

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA UN EDIFICIO COMERCIAL-  
MULTIFAMILIAR Y COSTO TÉCNICO - ECONÓMICO PARA LA CONTINUACIÓN  
DE UNA OBRA PARALIZADA POR LA PANDEMIA**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTOR**

César Gustavo Vílchez Corahua

**ASESOR**

Ing. Luis Humberto Bravo Salomón

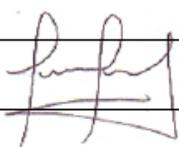
Lima, 2023

### Informe de Similitud

Yo, Luis Humberto Bravo Salomón, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis titulada "Procesos constructivos para un edificio comercial-multifamiliar y costo técnico - económico para la continuación de una obra paralizada por la pandemia", del autor Vílchez Corahua, César Gustavo, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 13%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 23/03/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: San Miguel 26 de abril del 2023

|  |  |
|--|--|
| Apellidos y nombres del asesor / de la asesora:<br><u>Bravo Salomón, Luis Humberto</u> |  |
| DNI: 06994878  | Firma  |
| ORCID: 0000-0003-1476-9710   |  |



## RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad principal el seguimiento y control de los procesos constructivos ejecutados para losas en dos direcciones, así como el sustento técnico-económico para continuar con la edificación, luego de más de dos años de paralización por pandemia, así como equipamientos del edificio comercial. Este edificio consta de 01 sótano destinado a estacionamientos con ingreso vehicular, por medio de un sistema de monta autos automático, 03 pisos de zona comercial y 04 pisos destinados a vivienda multifamiliar.

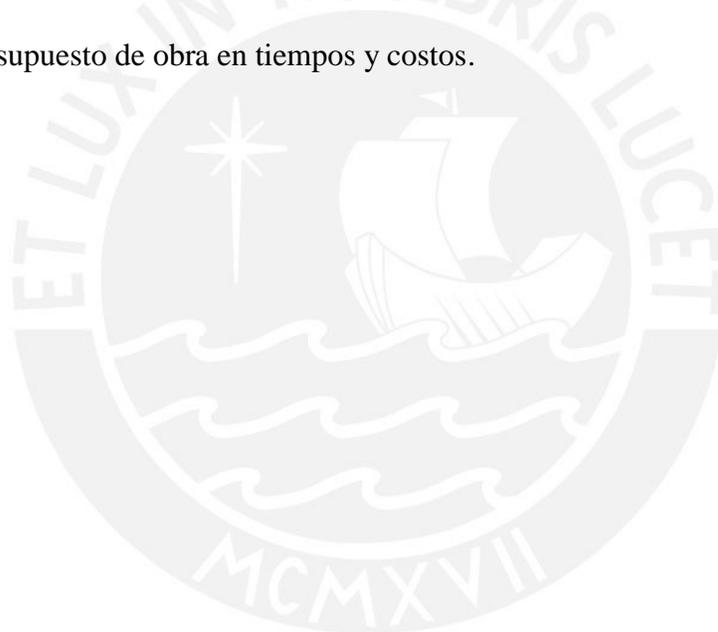
El inicio de ejecución de la obra fue en el año 2018; por problemas de pandemia estuvo paralizado dos años y medio y se retomaron los trabajos el 2022; teniendo en consideración los procesos constructivos y los análisis de los materiales, se retiró el acero comprometido por óxido; se reemplazó, en su totalidad, por materiales que componen los elementos estructurales, como ladrillos, tuberías, etcétera.

Se dividió el presente estudio en ocho capítulos para su desarrollo, en el primer capítulo se trata sobre la introducción, objetivos e hipótesis del proyecto; el segundo capítulo muestra los alcances del proyecto, del mismo modo se menciona las memorias descriptivas para las especialidades que contempla el proyecto y, además, los aspectos generales.

En el tercer capítulo se trata las bases teóricas para el análisis de los materiales que componen los elementos estructurales y se presentan las diferentes patologías que afectan a los materiales que componen todo el proceso constructivo de un elemento estructural y los procedimientos para eliminarlos, para así retomar las actividades constructivas; el cuarto capítulo expone los metrados de obra; en el quinto capítulo se describe el análisis de precios unitarios (APUs) para estructuras, específicamente para losas aligeradas en una y dos direcciones, con la cual se construye el edificio en reemplazo de la losa maciza con la que fue diseñada inicialmente;

siguiendo esta secuencia, en el sexto capítulo se detalla el proceso de la elaboración de los costos indirectos y directos para la preparación presupuestal de la edificación en estudio.

