



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA CONSTRUCTABILIDAD EN LA ELECCIÓN
DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE VIVIENDA**

Línea de investigación:

Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Gerencia de la Construcción

Moderna

Autor:

Valdez Cáceres, Pablo Antonio Elías

Asesor:

Soto Vásquez, Duber Enrique

(ORCID: 0000-0001-5855-7045)

Jurado:

Pumaricra Padilla, Raul Valentin

Defilippi Shinzato, Teresa Milagros

Romero Ríos, David

Lima - Perú

2023



Reporte de Análisis de Similitud

Archivo:

[1A_VALDEZ_CACERES_PABLO_ANTONIO_ELIAS_MAESTRÍA_2023.docx](#)

Fecha del Análisis:

29/03/2023

Analizado por:

Astete Llerena, Johnny Tomas

Correo del analista:

jastete@unfv.edu.pe

Porcentaje:

14 %

Título:

“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA CONSTRUCTABILIDAD EN LA ELECCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE VIVIENDA”

Enlace:

<https://secure.arkund.com/old/view/155430067-559102-800395#BcExDoAgEATAv1BvzO0KnPIVY2GIGppKl1/d+YNzwhll8EFMohQhBKUIYcbnDvCaHdvV6tHr2coNnFOikZXWucs5vj9>



DRA. MIRIAM LILIANA FLORES CORONADO
JEFA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA CONSTRUCTABILIDAD EN LA ELECCIÓN
DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE VIVIENDA

Línea de investigación:

Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva

Tesis Para Optar el Grado Académico de

Maestro en Gerencia de la Construcción Moderna

Autor:

Valdez Cáceres, Pablo Antonio Elías

Asesor:

Soto Vásquez, Duber Enrique

(ORCID: 0000-0001-5855-7045)

Jurado:

Pumaricra Padilla, Raul Valentin

Defilippi Shinzato, Teresa Milagros

Romero Ríos, David

LIMA – PERÚ

2023

Análisis de la influencia de la constructibilidad en la elección del sistema estructural de edificios de vivienda.

Autor:

Valdez Cáceres, Pablo Antonio Elías

Asesor:

Soto Vásquez, Duber Enrique

(ORCID: 0000-0001-5855-7045)

DEDICATORIA:

A la memoria de mis padres

A mi esposa Marivel

A mis hijos Mariela y Noé.

AGRADECIMIENTO:

A mi asesor el Dr. Duber Enrique Soto Vasquez

Al Dr. José Coveñas Lalupu

Al Ing. Jaime Josue Delgado Cuellar

A mis colegas docentes y egresados
de la Facultad de Ingeniería Civil de la
Universidad Nacional de San Agustín
que colaboraron de una u otra manera
con el desarrollo de la presente investigación.

INDICE

RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
I. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Planteamiento del Problema	16
1.2. Descripción del Problema	17
1.3. Formulación del Problema	18
<input type="checkbox"/> Problema General	18
<input type="checkbox"/> Problemas Específicos	18
1.4. Antecedentes	18
1.5. Justificación de la investigación	20
1.6. Limitaciones de la investigación	21
1.7. Objetivos de la Investigación	21
<input type="checkbox"/> Objetivo General	22
<input type="checkbox"/> Objetivos Específicos	22
II. MARCO TEÓRICO	23
2.1. Marco Teórico	23
III. MÉTODO	40
3.1. Tipo de investigación	40
3.2. Poblacion y muestra.	40
3.3. Operacionalización de variables	42
3.4. Instrumentos	44
3.5. Procedimientos	44
3.6. Análisis de los datos	47

IV. RESULTADOS	123
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	130
VI. CONCLUSIONES	133
VII. RECOMENDACIONES	137
VIII. REFERENCIAS	138
IX. ANEXOS:	142
Anexo A	142
Anexo B	143
Anexo C	144
Anexo D	151

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	33
Tabla 2.	35
Tabla 3.	37
Tabla 4.	38
Tabla 5.	38
Tabla 6.	44
Tabla 7.	63
Tabla 8.	64
Tabla 9.	65
Tabla 10.	65
Tabla 11.	68
Tabla 12.	69
Tabla 13.	70
Tabla 14.	71
Tabla 15.	72
Tabla 16.	72
Tabla 17.	74
Tabla 18.	76
Tabla 19.	76
Tabla 20.	77
Tabla 21.	77
Tabla 22.	78
Tabla 23.	79

Tabla 24.....	80
Tabla 25.....	82
Tabla 26.....	88
Tabla 27.....	95
Tabla 28.....	98
Tabla 29.....	102
Tabla 30.....	103
Tabla 31.....	107
Tabla 32.....	110
Tabla 33.....	113
Tabla 34.....	116
Tabla 35.....	119
Tabla 36.....	123
Tabla 37.....	124
Tabla 38.....	125
Tabla 39.....	125
Tabla 40.....	128

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	23
Figura 2.	26
Figura 3.	27
Figura 4.	29
Figura 5.	30
Figura 6.	32
Figura 7.	33
Figura 8.	46
Figura 9.	47
Figura 10.	48
Figura 11.	49
Figura 12.	50
Figura 13.	51
Figura 14.	52
Figura 15.	53
Figura 16.	54
Figura 17.	55
Figura 18.	56
Figura 19.	56
Figura 20.	57
Figura 21.	57
Figura 22.	58
Figura 23.	59

Figura 24.	59
Figura 25.	60
Figura 26.	63
Figura 27.	66
Figura 28.	67
Figura 29.	68
Figura 30.	69
Figura 31.	71
Figura 32.	73
Figura 33.	75
Figura 34.	78
Figura 35.	79
Figura 36.	81
Figura 37.	90
Figura 38.	91
Figura 39.	92
Figura 40.	92
Figura 41.	93
Figura 42.	93
Figura 43.	94
Figura 44.	111
Figura 45.	112
Figura 46.	114
Figura 47.	115

Figura 48.	115
Figura 49.	116
Figura 50.	117
Figura 51.	118
Figura 52.	118
Figura 53.	122
Figura 54.	128
Figura 55.	129

RESUMEN

Al inicio de la construcción de todo proyecto de edificación se tienen que tomar decisiones acerca de los factores operacionales como son: sistemas constructivos, procedimientos constructivos definitivos, frentes de trabajo, sectorización de la obra y tipos de programación de la obra. Estos factores que forman parte del concepto de constructibilidad son estudiados en el presente trabajo porque al tener diferentes alternativas de ejecución causan la variación del costo directo y del tiempo de ejecución de la obra. Este es un trabajo de investigación consistente en un estudio de caso aplicado a un proyecto inmobiliario de veinte departamentos y cinco niveles ubicado en la ciudad de Arequipa, el que ha sido diseñado estructuralmente en los sistemas estructurales: albañilería confinada, a porticado y muros de ductilidad limitada considerando la misma arquitectura. Se comparan los presupuestos y programas entre los tres sistemas estructurales tomando en cuenta las variaciones de los factores operacionales de construcción. Se desarrolla el análisis costo- tiempo del proyecto partiendo de la obtención de las curvas costo-tiempo por partida para el casco gris para luego obtener las curvas de costo directo, gastos generales y costos totales versus tiempo del proyecto. En base a los factores operacionales, si se está en la fase de diseño se busca definir en costo-tiempo cuál es el sistema estructural más conveniente. Por otro lado si se está en la fase de construcción, cuando ya se ha definido el sistema estructural, se busca definir los factores operacionales con los cuales se minimizan los costos de construcción y por lo tanto se optimice la duración del proyecto.

Palabras claves: Constructibilidad, sistema estructural y factores operacionales

ABSTRACT

At the beginning of the construction of the entire building project, decisions have to be made about operational factors such as: construction systems, definitive construction procedures, work fronts, sectorization of the work and types of work scheduling. These factors that are part of the concept of constructability are studied in the present work because having different execution alternatives cause the variation of the direct cost and the execution time of the work. This is a research work consisting of a case study applied to a real estate project of twenty apartments and five levels located in the city of Arequipa, which has been structurally designed in the three most used structural systems in our country, which are: masonry confined, porticoed and walls of limited ductility for the same architecture. Budgets and programs are compared between the three structural systems, taking into account variations in operational factors. The cost-time analysis of the project is developed starting from obtaining the cost-time curves per item for the gray hull to then obtain the direct cost, general expenses and total costs versus time curves of the project. If you are in the design phase, you seek to define in cost-time which is the most convenient structural system. If you are in the construction phase when the structural system has already been defined, it is sought to define the operational factors with the construction costs being cheaper and the duration of the project is optimized.

Key words: *Constructability, structural system and operational factors*

I. INTRODUCCIÓN

1.1.Planteamiento del Problema

Tres de los sistemas estructurales en concreto armado utilizados en el país en los proyectos de edificación son los de albañilería confinada, aporticado y muros de ductilidad limitada, según la (Norma Técnica E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019). Además, se conoce que en nuestro país predomina las edificaciones de albañilería confinada con ladrillo artesanal por ser las más económicas, según los datos del Censo peruano del 2017 (INEI, 2017). En Arequipa esa tendencia se confirma en la construcción de edificios para vivienda de baja altura.

En la búsqueda de cuidar el margen de utilidad de los proyectos inmobiliarios de baja altura, es necesario aclarar que sistema estructural es el más conveniente a utilizar por motivos de costos y tiempos, para lo que se debe desarrollar una evaluación comparativa entre dichos sistemas estructurales. (Asenjo, 2022)

Por otro lado, según Serpell (2002), durante la etapa de inicio de construcción de un proyecto de edificación existen factores operacionales sobre los cuales se toman decisiones basados en la experiencia del personal técnico de obra. Cada uno de estos factores presentan diferentes alternativas de ejecución que influyen en el costo directo y en el tiempo de ejecución de la obra. Estos son: los sistemas constructivos a emplear, los procedimientos constructivos definitivos, el número de frentes de trabajo, la sectorización de la obra y las estrategias de programación de la obra. Entonces es posible que si se cuantifican en costos y tiempos a dichos factores brinden a un sistema estructural la posibilidad de volverlo más rentable o rápido que los otros, para justificar su empleo en el diseño, es decir lo que se llama aplicar la constructibilidad a nuestro proyecto.

Según Orihuela y Orihuela (2003), la constructibilidad es la óptima utilización de

conocimientos operacionales y experiencias de la construcción a fin de aplicarlos en las etapas de diseño del proyecto a fin de mejorar la gestión del mismo y lograr mejorar sus costos y tiempos agregando valor.

El propósito fundamental de esta investigación busca evaluar cuanto influye la constructibilidad en la elección del sistema estructural con el que se ejecutaran los proyectos.

1.2.Descripción del Problema

Considerando que este es un trabajo de investigación, se desarrolla un estudio de caso aplicado a un proyecto inmobiliario de cinco niveles ubicado en la ciudad de Arequipa, el que se ha diseñado con tres sistemas estructurales anteriormente mencionados, es decir que para la misma arquitectura del edificio tendremos los diseños estructurales en albañilería confinada, aporticado y muros ductilidad limitada, de tal manera que se podrá realizar este trabajo de investigación comparando resultados que serán confiables al haber partido con las mismas características arquitectónicas, topográficas, de entorno de la obra, de suelos, etc. Sin embargo resulta oportuno precisar que siendo un estudio de caso los resultados no serán necesariamente generalizables para proyectos de edificación construidos con otras restricciones como una diferente capacidad portante del suelo o un número diferente de pisos al considerado en este trabajo de investigación.

Según refiere Sampieri et al. (2014) un estudio de caso puede tener variables y utilizar, entre otros, el proceso de investigación cuantitativa. Acorde con ello, en el presente trabajo la constructibilidad es la variable independiente que interviene al variar cada uno de los factores de construcción y luego se analizan los efectos que dicha intervención causa en los costos y tiempos del proyecto considerando los tres sistemas estructurales que constituyen la variable dependiente. El instrumento constituye el método análisis costo-tiempo.

Las subvariables operacionales en obra que tiene la constructibilidad y que son analizadas en este trabajo son: los sistemas constructivos convencionales y no convencionales de losas,

(prelosas, pretensados, etc.), los procedimientos constructivos alternativos para las actividades del casco gris (preparación del concreto, colocación de encofrado, habilitación y colocación del acero, terrajeos, etc.), las estrategias de programación (número de sectores, frentes de trabajo, programación rítmica o arrítmica, la intensidad de uso de los recursos de mano de obra y equipos).

1.3. Formulación del Problema

– Problema General

¿En qué medida la constructibilidad influye en la elección del sistema estructural más conveniente de un edificio de vivienda de cinco pisos según el análisis costo-tiempo?

– Problemas Específicos

¿Qué características tienen las curvas costo-tiempo óptimas de cada una de las unidades estructurales debido a la constructibilidad en un edificio de vivienda de cinco niveles?

¿Qué efectos produce las combinaciones de los factores operacionales de la construcción en las curvas costo-tiempo de la obra? ¿Cuál es el sistema estructural más conveniente en función a la comparación de los indicadores costo tiempo de la obra?

1.4. Antecedentes

La Asociación de Investigación e Información de la Industria de la Construcción CIRIA (1983), definió el concepto de constructibilidad como la metodología que proporciona al diseño del edificio facilidad de construcción. Casi simultáneamente, en Estados Unidos, el Instituto de la industria de la construcción (CII) ampliaron esta definición a: “constructibilidad es el uso óptimo de los conocimientos constructivos y experiencia en las fases de formulación, planeamiento, diseño/ingeniería, procuray operaciones de campo para lograr todos los objetivos del proyecto”

Por su parte, la NSF-ASCE (National Science Foundation – American Society of Civil Engineers) (1987) estudió e identificó a la constructabilidad como una necesidad de investigación

específica para la ingeniería. El estudio señaló que faltaba una correcta comunicación entre ingenieros diseñadores y constructores, siendo esta la causa para no lograr optimizar el proyecto, trayendo consecuencias que la constructabilidad busca solucionar.

Según Gómez (2012) la constructabilidad en inglés se conoce como “Constructability”, término que ha sido traducido igualmente al español como “Constructabilidad” por el Dr. Virgilio Guio 1997, PUCP. Los primeros reportes de su implementación en obra en el país datan del 2003 a cargo de Pablo Orihuela en su empresa Motiva SA.

La investigación más completa en Latinoamérica es la de Becerra (2016). La Constructabilidad en los Proyectos Industriales. Tesis de Maestría en la Universidad Nacional Autónoma de México.

En los últimos años se han venido desarrollando investigaciones a nivel de tesis, como la de Alejo (2018) que propone optimizar la productividad por constructabilidad en los proyectos de construcción y pone como ejemplo al proyecto Ocean Reff en San Bartolo.

Otra investigación de la aplicación de la constructabilidad en la fase de diseño, que se acerca al presente trabajo sería: Deficiencias en la etapa de diseño y su impacto en la constructabilidad de proyectos inmobiliarios del sector privado en Arequipa – caso de estudio: Condominio Alegra I Etapa.

En esta investigación, para estudiar la influencia de la constructabilidad, se ha utilizado como instrumento el método conocido como análisis costo-tiempo. Este método, presentado en el marco teórico, pertenece al campo de la Investigación de Operaciones y ha sido estudiado y progresivamente mejorado a partir de 1980 por diversos investigadores entre los que destaca Taha (1983). El artículo que lo resume titula: Administración del costo y el tiempo, propuesta de un algoritmo de optimización discreto-heurístico.

La investigación desarrollada por Rodríguez, (2013) pasa de la aplicación de este método

en una red de flechas a una red de precedencias. La importancia de este cambio esta en migrar de una concepción seriada del proyecto a una concepción en la que se ejecutan las actividades en paralelo con traslape entre las actividades de construcción y ello constituye un avance porque se acerca a la realidad del proceso constructivo en obra donde se ejecutan las actividades desfasadas en el afán de ganar tiempo. Según el Project Management Institute UNIE (2017) en su guía PMBOK, el traslape de actividades lo considera bajo el nombre de Ejecución Rápida (Fast tracking).

La tesis de Rosales (2018), titulada “Desarrollo de software para la compresión de redes en la relación tiempo costo para la construcción” plantea desarrollar el análisis costo-tiempo de una obra con el uso de un software del autor con características semejantes al software Lindo de Programacion Lineal.

1.5. Justificación de la investigación

Este trabajo de investigación permite mostrarle al constructor una propuesta metodológica analítica de como la constructabilidad contribuye a optimizar la elección del sistema estructural más conveniente del proyecto, de tal manera que adaptando dicho método pueda ser utilizado en otros proyectos inmobiliarios similares.

En consecuencia, ayuda al constructor en las etapas tempranas del proyecto, antes del diseño, a una óptima toma de decisiones del sistema estructural más conveniente a escoger considerando sus costos y tiempos, lo que a su vez ayuda a mejorar la rentabilidad de su proyecto y por lo tanto contribuye a mejorar su competitividad en el mercado inmobiliario.

En la fase de construcción, cuando obviamente ya se tomó la decisión del sistema estructural a emplear y este no fue definido considerando la constructabilidad, este trabajo de investigación ayuda al constructor en el inicio de obra a una óptima toma de decisiones sobre la estrategias de planificación de la obra, la elección de los procesos constructivos del casco más

convenientes y los sistemas constructivos de losas , gracias al soporte analítico que da este método y que usualmente el constructor decide en forma empírica.

1.6.Limitaciones de la investigación

Como este es un estudio de caso y por lo tanto estudia específicamente un proyecto de edificación de cinco niveles, el tamaño de la muestra es reducido para cuando se quisiera generalizar los resultados a proyectos con diferentes características arquitectónicas , topográficas , geotécnicas , es decir no es recomendable tomar con exactitud los resultados de esta investigación si por ejemplo se pretendiera aplicarlos a un proyecto con diferente capacidad portante del suelo a la de este proyecto o por dar otro ejemplo si se tiene otro proyecto de siete pisos no necesariamente los resultados de esta investigación que se hace con una edificación de cinco pisos serán totalmente válidos para dicho proyecto de siete pisos.

Por lo tanto la validez externa de esta investigación que busca ver la influencia de la constructabilidad en la elección del sistema estructural, se consolidara en la medida que se efectúen otros estudios de caso para proyectos con diferentes características.

Además, esta investigación toma en cuenta los tres sistemas estructurales aporticado, albañilería confinada y ductilidad limitada, cuando en el país también se utilizan frecuentemente el sistema dual y el sistema de albañilería estructural, que sería recomendable estudiarlos también para tener un panorama completo en estudio

Por otro lado esta investigación se limita a estudiar las partidas del casco gris de una edificación, sería conveniente estudiar las partidas de acabados secos e instalaciones, toda vez que el avance tecnológico actual en la industria de la construcción permite también tener alternativas constructivas para estas últimas partidas que podrían influir en optimizar el costo y tiempo del proyecto.

1.7.Objetivos de la Investigación

– ***Objetivo General***

Evaluar la influencia de la constructibilidad en la definición del sistema estructural más conveniente de un edificio de vivienda según el análisis costo – tiempo

– ***Objetivos Específicos***

Determinar las curvas costo–tiempo por cada unidad estructural considerando la influencia de la constructibilidad.

Obtener las curvas costo-tiempo de la obra para los tres sistemas estructurales y considerar todas las combinaciones de los factores operacionales de construcción.

Definir el sistema estructural más conveniente en función a la comparación de los indicadores costo-tiempo de la obra.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Constructabilidad

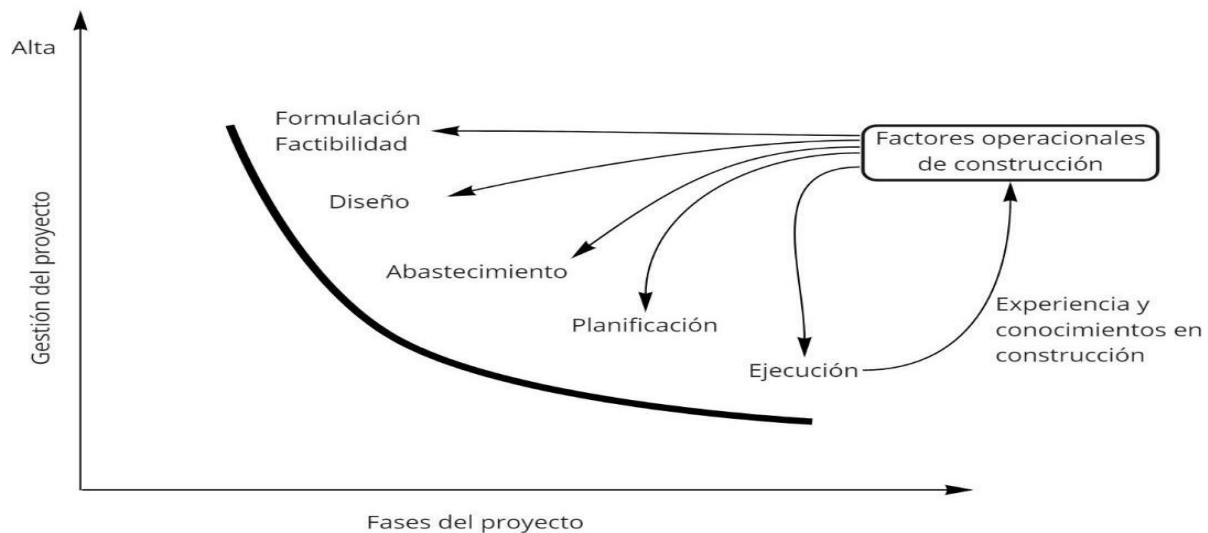
La constructabilidad toma en consideración la experiencia y los conocimientos operacionales del personal de obra para aprovecharlos en las etapas más tempranas, a fin de lograr mejoramientos en la gestión del proyecto.

Específicamente la constructabilidad demuestra que la mejora de la productividad de una obra tiene sus más grandes oportunidades en las etapas más tempranas del proyecto; es decir cuando la obra aún no ha empezado como en las fases de diseño e incluso durante la formulación del proyecto y no como se cree que para mejorar la productividad se tiene que presionar al personal obrero para que rindan mas durante la etapa de construcción.

En la figura 1 se puede observar cómo a lo largo del proyecto, son las primeras fases las que presentan mayor capacidad de influencia en el costo final.

Figura 1.

La constructabilidad en el proyecto.



Nota: Fuente: Serpell (1993), Administración de operaciones de construcción (2ª ed.).

Ediciones Universidad Católica de Chile.)

En proyectos de construcción que se ejecutan por licitación el constructor una vez que ha ganado la obra recibe los planos de ingeniería y al poner en práctica la constructabilidad se ve con la limitación de optimizar algunos procesos constructivos concernientes a esta etapa. En cambio, en un proyecto llave en mano en donde se tiene el mismo administrador para las fases de diseño y construcción, la aplicación de la constructabilidad tiene mayor provecho debido a que es factible que la etapa de diseño se tenga el soporte del personal experimentado de obra.

Utilizar la constructabilidad en las etapas tempranas de la vida de un proyecto genera mejores efectos toda vez que al avanzar en la inversión del proyecto, se va perdiendo la capacidad de influir y cambiar la dirección del proyecto.

Orihuela y Orihuela (2003) menciona que la influencia de la constructabilidad en la etapa de planificación requiere de la participación en la programación de la obra del personal experimentado como son el residente, los ingenieros de campo e incluso los maestros de obra. Por ello es conveniente la participación de este personal técnico en la fase de planificación de la obra, la que se lleva a cabo después de la firma del contrato y antes del inicio de obra. La utilización en esta etapa de softwares como el Primavera o el MS Project, así como el desarrollo de programaciones detalladas constituyen herramientas útiles que deben ser complementadas con el análisis de los factores operacionales de construcción en base a los criterios basados en la experiencia dados por el personal ya mencionado. Por ello es conveniente la participación activa de este personal durante esta etapa.

Orihuela y Orihuela (2003) además señala que “La influencia de la constructabilidad en la etapa de abastecimiento exige que las decisiones que se tomen en esta etapa sobre la elección de proveedores, sistemas constructivos, materiales, equipos deban ser planificadas y por lo tanto no decididas en etapas tardías cuando la obra ya se ha iniciado, incluso dichas decisiones deben

tomarse desde la etapa de diseño de tal forma que los proyectistas puedan considerarlas en sus cálculos” (p.2).

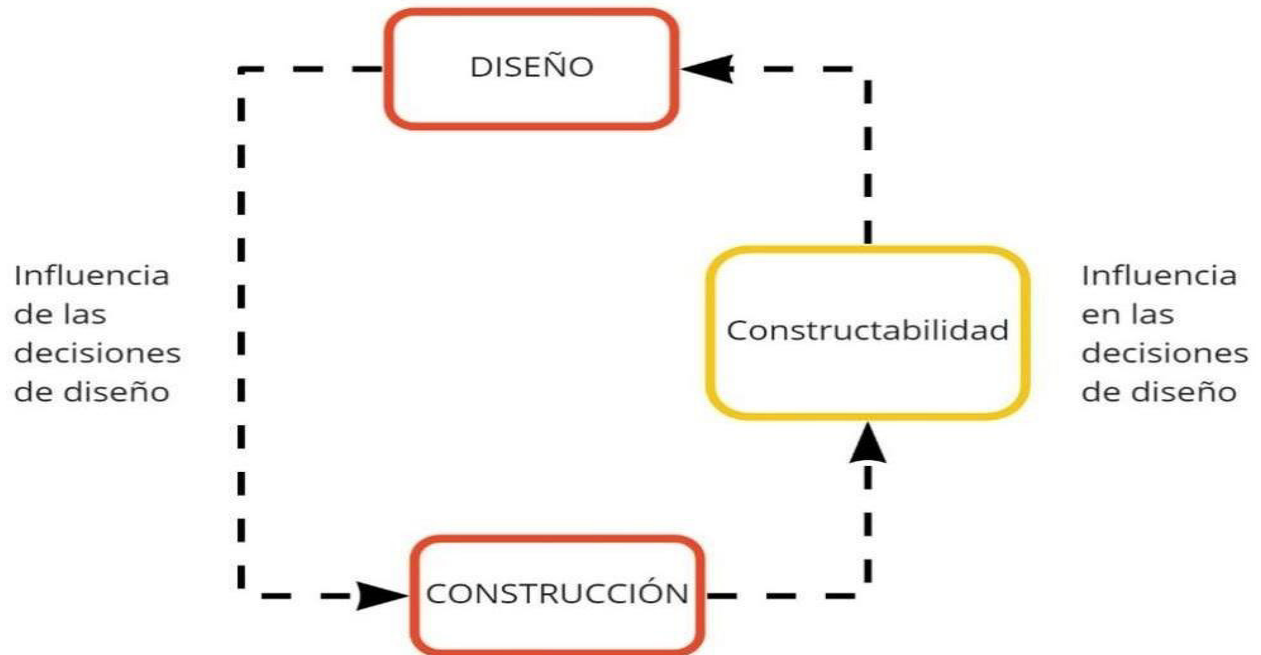
Los propietarios del proyecto que están atentos a la búsqueda de la efectividad económica integral del proyecto, deben reconocer la alta influencia que tienen las decisiones iniciales sobre el desempeño posterior de un proyecto, por ello deben apoyar el uso de la constructabilidad.

Los formuladores y evaluadores del proyecto así como los contratistas del diseño y la construcción deben considerar a la constructabilidad como una de sus principales herramientas para lograr dos objetivos decisivos del proyecto: optimizar los costos y tiempos del mismo. Para ello deben ser receptivos a la implementación de la constructabilidad en las etapas tempranas del proyecto. El personal especializado con amplia experiencia en construcción, debe estar capacitado y tener una comprensión acabada de lo que es constructabilidad y por lo tanto deben ser receptivos y estar prestos a su participación activa cuando sean llamados por los equipos que desarrollan en las etapas anteriores la formulación, evaluación, diseño y logística del proyecto, aportando su experiencia en la definición de los factores operacionales.

Ramos (2021) señala que existen dieciséis principios en los que se basa la constructabilidad y que constituyen socios estratégicos que la repotencian, de los cuales resulta oportuno resaltar dos de ellos por su influencia en este trabajo de investigación : 1. la innovación en la construcción, dado que el planteamiento de métodos constructivos alternativos no convencionales debe hacerse en las etapas tempranas del proyecto para sacarles el máximo provecho. 2. Los métodos de construcción principales se definen como el uso de equipo de construcción, trabajo y secuencias de trabajo, en una manera tal que éstos métodos se conviertan en un controlador importante del diseño . Así un “controlador de diseño”, es un método de construcción, condición, o técnica que los diseñadores del proyecto deben considerar.

Figura 2.

La constructabilidad en el diseño



(Fuente: Elaboración propia.)

2.1.2 Constructabilidad y Constructividad

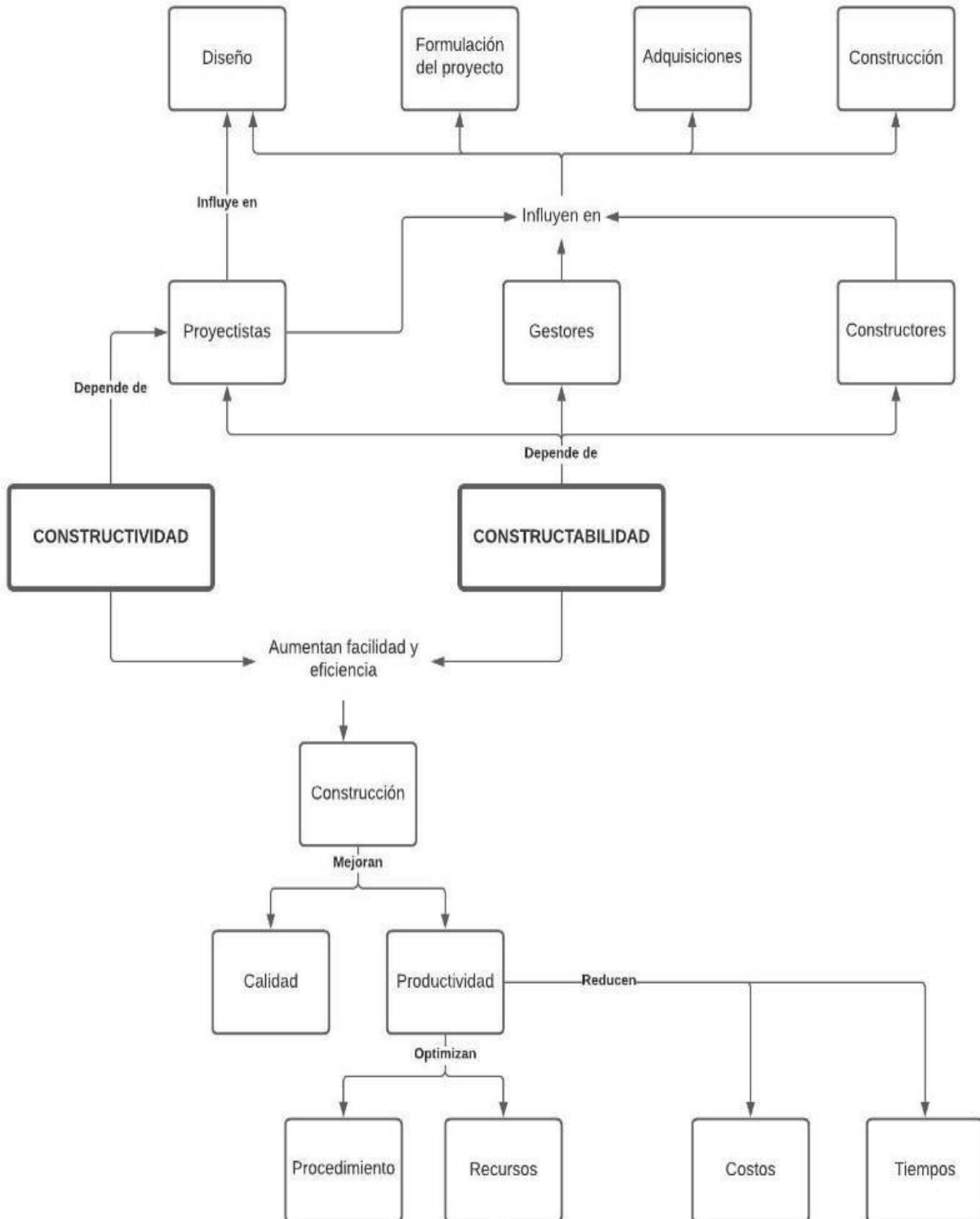
Es necesario aclarar la diferencia entre dos términos muy parecidos, pero conceptualmente diferentes:

La constructividad considera específicamente la experiencia en la construcción de los proyectistas y su influencia para mejorar el diseño del proyecto. En cambio, la constructabilidad considera la experiencia en la construcción de personal técnico experimentado en obra para mejorar el diseño del proyecto.

El cuadro adjunto permite entender la diferencia entre estos dos términos.

Figura 3.

Constructabilidad y constructividad



Nota: Elaboración propia.

2.1.3. Ejecución Rápida (*Fast tracking*)

En la guía del PMBOK, el UNIE (2017) señala a la ejecución rápida como: “Técnica de compresión del cronograma en la que actividades o fases que normalmente se realizan en secuencia se llevan a cabo en paralelo al menos durante una parte de su duración” (p.215).

2.1.4. Intensificación (*Crashing*)

El UNIE (2017) define la intensificación como: “Técnica utilizada para acortar la duración del cronograma con el menor incremento de costo mediante la adición de recursos.” (p.215).

El incremento de las cuadrillas unitarias para las diversas actividades de construcción se debe dar considerando los siguientes criterios : tratar de darles continuidad de trabajo durante su permanencia en obra a fin de no tener histogramas de mano de obra desiguales, considerar el mismo numero de cuadrillas para actividades de la misma especialidad así por ejemplo tener en lo posible la misma cantidad de carpinteros a lo largo de la obra para ejecutar las diversas partidas de encofrados.

El incremento de recursos tiene su límite máximo al tener que revisar la disponibilidad de espacio existente para ejecutar cada actividad además de tener que subordinar la planilla de mano de obra al flujo de caja de la obra

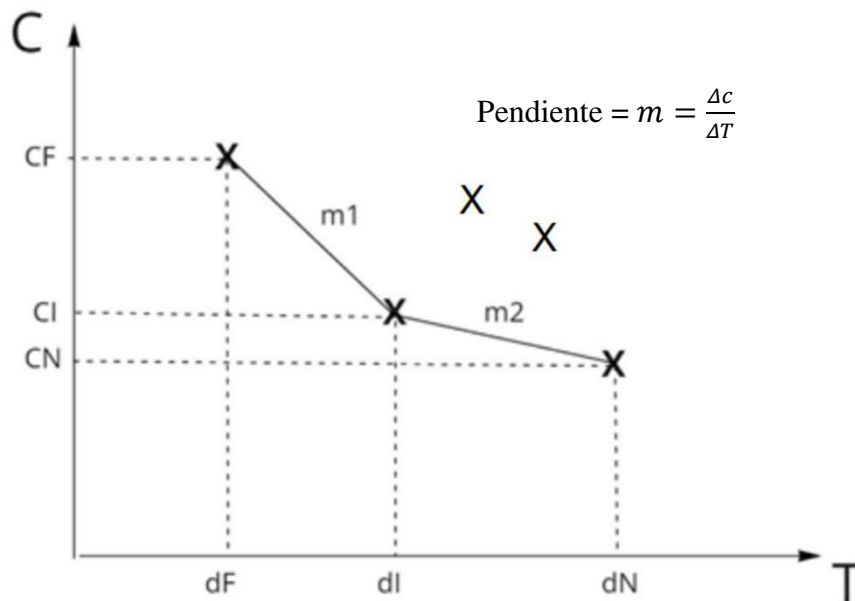
2.1.5. Análisis Costo – Tiempo de una Actividad

Para cada actividad de un proyecto existen dos tiempos de ejecución extremos. El primero es el denominado Tiempo normal (T_n) y a él se vincula un costo normal (C_n); representa a la alternativa constructiva ejecutada en condiciones normales. El segundo es el menor tiempo en el que se podría realizar la partida el cual se denomina Tiempo de fractura o Tiempo crash (T_f). Así mismo, pueden existir puntos intermedios que tienen su propio tiempo y costo y representan alternativas de proceso constructivo. Además se espera que el costo sea inversamente proporcional

a la duración de la actividad. Es decir, si se disminuye la duración el costo se debe incrementar. Entonces, el costo en el tiempo de fractura será mayor al costo normal (Cn). Esto se muestra en la figura 4.

Figura 4.

Curva costo - tiempo de una actividad.



Nota: Elaboración propia

En la figura anterior se ha graficado como ejemplo el caso de una actividad que tiene tres alternativas de ejecución, por lo tanto, se ha formado dos tramos, cada uno de los cuales tiene una pendiente. La pendiente de la curva costo – tiempo es el costo unitario que hay que gastar para reducir en un día la duración de la actividad. Se calcula restando como numerador los costos de fractura y normal y en el denominador se restan las duraciones normales y de fractura.

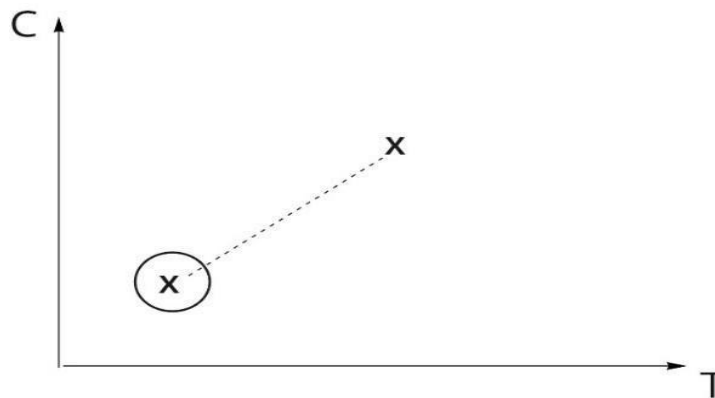
$$\text{Pendiente} = m = \frac{\Delta c}{\Delta T} = \frac{(cf - cn)}{(Tn - TF)}$$

La figura 4 muestra todas las alternativas de construcción posibles que se pueden considerar para una actividad. Algunas opciones han sido descartadas y no forman parte de la curva óptima

costo – tiempo de la actividad debido a que son más costosas o tienen mayor duración que las alternativas seleccionadas y son las que se muestran por encima de la curva. Sin embargo, hay algunos casos en los que una de las alternativas constructivas es menor en costos y tiempos que las otras . En estos casos la curva costo tiempo de la actividad se reduce solo a un punto que simboliza a esa unica alternativa (figura 5).

Figura 5.

Reducción de la curva costo tiempo a un punto.



Nota: Elaboración propia.

2.1.6. Análisis Costo – Tiempo del Proyecto

a. Obtención de la curva optima costo directo – tiempo del proyecto

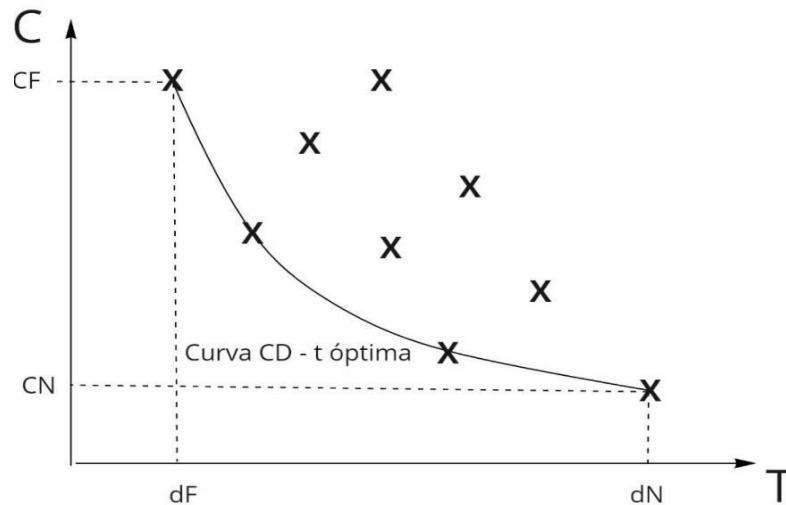
Un proyecto se puede ejecutar desde una duración normal hasta una duración mínima de fractura. Asociada a la duración normal existe un costo directo normal del proyecto. Así mismo asociado a la duración de fractura existe un costo directo de fractura.

El costo directo normal es el presupuesto que tiene a todas sus partidas en condiciones normales de ejecución. A partir de éste se puede ir reduciendo progresivamente la duración del proyecto para lo que se utiliza el proceso de compresión de la red del programa. Para desarrollar este proceso es necesario previamente haber obtenido las curvas costo-tiempo de las actividades mas representativas de la obra y tener calculadas sus pendientes. Asi mismo se tiene que haber

desarrollado el programa de obra en Gantt, precedencias o red de flechas. El proceso de compresión consiste en ir comparando las pendientes e ir reduciendo en primera instancia las duraciones de las actividades de menor pendiente y calculando a su vez el incremento de costos que esta reducción trae consigo. Con este proceso se van obteniendo otros puntos costo directo versus tiempo del proyecto, que tienen mayor costo y un menor tiempo de ejecución. El proceso continuo con varias iteraciones y la obtención de nuevos puntos hasta llegar a un punto de fractura o tiempo mínimo, asociado al cual hay un costo de fractura del proyecto. En consecuencia, la curva óptima costo directo-tiempo del proyecto se grafica en base a las alternativas constructivas más económicas, que forman tramos rectos con pendientes crecientes conforme disminuye el tiempo de ejecución, quedando descartadas las alternativas de mayores costos. Esto se puede evidenciar en la figura 6. Es oportuno mencionar que el costo de fractura se obtiene sin que necesariamente todas las actividades estén fracturadas, es decir se puede llegar a la duración de fractura del proyecto teniendo algunas actividades que no estén fracturadas e incluso estén en su duración normal. Lo que sucede es que deben estar fracturadas las que conforman la ruta crítica. Las actividades que no son críticas no necesitan ser fracturadas porque representarían un gasto adicional innecesario.

