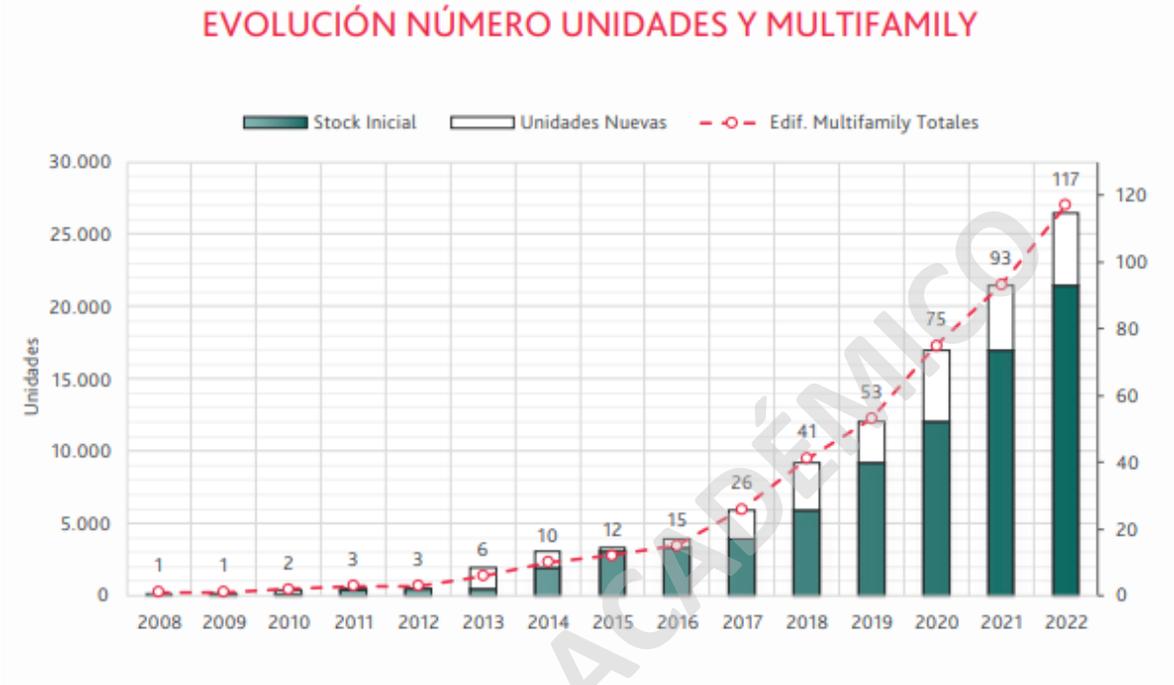
Como primer punto, el modelo Multifamily se define por la existencia de un único propietario (privado) o también donde a este le pertenece sobre un 70% del conjunto de unidades, lo que permite que exista una administración centralizada, dejando atrás una de las dificultades propias de los sistemas de arriendo donde se generaba una falta de pertenencia y de sentido de comunidad, ya que la toma de decisiones no depende del acuerdo de las voluntades de un colectivo, optimizando así la eficiencia de las operaciones y su rapidez de implementación. El punto de “exclusividad de renta” hace referencia a lo recién expuesto, ya que es un ente el que decide sobre su propiedad, facilitando el buen cuidado y mantenimiento de las instalaciones y entorno.

Finalmente, la ubicación y conectividad marcan un rasgo característico de estos conjuntos y la tendencia en el desarrollo de los Multifamily en la Región Metropolitana ocurre desde el centro de Santiago hacia la periferia, siendo crucial la cercanía a estaciones de metro que permitan una llegada expedita al centro, punto de referencia como foco de servicios y fuentes laborales.

Los orígenes del Multifamily en Estados Unidos se remontan a los años 40', época en la que empresas privadas empezaron a invertir tanto en la compra como en el desarrollo de proyectos inmobiliarios para el arriendo, modelo que posteriormente se extendió hacia grandes potencias como Australia y Reino Unido, e incluso hasta países latinoamericanos. Mientras que, en Chile, recién el año 2014 se percibió un aumento relevante de este formato de proyecto alcanzando recién la decena de ejemplares.

En el siguiente gráfico N°1, se logra ver cómo fue que las edificaciones multifamily logran aumentar de 1 unidad en 2008 a 117 unidades en 2022.

Gráfico N°1. Evolución número unidades multifamily
EVOLUCIÓN NÚMERO UNIDADES Y MULTIFAMILY

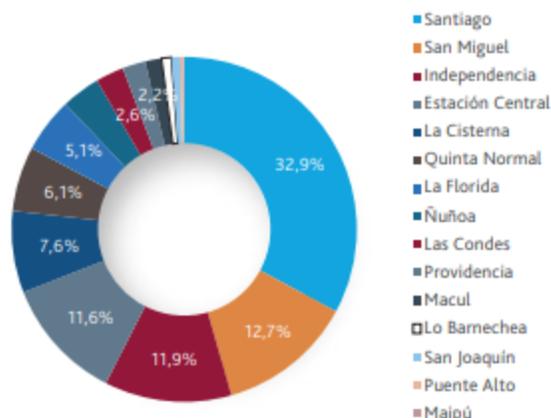


Fuente: Reporte tercer trimestre del 2022, Mercado de renta residencial BDO.

la mayor concentración de edificaciones multifamily se mantiene en la comuna de Santiago, con el 32,9% de las unidades. Observar gráfico N°2, En tanto, la comuna de San Miguel se posiciona segunda en cantidad de unidades con el 12,7% e Independencia en tercer puesto con el 11,9% del stock total. Entre estas tres comunas se encuentra el 57,5% de las unidades totales lo que representa 15.210 departamentos de la oferta total. Así mismo, entre las comunas de Estación Central, La Cisterna y Quinta Normal se encuentra el 25,3% de las unidades.

Gráfico N°2. distribución de unidades por comuna.

DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES POR COMUNA



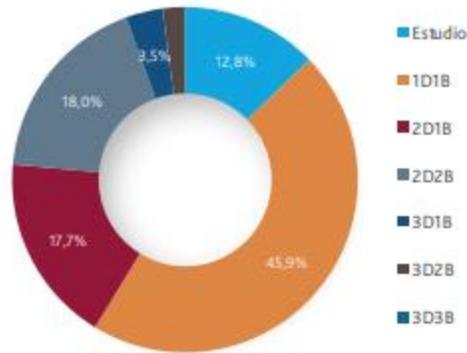
Fuente: Reporte tercer trimestre del 2022, Mercado de renta residencial BDO.

El cierre del segundo trimestre alcanza un universo total de 26.455 unidades destinadas a la renta residencial. El presente trimestre se ingresaron un total de 1.392 nuevas unidades del mix un dormitorio y un baño (1D1B), totalizando 12.154 unidades con un promedio de superficie de 34,6 m². Así mismo el mix de dos dormitorios un baño y dos dormitorios dos baños (2D1B; 2D2B) aumentó en 848 unidades, alcanzado un total de 9.450 unidades y una superficie promedio de 43,7 m² y 55,5 m² respectivamente.

Un dormitorio y un baño (1D1B) es la mayor concentración con un 45,9% de las unidades. En tanto, las tipologías de dos dormitorios y un baño (2D1B) y dos dormitorios y dos baños (2D2B) representan el 35,7% del total. El mix de tres dormitorios en sus distintas tipologías representa el 5,5% de las unidades totales. Finalmente, el mix estudio aumentó a un 12,8% en el presente trimestre. En el gráfico N°3 se detalla la información.

Gráfico N°3. Distribución por unidades de tipología.

DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES POR TIPOLOGÍA



Fuente: Reporte tercer trimestre del 2022, Mercado de renta residencial BDO.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CON HORMIGON DE RESISTENCIA TEMPRANA

3.2.1 UBICACIÓN

El proyecto Carmen 668 se encuentra ubicado en la calle Carmen 668 entre las calles de Argomedo y la avenida 10 de julio, Santiago centro, como se puede apreciar en la siguiente imagen N°5 a continuación,

Imagen N°5. Ubicación proyecto edificio Carmen 668



Fuente: Google maps, (2023).

3.2.2 TIPO DE CONSTRUCCIÓN

El proyecto de construcción es un edificio multifamily, que consta de dos subterráneos, nueve pisos y una azotea con espacio común. El edificio ha sido concebido para albergar tanto áreas comerciales como residenciales. La ubicación estratégica ya antes menciona del terreno ha sido cuidadosamente seleccionada para atender a las necesidades y demandas del mercado local, aprovechando su cercanía a centros urbanos, servicios y transportes.

3.2.3 DIMENSIONES Y ÁREAS DEL PROYECTO

El edificio se levantará sobre un terreno con una superficie total de aproximadamente 2660,6 metros cuadrados. Con una altura total de 25,3 metros en cubierta, los dos subterráneos albergarán espacios de estacionamiento, bodegas y áreas de servicios, ocupando una superficie de 2227,35 y 1815,85 metros cuadrados respectivamente. Los nueve pisos sobre el nivel del suelo abarcarán un área total de 15768 metros cuadrados, y la azotea añadirá 1753 metros cuadrados adicionales los cuales 604,55 son de espacio común.

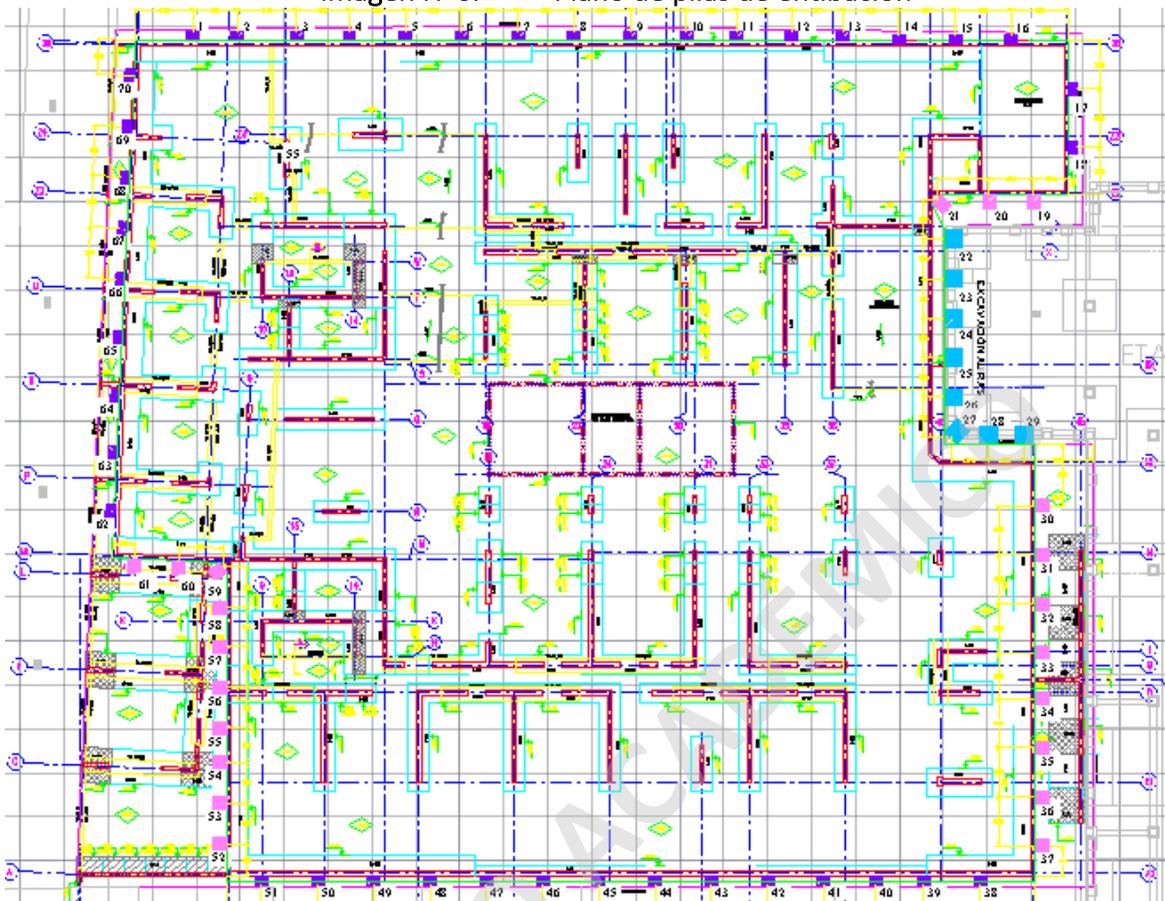
3.2.4 ESTRUCTURA Y DISEÑO ESTRUCTURAL

La estructura del edificio se construirá principalmente en hormigón, utilizando dos tipos distintos. Los muros perimetrales y divisores internos, además de las vigas serán contruidos con hormigón convencional, proporcionando la solidez y estabilidad requeridas para una estructura de varios pisos. Las losas de entrepiso y azotea, por otro lado, se ejecutarán mediante un sistema de losas tempranas, que permitirá que el hormigón alcance su resistencia adecuada de 3 a 5 días. Este enfoque optimizará la duración de la obra gruesa, permitiendo avances rápidos en la construcción.