En el capítulo séptimo se presentan los procesos constructivos para losa aligerada en 02 direcciones y el control de los procesos seguidos para su correcto funcionamiento, y en el capítulo octavo se analiza los materiales que componen los elementos estructurales, como vigas, losas, placas y columnas para evaluar el estado de los materiales que lo componen, tales como el acero, concreto, encofrado, etcétera; asimismo, evaluar su reemplazo por material nuevo, justificando esta decisión bajo un costo técnico-económico por paralización de obra, debido a la pandemia y la incidencia en el presupuesto de obra en tiempos y costos.



## ABSTRACT

The main purpose of this work is to monitor and control the construction processes carried out for slabs in two directions, as well as the technical-economic support to continue with the construction, after more than two years of stoppage due to the pandemic, as well as equipment for the commercial building. This building consists of 01 basement for parking with vehicular entrance, through an automatic car lift system, 03 floors of commercial area and 04 floors for multifamily housing.

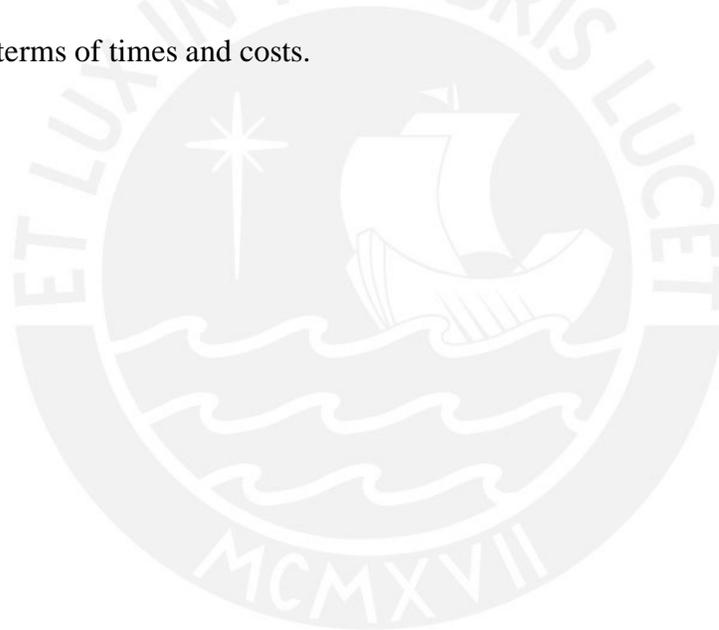
The start of execution of the work was in 2018; due to pandemic problems, it was paralyzed for two and a half years and work was resumed in 2022; taking into consideration the construction processes and the analysis of the materials, the steel compromised by rust was removed; it was replaced, in its entirety, by materials that make up the structural elements, such as bricks, pipes, etc.

The present study was divided into eight chapters for its development, the first chapter deals with the introduction, objectives, and hypothesis of the project; The second chapter shows the scope of the project, in the same way the descriptive memories for the specialties that the project contemplates are mentioned and, in addition, the general aspects.

The third chapter deals with the theoretical bases for the analysis of the materials that make up the structural elements and presents the different pathologies that affect the materials that make up the entire construction process of a structural element and the procedures to eliminate them, in order to resume construction activities; the fourth chapter exposes the duration of work; the fifth chapter describes the analysis of unit prices (APUs) for structures, specifically for lightened slabs in one and two directions, with which the building is built to replace the solid slab with which it

was initially designed; Following this sequence, the sixth chapter details the process of preparing the indirect and direct costs for the budget preparation of the building under study.

In the seventh chapter the construction processes for lightened slab in 02 directions and the control of the processes followed for its correct operation are presented, and in the eighth chapter the materials that make up the structural elements are analyzed, such as beams, slabs, plates and columns in order to evaluate the state of the materials that compose it, such as steel, concrete, formwork, etc.; likewise, evaluate its replacement with new material, justifying this decision under a technical-economic cost due to stoppage of work, because of the pandemic and the impact on the work budget in terms of times and costs.



## AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que directa o indirectamente han influenciado para la ejecución del presente estudio. De forma especial, desde el fondo de mi corazón, a mis padres Luzmila y Ubaldo, quienes siempre estuvieron a mi lado en los momentos más difíciles de mi vida, con su comprensión, apoyo y amor absoluto; sin escatimar esfuerzos han sacrificado mucho por mí y por mis hermanos, siempre con la esperanza de vernos profesionales y buenas personas para nuestra sociedad. Nunca podré agradecerles lo mucho que han sacrificado y hecho por nosotros.

A todos mis familiares que me brindaron palabras de aliento y apoyo incondicional en las ocasiones más difíciles para poder llegar hasta donde estoy; además, a mis amigos cercanos que con su apoyo creyeron en mí. A mis maestros en las distintas etapas de mi formación académica, desde la primaria hasta la culminación de mi formación profesional, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias para lograr que el presente trabajo quede culminado. A mi Casa de Estudios que me proporcionó todas las herramientas, conocimientos y valores para poder realizar este trabajo y ser un mejor profesional. A mi asesor de tesis quien, con sus consejos, siempre útiles, me ayudó en la redacción; especialmente cuando no salía de mi pensamiento las ideas para escribir que, afortunadamente, hoy he logrado.

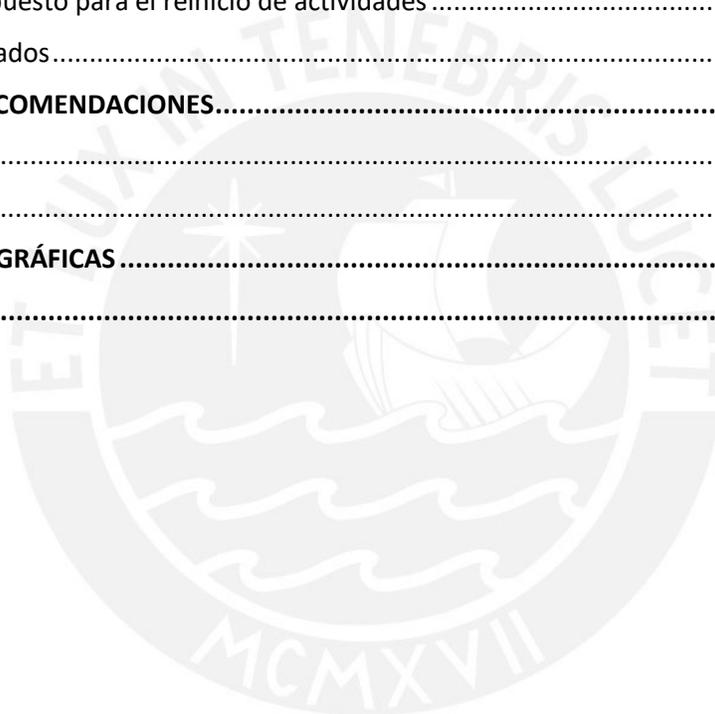
A mi esposa e hijo, que han sabido entender el tiempo sacrificado sin su compañía, con el propósito de culminar mis objetivos y sueños: soporte y fuerza para culminar lo que empecé y que ahora está culminado. Gracias a todos.