Figura 6.

Curva óptima de costo directo-tiempo del proyecto.



CF: Costo de Fractura; CN: Costo Normal; DF: Duración de Fractura; DN: Duración Normal

Nota: Elaboración propia.

b. Obtención de la curva del costo indirecto del proyecto

Se sabe que el comportamiento del costo indirecto es inverso al costo directo del proyecto, es decir que a medida que se alarga la duración, los gastos generales suben progresivamente, por lo que deben ser estudiados separando los gastos fijos de los gastos variables que son aquellos que se incrementan al aumentar el tiempo.

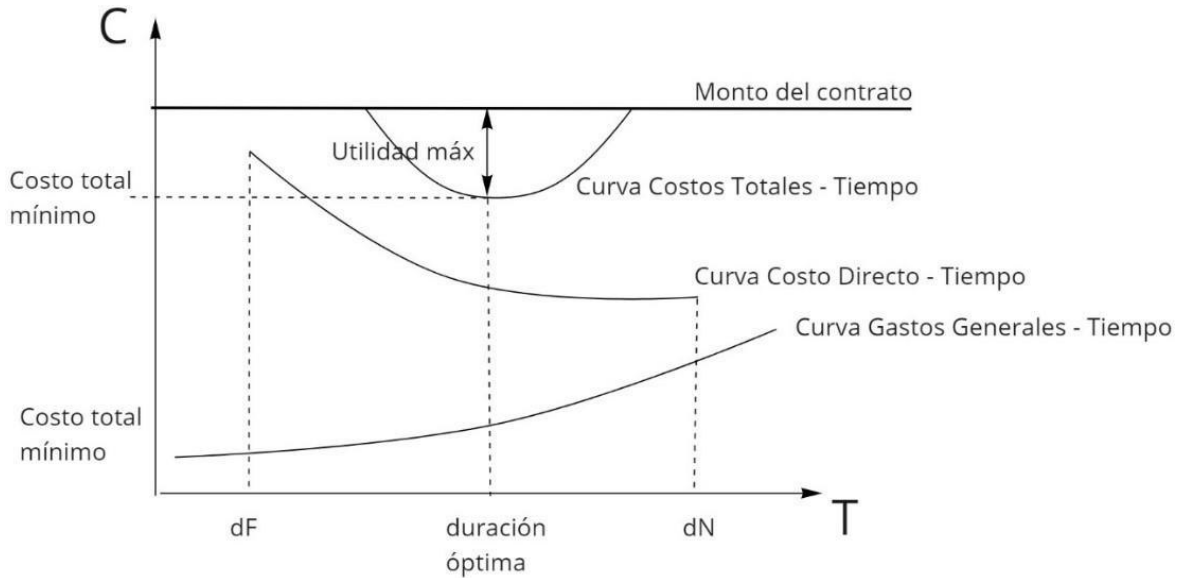
c. Obtención de la curva óptima costo total - tiempo del proyecto

La curva óptima de costos totales versus tiempo se obtiene para cada uno de los tiempos de ejecución entre el punto normal y el punto de fractura. Para cada punto, el costo total óptimo será la suma del costo directo óptimo más los gastos generales.

Taha (1982) relaciona el costo directo, indirecto y total en una sola gráfica, esto se aprecia en la figura 7, en la cual se aprecia también la obtención de la duración óptima del proyecto en base al mínimo costo total.

Figura 7.

Obtención de la duración óptima del proyecto.



Nota: Taha (1982).

2.2. Estado del Arte

Se han realizado diferentes estudios que estudian la constructabilidad. Entre los principales trabajos científicos que se han desarrollado en los últimos años que benefician a la investigación se encuentran los siguientes, en orden cronológico (Tabla 1).

Tabla 1.

Estado del arte de la constructabilidad

ID	Título	Autor/es	Tipo estudio	Año
1	Optimization of proyect schedule crashing	kabindra k. Shrestha y pramen p. shrestha	articulo cinetifico	2018
2	projet planning and scheduling using PERT and CPM	wallace agyer	articulo cinetifico	2013
3	Desarrollo de software para la compresión de redes	frank rosales	tesis de licenciatura	2018
4	Gerencia de construcción y del tiempo costo	walter rpdriguez	libro	2013
5	Aplicación de sectorización para una mejora de la rentabilidad	omar anaya y miguel inga	tesis de licenciatura	2019

6	análisis comparativo entre los sistemas de muros de ductibilidad limitada y albañilería estructural	angel caceres	tesis de licenciatura	2017
7	análisis comparativo entre los sistemas de albañilería confinada y ductibilidad limitada	jaime delgado	tesis de licenciatura	2020
8	Análisis comparativo de los costos para los sistemas aporticado dual y albañilería confinada	davis ñaca	tesis de licenciatura	2017
9	análisis comparativo estructural bajo el sistema de muros de ductibilidad limitada y aporticado	willian calsina giovana manani	tesis de licenciatura	2021

Nota: Elaboración propia.

Como se puede observar, la investigación más cercana encontrada después de revisar todos los repositorios del país es la realizada en la tesis: “Desarrollo de software para la compresión de redes en la relación tiempo costo para la construcción” Rosales (2018). Este estudio tuvo como propósito fundamental operativizar el proceso del análisis costo-tiempo de los proyectos de construcción mediante el desarrollo de una herramienta computacional (software RP). (UNIE, 2018).

Según Rosales (2018), al querer reducir la duración de un proyecto, se tienen numerosas posibles combinaciones que complican el proceso si se desarrolla manualmente.

Para solucionar este problema la tesis desarrolló un software, cuyos datos de entrada son un listado de actividades con sus respectivos tiempos, costos y sus relaciones de precedencia. Con lo cual genera un modelo matemático para hallar los tiempos “As soon as possible” (Tan pronto como sean posible) ASAP. Luego realiza un modelo gráfico basado en el modelo de redes (CPM) cuya actividad está en los nodos y los nodos son bloques (red de precedencia mejorada o red orientada a los nodos), lo que permite visualizar las actividades con sus respectivos tiempos.

Sin embargo, hay procesos constructivos que se presentan frecuentemente en el programa de una obra que son grupos de actividades traslapadas de una misma unidad estructural, por ejemplo, la sincronización entre el acero-encofrado-concreto de columnas o losas en el casco de

una edificación. En estos casos el comportamiento del software para afrontar la compresión del proceso es discutible y se plantea un procedimiento alternativo en este trabajo de investigación.

En lo que respecta a la sectorización y frentes de trabajo son conceptos muy poco estudiados académicamente. En varias tesis dedicadas a desarrollar el Lean Construction los conceptos de sectorización y frentes de trabajo son mencionados tangencialmente sin llegar a ser desarrollados, se considera que son conceptos eminentemente prácticos que deben ser resueltos por la experiencia del personal técnico a cargo de la obra.

La investigación que mejor trata la sectorización es “Aplicación de sectorización para una mejora de la rentabilidad en la obra zona minorista Unicachi, en Comas, Año 2019 de Omar Anaya Ayala y Miguel Inga Bereche, Universidad Ricardo Palma. Dicha investigación considera a la sectorización como una herramienta Lean y al unirla a la programación en trenes de trabajo obtuvo resultados según los cuales utilizando dichas herramientas se pudo tener un ahorro del 6.56% del presupuesto total. Además, se tuvo una mejor productividad en la mano de obra, con lo cual se observó una disminución de la duración de la obra de 151 a 77 días.(Anaya y Inga, 2019)

En la tesis anterior como en otras en las que se ha tratado de analizar las variables sectorización y frentes de trabajo, se han hecho siempre asociadas a alguno de los métodos heurísticos anteriores como el ritmo constante y tren de actividades y no a proyectos convencionales arrítmicos que son los que más tenemos en el sector inmobiliario de edificaciones de poca altura en el país y que constituyen el principal foco de atención del presente trabajo.

Cáceres (2017) en su investigación realiza una comparación de los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería estructural como se puede observar en la Tabla 2

Tabla 2.

Análisis comparativo de los costos de los sistemas MDL y Albañilería confinada.

	Albañilería (S/.)	MDL (S/.)	% Comparativo
Estructuras	304,605.63	296,468.45	2.74
Arquitectura	159,909.94	110,906.96	44.18
Costo directo	464,515.57	407,375.41	14.03

Nota: Cáceres Cáceres, A.E. & Enriquez Ranilla, L.A. (2017),

Análisis de costos, diseño sismorresistente- estructural comparativo entre los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería estructural de un edificio multifamiliar, Universidad Nacional de San Agustín.)

Según Cáceres (2017) la diferencia de costos entre ambos sistemas del 2.74% en estructuras se puede deber entre otros factores, al detalle que no es lo mismo encofrar columnas de confinamiento que encofrar a un muro completo como es el caso de los muros de ductilidad limitada. Señala también que la gran diferencia que se puede apreciar en el caso de arquitectura del 44.18% es debido a que en muros de albañilería confinada la cantidad de tarrajeo es mucho mayor que en el caso de la ductilidad limitada ya que en este último solo se considera el solaqueo.

En el caso de los costos directos, Cáceres (2017) aclara que la variación existente del 14.03% entre ambos sistemas se debe principalmente a los rendimientos. En el caso de muros de ductilidad limitada los rendimientos son mayores que los rendimientos en albañilería confinada, por lo que los costos de mano de obra son menores y el tiempo de ejecución del proyecto utilizando este sistema es menor.

Además, Cáceres (2017) hace hincapié en que la mayor cantidad de acero que entra en los muros de ductilidad limitada con respecto al sistema de albañilería confinada, es lo que aumenta el costo. Para comprobar esto, calcula también la cantidad de concreto empleado y concluye que

la cantidad de acero y concreto en muros de ductilidad limitada es mucho mayor que en el caso de albañilería confinada.

Por estos motivos es que finalmente Cáceres (2017) señala: “Se concluye que básicamente en estos dos sistemas constructivos la diferencia es la mano de obra” (p.128). Con esto se entiende que el rendimiento es pieza clave en la diferencia entre ambos sistemas y se ve reflejado en el costo de la mano de obra del proyecto.

Por su parte, Delgado (2020) realiza también un análisis comparativo del costo y tiempo de construcción entre la albañilería confinada y el sistema de muros de ductilidad limitada. El desgregado de costos se puede ver en la Tabla 3.

Tabla 3.

Análisis comparativo de los costos de los sistemas MDL y albañilería confinada.

Concepto	Alb. Confinada (S/.)	M.D.L (S/.)
Mano de obra	210,551.39	162,563.34
Materiales	299,882.18	228,157.66
Equipos	35,416.89	148,609.85
Otros	6,859.72	8,793.50
Total	552,710.18	548,124.53

Nota: Delgado (2020), Análisis comparativo del costo y tiempo de construcción entre el sistema de albañilería confinada y el sistema de muros de ductilidad limitada aplicados a un edificio multifamiliar, Universidad Nacional de San Agustín.)

Delgado (2020) menciona que la gran diferencia existente en el concepto de equipos es debido a que se consideró en el caso de Muros de Ductilidad Limitada encofrados metálicos modulares, con acabado caravista, los cuales se obtuvieron mediante alquiler. Asimismo, en el

caso de mano de obra se puede apreciar la notoria diferencia en el costo que asciende a S/. 47,987.85. Esto puede corroborar lo descrito en la investigación anterior que debido al rendimiento en Muros de Ductilidad Limitada se puede reducir los costos de mano de obra.

Por otro parte, Ñaca (2017) en su investigación compara los costos de los sistemas estructurales aporticado dual y albañilería confinada de un edificio de apartamentos en la ciudad de Puno como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4.

Análisis comparativo de los costos de los sistemas albañilería confinada y aporticado dual.

	Costo (S/.)	Diferencia (S/.)
Alb. Confinada	662,131.94	
		394,930.48
Aporticado dual	1,057,062.42	

Nota: Ñaca (2017), Análisis comparativo de costos para los sistemas estructurales aporticado dual y albañilería confinada de un edificio de departamentos en la ciudad de Puno, Universidad Nacional del Altiplano.)

Ñaca (2017) señala: “Se recomienda que es mejor invertir en el sistema de albañilería confinada para el proyecto planeado puesto que existe un ahorro del 59.6 % sobre el sistema Aporticado dual en el presupuesto de estructuras” (p.301)

En el caso de caso de Calsina y Mamani (2021) se realizó un estudio en la ciudad de Tacna de una edificación multifamiliar de 5 pisos de dos departamentos por piso con un total de área techada de 542.6 m² en la que se comparó el sistema de muros ductilidad limitada y Aporticado.

Tabla 5.

Análisis comparativo de los costos de los sistemas MDL y aporticado.

	Costo (S/.)	Diferencia (S/.)
Ductilidad Limitada	186,239.22	
		17,273.32
Aporticado	203,512.54	

Nota: Calsina. & Mamani. (2021), Análisis comparativo estructural entre una vivienda multifamiliar bajo el sistema de muros de ductilidad limitada y aporticado en Tacna, Universidad Privada de Tacna.)

Dicho trabajo de investigación concluyó que el sistema de muros de ductilidad limitada resulta más económico con respecto al aporticado en un 8.49%. La mayor incidencia del costo en el sistema de ductilidad son los muros estructurales (46.05% del presupuesto) que tienen un gran metrado de encofrados. Sin embargo, al ser encofrados metálicos caravista no generan gastos adicionales de tarrajeo que en su defecto el sistema aporticado si requiere.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Tipo y Nivel de la Investigación

La investigación por su tipo es de carácter aplicado debido a que se utilizarán conocimientos de la gestión de proyectos en el proceso de formalización analítica de las variables en estudio.

De acuerdo al alcance, la investigación reúne las características de un estudio correlacional al analizar la relación entre la variable independiente constructabilidad y la variable dependiente sistema estructural. Además, el instrumento de medición de la presente investigación es el método llamado: análisis costo – tiempo de un proyecto, el cual analizará las variables en base a la interrelación entre el costo y tiempo del proyecto

Por otro lado, este trabajo constituye una investigación cuantitativa que usara el método hipotético-deductivo. Además, será una investigación no probabilística.

Este trabajo de investigación pretende ser un Estudio de Caso que según Yin (1994) es un método de investigación que se enfoca en el análisis de un caso específico que viene a ser el sujeto a investigar, por lo tanto, la muestra es reducida.

3.2. Poblacion y muestra.

La muestra en análisis para este trabajo es un proyecto consistente en un edificio de 5 niveles, del cual se obtienen sus presupuestos, programas, costos, etc. La población abarca todas las edificaciones de mediana altura en la ciudad de Arequipa.

Se adjunta la matriz de consistencia de la variable constructabilidad, la que se va a estudiar en base a las siguientes sub variables, que en este trabajo son los factores operacionales de la construcción, como son: tipo de programación (rítmico y no rítmico), sistema constructivo de losas

(convencional y no convencional), procesos constructivos alternativos(de encofrados, concreto, acero, tarrajes), intensificación de recursos (número de cuadrillas unitarias por partida) y sectorización (numero de sectores modulados : 1, 2 o 4 según sea todo el proyecto, 2 pabelloneso 4 departamentos).

Asimismo se adjunta la matriz de consistencia de la variable dependiente: sistema estructural, la que se va a estudiar en base a las siguientes subvariables: sistemas aporticado, albañilería confinada y los muros de ductilidad limitada.

En base a las curvas costo-tiempo de toda la obra, se obtendrán y compararán los programas y presupuestos de cada simulación que se forma al combinar las diversas subvariables de la constructabilidad para los tres sistemas estructurales.

3.3. Operacionalización de variables

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES O SUBVARIABLES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	DE ITEMS	INSTRUMENTO
Optima utilización de los conocimientos operacionales y experiencia de la construcción en la gestión del proyecto	Análisis costo-tiempo de cada unidad estructural de la obra considerando las combinaciones de las dimensiones	Sistemas constructivos de losas Procesos constructivos del casco gris. Tipos de programación. Sectorización de la obra	Tradicional Convencional No convencional Normalizados Alternativas del mercado Rítmicos Arrítmicos. Por departamento. Por pabellón Por toda la obra Numero de cuadrillas unitarias	Coordenadas en (soles, días) para cada combinación de las dimensiones por unidad estructural (incluye todas las partidas para ejecutar en un unidad estructural).	Curvas costo tiempo de columnas Curvas costo tiempo de losas y vigas Curvas costo tiempo de muros	Curvas costo-tiempo por cada unidad estructural
		Intensificación de mano de obra, encofrados				Curvas costo tiempo de tarrajes

3.3.1. Matriz de la Variable Dependiente Sistema Estructural

DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES O SUB VARIABLES	INDICADORES	UNIDAD MEDIDA	DE ITEMS	INSTRUMENTO
Evaluación costo total-tiempo para cada uno de los sistemas estructurales utilizados en el casco del edificio de vivienda en estudio	Curvas costo total-tiempo para cada uno de los Sistemas estructurales utilizados en el casco del edificio de vivienda en estudio.	Costos totales Del casco diferenciados según su sistema estructural. Tiempos de Ejecución del casco diferenciados según su sistema estructural.	Presupuestos del casco diferenciados según su sistema estructural Programas del casco en diferenciados según el sistema estructural, constructivo, tipo de programación recursos	Coordenada Eje y: Costo directo/ área techada = soles/m ² Coordenada eje x Área techada/tiempo obra = M ² / días.	Eje Curvas costo directo-tiempo optimas Curvas gastos generales-tiempo Curvas costos totales-tiempo optimas Indicadores: costo directo/ área techada vs Área techada/tiempo obra Comparación de los indicadores d ellos diferentes sistemas estructurales.	Método de la curva costo-tiempo de toda la obra

3.4. Instrumentos

En esta investigación, para estudiar la influencia de la constructabilidad, se ha utilizado como instrumento el método conocido como análisis costo-tiempo. Este método, presentado en el marco teórico, pertenece al campo de la Investigación de Operaciones y ha sido estudiado y progresivamente mejorado a partir de 1980 por diversos investigadores entre los que destaca Taha (1983). El artículo que lo resume titula: Administración del costo y el tiempo, propuesta de un algoritmo de optimización discreto-heurístico.

Ubicación del Proyecto

Dirección: Urbanización Peruarbo N°7 Mz. G lote 12 Distrito: Cerro Colorado

Provincia: Arequipa

Departamento: Arequipa

3.5. Procedimientos

El proyecto consiste en una edificación multifamiliar de 5 niveles que cuenta en total con 20 departamentos distribuidos en dos torres simétricas y aisladas las que cuentan con dos departamentos por nivel. Los pisos son típicos y están conformados por los ambientes que se muestran a continuación:

Tabla 6.

Distribución de ambientes del proyecto por departamento.

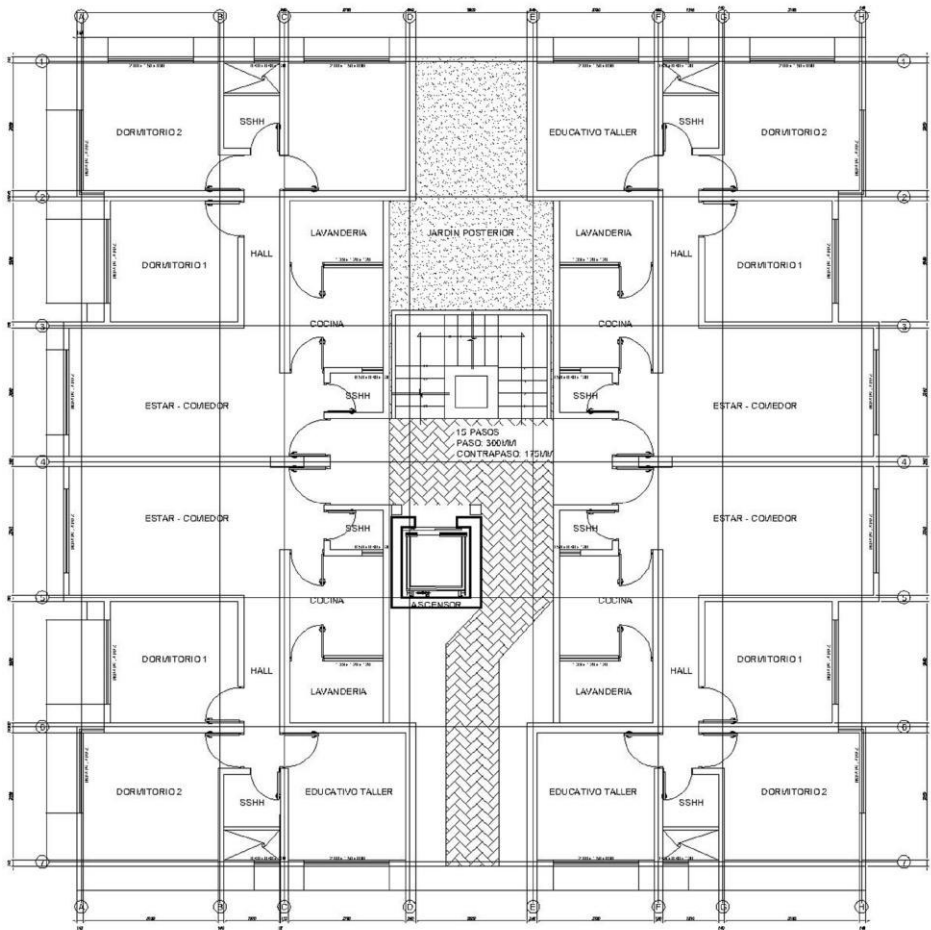
Descripción	Cantidad	Área (m ²)
Dormitorio	2	8.80
Taller educativo	1	8.75
Sala de estar – comedor	1	17.20
Hall	1	4
Cocina	1	5.74
Lavandería	1	3.74
Baño	1 ½	1.31 y 2.80

Nota: Elaboración Propia.

Cada departamento considera un área de 68.80 m², los departamentos se encuentran en simetría considerando sus ingresos mediante un pasillo principal que termina en las escaleras del edificio. Además, el proyecto incluye ascensor ubicado al frente de las escaleras principales y jardín posterior ubicado en el medio de los departamentos. En el anexo 1 se encuentran los planos de arquitectura, estructuras e instalaciones del proyecto. El plano en planta del proyecto es:

Figura 8.

Plano en planta del proyecto.



Nota: Delgado (2020), Análisis comparativo del costo y tiempo de construcción entre el sistema de albañilería confinada y el sistema de muros de ductilidad limitada aplicados a un edificio multifamiliar, Universidad Nacional de San Agustín.)

3.6. Análisis de los datos

Sectorización

La sectorización es un concepto eminentemente práctico que forma parte del planeamiento de obra, por el cual se divide las áreas de encofrados y vaciados de concreto en partes lo más parecidas posibles en metrados, con la finalidad de tener sectores más manejables en obra, para optimizar la productividad y los flujos de recursos, considerando que se pueden controlar mejores sectores reducidos que toda la obra en su conjunto.

El planeamiento estratégico para la ejecución del proyecto considera estudiar tres alternativas de sectorización en planta:

Sector único para todo el proyecto, lo que implica que tendremos por piso una sola unidad de ejecución que abarca por lo tanto los cuatro departamentos.

Figura 9.

Sectorización del proyecto en sector único ABCD

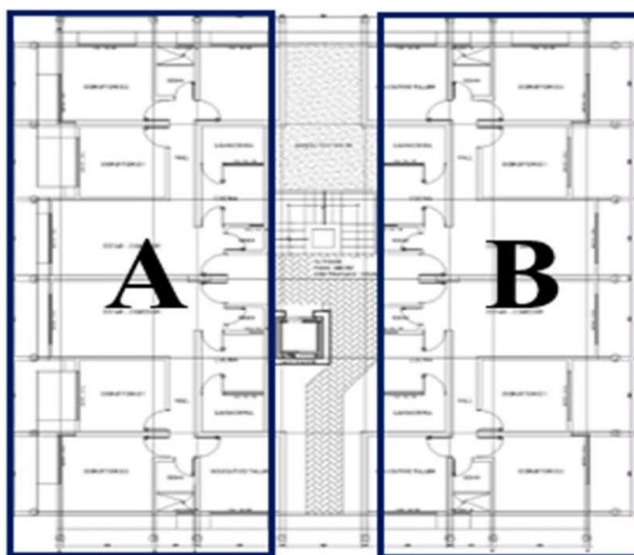


Nota: Elaboración propia.)

Dos sectores, lo que implica en este caso considerar a cada pabellón como un sector, aprovechando la separación física de ambos pabellones y por lo tanto no se generaran juntas de construcción entre ellos.

Figura 10.

Sectorización del proyecto en dos bloques A – B.



Nota: Elaboración propia.

Cuatro sectores, lo que implica considerar a cada departamento como un sector. En este caso se forman juntas frías entre los departamentos contiguos.

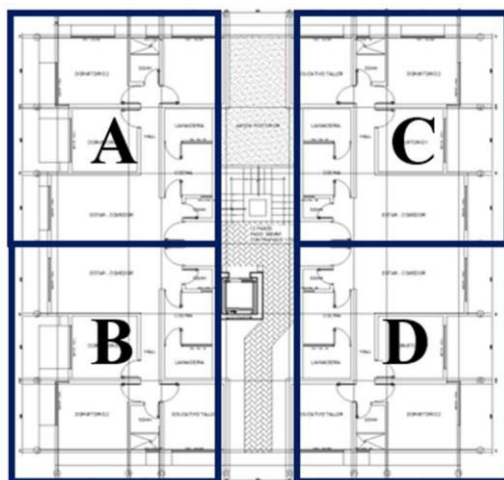
Para aprovechar la simetría del proyecto se optimiza la división en las dos últimas sectorizaciones.

Es oportuno mencionar que el módulo de escaleras no forma parte de ningún sector, considerando que lo que se busca es tener sectores iguales para poder programar la obra en trenes de trabajo y así optimizar los tiempos y costos del proyecto. Ello no significa que se deje de lado a las escaleras, sino que se programaran considerándolas como un solo sector por piso, con diferentes

características y metrados que los demás sectores que se repiten. A este sector se acoplarán las obras exteriores del proyecto.

Figura 11.

Sectorización del proyecto en 4 bloques.



Nota: Elaboración propia.

En un mismo proyecto la sectorización de las diferentes unidades estructurales no necesariamente coinciden, así en este caso se puede tener una sectorización para el techo y otra diferente para las columnas.

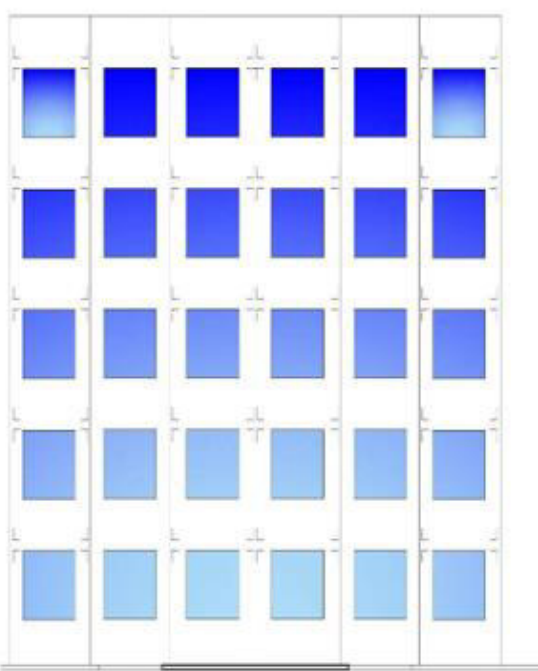
Toda sectorización debe buscar darle a cada sector los mismos metrados o muy parecidos, es por ello que todos aquellos proyectos como este que tienen ejes de simetría son proyectos idóneos para lograr una óptima sectorización.

La codificación de los sectores en planta y elevación para el proyecto son los siguientes:

Figura 12.

Codificación de la sectorización para pisos

pto.	Sector	Codificación
01	Piso 1 sector A	1A
02	Piso 1 sector B	1B
03	Piso 1 sector C	1C
04	Piso 1 sector D	1D
01	Piso 2 sector A	2A
02	Piso 2 sector B	2B
03	Piso 2 sector C	2C
04	Piso 2 sector D	2D
01	Piso 3 sector A	3A
02	Piso 3 sector B	3B
	Piso 3	3C



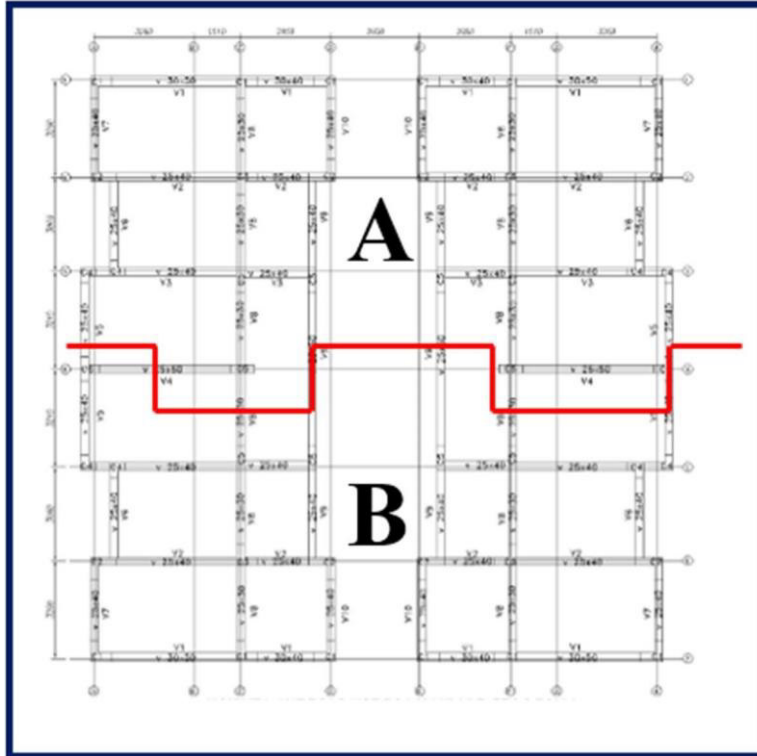
Nota: Elaboración propia.

Sectorización de losa y vigas

El sendero de esta sectorización no va exactamente por el eje de simetría porque si así fuera no se respetarían las normas técnicas. Se está considerando una sectorización como la indicada en la figura 13 principalmente para que el concreto conserve su resistencia, por ello los límites entre los sectores se encuentran al tercio de los paños, de modo de que si se generan juntas se cumpla con el Reglamento Nacional de Edificaciones (2009) que en su artículo 6.4.4 especifica que las juntas de construcción deberán estar ubicadas en el tercio central de la luz de losas y vigas.

Figura 13.

Sectorización de losa y vigas.



Nota: Elaboración propia.

Sectorización de columnas

En el caso de columnas el sendero de separación de los dos sectores por pabellón se forma simplemente buscando equilibrar en metrados a dichos sectores, al no haber razones técnicas que definan la separación, salvo en la cimentación del sistema Aporticado en el que el corte va por el tercio de las vigas de cimentación.

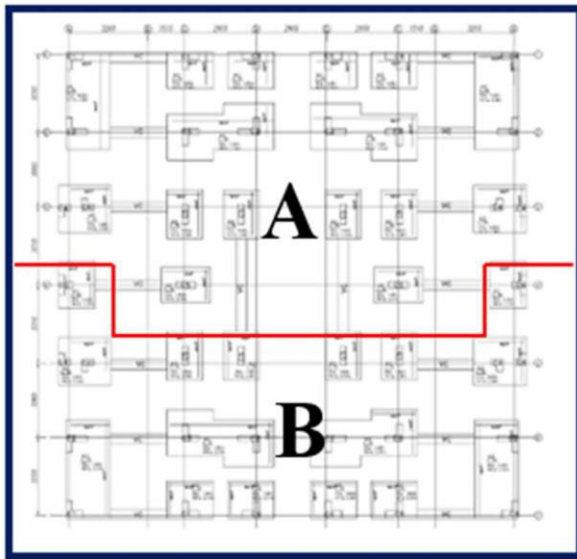
Es oportuno mencionar que la separación del módulo de escaleras de los dos pabellones ya constituye por sí misma un primer criterio de constructabilidad propuesto en este trabajo. Es decir, en la búsqueda de tener cuatro sectores simétricos que permitan plantear en el desarrollo de este trabajo estrategias de programación optimizadas en costos y tiempos, se plantea como solución arquitectónica y estructural un módulo de escaleras

independiente de los pabellones contiguos. Por lo tanto, los cálculos estructurales y planos de este proyecto ya consideran esta distribución por constructabilidad.

Un segundo criterio de constructabilidad con el que se inicia este trabajo es condicionar el desarrollo del proyecto arquitectónico a una modulación del tamaño de los ambientes que permita maximizar producciones de las diferentes partidas y así optimizar los costos y tiempos del proyecto. En este trabajo se logró ello en un sentido, como se puede apreciar en los planos del anexo 1, donde para cualquiera de los sistemas estructurales se tiene 3 metros entre ejes.

Figura 14.

Sectorización de columnas.



Nota: Elaboración propia.

Intensificación de los Recursos (crashing)

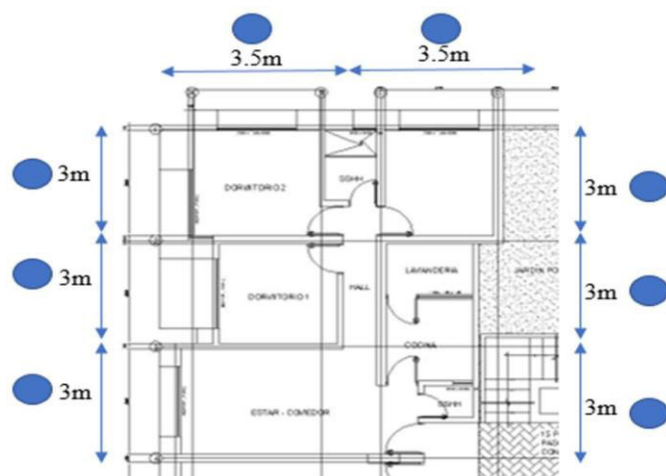
Este término también es conocido como factor de multiplicidad (fm) y se refiere al número de cuadrillas unitarias de las partidas de la obra principalmente de aquellas actividades que en este proyecto de edificación marcan el ritmo de avance, es decir, las cuadrillas de carpinteros, fierros y albañiles que han de ejecutar el casco gris de la obra.

En proyectos en los cuales se tiene definido un plazo de obra, los factores de multiplicidad mínimos se definen de tal suerte que arrojen para las diversas actividades duraciones que a su vez insertadas en el programa se subordinen a dicho plazo de obra. En el caso en estudio de la presente investigación que es un proyecto de inversión privada, el inversionista define el plazo de obra en función a optimizar la rentabilidad del proyecto y ello significa no extender la duración de la obra innecesariamente por los incrementos progresivos de los gastos generales. Los factores de multiplicidad mínimos podrían llevar a que la duraciones de las partidas en estudio sean muy prolongadas y por lo tanto el proyecto se extienda.

Por otro lado, los factores de multiplicidad máximos son definidos después de un estudio ergonómico de la disponibilidad de espacios en cada partida, se muestra como ejemplo el caso de la actividad tarrajeo de muros exteriores, el factor de multiplicidad máximo para un departamento es de 8. Como se aprecia en el gráfico adjunto, en el que se nota que las tres frenteras que tiene cada departamento pueden ser ejecutadas simultáneamente con una distribución de los albañiles como la indicada, según la cual cada uno de ellos en su condición de recurso dominante de la actividad avanza diariamente el tarrajeo y sus derrames en un área de influencia de 3.00m x 2.60m.

Figura 15.

Ubicación de albañiles para el tarrajeo de un departamento típico.



Nota: Elaboración propia.

Se presenta en la figura 16 una hoja de programación típica, se ha escogido como ejemplo el sistema apoticado sin ritmo. En el anexo 4 se adjuntan a los programas las demás hojas de programación. En ellas se definen los metrados por sector y las cuadrillas unitarias con sus correspondientes producciones. A partir de esos valores se calculan los tiempos unitarios de cada actividad que vienen a ser los tiempos que demorarían la ejecución de cada actividad si se trabajara con una sola cuadrilla unitaria. Luego se dividen estos tiempos entre los factores de multiplicidad para finalmente obtener la duración de cada actividad.

Figura 16.

Estudio de los factores de multiplicidad en la intensificación de recursos.

Código	Nombre Actividad	CUADRILLA UNITARIA							Metrado	Cantidad	Unidad	Pu	Tu	fm	dii	CUADRILLA ASIGNADA									
		Cap	Op	Of	Pv	Mes	Vib	Volq								Cap2	Op2	Of2	Pv2	Mes2	Vib2	Volq2			
	OBRAS DE CONCRETO ARMADO																								
1	HABILITACION DE ACERO DE COLUMNAS	0.2	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1662	kg	500	3.32	2.00	1.7	0.40	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	COLOCACION DE ACERO DE COLUMNAS	0.2	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1662	kg	500	3.32	2.00	1.7	0.40	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	ENCOFRADO DE COLUMNAS	0.1	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68	m2	10	6.75	4.00	1.7	0.40	4.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	CONCRETO 210 COLUMNAS	0.2	3.0	1.0	10.0	1.0	2.0	0.0	7	m3	11.25	0.61	0.30	2.0	0.06	0.91	0.30	3.03	0.30	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	DESENCOFRADO DE COLUMNAS	0.1	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	68	m3	36.0	1.89	4.00	0.5	0.40	0.00	4.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSA	0.1	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	87	m2	12.0	7.25	4.00	1.8	0.40	4.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	HABILITACION DE ACERO DE VIGAS Y LOSA	0.2	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1213	kg	400.0	3.03	2.02	1.5	0.40	2.02	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	COLOCACION DE ACERO DE VIGAS Y LOSA	0.2	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1213	kg	400.0	3.03	2.02	1.5	0.40	2.02	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	COLOCACION DE LADRILLO HUECO 0.3X0.3X.12	0.2	0.0	1.0	4.0	0.0	0.0	0.0	485	uod	520.0	0.93	0.47	2.0	0.09	0.00	0.47	1.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	CONCRETO Premezclado 210 LOSA	0.2	3.0	1.0	10.0	1.0	2.0	0.0	9	m3	13.5	0.67	0.33	2.0	0.07	1.00	0.33	3.33	0.33	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	DESENCOFRADO DE LOSA Y VIGA	0.1	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	87	m2	40.0	2.18	1.09	2.0	0.11	0.00	1.09	1.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	CURADO DE LOSA	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	259					4.0											
12	APUNTALAMIENTO DE ENCOFRADOS DE TECHO													6.0											
13	MURO SOGA	0.2	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	51	m2	9.0	5.65	2.82	2.0	0.56	2.82	0.00	1.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14	MURO CABEZA	0.2	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	27	m2	6.0	4.53	2.27	2.0	0.45	2.27	0.00	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15	HABILITADO Y ARMADO DE ACERO COLUMNETAS	0.2	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	256	kg	250.0	1.02	1.02	1.0	0.20	1.02	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO COLUMNETAS	0.1	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	17	m2	9.0	1.92	1.92	1.0	0.19	0.00	1.92	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17	CONCRETO 175 COLUMNETAS	0.2	3.0	1.0	10.0	1.0	2.0	0.0	2	m3	13.5	0.13	0.50	0.3	0.10	1.51	0.50	5.04	0.50	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
18	HABILITADO Y ARMADO DE ACERO VIGAS DE AMARRE	0.2	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43	kg	250.0	0.17	0.35	0.5	0.07	0.35	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE AMARRE	0.1	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	2	m2	11.0	0.22	0.44	0.5	0.04	0.00	0.44	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
20	CONCRETO 175 VIGAS DE AMARRE	0.2	3.0	1.0	10.0	1.0	2.0	0.0	1	m3	13.5	0.09	0.18	0.5	0.04	0.53	0.18	1.78	0.18	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	
21	INSTALACIONES ELECTRICAS													1.0											
22	INSTALACIONES SANITARIAS													1.0											
	REVOQUES Y MOLDURAS																								
23	TARRAJEO CIELO RASO	0.2	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	58	m2	7.5	7.73	6.00	1.3	1.20	6.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
24	VESTIDURA DE DERRAMES	0.2	1.0	0.0	1.02	0.02	0.03	0.04	63	m2	12.0	5.25	6.00	0.9	1.20	6.002	0.00	6.12	0.18	0.24	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
25	TARRAJEO DE VIGAS INC. ARISTAS	0.2	1.0	0.0	0.3	0.0	1.0	0.0	22	m	12.0	1.82	6.00	0.3	1.20	6.00	0.00	1.50	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	TARRAJEO DE COLUMNAS	0.2	1.0	0.0	0.3	0.0	1.0	0.0	34	m	12.0	2.84	6.00	0.5	1.20	6.00	0.00	1.50	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	TARRAJEO MUROS INTERIORES	0.2	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	150	m2	12.9	11.66	6.00	1.9	1.20	6.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	FALSO PISO CONCRETO SIMPLE	0.2	2.5	1.0	4.0	1.0	0.0	0.0	12	m2	32.0	0.38	0.19	2.0	0.04	0.47	0.19	0.75	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
29	TARRAJEO MUROS EXTERIORES	0.2	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	63	m2	9.8	6.47	8.00	0.8	1.60	8.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: Elaboración propia.