3.2.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Para el sistema de entibación del proyecto fueron excavadas 70 pilas con 3 tipos diferentes siendo 29 de estas pilas reforzadas con tirantes de anclaje para darle al terreno mayor estabilidad y así poder realizar la excavación de los subterráneos con éxito, en la siguiente imagen N°6 se muestra el plano de las pilas de entibación.

Imagen N°6. Plano de pilas de entibación

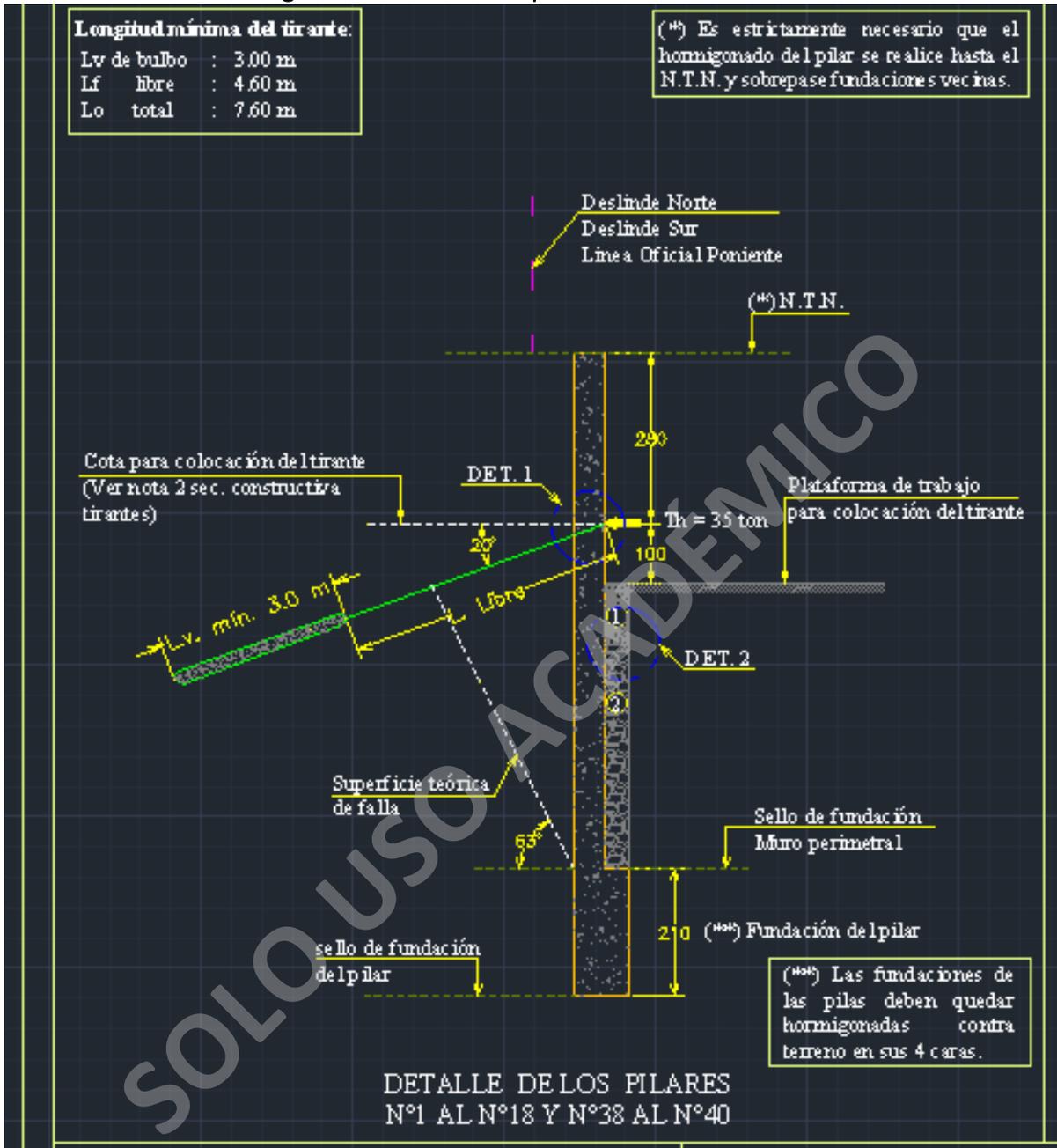


Fuente: Planos proyecto Carmen 668, 2021.

las pilas N.º 30 al 37 y las N.º 52 al 61 color rosado, estas pilas fueron permitidas con hormigón pobre en su coronación para su posterior demolición en interferencias en fundaciones superficiales.

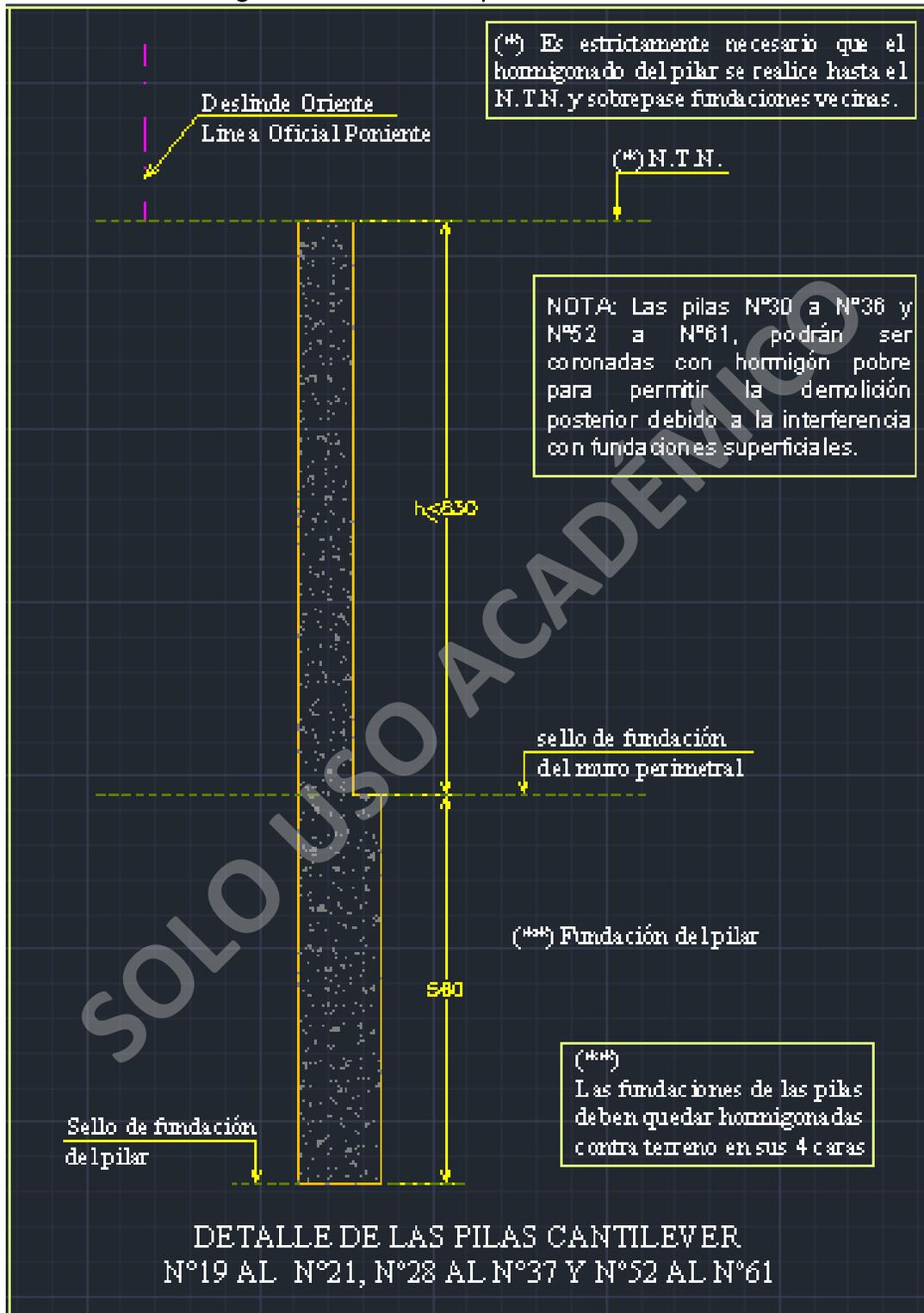
En las pilas N.º 17,18, 30 al 52, 54,56,58 al 61 fueron reforzadas con tirantes anclados para ayudar a soportar el terreno. A continuación, en las imágenes N°7,8 y 9 se presentan los 3 tipos de pilas utilizados en esta obra.

Imagen N°7. Detalle pila de entibación modelo 1



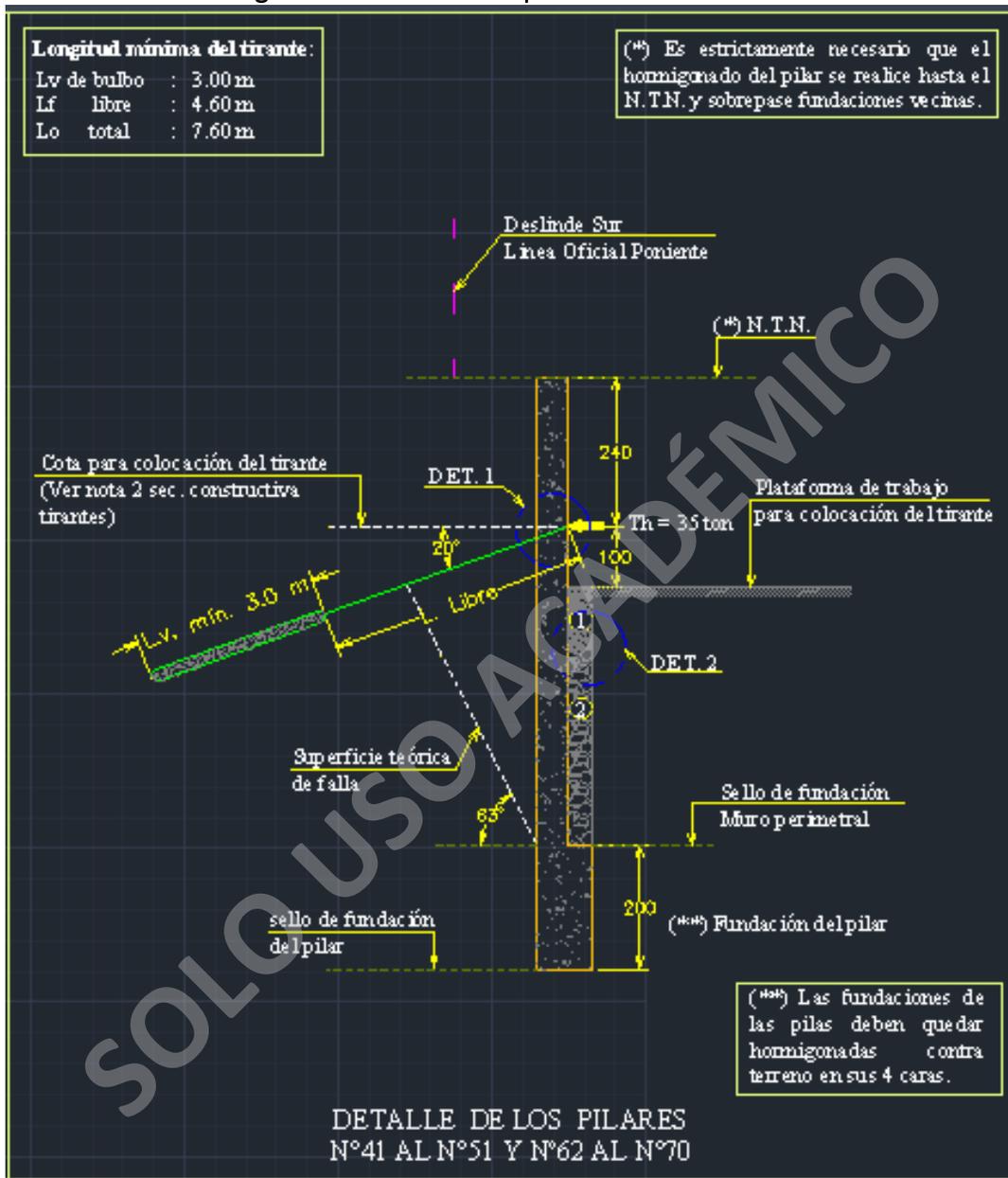
Fuente: Planos proyecto Carmen 668, (2021).