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1    Introducción .....   | 1         |
| 1.2    Justificación .....  | 2         |
| 1.3    Objetivo general .....   | 3         |
| 1.4    Objetivos específicos .....  | 3         |
| 1.5    Hipótesis .....  | 3         |
| <b>2 ALCANCES DEL PROYECTO A ANALIZAR .....</b>                             | <b>4</b>  |
| 2.1    Antecedentes .....   | 4         |
| 2.2    Ubicación .....  | 4         |
| 2.3    Memoria descriptiva .....  | 4         |
| 2.3.1    Arquitectura .....   | 4         |
| 2.3.2    Estructuras .....  | 8         |
| 2.3.3    Sistema electro mecánico .....                                     | 8         |
| 2.3.4    Instalaciones eléctricas .....                                     | 13        |
| 2.3.5    Instalaciones sanitarias .....                                     | 14        |
| 2.3.6    Sistema de agua contra incendio .....                              | 15        |
| 2.4    Aspectos generales .....   | 15        |
| 2.4.1    Etapas de trabajo .....  | 15        |
| 2.4.2    Estrategias .....  | 16        |
| 2.4.3    Problemas técnicos .....   | 16        |
| 2.5    Seguridad y salud en el trabajo .....                                | 18        |
| <b>3 BASES TEÓRICAS .....</b>   | <b>19</b> |
| 3.1    Factores externos para el deterioro de elementos estructurales ..... | 19        |
| 3.1.1    Acero corrugado estructural .....                                  | 19        |
| 3.1.2    Concreto armado estructural .....                                  | 24        |
| 3.1.3    Ladrillo para losa aligerada .....                                 | 26        |
| 3.1.4    Tuberías de PVC .....  | 28        |
| 3.1.5    Encofrado para elementos estructurales .....                       | 29        |
| 3.2    Ubicación de elementos estructurales para análisis .....             | 32        |
| 3.2.1    Placas .....   | 33        |
| 3.2.2    Columnas .....   | 33        |
| 3.2.3    Vigas .....  | 33        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.2.4    | Losa y encofrado .....  | 33        |
| 3.3      | Análisis y procedimientos para eliminación de daños en materiales que conforman elementos estructurales .....   | 34        |
| 3.3.1    | Análisis para el acero estructural .....  | 34        |
| 3.3.2    | Análisis de concreto armado estructural.....  | 41        |
| 3.3.3    | Análisis de ladrillo para losa aligerada .....  | 42        |
| 3.3.4    | Análisis de tuberías PVC para losa.....   | 42        |
| 3.3.5    | Análisis de encofrado para losa aligerada .....   | 43        |
| <b>4</b> | <b>METRADOS.....</b>  | <b>45</b> |
| 4.1      | Procedimiento para elaboración de metrados .....  | 45        |
| 4.2      | Sustento de metrados .....  | 46        |
| 4.2.1    | Metrado del volumen de concreto.....  | 46        |
| 4.2.2    | Metrado losa aligerada en una dirección y losa en dos direcciones.....  | 46        |
| 4.3      | Resumen de metrados .....   | 49        |
| <b>5</b> | <b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....</b>   | <b>50</b> |
| 5.1      | Análisis de Precios Unitarios (APUs).....   | 50        |
| 5.2      | Procedimiento para elaborar y/o calcular el análisis de precios unitarios .....                                 | 50        |
| 5.3      | Validación de los precios unitarios .....   | 51        |
| 5.4      | Análisis para la ejecución de losa aligerada y losa en dos direcciones .....                                    | 53        |
| 5.4.1    | Análisis de Precio Unitario del concreto (APUs concreto) .....  | 53        |
| 5.4.2    | Análisis de Precio Unitario del concreto (APUs acero) .....   | 54        |
| <b>6</b> | <b>PRESUPUESTOS .....</b>   | <b>55</b> |
| 6.1      | Costo directo .....   | 55        |
| 6.2      | Costo indirecto .....   | 56        |
| 6.3      | Elaboración del presupuesto de obra.....  | 57        |
| 6.4      | Presupuesto base .....  | 61        |
| <b>7</b> | <b>CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS APLICADOS A LOSAS ALIGERADAS EN DOS DIRECCIONES.....</b> | <b>63</b> |
| 7.1      | Alcances generales .....  | 63        |
| 7.1.1    | ¿Que son losas en dos direcciones? .....  | 63        |
| 7.1.2    | Partes de una losa aligerada en dos direcciones .....   | 64        |
| 7.2      | Last Planner System - control y seguimiento.....  | 65        |
| 7.3      | Last planner system – control y seguimiento aplicado a losas en una dirección y dos direcciones 68              |           |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 7.3.1    | Programación-Lookahead .....   | 68        |
| 7.3.2    | Proceso constructivo para losas en dos direcciones según look ahead.....             | 70        |
| 7.4      | Resultados.....  | 78        |
| <b>8</b> | <b>ANÁLISIS TÉCNICO –ECONÓMICO E INFLUENCIA EN EL PRESUPUESTO DE OBRA .....</b>      | <b>79</b> |
| 8.1      | Análisis técnico y económico de las estructuras para continuación del proyecto. .... | 79        |
| 8.2      | Análisis económico de las estructuras para continuación del proyecto .....           | 79        |
| 8.2.1    | Elementos verticales .....   | 79        |
| 8.2.2    | Elementos estructurales horizontales .....   | 82        |
| 8.2.3    | Cronograma para reinicio de actividades .....  | 90        |