Es oportuno mencionar que dentro de la intensificación de recursos (crashing) se considera el estudio de la duración de la obra en función al empleo de horas extras y el trabajo los días domingos y feriados. Estas alternativas no están siendo analizadas toda vez que resultan evidentemente más costosas al considerar un incremento del costo hora hombre de un sesenta por ciento en las dos primeras horas y de un cien por ciento a partir de la onceava hora y para los domingos y feriados. Es decir, se están descartando como alternativas en la etapa de planificación y sin embargo resultan posibilidades a utilizar en las programaciones a corto plazo semanales que forman parte de otro trabajo de investigación.

Traslape de Actividades (fast tracking)

La alternativa de ejecución por la cual las actividades del casco del proyecto en estudio se ejecutan en serie es decir una después de otra, como se ve en el esquema adjunto, conduce a extensión excesiva de la duración de la obra.

Figura 17.

Ejecución de actividades en serie.



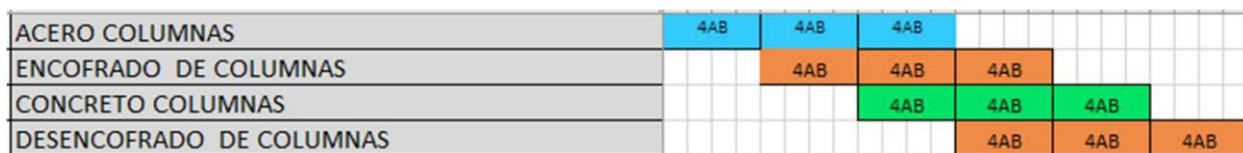
Nota: Elaboración propia.

Por lo tanto, el traslape de las actividades constituye una estrategia a utilizar en todos los alcances de los programas de este trabajo en el afán de reducir la duración de la obra, como ya lo ha recomendado el PMBOOK en sus diferentes versiones.

La secuencia de ejecución de esta obra de edificación tiene como estructura principal repetitiva a los elementos estructurales de columnas y techos que en sus esquemas de programación típicos presentan traslape de actividades. Para el caso de columnas es:

Figura 18.

Actividades de columnas con traslape.

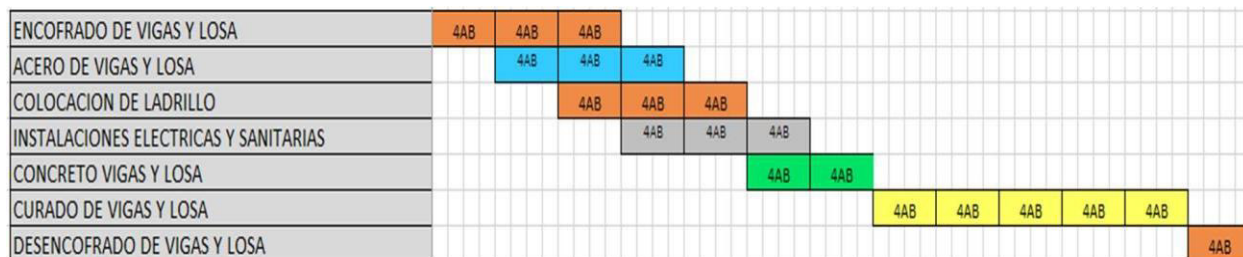


Nota: Elaboración propia.

Par el caso de losa y vigas es:

Figura 19.

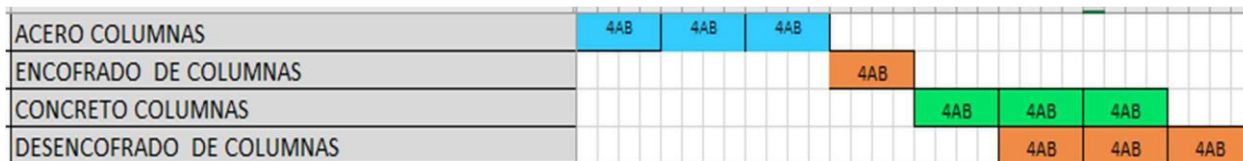
Actividades de losa y vigas con traslape.



Nota: Elaboración propia.

Se puede notar que el traslape se da en la mayor cantidad de actividades posibles, pero no en todas, es decir hay casos en los que el proceso constructivo exige un planteamiento seriado como por ejemplo que el fraguado de la losa sea una actividad seriada y sucesora del vaciado del techo.

En el afán permanente de reducir la duración del proyecto se ha analizado para las columnas que pasaría con el posicionamiento de las actividades dentro del fast tracking cuando se simula la reducción de la duración solo de una de las actividades de columnas

Figura 20.*Encofrado columnas con traslape*

Nota: Elaboración propia.

Se plantea reducir la duración de encofrado columnas de tres días a un día y se puede ver comparando las figuras 18 y 20, que la duración del diagrama de barras Gantt en vez de reducirse se ha incrementado de 06 a 08 días. Lo que ha sucedido es que al reducirse a un día, el encofrado constructivamente se tiene que hacer después del acero, por lo tanto será sucesora de acero. Todo ello no sucedía inicialmente cuando había traslapes como se puede apreciar en la figura 18.

En otro caso, esta vez analizando el proceso del techo se ha reducido la duración de acero de vigas y losa e instalaciones y ello no ha llevado a reducción de la duración de la obra.

Figura 21.*Acero losa y viga con traslape.*

Nota: Elaboración propia.

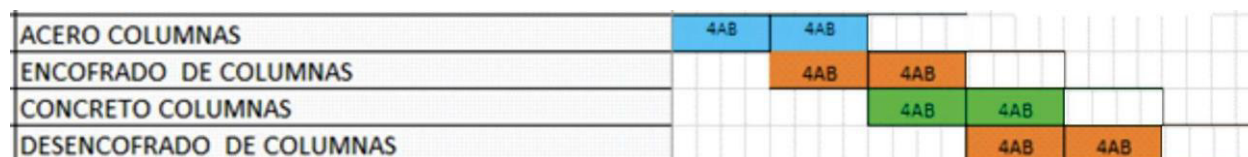
En los dos casos anteriores la duración del proyecto no se ha reducido debido a que el proceso constructivo condiciona un desfase de término de un día entre las actividades.

La reducción de la duración de una actividad dentro de un fast tracking no aporta a la reducción de la duración de la obra y en algunos casos contradictoriamente hasta la puede alargar.

Para conseguir realmente la reducción de la duración del proyecto se tiene que reducir proporcionalmente todas las actividades traslapadas que conforman esa unidad estructural.

Figura 22.

Actividades de columnas con duraciones reducidas proporcionalmente.



Nota: Elaboración propia.

Por lo tanto, en el caso de columnas, si es que incrementamos el factor de multiplicidad de carpinteros debemos incrementar el factor de multiplicidad de fierros y albañiles o buscar alternativas del proceso constructivo más rápidas que conduzcan a reducir proporcionalmente de 3 días a 2 días todas las actividades como se muestra en figura 22.

Finalmente podemos concluir que la mejor manera de valorar el uso del fast tracking para reducir un proyecto se da cuando se hace una evaluación comparativa de manera integral (concreto+ encofrado + acero) entre alternativas y no de manera aislada.

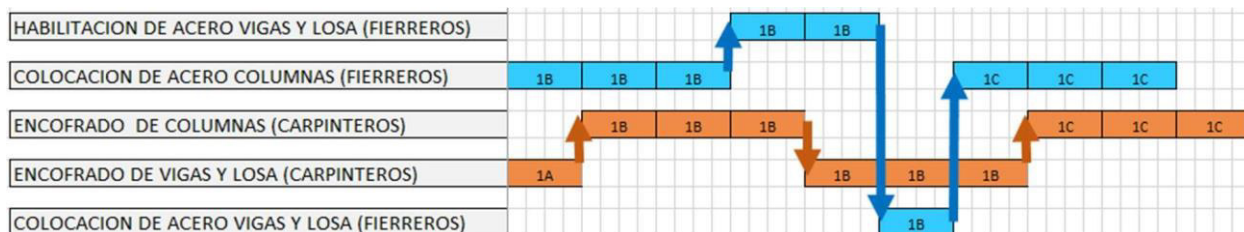
Tipos de Programación

Se pretende analizar dos estrategias de programación y luego aplicarlas a nuestro caso en estudio. Estas son la programación convencional aritmética y la programación con ritmo constante. En ambos casos se van a generar trenes de actividades que optimicen el uso de recursos.

En los programas aritméticos, se busca establecer el mismo factor de multiplicidad para los carpinteros que ejecutan encofrado de columnas (1A) y que luego se desplazan a ejecutar encofrado de techos(1A), para después volver a ejecutar encofrado de columnas(1B) del siguiente departamento y así sucesivamente, como se ilustra en la figura 23. Semejante criterio se emplea con los fierros y albañiles.

Figura 23.

Programa arrítmico.

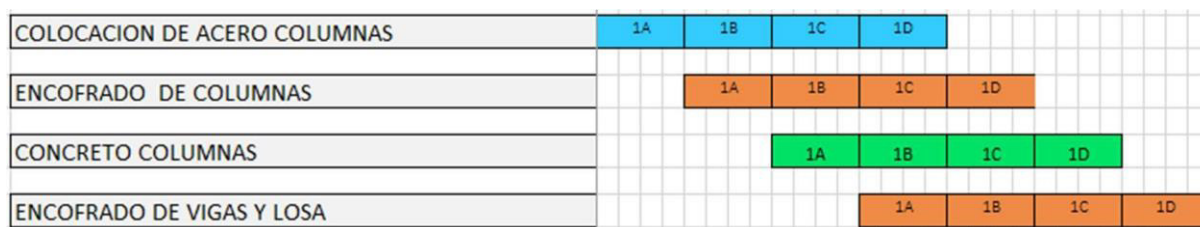


Nota: Elaboración propia.

En los programas rítmicos, se plantea que los carpinteros que encofran columnas (1A) pasen a encofrar columnas (1B) y así sucesivamente manteniéndose a lo largo de la ejecución de la obra en la misma partida; por lo tanto, la ejecución de los encofrados techos se hace con otras cuadrillas de carpinteros que se especialicen en solo hacer encofrado de techos, como se ilustra en el esquema. Semejante criterio se emplea con fierros y albañiles.

Figura 24.

Programa rítmico.



Nota: Elaboración propia.

Análisis Costo – Tiempo por Partida

Curva Costo-Tiempo de las Partidas Concreto

Se presenta la curva costo-tiempo para la concreta losa aligerada $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del sistema Aporticado. El metrado a considerar es el de losas más vigas de un piso típico: 37.56 m^3

Tomando como referencia Costos, revista especializada para la construcción (junio-2021).

Los rendimientos y costos unitarios para la partida concreto convencional son: Rendimiento: 25 m³/día Costo unitario: 369.87 Soles/m³

Por lo tanto, la duración del concreto preparado en obra es:

$$\frac{37.56 \text{ m}^3 * 8 \text{ horas/día}}{25 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 12.01 \text{ horas}$$

Y el costo de la partida es: $37.56 \text{ m}^3 * 369.87 \text{ soles/m}^3 = 13892.32 \text{ soles}$

Los rendimientos y costos unitarios para la partida concreto premezclado son: Rendimiento: 60 m³/día Costo unitario: 296.11 soles/m³

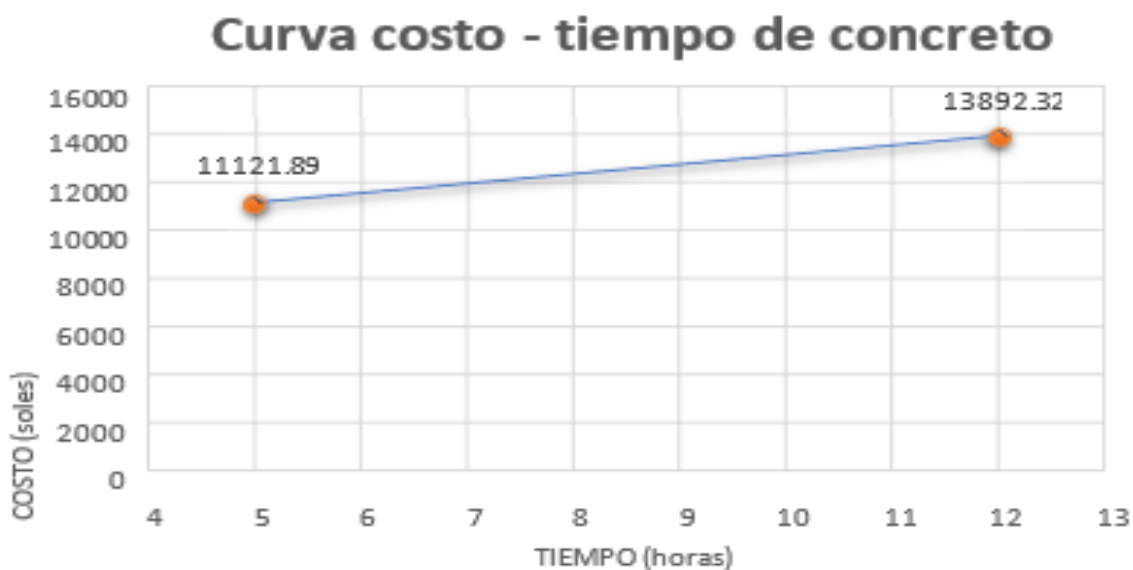
Por lo tanto, la duración del concreto premezclado es:

$$\frac{37.56 \text{ m}^3 * 8 \text{ horas/día}}{60 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 5.00 \text{ horas}$$

Y el costo de la partida es: $37.56 \text{ m}^3 * 296.11 \text{ soles/m}^3 = 11121.89 \text{ soles}$

Figura 25.

Curva costo - tiempo de concreto.



Nota: Elaboración propia.

Al comparar el concreto preparado en obra con el concreto premezclado se puede notar el ahorro en costos que se tiene al usar concreto premezclado. Ello debido a que esta alternativa considera menos del cincuenta por ciento de mano de obra que la considerada en concreto preparada en obra, así en el caso de la partida de losa aligeradas requerimos solo 8 trabajadores para una producción de 60 m³ diarios mientras que en el otro caso necesitamos un total de 18 trabajadores para una producción de solo 25 m³ diarios. Esta tendencia se mantiene en las demás partidas de concreto en las que el premezclado resulta siempre más económico.

Por otro lado, en la figura 25 se nota que también hay un ahorro de tiempo, para el ejemplo mostrado con concreto premezclado se hace el vaceado en 5 horas cuando en el caso de preparado en obra la duración es de 12 horas lo que llevaría a trabajar en sobretiempos para no generar junta de construcción lo que encarece más la ejecución de esta partida, salvo que se haga el vaceado en dos días formándose en este caso una junta de construcción.

Curva Costo-Tiempo de Fraguado de Concreto Losa y Vigas

Se estudia la reducción de los tiempos de fraguado de losa con el objetivo de lograr desencofrar las losas en menor tiempo y con ello a su vez se busca reducir la duración del proyecto, así como optimizar el uso de encofrados al buscar darle mayor cantidad de usos en la obra.

Se propone acelerar el desencofrado de los elementos horizontales del proyecto a un mínimo de 4 días después de su vaceado, para luego poder utilizar los encofrados en un nuevo uso y de esta manera maximizar el empleo de dichos encofrados en la obra además de reducir el tiempo de ejecución de obra en una cantidad que es materia de este trabajo y se estudiara más adelante. El reapuntalamiento de las unidades estructurales resulta obligatorio hasta que dichas unidades completen el desarrollo de sus resistencias.

En ese objetivo se proponen las siguientes dos alternativas:

Empleo de acelerante de fragua

La reducción de tiempos de fraguado se logra principalmente al utilizar acelerantes de fragua de diferentes marcas que se comercializan en el mercado nacional.

En el estudio de Chema mostrado en su ficha técnica, la dosificación recomendada para el acelerante de fragua CHEMA 3 es de 1.2 litros por bolsa de cemento para un empleo del 4% del peso del cemento, con ello se obtienen resistencias mecánicas a 4 días equivalente a 7 días de fraguado.

Considerando la cantidad de bolsas del análisis de precios unitarios y que el costo por 5 gl de acelerante es de S/. 75, se tiene:

Costo del acelerante para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, considerando 9 bolsas de cemento por m^3 de concreto:

$$1.2 \frac{\text{L}}{\text{bols}} \times \frac{9 \text{ bols}}{\text{bols}} \times 3.30 \frac{\text{S/}}{\text{m}^3} = 35.64 \frac{\text{S/}}{\text{L}} \quad \text{m}^3$$

Gasto en acelerante en el vaciado de un techo de un pabellón: $18.8 \text{ m}^3 \times 35.64 \frac{\text{S/}}{\text{L}} = \text{S/}670.00 \text{ m}^3$

El metrado tomado como ejemplo corresponde al vaciado de losa y vigas de un pabellón en el sistema Aporticado. El gasto adicional que se tendría que hacer para reducir el tiempo de fraguado de 7 a 4 días es de 670 soles.

Empleo de concretos de alta resistencia

La propuesta alterna que se plantea ahora es que en lugar de utilizar acelerantes de fragua utilicemos un concreto de mayor resistencia al estipulado en el expediente técnico. Ello por razones técnicas y económicas. El uso de acelerantes de fragua de todas maneras constituye una variación en la composición química del concreto, que si bien es cierto no lo perjudica, en la medida que se pueda evitar su uso reemplazándolo por una alternativa como es la de utilizar un concreto de mayor resistencia que no implica alterar químicamente el concreto sino más bien darle mayor resistencia a la que los proyectistas han considerado.

Por lo tanto, se propone que en lugar de usar concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ indicado en los planos se utilice un concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ como mínimo o mejor aún un concreto $f'c = 315 \text{ kg/cm}^2$, para lo cual se tomara en cuenta los siguientes resultados:

Tabla 7.

Desarrollo de Resistencias con concreto Tipo I

EDAD	LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR	PROMEDIO LIMITES
1	10% FC	40% FC	25% FC
3	30% FC	60% FC	45% FC
7	55% FC	85% FC	70% FC
14	75% FC	105% FC	90% FC
28	95% FC	125% FC	110% FC

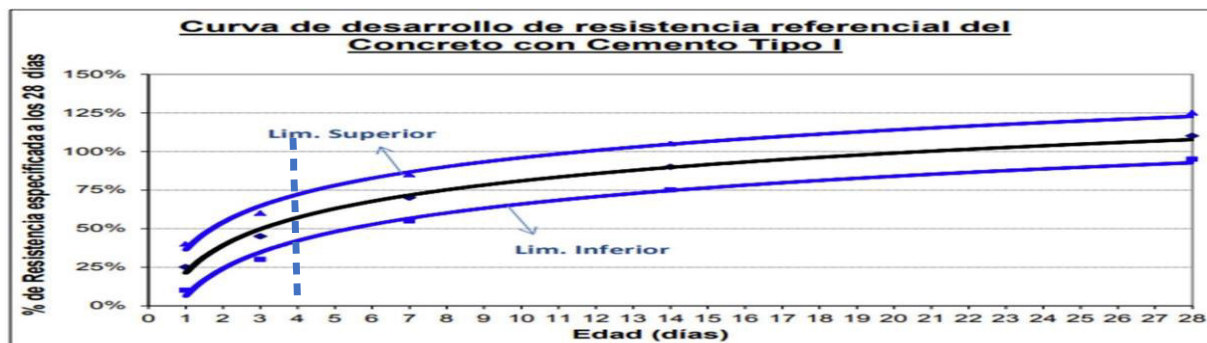
Nota: Dávila & Fabián (2013),

Estudio experimental de la influencia del tiempo de desencofrado en el comportamiento de los elementos estructurales en edificios de ductilidad limitada

Para los 4 días en los que se pretende desencofrar la losa, el límite inferior es el 40% $f'c$ y el límite superior es 70% $f'c$ y el promedio es 55% $f'c$, valores que se han interpolado en la figura 26.

Figura 26.

Limites de resistencia a un tiempo de fraguado de 04 días en base a la curva de desarrollo de resistencia de concreto.



Nota: Davila y Fabián (2013)

Estudio experimental de la influencia del tiempo de desencofrado en el comportamiento de los elementos estructurales en edificios de ductilidad limitada (Tesis para optar el título de ingeniero civil), Pontificia Universidad Católica del Perú.)

Se presenta en la tabla 8 una evaluación comparativa de costos unitarios de los concretos 210, 280 y 315 para losas y vigas.

Tabla 8.

Evaluación comparativa de costos de concretos

F'c	Costo del concreto- (Costo del concreto- Sep.2021)	Límite inferior a los 4 días	Límite promedio a los 4 días	Límite superior a los 4 días
210 kg/cm ²	240.21 S/./m ³	84 kg/cm ²	116 kg/cm ²	147 kg/cm ²
280 kg/cm ²	262.95 S/./m ³	112 kg/cm ²	154 kg/cm ²	196 kg/cm ²
315 kg/cm²	278.00 S/./m³	126 kg/cm²	174 kg/cm²	221 kg/cm²

Nota: Elaboración propia.

Al analizar la diferencia de costos entre los concretos $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ se obtiene que tendríamos que gastar 22.74 soles por cada m³ si es que utilizáramos el concreto 280 en lugar del 210, este gasto adicional es menor al que se generaría utilizando acelerante de fragua que como vimos anteriormente implicaba un gasto de 35.64 soles por cada m³. Además, en el caso que nos veamos obligados a utilizar un concreto $f'c = 315 \text{ kg/cm}^2$ el gasto adicional con respecto al concreto 210 es de 37.79 soles por cada m³, que representa un valor bastante próximo al acelerante de fragua, con las ventajas técnicas que representaría quedarnos con esta alternativa es decir tener un concreto de mayor resistencia y sin aditivos químicos.

Tabla 9.

Variación del costo de concreto para los 3 sistemas estructurales.

	Metrado de Concreto de vigas y losa.	Variación del concreto 280	Variación del concreto 315	Variación del acelerante defragua
Aporticado		4270.50 Soles	7096.90 Soles	6693.20 Soles
Albañilería	187.8 m³	3183.	5290.	4989.
Confinada Muros	140	60 Soles	60 Soles	60 Soles
de Ductilidad	m³ 211.4	4807.	7988.	7534.
Limitada	m³	20 Soles	80 Soles	30 Soles

Nota: Elaboración propia.

Tomando como ejemplo el vaciado de concreto de un piso de un pabellón con el sistema Aporticado, el gasto adicional sería:

Tabla 10.

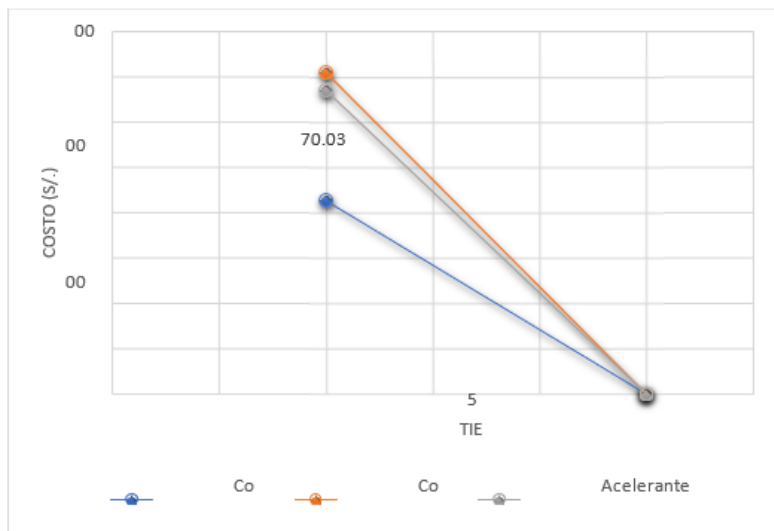
Variación de Costos en Aporticado

	Variación de costos	Metrado	Costo	Tiempo
Ac. de fragua	35.64 S./m ³		670.03 soles	4 días
Concreto 280	22.74 S./m ³	18.8 m ³	427.51 soles	4 días
Concreto 315	37.79 S./m³		710.45 soles	4 días

Nota : Elaboracion propia.

Figura 27.

Curva Costo - Tiempo de fraguado de Losa.



Fuente: Elaboración propia.

Curva Costo-Tiempo de Acero

El análisis costo tiempo de la actividad acero, considera las siguientes dos alternativas: acero dimensionado es decir que el acero ya llega a obra habilitado por la empresa proveedora y se coloca con personal de obra; y acero habilitado y colocado en obra.

Basados en los estudios realizados en diferentes obras por el Ing. Pablo Orihuela y otros para Aceros Arequipa- Motiva S.A. se puede apreciar la variabilidad del rendimiento de las cuadrillas unitarias en función al diámetro del acero habiéndose obtenido para la habilitación del acero un rango de valores entre 250 kg/día (para diámetros menores) a 500 kg/día (para diámetros mayores).

Para cualquiera de los tres sistemas estructurales el costo del acero dimensionado sale menor que el costo del acero habilitado y colocado en obra. El costo específicamente del acero dimensionado según cotización proporcionada por Aceros Arequipa para este proyecto, mostrado en anexo 5 es de 0.36 soles/kg mientras que el costo de la habilitación es mayor es decir supera los

0.4 soles/kg en todos los casos, así por ejemplo para una producción:

1op+1of → 500 kg/día solo en habitación obtenemos:

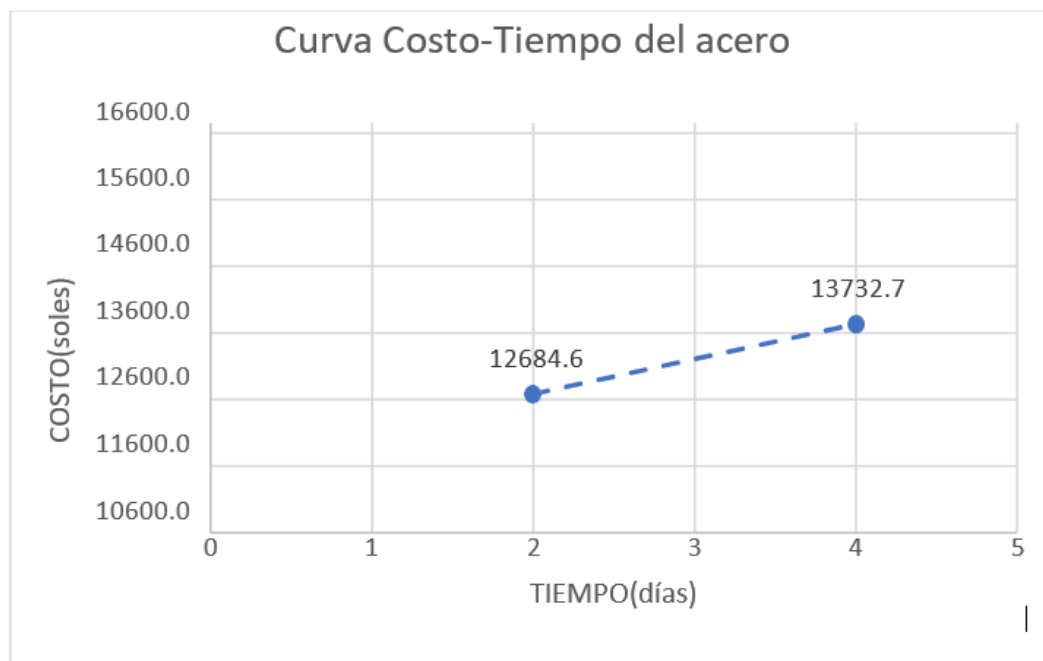
$$\frac{2\text{hombres} \times 8\text{horas}}{\text{soles } 500\text{kg}} \times \frac{20}{\text{horas hombre}} = 0.64\text{soles/kg} \text{ que resulta siendo un valor mayor } 0.36$$

soles/kg, que es el costo del servicio del acero dimensionado. Si la producción de la cuadrillafuera menor, como usualmente lo es, la diferencia se ampliaría a favor del acero dimensionado.

Si tomamos como referencia la actividad muros segundo piso en el sistema Muros de Ductilidad Limitada, para un metrado de 2038 kg, su curva costo tiempo para un pabellón sería:

Figura 28.

Curva Costo-Tiempo del acero.



Nota: Elaboración propia.

Curva Costo-Tiempo de Encofrados

Se presenta la evaluación costo-tiempo de la partida encofrados considerando a los encofrados de madera y metálicos, para estos últimos se ha evaluado las alternativas de alquilarlos y adquirirlos. En el anexo 2 se presentan los costos unitarios para estas tres alternativas.

En la alternativa de compra de encofrados metálicos se ha considerado 150 usos para encofrados de vigas y losa y 400 usos para columnas, en cuanto a las producciones de la mano de obra se han tomado los valores aportados por el fabricante UNISPAN. Para los encofrados de madera se han tomado en cuenta los valores experimentales obtenidos por las tesis de la Universidad Nacional de San Agustín indicadas en la referencia. Para los paneles fenólicos se han tomado 5 usos.

Para el análisis de la curva costo tiempo de encofrados de losas se ha tomado como ejemplo el metrado de un piso con el sistema Aporticado con el que obtiene los siguientes resultados:

Tabla 11.

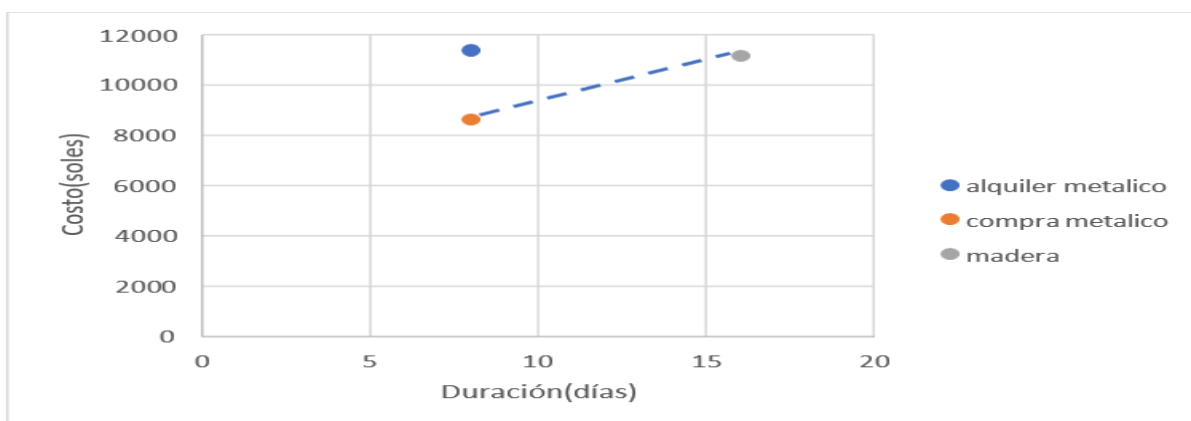
Análisis Costo Tiempo de Encofrado de Losas

Losas					
	duración	Costo unitario	Metrado por piso	por	Costo
Alquiler metálico	8días	S/ 48.86	233 m ²		S/11376
Compra metálico	8días	S/ 37.13	233 m ²		S/8645
Madera	16días	S/ 48.00	233 m²		S/11176

Nota: Elaboración propia.

Figura 29.

Curva costo-tiempo encofrado de losas.



Nota: Elaboración propia.

La curva costo-tiempo refleja la ventaja que se obtiene al comprar los encofrados metálicos toda vez que el costo por metro cuadrado sale menor que alquilándolos. Esta diferencia es importante para los costos directos del proyecto como se puede apreciar en la figura 29.

Curva Costo-Tiempo de Tarrajeos

Se estudia la comparación Costo-Tiempo de los tarrajeos de la obra considerando tres alternativas: tarrajeo tradicional, tarrajeo con mortero preparado y tarrajeo utilizando una revocadora para el pañeteo. Se presentan en el anexo los costos unitarios de tarrajeos de muros interiores, muros exteriores y cielos rasos para dichas alternativas.

Se han tomado como referencias las producciones de campo de la tesis de (Chillon, 2016)

Se presenta como referencia la curva costo-tiempo de la partida de tarrajeo de muros interiores en albañilería confinada.

Tabla 12.

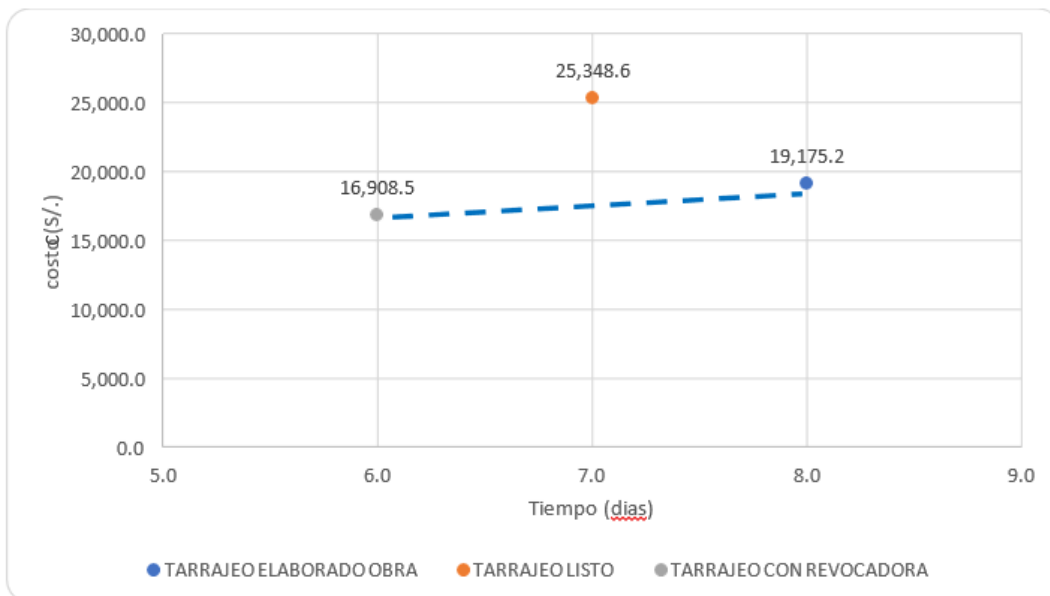
Análisis Costo Tiempo de Encofrado de Losas

ALTERNATIVAS	UND	METRADO	REND.	fm	P. U.	COSTO	TIEMPO
			m3/d		S/.	S/.	días
Tarrajeo elaborado en obra	m2	728.0	12.0	8.0	26.3	19,175.2	8.0
Tarrajeo listo	m2	728.0	14.1	8.0	34.8	25,348.6	7.0
Tarrajeo con revocadora	m2	728.0	17.7	8.0	23.2	16,908.5	6.0

Nota: elaboración propia.

Figura 30.

Curva costo-tiempo de tarrajeos.



Nota: Elaboración propia.

Curva Costo-Tiempo de Losas

Se toma como referencia para la comparación con los sistemas no convencionales, la alternativa constructiva tradicional de losas aligeradas con el uso de encofrados de madera, acero habilitado y colocado en obra y concreto premezclado. En todos los casos se va a incluir los tarrajes de cielo raso a fin de comparar en igualdad de condiciones todas las alternativas, considerando que hay alternativas como la de vigacero que en vez de tarrajeo con mortero cemento-arena tiene enlucido con mortero SSIFEX..

Para todo el análisis se toma como ejemplo el caso de una losa de un piso de todo el proyecto, con metrados correspondientes al sistema aporticado. Con el objetivo de focalizar el estudio solo en la losa, no se considera ninguna partida de las vigas.

Losa aligerada convencional

Tabla 13.

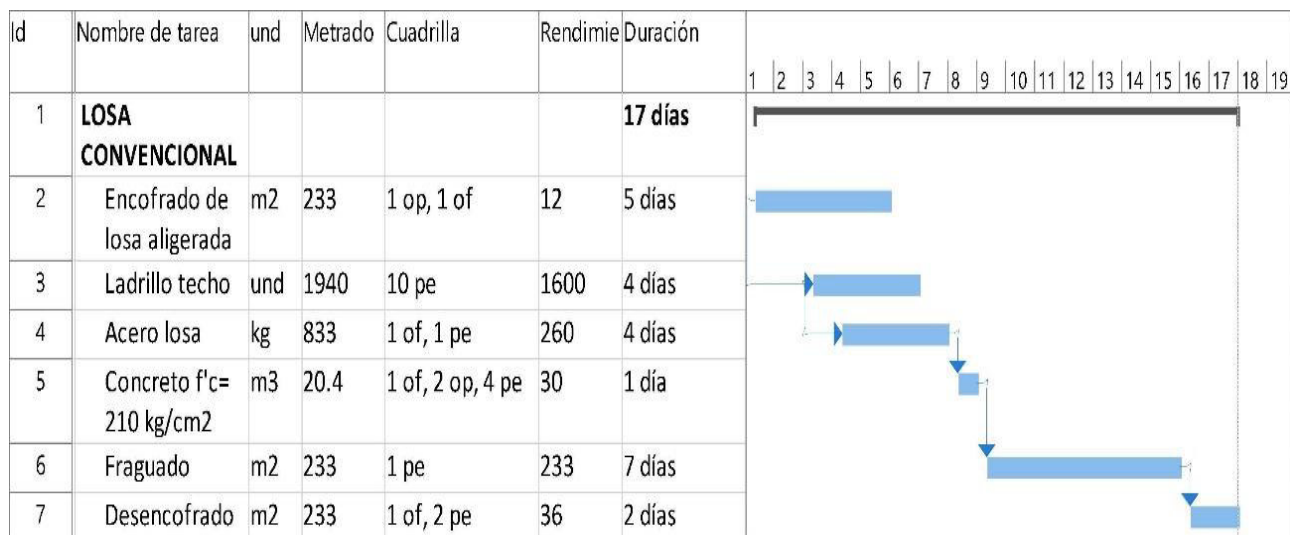
Presupuesto del sistema de losa aligerada convencional.

Descripción	Unidad	Metrado	Costo Unitario	Parcial	Total
ESTRUCTURAS TECHO ALIGERADO					S/31,592.76
Encofrado	m2	233	35.4	8,248.20	
Concreto f'c= 210 kg/cm2	m3	21	296.09	6,217.89	
Ladrillo hueco de arcilla	und	1940	3.08	5,975.20	
Acero corrugado f'y=4200 kg/cm2	kg	1295.48	6.09	7,889.47	
Desencofrado	m2	233	12.6	2,935.80	
Fraguado y curado	m2	233	1.4	326.20	
ARQUITECTURA ENLUCIDOS O TARRAJEOS					S/8847.01
Tarrajeo cielo raso	m2	233	37.97	8847.01	
					S/40,439.77

Nota: Elaboración propia.

Figura 31.

Cronograma de losa aligerada convencional.



Nota: Elaboración propia.

Vigacero

Tabla 14.

Obtención del número de viguetas (Vigacero).

Paño	Distancia entre apoyos (m)	Distancia entre viguetas	Cantidad	Cantidad real	Longitud (ml)	Total (ml)
1	4.52	0.84	5.38	5	3.05	15.25
2	2.69	0.84	3.20	3	3.05	9.15
3	3.88	0.84	4.62	4	3.06	12.24
4	2.06	0.84	2.45	2	3.06	6.12
5	4.84	0.84	5.76	5	3.14	15.7
6	2.07	0.84	2.46	2	3.14	6.28
Total de viguetas por departamento (ml)						64.74

Nota: Elaboración propia.

Tabla 15.

Obtención del número de casetones (Vigacero).

Paño	Distancia entre apoyos (m)	Longitud del casetón (ml)	Cantidad	Cantidad real	Cantidad de espacios	Total (und)
1	2.85	1	2.85	3	5	15
2	2.85	1	2.85	3	3	9
3	2.86	1	2.86	3	4.1	12.3
4	2.86	1	2.86	3	2.5	7.5
5	2.94	1	2.94	3	6	18
6	2.94	1	2.94	3	3	9
Total de casetones por departamento (und)						70.75

Nota: elaboración Propia.

Tabla 16.

Análisis de acero de temperatura (Vigacero).

Paño	Lado 1	Lado 2	Distancia entre aceros (m)	Nro. de varillas 1	Nro. de varillas 2	Long total	Factor (kg/m)	Peso (Kg)
1	4.52	2.95	0.25	19	12	110.29	0.2	22.058
2	2.69	2.95	0.25	11	12	64.73	0.2	12.946
3	3.88	2.96	0.25	16	12	93.92	0.2	18.784
4	2.06	2.96	0.25	9	12	51.36	0.2	10.272
5	4.84	3.04	0.25	20	13	123.72	0.2	24.744
6	2.07	3.04	0.25	9	13	54.27	0.2	10.854
Total de acero por departamento (kg)								99.658

Nota: Elaboración propia.