Imagen N°8. Detalle pila de entibación modelo 2



Fuente: Plano proyecto Carmen 668, (2021).

Imagen N°9. Detalle pila de entibación modelo 3



Fuente: Plano proyecto Carmen 668, (2021).

3.2.6 CUBICACIÓN DE LAS PILAS

En la tabla N°5 a continuación, muestra la cantidad estimada de metros cúbicos (m³) de hormigón y kilogramos (kg) de fierro requeridos para la construcción de las pilas de entibación. La cubicación se basa en los cálculos y diseños estructurales correspondientes, y se presenta como una guía para asegurar la cantidad adecuada de hormigón y fierro en cada etapa del proyecto de construcción.

Tabla N°5. Cubicación pilas

CUBICACIÓN DE PILAS						
Nº DE PILAS	M3 HORMIGÓN	FE 10 mm	FE 18mm	FE 22mm	FE32 mm	Kg FE total
21	90,258	146,34		127,2		471,49
23	215,096	242,2			222,4	1552,54
20	78,4	105,36	115,2			295,3
TOTAL	383,754					2319,33

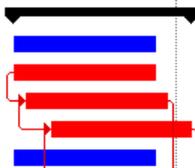
Fuente: elaboración propia, 2023.

3.2.7 CARTA GANTT SOCIALZADOS

Se realizó un análisis de la duración de las actividades en función de las siguientes partidas a realizarse para los análisis de una buena optimización en la gestión del tiempo. El tiempo de ejecución en un proyecto debe incluir todos los procesos necesarios para completarlo dentro del plazo acordado. La forma de abordar la creación del cronograma y planificación de un proyecto podrá variar, en función del estilo de dirección, las necesidades administrativas y el tipo de proyecto de que se trate, para garantizar la calidad del planning y minimizar riesgos. En la imagen N°10 se detalla la Carta Gantt.

Imagen N°10. Carta Gantt Obras preliminares.

▲ OBRAS PRELIMINARES	151 días	lun 16-08-21	jue 13-01-22	
INSTALACION DE FAENAS	120 días	lun 16-08-21	lun 13-12-21	
INSTALACIONES PROVISORIAS	120 días	lun 16-08-21	lun 13-12-21	
SOCALZADOS	120 días	jue 26-08-21	jue 23-12-21	5CC+10 días
EXCAVACION MASIVA	120 días	jue 16-09-21	jue 13-01-22	6CC+21 días
RETIROS DE EXCEDENTES	120 días	lun 16-08-21	lun 13-12-21	



Fuente: Constructora Paz (2021).

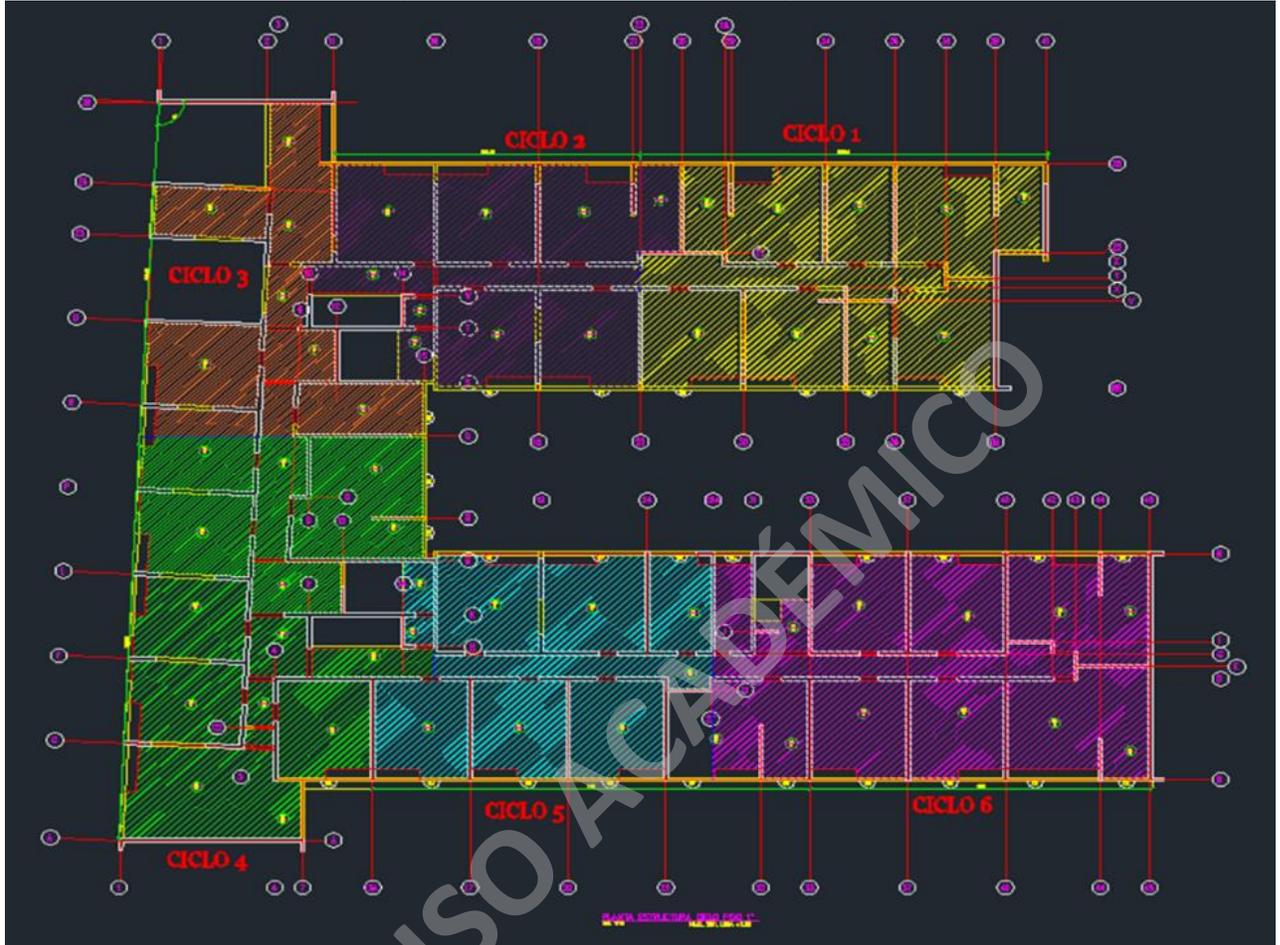
3.2.8 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO LOSAS TEMPRANAS

Actividades previas

- Validar el presente procedimiento con un ingeniero calculista del proyecto.
- Planificar la ejecución de los ciclos de hormigonado de las losas, siendo estos fijos en el transcurso de todo del proyecto.
- Ver con el proveedor del hormigon el desarrollo del producto solicitado, lo que se busca lograr es obtener la resistencia en relacion al método de madurez (NCh 3565; 2018).
- Se debe tener curva de madurez de hormigon previo, ensayado desde el 1 al 28.
- Realizar compra de sensores de temperatura, cuyo objetivo es poder obtener la resistencia en base a la curva de madurez obtenida previamente (Smart rock 3).

Cuando se habla de los ciclos de hormigonado en el punto 2 anteriormente, se refieren a la colocación secuencial del hormigón en etapas o fases para lograr una serie de beneficios clave que garantizan la calidad y la durabilidad de la estructura final. En lo que respecta a calidad facilita la detección temprana de posibles problemas y permite tomar medidas correctivas a tiempo, además ayuda a tener un mayor control de la velocidad de fraguado y control de fisuración en el hormigón. La resistencia y durabilidad también es un punto que beneficia al realizar ciclos en el hormigonado ya que se permite que cada fase de hormigón cure adecuadamente antes de agregar la siguiente capa. Esto contribuye a mejorar la resistencia y la capacidad de soporte de la estructura, en la imagen N°11 se muestra los ciclos realizados para este proyecto.

Imagen N°11. Ciclos de hormigonado



Fuente: constructora Paz (2021).

Procedimiento

Se debe implantar sensor de temperatura al momento de hormigonar la losa. Este debe quedar protegido de golpes y probables daños. En base a lo mismo, lo dejamos en alguna cabeza de muro como se muestra en la imagen N°12:

Imagen N°12. Instalación de sensor en losa



Fuente: Constructora paz (2021).

Una vez hormigonada la losa, se espera el primer descimbre a las 72 o 120 horas dejando los puntales de “huincha de sacrificio” que vienen incorporados en los planos de modulación del proveedor de moldaje. En estricto rigor, eso es lo que se mantiene conservando el 100-100-50 solicitado por calculo:

El día 3 después de hormigonada la losa se procede a revisar la resistencia obtenida en base a la curva de madurez entregada por el laboratorio y cargada a la aplicación de los sensores, lo que entrega la resistencia obtenida a la fecha, junto con la resistencia objetivo, a continuación, se ve el detalle en la imagen N°13:

Imagen N°13. Resultados de sensor

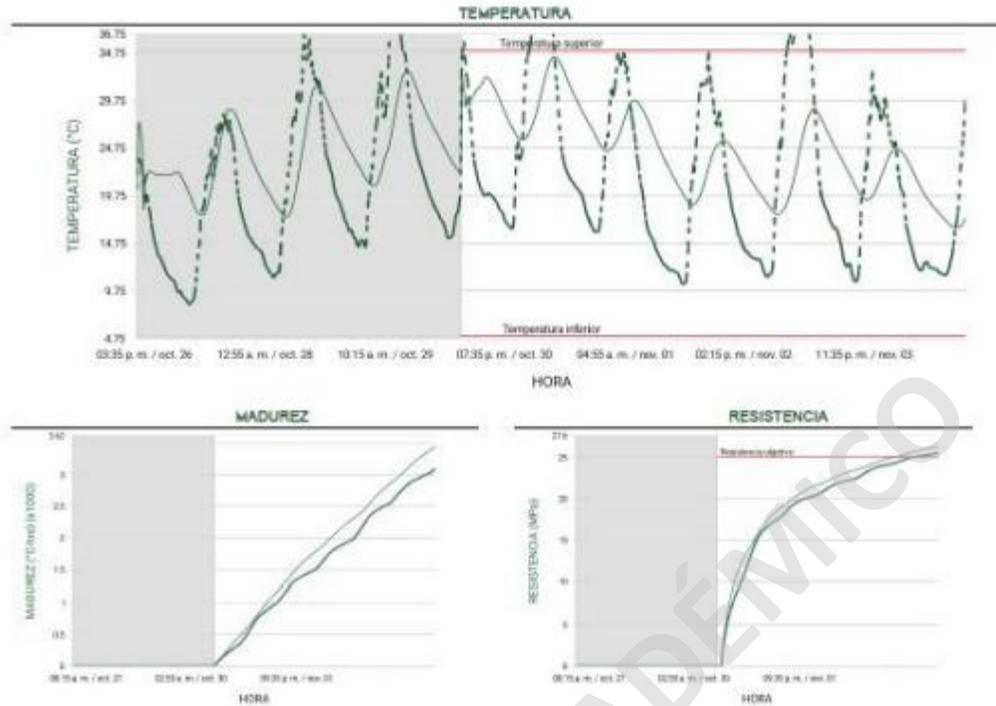


RESULTADOS	Sonda	Sensor
Temperatura máxima:	34.4 °C	42.6 °C
Temperatura mínima:	16.4 °C	10.5 °C
Índice de madurez:	3446 °C-hrs	3108 °C-hrs
Resistencia:	26.3 MPa	26.6 MPa



Fuente: Constructora Paz (2021).

Gráfico N°4. Temperatura v/s hora



Fuente: Constructora Paz (2021).

Con la resistencia objetivo-cumplida, se pasa a retirar todos los puntales, dejando al menos 1 puntal en la luz máxima de cada recinto, a continuación, en la imagen N°14 y N°15 se muestra el procedimiento.

Imagen N°14. Vigas y puntales



Fuente: Constructora Paz (2021).