| 8.2.4    | Presupuesto para el reinicio de actividades .....                                    | 91        |
| 8.3      | Resultados.....  | 92        |
|          | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>93</b> |
|          | Conclusiones.....  | 93        |
|          | Recomendaciones.....   | 95        |
|          | <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>96</b> |
|          | <b>ANEXOS.....</b>   | <b>99</b> |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 2. 1: Ubicación de la edificación .....  | 4  |
| Figura 2.2: Vista lateral de edificación .....  | 7  |
| Figura 3.1: Acero vertical con presencia de óxido por agentes externos.....   | 23 |
| Figura 3.2: Presencia mínima de eflorescencia en el concreto .....  | 25 |
| Figura 3.3: Ficha técnica del ladrillo usado para losa.....   | 26 |
| Figura 3.4: Ladrillo techo expuesto al medio ambiente.....  | 28 |
| Figura 3.5: Tuberías de las diferentes instalaciones expuestas por más de dos años al medio<br>Ambiente.....                      | 29 |
| Figura 3.6: Material fenólico con daños de resistencia por exposición al medio ambiente .....                                     | 32 |
| Figura 3.7: Sector en color magenta para análisis de elementos estructurales .....  | 32 |
| Figura 3.8: Sección de las placas sombreada en rojo para la evaluación del proceso de oxidación<br>en las barras verticales ..... | 36 |
| Figura 3.9: Material fenólico con deformaciones significativas que afectan su resistencia.....                                    | 43 |
| Figura 3.10: Retiro del 100% de encofrado colocado.....   | 44 |
| Figura 4.1: Sectorización de losa aligerada y losa en dos direcciones .....   | 47 |
| Figura 5.1: Componentes para cálculo de APU.....  | 52 |
| Figura 5.2: Análisis de precio unitario para el concreto .....  | 53 |
| Figura 5.3: Análisis de precio unitario de acero,2018 .....   | 54 |
| Figura 5.4: Análisis de precio unitario de acero,2022 .....   | 54 |
| Figura 6.1: Plantilla de APU para el acero incluido material y mano de obra .....   | 58 |
| Figura 6.2: Cuadro parcial del presupuesto general de obra.....   | 59 |
| Figura 6.3: Cuadro parcial de costos directos de obra .....   | 60 |
| Figura 6.4: Presupuesto base con todas las especialidades que conforman el proyecto.....  | 61 |
| Figura 6.5: Presupuesto base para ejecución de losa aligerada en una dirección y losa en dos<br>direcciones .....                 | 62 |
| Figura 7.1: Puesta de ladrillo para losa en dos direcciones .....   | 63 |
| Figura 7.2: Losa aligerada.....   | 66 |
| Figura 7.3: Piramide de planificacion.....  | 69 |
| Figura 7.4: Look ahead para losa en dos direcciones .....   | 70 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 7.5: Ejecucion de fondos de viga y costados de viga .....                               | 71 |
| Figura 7.6: Colocacion de fenólicos para fondos de losa .....                                  | 72 |
| Figura 7.7: Distribución de fenólicos en fondos de losa evitando cortes excesivos.....         | 73 |
| Figura 7.8: Colocación de ladrillo y acero en viguetas.....                                    | 74 |
| Figura 7.9: Puesta de tuberías para IISS e IIEE.....   | 75 |
| Figura 7.10: Losa en dos direcciones con protocolo de liberación.....                          | 76 |
| Figura 7.11: Vaciado de losa con concreto de resistencia $f'c=280\text{kg/cm}^2$ .....         | 77 |
| Figura 7.12: Curado de losa con agua 03 veces al día, por una semana.....                      | 76 |
| Figura 8.1: Análisis de precio unitario para acondicionamiento en muros perimetrales.....      | 80 |
| Figura 8.2: Análisis de precio unitario para acondicionamiento mecánico en columnas.....       | 81 |
| Figura 8.3: Análisis de precio unitario para acondicionamiento mecánico en placas .....        | 82 |
| Figura 8.4: Retiro de acero oxidado en todas las vigas.....                                    | 83 |
| Figura 8.5: Encofrado de losa .....  | 84 |
| Figura 8.6: Retiro de material fenólico.....   | 85 |
| Figura 8.7: Análisis de precio unitario para encofrado de fondo de una losa.....               | 86 |
| Figura 8.8: Colocación de acero nuevo en vigas .....   | 87 |
| Figura 8.9: APU de acero colocado en vigas.....  | 87 |
| Figura 8.10: Ladrillo retirado por pérdida de resistencia.....                                 | 88 |
| Figura 8.11: Tuberías retiradas de las instalaciones .....                                     | 89 |
| Figura 8.12: Cronograma para término de actividades previas para el reinicio del proyecto .... | 90 |
| Figura 8.13: Presupuesto previo para reinicio de actividades.....                              | 91 |
| Figura 8.14: Comparativo de presupuestos.....  | 92 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 3.1: Contenido de humedad en los diferentes tipos de poros del concreto armado ..... | 22 |
| Tabla 3.2: Influencia del contenido de humedad sobre el concreto.....                      | 22 |
| Tabla 3.3: Diámetros estándar de acero en Perú.....  | 35 |
| Tabla 3.4: Diámetros mínimos permitidos para barras con óxido.....                         | 35 |
| Tabla 4.1: Metrado de volumen de concreto por sectores .....                               | 47 |
| Tabla 4.2: Metrado de acero por sectores .....   | 48 |
| Tabla 4.3: Tabla resumen por niveles de concreto y acero.....                              | 49 |