Para obtener la cantidad de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ por piso partimos de la ficha técnica del fabricante de Vigacero, primero obtenemos la cantidad de concreto por m^2 .

Figura 32.

Peso de viguetas con albañilería de poliestireno expandido

Peso de viguetas con albañilería de Poliestireno expandido										
	viguetas		Casetón de Poliestireno expandido (EPS)					Concreto en Obra		PESO PARCIAL
	Espesor de losa H	Espacio entre eje	Peso	Casetón	Largo	Vol	Peso Unid (aprox.)	Vol	Peso	
			Kg/m	und	m	m^3	Kg	m^3	Kg	
VIGUETAS PREFABRICADA DE CONCRETO (Sistema Tralicho)	17	0.6	12.2	1	1.0	0.059	0.59	0.06	139.20	152.0
	20	0.5	12.71	1	1.0	0.060	0.60	0.08	187.20	200.5
	25	0.5	13.25	1	1.0	0.081	0.81	0.09	220.80	234.9
	30	0.5	14.25	1	1.0	0.102	1.02	0.11	259.20	274.5
VIGUETAS PRETENSADAS DE CONCRETO (Sistema Pretensado)	17	0.6	17.28	1	1.0	0.059	0.59	0.06	138.0	180.0
	20	0.5	19.5	1	1.0	0.060	0.60	0.07	165.6	210.0
	25	0.5	19.5	1	1.0	0.081	0.81	0.09	211.2	250.0
	30	0.5	19.5	1	1.0	0.102	1.02	0.11	264.0	300.0
VIGUETAS PREFABRICADAS VIGACERO*	13	0.84	4.8	1	1.0	0.068	1.01	0.047	113.3	119.1
	16	0.84	4.8	1	1.0	0.090	1.35	0.058	139.2	145.4
	20	0.84	4.8	1	1.0	0.113	1.69	0.062	148.8	155.3
CASETÓN DE EPS DENSIDAD 15 Kg/m^3	25	0.84	4.8	1	1.0	0.150	2.25	0.066	158.4	165.5
	30	0.74	4.8	1	1.0	0.163	2.44	0.070	168.0	175.3
SISTEMA CONVENCIONAL DE ENTREPISOS	17	0.4	76.8	1	0.2	0.011	6.50	0.08	192.0	275.3
	20	0.4	84	1	0.2	0.014	7.40	0.09	216.0	307.4
	25	0.4	96	1	0.2	0.018	7.40	0.10	240.0	343.4
	30	0.4	108	1	0.2	0.018	12.00	0.11	271.2	391.2

Nota: manual técnico Vigacero.

Para un peralte de losa de 20 cm como se considera en el proyecto en estudio y de la ficha técnica de Vigacero se obtiene un volumen de concreto de 0.062 m^2 de losa.

De acuerdo al valor anterior se calcula el volumen de concreto para la losa de toda la obra.

$$v_{concreto} = 0.062 \frac{m^2}{m^2} \times 233m^2 = 14.45m^2$$

Se debe tener en cuenta que en el sistema estructural de Vigacero no hay encofrado y desencofrado. Asimismo, considerando que en este proyecto las luces de losas son de 3 metros, no se necesita apuntalamiento intermedio. Por lo tanto, en el presupuesto que se adjunta no se considera costos de apuntalamiento. Por otro lado, en lo que se refiere al enlucido de cielo raso, el sistema Vigacero se complementa adecuadamente con el uso de una malla de fibra de vidrio que tiene como función poder fijar adecuadamente el enlucido con mortero SSIFEX a los casetones de polietileno.

Tabla 17.

Presupuesto del sistema Vigacero.

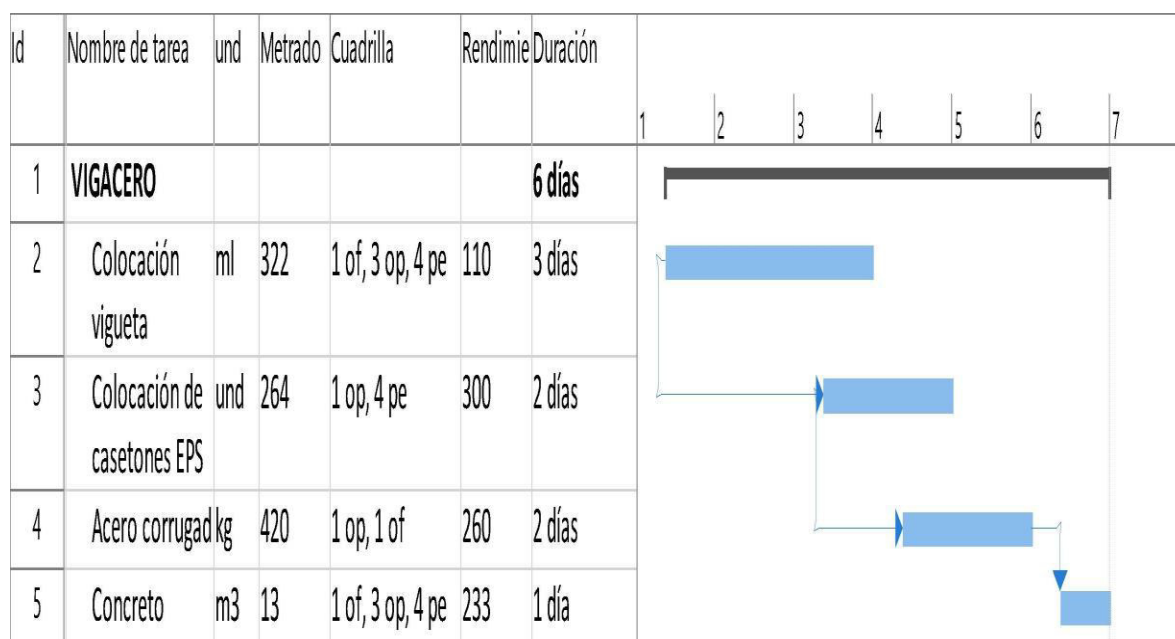
Descripción	Und	Metrado	Unitario	Parcial	Total
ESTRUCTURAS TECHO					
Concreto premezclado f'c= 210 kg/cm ²					S/ 34,750.76
Vigueta prefabricada Casetón de EPS	m3	14.45	296.11	4278.7895	
Acero corrugado f'y=4200 kg/cm ²	ml	258.32	59	15240.62	
Fraguado y curado Incidencia del costo del transporte					
ARQUITECTURA ENLUCIDOS O TARRAJEOS	und	283	30.5	8632.63	
Acabado - Mortero SSIFEX	kg	828	6.09	5042.52	
Imprimación - MOPAFIX 77					
Malla fibra de vidrio - MALLA RF	m2	233	1.4	326.2	
	-	-	-	1230	
	m2	233	23.26	5419.58	

	m2	233	0.69	160.77	S/ 5,857.62
	m2	233	1.19	277.27	
					S/ 40,608.38

Nota: Elaboración propia.

Figura 33.

Cronograma del sistema Vigacero



Nota: Elaboración propia.

Efectuando una comparación efectiva de costos entre una losa convencional y una losa con Vigacero, se puede concluir que en nuestro proyecto el costo por piso para la primera es S/40,439.77 y para la segunda S/40,608.38 lo que da una diferencia S/168.61 que para toda la obra el ahorro total es de S/843.05 a favor de la losa con el sistema convencional, la diferencia de precios no es significativa.

a. *Prelosa*

Tabla 18.

Presupuesto de Prelosa.

<u>Prelosa</u>	Precio Unitario		Metrado por m2	Precio por m2
Concreto para losa aligerada 210	290.95	s/m3	0.1	29.95
Acero corrugado f'y = 4200 kg/cm2	6.09	s/kg	4.43	26.98
Apuntalamiento de madera Prelosa	38.60	s/m2	1	38.60
Suministro e instalación de Prelosa	64.05	s/m2	1	64.05
Puente de adherencia	16.33	s/m2	1	16.33
Curado de Prelosa	1.40	s/m2	1	1.40
			Total:	177.63

Nota: Elaboración propia.

Viguetas Pretensadas SUPERMIX

Para el análisis del sistema de viguetas pretensadas se optó por utilizar las viguetas pretensadas producidas en la ciudad de Arequipa por SUPERMIX, que es la empresa líder y de mayor prestigio en la producción de concreto premezclado del sur del país y pertenece al grupo YURA. Se tomó como referencia la ficha técnica de la empresa proveedora para hacer los cálculos de los metrados y también las cotizaciones hechas a esta misma empresa sirvieron para hacer un presupuesto de este tipo de losa con sistema no convencional.

Tabla 19.

Análisis de viguetas pretensadas.

año	Distancia entre apoyos (m)	Distancia entre viguetas	Cantidad	Cantidad real	Longitud (m)	Total (m)
	4.52	0.5	9.04	9	2.95	26.55

2.69	0.5	5.38	6	2.95	17.7
3.88	0.5	7.76	8	2.96	23.68
2.06	0.5	4.12	5	2.96	14.8
4.84	0.5	9.68	0	3.04	30.4
2.07	0.5	4.14	5	3.04	15.2
Total, de viguetas por departamento (ml)					128.33

Nota Elaboración propia.

Tabla 20.

Análisis de bovedillas.

año	Distancia entre apoyos (m)	Longitud de la bovedilla (ml)	cantidad	cantidad real	Cantidad de espacios	Total (und)
1	2.85	0.2	4.25	15	8	120
2	2.85	0.2	4.25	15	5	75
3	2.86	0.2	4.30	15	7	105
4	2.86	0.2	4.30	15	4	60
5	2.94	0.2	4.70	15	9	135
6	2.94	0.2	4.70	15	4	60
			und) Total de bovedillas por departamento			555

Nota: Elaboración propia.

Tabla 21.

Análisis de acero de temperatura.

Paño	Lado 1	Lado 2	distancia entre aceros (m)	Nro . De varillas 1	Nro . De varillas 2	Long total	Factor (kg/m)	Peso (Kg)
1	4.52	2.95	0.25	19	12	110.29	0.2	22.058
2	2.69	2.95	0.25	11	12	64.73	0.2	12.946

3	3.88	2.96	0.25	16	12	93.92	0.2	18.784
4	2.06	2.96	0.25	9	12	51.36	0.2	10.272
5	4.84	3.04	0.25	20	13	123.72	0.2	24.744
6	2.07	3.04	0.25	9	13	54.27	0.2	10.854
Total de acero por departamento (kg)								99.658

Nota: Elaboración propia.

Figura 34.

Basado en el estudio de la ficha técnica de Viguetas pretensadas:

EJE ENTRE VIGUETAS D cm	DIMENSIONES			PESO PROPIO B-CONC.	PESO PROPIO L-MIXTO.	PESO PROPIO POLIES.	COMPONENTES DE LA LOSA		VOLUMEN DE CONCRETO m ³ /m ²
	a	b	c	kgf/m ²	kgf/m ²	kgf/m ²	VIGUETAS ml/m ²	BOV CONC. piezas/m ²	
	cm	cm	cm						
50	15	10	5	-	250	163	2	10 / 8	0,056
60	15	10	5	-	235	155	1,67	8,35	0,055

Nota: elaboración propia

Según la imagen anterior se tiene volumen de concreto de $0.056 \frac{m^3}{m^2}$ con esto, se obtiene la cantidad de concreto. $v_{concreto} = 0.056 \frac{m^3}{m^2} \times 233m^2 = 12.58m^3$

Tabla 22.

Presupuesto de vigas pretensadas SUPERMIX por piso.

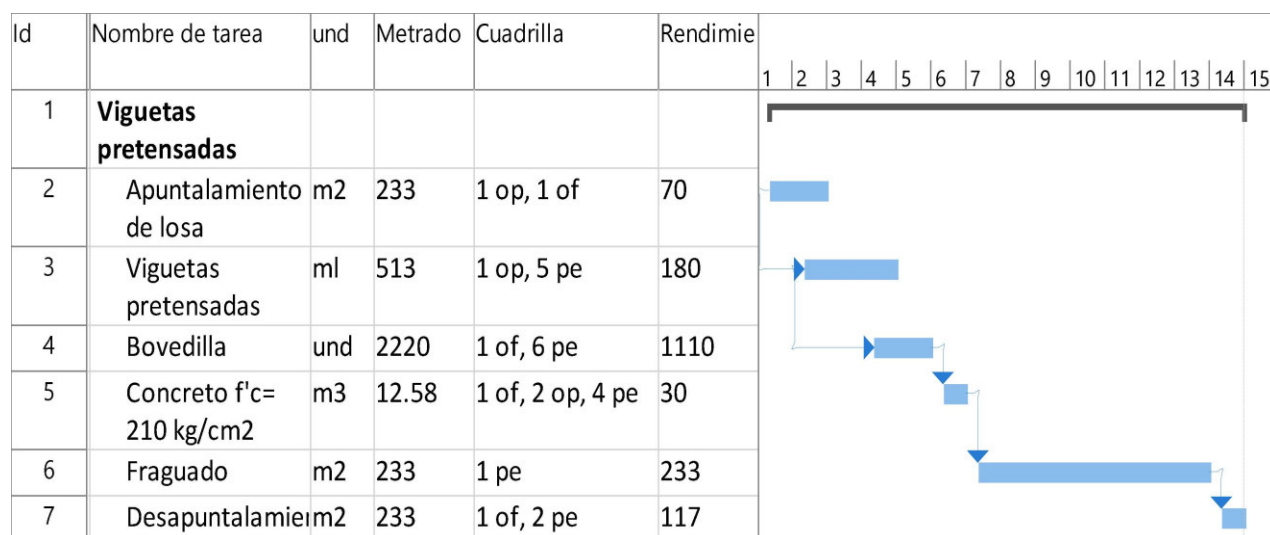
	Unidad	Metrado	Costo Unitario	Parcial
Viguetas pretensadas	ml	513	18.79	S/ 9,639.27
Concreto f'c= 210 kg/cm ²	m ³	12.58	296.09	S/ 3,724.81

Bovedillas de concreto	und	2220	3.46	S/ 7,681.20
Acero corrugado	kg	772	6.09	S/ 4,701.48
Apuntalamiento Viguetas	m2	233	11.58	S/ 2,698.14
Tarrajeo cielo raso	m2	233	37.97	S/ 8,847.01
Total:				S/ 37,291.91

Nota: Elaboración propia.

Figura 35.

Cronograma del sistema de losa con viguetas pretensadas



Nota: Elaboración propia.

Tabla 23.

Diferencia de precios entre los sistemas de losas convencionales y no convencionales.

Diferencia		
Sistema constructivo	S/. / m2	%
Losa aligerada normal	173.56	-
Sistema Vigacero	174.28	0.4
Viguetas SUPERMIX	160.05	-7.8
Prelosas	177.63	2.3

Nota: Elaboración propia.

En la figura 36 se presenta la curva costo-tiempo para las cuatro alternativas. Es oportuno mencionar que los resultados presentados en esta curva aun no consideran el concepto de constructabilidad. En el capítulo siguiente incluyendo este concepto, se pretende recalculer estructuralmente todo el edificio para la alternativa no convencional de menor peso sísmico, que en este estudio viene a ser el sistema Vigacero, situación que podría cambiar los resultados.

Tabla 24.

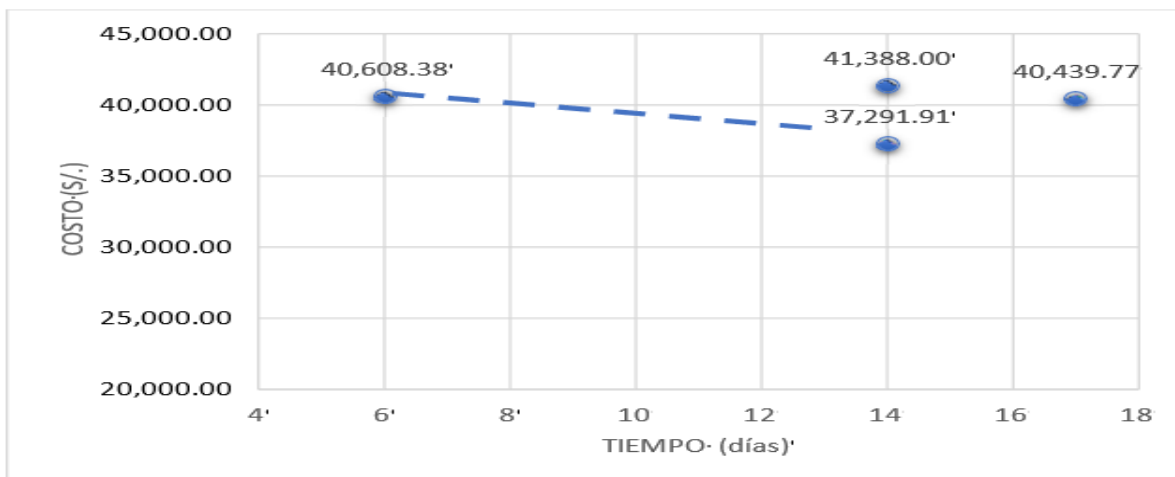
	Losa convencional aligerada	Viguetas pretensadas	Vigacero	Prelosa
Costo (S/)	40,439.77	37,291.91	40608.38	41,388,00
Tiempo (días)	17	14	6	14

Nota: Elaboración propia.

El menor tiempo de ejecución que muestra el sistema Vigacero se debe a que para esta alternativa se requiere encofrar ni apuntalar; pero ello está restringido solo para proyectos con luces menores o iguales a 3 metros. La decisión de acondicionar el proyecto arquitectónico a esta luzes parte de la aplicación del concepto de constructabilidad.

Figura 36.

Curva costo - tiempo de losa



Nota: Elaboración propia.

Análisis costo-tiempo del proyecto

Diseño de la Investigación

Para el desarrollo del análisis costo-tiempo del proyecto en estudio se han obtenido 114 simulaciones, cada una de las cuales representa una alternativa de combinación de las sub variables. De estas 44 pertenecen al sistema estructural Aporticado, 46 pertenecen al sistema de Albañilería Confinada y 24 al sistema de Muros de Ductilidad Limitada. En este último la reducción del número de simulaciones se debe a que no se ha tomado en cuenta programar con encofrados de madera sino exclusivamente con encofrado metálico, considerando que el elevado metrado de muros hace inviable económicamente el empleo de encofrado de madera.

Por otro lado, el número de simulaciones sin ritmo es mayor a los programas con ritmo debido a que la programación rítmica se está considerando solo 4 sectores debido a que se está planteando 20 módulos básicos donde cada módulo es un departamento. Por lo tanto, esto equivale a considerar como única alternativa en análisis 4 sectores por piso. En lo que respecta a la sub

variable factor de multiplicidad se ha considerado una variabilidad entre un máximo y un mínimo por las razones expuestas en el capítulo anterior. En los programas con ritmo esta columna es sustituida por el valor de R que es la duración del ritmo en cada departamento, considerando que R es la incógnita y el factor de multiplicidad es el resultado del cálculo del proceso.

Se presenta la estructura de las 114 simulaciones, considerando todas las sub variables en análisis:

Tabla 25.

Simulaciones con todas las subvariables

Sistema Estructural	Tipo de Programa	Tipo de Encofrado	N° de sectores	Fm*	Fraguado de concreto	
aporticado	sin ritmo	madera	1	4	Con acelerante sin acelerante	
				5	Con acelerante sin acelerante	
				6	Con acelerante sin acelerante	
			2	4	Con acelerante sin acelerante	
				5	Con acelerante sin acelerante	
				6	Con acelerante sin acelerante	
		metalico	1	4	4	Con acelerante sin acelerante
					5	Con acelerante sin acelerante
					6	Con acelerante sin acelerante
			2	4	4	Con acelerante sin acelerante
					5	Con acelerante sin acelerante
					6	Con acelerante sin acelerante

				6	Con acelerante sin acelerante
			4	2	Con acelerante sin acelerante
				3	Con acelerante sin acelerante
				5	Con acelerante sin acelerante
	con ritmo	madera	4	R=1	Con acelerante sin acelerante
				R=2	Con acelerante sin acelerante
		metalico	4	R=1	Con acelerante sin acelerante
				R=2	Con acelerante sin acelerante
Sistema Estructural	Tipo de Programa	Tipo de Encofrado	N° de sectores	Fm*	Fraguado de concreto
alb. Confinado	sin ritmo	madera	1	4	Con acelerante sin acelerante
				5	Con acelerante sin acelerante
				6	Con acelerante sin acelerante
			2	4	Con acelerante sin acelerante
				5	Con acelerante sin acelerante
				6	Con acelerante

				sin acelerante
		4	4	Con acelerante
				sin acelerante
			5	Con acelerante
				sin acelerante
			6	Con acelerante
				sin acelerante
	metalico	1	4	Con acelerante
				sin acelerante
			5	Con acelerante
				sin acelerante
			6	Con acelerante
				sin acelerante
		2	4	Con acelerante
				sin acelerante
			5	Con acelerante
				sin acelerante
			6	Con acelerante
				sin acelerante
		4	2	Con acelerante
				sin acelerante
			3	Con acelerante
				sin acelerante
			5	Con acelerante
				sin acelerante
con ritmo	madera	4	R=1	Con acelerante
				sin acelerante
			R=2	Con acelerante

					sin acelerante
			4	R=1	Con acelerante
					sin acelerante
				R=2	Con acelerante
					sin acelerante
Sistema Estructural	Tipo de Programa	Tipo de Encofrado	N° de sectores	Fm*	Fraguado de concreto
MDL	Sin Ritmo	Metálico	1	4	Con acelerante
					sin acelerante
					Con acelerante
				5	sin acelerante
					Con acelerante
					sin acelerante
			2	4	Con acelerante
					sin acelerante
					Con acelerante
				5	sin acelerante
					Con acelerante
					sin acelerante
			4	4	Con acelerante
					sin acelerante
					Con acelerante
				5	sin acelerante
					Con acelerante
					sin acelerante
	con Ritmo	Metálico	4	R=1	Con acelerante
					sin acelerante
				R=2	Con acelerante
					sin acelerante

R=3	Con acelerante
	sin acelerante

Nota: Factor de multiplicidad

Análisis de las Simulaciones

Las 114 simulaciones se han desarrollado en M.S. Excel, con diagramas de barras Gantt desde el inicio de obra hasta el término del casco gris y se encuentran en el anexo 4. Como se puede apreciar en el cuadro resumen anterior, para cada uno de los programas presentados se ha analizado los factores operacionales siguientes : el tipo de encofrado (madera,metalico), numero de cuadrillas unitarias (entre el máximo y el minimo), uso de concretos de alta resistencia para acelerar la fragua de concreto de losas (con y sin acelerante), el tipo de programación (con y sin ritmo constante). Todas estas simulaciones han sido consideradas para los tres sistemas estructurales.

Análisis de la Cimentación

Las cimentaciones de los tres sistemas estructurales tienen diferente composición en su estructura, siendo el sistema aporticado compuesto por zapatas, vigas de cimentación, columnas, cimientos corridos y sobrecimientos; en albañilería confinada a diferencia del anterior sistema se tiene pocas zapatas y de menor dimensión, tampoco se tiene vigas de cimentación y en el sistema de Muros de Ductilidad Limitada no existe zapatas ni vigas de cimentación, lo que se tiene son cimientos corridos y muros de concreto; lo que hace que tengamos el siguiente cuadro comparativo costo-tiempo:

Tabla 26.

Resultados Costo-Tiempo de los 03 Sistemas Estructurales

	Tiempo	Costo
A porticado	15 días	S/. 163004.30
Albañilería	10 días	S/. 101790.74
MDL	8 días	S/. 81505.98

Nota: elaboración propia

. En el caso del sistema Aporticado la habilitación y colocación del acero en zapatas y

principalmente en columnas son las actividades que causan el aumento de la duración de la ejecución de la cimentación.

Análisis de los Encofrados del Casco Rojo

Se inicia estableciendo una secuencia básica de ejecución que se repite para todos los módulos y pisos. Esta secuencia parte por plantear el proceso de ejecución de los encofrados considerando que estos son los que en una obra de edificación definen el ritmo de avance por su duración tanto en el encofrado como el desencofrado, a diferencia de las partidas de concreto que al tener menor duración e incluso con la utilización de concreto premezclado no constituyen partidas que influyan en el ritmo de avance.

Análisis de los frentes de trabajo

Entendiendo que tenemos dos pabellones en nuestro proyecto, es necesario definir cuál es el número de frentes más convenientes en costo y tiempo; para lo cual vamos a analizar uno o dos frentes, es decir se va a evaluar si enfrentamos la obra con un solo frente de trabajadores que ira avanzando los dos pabellones escalonadamente como se muestra en la ilustración 35, o en su lugar avanzamos con dos frentes de trabajo, uno por cada pabellón por separado como si fueran dos obras aisladas como también vemos en la subsiguiente ilustración. En ambos casos para que la comparación sea válida se está considerando la misma cantidad de trabajadores.

Para poder explicar el desarrollo metodológico de los conceptos antes señalados se va a analizar el caso del sistema Aporticado con encofrado metálico con 4 sectores uno por departamento. Esta alternativa se ha escogido entre todas las simulaciones que se han hecho para ilustrar todo el procedimiento metodológico para todo el casco gris de la obra.

Para el caso de plantear un frente de trabajo se requiere dos cuadrillas unitarias y el programa que se obtiene se muestra en la ilustración 34.

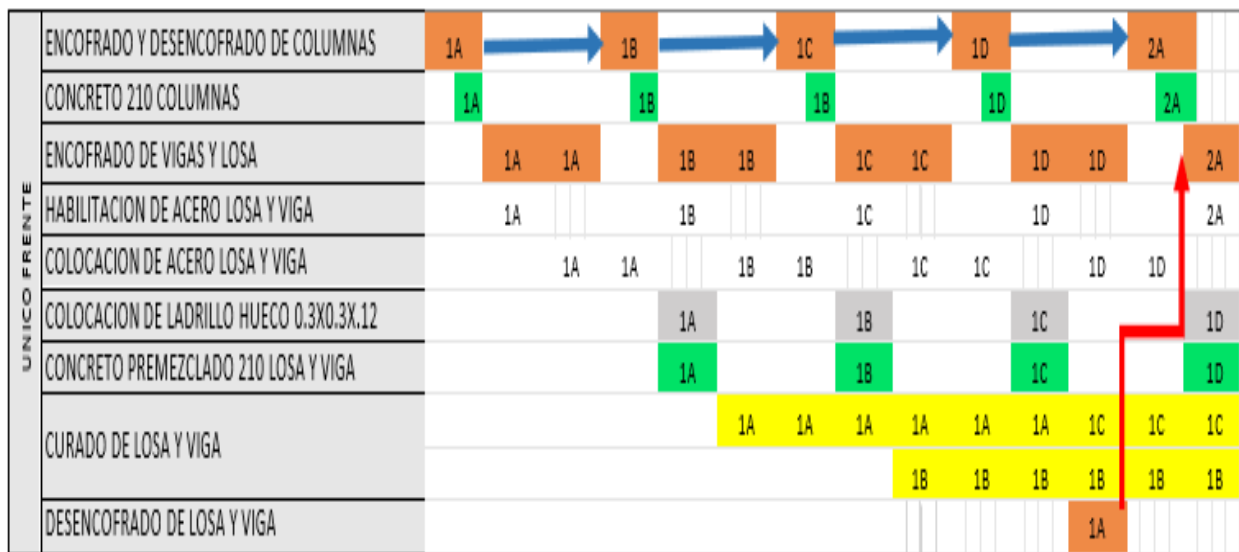
Sin embargo, la posibilidad alterna de usar dos frentes de trabajo nos llevaría a tener un

programa diferente en el que cada frente de trabajo se avanzaría con una solo cuadrilla unitaria. En este caso incluso es posible además evaluar dos alternativas: la primera en la que los dos frentes empiezan simultáneamente, uno por cada pabellón, y la segunda en la cual uno de los frentes se desfasa en su inicio con respecto al inicio del primer frente en la búsqueda de minimizar la cantidad de encofrados de columnas a llevar a la obra, toda vez que se lograría poder usar en ambos frentes las mismas formas de encofrado. Se adjuntan las ilustraciones 36 ,37 y 38, que grafican las dos alternativas antes descritas para el caso de tener dos frentes de trabajo. En resumen, tenemos para la simulación antes enunciada las siguientes alternativas:

-Con un frente de trabajo: se requiere encofrado de columnas para un departamento y encofrado de techo para todo un piso.

Figura 37.

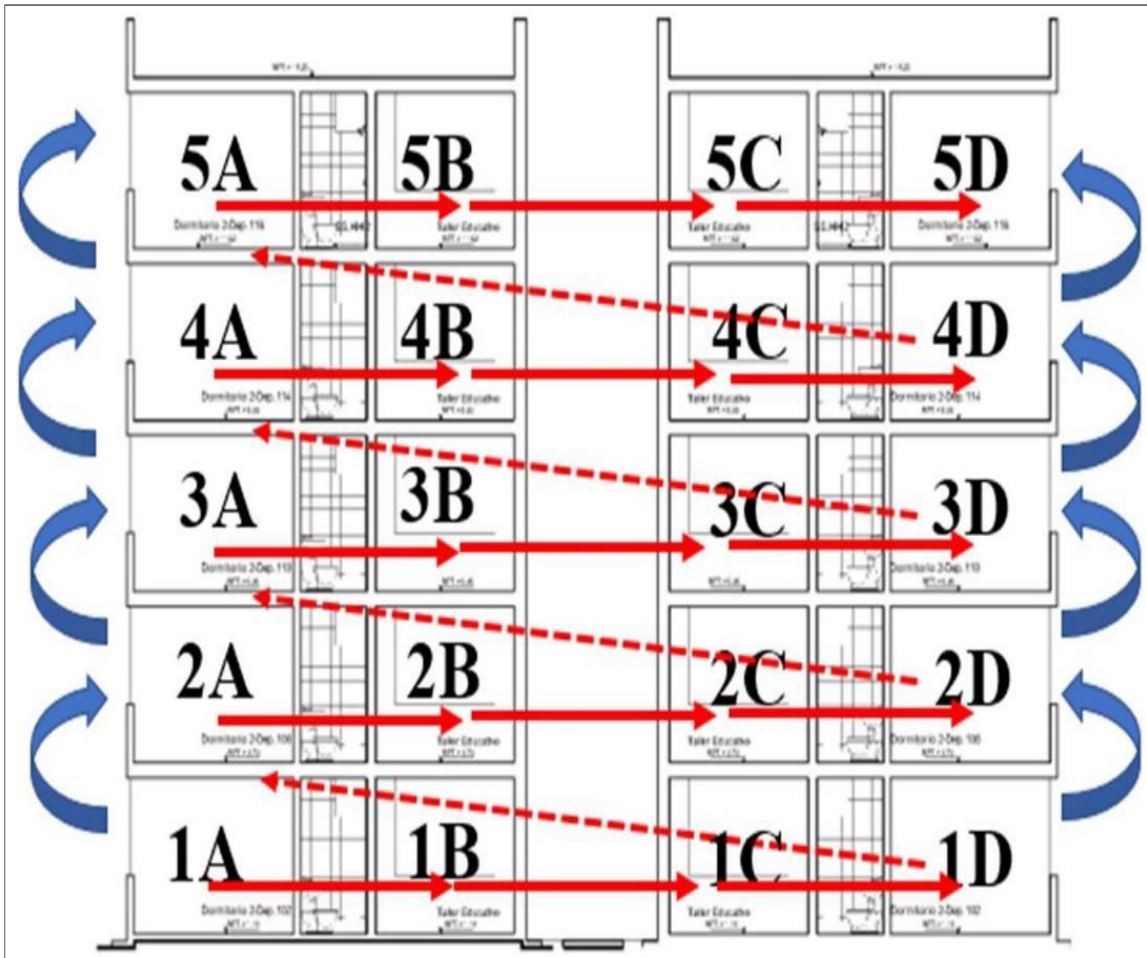
Programación con un frente de trabajo.



Nota: Elaboración propia.

Figura 38.

Desplazamiento de encofrados y carpinteros con un solo frente.

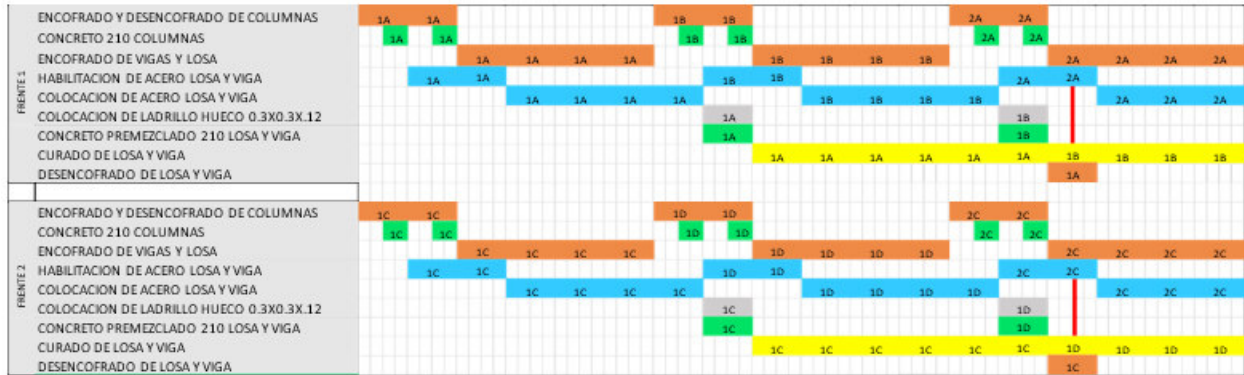


Nota: Elaboración propia.

-Con dos frentes de trabajo e inicio simultaneo de ambos frentes: encofrado de columnas para el 50% del departamento A y 50% del departamento C, considerando que, al durar dos días la actividad por departamento, dichos encofrados van a tener dos usos por departamento; con lo que en total habría que llevar encofrados para todo un departamento. Respecto al encofrado de techo se necesitaría formas para los 4 departamentos es decir para todo el piso de la obra, como se demuestra en el programa adjunto.

Figura 39.

Programación con dos frentes de trabajo.

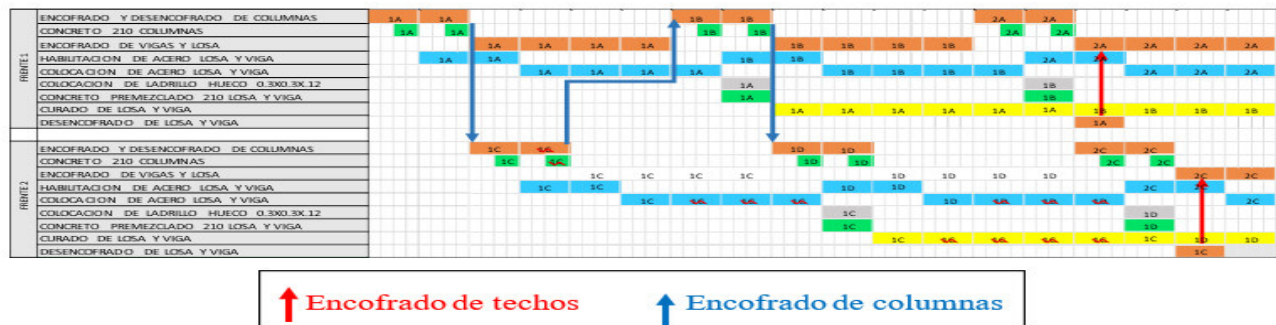


Nota: Elaboración propia.

-**Con dos frentes de trabajo e inicio desfasado de los frentes:** se necesitan encofrado columnas solo para el 50% de un departamento, considerando que el desfase permite que los encofrados se desplacen entre departamentos además que la duración de 2 días permite darles dos usos por departamento. Es oportuno mencionar que el uso de dos frentes de trabajo en cualquiera de sus dos modalidades mejora la productividad de la mano de obra, toda vez que promueve la competitividad entre frentes, lo que consigue mejorar rendimientos y por lo tanto los costos, esta mejora de la productividad no se consigue con un solo frente de trabajo.

Figura 40.

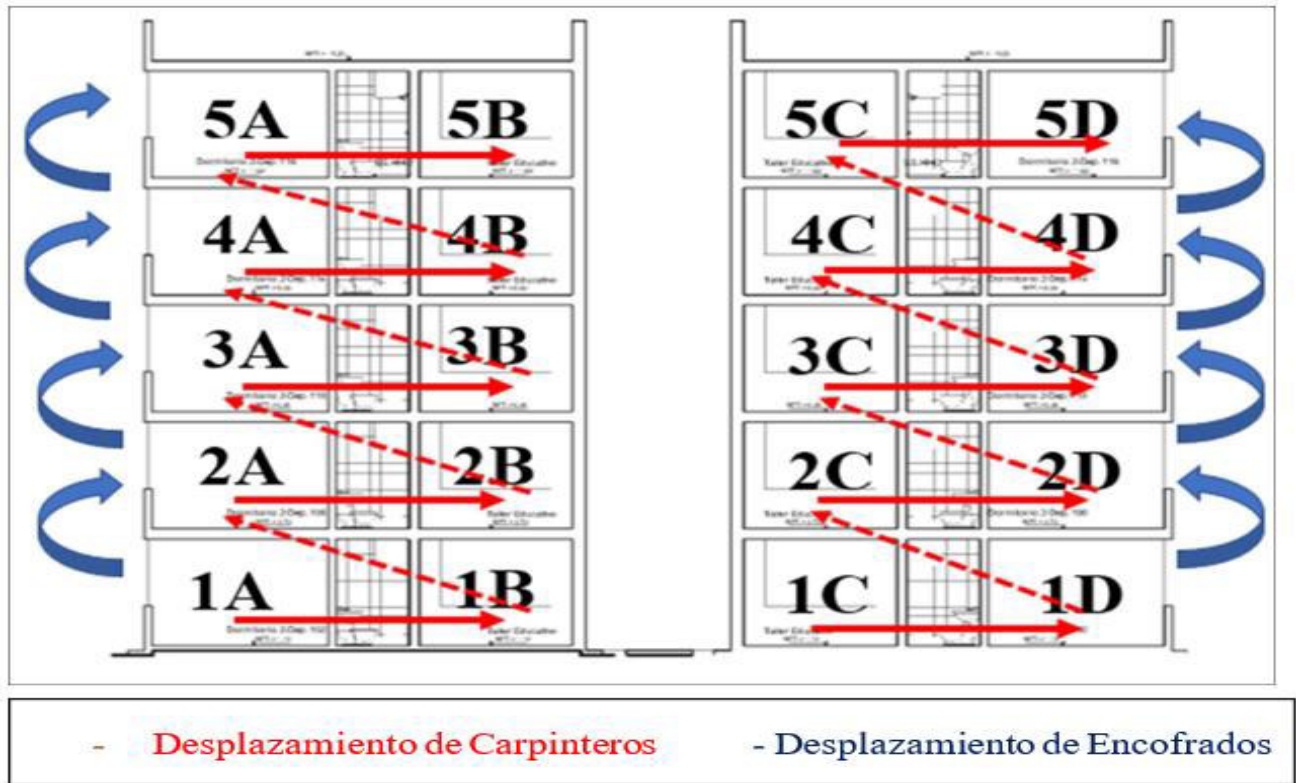
Programación con dos frentes de trabajo desfasados



Nota: Elaboración propia.

Figura 41.

Desplazamiento de encofrados y carpinteros con dos frentes.

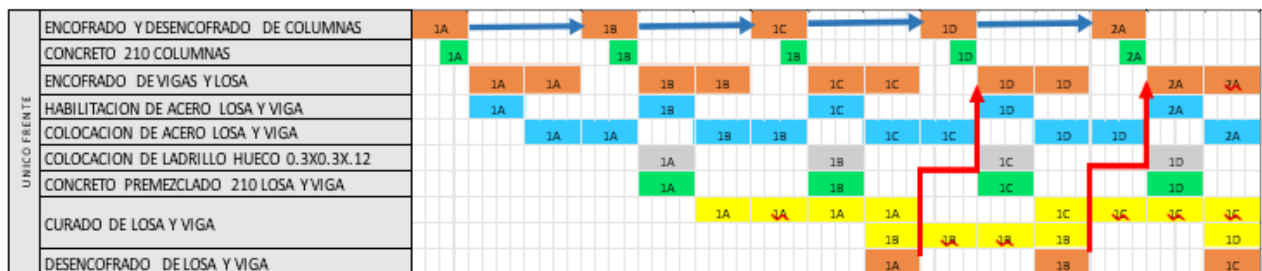


Nota: Elaboración propia.

Para los programas en los cuales se plantea utilizar acelerante de fragua y por lo tanto tener un desencofrado más rápido, se requiere menos cantidad de encofrados de techo porque estos irían del sector 1A al sector 1D como se demuestra en el programa de las ilustraciones 39 y40.

Figura 42.