Imagen N°15. Descimbre de losa



Fuente: Constructora Paz (2021).

3.2.9 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO MUROS Y VIGAS

Actividades previas

- Revisión de planos y especificaciones del proyecto para entender los detalles del muro a construir, incluyendo dimensiones, refuerzos requeridos y otros detalles.
- Se marca y replantea las líneas del muro en la estructura de la edificación, siguiendo las indicaciones de los planos.
- Se limpia el área de cualquier obstrucción, materiales que no se utilicen, piezas de moldajes que no se utilizaran para ese muro, etc.

Procedimiento

Una vez realizada la enfierradura del muro se revisa las medidas de este, que cumpla con la altura más la medida del empalme que sigue en el piso superior, cantidad de amarras y trabas, es de suma importancia colocar la cantidad de fierros que indica el plano y posibles refuerzos del muro, en la siguiente imagen N°16 se aprecia como es armado un muro en enfierradura en obra.

Imagen N°16. Muros de enfierradura



Fuente: Elaboración propia (2022).

Una vez terminada la enfierradura procede la instalación de moldajes, lo importante es verificar que estén correctamente nivelados y plomados para garantizar un muro vertical y uniforme. Asegurarse de que los moldajes estén firmemente sujetos a la estructura de la edificación para evitar movimientos durante el vertido del hormigón, de tal manera como lo muestra la imagen N°17 a continuación.

Imagen N°17. Muros encofrados



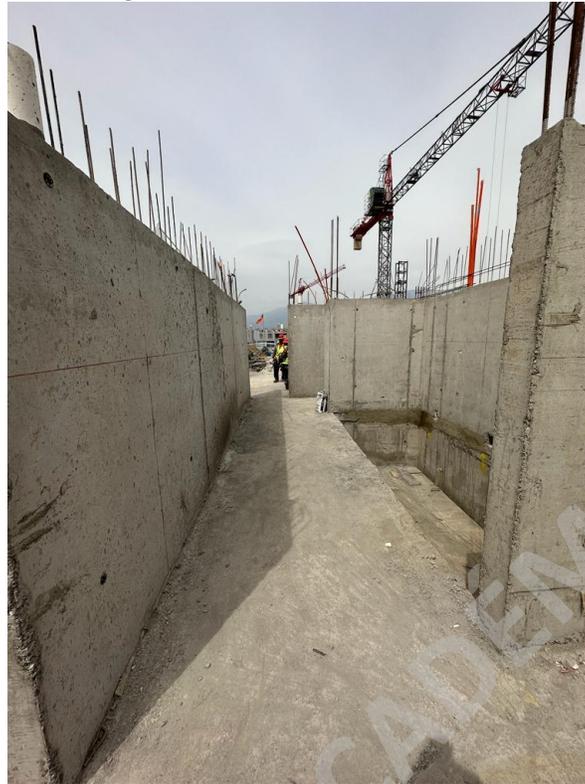
Fuente: Elaboración propia (2022).

Cuando se llega al proceso de hormigonado del muro se revisa que tenga la consistencia adecuada para un fácil vertido y compactación, pero que no sea demasiado líquida para evitar segregación de los materiales, para esto siempre es bueno chequear el cono con el que viene el hormigón, luego de esto se vierte el hormigón dentro de los moldajes, utilizando un vibrador de concreto para asegurar una distribución uniforme del material y para eliminar burbujas de aire atrapadas.

Es importante asegurarse de que el hormigón llegue a todos los rincones del muro y que llene completamente el espacio entre las barras de refuerzo.

Una vez lleno el muro de hormigón después de 12 a 30 horas el muro ya se puede descimbrar por completo, siempre y cuando la temperatura sea mayor a 10° C menor a esa temperatura lo recomendable es dejarlo más horas, en la imagen siguiente N°18 se puede apreciar el resultado y acabado de los muros.

Imagen N°18. Muros descimbrados



Fuente: Elaboración propia (2022).

3.2.10 CARTA GANTT OBRA GRUESA

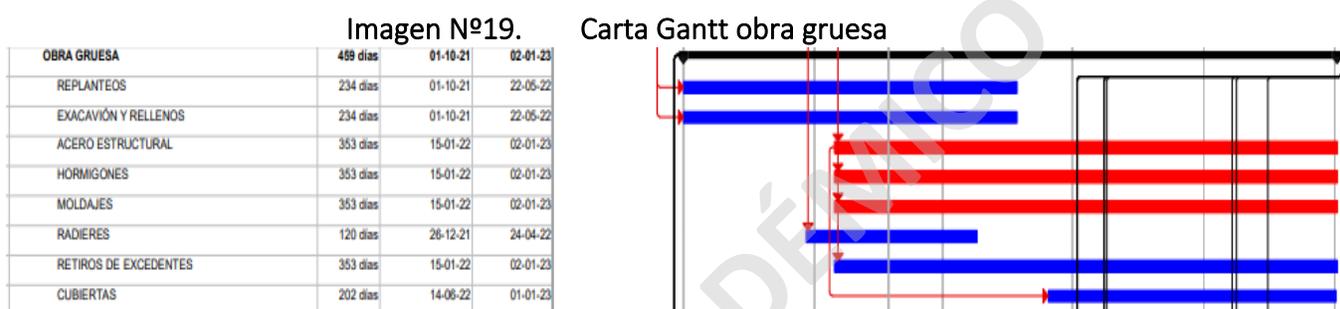
Una carta Gantt de obra gruesa es una herramienta muy útil en la gestión de proyectos de construcción o ingeniería, ya que permite planificar y visualizar el cronograma de actividades de la fase inicial de una obra, Esta etapa suele involucrar las tareas fundamentales de la construcción que establecen la estructura y cimientos del proyecto.

La carta Gantt no solo es útil para planificar, sino también para controlar y hacer seguimiento del progreso real del proyecto. Al actualizar regularmente la Gantt con el avance real de las tareas, se pueden identificar desviaciones y tomar medidas correctivas para mantener el proyecto en curso.

Aunque la carta Gantt establece una planificación inicial, es importante reconocer que el proyecto de construcción está sujeto a cambios y eventos imprevistos. Por lo tanto, la Gantt

debe ser lo suficientemente flexible para adaptarse a ajustes sin perder el control del proyecto.

En la imagen N°19 que se muestra a continuación, se logra ver la cantidad de días que dura la partida de obra gruesa de este proyecto, siendo las partidas más críticas el acero estructural, el hormigón y los moldajes, para esta obra 459 días dura la obra gruesa y como se menciona anteriormente la Gantt está sujeta a cambios y ajustes, esta obra de 459 días finalizo en 420 lo que dejo una holgura de 39 días.



Fuente: Constructora Paz (2021).

3.2.11 COSTOS ASOCIADOS A LA OBRA GRUESA

La Tabla N°6 que se muestra a continuación, detalla las partidas influyentes de la obra cada una detallada con el costo real utilizado en el proyecto, con un total de 119319,59 UF dentro de este total las partidas que mayor costo generaron fueron las de acero estructural, hormigón, moldajes y el personal que trabajo directamente por la obra.

Tabla N°6. Costos de obra gruesa proyecto Carmen

PARTIDAS	COSTO UF
OBRAS PREVIAS	
Instalación de faenas	1935,22
Instalación provisorias	845,03
Socalzados	6032,86
Excavación masiva	2371,33
Retiro de excedenes	181,27
OBRA GRUESA	
Replanteo	144,95
Excavación y rellenos	775,06
Acero estructural	28128,77
Hormigones	32527,82
Moldajes	15618,26
Radieres	2423,92
Retiro de excedetes	1205,93
Maquinarias y equipos	9398,5
MANO DE OBRA	
Profesionales	9235,0
Personal obras previas	3150
Personal directo obra gruesa	18345,7
TOTAL UF	132319,59

Fuente: Elaboración propia (2023).

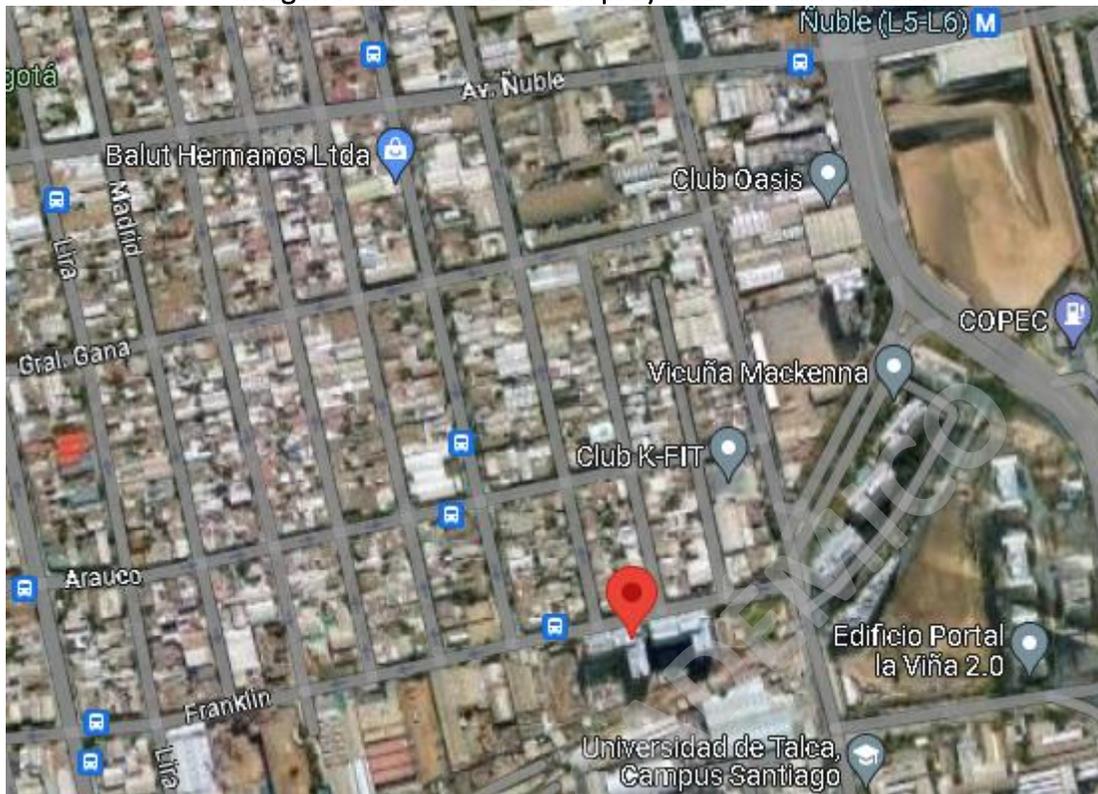
Una correcta planificación y gestión de estos costos, así como el seguimiento adecuado del progreso del proyecto a través de la carta Gantt u otra herramienta de gestión, son fundamentales para asegurar el éxito y la eficiencia en la ejecución de la obra de construcción.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CON HORMIGÓN CONVENCIONAL

3.3.1 UBICACIÓN

El proyecto se encuentra ubicado en la calle Franklin N°200, comuna de Santiago, en la imagen N°20 se puede apreciar que está cerca de Av. Vicuña Mackenna, este proyecto cuenta con una buena accesibilidad vehicular, se encuentra cerca de universidades, locomoción colectiva, etc.

Imagen N°20. Ubicación proyecto Franklin Torre A



Fuente: Google Maps (2023).

3.3.2 TIPO DE CONSTRUCCIÓN

El proyecto de construcción es un edificio multifamily, su forma y color hacen que el proyecto sea agradable, consta de 14 pisos en altura y 3 subterráneos disponibles para servicios de las personas.

3.3.3 DIMENSIONES DEL PROYECTO

El proyecto se construyó en un terreno de 1397,43 m² y la superficie total construida es de 18578 m².

3.3.4 ESTRUCTURA Y DISEÑO ESTRUCTURAL

la estructura del edificio se construirá principalmente en hormigón convencional en todas sus áreas ya sea losas, vigas o muros estructurales, se diseñan vigas, columnas, losas, cimientos, muros de contención, etc., teniendo en cuenta las solicitaciones y el tipo de carga que llevarán. Los cálculos deben asegurar que el acero de refuerzo y el hormigón proporcionen suficiente resistencia y rigidez para evitar deformaciones excesivas o colapso.

3.3.5 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO PARA LOSAS

Actividades previas

- Contar con los planos de cálculo disponible en todo momento.
- Realizar limpieza y despeje de materiales en el ciclo de trabajo donde se va a hormigonar la losa.
- Contar con los materiales necesarios para armar los moldajes de la losa.