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Introducción

Los diferentes procesos constructivos han sido mejorados con nuevos conocimientos y nuevas tecnologías; las exigencias y competencias hacen que se ejecuten los proyectos buscando un menor costo para su ejecución, con sustento técnico-económico, como el sistema de losa en dos direcciones.

El presente trabajo se desarrolla para una edificación de uso comercial-multifamiliar ubicado en el centro comercial las Malvinas, en el centro de Lima, consta de 01 sótano, 03 pisos de uso comercial y 04 pisos para viviendas multifamiliar.

El desarrollo del presente trabajo mostrará, de forma general, el proyecto con sus diferentes especialidades, así como los análisis de precios unitarios y el presupuesto contractual relacionándolo con el costo generado por reactivación de obra, luego de la paralización por pandemia.

Además, en el edificio en estudio se realizará una evaluación de los procesos constructivos hasta el momento en el cual se paralizó la construcción debido a la pandemia.

Los puntos principales de la tesis es describir, evaluar y analizar el sustento técnico-económico que conlleva a reactivar la construcción luego de dos años y medio de paralización por pandemia; no solo en materiales, sino también en procesos de reparación en tiempos, costos y la influencia en el presupuesto final de obra como un punto de partida para proyectos similares que aún siguen paralizados.

## 1.2 Justificación

En la actualidad, hay estudios en el mundo, como en Japón, Estados Unidos, Canadá y Reino Unido sobre las incidencias de la pandemia en agricultura, salud, educación, etcétera; sin embargo, no existen estudios del impacto en el mundo y mucho menos en el Perú sobre el efecto de la pandemia en el sector construcción, teniendo en cuenta que hay muchísimos otros sectores que dependen de esta actividad que también han sido afectados.

Se conoce que muchas edificaciones, debido a la pandemia, paralizaron sus actividades dejando, en mayoría de casos, muros, losas de techo y otras actividades del proceso constructivo a la mitad de ejecución. Luego de más de dos años de paralización, el gobierno autorizó retomar las actividades; en muchos casos, los responsables de obra verificaron que los equipos de encofrado, materiales de construcción (acero, ladrillo, tuberías, etcétera) y hasta el concreto habían sufrido daños por factores externos, como la lluvia, humedad, sol, cambios de temperatura, etcétera.