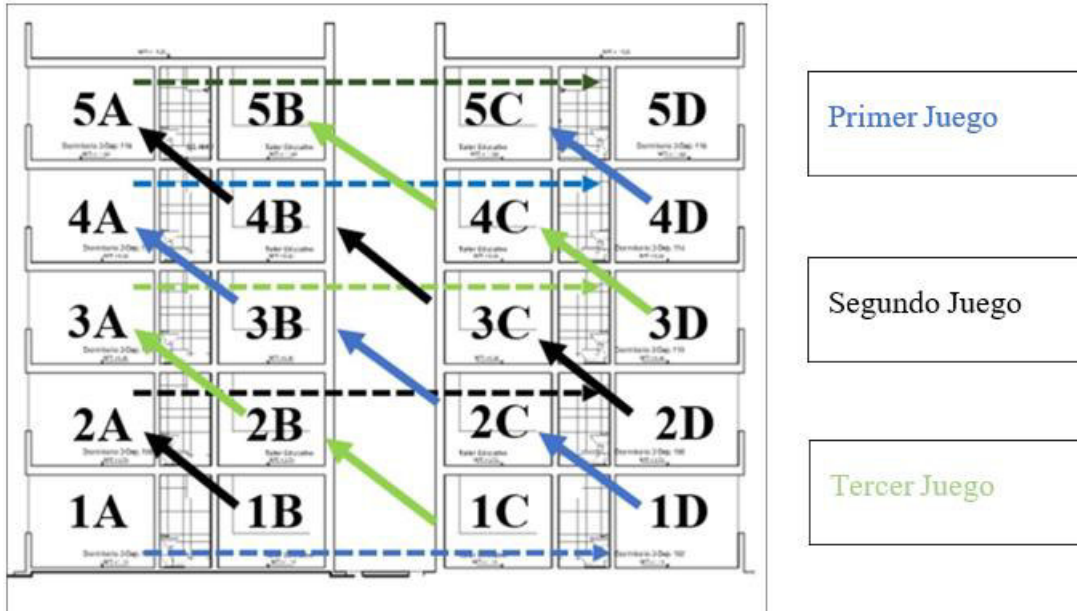
Único frente con acelerante de fragua.



Nota: Elaboración propia.

Figura 43.

Desplazamiento de encofrados con el empleo de acelerante de fragua.



Nota: Elaboración propia.)

Análisis de los encofrados metálicos

Los costos directos del proyecto se ven influenciados por el tipo de encofrado que se use. Anteriormente se ha obtenido la curva costo-tiempo de encofrados y allí se demostró que es ventajoso en costo-tiempo la utilización de encofrados metálicos, principalmente en la alternativa de compra con la cual los costos se minimizan comparados con la alternativa de alquiler. Por otro lado, el costo de alquiler varía según la simulación en estudio y ello se debe a que los programas de obra arrojan diferentes cantidades de usos de dichos encofrados.

En la tabla 22 que se adjunta, se estudian los costos que alcanzan los encofrados metálicos de columnas, muros, vigas y losas en los tres sistemas estructurales y para las dos alternativas compra y alquiler, considerando para el caso de alquiler la influencia del programa en la definición del número de usos que a su vez influyen en los costos. Luego se ha calculado la diferencia de costos de dichas dos alternativas a fin de analizar su repercusión en los costos directos del proyecto

Tabla 27.

Estudio de encofrado metálico columnas y muro por uso

ENCOFRADO METÁLICO COLUMNAS Y MUROS POR USO											
	Programas	Costo por mes(s/m 2)	N° de usos por mes	Costo x uso	Mano de obra	Costo Unitario x uso de alquiler	Metrado	Costo total de alquiler	Costo unitario de compra	Costo total de compra	Diferencia compra-alquiler
APORTICADO	4 sectores con 2 cucharillas	54	9	6	20.85	S/26.85	1489.72	S/39,999	23.39	S/34,844	-S/5,154
	1 sector con 4 cucharillas	54	6	9	20.85	S/29.85	1489.72	S/44,468	23.39	S/34,844	-S/9,624
	1 sector con 5 cucharillas	54	6	9	20.85	S/29.85	1489.72	S/44,468	23.39	S/34,844	-S/9,624
	1 sector con 6 cucharillas	54	6	9	20.85	S/29.85	1489.72	S/44,468	23.39	S/34,844	-S/9,624
	2 sectores con 4 cucharillas	54	10	5.4	20.85	S/26.25	1489.72	S/39,105	23.39	S/34,844	-S/4,261
	Vigacero	54	10	5.4	20.85	S/26.25	1489.72	S/39,105	23.39	S/34,844	-S/4,261
	Con ritmo	54	20	2.7	25.16	S/27.86	1489.72	S/41,504	23.39	S/34,844	-S/6,659
	Con ritmo	54	20	2.7	25.16	S/27.86	1442	S/40,174	23.39	S/33,728	-S/6,446
ALB.	2 sectores con 2 cucharillas sin acelerante	54	13	4.15	20.85	S/25.00	1442	S/36,056	23.39	S/33,728	-S/2,327

MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

2 sectores con 2 cucharillas sin acelerante	54	13	4.15	20.85	S/25.00	1442	S/36,056	23.39	S/33,728	<i>-S/2,327</i>
2 sectores Con 3 cucharillas sin acelerante	54	13	4.15	20.85	S/25.00	1442	S/36,056	23.39	S/33,728	<i>-S/2,327</i>
2 sectores Con 3 cuadrillas con acelerante	54	13	4.15	20.85	S/25.00	1442	S/36,056	23.39	S/33,728	<i>-S/2,327</i>
Alb. Confnanda (4 sectores con 2 cuadrillas) sin acelerante	54	9	6	20.85	S/26.85	1442	S/38,718	23.39	S/33,728	<i>-S/4,989</i>
Alb. Confnanda (4 sectores con 2 cuadrillas) con acelerante	54	9	6	20.85	S/26.85	1442	S/38,718	23.39	S/33,728	<i>-S/4,989</i>
MDL (1 sector Con 5 cuadrillas sin acelerante)	54	18	3	20.85	23.85	4937	S/117,747	23.39	115476.4 3	<i>-S/2,271</i>
MDL (1 sector Con 5 cuadrillas con acelerante)	54	18	3	20.85	23.85	4937	S/117,747	23.39	115476.4 3	<i>-S/2,271</i>
MDL (1 sector Con 4 cuadrillas sin acelerante)	54	20	2.7	20.85	23.55	4937	S/116,266	23.39	115476.4 3	<i>-S/790</i>
MDL (1 sector Con 4 cuadrillas con acelerante)	54	20	2.7	20.85	23.55	4937	S/116,266	23.39	115476.4 3	<i>-S/790</i>
MDL (2 sector Con 5 cuadrillas sin acelerante)	54	17	3.18	20.85	24.03	4937	S/118,619	23.39	115476.4 3	<i>-S/3,142</i>

APORTICADO	MDL (2 sector Con 5 cuadrillas con acelerante)	54	17	3.18	20.85	24.03	4937	S/118,619	23.39	115476.43	-S/3,142
	MDL (2 sector Con 4 cuadrillas con acelerante)	54	19	2.84	20.85	23.69	4937	S/116,968	23.39	115476.43	-S/1,491
	MDL (2 sector Con 4 cuadrillas con acelerante)	54	19	2.84	20.85	23.69	4937	S/116,968	23.39	115476.43	-S/1,491
	MDL (4 sector Con 5 cuadrillas sin acelerante)	54	16	3.38	20.85	24.23	4937	S/119,599	23.39	115476.43	-S/4,122
	MDL (4 sector Con 5 cuadrillas con acelerante)	54	16	3.38	20.85	24.23	4937	S/119,599	23.39	115476.43	-S/4,122
	MDL (4 sector Con 4 cuadrillas sin acelerante)	54	20	2.7	20.85	23.55	4937	S/116,266	23.39	115476.43	-S/790
	MDL (4 sector Con 4 cuadrillas con acelerante)	54	20	2.7	20.85	23.55	4937	S/116,266	23.39	115476.43	-S/790
	MDL con ritmo R=2	54	25	2.16	25.16	27.32	4937	S/134,879	23.39	115476.43	-S/19,402
	MDL con ritmo R=3	54	25	2.16	25.16	27.32	4937	S/134,879	23.39	115476.43	-S/19,402
	Programas	Costo por mes(s/m 2)	N° de usos por mes	Costo x uso	Mano de obra	Costo Unitario x uso de alquiler	Metrado	Costo total de alquiler	Costo unitario de compra	Costo total de compra	Diferencia compra-alquiler
aporticado (4 sectores con 2 cuadrillas)	90	4	22.5	25.5	48	584.8	S/28,070	46.65	S/27,280	-S/789	

aporticado (1 sector con 4 cuadrilas)	90	2	45	25.5	70.5	584.8	S/41,228	46.65	S/27,280	-S/13,947
aporticado (1 sector con 5 cuadrilas)	90	2	45	25.5	70.5	584.8	S/41,228	46.65	S/27,280	-S/13,947
aporticado (1 sector con 6 cuadrilas)	90	2	45	25.5	70.5	584.8	S/41,228	46.65	S/27,280	-S/13,947
aporticado (2 sectores con 4 cuadrilas)	90	2.3	39.13	25.5	64.63	584.8	S/37,796	46.65	S/27,280	-S/10,515
Vigacero	90	2	45	25.5	70.5	584.8	S/41,228	46.65	S/27,280	-S/13,947
aporticado con ritmo	90	3.3	27.27	326	59.33	584.8	S/34,698	46.65	S/27,280	-S/7,417

Nota: elaboración propia.

Tabla 28.

Estudio de los encofrado metálico losas y diferencia total columnas, vigas y losa por uso

ENCOFRADO METALICO LOSAS Y DIFERENCIA TOTAL (COLUMNAS, VIGAS Y LOSA) POR USO												
Programas	Costo x mes	N° de usos x mes	Costo x uso	Man o de obra	Costo Unitario x uso metalico	Metrado	Costo total alquiler metálico	Costo unitario de compra	Costo total de compra	Diferencia compra-alquiler	Diferencia total C+V+L	
A P	4sectores con 2 cuadrilas	28.8	4	7.2	34.46	41.66	1164.2	S/48,501	37.13	S/43,226	-S/5,274	-S/11,218
O RT	1 sector con 4 cuadrilas	28.8	2	14.4	34.46	48.86	1164.2	S/56,883	37.13	S/43,226	-S/13,656	-S/37,227
IC A	1 sector con 5 cuadrilas	28.8	2	14.4	34.46	48.86	1164.2	S/56,883	37.13	S/43,226	-	-
D O	1 sector con 6 cuadrilas	28.8	2	14.4	34.46	48.86	1164.2	S/56,883	37.13	S/43,226	-	-
	2 sectores con 4 cuadrilas	28.8	2.3	12.52	34.46	46.98	1164.2	S/54,696	37.13	S/43,226	-S/11,469	-S/26,245

	Vigacero	0	0	0	0	0	0	S/0	37.13	S/0	S/0	S/18,208
	Con ritmo	28.8	3.3	8.73	39.66	48.39	1164.2	S/56,332	37.13	S/43,226	-S/13,106	-S/27,182
	Con ritmo	28.8	2.5	11.52	39.66	51.18	1420	S/72,676	37.13	S/52,724	-S/19,951	-S/26,397
	2 sectores con 2 cuadrilas sin acelerante	28.8	2.2	13.09	34.46	47.55	1420	S/67,522	37.13	S/52,724	-S/14,798	-S/17,125
	2 sectores con 2 cuadrilas con acelerante	28.8	2.5	11.52	34.46	45.98	1420	S/65,292	37.13	S/52,724	-S/12,567	-S/14,894
	2 sectores con 3 cuadrilas sin acelerante	28.8	3	9.6	34.46	44.06	1420	S/62,565	37.13	S/52,724	-S/9,841	-S/12,168
	2 sectores con 3 cuadrilas con acelerante	28.8	2	14.4	34.46	48.86	1420	S/69,381	37.13	S/52,724	-S/16,657	-S/18,984
ALB. CONFINADA	alb. confinada (4 sectores con 2 cuadrilas sin acelerante)	28.8	2.8	10.29	34.46	44.75	1420	S/63,539	37.13	S/52,724	-S/10,814	-S/15,804
	alb. confinada (4 sectores con 2 cuadrilas con acelerante)	28.8	4.5	6.4	34.46	40.86	1420	S/58,021	37.13	S/52,724	-S/5,297	-S/10,286
MDL	1 sector con 5 cuadrilas sin acelerante	90	2	45	25.5	70.5	1557.2	S/109,783	46.65	S/72,643	-S/37,139	-S/39,410
	1 sector con 5 cuadrilas sin acelerante	90	2	45	25.5	70.5	1557.2	S/109,783	46.65	S/72,643	-S/37,139	-S/39,410

1 sector con 4 cuadrilas sin acelerante	90	2	45	25.5	70.5	1557.2	S/109,783	46.65	S/72,643	-S/37,139	-S/39,410
1 sector con cuadrilas sin acelerante	90	2	45	25.5	70.5	1557.2	S/109,783	46.65	S/72,643	-S/37,139	-S/37,929
MDL (2 sectores con 5 cuadrilas sin acelerante)	90	2	45	25.5	70.5	1557.2	S/109,783	46.65	S/72,643	-S/37,139	-S/37,929
2 sectores con 5 cuadrilas sin acelerante	90	4	22.5	25.5	48	1557.2	S/74,746	46.65	S/72,643	-S/2,102	-S/5,244
MDL (2 sectores con 4 cuadrilas sin acelerante)	90	2	45	25.5	70.5	1557.2	S/109,783	46.65	S/72,643	-S/37,139	-S/38,631
MDL (2 sectores con 4 cuadrilas con acelerante)	90	4	22.5	25.5	48	1557.2	S/74,746	46.65	S/72,643	-S/2,102	-S/3,594
MDL (4 sectores con 5 cuadrilas sin acelerante)	90	1.7	52.94	25.5	78.44	1557.2	S/122,149	46.65	S/72,643	-S/49,505	-S/53,628
MDL (2 sectores con 5 cuadrilas sin acelerante)	90	3	30	25.5	55.5	1557.2	S/86,425	46.65	S/72,643	-S/13,781	-S/17,904
MDL (2 sectores con 5 cuadrilas sin acelerante)	90	3.5	25.71	25.5	51.21	1557.2	S/79,751	46.65	S/72,643	-S/7,108	S/7,897

MDL (2 sectores con 5 cuadrillas sin acelerante)	90	3.5	25.71	25.5	51.21	1557.2	S/79,751	46.65	S/72,643	-S/7,108	S/7,897
Con ritmo R=2	90	3.5	25.71	32.06	57.77	1557.2	S/89,966	46.65	S/72,643	-S/17,323	S/36,725
Con ritmo R=3	90	3.3	27.27	32.06	59.33	1557.2	S/92,393	46.65	S/72,643	-S/19,750	S/39,152
MDL (2sectores con4 cuadrillas con acelerante)	54	19	2.84	20.85	23.69	4937	S/116,968	23.39	115476.43	-S/1,491	
MDL (4 sectores con 5 cuadrillas sin acelerante)	54	16	3.38	20.85	24.23	4937	S/119,599	23.39	115476.43	-S/4,122	
MDL (4 sectores con 5 cuadrillas con acelerante)	54	16	3.38	20.85	24.23	4937	S/119,599	23.39	115476.43	-S/4,122	
MDL (4 sectores con4 cuadrillas sin acelerante)	54	20	2.7	20.85	23.55	4937	S/116,266	23.39	115476.43	-S/790	
MDL (4sectores con 4 cuadrillas con acelerante)	54	20	2.7	20.85	23.55	4937	S/116,266	23.39	115476.43	-S/790	

MDL con ritmo R=2	54	25	2.16	25.16	27.32	4937	S/134,879	23.39	115476.43	-	S/19,402
MDL con ritmo R=3	54	25	2.16	25.16	27.32	4937	S/134,879	23.39	115476.43	-	S/19,402

Nota: elaboración propia.

Tabla 29.

Estudio del encofrado metálico vigas por uso

ENCOFRADO METÁLICO VIGAS POR USO											
	Programas	Costo por mes(S/m2)	N° de usos por mes	Costo x uso	Mano de obra	Costo Unitario x uso	Metrado	costo	Costo unitario de compra	Costo total de compra	diferencia compra-alquiler
	Aporticado (4sectores con 2 cuadrillas)	90	4	22.5	25.5	48	584.8	S/28,070	46.65	S/27,280	-S/789
APORTICADO	Aporticado (1 sector con 4 cuadrilas)	90	2	45	25.5	70.5	584.8	S/41,228	46.65	S/27,280	-S/13,947
	Aporticado (1 sector con 5 cuadrillas)	90	2	450	25.5	70.5	584.8	S/41,228	46.65	S/27,280	-S/13,947
	Aporticado (1 sector con 6 cuarillas)	90	2	450	25.5	70.5	584.8	S/41,228	46.65	S/27,280	-S/13,947
	Aporticado (2 sectores con 4 cucharilas)	90	2.3	39.13	25.5	64.63	584.8	S/37,796	46.65	S/27,280	-S/10,515
	Vigacero	90	2	450	25.5	70.5	584.8	S/41,228	46.65	S/27,280	-S/13,947

Aporticado con ritmo	90	3.3	27.27	32.6	59.33	584.8	S/34,698	46.65	S/27,280	-S/7,417
-----------------------------	-----------	------------	--------------	-------------	--------------	--------------	-----------------	--------------	-----------------	-----------------

Nota: elaboración propia.

Tabla 30.

Estudio del encofrado metálico vigas por uso

ENCOFRADO METALICO LOSAS Y DIFERENCIA TOTAL (COLUMNAS, VIGAS Y LOSA) POR USO												
	Programas	Costo x mes	N° de usos x mes	Costo x uso	Mano de obra	Costo Unitario x uso metalico	Metrado	Costo total alquiler metálico	Costo unitario de compra	Costo total de compra	Diferencia compra-alquiler	Diferencia total C+V+L
APORTICADO	4 sectores con 2 cucharillas	28.8	4	7.2	34.46	41.66	1164.2	S/48,501	37.13	S/43,226	-S/5,274	-S/11,218
	1 sector con 4 cuadrillas	28.8	2	14.4	34.46	48.86	1164.2	S/56,883	37.13	S/43,226	-S/13,656	-S/37,227
	1 sector con 5 cuadrillas	28.8	2	14.4	34.46	48.86	1164.2	S/56,883	37.13	S/43,226	-S/13,656	-S/37,227
	1 sector con 6 cuadrillas	28.8	2	14.4	34.46	48.86	1164.2	S/56,883	37.13	S/43,226	-S/13,656	-S/37,227
	2 sectores con	28.8	2.3	12.52	34.46	46.98	1164.2	S/54,696	37.13	S/43,226	-S/11,469	-S/26,245
	4 cuadrillas Vigacero	0	0	0	0	0	0	S/0	37.13	S/0	S/0	-S/18,208
	Con ritmo	28.8	3.3	8.73	39.66	48.39	1164.2	S/56,332	37.13	S/43,226	-S/13,106	-S/27,182
ALB. CONTRATA	Con ritmo	28.8	2.5	11.52	39.66	51.18	1420	S/72,676	37.13	S/52,724	-S/19,951	-S/26,397
	2 sectores con 2 cucharillas	28.8	2.2	13.09	34.46	47.55	1420	S/67,522	37.13	S/52,724	-S/14,798	-S/17,125

	sin acelerante 2 sectores con 2 cucharillas con acelerante 2 sectores	28.8	2.5	11.52	34.46	45.98	1420	S/65,292	37.13	S/52,724	-S/12,567	-S/14,894
	Con 3 cuadrillas sin acelerante 2 sectores Con 3 cadrillascon acelerante Alb.	28.8	2	14.4	34.46	48.86	1420	S/69,381	37.13	S/52,724	-S/16,657	-S/18,984
	Confinada (4 sectores con 2 cuadrillas) sin acelerante Alb.	28.8	3	9.6	34.46	44.06	1420	S/62,565	37.13	S/52,724	-S/9,841	-S/12,168
	Confinada (4 sectores con 2 cuadrillas) sin acelerante Alb.	28.8	2.8	10.29	34.46	44.75	1420	S/63,539	37.13	S/52,724	-S/10,814	-S/15,804
	Confinada (4 sectores Con 2 cuadrillas con acelerante) 1 sector Con 5 cuadrillas	28.8	4.5	6.4	34.46	40.86	1420	S/58,021	37.13	S/52,724	-S/5,297	-S/10,286
MDL		90	2	45	25.5	70.5	1557.2	S/109,783	46.65	S/72,643	-S/37,139	-S/39,410

sin acelerante) 1 sector Con 5 cuadrillas)	90	2	45	25.5	70.5	1557.2	S/109,783	46.65	S/72,643	-S/37,139	-S/39,410
con acelerante 1 sector Con 4 cuadrillas)	90	2	45	25.5	70.5	1557.2	S/109,783	46.65	S/72,643	-S/37,139	-S/37,929
sin acelerante 1 sector Con 4 cuadrillas)	90	2	45	25.5	70.5	1557.2	S/109,783	46.65	S/72,643	-S/37,139	-S/37,929
con acelerante MDL (2sectores con 5 cuadrillas sin acelerante) 2 sectores con 5 cuadrillas con acelerane MDL (2 sectores con 4 cuadrillas sin acelerante MDL (2 sectores con 4 cuadrila	90	1.8	50	25.5	75.5	1557.2	S/117,569	46.65	S/72,643	-S/44,925	-S/48,067
con 5 cuadrillas sin acelerante) 2 sectores con 5 cuadrillas con acelerane MDL (2 sectores con 4 cuadrillas sin acelerante MDL (2 sectores con 4 cuadrila	90	4	22.5	25.5	48	1557.2	S/74,746	46.65	S/72,643	-S/2,102	-S/5,244
con 5 cuadrillas con acelerane MDL (2 sectores con 4 cuadrillas sin acelerante MDL (2 sectores con 4 cuadrila	90	2	45	25.5	70.5	1557.2	S/109,783	46.65	S/72,643	-S/37,139	-S/38,631
con 5 cuadrillas con acelerane MDL (2 sectores con 4 cuadrillas sin acelerante MDL (2 sectores con 4 cuadrila	90	4	22.5	25.5	48	1557.2	S/74,746	46.65	S/72,643	-S/2,102	-S/3,594

con acelerante MDL (4 sectores con 5 cuadrillas sin acelerante MDL (4 sectores con 5 cuadrillas con acelerante MDL (4 sectores con 4 cuadrillas sin acelerante MDL (4 sectores con 4 cuadrillas con acelerante Con ritmo R=2	90	1.7	52.94	25.5	78.44	1557.2	S/122,149	46.65	S/72,643	-S/49,505	-S/53,628
MDL (4 sectores con 5 cuadrillas con acelerante MDL (4 sectores con 4 cuadrillas sin acelerante MDL (4 sectores con 4 cuadrillas con acelerante Con ritmo R=2	90	3	30	25.5	55.5	1557.2	S/86,425	46.65	S/72,643	-S/13,781	-S/17,904
MDL (4 sectores con 4 cuadrillas sin acelerante MDL (4 sectores con 4 cuadrillas con acelerante Con ritmo R=2	90	3.5	25.71	25.5	51.21	1557.2	S/79,751	46.65	S/72,643	-S/7,108	-S/7,897
MDL (4 sectores con 4 cuadrillas con acelerante Con ritmo R=2	90	3.5	25.71	25.5	51.21	1557.2	S/79,751	46.65	S/72,643	-S/7,108	-S/7,897
Con ritmo R=2	90	3.5	25.71	32.06	57.77	1557.2	S/89,966	46.65	S/72,643	-S/17,323	-S/36,725
Con ritmo R=3	90	3.3	27.27	32.06	59.33	1557.2	S/92,393	46.65	S/72,643	-S/19,750	-S/39,152

Nota: elaboración propia.

Análisis del acero

Respecto a la influencia del acero en el programa, es oportuno indicar que se ha procedido a desdoblarse la habilitación de la colocación, de tal manera que la colocación del acero es una actividad que se encuentra relacionada con el encofrado y concreto de cada unidad estructural, mientras que la habilitación puede avanzarse independientemente del proceso de ejecución de la edificación.

La tabla 15 presenta el estudio de costos del acero en los 3 sistemas estructurales, considerando todo el acero de sus presupuestos sin contar escaleras, al ser esta una evaluación comparativa no es necesario considerar escaleras porque estas tienen la misma conformación en cualquiera de los sistemas.

Esta tabla se sustenta en los precios unitarios que se adjuntan en el anexo para ambas alternativas y considerando la variación del acero predominante se obtienen diferentes precios unitarios según la unidad estructural en estudio.

Tabla 31.

Análisis del acero para los diferentes sistemas estructurales.

Aportao	acero por departamento	acero total	aero predominante	Produccion Habilitacion	Produccion Coloccion	PU Acero dimensionado	PU Acero normal	Costo Acero Dimensio-nado	Costo Acero normal	Costo (AD-AN)
Zapata, V. de cimentacion(1° nivel) y Columnas (1° y 2° Niveles)	4839	19356	3-Abr	1050 kg/día	525 kg/día	5.18	5.22	100277.1	101111.8	-834.8
Vigas	836	16720	3-Abr	1050 kg/día	525 kg/día	5.18	5.22	86620.8	87341.9	-721.1
Losa	376	7520	1-Feb	750 kg/día	375 kg/día	5.45	5.66	41015.7	42562.6	-1546.8
Columnas 3°-5° Niveles	1662	19944	3-Abr	1050 kg/día	525 kg/día	5.18	5.22	103323.3	104183.4	-860.1
Columnetas y Vigas de amarre	301.96	6039.2	3-Ago	500 kg/día	250 kg/día	5.93	6.42	35830.1	38790.5	-2960.4
								367067	373990.2	-6923.2
Alb. Confinada	Acero por departamento	Acero Total	Acero predominante	Habilitación(Pu)	Colocación(Pu)	PU Acero Dimensionad	PU Acero normal	Costo Acero Dimensionado	Costo Acero normal	Costo (AD-AN)
Zapata (1° nivel) y Columnas (1° y 2° niveles)	2107	8428	5/8-1/2	750 kg/día	375 kg/día	5.45	5.66	45968.2	47701.8	-1733.6
Vigas	651	13020	1/2 -3/8	750 kg/día	375 kg/día	5.45	5.66	71013.9	73692.1	-2678.2
Losa			3-Ago							
Columnas 3°-5° Niveles	832	9984	1/2-3/8	750 kg/día	375 kg/día	5.45	5.66	54454.9	56508.6	-2053.7

								171437	177902.5	-6465.5
Muros de ductilidad Limitada	Acero por departamento	Acero Total	Acero predominante	Habilitación(Pu)	Colocación(Pu)	PU Acero Dimensionad	PU Acero normal	Costo Acero Dimensionado	Costo Acero normal	Costo (AD-AN)
Muros (1° y 2° niveles)	2527	10108	3-Ago	500 kg/día	250 kg/día	5.93	6.42	59970	64924.9	-4954.9
Vigas	859	17180	1/2-3/8	750 kg/día	375 kg/día	5.45	5.66	93703.5	97237.4	-3533.9
Losa			1/2-3/8							
Muros 3°-5° Niveles	1069	12828	3-Ago	500 kg/día	250 kg/día	5.93	6.42	76107.6	82395.8	-6288.2
								229781.1	244558.1	-14777

Nota: Elaboración propia.

Correlacionando resultados se puede concluir que el acero dimensionado en el sistema muros de ductilidad limitada produce los mayores ahorros debido a que el acero predominante es 3/8 mientras que en el sistema Aporticado donde se emplea mayor cantidad de acero y por lo tanto se podría pensar que es en este caso que se esperaría mayores ahorros no sucede ello y la razón está en el diámetro predominante que en este caso es de 5/8.

Por otro lado, el resultado del estudio de tiempos del acero, basado en las simulaciones de los programas de esta investigación muestran que las actividades que marcan el ritmo de avance del casco del proyecto son las de encofrados de columnas y techos, por lo tanto, las duraciones de las actividades del acero están subordinadas a las duraciones de las actividades de encofrado.

En los programas sin ritmo en los que la secuencia de avance es: columnas-losa-columnas-losa-etc. el avance del acero se da con similar criterio que el encofrado e incluso está subordinado al avance de éste; pero dejando en claro que en el caso de columnas la actividad de acero va antes del encofrado y en el caso de techos la actividad de acero va después de su encofrado.

Para la alternativa de acero habilitado y colocado en obra, específicamente la colocación de acero sería la actividad que sincronice con el avance de los encofrados, dejando las actividades de habilitación para los espacios libres en el programa y de esta manera lograr la continuidad de los fierros a lo largo de la obra.

Por otro lado, para la alternativa de acero dimensionado se puede apreciar en los programas

que no se logra la adecuada continuidad de los fierros, lo que nos permite concluir que en estos programas sin ritmo no es conveniente el uso de acero dimensionado. Además, se puede apreciar que tampoco contribuye a acortar la duración de la obra porque esta duración está condicionada al avance de los encofrados.

Sin embargo, en los programas con ritmo en los que la secuencia de avance separa dos cadenas de producción aisladas una de columnas y otra de techos si es recomendable el uso de acero dimensionado porque cada una de estas cadenas de producción serían solo de colocación de acero y por lo tanto el número de cuadrillas unitarias sería menor.

Lo que sí resulta conveniente para programas sin ritmo es el empleo de la alternativa de acero habilitado y colocado por Aceros Arequipa dado que en esta alternativa no tendríamos mano de obra para ninguna de las dos actividades. Sin embargo, esta alternativa no está al alcance de todas las obras de la región.

Análisis de muros de albañilería

En el caso del sistema estructural Aporticado, los muros de tabiquería se colocan después de desencofrar el techo, ello conlleva a que los costos de esta alternativa se incrementen por tener que incluir las columnetas y vigas de amarre para cada muro; mientras que para el sistema estructural de Albañilería Confinada los muros se colocan antes de vacear el techo y van unidos a las columnas. En el caso de ductilidad limitada no hay muros de albañilería, ni columnas; pero si hay un alto metrado de muros de concreto armado, lo que conlleva a que en este sistema la ejecución de estos muros marca el ritmo de avance de obra y por eso se ha considerado como única alternativa la de emplear encofrados metálicos.

Análisis de los tarrajeos

Tabla 32.*Hoja de programación de los tarrajeos*

ACTIVIDADES	Metrado por dpto	Pu sin revocadora	Tu	fm	dij	fm	dij	Pu revocadora	Tu	fm	dij
Tarrajeo cielo raso	58	7.5 m2/día	7.73	6	1.3	8	1	10.9 m2/día	5.32	6	0.9
Vestidura de derrames	63	12.0 m2/día	5.25	6	0.9	8	0.7	12.0 m2/día	5.25	6	0.9
Tarrajeo de vigas	22	12.0 m2/día	1.82	6	0.3	8	0.2	12.0 m2/día	1.82	6	0.3
tarrajeos de columnas	34	12.0 m2/día	2.84	6	0.5	8	0.4	12.0 m2/día	2.84	6	0.5
Tarrajeo muros interiores	150	12.9 m2/día	11.66	6	1.9	8	1.5	17.7 m2/día	8.49	6	1.4
Tarrajeo muros exteriores	63	9.8 m2/día	6.47	6	1.1	8	0.8	14.1 m2/día	4.5	6	0.7

Nota: elaboración propia.

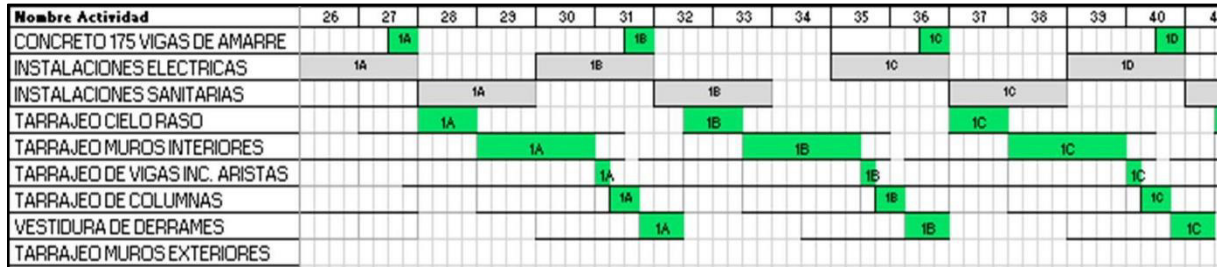
El programa de ejecución en el sistema Aporticado parte en condiciones normales de considerar 6 cuadrillas unitarias para la ejecución de los diversos tipos de tarrajeos del proyecto. Sin embargo, después de un estudio ergonómico de los espacios que conforman los departamentos se puede concluir que el factor de multiplicidad máximo es de 8.00, considerando que se produciría una merma de producción para valores mayores a este límite. Como consecuencia de la variación del factor de multiplicidad de 6 a 8 la duración de las actividades se reduce como se muestra en la tabla adjunta. Esta tabla parte de los metrados por departamento, a fin de poder obtener las duraciones dij por departamento y con ello obtener el patrón básico que se repetirá 20 veces y que estará constituido por todos los tarrajeos (cielo raso, muros interiores, derrames, vigas y columnas). Para el caso que se presenta como muestra líneas abajo, se ha tomado al sistema Aporticado con encofrado de madera con 4 sectores, duración del casco rojo 80 días.

Se puede apreciar que en este programa el patrón básico por departamento es de 4 días y este avance de los tarrajeos está subordinado a la cadencia de avance del casco de nuestro proyecto. Lo que significa que si generalizamos al resto de programas planteados dicha cadencia de avance

de los tarrajeos dependerá de la cadencia de avance que tenga el programa estructural del casco.

Figura 44.

Segmento del programa de tarrajeos interiores para 3 dptos. del primer piso.



Nota: Elaboración propia.

Esto se puede comprobar si tomamos otro ejemplo como es programa del sistema Aporticado con encofrado metálico con 4 sectores, duración del casco rojo 65 días. En este caso como la cadencia de avance se ha reducido a 3 días por departamento, y como ya no es posible incrementar el factor de multiplicidad por encima del máximo, entonces requerimos mejorar la producción de estas 8 cuadrillas para lo cual proponemos utilizar mortero preparado en bolsas. Los costos unitarios que se adjuntan en el anexo dejan percibir esa mejora de producción.

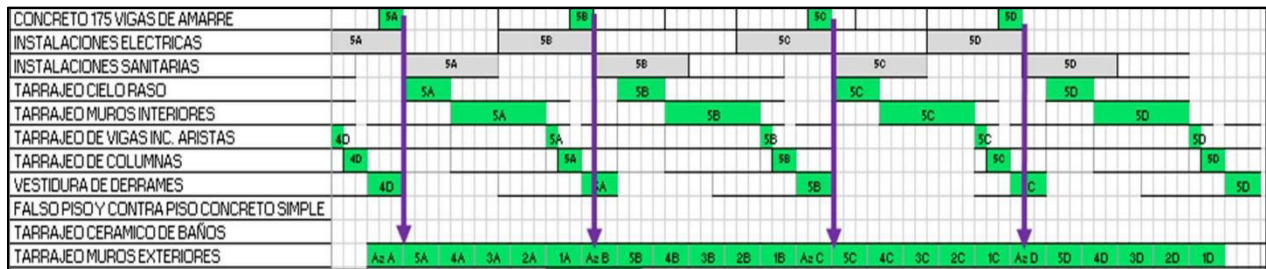
Para los programas de ejecución en ritmo constante el empleo en el tarrajeo de la revocadora resulta necesaria sobre todo en los casos el programa muestra tiempos muy reducidos de ejecución como es el caso del programa R=1 con el que se tiene una duración del casco rojo de 27 días. En este caso se requiere además mayor cantidad de albañiles, toda vez que la estrategia de ejecución de los tarrajeos muestra que el tarrajeo cielo raso, tarrajeo de muros, tarrajeos derrames, etc. se harán en escalera por cuadrillas unitarias específicas por actividad a lo largo de la ejecución de todo el casco.

Por otro lado, el programa para el sistema Aporticado encofrado metálico con R=2 muestra un ritmo de avance más pausado y por lo tanto con menor número de cuadrillas unitarias.

Con respecto al programa de tarrajeo exterior que se presenta, muestra un desarrollo ordenado desde tarrajes azotea al primer piso e iniciándose los mismo después de las columnetas y vigas de amarre de tabiquería. Sin embargo, este también depende de la cadencia de avance del casco rojo. Por lo tanto, si se reduce la duración del casco rojo tendríamos que reducir la duración del tarrajeo exterior utilizando revocadora.

Figura 45.

Segmento del programa de tarrajes exteriores.



(Fuente: Elaboración propia.)

La curva costo-tiempo de tarrajes que se adjunta nos hace concluir que el empleo de la revocadora resulta conveniente, sin embargo, el uso del empleo preparado eleva el costo y por lo tanto podemos concluir que resulta más rentable usar revocadora que utilizar mortero listo.

Por otro lado, si bien es cierto esta curva costo tiempo nos recomienda ejecutar los tarrajes con revocadora, el empleo o no de este equipo depende principalmente de la cadencia de avance del casco como lo hemos analizado líneas arriba y solo en los casos que se hayan excedido el máximo de cuadrillas indicado por el factor de multiplicidad.

Esto nos lleva a concluir que una vez más que el empleo de las curvas costo-tiempo por actividad dentro del cálculo de la curva costo directo-tiempo del proyecto no debe de constituir un proceso obligatorio, sino que hay que analizarlo en el contexto general del programa del casco

grisdel cual forman parte las actividades de tarrajeo.

En los programas de albañilería confinada los resultados son parecidos, de igual forma que en los programas de muros de ductilidad limitada, pero en este caso si se lograra utilizar encofrados metálicos nuevos y bien colocados se podría optar solo por solaquear los muros en vez de tarrapear.

Tabla 33.

Duraciones de tarrajeos.

ACTIVIDADES	Metrado	Pu sin revocadora	Tu	fm	dij	Pu con revocadora	tu	fm	dij
Tarrajeo cielo raso	65 m2	7.5	8.7	8	1.1	10.9	6	8	0.7
tarajeo de muros	182 m2	12.9	14	8	1.8	17.7	10	8	1.3
tarajeo filo y derames	67 m	12	5.6	8	0.7	12	5.6	8	0.7
Tarrajeo muros exteriores	57 m2	9.8	5.8	6	1	14.1	4	6	0.7

Nota: Elaboración propia.

Respecto al tarrajeo interior este tiene una cadencia de avance subordinada al avance del casco estructural de la edificación, es decir se ha programado avanzar los tarrajeos lo antes posible, lo que significa empezarlos después del desencofrado y una vez que las instalaciones interiores han sido colocadas.

Respecto al tarrajeo exterior, este se ha empezado después de haber terminado todo el casco rojo de la edificación. En el sistema Aporticado se ha iniciado específicamente después de haber terminado con las columnetas y viguetas de amarre periféricas. En el caso del sistema de Albañilería Confinada el tarrajeo de muros exteriores empieza después de ejecutar los parapetos de azotea. En el caso de Muros de Ductilidad Limitada, solo se ha considerado un solaqueo exterior e interior de los muros acompañado de un tarrajeo de los cielos rasos.

Análisis Comparativo de Losa con Encofrado de Madera, Metálico y Vigacero

A partir del cuadro general anterior que presenta las 114 simulaciones, como ejemplo

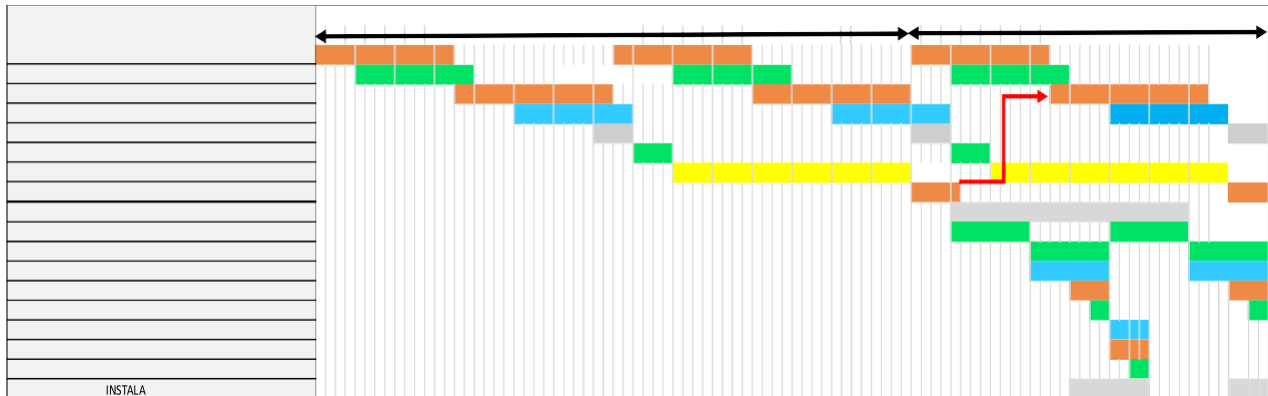
seleccionamos 4 programas representativos para mostrar el procedimiento con el cual llegamos a obtener por cada programa un punto que irá ubicado en la curva costo directo vs tiempo del proyecto. Estos programas han sido seleccionados manteniendo constante las demás variables en estudio para que la comparación tenga validez, es decir todos son para 2 sectores, 4 cuadrillas para encofrados, sin ritmo y sin acelerante en el sistema Aporticado. Se toma como línea base el programa que plantea la ejecución con encofrado de madera para todos sus elementos estructurales

Losa convencional con encofrado de madera de techos y columnas

Este programa muestra 15 días de duración por piso, lo que hace un total de 75 días en los 5 pisos, cifra a la que se suma los 9 días hasta el desencofrado del último piso, haciendo un total de 84 días para todo el casco rojo de la edificación. Para el casco gris la duración es 107 días.