Procedimiento

Cuando se arman los moldajes para la posterior losa es importante que las alzaprimas o soportes estén bien asentados al suelo, ya que si están en una mala posición con el peso del hormigón puede llegar a fatigar el material, siguiendo con el armado de la plataforma una vez puestas las placas estructurales o fenólicas que son las utilizadas por obra, se procede a la nivelación de la losa para asegurar que quede lo más uniforme posible y así evitar áreas de pandeos. Observar imagen N°21 a continuación.

Imagen N°21. Armado de moldajes para llenado de losa



Fuente: Francisco de la hoz, supervisor de obra (2022).

Una vez realizado lo anterior el siguiente paso es realizar el armado de la enfierradura de la losa colocando refuerzos y la cantidad de Fe necesario por planos, cabe destacar que siempre es importante dejar todas las pasadas donde van instaladas las verticales de tuberías, cables eléctricos, etc, para así evitar estar perforando la losa, ya que se podría producir algún daño mayor a la estructura. En la imagen N°22 se muestra el detalle.

Imagen N°22. Armado de enfierradura en losa.



Fuente: Constructora EBCO (2022).

Una vez realizado todo lo anterior se procede al hormigonado de la losa, el hormigonado se realiza también en ciclos para aprovechar la serie de beneficios indicados en el punto 3.2.8, una vez hormigonada la losa y ya comenzando su proceso de fraguado lo que queda ahora es esperar 21 días para que el hormigon llegue a la resistencia deseada y así poder descimbrar dicha losa, una vez descimbrada la losa se vuelve a reapuntalar hasta cumplir con los 28 días, como se aprecia en la imagen N°23, en los pisos inferiores aún están apuntaladas las losas a pesar de que ya se está construyendo la losa del piso N°7.

Imagen N°23. Avance Proyecto obra gruesa



Fuente: Francisco de la Hoz, supervisor de obra (2022).

3.3.6 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO MUROS

Para este procedimiento de trabajo se tomará el mismo que el anterior procedimiento mencionado ya que ambos proyectos trabajan con hormigón convencional en muros, según la norma Nch170:2016, el desmolde y el descimbre se deben realizar sin producir daños en el elemento estructural ya que el inicio del desmolde y descimbre depende de la resistencia que tenga el hormigón y de las características de los elementos estructurales. Cuando el retiro de los moldajes se realice durante el período de curado, las superficies de hormigón que queden expuestas se deben someter a las condiciones de curado que corresponda.

3.3.6.1 PARAMENTOS VERTICALES

Los paramentos verticales o con inclinación hasta 30° (muros, costados de vigas y pilares) se pueden desmoldar tan pronto como esta operación no cause daños a la superficie del hormigón.

Cuando el hormigón colocado alcance una resistencia mayor o igual que 2 MPa se puede iniciar el desmolde. En condiciones normales esta resistencia se alcanza después de 12 h con temperaturas ambientes mayores que 10°C (a efecto de contabilizar las 12 h no se deben incorporar los períodos con temperatura menor que 10°C).

La estimación de la resistencia del hormigón colocado se puede realizar mediante mediciones de la madurez del hormigón. Para ello se recomienda tener presente lo

establecido en ASTM C 1074, en cuyo caso la temperatura de referencia T0 (datum) que ella utiliza se puede considerar igual a cero.

3.3.7 CARTA GANTT

La Carta Gantt presentada a continuación en la tabla N°7 detalla los días programados para la ejecución del proyecto Franklin.

Tabla N°7. Carta Gantt del proyecto

ITEM	NOMBRE DE LA TAREA	DURACIÓN	COMIENZO	FIN	PREDECEDORAS
1.2	SOCLAZADO Y EXCAVACIONES	65 días	mar 23-08-22	mar 22-11-22	
1.2.1	EJECUCIÓN DE PILOTES	42 días	mar 23-08-22	jue 20-10-22	
1.2.1.1	Excavación Pilotes	20 días	mar 23-08-22	lun 19-09-22	5CC+5 días
1.2.1.2	Fierro Pilas	20 días	jue 25-08-22	mié 21-09-22	9CC+2 días
1.2.1.3	Hormigón Pilas	20 días	jue 22-09-22	jue 20-10-22	10
1.2.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS MASIVO	40 días	mar 13-09-22	mar 08-11-22	
1.2.2.1	Excavación Masiva	40 días	mar 13-09-22	mar 08-11-22	9CC+15 días
1.2.2.2	Anclajes Post-Tensados	5 días	mar 11-10-22	mar 18-10-22	13CC+20 días
1.2.3	EXCAVACION DE FUNDACIONES	20 días	mié 26-10-22	mar 22-11-22	
1.2.3.1	Excavaciones Masivas de Fundaciones y Drenos	20 días	mié 26-10-22	mar 22-11-22	13CC+30 días
1.3	OBRA GRUESA	240 días	mié 26-10-22	mar 03-10-23	
1.3.1	OG SUBTERRANEO -3	53 días	mié 26-10-22	lun 09-01-23	
1.3.1.1	Fundaciones	10 días	mié 26-10-22	mar 08-11-22	16CC
1.3.1.2	Muros Nivel -3	20 días	lun 31-10-22	vie 25-11-22	19FC-7 días
1.3.1.3	Rellenos	10 días	lun 21-11-22	vie 02-12-22	20FC-5 días

1.3.1.4	Radier	10 días	lun 05-12-22	lun 19-12-22	21
1.3.1.5	Losa cielo Nivel -3	20 días	mar 13-12-22	lun 09-01-23	22CC+5 días
1.3.2	OG SUBTERRANEO -2	22 días	mié 11-01-23	jue 09-02-23	
1.3.2.1	Muros Nivel -2	20 días	mié 11-01-23	mar 07-02-23	23FC+1 día
1.3.2.2	Losa cielo Nivel -2	20 días	vie 13-01-23	jue 09-02-23	25CC+2 días
1.3.3	OG SUBTERRANEO -1	22 días	lun 13-02-23	mar 14-03-23	
1.3.3.1	Muros Nivel -1	20 días	lun 13-02-23	vie 10-03-23	26FC+1 día
1.3.3.2	Losa cielo Nivel -1	20 días	mié 15-02-23	mar 14-03-23	28CC+2 días
1.3.4	OG SOBRE COTA CERO TORRE	146 días	mié 08-03-23	mar 03-10-23	
1.3.4.1	Muros Piso 1	10 días	mié 08-03-23	mar 21-03-23	29FC-5 días
1.3.4.2	Losa Piso 1	10 días	mié 15-03-23	mar 28-03-23	31FC-5 días
1.3.4.3	Muros Piso 2	10 días	mié 22-03-23	mar 04-04-23	32FC-5 días
1.3.4.4	Losa Piso 2	10 días	mié 29-03-23	mié 12-04-23	33FC-5 días
1.3.4.5	Muros Piso 3	10 días	mié 05-04-23	mié 19-04-23	34FC-5 días
1.3.4.6	Losa Piso 3	10 días	jue 13-04-23	mié 26-04-23	35FC-5 días
1.3.4.7	Muros Piso 4	10 días	jue 20-04-23	jue 04-05-23	36FC-5 días
1.3.4.8	Losa Piso 4	10 días	jue 27-04-23	jue 11-05-23	37FC-5 días
1.3.4.9	Muros Piso 5	10 días	vie 05-05-23	jue 18-05-23	38FC-5 días
1.3.4.10	Losa Piso 5	10 días	vie 12-05-23	jue 25-05-23	39FC-5 días
1.3.4.11	Muros Piso 6	10 días	vie 19-05-23	jue 01-06-23	40FC-5 días
1.3.4.12	Losa Piso 6	10 días	vie 26-05-23	jue 08-06-23	41FC-5 días
1.3.4.13	Muros Piso 7	10 días	vie 02-06-23	jue 15-06-23	42FC-5 días
1.3.4.14	Losa Piso 7	10 días	vie 09-06-23	jue 22-06-23	43FC-5 días
1.3.4.15	Muros Piso 8	10 días	vie 16-06-23	vie 30-06-23	44FC-5 días
1.3.4.16	Losa Piso 8	10 días	vie 23-06-23	vie 07-07-23	45FC-5 días
1.3.4.17	Muros Piso 9	10 días	lun 03-07-23	vie 14-07-23	46FC-5 días
1.3.4.18	Losa Piso 9	10 días	lun 10-07-23	vie 21-07-23	47FC-5 días

1.3.4.19	Muros Piso 10	10 días	lun 17-07-23	vie 28-07-23	48FC-5 días
1.3.4.20	Losa Piso 10	10 días	lun 24-07-23	vie 04-08-23	49FC-5 días
1.3.4.21	Muros Piso 11	10 días	lun 31-07-23	vie 11-08-23	50FC-5 días
1.3.4.22	Losa Piso 11	10 días	lun 07-08-23	vie 18-08-23	51FC-5 días
1.3.4.23	Muros Piso 12	10 días	lun 14-08-23	vie 25-08-23	52FC-5 días
1.3.4.24	Losa Piso 12	10 días	lun 21-08-23	vie 01-09-23	53FC-5 días
1.3.4.25	Muros Piso 13	10 días	lun 28-08-23	vie 08-09-23	54FC-5 días
1.3.4.26	Losa Piso 13	10 días	lun 04-09-23	vie 15-09-23	55FC-5 días
1.3.4.27	Muros Piso 14	10 días	lun 11-09-23	lun 25-09-23	56FC-5 días
1.3.4.28	Losa Piso 14	10 días	mar 19-09-23	lun 02-10-23	57FC-5 días
1.3.4.29	Muros Piso SM	3 días	mar 26-09-23	jue 28-09-23	58FC-5 días
1.3.4.30	Losa Cielo SM	3 días	vie 22-09-23	mar 26-09-23	59FC-5 días

Fuente: Constructora EBCO (2022).

3.3.8 COSTOS ASOCIADOS A LA OBRA GRUESA

Muchos de los costos mencionados en la tabla N°8 presentada a continuación son los reales de obra, pero hay otros como, por ejemplo, maquinarias y equipos donde se llegó a un estimativo de costo ya que en la empresa no contenían información real de esta partida, se calculó con todas las posibles herramientas y equipos que son necesariamente utilizados en obra.

Tabla Nº8. Costos del proyecto Franklin

PARTIDAS	COSTO UF
OBRAS PREVIAS	
Obras preliminares	757
Instalación de faenas	1588
Socalzado	3194
OBRA GRUESA SUBTERRANEOS	
Movimiento de tierra	6923
Retiro de excedentes	288
Nivelación y trazado bajo cero	202
Fundaciones	2907
Hormigón	4856
Acero	7875
Moldajes	3125
OBRA GRUESA PISO SUPERIORES	
Nivelación y trazado	256
Bases y radieres	1755
Hormigón	12503
Acero	15333
Moldajes	12890
Maquinaria y equipos	7.960,20
MANO DE OBRA	
Profesionales	8465,8
Personal directo obra gruesa	12578,9
TOTAL UF	103456,84

Fuente: Elaboración propia (2023).

3.4 COMPARACIÓN DE PROYECTOS

A partir de la experiencia en terreno y en lo que se ha trabajado se ha visto como estas variables han sido incidentes, por lo tanto, la elección de estos 6 criterios para comparar el hormigón con resistencia temprana frente al hormigón convencional se basa en la necesidad de evaluar y tomar decisiones informadas en el contexto de los proyectos de construcción. Cada criterio proporciona información valiosa sobre diferentes aspectos de ambos tipos de hormigón y permite una comparación completa y equilibrada.

Tiempos de Resistencia: Este criterio es crucial para determinar cuándo se puede cargar o someter a tensiones la estructura de hormigón. El hormigón con resistencia temprana a menudo se utiliza en proyectos que requieren una rápida puesta en servicio, comparar los

tiempos de resistencia ayudará a determinar cuál es más adecuado para cumplir con los plazos del proyecto.

Tiempos de Descimbre: El tiempo necesario para retirar los moldes de encofrado (descimbre) es un factor crítico en la planificación de proyectos de construcción. El hormigón con resistencia temprana en general permite descimbrar más rápidamente, lo que puede acelerar el progreso de la obra.

Avance de Obra: Evaluar el ritmo de avance de la obra es esencial para estimar la eficiencia y productividad de ambos tipos de hormigón. Esto puede influir en la programación del proyecto y en la gestión de recursos.