Figura 46.

Programa del casco con encofrado de madera.



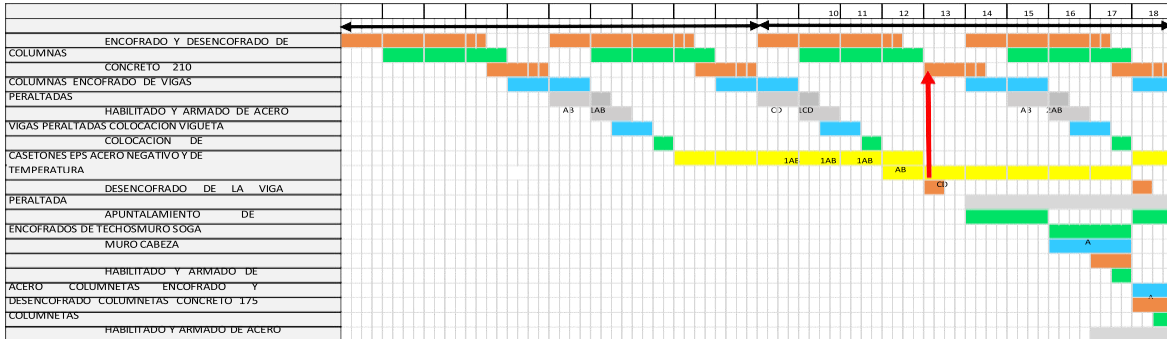
Nota: Elaboración propia.

Losa Vigacero con encofrado de madera de vigas y columnas

Este programa muestra 10 días de duración por piso, lo que hace un total de 50 días en los 5 pisos, cifra a la que se suma los 10 días hasta el desencofrado del último piso, haciendo un total de 60 días para todo el casco rojo de la edificación. Para el casco gris la duración es 83 días.

Figura 47.

Programa del casco con encofrado madera y Vigacero.



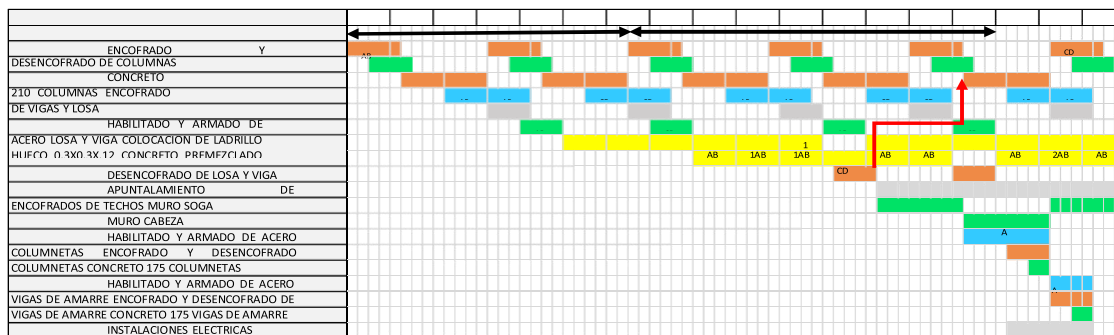
Nota: Elaboración propia.

Losa convencional con encofrado metálico de techos y columnas

Este programa muestra 6.5 días de duración por piso, lo que hace un total de 32.5 días en los 5 pisos, cifra a la que se suma los 8.5 días hasta el desencofrado del último piso, haciendo un total de 41 días para todo el casco rojo de la edificación. Para el casco gris la duración es 64 días.

Figura 48.

Programa del casco con encofrado metálico.



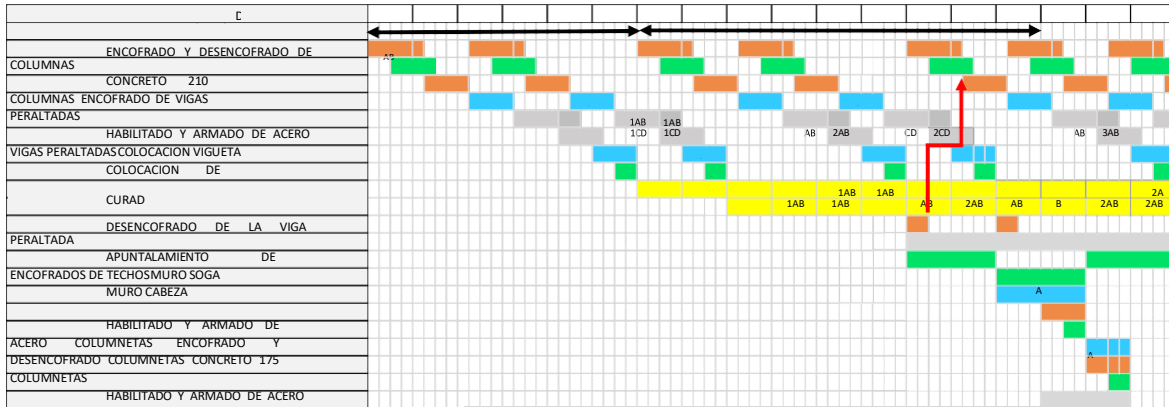
Nota: Elaboración propia.

Losa Vigacero con encofrado metálico de vigas y columnas

Este programa muestra 6 días de duración por piso, lo que hace un total de 30 días en los 5 pisos, cifra a la que se suma los 9 días hasta el desencofrado del último piso, haciendo un total de 39 días para todo el casco rojo de la edificación. Para el casco gris la duración es 62 días.

Figura 49.

Programa del casco con encofrado metálico y Vigacero.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 34.

Evaluación comparativa de losa con encofrado de madera, metálico y Vigacero

Descripción	Concreto Losa	Aceros Losa	Viguetas EPS/Ladrillo	Enc. de losa	Enc. de viga	Enc. de columna	Tarrajeo C.	Total	Variación con P1
P1 (Enc. Madera)	31090	3996 6	29876	5590 8	3234 5	76229	44235	S/309,64 9	S/0
P2(Vigacero madera)	21394	2521 3	125516	0	3234 5	76229	29288	S/309,98 5	S/336
P3 (Enc. Metalico)	31090	3996 6	29876	5469 6	3779 6	39105	44235	S/276,76 4	-S/32,885
P4(Vigacero metalico)	21394	2521 3	125516	0	4122 8	39105	29288	S/281,74 4	-S/27,905

Nota: Elaboración propia.

Del análisis costo-tiempo anterior se puede concluir que los menores costos se logran utilizando encofrados metálicos, pero los menores tiempos se obtienen utilizando el sistema.

Vigacero con encofrados metálicos, sin embargo, es necesario aclarar que si bien es cierto esta última alternativa es la más rápida el programa muestra discontinuidad en la ejecución de la mano de obra.

Análisis Comparativo de Programas en Ritmo para Duraciones de Fractura

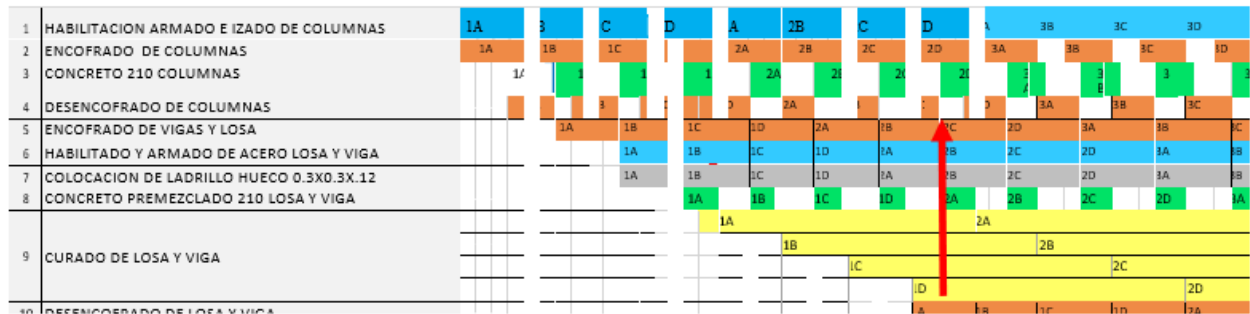
De las simulaciones presentadas en el anexo 4 se ha seleccionado un programa por cada uno de los tres sistemas estructurales, para las duraciones de fractura. Estas duraciones de tiempo de ejecución mínimo se han obtenido utilizando la programación a ritmo constante en trenes de trabajo, encofrados metálicos y concreto de alta resistencia para acelerar los desencofrados.

Programa en ritmo para el sistema aporticado

El programa de menor duración para el sistema aporticado se desarrolla para un módulo básico igual a un departamento, con $R=1$ (duración de una actividad por modulo básico); con lo que se obtiene 37 días de duración para el casco gris.

Figura 50.

Tren para el sistema aporticado.



Nota: Elaboración propia.

Programa en ritmo para el sistema de albañilería confinada

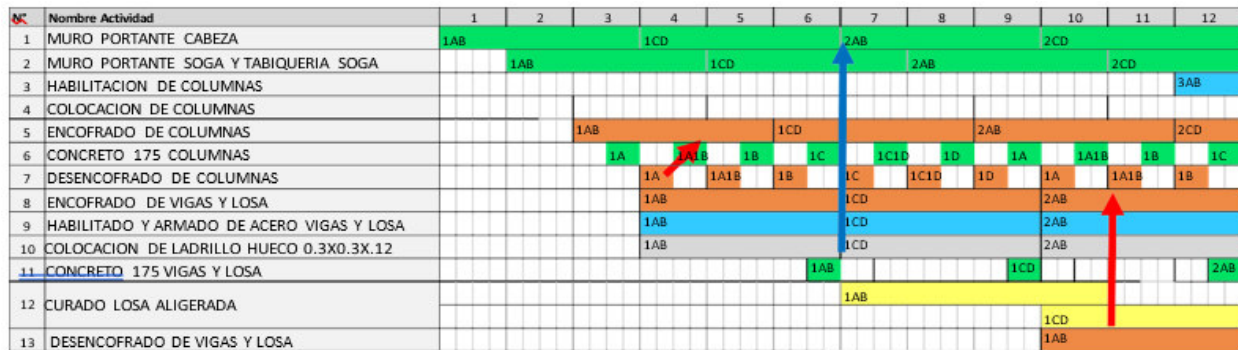
El programa de menor duración para el sistema de albañilería confinada se desarrolla para un módulo básico igual a dos departamentos, con $R=3$ (duración de una actividad por modulo básico); con lo que se obtiene 57 días de duración para el casco gris.

Se ha intentado plantear un programa con $R=1$ para un departamento que es la solución de menor duración desarrollada anteriormente para el sistema aporticado, sin embargo no se ha logrado analíticamente mantener el ritmo del proyecto por lo que esta alternativa ha quedado

descartada. Analizando la causa de ello se puede notar que el hecho que este sistema requiere que los muros de cabeza y sogá sean confeccionados antes del techo complica la ejecución de este programa manteniendo la continuidad de las actividades que requiere el ritmo.

Figura 51.

Tren para el sistema de albañilería confinada.



Nota: Elaboración propia.

Programa en ritmo para el sistema de muros de ductilidad limitada

El programa de menor duración para el sistema de ductilidad limitada se desarrolla para un módulo básico igual a dos departamentos, con R=3 (duración de una actividad por modulo básico); con lo que se obtiene 55 días de duración para el casco gris.

De forma similar al programa del sistema de albañilería confinada, se ha intentado plantear un programa con R=1 para un departamento, sin embargo tampoco se ha logrado conservar el ritmo. Analizando la causa de ello se debe a que la ejecución de los encofrados de muros constituye un cuello de botella por sus altos metrados, por lo que se ha desdoblado el encofrado de muros en dos actividades y se ha aumentado el R a 3 para dos departamentos

Figura 52.

Tren para el sistema de muros de ductilidad limitada.

Nombre Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO PARA MUROS	1AB			1CD			2AB			2CD		
2 ENCOFRADO METALICO DE MUROS 1		1AB			1CD			2AB			2CD	
3 ENCOFRADO METALICO DE MUROS 2			1AB			1CD			2AB			2CD
4 ENCOFRADO DE LOSA				1AB			1CD			2AB		
5 HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO VIGAS Y LOSA					1AB			1CD			2AB	
6 INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS					1AB			1CD			2AB	
7 CONCRETO 175 VIGAS Y LOSA Y MUROS						1A	1B		1C	1D		2A
8 CURADO DE CONCRETO TECHO							1A	1B			1D	
9 DESENCOFRADO DE MUROS 1							1AB			1CD		
10 DESENCOFRADO DE MUROS 2							1AB			1CD		
11 DESENCOFRADO DE VIGAS Y LOSA										1C		

Nota: Elaboración propia.

3.4.5. Análisis De Gastos Generales

Se presenta el análisis de gastos generales en función a la variable tiempo estructurados para una obra de 1500 m2 de área techada. Se han considerado los gastos fijos que no dependen del tiempo y los gastos variables que van incrementándose a medida que la obra se va alargando.

Tabla 35.

Gastos generales del proyecto.

GASTOS VARIABLES- RELACIONADOS CON EL TIEMPO DE EJECUCION							S/. 73,944.26
Código	Descripción	Unidad	Personas	% Particip	Meses	Sueldo/Jornal	Parcial
1	PERSONAL PROFESIONAL Y AUXILIAR					Sub Total	S/. 31,200.00
1.01	Ingeniero Residente de Obra	mes	1	100%	T	S/. 8,500.00	S/. 8,500.00
1.02	Administrador de Obra	mes	1	100%	T	S/. 4,000.00	S/. 4,000.00
1.03	Ingeniero de Seguridad	mes	1	100%	T	S/. 4,000.00	S/. 4,000.00
1.04	Ingeniero de producción y costos	mes	1	100%	T	S/. 4,000.00	S/. 4,000.00
1.05	Ingeniero Asistente Técnico de Obra	mes	1	100%	T	S/. 3,500.00	S/. 3,500.00
1.06	Guardian	mes	2	100%	T	S/. 2,400.00	S/. 4,800.00
1.07	Almacenero	mes	1	100%	T	S/. 2,400.00	S/. 2,400.00
2	SEGUROS					Sub Total	S/. 2,269.80
2.01	Seguro de accidentes de Trabajo SCTR	und	30	100%	T	S/. 75.66	S/. 2,269.80

3	BIENES DE CONSUMO					Sub total	S/. 270.00
3.01	Cartuchos de Tinta color Negro	mes	3	100%	T	S/. 30.00	S/. 90.00
	Cartuchos de Tinta tricolor (rojo, amarillo, azul)						
3.02		mes	3	100%	T	S/. 30.00	S/. 90.00
3.03	Memorias USB	mes	3	100%	T	S/. 30.00	S/. 90.00
4	COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES					Sub total	S/. 7,438.90
4.01	Combustible	Galón	30	100%	T	S/. 10.68	S/. 320.40
4.02	Alquiler de Camioneta 4x4 (incl. Conductor)	Días	30	100%	T	S/. 169.49	S/. 5,084.70
4.03	Alquiler de Camión	Días	10	100%	T	S/. 203.38	S/. 2,033.80
5	GASTOS FINANCIEROS			C.D		Sub total	S/. 28,649.23
5.02	Carta Fianza de fiel cumplimiento		10%	2,387,435.98	1.50%	2	S/. 7,162.31
5.03	Carta fianza adelanto directo		10%	2,387,435.98	1.50%	2	S/. 7,162.31
5.04	Carta fianza adelanto de materiales		20%	2,387,435.98	1.50%	2	S/. 14,324.62
6	OTROS SERVICIOS DE TERCEROS					Sub total	S/. 1,716.33
6.01	Copias de planos	mes	1	100%	T	S/. 250.00	S/. 250.00
6.02	Fotocopias	mes	1	100%	T	S/. 133.00	S/. 133.00
6.03	Diseño de mezclas	mes	1	100%	T	S/. 333.33	S/. 333.33
	Pruebas de Resistencia del Concreto	mes	1	100%	T	S/. 1,000.00	S/. 1,000.00
7	GASTOS DE ADMINISTRACION EN OFICINA CENTRAL						S/. 2,400.00
7.01	Gerente	Global	1	25%	T	S/. 12,000.00	S/. 3,000.00
7.02	Contador general	Global	1	25%	T	S/. 3,000.00	S/. 750.00
7.03	Logística para obras	Global	1	25%	T	S/. 2,000.00	S/. 500.00
7.04	Secretaría	Global	1	25%	T	S/. 1,500.00	S/. 375.00
	Local-oficina principal						
7.05	Conexión telefónica, internet y servicios.	Global	1	25%	T	S/. 600.00	S/. 150.00

7.06	Alquiler de oficina central	Global	1	25%	T	S/. 2,000.00	S/. 500.00
------	-----------------------------	--------	---	-----	---	--------------	------------

Materiales de uso

General

7.07	Útiles de oficina (papel bond, lapiceros, etc.)	Global	1	25%	T	S/. 500.00	S/. 125.00
------	-------------------------------------------------	--------	---	-----	---	------------	------------

GASTOS FIJOS - NO RELACIONADOS CON EL TIEMPO DE EJECUCION

S/. 39,600.60

8	EQUIPAMIENTO DE OFICINA					Sub total	S/. 4,200.00
8.01	Útiles de escritorio	UND	1			1,000.00	1,000.00
8.02	Mesas personales	UND	3			200	600
8.03	Sillas personales	UND	10			80	800
8.04	Estante de madera 0.50X1.60X1.76 MT.	UND	2			400	800
	Liquidación de Obra, tramites, y otros (Ing. Administrativo)	GLB	1			1,000.00	1,000.00

9	SEGUROS					Sub total	S/. 35,400.60
2.02	Examen Médico Ocupacional	und	30	100%		S/. 180.02	S/. 5,400.60
2.03	Seguro CAR	Global	1	100%		S/. 30,000.00	S/. 30,000.00

GASTOS GENERALES EMERGENCIA COVID

S/. 4,145.10

GASTOS VARIABLES- RELACIONADOS CON EL TIEMPO DE EJECUCION

S/. 3,901.00

01	PERSONAL PROFESIONAL Y AUXILIAR					Sub total	S/. 3,150.00
1.01	Licenciada Enfermería	mes	1	100%	T	S/. 3,000.00	S/. 3,000.00
3.03	Seguro Mas Vida	und	30	100%	T	S/. 5.00	S/. 150.00
2	BIENESDECONSUMO					Sub total	S/. 751.00
2.01	Mascarilla de protección	und	30	100%	T	S/. 1.00	S/. 30.00
2.02	Guantes de látex	und	10	100%	T	S/. 1.00	S/. 10.00
2.03	Camisa Jean Azul	und	1	100%	T	S/. 60.00	S/. 60.00

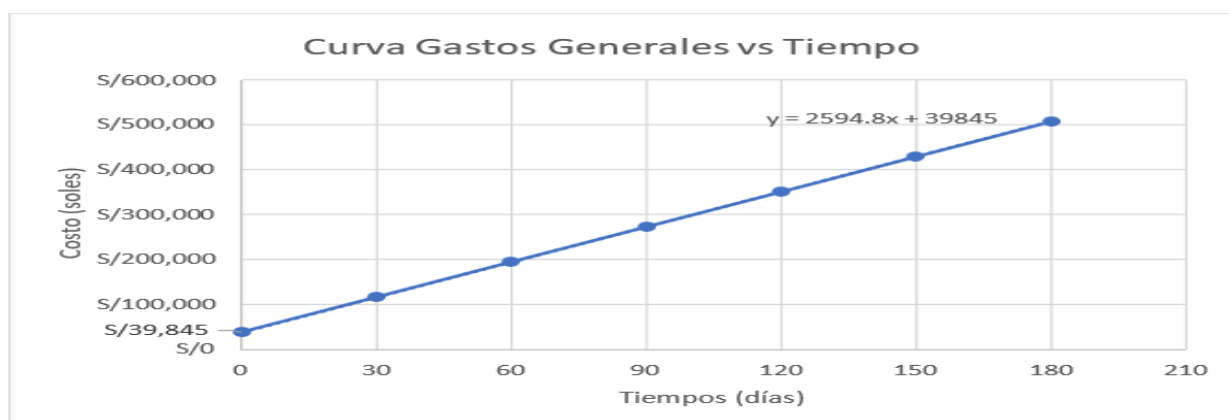
2.04	Pantalón Jean Azul	und	1	100%	T	S/. 80.00	S/. 80.00
	Uniforme laboral						
2.05	especialista de la	und	1	100%	T	S/. 120.00	S/. 120.00
	salud						
2.06	Mameluco de protección	und	2	100%	T	S/. 38.00	S/. 76.00
2.07	Lentes de seguridad antiparras	und	1	100%	T	S/. 35.00	S/. 35.00
2.08	Protector careta facial, full face	und	1	100%	T	S/. 40.00	S/. 40.00
2.09	Gastos farmacéuticos	und	1	100%	T	S/. 300.00	S/. 300.00
GASTOS FIJOS - NO RELACIONADOS CON EL TIEMPO DE EJECUCION							S/. 244.10
Código	Descripción	Unidad	Personas	% Particip	Meses	Sueldo/Jornal	Parcial
3	EQUIPAMIENTO DE OFICINA						S/. 244.10
3.01	Útiles de escritorio	UND	1			S/. 244.10	244.1
TOTAL DE DESCONSOLIDADO DE GASTOS GENERALES							S/. 117,689

Nota: Elaboración propia.

Se presenta la curva de gastos generales versus tiempo según la cual la velocidad de crecimiento de los gastos generales es de S/2594 por cada día de obra transcurrido.

Figura 53.

Curva de gastos generales versus tiempo.



Nota: Elaoración propia.

IV. RESULTADOS

Evaluación Comparativa Losa Convencional vs Losa no Convencional

En el anexo 6 se presentan los cálculos estructurales tanto en el sistema convencional con losa aligerada como con el sistema Vigacero. La reducción de la carga muerta de las losas genera que el peso sísmico considerando losas tradicionales (bloques de arcilla y concreto) es de 743.67 tonf y con el sistema de losas Vigacero el peso sísmico será de 593.40.

Al cambiar de losa aligerada a losa Vigacero, se genera una reducción del peso sísmico de la estructura, de un 21.2%. Esta reducción del peso sísmico trae como consecuencia la disminución de las secciones de vigas y columnas con el consiguiente ahorro de volumen de concreto, así mismo también se llega a una reducción de la cantidad de acero en vigas, columnas y zapatas.

Esto se traduce después de hacer el rediseño del edificio en los siguientes resultados:

Tabla 36.

Secciones y aceros de columnas.

Sistema constructivo	Secciones de columnas			Acero de Columnas		
	C1	C6	C7	C1	C6	C7
Convencional	70X70X25	25 X	80X60X25		4φ3/4+	10φ3/4+
	X25	70	X25	12φ3/4	4φ5/8	4φ5/8
no convencional	60X60X25	25 X	60X60X25	4φ3/4+	4φ3/4+	6φ3/4+
	X25	50	X25	8φ5/8	4φ5/8	4φ5/8

Nota: Elaboracion Propia

Tabla 37.*Secciones y acero de vigas.*

Sistema constructivo	Secciones de vigas		Acero de vigas		
	V3	V4	V1,V2	V3,4	
			As-	As-	As+
Convencional	25X40	25X50	3 ϕ 3/4	2 ϕ 3/4+1 ϕ 5/8	2 ϕ 5/8+1 ϕ 1/2
No convencional	25X30	25X40	2ϕ3/4+1ϕ5/8	2ϕ5/8+2ϕ1/2	2ϕ1/2

Nota: Elaboracion Propia

En el proyecto en estudio se ha mantenido el espesor de la losa en 20 cm tanto en la losa aligerada como en la losa no convencional a fin de no variar las alturas de la edificación indicadas en la arquitectura. Además, el tener una losa Vigacero de 20 cm permita una adecuada instalación de las tuberías de desagüe de 4". Sin embargo, el diseño del espesor de la losa según la ficha técnica del fabricante arroja a nuestro proyecto un valor de $h=15$ cm. Por lo tanto, una solución alterna que se propone sería usar en todo el edificio este espesor de 15 cm y solo en la zona de baños y cocina donde hay instalaciones sanitarias utilizar un espesor de 20 cm, esta diferencia de espesores de losa es factible constructivamente y arquitectónicamente se disimularía con los dinteles de ingreso a dichos ambientes.

De considerar este menor espesor de 15 cm para la losa no convencional, la disminución del peso sísmico entre la losa convencional y no convencional se ampliaría a 170tonf y por lo tanto el ahorro en costos del proyecto aumentaría a un 3%.

Costos Directos

Se presenta los costos directos desglosados para los tres sistemas estructurales que conforman los presupuestos que se encuentran en el anexo 3.

Tabla 38.

Disgregado de costos directos por sistema estructural.

	Aporticado	Albañinería Confinada	MDL
Obras provisionales	S/20,441	S/20,441	S/20,441
Cimentación	S/163,004	S/101,791	S/81,505
Casco gris	S/1,177,757	S/1,024,276	S/949,484
Acabados secos	S/918,069	S/918,069	S/918,069
Escalera	S/74,880	S/74,880	S/74,880
Acabados Escaleras	S/33,284	S/33,284	S/33,284
Total	S/2,387,436	S/2,172,741	S/2,077,663

Nota: Elaboracion Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior se ha mantenido constante en los tres presupuestos los costos de obras provisionales, escaleras y acabados secos considerando que estos no varían al cambiar el sistema estructural.

Para las simulaciones más representativas se presentan las variaciones de sus costos directos por cada sistema estructural tomando en cuenta la influencia de los encofrados metálicos y empleo de concreto de alta resistencia en losas y vigas.

Tabla 39.

Costo directo con encofrado metálico y concreto de alta resistencia en vigas y losa.

	Programas	Costo total base de encofrado	Costo total metálico	Diferencia	Costo Directo	Costo Directo con C° alta resistencia	Tiempo
APOR	4 sect. con 2 cuad	S/164,455	S/116,570	-S/47,886	S/2,339,550	S/2,346,646	73
	1 sect. con 4 cuad.	S/164,455	S/142,579	-S/21,877	S/2,365,559	S/2,372,655	73
	1 sect. con 5 cuad.	S/164,455	S/142,579	-S/21,877	S/2,365,559	S/2,372,655	66
	1 sect. con 6 cuad.	S/164,455	S/142,579	-S/21,877	S/2,365,559	S/2,372,655	57
	2 sect. con 4 cuad.	S/164,455	S/131,597	-S/32,859	S/2,354,577	S/2,361,673	59

	Vigacero	S/164,455	S/80,334	-S/84,122	S/2,303,314	S/2,310,410	57
	Aporticado con ritmo	S/164,455	S/132,534	-S/31,922	S/2,355,514	S/2,362,610	45
	2 sect. Con 2 cuad. sin acl.	S/141,947	S/107,696	-S/34,251	S/2,138,490	S/2,138,490	89
	2 sect. Con 2 cuad. con acl.	S/141,947	S/101,347	-S/40,600	S/2,132,141	S/2,137,431	86
	2 sect. Con 3 cuad. sin acl.	S/141,947	S/105,437	-S/36,510	S/2,136,231	S/2,136,231	70
	2 sect. Con 3 cuad.) con acl.	S/141,947	S/98,621	-S/43,326	S/2,129,415	S/2,134,705	67
	4 sect. Con 2 cuad. sin acl.	S/141,947	S/99,594	-S/42,353	S/2,130,389	S/2,130,389	88
	4 sect. Con 2 cuad. con acl.	S/141,947	S/96,739	-S/45,208	S/2,127,533	S/2,132,823	85
	Con ritmo R=1	S/141,947	S/112,850	-S/29,097	S/2,143,644	S/2,148,934	-
	Con ritmo R=3 Modulo un pabellón	S/141,947	S/113,823	-S/28,124	S/2,144,617	S/2,149,907	57
	MDL(1 sect. Con 5 cuad) sin acl.	S/196,017	S/227,530	S/31,513	S/2,109,176	S/2,109,176	91
	MDL(1 sect. Con 5 cuad) con acl.	S/196,017	S/226,049	S/30,032	S/2,107,695	S/2,115,684	88
	MDL(1 sect. Con 4 cuad) sin acl.	S/196,017	S/226,049	S/30,032	S/2,107,695	S/2,107,695	106
	MDL(1 sect. Con 4 cuad) con acl.	S/196,017	S/228,401	S/32,384	S/2,110,047	S/2,118,036	103
	MDL(2 sect. Con 5 cuad) sin acl.	S/196,017	S/236,187	S/40,170	S/2,117,833	S/2,117,833	99
	MDL(2 sect. Con 5 cuad) con acl.	S/196,017	S/193,364	-S/2,653	S/2,075,010	S/2,082,999	96

ALB. CONFINADA

MDL

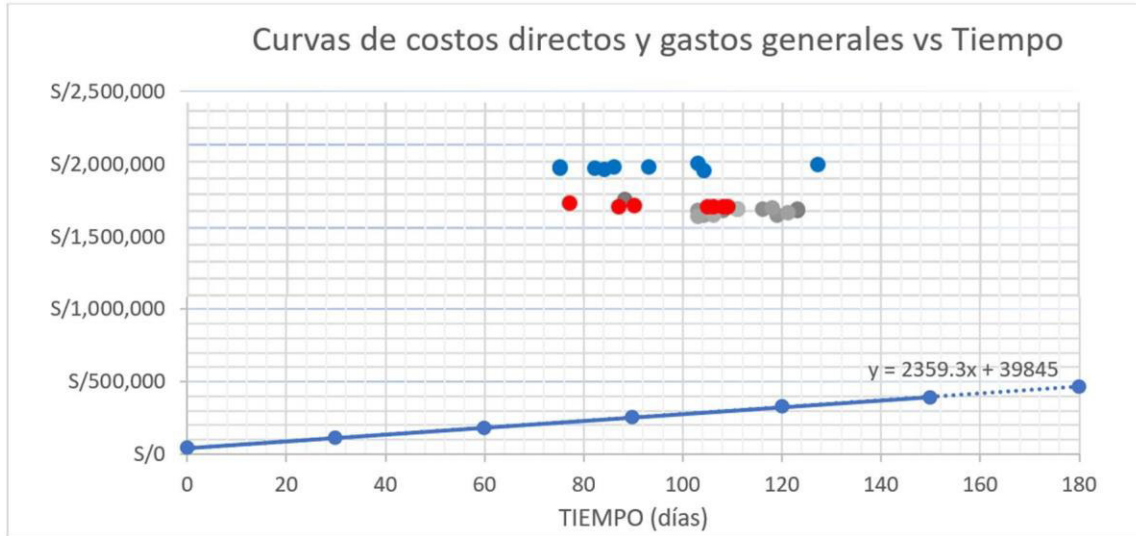
MDL(2 sect. Con 4 cuad) sin acl.	S/196,017	S/226,751	S/30,733	S/2,108,397	S/2,108,397	84
MDL(2 sect. Con 4 cuad) con acl.	S/196,017	S/191,714	-S/4,304	S/2,073,360	S/2,081,349	83
MDL(4 sect. Con 5 cuad) sin acl.	S/196,017	S/241,747	S/45,730	S/2,123,394	S/2,123,394	86
MDL(4 sect. Con 5 cuad) con acl.	S/196,017	S/206,023	S/10,006	S/2,087,670	S/2,095,659	83
MDL(4 sect. Con 4 cuad) sin acl.	S/196,017	S/196,017	S/0	S/2,077,663	S/2,077,663	101
MDL(4 sect. Con 4 cuad) con acl.	S/196,017	S/196,017	S/0	S/2,077,663	S/2,085,652	98
MDL con ritmo R=2	S/196,017	S/224,845	S/28,828	S/2,106,491	S/2,114,480	-
MDL con ritmo R=3	S/196,017	S/227,272	S/31,255	S/2,108,918	S/2,116,907	55
MDL con ritmo R=3 Modulo un pabellon	S/196,017	S/287,504	S/91,487	S/2,169,151	S/2,177,140	62

Nota: Elaboración propia.

Para los tres sistemas estructurales se presentan en un solo grafico los puntos de costos directos y la curva de gastos generales. Los puntos de color azul representan las simulaciones asociadas al sistema Aporticado, los puntos de color rojo representan las simulaciones del sistema de Albañilería Confinada y los puntos plomos representan las simulaciones del sistema de Muros de Ductilidad Limitada.

Figura 54.

Curva de costos directos y gastos generales vs tiempo



Nota: Elaboración propia.

Costos totales

Para cada sistema estructural se han seleccionado las tres simulaciones más representativas, una con menor duración en programación rítmica y dos arrítmicas. Así mismo se están considerando la duración total del proyecto desde el inicio hasta su total termino en base a los programas presentados en M.S. Project que se adjuntan en el anexo 7. Para la obtención de un costo total integral se incluye el I.G.V.

Finalmente se obtiene el costo de construcción por m2 de área techada para lo que se ha dividido el costo total del proyecto entre sus 1502 m2 de área techada.

Tabla 40.

Costos totales según sistema estructural.

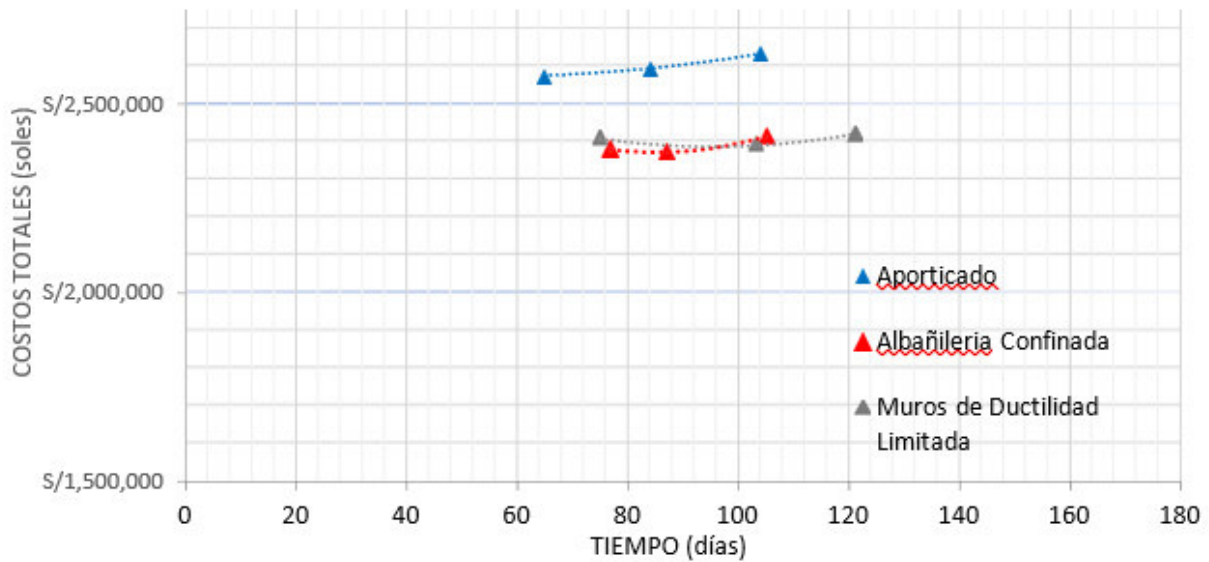
Duración	Costo directo	Gastos generales	Costos totales	Costos totales + IGV	Costo por m2 de área techada
----------	---------------	------------------	----------------	----------------------	------------------------------

Muros de Ductilidad Limitada	75	S/2,177,140	S/216,793	S/2,409,770	S/2,843,528	S/1,892.91
	103	S/2,108,397	S/282,853	S/2,391,250	S/2,821,675	S/1,878.36
				S/2,420,979		
Aporticado	121	S/2,095,659	S/325,320		S/2,856,755	S/1,901.71
	65	S/2,362,610	S/193,200	S/2,555,809	S/3,015,855	S/2,007.63
	84	S/2,354,551	S/238,026	S/2,592,577	S/3,059,241	S/2,036.51
	104	S/2,346,646	S/285,212	S/2,631,858	S/3,105,593	S/2,067.36
Albañilería Confinada	77	S/2,150,740	S/221,511	S/2,381,590	S/2,810,276	S/1,870.77
	87	S/2,129,415	S/245,104	S/2,374,519	S/2,801,932	S/1,865.22
	105	S/2,127,533	S/287,572	S/2,415,104	S/2,849,823	S/1,897.10

Nota: Elaboración propia.

Figura 55.

Curvas de costos totales versus tiempo para los tres sistemas estructurales.



Nota: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Sobre la comparación de costos directos entre alternativas estructural se ha obtenido que con respecto al sistema aporticado, la albañilería confinada tiene un 9.8% de menor costo y la de muros de ductilidad limitada un 14.8 % de menor costo. Esto se debe a que el sistema aporticado tiene una cimentación 59% mas costosa, por las zapatas y vigas de cimentación, que el sistema de albañilería confinada que solo tiene cimientos corridos. En el caso del casco gris el sistema aporticado tiene un costo 14.9% mayor por las columnetas, vigas de amarre y mayor sección de columnas que el de albañilería confinada. Sin embargo con el empleo de alternativas no convencionales como el sistema vigacero se logra reducir el costo directo en el sistema aporticado en 3.1%

Sobre la comparación de tiempos de ejecución y en igualdad de condiciones de las variables, utilizando encofrados metálicos en todos los casos, se obtiene que el sistema aporticado resulta ser el más rápido, el de muros de ductilidad limitada es 15.3 % más y en albañilería confinada se tiene 18.5 % más de duración. Esto se debe a que el sistema aporticado se ejecuta con el mínimo de actividades (los muros se hacen después) y el proceso constructivo es solo columnas-techo, mientras que el de albañilería confinada tiene mas actividades porque el proceso constructivo es muros-columnas-techo y en el sistema de muros de ductilidad limitada si bien el proceso constructivo es muros-techo, los muros son un cuello de botella por su alto metrado.

Al comparar las estrategias de programación de un sector contra dos sectores en igualdadde condiciones de todas las demás variables, se comprueba que la duración del casco se ha reducidode 65 a 56 días (para 6 cuadrillas unitarias), lo que significa tener una reducción de 9 días.

Podemos generalizar indicando que, a mayor número de pisos de un proyecto de edificación, la diferencia en días se incrementa entre utilizar 1 sector o utilizar 2 sectores. Sin

embargo al comparar la programación de 2 sectores con la de 4 sectores, no se produce una reducción en la reducción del proyecto, pero si disminuye el área de encofrados requeridos de 350 m² a 262 m². Esto se debe a que cuando se tiene un solo sector el avance es más lento porque se tiene un solo vaciado para todo el techo del piso, en cambio cuando se ejecuta con 2 sectores los resultados son muy cercanos cuando se tiene 4 sectores porque en ambos casos al partirse los vaciados de techo se inicia más tempranamente los fraguados de concreto.

Al utilizar encofrado metálico el número de cuadrillas es la variable que debe reducirse a un número promedio de 2 y no es razonable reducir la duración de las actividades, toda vez que están han llegado a un mínimo de uno para encofrados columnas y de dos para encofrado techos.

Para caso del empleo de ritmo constante la duración del proyecto como se esperaba se reduce significativamente, la duración de las actividades productivas de 54 a 27 días al comparar el programa con R=1 con el programa con R=2. Además, se requeriría mayor cantidad de encofrados y mayor cantidad de mano de obra

Sobre la comparación entre losa aligerada y losa Vigacero:

Al cambiar la losa aligerada a losa Vigacero, se genera la reducción del peso sísmico de la estructura, esto indica una reducción del peso sísmico del 21.2% en comparación a las losas convencionales.

Esta reducción del peso sísmico trae como consecuencia la disminución de las secciones de vigas y columnas, tal como se muestra en el ítem anterior, así mismo también se llega a una reducción de la cantidad de acero en vigas, columnas y zapatas.

En el proyecto en estudio se ha mantenido el espesor de la losa en 20 cm tanto en la losa aligerada como en la losa no convencional a fin de no variar las alturas de la edificación indicadas en la arquitectura. Además, el tener una losa Vigacero de 20 cm permite una adecuada instalación

de las tuberías de desagüe de 4' en los baños. Sin embargo, el diseño del espesor de la losa según la ficha técnica del fabricante arroja a nuestro proyecto un valor de $h= 15$ cm. Por lo tanto, una solución alterna que se propone sería usar en todo el edificio este espesor de 15 cm, y solo en la zona de baños y cocina donde hay instalaciones sanitarias utilizar un espesor de 20 cm, esta diferencia de espesores de losa es factible constructivamente y arquitectónicamente se disimularía con los dinteles de ingreso a dichos ambientes.