Costo de Maquinarias y Equipos: Los requisitos de equipo y maquinaria pueden variar entre el hormigón con resistencia temprana y el convencional. Determinar los costos asociados con estas necesidades proporciona una visión más completa de los gastos del proyecto.

Costo de Mano de Obra: Los tiempos de trabajo y la complejidad de la aplicación del hormigón pueden afectar los costos laborales. Comparar estos costos es fundamental para evaluar la viabilidad económica de cada opción.

Costo de materiales: Los componentes del hormigón, como los aditivos, la mezcla de agregados y materiales para moldajes pueden variar entre el hormigón con resistencia temprana y el convencional. Evaluar los costos de los materiales es importante para el análisis financiero.

3.4.1 TIEMPOS DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN

Hormigon convencional: la manera en que trabaja este hormigón para obtener la resistencia es a partir de pruebas de laboratorio, una vez tomada la prueba de hormigón en obra, la planta se encarga de mandar ensayos en un periodo de 5,11,15, 21 y 28 días a la obra, normalmente la resistencia deseada por obra se cumple a los 14 días después de hormigonada la losa, una vez cumplido ese tiempo se procede al descimbre de la losa.

En la siguiente tabla N°9 se logra apreciar la resistencia obtenida en laboratorio del día 1 al 28.

Tabla N°9. Resistencia obtenida hormigón convencional

EDAD DE ENSAYO (DÍAS)	EDAD DE ENSAYO (HORAS)	CARGA MÁXIMA (Kn)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN CILÍNDRICA (Mpa)	
1	24	210,8	11,9	11,7
		202,2	11,4	
3	72	367,6	20,8	20,8
		365,6	20,7	
5	144	429,8	24,3	24,2
		426,1	24,1	
7	168	472,4	26,7	26,7
		469,7	26,6	
14	336	581,9	32,9	32,5
		566,8	32,1	
21	504	626	35,4	35,2
		618,1	35	
28	672	684,3	38,7	39,2
		700,7	39,7	

Fuente: Francisco de la hoz, supervisor de obra (2023).

Hormigon con resistencia temprana: para poder obtener el tiempo de resistencia del hormigón se instala un sensor en la enfierradura de la losa, este sensor permite monitorear la resistencia del hormigón fresco (in situ) durante el proceso de fraguado.

El monitoreo continuo de la temperatura del hormigón se utiliza como un método de aseguramiento y control de calidad al determinar la resistencia a la compresión estimada, basado en la madurez de hormigón. El monitoreo en obra de la temperatura también ayuda con la optimización de la temperatura de curado del hormigón in situ.

En la tabla N°10 a continuación se puede observar que en el día 3 la resistencia obtenida ya cumple con la resistencia deseada por la obra, según el profesional francisco de la hoz (supervisor de obra) la resistencia deseada con la que trabaja la Constructora Paz es a partir de 25 Mpa como mínimo para poder realizar el descimbre en la losa.

Tabla N°10. Resistencia arrojada del sensor para obtención de curva de Resistencia / Madurez

Edad		Madurez (°C x h)	Resistencia promedio (Mpa)
Días	Horas		
1	24	457	16
2	48	857	24,7
3	72	1260	26,8
4	96	1678	28,2
5	120	2077	31,7
7	168	2840	33,7

Fuente: Constructora Paz (2022).

En el grafico N°5 madurez (° C x H) versus tiempo, se puede observar que a medida que pasa el tiempo la madurez del hormigón va aumentando.

Gráfico N°5. Curva Madurez Versus Tiempo



Fuente: Elaboración propia (2023).

El proceso en que el hormigón adquiere madurez es proporcional a la ganancia de resistencia, lo que quiere decir que, a mayor madurez, mayor será la resistencia.

3.4.2 TIEMPOS DE DESCIMBRE DEL HORMIGÓN

El proceso de descimbre, es la eliminación de los moldes o encofrados utilizados en la construcción de elementos de hormigón, a continuación, se presenta como trabajan ambos tipos de hormigón en relación al descimbre:

3.4.2.1 HORMIGON CONVENCIONAL:

Tiempo de descimbre: En general, el hormigón convencional requiere más tiempo para alcanzar su resistencia adecuada, lo que significa que los moldajes deben permanecer en su lugar durante un período más largo antes de poder retirarlos de forma segura. Esto suele tomar, para muros de 14 a 30 horas y para losas a partir de 14 días, dependiendo de las condiciones climáticas.

3.4.2.2 HORMIGON RESISTENCIA TEMPRANA:

Tiempo de descimbre: el hormigón con resistencia temprana puede permitir un descimbre más rápido debido a su capacidad para alcanzar resistencias iniciales significativas en un corto período de tiempo. En este caso para poder descimbrar este tipo de losas solo se requiere de 4 días, una vez hormigonada esta, para los muros solo se requiere 14 a 30 horas, igualmente para este tipo de hormigón va a depender de las condiciones climáticas si es que el moldaje permanece más tiempo.

Es importante destacar que, independientemente del tipo de hormigón utilizado, el proceso de descimbre debe llevarse a cabo de manera controlada y bajo supervisión para evitar daños en la estructura.

3.4.3 AVANCE OBRA GRUESA

Para medir el avance entre ambos proyectos con distintos hormigones se tomará un período de 1 mes, podremos ver cuanto el porcentaje de avance de hormigón que se aplicó en ese periodo, cuanto es el porcentaje de enfierradura, moldajes, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, pulido y descarachado, además el porcentaje de descimbre de los proyectos y reapuntalamiento de las losas.

Cabe destacar que la información se tomó del 03/10/2022 al 03/11/22 para el hormigón con resistencia temprana y con fecha 06/05/22 al 06/06/22 para el hormigón convencional, el proyecto en ese momento iba en construcción en el piso 7, en la tabla siguiente N°11 muestra el porcentaje de avance de los proyectos desde que se inició la toma de la información, para el caso del proyecto Carmen el reapuntalamiento de las losas es el 26%, el cual en el piso 6 estaba reapuntalado con un 50% y el piso 5 con 15%.

El hormigón convencional con un 49% desde que se empezó a tomar la información, el proyecto iba en construcción en el piso 5, el 55% correspondiente a reapuntalamiento se considera para el piso 4 con un 100%, piso 3 100%, piso 2 con un 50% y piso 1 con un 20%.

Tabla N°11. Porcentaje de avance en obra

TABLA A: HORMIGON CON RESISTENCIA TEMPRANA				
RESUMEN AVANCE OBRA GRUESA				
ITEM	PARTIDA	AVANCE	POR COMPLETAR	AVANCE TOTAL
1	ENFIERRADURA	78%	22%	71,5%
2	MOLDAJE	78%	22%	
3	HORMIGÓN	77%	23%	
4	INST. ELECT.	66%	34%	
5	INST. SANIT.	72%	28%	
7	PULIDO Y DESCARACHADO	58%	42%	
8	DESCIMBRE DE LOSAS	75%	25%	
9	REAPUNTALAMIENTO	26%		

TABLA B: HORMIGON CONVENCIONAL				
RESUMEN AVANCE OBRA GRUESA				
ITEM	PARTIDA	AVANCE	POR COMPLETAR	AVANCE TOTAL
1	ENFIERRADURA	56%	44%	49,0%
2	MOLDAJE	56%	44%	
3	HORMIGÓN	56%	44%	
4	INST. ELECT.	43%	57%	
5	INST. SANIT.	48%	52%	
7	PULIDO Y DESCARACHADO	35%	65%	
8	DESCIMBRE DE LOSAS	45%	55%	
9	REAPUNTALAMIENTO	55%		

Fuente: Constructora Paz y constructora EBCO (2022).

Al cabo de 1 mes de construcción de ambos proyectos en la tabla N°12 que se muestra a continuación se puede apreciar el avance real de los 2 proyectos con un 86,2% para el

proyecto de hormigón con resistencia temprana y un 61,5% para el proyecto con hormigón convencional, el 22% del reapuntalamiento se instaló en el piso anterior, el 82% del reapuntalamiento del proyecto con hormigón convencional corresponden a 4 pisos anteriores de ese proyecto.

En la construcción del proyecto con hormigón de resistencia temprana se construyeron en el mes de estudio 1855 m² y en el proyecto con hormigón convencional se construyeron 1790m² no existe mucha la diferencia entre ambos proyectos, pero donde hay mayor pérdida de tiempo en la construcción con hormigón convencional, es cuando se mantiene el reapuntalamiento en mayor tiempo, ya que la resistencia esperada toma más días en ser obtenida.

Tabla N°12. Porcentaje de avance en obra

TABLA A: HORMIGON CON RESISTENCIA TEMPRANA				
RESUMEN AVANCE OBRA GRUESA				
ITEM	PARTIDA	AVANCE	POR COMPLETAR	AVANCE TOTAL
1	ENFIERRADURA	93%	7%	86,2%
2	MOLDAJE	93%	7%	
3	HORMIGÓN	92%	8%	
4	INST. ELECT.	85%	15%	
5	INST. SANIT.	89%	11%	
7	PULIDO Y DESCARACHADO	65%	35%	
8	DESCIMBRE DE LOSAS	88%	12%	
9	REAPUNTALAMIENTO	22%		

TABLA B: HORMIGON CONVENCIONAL				
RESUMEN AVANCE OBRA GRUESA				
ITEM	PARTIDA	AVANCE	POR COMPLETAR	AVANCE TOTAL
1	ENFIERRADURA	67%	33%	61,5%
2	MOLDAJE	67%	33%	
3	HORMIGÓN	66%	34%	
4	INST. ELECT.	63%	37%	
5	INST. SANIT.	64%	36%	
7	PULIDO Y DESCARACHADO	42%	58%	
8	DESCIMBRE DE LOSAS	56%	44%	
9	REAPUNTALAMIENTO	82%		

Fuente: Constructora Paz y constructora EBCO (2022).

3.4.4 COSTOS DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN OBRA

En una obra de construcción, se utilizan una variedad de equipos y maquinaria para llevar a cabo diferentes tareas. Estos equipos varían según el tipo de obra, su escala y su complejidad, en estas obras los equipos no varían mucho ya que ambas son proyectos de edificación en altura y hormigonados de la forma tradicional, los equipos utilizados se detallan a continuación:

Excavadoras: se utilizan para excavar zanjas, cimientos, pozos y mover grandes cantidades de tierra y material.

Minicargador: se utilizan para cargar el material a los camiones, son más prácticos y caben en excavaciones menores.

Grúas: Las grúas se utilizan para levantar y mover materiales pesados, como vigas de acero, concreto en capacho, moldajes y todo tipo de materiales.

Rodillos compactadores: Se utilizan para compactar suelos, lo que ayuda a crear una superficie firme y estable.

Máquinas de soldar: Se utilizan para soldar estructuras de acero y realizar trabajos de soldadura en la obra.

Herramientas eléctricas y manuales: Incluyen sierras, taladros, martillos, llaves, destornilladores, carretillas, pistolas Hilti y otras herramientas esenciales utilizadas por los trabajadores de la construcción.

Equipos de seguridad: Esto incluye cascos, chalecos reflectantes, arneses de seguridad, guantes y otros equipos de protección personal.

Bombas de agua: Se utilizan para drenar áreas inundadas o para suministrar agua a la obra.

Equipo de compactación de suelos: Incluye placas compactadoras y rodillos vibratorios utilizados para compactar suelos antes de la construcción.

camión bomba: utilizado en obra para poder hormigonar muros, losas rádieles, zapatas y todo tipo de estructuras.

En comparación del hormigonado convencional y hormigonado con resistencia temprana, se menciona anteriormente que los equipos no varían mucho ya que se cumplen las mismas funciones para ambos hormigones, lo que si varia es la diferencia de costo ya que los

equipos utilizados como por ejemplo la grúa torre en el proyecto Carmen se usaba una más que en el proyecto Franklin. Observar tabla N°13.

Tabla N°13. Costos de Maquinarias y equipos.

HORMIGON CON RESISTENCIA TEMPRANA			
MAQUINARIAS	UN	CANTIDAD	COSTO UF
MAQUINARIAS Y EQUIPOS	GL	1,00	275,25
HERRAMIENTAS MENORES	GL	1,00	925,77
PLATAFORMA CREMALLERA	GL	1,00	1.585,30
ANDAMIOS	GL	1,00	428,19
GRUA TORRE	GL	1,00	8.567,89
TOTAL UF			11.782,40

HORMIGON CONVENCIONAL			
MAQUINARIAS	UN	CANTIDAD	COSTO UF
MAQUINARIAS Y EQUIPOS	GL	1,00	320,30
HERRAMIENTAS MENORES	GL	1,00	854,60
PLATAFORMA CREMALLERA	GL	1,00	1.680,50
ANDAMIOS	GL	1,00	341,50
GRUA TORRE	GL	1,00	4.763,30
TOTAL UF			7.960,20

Fuente: Elaboración propia (2023).

la diferencia de costos en ambos proyectos se debe a que cada empresa tiene un proveedor distinto por lo tanto no siempre las maquinarias o equipos se arriendan al mismo precio, cada empresa cotiza el precio como más le acomoda.

3.4.5 COSTOS DE MATERIALES

Hormigon: Los costos de los materiales de hormigón, como el cemento, la arena, la grava y el agua, son similares tanto para el hormigón convencional como para el hormigón con resistencia temprana. La diferencia principal radica en la adición de aditivos agregados en el hormigón con resistencia temprana que hace que el costo de este sea mayor, 5,27 UF por m³ es lo que vale un hormigón con resistencia temprana a diferencia del hormigón convencional, el cual su precio es aproximadamente de 3,3 UF el m³.

Si este costo lo llevamos a la cantidad de hormigón que se utilizó por cada proyecto tendríamos la siguiente información detallada en la tabla N°14 a continuación.

Tabla N°14. Costos de hormigón

HORMIGÓN CON RESISTENCIA TEMPRANA VERSUS HORMIGÓN CONVENCIONAL		
CANTIDAD DE HORMIGÓN	PRECIO UNITARIO UF	PRECIO TOTAL
6172,26	5,27	32527,82
5260,30	3,3	17359

Fuente: Elaboración propia.

Para poder llegar a la cantidad de hormigón por obra se hizo un cálculo simple donde se dividió la cantidad de UF de hormigón especificada en los costos del proyecto por el costo de UF m3 de hormigón.

Moldajes: los costos de los moldajes para cada proyecto varían, ya que el hormigón convencional al obtener su resistencia en mayor tiempo requiere de más cantidad de material para continuar con el avance, de no ser así tendría que esperar la resistencia óptima para poder descimbrar y seguir instalando el moldaje, en pocas palabras el retorno de material es más lento en comparación al hormigón con resistencia temprana donde su retorno de material es más rápido ya que solo de 3 a 5 días que el moldaje está instalado una vez hormigonada la losa.

Acero: 23208 UF para el hormigón convencional versus 28128,77 para el hormigón con resistencia temprana, los costos del acero en estos proyectos dependen directamente del diseño de la estructura, tamaño y del proveedor de cada obra.

3.4.6 COSTO MANO DE OBRA

A continuación, se muestra la tabla N°15 de costos de obra de cada proyecto, detallando la mano de obra de los profesionales involucrados en los proyectos, personal para la construcción de las obras previas y personal participante en obra gruesa.

Tabla N°15. Costos de mano de obra

HORMIGON CON RESISTENCIA TEMPRANA			
Mano de obra	UN	CANTIDAD	COSTO UF
PROFESIONALES	GL	1,0	9235,0
PERSONAL OBRAS PREVIAS	GL	1,0	3150,00
PERSONAL DIRECTO OBRA GRUESA	GL	1,0	18345,7
TOTAL UF			30730,7

HORMIGON CONVENCIONAL			
Mano de obra	UN	CANTIDAD	COSTO UF
PROFESIONALES RESIDENTES	GL	1,0	8465,8
PERSONAL OBRAS PREVIAS	GL	1,0	2357,00
PERSONAL DIRECTO OBRA	GL	1,0	12578,89
TOTAL UF			23401,6

Fuente: Elaboración propia (2023).

4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

A partir de todo lo desarrollado anteriormente se tiene la siguiente información en la tabla N°16 de resumen a continuación.

Tabla N°16. Resumen de los criterios y comparación.

COMPARACIÓN DE LOS PROYECTOS		
TIEMPO	HORMIGÓN CON RESISTENCIA TEMPRANA	HORMIGÓN CONVENCIONAL
TIEMPO DE RESISTENCIA (DÍAS)	3 a 5	12 a 14
TIEMPO DE DESCIMBRE MUROS (HRS)	12 a 30	12 a 30
TIEMPO DE DESCIMBRE LOSAS (DÍAS)	4	14
AVANCE DE OBRA (%)	86,02%	61,50%
COSTOS		
COSTOS DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS (UF)	11.782,40	7.960,20
COSTOS DE MATERIALES (UF)	70293,46	63485,35
COSTOS DE MANO DE OBRA (UF)	30730,7	23401,6

Fuente: Elaboración propia (2023).

Tiempo de resistencia, tiempo de descimbre muros, tiempo de descimbre losas, como son partidas directas, no es necesario llevarlo a una comparación unitaria, ya que, esta

cuantificando los días exactos de comparación, por lo tanto, los valores presentados en la tabla N°16 son suficientes para poder comparar ambos hormigones.

En el avance de obra se realizó la comparación en el capítulo 3.4.3, donde se comparó 1 mes ambas obras, los datos obtenidos fueron reales, por lo tanto, con ese porcentaje podemos realizar la comparación entre estos dos hormigones.

En el caso de los criterios costos de maquinarias-equipos y costos de mano de obra los montos obtenidos están relacionados a la magnitud en cuanto a metros cuadrados y en cuanto a plazos de ejecución de la obra gruesa, por lo tanto, no se pueden comparar uno a uno ni se puede realizar de forma unitaria cada criterio ya que no se encontró la información detallada de cada uno.

Para los costos de los materiales se realizó una tabla de precios unitarios para cada tipo de hormigón, en ella se puede observar una diferencia entre losas, muros y vigas de 3,34, 0,64 y 3,37 UF respectivamente, observar tabla N°17 y 18 a continuación.

Tabla N°17. Precio unitario hormigón convencional.

HORMIGÓN CONVENCIONAL					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO UNITARIO UF	TOTAL UF
LOSAS					
HORMIGÓN H30	M3	1	\$493.452	14,00	14,35
ACERO	KG	1	\$1.300	0,04	
MOLDAJES	M2	1	\$11.050	0,31	
MUROS					
HORMIGÓN H30	M3	1	\$348.972	9,90	10,25
ACERO	KG	1	1300	0,04	
MOLDAJES	M2	1	\$11.150	0,32	
VIGAS					
HORMIGÓN H30	M3	1	\$493.452	14,0	14,3
ACERO	KG	1	\$1.300	0,04	
MOLDAJES	M2	1	\$10.550	0,30	

Fuente: Elaboración propia (2023).

Tabla N°18. Precio unitario hormigón con resistencia temprana.

HORMIGÓN CON RESISTENCIA TEMPRANA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO UNITARIO UF	TOTAL UF
LOSAS					
HORMIGÓN R7	M3	1	\$610.405	17,31	17,69
ACERO	KG	1	\$1.400	0,04	
MOLDAJES	M2	1	\$11.910	0,34	
MURDS					
HORMIGÓN H30	M3	1	\$368.972	10,47	10,89
ACERO	KG	1	\$1.400	0,04	
MOLDAJES	M2	1	\$13.470	0,38	
VIGAS					
HORMIGÓN H30	M3	1	\$610.405	17,31	17,67
ACERO	KG	1	\$1.400	0,04	
MOLDAJES	M2	1	\$11.140	0,32	

Fuente: Elaboración propia (2023).

4.1.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Comparación a partir de cada criterio:

Tiempos de resistencia: Se puede ver que se tiene una comparación y una ganancia de 9 días hábiles en lo que es el hormigón con resistencia temprana respecto al hormigón convencional, esto es debido a que el hormigón con resistencia temprana al tener más cantidad de aditivos hace que el inicio del fraguado sea mucho antes.

Tiempos de descimbre: Cuando hablamos de este criterio ambos hormigones trabajan en muros los mismos tiempos de 14 a 30 horas, pero existe una diferencia en los descimbres de las losas que van desde los 4 a 14 días, estas diferencias pueden variar y esto va a depender cuando se trabaja en climas distintos, ya que, el frío afecta y retrasa la resistencia del hormigón.

Avance de obra: Se puede observar que existe una diferencia entre ambos porcentajes de avances del 24,52%, esto ocurre gracias al hormigón con resistencia temprana como su nombre lo indica adquiere su resistencia en un mayor tiempo y hace que el avance en general sea mucho más rápido.

Costos de maquinarias y equipos: se puede observar en la tabla que el mayor costo lo tiene el hormigón con resistencia temprana, generalmente en obra gruesa son las mismas maquinarias y equipos utilizados en obra, excepto que este hormigón utiliza un equipo especial para la toma de resistencia que son unos sensores, esto hace que el costo sea

mayor, igual mencionar que la obra con hormigón con resistencia temprana tiene una duración mayor en su construcción en comparación al proyecto con hormigón convencional

Costos de materiales: Se logra ver una diferencia entre ambos proyectos de 6808,11 UF de diferencia, esto es debido a que el costo de construir con hormigón con resistencia temprana es mayor, esto queda demostrado en la tabla N°17 y 18 en donde se puede ver que las losas, muros y vigas tienen mayor costo en comparación al costo del hormigón convencional.

Costos mano de obra: La diferencia en la mano de obra entre el hormigón convencional y el hormigón con resistencia temprana radica en las particularidades del proceso de colocación y curado de cada tipo de hormigón. El hormigón con resistencia temprana tiende a requerir una mayor experiencia y eficiencia por parte de los trabajadores debido a su rápido endurecimiento y los cuidados adicionales que puede necesitar. Esto puede traducirse en costos laborales más altos en proyectos que utilizan este tipo de hormigón, en la tabla N°16 se logró apreciar que el hormigón convencional tiene un costo de 23401,6 UF en comparación a 30730,3 del hormigón con resistencia temprana, este costo es mayor ya que el periodo de construcción es más extenso que del hormigón convencional, por otro lado eleva su costo, al requerir personas capacitadas para trabajar con los sensores que son instalados para adquirir la resistencia del hormigón.

4.2 COMPARACIONES ENTRE CRITERIOS

4.2.1 TIEMPOS DE RESISTENCIA EN COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE DESCIMBRE Y AVANCE DE OBRA:

Tienen tanta relación entre ellos, ya que, si la resistencia del hormigón no es la óptima solicitada por obra, esta no podría empezar con la partida de descimbre de los moldajes., el descimbre en el caso del hormigón convencional suele requerir más paciencia, debido a los tiempos más largos de resistencia. Se debe esperar un período sustancial antes de que el encofrado pueda retirarse de manera segura, de 12 a 14 días es el tiempo mínimo que toma el hormigón convencional en obtener su resistencia por ende en todo ese periodo el material de moldajes ya sea placa carpintera, alzas primas y vigas primarias tanto secundarias no se

pueden quitar. El hormigón con resistencia temprana al contrario permite el descimbre más rápido. Debido a su capacidad para alcanzar una resistencia inicial en un corto tiempo, el encofrado se puede retirar antes, de 3 a 5 días como máximo el hormigón obtiene su resistencia, cuando se trabaja con este tipo de hormigón el retorno de material es más acelerado, esto se refleja en el avance de la obra, para esto ambos proyectos se midieron durante un mes y los resultados fueron en el hormigón con resistencia temprana de 71,5% que llevaba de construcción alcanzó un 86,2% y el hormigón convencional por otro lado de 49% de construcción alcanzo un 61,5% de avance.

Por otro lado, cuando se está armando el moldaje lo principal de esta partida es tener un equipo de confianza ya que, si los maestros carpinteros por algún motivo dejan de trabajar y no se tiene una persona para poder seguir trabajando, esto retrasa el tiempo de instalación de moldaje por ende el tiempo de resistencia del hormigón y descimbre de estos, en el hormigón con resistencia temprana se vio reflejado el avance diario ya que de 4 maestro que contenía el equipo 2 de ellos se cambiaron de trabajo dejando al equipo a medias, el avance diario que se realizaba era de 90 a 100 m² aproximadamente, al no estar los 2 maestros se realizó la mitad, afectando negativamente el avance y perjudicando la cantidad de hormigón aplicado semanalmente.

En resumen, la principal diferencia entre estos criterios radica en la rapidez con la que el hormigón alcanza su resistencia designada y, por lo tanto, en cuándo se puede proceder con el descimbre. Esto va a afectar o beneficiar el avance, por lo general el hormigón convencional, debido a los tiempos de resistencia más largos, el avance de obra es más limitado, en cambio el hormigón con resistencia temprana al adquirir resistencia en menor tiempo permite completar etapas posteriores del proyecto más rápidamente, como se menciona anteriormente entre ambos proyectos en el periodo de medición arrojo como resultado un 24,7% de avance beneficioso para el proyecto con resistencia temprana.