De considerar este menor espesor de 15 cm para la losa no convencional, la disminución del peso sísmico entre la losa convencional y no convencional se ampliaría a 170tonf y por lo tanto el ahorro en costos del proyecto aumentaría a un 3%.

VI. CONCLUSIONES

- Relacionado con el objetivo específico: “Determinar las curvas costo–tiempo por cada unidad estructural considerando la influencia de la constructibilidad”, en base a la definición de dichas curvas se obtuvieron las siguientes conclusiones: Con el empleo del concreto premezclado en todas las unidades estructurales hay una reducción costo-tiempo comparado con el concreto preparado en obra. Con el empleo de los encofrados metálicos se obtiene una reducción de tiempo en todas las unidades estructurales. En costos hay una reducción al 50% en el caso de encofrados metálicos con respecto a columnas. En vigas y losas los costos con ambas alternativas son similares. En todas las unidades estructurales se logra una reducción del 30% en los costos con encofrado comprado con respecto al alquilado. Para cualquiera de los tres sistemas estructurales el costo del acero dimensionado sale menor que el costo del acero habilitado y colocado en obra.
- Relacionado con el objetivo específico: “Obtener las curvas costo-tiempo de la obra para los tres sistemas estructurales y considerando todas las combinaciones de los factores operacionales de construcción”, en base a dichas curvas se obtuvieron las siguientes conclusiones: Los sistemas no convencionales de losas no suben los costos directos del proyecto significativamente, son costos similares al sistema convencional y en algunos casos menores. La curva de costos totales demuestra que en los tres sistemas estructurales es conveniente ejecutar el casco rojo del proyecto en el menor tiempo posible, debido que la pendiente de crecimiento de los gastos generales es mayor que la pendiente de crecimiento del casco rojo.
- Relacionado con el objetivo específico: “Definir el sistema estructural más conveniente en función a la comparación de los indicadores costo-tiempo de la obra”, se obtuvieron las

siguientes conclusiones: El sistema aporticado si bien tiene los costos directos más altos tiene la ejecución más rápida. Los otros dos sistemas estructurales tienen sus duraciones muy próximas. Si bien es cierto la albañilería confinada es más costosa que los muros de ductilidad limitada, por su cercanía de valores se puede revertir esta relación utilizando encofrados metálicos y algunos de los sistemas no convencionales.

- Relacionado con el objetivo general: “Evaluar la influencia de la constructibilidad en la definición del sistema estructural más conveniente de un edificio de vivienda según el análisis costo – tiempo”, se obtuvieron las siguientes conclusiones: El avance tecnológico de los sistemas no convencionales y la competitividad entre las empresas que los producen, abaratan los costos de producción de estos sistemas y los hacen competitivos al compararlos con el sistema convencional. Si en la fase de diseño evaluamos la decisión del empleo de sistemas no convencionales, como el caso de Vigacero en nuestro proyecto, se debe hacer un recalcu de diseño de todos los elementos estructurales de nuestro proyecto aplicando el concepto de constructabilidad y ello ha permitido reducir secciones y cantidades de acero en las columnas, vigas y zapatas usando el sistema de Vigacero. Como consecuencia se ha logrado bajar los costos que en nuestro caso es 1.5% del costo directo del proyecto. Si en la fase de construcción evaluamos la decisión del empleo del sistema Vigacero en nuestro proyecto, la losa utilizando este sistema resulta prácticamente de igual costo que la losa con el sistema convencional aligerado, ello dejando en claro que para nuestro caso la losa Vigacero no requeriría apuntalamiento por tener luces iguales o menores a 3m. Para los casos usuales de proyectos de edificación en los que las luces son mayores a 3m, se tendrá que considerar el costo de reapuntalamiento con el que la alternativa Vigacero resultaría más costosa que la alternativa de losa aligerada. Se puede concluir que el uso del encofrado metálico en vez del de madera

en obras de edificación produce un ahorro significativo, así en nuestro caso para el sistema Aporticado en promedio fue de S/42,000 y para el sistema de Albañilería Confinada en promedio fue S/41,000. Esto se debe al mayor número de usos que se le da encofrado metálico comparado al encofrado de madera. Los programas sin ritmo mostrados demuestran que los encofrados de columnas tienen después de cada uso tiempos prolongados de para sin uso, lo que genera un incremento del costo que en el caso de tratarse de programas con ritmo no se produce, debido a que en este tipo de estrategias de planificación hay un uso continuo de dichos encofrados. Situación diferente se produce en los casos de encofrados de losa y vigas, toda vez que las simulaciones analizadas demuestran que tienen un uso continuo a lo largo de la obra independientemente si están con o sin ritmo, es decir se programa partiendo de la premisa de darle continuidad de uso a los encofrados utilizándolos inmediatamente después de desencofrarlos. En los sistemas aporticado y albañilería confinada, se han comparado entre encofrados de madera y metálicos, pero en el caso de sistema de muros de ductilidad limitada se ha analizado solo el uso del encofrado metálico porque el alto metraje que tienen los encofrados de muros requiere de una mayor producción diaria para un adecuado avance y ello se logra utilizando encofrados metálicos. Comparando los programas de los sistemas de aporticado y de albañilería confinada, se puede concluir que en albañilería confinada los muros efectuados antes que las columnas afectan menos al programa que lo que afectan al programa en aporticado que cuando se ejecutan después, ello debido a la necesidad de programar las columnas y vigas de amarre. Si se utilizan alternativas no convencionales y trenes de trabajo se logra reducir la duración del proyecto sin que ello lleve a un incremento significativo de los costos directos, toda vez que se ha demostrado que los sistemas no convencionales no representan incrementos sustanciales de costos. La reducción de la duración de una actividad

dentro de un fast tracking no aporta a la reducción de la duración de la obra y en algunos casos contradictoriamente hasta la puede alargar. Para conseguir realmente la reducción de la duración del proyecto se tiene que reducir proporcionalmente todas las actividades traslapadas que conforman esa unidad estructural. Aumentar el número de cuadrillas conlleva que las duraciones de las actividades sean más cortas y para darle continuidad a la mano de obra tendremos que considerar llevar a la obra más cantidad de encofrados. El uso del acelerante reduce la duración del proyecto en 3 días. Mientras más cuadrillas el acelerante de fragua ayuda a llevar menos encofrado de obra. En el caso de no usar acelerante tenemos que llevar más encofrado de techo. Con encofrado metálico las duraciones de los encofrados se reducen a menos de la mitad y para darle continuidad tendríamos que llevar en promedio dos pisos de encofrado de techo.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que cada vez que se inicie un proyecto, en las etapas más tempranas del mismo, se desarrolle una evaluación comparativa costo-tiempo con el método propuesto en este trabajo de investigación a fin de tomar las mejores decisiones
- Se recomienda aplicar el método presentado al estudio de otras edificaciones de mediana altura con características similares por ejemplo con valores cercanos de números de pisos, afin de tener más puntos de referencia costo-tiempo y de esta forma poder generalizar y darles mayor validez a los resultados. Este trabajo de investigación ha comparado los sistemas estructurales Aporticado, Albañilería Confinada y Muros de Ductilidad Limitada, sin embargo, se recomienda ampliar el horizonte comparativo incluyendo el sistema dual.
- Se recomienda estudiar otras variables que influyen en los factores operacionales de construcción como son los riesgos. Para el análisis costo-tiempo de un proyecto de construcción, como el planteado en este trabajo de investigación, se recomienda analizar la posible aplicación del software LINDO (Linear, INteractive, and Discrete Optimizer) que es un paquete de optimización de programación lineal. Aplicando constructabilidad se recomienda hacer el recalcu lo estructural de un proyecto utilizando losas no convencionales, no solo para el sistema aporticado, como se ha realizado en el presente trabajo, sino para los otros sistemas estructurales a fin de que la comparación de los tres sistemas sea integral en la búsqueda de minimizar costos.

VIII. REFERENCIAS

- Ageyi, W. (2015). Project Planning And Scheduling Using PERT And CPM Techniques With Linear Programming: Case Study. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 4(8).
- Alejo, F. (2018). *Propuesta de productividad por constructabilidad del proyecto Ocean Reef de cinco pisos y dos sótanos en San Bartolo* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio institucional de la Universidad San Martín de Porres. [oai:repositorio.usmp.edu.pe:20.500.12727/3979](https://repositorio.usmp.edu.pe/20.500.12727/3979)
- Anaya, O. y Inga, M. (2019). Aplicación de sectorización para una mejora de la rentabilidad en la obra zona minorista Unicachi en Comas, Año 2019 [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional de la Universidad Ricardo Palma. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2603>
- Asenjo, E. (2022). Análisis Comparativo de Costos y Tiempo Entre Sistemas Estructurales Aporticado y Albañilería Confinada de una Edificación en el Distrito de Jaén - 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Jaén. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/452>
- Asociación de Investigación de la Industria de la Construcción. (1983). *CIRIA*.
- Cáceres, A. (2017) Análisis de costos, diseño sismorresistente- estructural comparativo entre los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería estructural de un edificio multifamiliar [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2436>

- Calavera, J. (1995). Proyectar y controlar proyectos. *Revista de obras públicas*, 3346.
- Calsina, W. y Mamani, G. (2021). *Análisis comparativo estructural entre una vivienda multifamiliar bajo el sistema de muros de ductilidad limitada y aporricado en tacna 2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio institucional de la Universidad Privada de Tacna. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/1759>
- Chema. (2021). *Aditivo acelerante de fragua para morteros y concretos*. Recuperado 11 de agosto de 2021, de <http://www.chema.com.pe/construccion/aditivos-para-concreto/acelerantes/>
- Delgado, J. (2020) *Análisis comparativo del costo y tiempo de construcción entre el sistema de albañilería confinada y el sistema de muros de ductilidad limitada aplicados a un edificio multifamiliar de 5 niveles* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12183>
- Gómez, F. (2012). *Análisis y diagnóstico de los componentes de la constructabilidad y evaluación para su aplicabilidad en Chile*. Chile.
- Hernández, R., Fernández, R., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw - Hill.
- Neyra, A. (2021). Implementación de la constructabilidad del cronograma de obra para la reducción de reclamos en proyectos de construcción fast-track: caso de estudio proyecto de construcción de una planta industrial en Arequipa [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Institucional - UNSA
- Ñaca, D. (2017) *Análisis comparativo de costos para los sistemas estructurales aporricado dual y albañilería confinada de un edificio de departamentos en la ciudad de puno* [Tesis de

- licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8726>
- Orihuela, P., y Orihuela, J. (2003). *Constructabilidad en pequeños proyectos inmobiliarios*. Perú: VII Congreso Iberoamericano de Construcción y Desarrollo Inmobiliario .
- Project Managment Institute. (2017). guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). (4ª ed.). Global standard
[https://www.sadamweb.com.ar/news/2016_08Agosto/Guia Fundamentos para la Direccion de Proyectos-4ta Edicion.pdf?PMBOX=http://www.sadamweb.com.ar/news/2016_08Agosto/Guia Fundam](https://www.sadamweb.com.ar/news/2016_08Agosto/Guia_Fundamentos_para_la_Direccion_de_Proyectos-4ta_Edicion.pdf?PMBOX=http://www.sadamweb.com.ar/news/2016_08Agosto/Guia_Fundam)
- Resolucion ministerial n° 005-2019-vivienda, modifícase la norma técnica A.030” hospedaje”. (10 de enero de 2019). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/285665/RM_-_005-2019-VIVIENDA.pdf?v=1547474333
- Rodriguez , W. (2013). Gerencia de construcción y del tiempo- costo . Lima: Macro.
- Rosales, F. (2018). Desarrollo de software para la compresión de redes en la relación tiempo – costo en la construcción [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional de la UNI. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/17178>
- Rostman, S. (1992). Tecnología moderna de durabilidad. Cuadernos Intemac, 5.
- Serpell, A. (2002). Administración de Operaciones de Construcción.
- Shrestha, K. y Shrestha, P. (2016). Optimization of Project Schedule Crashing. Construction Research Congress 2016. Published. <https://doi.org/10.1061/9780784479827.072>

Arcotecho peru SAC.(2018). Sistema de Losa aligerada con viguetas de acero. Vigacero

[cuadro] https://vigacero.pe/wp-content/uploads/2018/10/Manual-T%C3%A9cnico-Vigacero-2018_web.pdf

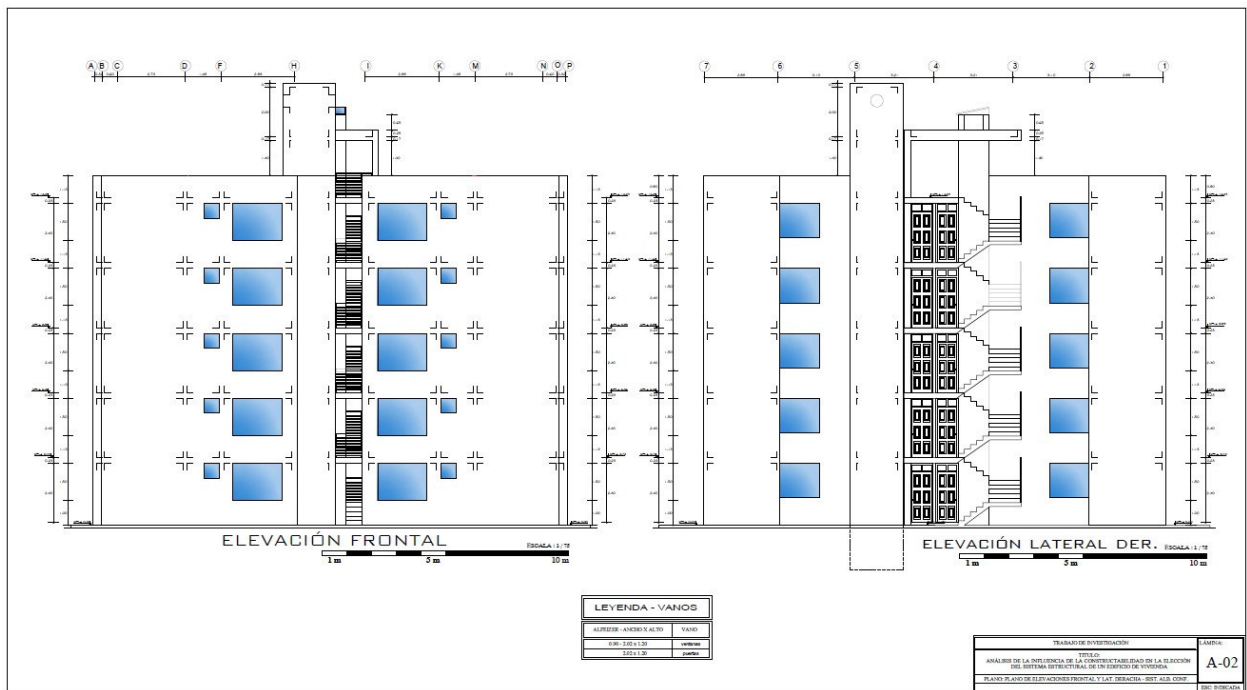
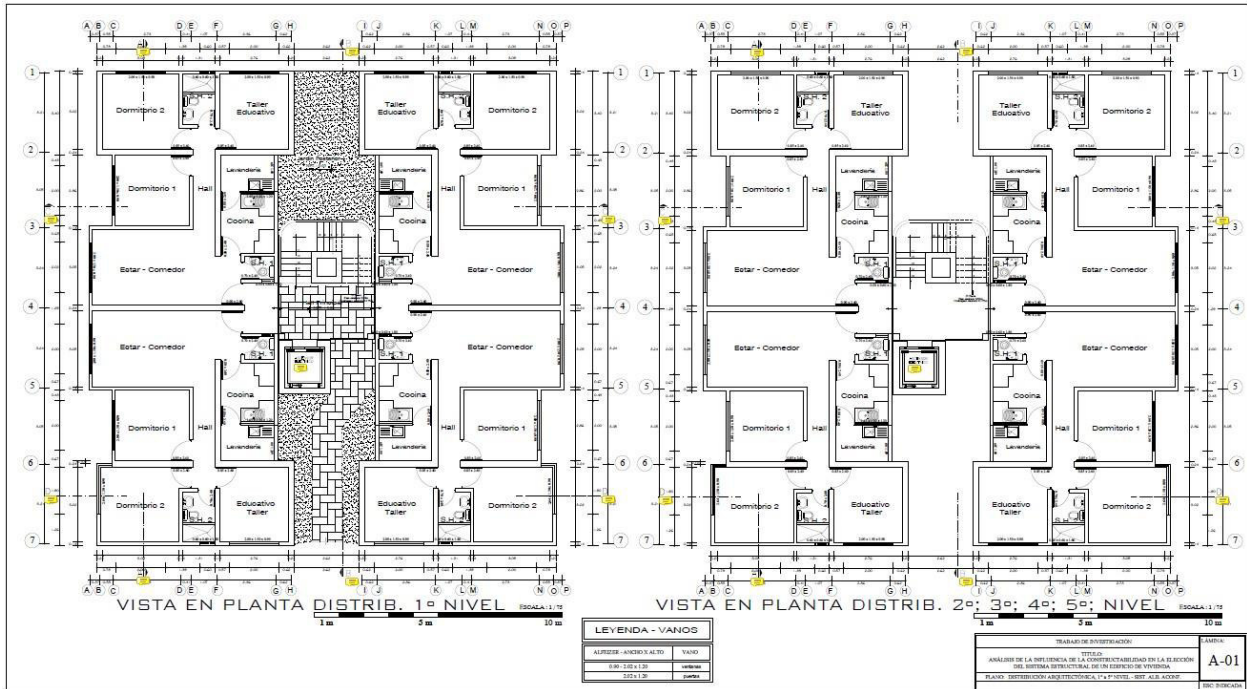
Vipret. (s. f.). Calculo de los momentos admisibles para determinar el tipo de entresijos.

Pesos por m² de losa pretensada [Cuadro] <https://vipret.wixsite.com/vipret/informacion-tecnica-vipret>

IX. ANEXOS:

Anexo A

Planos del proyecto:



Anexo B

Costos unitarios del proyecto:

Partida 1.1 CONCRETO LOSA ALIGERADA F'C= 210 KG/CM2							
Rendimiento	m3/DIA	25			Costo unitario directo por : m3		369.87
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
	CAPATAZ		hh	0.2	0.064	28.19	1.8
	OPERADOR EQUIPO LIVIANO		hh	2	0.64	24.3	15.55
	OPERARIO		hh	2	0.64	23.49	15.03
	OFICIAL		hh	2	0.64	18.57	11.88
	PEON		hh	12	3.84	16.79	64.47
							108.73
Materiales:							
	CEMENTO PORTLAND TIPO I		Bt1		9.2	18.92	174.06
	ARENA GRUESA		m3		0.5	48.31	24.16
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"		m3		0.8	54.15	43.32
	AGUA (CISTERNA)		m3		0.18	6	1.08
	ACEITE MOTOR		gl		0.01	37.41	0.37
	GRASA MULTIPLE		lb		0.008	10.38	0.08
	GASOLINA 84 OCTANOS		gl		0.12	15.56	1.9
							244.94
Equipos							
	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11-12 P3		hm	1	0.32	26.21	8.39
	VIBRADOR DE CONCRETO GASOLINA 5 HP		hm		0.32	7.42	2.37
	HERRAMIENTAS MANUALES		%M.O.		0.05	108.75	5.44
							16.20

Partida 1.2 LADRILLO HUECO ARCILLA h=15 cm							
Rendimiento	und/DIA	1600.00			Costo unitario directo por : m3		3.08
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0005	28.19	0.01
	PEON		hh	10.0000	0.0500	16.79	0.84
							0.85
Materiales:							
	LADRILLO PARA TECHO		und		1.0000	2.20	2.2
							2.2
Equipos:							
	HERRAMIENTAS MANUALES		%M.O.		0.0300	0.99	0.030
							0.030

Partida 1.3	ACERO CORRUGADO FY=4200 KG/CM2						
Rendimiento	kg/DIA	260.00			Costo unitario directo por : m3	6.09	
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
CAPATAZ			hh	0.1000	0.0031	28.19	0.09
OPERARIO			hh	1.0000	0.0308	23.49	0.72
OFICIAL			hh	1.0000	0.0308	18.57	0.57
							1.38
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO #16			kg		0.0600	3.94	0.24
ACERO CORRUGADO fy= 4200 kg/cm2			kg		1.0700	4.11	4.4
							4.64
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES			%M.O.		0.0500	1.38	0.07
							0.07

Anexo C

Análisis de costos unitarios

Partida 1.4	COLOCACIÓN DE VIGUETA GALVANIZADA E= 1.5MM						
Rendimiento	ml/DIA	110.00			Costo unitario directo por : m3	38.60	
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
OPERARIO			hh	1.0000	0.0727	23.49	1.71
PEON			hh	2.0000	0.1455	16.79	2.44
							4.15
Materiales							
VIGUETA PREFABRICADA VIGACERO E=1.5MM			m		1.0000	34.33	34.33
							34.33
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES			%M.O.		0.0300	4.15	0.120
							0.120

Partida 1.5	COLOCACIÓN DE CASETONES DE EPS						
Rendimiento	und/DIA	300.00			Costo unitario directo por : m3	30.27	
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
OPERARIO			hh	1.0000	0.0267	23.49	0.63
PEON			hh	4.0000	0.0533	16.79	0.89
							1.52
Materiales							
CASETONES EPS			und		1.0000	28.70	28.7
							28.7
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES			%M.O.		0.0300	1.52	0.050
							0.050

Partida 1.6		APROVISIONAMIENTO Y COLOCACIÓN DE VIGUETAS PRETENSADAS					
Rendimiento	ml/DIA	180.00			Costo unitario directo por : m3		22.78
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra							
CAPATAZ			hh	0.1000	0.0044	28.19	0.12
OPERARIO			hh	1.0000	0.0444	23.49	1.04
PEON			hh	5.0000	0.2222	16.79	3.73
							4.89
Materiales							
VIGUETA PRETENSADA			m		2.1000	9.00	18.9
							18.9
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES			%M.O.		0.0300	4.89	0.150
							0.150

Partida 1.7		APROVISIONAMIENTO Y COLOCACIÓN DE BOVEDILLA					
Rendimiento	und/DIA	1110.00			Costo unitario directo por : m3		3.46
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra							
CAPATAZ			hh	0.0970	0.0007	28.19	0.02
OFICIAL			hh	1.0000	0.0072	18.57	0.13
PEON			hh	6.0000	0.0432	16.79	0.73
							0.88
Materiales							
LADRILLO BOVEDILLA DE CONCRETO			und		1.1000	2.30	2.53
							2.53
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES			%M.O.		0.0700	0.74	0.050
							0.050

Partida 1.8		ENCOFRADO Y DEENCOFRADO CON VIGUETAS PRETENSADAS					
Rendimiento	m2/DIA	70.00			Costo unitario directo por : m3		8.92
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra							
CAPATAZ			hh	0.1000	0.0114	28.19	0.32
OPERARIO			hh	1.0000	0.1143	23.49	2.68
OFICIAL			hh	1.0000	0.1143	18.57	2.12
							5.12
Materiales							
MADERA TORNILLO (LARGA)			p2		1.0600	3.12	3.31
CLAVOS 2" A 4"			kg		0.0250	3.90	0.1
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO #16			kg		0.0600	3.94	0.24
							3.65
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES			%M.O.		0.0300	5.12	0.150
							0.150

a) Encofrado de Madera

-Encofrado y desencofrado de losa aligerada

Partida	ENCOFRADO DE LOSA ALIGERADA					
Rendimiento	m2/DIA	15			Costo unitario directo por : m ³	36.415
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$l.	Parcial \$l.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	0.1	0.05	28.19	1.50
OPERARIO		hh	1	0.53	23.49	12.53
OFICIAL		hh	1	0.53	18.57	9.90
						23.94
Materiales						
MADERA TORNILLO (LARGA)		p2		2	4.9	9.90
CLAVOS 2"		kg		0.1	4.9	0.49
CLAVOS 3"		kg		0.1	4.9	0.49
						10.88
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%M.O.		0.03	29.92	0.90
						0.90

Partida	DESENCOFRADO					
Rendimiento	m2/DIA	36			Costo unitario directo por : m ³	12.69
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$l.	Parcial \$l.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	0.1	0.0222	28.19	0.63
OFICIAL		hh	1	0.2222	18.57	4.13
PEON		hh	2	0.4444	16.79	7.46
						12.22
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%M.O.		0.03	12.22	0.37
						0.37

-Encofrado y desencofrado de vigas

Encofrado Y Desencofrado Normal Vigas Rectas					
Código NT:	OE.2.3.8.81				
Jornada:	8 hr				
Rendimiento:	9 m2				
Descripción	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
Capataz	0.1	HH	0.0889	28.19	2.51
Operario	1	HH	0.8889	23.49	20.88
Peon	1	HH	0.8889	16.79	14.92
					38.31
MATERIALES					
Alambre Negro Recocido Bwg N 8	0	KG	0.1	4.21	0.42
Clavo C/cabeza P/construccion D. Promedio	0	KG	0.24	5.85	1.40
Madera Tornillo	0	P2	2.7050	4.90	13.25
					15.08
ALQUILER DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
Herramienta Manual	0	%MO	0.05	38.31	1.92
					1.92
			Costo unitario directo por : m2		55.31

-Encofrado y desencofrado de columnas

Encofrado Y Desencofrado Normal Columna					
Código NT:	OE.2.3.7.81				
Jornada:	8 hr				
Rendimiento:	10 m2				
Descripción	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
Capataz	0.1	HH	0.08	28.19	2.26
Oficial	1	HH	0.8	18.57	14.86
Operario	1	HH	0.8	23.49	18.79
					35.90
MATERIALES					
Alambre Negro Recocido Bwg N 8	0	KG	0.3	4.21	1.26
Clavo C/cabeza P/construccion D. Promedio	0	KG	0.31	5.85	1.81
Madera Tornillo	0	P2	2.1200	4.90	10.39
					13.46
ALQUILER DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
Herramienta Manual	0	%MO	0.05	35.91	1.8
					1.8
			Costo unitario directo por m2		51.17

b) Encofrado metálico

-Venta de encofrado metálico de losas, vigas y columnas

Partida	VENTA DE ENCOFRADO Y DESENCOFADO METÁLICO LOSAS					
Rendimiento	m2/DIA	22.00			Costo unitario directo por : m3	37.13
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	0.1000	0.0564	28.19	1.59
OFICIAL		hh	1.0000	0.5636	18.57	10.47
PEON		hh	1.0000	0.5636	23.49	13.24
						25.30
Materiales						
SOPORTE DE LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL ALTURA SIMPLE		m2		1.0000	2.82	2.82
FRISOS		m2		1.0000	0.69	0.69
PANEL FENOLICO		m2		0.2000	39.52	7.09
						11.56
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%M.O.		0.0300	13.88	0.42
						0.42

Partida	VENTA DE ENCOFRADO Y DESENCOFADO METÁLICO VIGAS					
Rendimiento	m2/DIA	22.00			Costo unitario directo por : m3	46.65
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	0.1000	0.0564	28.19	1.59
OFICIAL		hh	1.0000	0.5636	18.57	10.47
PEON		hh	1.0000	0.5636	23.49	13.24
						25.30
Materiales						
FONDOS		m2		1.0000	6.30	6.3
LATERALES		m2		1.0000	4.88	4.88
SOPORTE ALTURA SIMPLE		m2		1.0000	4.94	4.94
PLATAFORMA DE TRABAJO		m2		1.0000	2.66	2.66
APLOME		m2		1.0000	1.77	1.77
REAPUNTALAMIENTO		m2		1.0000	0.38	0.38
						20.93
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%M.O.		0.0300	13.88	0.42
						0.42

Partida	VENTA DE ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METÁLICO COLUMNAS					
Rendimiento	m2/DIA	33.00			Costo unitario directo por : m3	23.39
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0442	28.19	1.25	
OFICIAL	hh	1.0000	0.4424	18.57	8.22	
PEON	hh	1.0000	0.4424	23.49	10.39	
					19.85	
Materiales						
ENCOFRADO METALICO COLUMNAS ALTURA DOBLE HASTA 4.15 m	m2		1.0000	2.55	2.55	
					2.55	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%M.O.		0.0500	19.85	0.99	
					0.28	

-Alquiler de encofrado metálico de losa, viga y columnas

Encofrado Y Desencofrado metalico Losa Aligerada						
	Código NT:	DE.2.3.9.2.74				
	Jornada:	8 hr				
	Rendimiento:					
	Encofrado	22.0000 m2				
	Desencofrad	40 m2				
	Descripción	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
	Capataz	0.1	HH	0.0564	28.19	1.59
	Oficial	1.00	HH	0.5636	18.57	10.47
	Operario	1.00	HH	0.5636	23.49	13.24
						25.30
MATERIALES						
	PANEL FENOLICO		%MO	0.2000	39.52	7.90
						7.90
ALQUILER DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
	Herramienta Manual			0.05	25.30	1.26477182
	Alquiler enc	0	%MO	0.5000	28.80	14.40
						15.66
					Total x uso:	48.86

Encofrado Y Desencofrado Metalico Vigas					
Jornada:	8	hr			
Rendimiento:					
Encofrado	22.0000	m2			
Desencofrado	40	m2			
Descripción	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
Capataz	0.1	HH	0.0564	28.19	1.59
Oficial	1.00	HH	0.5636	18.57	10.47
Operario	1.00	HH	0.5636	23.49	13.24
					25.30
ALQUILER DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
Herramienta Manual			0.05	25.30	1.26477182
Alquiler de Encofrado vigas			0.5000	90.00	45.00
					46.26
				Total x uso:	71.56

Encofrado y Desencofrado metalico de columnas					
Código NT:	OE.2.3.7.81				
Jornada:	8	hr			
Rendimiento:					
Encofrado	33.0000	m2			
Desencofrado	40	m2			
Descripción	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
Capataz	0.1	HH	0.0442	28.19	1.25
Oficial	1.00	HH	0.4424	18.57	8.22
Operario	1	HH	0.4424	23.49	10.39
					19.8556
ALQUILER DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
Herramienta manual			0.05	19.8556	0.99
Alquiler encofrado Columnas			0.1000	54.00	5.40
					5.40
				Total x uso:	25.2556

Anexo D

Presupuestos del proyecto: Presupuesto para cada uno de los 3 sistemas estructurales.

Presupuesto						
Proyecto	TORRE DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR SISTEMA APORTICADO					
Sub Proyectado	01 - VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN SISTEMA APORTICADO					
Código	01					
Ubicación	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA					
Localidad	DPTO:AREQUIPA PROV:AREQUIPA DI					
Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
01	VIVIENDA MULTIFAMILIAR					2,387,432.93
01.04	OBRAS PROVISIONALES					20,441.06
01.04.01	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES					9,235.26
01.04.01.01	CONSTRUCCIÓN DE ALMACÉN, OFICINAS Y GUARDIANA	m ²	95.00	97.10	4,754.90	
01.04.01.02	CISTERNA PROVISIONAL, TUBAJA CONSTRUC. DE ALBAÑILERIA (H=3)	ppm	1.00	976.56	976.56	
01.04.01.03	CARTEL DE OBRA 3.00X2.00 m (MADERA)	ppm	1.00	3,462.30	3,462.30	
01.04.02	INSTALACIONES PROVISIONALES					11,185.80
01.04.02.01	AGUA PARA LA CONSTRUCCION	m ³	5.00	2,237.16	11,185.80	
01.01	CARGO GRIS TORRE DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR SECTOR I					872,216.26
01.01.01	PRIMER PISO					596,261.29
01.01.01.01	DEPARTAMENTO 101 (SASCO GRIS)					56,032.83
01.01.01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES					3,271.70
01.01.01.01.01.01	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE GENERAL DE HERRAMIENTAS, MATERIALES Y EQUIPOS (FLETE TERRESTRE RUTA CORTA I)	und	1.00	801.69	801.69	
01.01.01.01.01.02	SUMINISTRO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD OCUPACIONAL EN OBRA Y DURANTE LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS	gh	10.00	134.40	1,344.00	
01.01.01.01.01.03	TRAZO, MARCACIÓN DE NIVELES Y REPLANTO PRELIMINAR AL INICIO Y DURANTE EJECUCIÓN OBRA (DISIVULSAO)	m ²	70.47	11.22	790.87	
01.01.01.01.01.04	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m ²	71.00	4.02	285.42	
01.01.01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS					11,872.22
01.01.01.01.02.01	EXCAVACIÓN DE ZANJAS PARA ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	m ³	26.60	54.90	1,460.44	
01.01.01.01.02.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m ³	45.20	9.45	426.91	
01.01.01.01.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE (TIERRA SUelta) OCAMÓN VOLG. Y MAG. SEMIPESADA DISTAN. FROM. DIRECTORIO > 10 km	m ³	95.26	94.50	8,998.87	
01.01.01.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					10,039.80
01.01.01.03.01	PRODUCCIÓN Y VACIADO DE CONCRETO CICLOPEO C.H 1:12 + 30% P.G. (FALSO CEMENTO)	m ³	12.33	166.90	2,057.07	
01.01.01.03.02	PRODUCCIÓN Y VACIADO DE CONCRETO CICLOPEO C.H 1:10 + 30% P.G. (FALSO CEMENTO) O SIMILARES)	m ³	11.45	201.89	2,311.84	
01.01.01.03.03	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO NORMAL EN MUROS RECTOS, SOBRECIMENTOS O SIMILARES (PLUBAJA)	m ²	31.36	45.85	1,437.96	
01.01.01.03.04	PRODUCCIÓN Y VACIADO DE CONCRETO CICLOPEO C.H 1:8 + 25% P.M. (SOBRECIMENTOS O SIMILARES)	m ³	4.70	299.15	1,406.01	
01.01.01.03.05	FALSO PISO DE 4" CON MEZCLA C.H - 1:11	m ²	99.26	25.50	2,531.23	
01.01.01.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					53,976.92
01.01.01.04.01	ZAPATAS					12,333.61
01.01.01.04.01.01	ACERO F#4000 8G/CM2 (ZAPATAS)	kg	771.70	6.17	4,751.80	
01.01.01.04.01.02	CONCRETO PRMEZCLADO f#210 kg/cm ² PARA ZAPATAS	m ³	20.73	263.09	7,571.73	
01.01.01.04.02	VIGAS DE CIMENTACIÓN					2,736.53
01.01.01.04.02.01	ACERO F#4000 8G/CM2 (VIGAS DE CIMENTACIÓN)	kg	315.46	6.17	1,946.57	
01.01.01.04.02.02	CONCRETO PRMEZCLADO f#210 kg/cm ² PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN	m ³	2.80	263.09	732.96	
01.01.01.04.03	COLUMNAS					18,580.22
01.01.01.04.03.01	ACERO F#4000 8G/CM2 (COLUMNAS)	kg	1,802.36	6.17	11,128.96	
01.01.01.04.03.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO DE COLUMNA	m ²	102.36	51.17	5,236.30	
01.01.01.04.03.03	CONCRETO PRMEZCLADO f#210 kg/cm ² PARA COLUMNAS	m ³	9.16	316.89	2,921.96	
01.01.01.04.04	VIGAS					7,546.22
01.01.01.04.04.01	ACERO F#4000 8G/CM2 (VIGAS)	kg	779.91	6.17	4,812.03	
01.01.01.04.04.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO DE VIGAS	m ²	36.24	55.31	1,997.26	
01.01.01.04.04.03	CONCRETO PRMEZCLADO f#210 kg/cm ² PARA VIGAS	m ³	4.11	296.09	1,216.93	
01.01.01.04.05	LOSAS ALIGERADAS					7,732.82
01.01.01.04.05.01	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	m ²	90.21	46.00	4,150.06	
01.01.01.04.05.02	ACERO F#4000 8G/CM2 (VIGAS ALIGERADA)	kg	323.87	6.17	1,998.28	
01.01.01.04.05.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE AJEDRELO HUECO P#10X10 DE 3 X 0.3 X 0.12 (PLUBAJA)	und	464.36	3.00	1,403.08	
01.01.01.04.05.04	CONCRETO PRMEZCLADO f#210 kg/cm ² PARA LOSAS ALIGERADAS	m ³	5.09	296.09	1,507.10	
01.01.01.04.06	COLUMNETAS					3,157.84
01.01.01.04.06.01	ACERO F#4000 8G/CM2 (COLUMNETAS)	kg	258.56	6.17	1,596.25	
01.01.01.04.06.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO DE COLUMNETAS	m ²	17.28	51.17	884.22	
01.01.01.04.06.03	CONCRETO PRMEZCLADO f#175 kg/cm ² PARA COLUMNETAS	m ³	2.12	319.89	678.17	
01.01.01.04.07	VIGAS DE AMARRE					340.77
01.01.01.04.07.01	ACERO F#4000 8G/CM2 (VIGAS DE AMARRE)	kg	43.41	6.17	267.84	
01.01.01.04.07.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO DE VIGAS DE AMARRE	m ²	2.40	55.31	132.74	
01.01.01.04.07.03	CONCRETO PRMEZCLADO f#175 kg/cm ² PARA VIGAS DE AMARRE	m ³	1.20	290.69	348.19	
01.01.01.05	MUROS Y TABIQUES					8,413.44
01.01.01.05.01	ASENTADO EN MURO (BOGA) CLADRELO DIAROLLA MACIZO PESADO TIPO IV (X) CMEZCLA CAG 1:5 + REFUERZO HORIZ. (PLUBAJA)	m ²	30.82	30.51	940.08	
01.01.01.05.02	ASENTADO EN MURO (DABEZA) CLADRELO DIAROLLA MACIZO PESADO TIPO IV (X) CMEZCLA CAG 1:5 + REFUERZO HORIZ. (PLUBAJA)	m ²	27.19	144.00	3,916.36	
01.01.01.06	REVOCOS Y ISOLACIONES					10,385.77
01.01.01.06.01	REVOCO O TARRAZO FINO EN MUROS EXTER. VARIOS CMEZCLA CAF 1:4 (PLUBAJA)	m ²	83.26	25.90	2,137.88	

Presupuesto

Proyecto: TORRE DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR SISTEMA APORTICADO
Sub-Proyecto: 01 - VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN SISTEMA APORTICADO
Código: 01
Ejecución: AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
Localidad: DPTO.AREQUIPA PROV.AREQUIPA DI

Item	Descripción	Unidad	Metro	Precio	Parcial	Subtotal
01.01.01.00.01	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN MUROS INTER. VARIOS OMEZCLA CAF 14 (FUBAJA)	m ²	100.36	22.26	2,247.01	
01.01.01.00.02	TARRAJEO DE VIGAS INC. ARISTAS MED. CA - 1/3, D=1.5 CM.	m	21.79	14.15	308.23	
01.01.01.00.04	REVOQUE O TARRAJEO DE COLUMNAS	m ²	34.13	33.56	1,145.40	
01.01.01.00.05	VESTIDURA DE DERRAMES	m	62.78	23.81	1,494.79	
01.01.01.00.06	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN CELOFRASO OMEZCLA CAF 14 (FUBAJA)	m ²	50.00	36.32	1,816.00	
01.01.01.02	DEPARTAMENTO 02 (CASO 020)					56,390.45
01.01.01.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES					3,271.76
01.01.01.02.01.01	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE GENERAL DE INSTRUMENTOS, MATERIALES Y EQUIPOS (FLUJE TERRESTRE RUTA CORTA II)	und	1.00	321.55	321.55	
01.01.01.02.01.02	SUMINISTRO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD OCUPACIONAL EN OBRA Y DURANTE LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS	gb	10.00	134.40	1,344.00	
01.01.01.02.01.03	TRAZO, MARCACIÓN DE NIVELES Y REPLANTO PRELIMINAR INICIO Y DURANTE EJECUCIÓN DIORNA (DISMUNTEADO)	m ²	70.47	11.22	791.67	
01.01.01.02.01.04	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m ²	71.00	4.00	284.00	
01.01.01.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS					11,922.22
01.01.01.02.02.01	EXCAVACIÓN DE ZANJAS PARA CIMENTOS	m ³	66.60	54.80	3,648.48	
01.01.01.02.02.02	RELLEVO CON MATERIAL PROPIO	m ³	48.25	9.45	456.91	
01.01.01.02.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE (TIERRA SUelta) C/CAMIÓN VOLVO Y MAQ. SEMIPESADA DISTAN. PROM. DIRECTORADO= 10km	m ³	66.28	94.50	6,263.67	
01.01.01.02.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					10,039.80
01.01.01.02.03.01	PRODUCCIÓN Y VACADO DE CONCRETO CICLOPEO C/H 1:2 + 30% P.G. (FALSO CEMENTO)	m ³	12.33	196.80	2,424.96	
01.01.01.02.03.02	PRODUCCIÓN Y VACADO DE CONCRETO CICLOPEO C/H 1:2 + 30% P.G. (CIMENTOS CORRIDOS O SIMILARES)	m ³	11.45	201.85	2,311.64	
01.01.01.02.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN MUROS RECTOS, SOBRECIMENTOS O SIMILARES (FUBAJA)	m ²	31.36	45.85	1,437.88	
01.01.01.02.03.04	PRODUCCIÓN Y VACADO DE CONCRETO CICLOPEO C/H 1:3 + 25% P.N. (SOBRECIMENTOS O SIMILARES)	m ³	4.70	286.15	1,345.01	
01.01.01.02.03.05	FALSO PISO DE 4" CON MEZCLA C/H - 1:1:1	m ²	66.28	36.50	2,420.23	
01.01.01.02.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					54,306.45
01.01.01.02.04.01	ZANJAS					12,333.81
01.01.01.02.04.01.01	ACERO F14-400 KG/CM ² (ZANJAS)	kg	771.78	6.17	4,764.86	
01.01.01.02.04.01.02	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/cm ² PARA ZANJAS	m ³	28.78	250.08	7,217.73	
01.01.01.02.04.02	VIGAS DE CIMENTACIÓN					2,739.50
01.01.01.02.04.02.01	ACERO F14-400 KG/CM ² (VIGAS DE CIMENTACIÓN)	kg	315.46	6.17	1,946.57	
01.01.01.02.04.02.02	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/cm ² PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN	m ³	2.90	250.08	730.96	
01.01.01.02.04.03	COLUMNAS					14,580.22
01.01.01.02.04.03.01	ACERO F14-400 KG/CM ² (COLUMNAS)	kg	1,852.25	6.17	11,428.58	
01.01.01.02.04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA	m ²	102.36	51.17	5,239.30	
01.01.01.02.04.03.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/cm ² PARA COLUMNAS	m ³	9.18	219.99	2,021.25	
01.01.01.02.04.04	VIGAS					7,646.22
01.01.01.02.04.04.01	ACERO F14-400 KG/CM ² (VIGAS)	kg	772.91	6.17	4,763.23	
01.01.01.02.04.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	m ²	39.24	55.31	2,170.26	
01.01.01.02.04.04.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/cm ² PARA VIGAS	m ³	4.11	256.09	1,052.63	
01.01.01.02.04.05	LOSAS ALIGERADAS					5,116.45
01.01.01.02.04.05.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	m ²	58.21	40.00	2,328.40	
01.01.01.02.04.05.02	ACERO F14-400 KG/CM ² (LOSAS ALIGERADAS)	kg	378.03	6.17	2,323.81	
01.01.01.02.04.05.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE AJARILLO HUECO PTECHO D=3 X 0.3 X 0.12 (FUBAJA)	und	464.96	3.39	1,578.45	
01.01.01.02.04.05.04	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/cm ² PARA LOSAS ALIGERADAS	m ³	5.09	256.09	1,302.10	
01.01.01.02.04.06	COLUMNETAS					3,157.94
01.01.01.02.04.06.01	ACERO F14-400 KG/CM ² (COLUMNETAS)	kg	268.95	6.17	1,661.25	
01.01.01.02.04.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNETAS	m ²	17.28	51.17	884.22	
01.01.01.02.04.06.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/cm ² PARA COLUMNETAS	m ³	2.12	219.89	466.17	
01.01.01.02.04.07	VIGAS DE AMARRE					746.77
01.01.01.02.04.07.01	ACERO F14-400 KG/CM ² (VIGAS DE AMARRE)	kg	43.41	6.17	267.84	
01.01.01.02.04.07.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE AMARRE	m ²	2.40	55.31	132.74	
01.01.01.02.04.07.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/cm ² PARA VIGAS DE AMARRE	m ³	1.20	256.99	308.39	
01.01.01.02.05	MUROS Y TABICAJES					5,413.44
01.01.01.02.05.01	ASENTADO EN MURO (SOGA) CLADRELLO D'ARILLA MACIZO PESADO TIPO IV X6 MEZCLA CAG 1:5 + REFUERZO HORIZ. (FUBAJA)	m ²	50.02	89.51	4,486.59	
01.01.01.02.05.02	ASENTADO EN MURO (CABEZA) CLADRELLO D'ARILLA MACIZO PESADO TIPO IV X6 MEZCLA CAG 1:5 + REFUERZO HORIZ. (FUBAJA)	m ²	27.18	144.00	3,915.36	
01.01.01.02.06	REVOQUES Y MUELURAS					10,265.77

Presupuesto

Proyecto: TORRE DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR SISTEMA APORTICADO
Sub-Proyecto: 01 - VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN SISTEMA APORTICADO
Cliente: SN
División: AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
Localidad: DPTO.AREQUIPA PROV.AREQUIPA DI

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
01.01.02.06.01	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN MUROS EXTER. VARIOS OMEZCLA CAF 14 (PUBAJA)	m2	63.39	26.99	1,637.68	
01.01.02.06.02	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN MUROS INTER. VARIOS OMEZCLA CAF 14 (PUBAJA)	m2	150.36	22.26	3,347.01	
01.01.02.06.03	TARRAJEO DE VIGAS INC. ARISTAS MEZC. C.A - 1:5, D=1.5 CM	m2	21.79	14.15	308.33	
01.01.02.06.04	REVOQUE O TARRAJEO DE COLUMNAS	m2	34.13	33.56	1,145.40	
01.01.02.06.05	VESTIDURA DE DERRAMES	m	62.78	23.81	1,494.79	
01.01.02.06.06	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN CIELORRASO OMEZCLA CAF 14 (PUBAJA)	m2	59.00	36.32	2,122.56	
01.01.02	SEGUNDO PISO					112,913.14
01.01.02.01	DEPARTAMENTO 196 (CASO 0919)					56,496.57
01.01.02.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES					2,696.36
01.01.02.01.01.01	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE GENERAL (MANTENIMIENTO, MATERIALES Y EQUIPOS (FLITE TERRESTRE (LTA CORTA I))	und	1.00	861.69	861.69	
01.01.02.01.01.02	SUMINISTRO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD OCUPACIONAL EN OBRA Y DURANTE LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS	gb	10.00	134.40	1,344.00	
01.01.02.01.01.03	TRAZO, MARCACIÓN DANIELES Y REPLANTO PRELIMINAR AL INICIO Y DURANTE EJECUCIÓN DE OBRA (DISANIELADO)	m2	70.47	11.22	790.67	
01.01.02.01.02	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					34,751.00
01.01.02.01.02.01	COLUMNAS					15,026.92
01.01.02.01.02.01.01	ACERO F14-400 KG/CM2 (F/COLUMNAS)	kg	1,563.66	6.17	9,647.73	
01.01.02.01.02.01.02	ENCORRADO Y DESENCORRADO DE COLUMNA	m2	67.51	51.17	3,454.49	
01.01.02.01.02.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m3 PARA COLUMNAS	m3	6.04	316.99	1,926.70	
01.01.02.01.02.02	VIGAS					7,646.22
01.01.02.01.02.02.01	ACERO F14-400 KG/CM2 (F/VIGAS)	kg	776.91	6.17	4,812.03	
01.01.02.01.02.02.02	ENCORRADO Y DESENCORRADO DE VIGAS	m2	26.24	55.31	1,457.26	
01.01.02.01.02.02.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m3 PARA VIGAS	m3	4.11	396.09	1,626.93	
01.01.02.01.02.03	LOSAS ALIGERADAS					6,116.45
01.01.02.01.02.03.01	ENCORRADO Y DESENCORRADO DE LOSAS ALIGERADAS	m2	59.21	46.00	2,724.06	
01.01.02.01.02.03.02	ACERO F14-400 KG/CM2 (F/LOSA ALIGERADA)	kg	376.63	6.17	2,323.81	
01.01.02.01.02.03.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DIABRILLO HUECO PTECHO D6.3 X 0.3 X 0.12 (PUBAJA)	und	464.95	3.06	1,403.45	
01.01.02.01.02.03.04	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m3 PARA LOSAS ALIGERADAS	m3	5.09	396.09	1,997.10	
01.01.02.01.02.04	COLUMNETAS					3,157.94
01.01.02.01.02.04.01	ACERO F14-400 KG/CM2 (F/COLUMNETAS)	kg	266.05	6.17	1,596.25	
01.01.02.01.02.04.02	ENCORRADO Y DESENCORRADO DE COLUMNETAS	m2	17.26	51.17	884.22	
01.01.02.01.02.04.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/m3 PARA COLUMNETAS	m3	2.12	316.99	670.17	
01.01.02.01.02.05	VIGAS DE AMARRE					746.77
01.01.02.01.02.05.01	ACERO F14-400 KG/CM2 (F/VIGAS DE AMARRE)	kg	43.41	6.17	267.84	
01.01.02.01.02.05.02	ENCORRADO Y DESENCORRADO DE VIGAS DE AMARRE	m2	2.40	55.31	132.74	
01.01.02.01.02.05.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/m3 PARA VIGAS DE AMARRE	m3	1.20	396.09	475.19	
01.01.02.01.03	MUROS Y TABIQUEOS					6,413.44
01.01.02.01.03.01	ASENTADO EN MURO (DOGA) CUADRILLO DIABRILLO MACIZO PESADO TIPO IV/IX OMEZCLA CAG 1:5 + REFUERZO HORIZ. (PUBAJA)	m2	50.63	36.51	1,838.08	
01.01.02.01.03.02	ASENTADO EN MURO (CABEZA) CUADRILLO DIABRILLO MACIZO PESADO TIPO IV/IX OMEZCLA CAG 1:5 + REFUERZO HORIZ. (PUBAJA)	m2	27.19	144.00	3,915.36	
01.01.02.01.04	REVOQUES Y BOLDURAS					10,265.77
01.01.02.01.04.01	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN MUROS EXTER. VARIOS OMEZCLA CAF 14 (PUBAJA)	m2	63.39	26.99	1,637.68	
01.01.02.01.04.02	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN MUROS INTER. VARIOS OMEZCLA CAF 14 (PUBAJA)	m2	150.36	22.26	3,347.01	
01.01.02.01.04.03	TARRAJEO DE VIGAS INC. ARISTAS MEZC. C.A - 1:5, D=1.5 CM	m2	21.79	14.15	308.33	
01.01.02.01.04.04	REVOQUE O TARRAJEO DE COLUMNAS	m2	34.13	33.56	1,145.40	
01.01.02.01.04.05	VESTIDURA DE DERRAMES	m	62.78	23.81	1,494.79	
01.01.02.01.04.06	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN CIELORRASO OMEZCLA CAF 14 (PUBAJA)	m2	59.00	36.32	2,122.56	
01.01.02.02	DEPARTAMENTO 196 (CASO 0919)					56,496.57
01.01.02.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES					2,696.36
01.01.02.02.01.01	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE GENERAL (MANTENIMIENTO, MATERIALES Y EQUIPOS (FLITE TERRESTRE (LTA CORTA I))	und	1.00	861.69	861.69	
01.01.02.02.01.02	SUMINISTRO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD OCUPACIONAL EN OBRA Y DURANTE LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS	gb	10.00	134.40	1,344.00	
01.01.02.02.01.03	TRAZO, MARCACIÓN DANIELES Y REPLANTO PRELIMINAR AL INICIO Y DURANTE EJECUCIÓN DE OBRA (DISANIELADO)	m2	70.47	11.22	790.67	
01.01.02.02.02	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					34,751.00
01.01.02.02.02.01	COLUMNAS					15,026.92
01.01.02.02.02.01.01	ACERO F14-400 KG/CM2 (F/COLUMNAS)	kg	1,563.66	6.17	9,647.73	
01.01.02.02.02.01.02	ENCORRADO Y DESENCORRADO DE COLUMNA	m2	67.51	51.17	3,454.49	
01.01.02.02.02.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m3 PARA COLUMNAS	m3	6.04	316.99	1,926.70	
01.01.02.02.02.02	VIGAS					7,646.22
01.01.02.02.02.02.01	ACERO F14-400 KG/CM2 (F/VIGAS)	kg	776.91	6.17	4,812.03	
01.01.02.02.02.02.02	ENCORRADO Y DESENCORRADO DE VIGAS	m2	26.24	55.31	1,457.26	
01.01.02.02.02.02.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m3 PARA VIGAS	m3	4.11	396.09	1,626.93	
01.01.02.02.02.03	LOSAS ALIGERADAS					6,116.45
01.01.02.02.02.03.01	ENCORRADO Y DESENCORRADO DE LOSAS ALIGERADAS	m2	59.21	46.00	2,724.06	
01.01.02.02.02.03.02	ACERO F14-400 KG/CM2 (F/LOSA ALIGERADA)	kg	376.63	6.17	2,323.81	
01.01.02.02.02.03.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DIABRILLO HUECO PTECHO D6.3 X 0.3 X 0.12 (PUBAJA)	und	464.95	3.06	1,403.45	
01.01.02.02.02.03.04	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m3 PARA LOSAS ALIGERADAS	m3	5.09	396.09	1,997.10	
01.01.02.02.02.04	COLUMNETAS					3,157.94
01.01.02.02.02.04.01	ACERO F14-400 KG/CM2 (F/COLUMNETAS)	kg	266.05	6.17	1,596.25	

Presupuesto

Proyecto: TORRE DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR SISTEMA APORTICADO
Sub-Proyecto: 01 - VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN SISTEMA APORTICADO
Código: 01
Ubicación: AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
Localidad: DPTO-AREQUIPA PROV-AREQUIPA DI

Item	Descripción	Unidad	Metro	Precio	Parcial	Subtotal
01.01.02.02.02.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNETAS	m ²	17.28	51.17	884.22	
01.01.02.02.02.04.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/m ³ PARA COLUMNETAS	m ³	2.12	319.89	678.17	
01.01.02.02.02.05	VIGAS DE AMARRE					746.77
01.01.02.02.02.05.01	ACERO Fy=420 KG/CM ² (F/VIGAS DE AMARRE)	kg	43.41	6.17	267.84	
01.01.02.02.02.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE AMARRE	m ²	2.40	55.31	132.74	
01.01.02.02.02.05.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/m ³ PARA VIGAS DE AMARRE	m ³	1.20	306.99	368.19	
01.01.02.02.03	MUROS Y TABIQUES					8,413.44
01.01.02.02.03.01	ASENTADO EN MURO (SOGA) CLADRELLO DIAROLLA MACIZO PESADO TIPO IV XX CMEZCLA C.A.G 1:5 + REFUERZO HORIZ. (PUBAJA)	m ²	50.82	88.51	4,496.08	
01.01.02.02.03.02	ASENTADO EN MURO (CABEZA) CLADRELLO DIAROLLA MACIZO PESADO TIPO IV XX CMEZCLA C.A.G 1:5 + REFUERZO HORIZ. (PUBAJA)	m ²	27.19	144.00	3,915.36	
01.01.02.02.04	REVOLUCIONES Y ACABADOS					10,355.77
01.01.02.02.04.01	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN MUROS EXTER. VARIOS CMEZCLA C.A.F 1:4 (PUBAJA)	m ²	63.39	38.99	1,027.68	
01.01.02.02.04.02	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN MUROS INTER. VARIOS CMEZCLA C.A.F 1:4 (PUBAJA)	m ²	155.36	22.26	3,467.01	
01.01.02.02.04.03	TARRAJEO DE VIGAS INC. ARISTAS MEZO. C.A. - 1:5, D=1.5 CM	m ²	21.75	14.15	308.33	
01.01.02.02.04.04	REVOQUE O TARRAJEO DE COLUMNAS	m ²	34.13	33.56	1,145.40	
01.01.02.02.04.05	VESTIDURA DE DERRAMES	m	62.78	23.81	1,494.79	
01.01.02.02.04.06	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN CIELORRASO CMEZCLA C.A.F 1:4 (PUBAJA)	m ²	58.00	38.32	2,222.56	
01.01.03	TERCER PISO					112,913.14
01.01.03.01	DEPARTAMENTO 106 (CASCO GRIS)					56,456.57
01.01.03.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES					2,986.36
01.01.03.01.01.01	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE GENERAL DE HERRAMIENTAS, MATERIALES Y EQUIPOS (FLETE TERRESTRE RUTA CORTA I)	und	1.00	891.89	891.89	
01.01.03.01.01.02	SUMINISTRO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE SEGURIDAD OCUPACIONAL EN OBRA Y DURANTE LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS	pb	10.00	134.40	1,344.00	
01.01.03.01.01.03	TRAZO, MARCACIÓN DE NIVELES Y REPLANTO PRELIMINAR AL INICIO Y DURANTE EJECUCIÓN DIORNA (DESARROLLADO)	m ²	70.47	11.22	790.67	
01.01.03.01.02	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					34,701.00
01.01.03.01.02.01	COLUMNAS					15,026.92
01.01.03.01.02.01.01	ACERO Fy=420 KG/CM ² (F/COLUMNAS)	kg	1,563.85	6.17	9,647.73	
01.01.03.01.02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA	m ²	67.51	51.17	3,454.49	
01.01.03.01.02.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m ³ PARA COLUMNAS	m ³	6.04	318.99	1,926.70	
01.01.03.01.02.02	VIGAS					7,646.22
01.01.03.01.02.02.01	ACERO Fy=420 KG/CM ² (F/VIGAS)	kg	779.91	6.17	4,812.03	
01.01.03.01.02.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	m ²	26.24	55.31	1,457.26	
01.01.03.01.02.02.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m ³ PARA VIGAS	m ³	4.11	306.99	1,261.93	
01.01.03.01.02.03	LOSAS ALIGERADAS					8,116.45
01.01.03.01.02.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	m ²	50.21	46.00	2,314.56	
01.01.03.01.02.03.02	ACERO Fy=420 KG/CM ² (F/LOSA ALIGERADA)	kg	375.83	6.17	2,323.81	
01.01.03.01.02.03.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN CLADRELLO HUECO RTECHO D=3.0 X 3.0 X 0.12 (PUBAJA)	und	484.89	3.26	1,602.45	
01.01.03.01.02.03.04	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m ³ PARA LOSAS ALIGERADAS	m ³	5.09	306.99	1,570.10	
01.01.03.01.02.04	COLUMNETAS					3,157.94
01.01.03.01.02.04.01	ACERO Fy=420 KG/CM ² (F/COLUMNETAS)	kg	268.95	6.17	1,660.25	
01.01.03.01.02.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNETAS	m ²	17.28	51.17	884.22	
01.01.03.01.02.04.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/m ³ PARA COLUMNETAS	m ³	2.12	319.89	678.17	
01.01.03.01.02.05	VIGAS DE AMARRE					746.77
01.01.03.01.02.05.01	ACERO Fy=420 KG/CM ² (F/VIGAS DE AMARRE)	kg	43.41	6.17	267.84	
01.01.03.01.02.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE AMARRE	m ²	2.40	55.31	132.74	
01.01.03.01.02.05.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/m ³ PARA VIGAS DE AMARRE	m ³	1.20	306.99	368.19	
01.01.03.01.03	MUROS Y TABIQUES					8,413.44
01.01.03.01.03.01	ASENTADO EN MURO (SOGA) CLADRELLO DIAROLLA MACIZO PESADO TIPO IV XX CMEZCLA C.A.G 1:5 + REFUERZO HORIZ. (PUBAJA)	m ²	50.82	88.51	4,496.08	
01.01.03.01.03.02	ASENTADO EN MURO (CABEZA) CLADRELLO DIAROLLA MACIZO PESADO TIPO IV XX CMEZCLA C.A.G 1:5 + REFUERZO HORIZ. (PUBAJA)	m ²	27.19	144.00	3,915.36	
01.01.03.01.04	REVOLUCIONES Y ACABADOS					10,355.77
01.01.03.01.04.01	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN MUROS EXTER. VARIOS CMEZCLA C.A.F 1:4 (PUBAJA)	m ²	63.39	38.99	1,027.68	
01.01.03.01.04.02	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN MUROS INTER. VARIOS CMEZCLA C.A.F 1:4 (PUBAJA)	m ²	155.36	22.26	3,467.01	
01.01.03.01.04.03	TARRAJEO DE VIGAS INC. ARISTAS MEZO. C.A. - 1:5, D=1.5 CM	m ²	21.75	14.15	308.33	
01.01.03.01.04.04	REVOQUE O TARRAJEO DE COLUMNAS	m ²	34.13	33.56	1,145.40	
01.01.03.01.04.05	VESTIDURA DE DERRAMES	m	62.78	23.81	1,494.79	
01.01.03.01.04.06	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN CIELORRASO CMEZCLA C.A.F 1:4 (PUBAJA)	m ²	58.00	38.32	2,222.56	
01.01.03.02	DEPARTAMENTO 106 (CASCO GRIS)					56,456.57
01.01.03.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES					2,986.36
01.01.03.02.01.01	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE GENERAL DE HERRAMIENTAS, MATERIALES Y EQUIPOS (FLETE TERRESTRE RUTA CORTA I)	und	1.00	891.89	891.89	
01.01.03.02.01.02	SUMINISTRO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE SEGURIDAD OCUPACIONAL EN OBRA Y DURANTE LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS	pb	10.00	134.40	1,344.00	
01.01.03.02.01.03	TRAZO, MARCACIÓN DE NIVELES Y REPLANTO PRELIMINAR AL INICIO Y DURANTE EJECUCIÓN DIORNA (DESARROLLADO)	m ²	70.47	11.22	790.67	
01.01.03.02.02	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					34,701.00
01.01.03.02.02.01	COLUMNAS					15,026.92
01.01.03.02.02.01.01	ACERO Fy=420 KG/CM ² (F/COLUMNAS)	kg	1,563.85	6.17	9,647.73	
01.01.03.02.02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA	m ²	67.51	51.17	3,454.49	
01.01.03.02.02.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m ³ PARA COLUMNAS	m ³	6.04	318.99	1,926.70	
01.01.03.02.02.02	VIGAS					7,646.22
01.01.03.02.02.02.01	ACERO Fy=420 KG/CM ² (F/VIGAS)	kg	779.91	6.17	4,812.03	
01.01.03.02.02.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	m ²	26.24	55.31	1,457.26	

Presupuesto

Proyecto: TORRE DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR SISTEMA APORTICADO
Sub-Proyecto: 01 - VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN SISTEMA APORTICADO
Código: 01
Ubicación: AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
Localidad: DPTO-AREQUIPA PROV-AREQUIPA DI

Item	Descripción	Unidad	Metro	Precio	Parcial	Subtotal
01 01 03 02 02 03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/cm ³ PARA VIGAS	m ³	4.11	290.00	1,216.20	
01 01 03 02 02 03	LOSAS ALIGERADAS					3,110.45
01 01 03 02 02 01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	m ²	50.21	40.00	2,008.40	
01 01 03 02 02 02	ACERO F14-400 KG/CM ² (PLASA ALIGERADA)	kg	376.03	6.17	2,320.81	
01 01 03 02 02 03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN CUADRILLO HUECO PITECHO D6.3 X 0.3 X 0.12 (PUBAJA)	und	404.00	3.00	1,212.00	
01 01 03 02 02 04	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/cm ³ PARA LOSAS ALIGERADAS	m ³	5.00	290.00	1,450.00	
01 01 03 02 02 04	COLUMNETAS					3,157.94
01 01 03 02 02 01	ACERO F14-400 KG/CM ² (FCOLUMNETAS)	kg	258.00	6.17	1,589.25	
01 01 03 02 02 02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNETAS	m ²	17.28	51.17	884.22	
01 01 03 02 02 03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/cm ³ PARA COLUMNETAS	m ³	2.12	319.00	676.17	
01 01 03 02 02 05	VIGAS DE AMARRE					740.77
01 01 03 02 02 01	ACERO F14-400 KG/CM ² (FVIGAS DE AMARRE)	kg	43.41	6.17	267.84	
01 01 03 02 02 02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE AMARRE	m ²	2.40	55.31	132.74	
01 01 03 02 02 03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/cm ³ PARA VIGAS DE AMARRE	m ³	1.20	290.00	348.19	
01 01 03 02 03	MUROS Y TABICUES					3,413.44
01 01 03 02 03 01	ASENTADO EN MURO (SOGA) CUADRILLO DIAROLLA MACIZO PESADO TIPO IV XX OMEZCLA CAG 1.5 + REFUERZO HORIZ. (PUBAJA)	m ²	50.02	90.51	4,486.00	
01 01 03 02 03 02	ASENTADO EN MURO (CABEZA) CUADRILLO DIAROLLA MACIZO PESADO TIPO IV XX OMEZCLA CAG 1.5 + REFUERZO HORIZ. (PUBAJA)	m ²	27.10	144.00	3,915.36	
01 01 03 02 04	REVOQUES Y BOLDURAS					10,205.77
01 01 03 02 04 01	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN MUROS EXTER. VARIOS OMEZCLA CAF 1.4 (PUBAJA)	m ²	63.30	20.00	1,266.00	
01 01 03 02 04 02	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN MUROS INTER. VARIOS OMEZCLA CAF 1.4 (PUBAJA)	m ²	153.30	22.20	3,393.00	
01 01 03 02 04 03	TARRAJEO DE VIGAS INC. ARISTAS MEZC. CA - 1.5, D=1.5 CM.	m ²	21.70	14.15	306.33	
01 01 03 02 04 04	REVOQUE O TARRAJEO DE COLUMNAS	m ²	34.13	33.00	1,136.40	
01 01 03 02 04 05	VESTIDURA DE DERRAMES	m	82.70	23.01	1,893.79	
01 01 03 02 04 06	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN CIELORRASO OMEZCLA CAF 1.4 (PUBAJA)	m ²	50.00	30.32	1,516.00	
01 01 04	CUARTO PISO					112,913.14
01 01 04 01	DEPARTAMENTO 103 (CASO GRIS)					58,490.57
01 01 04 01 01	TRABAJOS PRELIMINARES					2,580.36
01 01 04 01 01 01	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE GENERAL (HERRAMIENTAS, MATERIALES Y EQUIPOS (FLETE TERRESTRE RUTA CORTA I)	und	1.00	251.80	251.80	
01 01 04 01 01 02	SUMINISTRO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE SEGURIDAD OCUPACIONAL EN OBRA Y DURANTE LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS	gb	10.00	134.40	1,344.00	
01 01 04 01 01 03	TRAZO, MARCACIÓN DE NIVELES Y REPLANTO PRELIMINAR AL INICIO Y DURANTE EJECUCIÓN DIORNA (DISNIVELADO)	m ²	70.47	11.22	790.87	
01 01 04 01 02	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					34,701.00
01 01 04 01 02 01	COLUMNAS					15,026.92
01 01 04 01 02 01 01	ACERO F14-400 KG/CM ² (FCOLUMNAS)	kg	1,903.00	6.17	11,741.71	
01 01 04 01 02 01 02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA	m ²	67.51	51.17	3,454.40	
01 01 04 01 02 01 03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/cm ³ PARA COLUMNAS	m ³	6.04	310.00	1,872.79	
01 01 04 01 02 02	VIGAS					7,640.32
01 01 04 01 02 02 01	ACERO F14-400 KG/CM ² (FVIGAS)	kg	779.91	6.17	4,812.03	
01 01 04 01 02 02 02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	m ²	20.24	55.31	1,119.26	
01 01 04 01 02 02 03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/cm ³ PARA VIGAS	m ³	4.11	290.00	1,216.20	
01 01 04 01 02 03	LOSAS ALIGERADAS					3,110.45
01 01 04 01 02 01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	m ²	50.21	40.00	2,008.40	
01 01 04 01 02 02	ACERO F14-400 KG/CM ² (PLASA ALIGERADA)	kg	376.03	6.17	2,320.81	
01 01 04 01 02 03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN CUADRILLO HUECO PITECHO D6.3 X 0.3 X 0.12 (PUBAJA)	und	404.00	3.00	1,212.00	
01 01 04 01 02 04	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/cm ³ PARA LOSAS ALIGERADAS	m ³	5.00	290.00	1,450.00	
01 01 04 01 02 04	COLUMNETAS					3,157.94
01 01 04 01 02 01	ACERO F14-400 KG/CM ² (FCOLUMNETAS)	kg	258.00	6.17	1,589.25	
01 01 04 01 02 02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNETAS	m ²	17.28	51.17	884.22	
01 01 04 01 02 03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/cm ³ PARA COLUMNETAS	m ³	2.12	319.00	676.17	
01 01 04 01 02 05	VIGAS DE AMARRE					740.77
01 01 04 01 02 01	ACERO F14-400 KG/CM ² (FVIGAS DE AMARRE)	kg	43.41	6.17	267.84	
01 01 04 01 02 02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE AMARRE	m ²	2.40	55.31	132.74	
01 01 04 01 02 03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/cm ³ PARA VIGAS DE AMARRE	m ³	1.20	290.00	348.19	
01 01 04 01 03	MUROS Y TABICUES					3,413.44
01 01 04 01 03 01	ASENTADO EN MURO (SOGA) CUADRILLO DIAROLLA MACIZO PESADO TIPO IV XX OMEZCLA CAG 1.5 + REFUERZO HORIZ. (PUBAJA)	m ²	50.02	90.51	4,486.00	
01 01 04 01 03 02	ASENTADO EN MURO (CABEZA) CUADRILLO DIAROLLA MACIZO PESADO TIPO IV XX OMEZCLA CAG 1.5 + REFUERZO HORIZ. (PUBAJA)	m ²	27.10	144.00	3,915.36	
01 01 04 01 04	REVOQUES Y BOLDURAS					10,205.77
01 01 04 01 04 01	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN MUROS EXTER. VARIOS OMEZCLA CAF 1.4 (PUBAJA)	m ²	63.30	20.00	1,266.00	
01 01 04 01 04 02	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN MUROS INTER. VARIOS OMEZCLA CAF 1.4 (PUBAJA)	m ²	153.30	22.20	3,393.00	
01 01 04 01 04 03	TARRAJEO DE VIGAS INC. ARISTAS MEZC. CA - 1.5, D=1.5 CM.	m ²	21.70	14.15	306.33	
01 01 04 01 04 04	REVOQUE O TARRAJEO DE COLUMNAS	m ²	34.13	33.00	1,136.40	
01 01 04 01 04 05	VESTIDURA DE DERRAMES	m	82.70	23.01	1,893.79	
01 01 04 01 04 06	REVOQUE O TARRAJEO FINO EN CIELORRASO OMEZCLA CAF 1.4 (PUBAJA)	m ²	50.00	30.32	1,516.00	
01 01 04 02	DEPARTAMENTO 104 (CASO GRIS)					58,490.57
01 01 04 02 01	TRABAJOS PRELIMINARES					2,580.36
01 01 04 02 01 01	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE GENERAL (HERRAMIENTAS, MATERIALES Y EQUIPOS (FLETE TERRESTRE RUTA CORTA I)	und	1.00	251.80	251.80	
01 01 04 02 01 02	SUMINISTRO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE SEGURIDAD OCUPACIONAL EN OBRA Y DURANTE LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS	gb	10.00	134.40	1,344.00	
01 01 04 02 01 03	TRAZO, MARCACIÓN DE NIVELES Y REPLANTO PRELIMINAR AL INICIO Y DURANTE EJECUCIÓN DIORNA (DISNIVELADO)	m ²	70.47	11.22	790.87	
01 01 04 02 02	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					34,701.00
01 01 04 02 02 01	COLUMNAS					15,026.92
01 01 04 02 02 01 01	ACERO F14-400 KG/CM ² (FCOLUMNAS)	kg	1,903.00	6.17	11,741.71	
01 01 04 02 02 01 02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA	m ²	67.51	51.17	3,454.40	

Presupuesto

Proyecto: TORRE DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR SISTEMA APORTICADO
Sub Proyecto: 01 - VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN SISTEMA APORTICADO
Cliente: SN
Ubicación: AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
Localidad: DPTO.AREQUIPA PROV.AREQUIPA DI

Item	Descripción	Unidad	Metro	Precio	Parcial	Subtotal
01.01.04.02.02.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m ³ PARA COLUMNAS	m ³	6.04	319.99	1,929.70	
01.01.04.02.02.01.03	VIGAS					7,646.22
01.01.04.02.02.01.01	ACERO FY=400 KG/CM ² (F/VIGAS)	kg	779.91	6.17	4,812.03	
01.01.04.02.02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	m ²	35.24	55.31	1,947.26	
01.01.04.02.02.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m ³ PARA VIGAS	m ³	4.11	396.09	1,627.93	
01.01.04.02.02.01.03	LOSAS ALIGERADAS					8,118.45
01.01.04.02.02.01.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	m ²	50.21	46.00	2,311.06	
01.01.04.02.02.01.02	ACERO FY=400 KG/CM ² (F/LOSA ALIGERADA)	kg	378.83	6.17	2,323.81	
01.01.04.02.02.01.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CUADRO HUECO PTECHO D0.3 X 0.3 X 0.12 (FUBAJA)	und	464.96	3.06	1,402.46	
01.01.04.02.02.01.04	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m ³ PARA LOSAS ALIGERADAS	m ³	5.09	396.09	1,997.10	
01.01.04.02.02.01.04	COLUMNETAS					3,157.64
01.01.04.02.02.01.01	ACERO FY=400 KG/CM ² (F/COLUMNETAS)	kg	258.55	6.17	1,586.25	
01.01.04.02.02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNETAS	m ²	17.28	51.17	884.22	
01.01.04.02.02.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/m ³ PARA COLUMNETAS	m ³	2.12	319.99	678.17	
01.01.04.02.02.01.03	VIGAS DE AMARRE					746.77
01.01.04.02.02.01.01	ACERO FY=400 KG/CM ² (F/VIGAS DE AMARRE)	kg	43.41	6.17	267.84	
01.01.04.02.02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE AMARRE	m ²	2.40	55.31	132.74	
01.01.04.02.02.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/m ³ PARA VIGAS DE AMARRE	m ³	1.20	300.99	361.19	
01.01.04.02.02.01.03	BURDE Y TABIQUES					8,413.44
01.01.04.02.02.01.01	ASENTADO EN MURO (SOGA) CUADRO HUECO DIAGONAL MACIZO PESADO TIPO IV X X OMEZCLA CAG 1:5 + REFUERZO HORIZ. (FUBAJA)	m ²	50.82	93.51	4,750.08	
01.01.04.02.02.01.02	ASENTADO EN MURO (CABEZA) CUADRO HUECO DIAGONAL MACIZO PESADO TIPO IV X X OMEZCLA CAG 1:5 + REFUERZO HORIZ. (FUBAJA)	m ²	37.19	144.00	5,355.36	
01.01.04.02.02.01.04	REVOCOS Y BOLDURAS					10,255.77
01.01.04.02.02.01.01	REVOCO O TARRAJEO FINO EN MUROS EXTER. VARIOS OMEZCLA CAF 1:4 (FUBAJA)	m ²	83.36	26.99	2,230.69	
01.01.04.02.02.01.02	REVOCO O TARRAJEO FINO EN MUROS INTER. VARIOS OMEZCLA CAF 1:4 (FUBAJA)	m ²	150.36	22.26	3,347.01	
01.01.04.02.02.01.03	TARRAJEO DE VIGAS INC. ARISTAS MEZC. C.A. - 1:5, D=1.5 CM.	m ²	21.79	14.15	308.33	
01.01.04.02.02.01.04	REVOCO O TARRAJEO DE COLUMNAS	m ²	34.13	33.56	1,145.40	
01.01.04.02.02.01.05	VESTIDURA DE DERRAMES	m	82.78	23.81	1,970.79	
01.01.04.02.02.01.06	REVOCO O TARRAJEO FINO EN CIelorras OMEZCLA CAF 1:4 (FUBAJA)	m ²	50.00	36.32	1,816.00	
01.01.05	QUINTO PISO					112,913.14
01.01.05.01	DEPARTAMENTO 117 (CASO GRIS)					58,496.57
01.01.05.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES					2,596.36
01.01.05.01.01.01	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE GENERAL DE HERRAMIENTAS, MATERIALES Y EQUIPOS (FLETE TERRESTRE RUTA CORTA I)	und	1.00	851.89	851.89	
01.01.05.01.01.02	SUMINISTRO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE SEGURIDAD OCUPACIONAL EN OBRA Y DURANTE LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS	gb	10.00	134.40	1,344.00	
01.01.05.01.01.03	TRAZO, MARCACIÓN DE NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR AL INICIO Y DURANTE EJECUCIÓN DE OBRA (DISMINUIBIAO)	m ²	70.47	11.22	790.87	
01.01.05.01.02	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					34,701.00
01.01.05.01.02.01	COLUMNAS					15,026.92
01.01.05.01.02.01.01	ACERO FY=400 KG/CM ² (F/COLUMNAS)	kg	1,563.85	6.17	9,647.73	
01.01.05.01.02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA	m ²	87.51	51.17	4,458.49	
01.01.05.01.02.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m ³ PARA COLUMNAS	m ³	6.04	319.99	1,929.70	
01.01.05.01.02.01.03	VIGAS					7,646.22
01.01.05.01.02.01.01	ACERO FY=400 KG/CM ² (F/VIGAS)	kg	779.91	6.17	4,812.03	
01.01.05.01.02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	m ²	35.24	55.31	1,947.26	
01.01.05.01.02.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m ³ PARA VIGAS	m ³	4.11	396.09	1,627.93	
01.01.05.01.02.01.03	LOSAS ALIGERADAS					8,118.45
01.01.05.01.02.01.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	m ²	50.21	46.00	2,311.06	
01.01.05.01.02.01.02	ACERO FY=400 KG/CM ² (F/LOSA ALIGERADA)	kg	378.83	6.17	2,323.81	
01.01.05.01.02.01.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CUADRO HUECO PTECHO D0.3 X 0.3 X 0.12 (FUBAJA)	und	464.96	3.06	1,402.46	
01.01.05.01.02.01.04	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m ³ PARA LOSAS ALIGERADAS	m ³	5.09	396.09	1,997.10	
01.01.05.01.02.01.04	COLUMNETAS					3,157.64
01.01.05.01.02.01.01	ACERO FY=400 KG/CM ² (F/COLUMNETAS)	kg	258.55	6.17	1,586.25	
01.01.05.01.02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNETAS	m ²	17.28	51.17	884.22	
01.01.05.01.02.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/m ³ PARA COLUMNETAS	m ³	2.12	319.99	678.17	
01.01.05.01.02.01.03	VIGAS DE AMARRE					746.77
01.01.05.01.02.01.01	ACERO FY=400 KG/CM ² (F/VIGAS DE AMARRE)	kg	43.41	6.17	267.84	
01.01.05.01.02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE AMARRE	m ²	2.40	55.31	132.74	
01.01.05.01.02.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=175 kg/m ³ PARA VIGAS DE AMARRE	m ³	1.20	300.99	361.19	
01.01.05.01.02.01.03	BURDE Y TABIQUES					8,413.44
01.01.05.01.02.01.01	ASENTADO EN MURO (SOGA) CUADRO HUECO DIAGONAL MACIZO PESADO TIPO IV X X OMEZCLA CAG 1:5 + REFUERZO HORIZ. (FUBAJA)	m ²	50.82	93.51	4,750.08	
01.01.05.01.02.01.02	ASENTADO EN MURO (CABEZA) CUADRO HUECO DIAGONAL MACIZO PESADO TIPO IV X X OMEZCLA CAG 1:5 + REFUERZO HORIZ. (FUBAJA)	m ²	37.19	144.00	5,355.36	
01.01.05.01.04	REVOCOS Y BOLDURAS					10,255.77
01.01.05.01.04.01	REVOCO O TARRAJEO FINO EN MUROS EXTER. VARIOS OMEZCLA CAF 1:4 (FUBAJA)	m ²	83.36	26.99	2,230.69	
01.01.05.01.04.02	REVOCO O TARRAJEO FINO EN MUROS INTER. VARIOS OMEZCLA CAF 1:4 (FUBAJA)	m ²	150.36	22.26	3,347.01	
01.01.05.01.04.03	TARRAJEO DE VIGAS INC. ARISTAS MEZC. C.A. - 1:5, D=1.5 CM.	m ²	21.79	14.15	308.33	
01.01.05.01.04.04	REVOCO O TARRAJEO DE COLUMNAS	m ²	34.13	33.56	1,145.40	
01.01.05.01.04.05	VESTIDURA DE DERRAMES	m	82.78	23.81	1,970.79	
01.01.05.01.04.06	REVOCO O TARRAJEO FINO EN CIelorras OMEZCLA CAF 1:4 (FUBAJA)	m ²	50.00	36.32	1,816.00	
01.01.05.02	DEPARTAMENTO 118 (CASO GRIS)					58,496.57
01.01.05.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES					2,596.36
01.01.05.02.01.01	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE GENERAL DE HERRAMIENTAS, MATERIALES Y EQUIPOS (FLETE TERRESTRE RUTA CORTA I)	und	1.00	851.89	851.89	
01.01.05.02.01.02	SUMINISTRO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE SEGURIDAD OCUPACIONAL EN OBRA Y DURANTE LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS	gb	10.00	134.40	1,344.00	
01.01.05.02.01.03	TRAZO, MARCACIÓN DE NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR AL INICIO Y DURANTE EJECUCIÓN DE OBRA (DISMINUIBIAO)	m ²	70.47	11.22	790.87	
01.01.05.02.02	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					34,701.00
01.01.05.02.02.01	COLUMNAS					15,026.92
01.01.05.02.02.01.01	ACERO FY=400 KG/CM ² (F/COLUMNAS)	kg	1,563.85	6.17	9,647.73	
01.01.05.02.02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA	m ²	87.51	51.17	4,458.49	
01.01.05.02.02.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO f=210 kg/m ³ PARA COLUMNAS	m ³	6.04	319.99	1,929.70	
01.01.05.02.02.01.03	VIGAS					7,646.22