4.2.2 COSTOS DE MAQUINARIAS - EQUIPOS, COSTO DE MANO DE OBRA Y COSTO DE

MATERIALES:

El costo de mano de obra es más directamente influenciado por la cantidad de trabajadores y el tiempo de trabajo requerido para el proyecto. Los aumentos en la duración del proyecto o la necesidad de emplear más trabajadores pueden aumentar significativamente los costos de mano de obra en cada proyecto ya que mientras más se extienda la obra mayor costo generara para el proyecto, ambos proyectos tienen una diferencia en la carta Gantt de 180 días en la construcción de la obra gruesa, lo que hace que el costo de mano de obra sea más alto para el proyecto con resistencia temprana con 30360,8 UF en comparación al proyecto con hormigón convencional con 23401,6 UF, dejando una diferencia de 6959,2UF.

El costo de maquinaria y equipos está más influenciado por la cantidad y el tipo de equipos necesarios para ejecutar la actividad. La elección de la maquinaria adecuada y su operación eficiente pueden reducir los costos. En el caso del hormigón con resistencia temprana al reducir y finalizar antes la obra gruesa con una holgura de 39 días, redujo sus costos en maquinarias y equipos en 869,55UF, por otro lado, el costo del proyecto Franklin fue de 7960,20 dejando cero costos beneficio al finalizar la obra gruesa.

Tanto el costo de mano de obra como el costo de maquinaria y equipos en el hormigón con resistencia temprana fueron un beneficio, ya que, la obra como se menciona anteriormente finalizó antes de lo programado.

Los costos de materiales están influenciados por la elección de materiales, su calidad, cantidad y variaciones en los precios del mercado. En este caso el proyecto Carmen tiene un costo mayor en los materiales, ya que, utiliza hormigón con resistencia temprana, este tipo de hormigón al contener más aditivos en la mezcla eleva el costo, además de requerir un equipo especial como es el sensor para la toma de la resistencia durante todos los ciclos de hormigonado de las losas, 17,69 UF en comparación al hormigón convencional que tiene un costo de 14,35 UF en los materiales para la construcción de losas, 10,89 UF versus 10,25 UF para la construcción de muros y pilares y 17,67 UF en comparación a 14,3 UF para la construcción de viga, en todos los casos el hormigón con resistencia temprana eleva sus costos.

Realizar una gestión eficaz en estos costos es esencial para el éxito del proyecto. Se debe equilibrar la cantidad de mano de obra, maquinarias y costo de materiales para optimizar los costos generales y la eficiencia en la construcción. Los avances tecnológicos son un claro ejemplo porque pueden influir en la eficiencia de estos criterios. La automatización y la tecnología de construcción avanzada pueden reducir la necesidad de mano de obra y mejorar la eficiencia de la maquinaria y los equipos, además, del costo de materiales utilizados en los proyectos.

4.2.3 TIEMPOS EN COMPARACIÓN A COSTOS DE OBRA.

La carta Gantt nos muestra el tiempo que dura cada proyecto gracias a esto se puede estimar el costo que generará el proyecto, en algunos casos las obras suelen retrasarse y eso afecta directamente el costo de ella al contrario de esto suele pasar que el proyecto se ejecute de buena manera y el tiempo que estaba estimado se reduzca generando un beneficio al proyecto.

El proyecto Carmen ejecutado con hormigón con resistencia temprana tiene una duración de 420 días hábiles, el costo utilizado por esta obra es de 132319,59UF, para el proyecto Franklin la duración de la obra es de 240 días hábiles y el costo utilizado es de 105686,84 UF.

Para poder llegar a una comparación general entre estos 2 proyectos lo que se hará es un cálculo simple en el cual se obtendrá un costo/día, respecto a la duración del proyecto y el costo utilizado durante todo ese periodo de ejecución.

En la siguiente tabla N°19 se puede observar el cálculo obtenido del costo diario de cada uno de los proyectos analizados.

Tabla N°19. Costo diario por obra

TIPO DE HORMIGÓN	COSTO UTILIZADO POR OBRA (UF)	DIAS HABILES	COSTO/DÍA (UF)
HORMIGÓN CON RESISTENCIA TEMPRANA	132319,59	420	315,05
HORMIGÓN CONVENCIONAL	105686,84	365	289,55

Fuente: Elaboración propia (2023).

5 CONCLUSIONES

En la obtención de la información de los dos proyectos que se querían analizar se investigaron obras similares ya sea en el tipo habitacional, diseño, servicios entregados, etc. Entendiendo la relevancia que tiene la vivienda como derecho, la arquitectura y construcción en general cumple un rol fundamental en ofrecer alternativas acordes a la población y sus características, a su evolución, a sus necesidades y demandas, con el objetivo de contribuir a su dignidad.

En este contexto, los multifamily vienen a ampliar el universo de alternativas habitacionales a las ya existentes y consolidadas hace años, tanto en formalidad como en funcionamiento. Debido a este factor de novedad es que resulta complejo definirlo, es una especie de híbrido entre apart hotel y arriendo, ya que, a pesar de que exista el concepto de propietario, las personas las cuales ocupan este servicio son arrendatarios en su totalidad, por lo que la Ley de Copropiedad no se ajusta a este; a la vez, si bien se asemeja a una oferta hotelera tampoco lo hace del todo, pues el arriendo contempla el pago de gastos comunes, y la rotación de “inquilinos” no llega a ser comparable. Esta delimitación difusa “atenta” de alguna manera a lo establecido por instrumentos tan importantes en la disciplina, como lo es la O.G.U. C.

Esto se explica por la novedad de este modelo que lleva recién cerca de diez años y se ha alcanzado recientemente el centenar de ejemplares a nivel nacional. En la medida que esta tipología vaya proliferando, se harán más evidentes los vacíos legales y de regulación que la flexibilidad de las herramientas vigentes no logra cubrir.

Para el análisis comparativo de los costos se consideró las variables costos de maquinarias-equipos, costo de materiales y costo de mano de obra, en base a la experiencia obtenida en terreno estas tres variables mencionadas anteriormente tienen un gran impacto en los costos totales de la construcción con los datos de cada una se puede evaluar de manera efectiva y realizar ajustes para optimizar el presupuesto, además , estas variables son más fáciles de rastrear y registrar en comparación con otros aspectos del proyecto. Esto facilita la supervisión y el seguimiento continuo de los costos asociados, lo que es esencial para mantener el control del presupuesto. A simple vista y en post comparación se logró percatar que la mayor ponderación de los costos es para las 3 variables de hormigón con resistencia

temprana, esto es debido a la mayor duración del proyecto y, además, este proyecto utilizaba 2 grúas torres, esto generó que el costo de estas variables superara el proyecto con hormigón convencional. Para la variable de costo de materiales queda demostrado que construir con hormigón de resistencia temprana tiene un costo mayor.

Para el análisis comparativo de plazos se consideraron las variables, tiempo de resistencia, tiempo de descimbre y avance de obra, esto genera seguridad estructural al considerar la variable tiempo de resistencia, ya que, asegura que la construcción cumpla con estándares de seguridad a largo plazo, lo que es fundamental para la integridad de la edificación y la seguridad de las personas que la utilizarán. Los tiempos de descimbre y avance de obra son críticos para garantizar que el proyecto se complete dentro de los plazos previstos. Estas variables permiten evaluar si el proyecto está progresando de acuerdo con el cronograma establecido y si se están cumpliendo los plazos intermedios y finales. La evaluación de estas variables se llevó a cabo en el periodo de un mes la mayor optimización de plazos es para el proyecto con hormigón de resistencia temprana esta obra tuvo un avance significativo del 24,7% en comparación al proyecto con hormigón convencional. esta diferencia es debido a que tiene un tiempo de resistencia de 9 días hábiles y un descimbre de losas de 10 días hábiles.

Queda en evidencia que, al utilizar hormigón con resistencia temprana en los proyectos, tendrá una ganancia en los tiempos de construcción, esto se verá reflejado al término de la obra gruesa de los proyectos, por otro lado, el costo de construcción de este tipo de hormigón es mayor en comparación a costo del hormigón convencional

El análisis realizado en este trabajo está distorsionado en un 15%, si bien la selección de los criterios es en base a mi conocimiento y experiencia, existen más criterios que quizás para otros profesionales les resulta mejor poder realizar una comparación de dos proyectos de construcción.

Para este trabajo queda abierta la posibilidad investigar otros criterios que puedan relacionarse afectando negativa o positivamente a los costos y tiempos de los proyectos, para así poder tener un resultado en la investigación más amplio.

Se recomienda utilizar este trabajo para otras investigaciones similares hasta los criterios de plazos ya que son datos reales obtenidos de ambas obras, al igual que en los criterios de costos, pero solo en el proyecto que utiliza hormigón con resistencia temprana, los costos

del proyecto con hormigón convencional solo se llegaron a una estimación con información de profesionales con experiencia en este tipo de hormigón.

SOLO USO ACADÉMICO

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fuentes, A. (1978). “Hormigón pretensado: concepción, cálculo y ejecución”. Editores técnicos asociados. Barcelona.

Páez, A. (1986). “Hormigón armado”. Editorial Reverté. Barcelona.

Peris, J. (mayo, 2006). “La calidad en los aditivos de hormigón”. Revista de Obras Públicas, pág. 27-34. Madrid.

Páez Bacala, A. (1988). El hormigón pretensado en la arquitectura.

Reyes, J. N. E. (2015). Análisis de la gestión de proyectos a nivel mundial. Palermo Business Review, (12), 61.

NCh 163 (2013) áridos para morteros y hormigones- requisitos generales.

NCh 170 (2016) hormigón- requisitos generales.

NCh 2182 (1995) hormigón y mortero- aditivos- clasificación y requisitos.

Ruano Peña, D. V. (2010). Análisis de los plazos de construcción de edificios en Chile y su relación con los métodos constructivos utilizados.

Duque, P (2011). Tesis- Estudio sobre la calidad de hormigones y materiales utilizados en las edificaciones en el sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.

Drudis, A. (2002). Gestión de proyectos.

Muñoz Maldonado, C. A., & Bravo González, J. (2018). Estudio comparativo de la nueva y antigua

Norma Chilena de hormigón NCh 170 (Doctoral dissertation, Universidad de Talca (Chile). Escuela de Ingeniería en Construcción.).

Medina, R., & Music, J. (2018). Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena. Obras y proyectos, (23), 63-77.

Benites Espinoza, C. M. (2011). Concreto (hormigón) con cemento Pórtland Puzolánico tipo IP Atlas de resistencias tempranas con la tecnología SIKA Viscocrete 20HE.

Muños Ruiz M. (2022). Memoria de título- Multifamily Miraflores (Propuesta de densificación y uso mixto de acuerdo con el nuevo plan regulador)

Rudeli, N., & Santilli, A. (2017). Medición de resistencia a tempranas edades del hormigón: método que mejor se ajusta para la determinación de tiempos mínimos de desencofrado de elementos verticales de hormigón.

Rengifo Cuenca, M. C., & Yupangui Cushicondor, R. V. (2013). Estudio del hormigón celular (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2013).

Estay Díaz, C. G. (2008). Características de muros de hormigón armado diseñados en Chile.

Cordero, Á. F. N., Abrio, M. T. R., & Maqueda, M. J. R. (2012). El hormigón: Historia, antecedentes en obras y factores identificativos de su resistencia. *Tecnología y desarrollo*, 10, 13.

Asken Morales J. (2016). Tesis- Estudio para identificar y cuantificar las esperas en el proceso constructivo de enfierradura e instalaciones de la obra gruesa y como impactan en la obra.

Benítez Espinoza C. (2016). Tesis- Concreto (hormigón) con cemento Pórtland puzolánico tipo ip atlas de resistencias tempranas con la tecnología.

Yunes Abumohor, D. R. (2020). Multifamily para el adulto mayor: oportunidad de inversión inmobiliaria y solución de vivienda para la creciente tercera edad autovalente.

Farooq, S., & Yokota, H. (2022). Residual mechanical properties of steel fiber reinforced concrete damaged by alkali silica reaction and subsequent sodium chloride exposure. *Ceramics International*, 48(17), 24850-24858.

JOFRÉ, F. A. M. (2006). " MANUAL PARA MOLDAJES PARA HORMIGÓN: ESTUDIO Y APLICACIÓN EN EMPRESAS CONSTRUCTORAS NACIONALES Y REGIONALES (Doctoral dissertation, Universidad Austral de Chile).