El acero corrugado en diferentes elementos presenta óxido en la superficie; se debe verificar si es posible usarlo o reemplazarlo; para esto, se evalúa el daño causado por el óxido.

En el concreto se verifica de forma visual la presencia de agentes extraños como sulfatos.

Los materiales, como tuberías y ladrillos de techo se evalúan si aún conservan sus propiedades mecánicas de resistencia o tendrían que ser reemplazados.

El encofrado, en sus distintos elementos, como fondos de losa, columnas, placas y vigas, deben ser retirados por haber perdido su capacidad de resistencia.

Se debe hacer un sustento técnico y económico del proceso constructivo que incrementará el presupuesto de Obra; así, se podrá tener un factor de incidencia en el presupuesto general.

### **1.3 Objetivo general**

Realizar un análisis técnico-económico de los materiales, tiempos y costos, y su incidencia en el presupuesto final de obra, para la reactivación de una obra de edificación paralizada por la pandemia.

### **1.4 Objetivos específicos**

- Realizar un seguimiento y control de todos los procesos constructivos de los elementos estructurales.
- Evaluar y analizar los materiales, tiempos y costos de los procesos constructivos a ejecutar para retomar las actividades luego de la paralización.
- Comparar los resultados de la evaluación técnico-económica, antes y después de la paralización debido a la pandemia.

### **1.5 Hipótesis**

La incidencia de las actividades previas para reactivar la obra paralizada representa un 2.0% del presupuesto de las estructuras.

## 2 ALCANCES DEL PROYECTO A ANALIZAR

### 2.1 Antecedentes

El alcance del proyecto es la construcción de un edificio que consta de 01 sótano con 01 elevador para vehículos, 03 pisos de zona comercial y 04 pisos para vivienda multifamiliar. Debido a que el edificio está ubicado en un centro comercial se instalarán montacargas que serán utilizados exclusivamente para uso comercial. La construcción del proyecto se paralizó por motivos de la pandemia, antes de que hayan culminado las obras del casco estructural

### 2.2 Ubicación

La propiedad está ubicada en el Jr. Presbítero García Villón Nro. 467-471 urbanización Cercado, cercado de Lima, provincia y departamento de Lima.

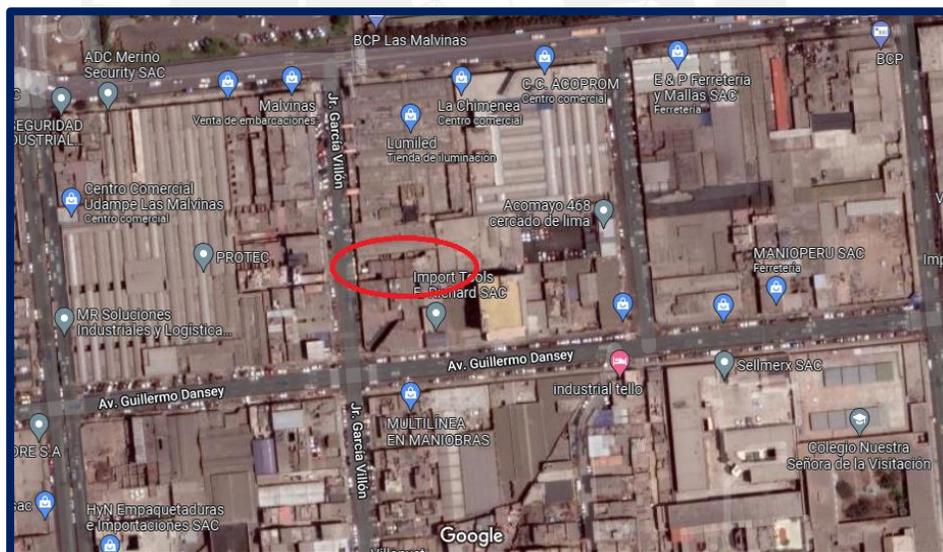


Figura 2. 1: Ubicación de la edificación (Fuente google map)

### 2.3 Memoria descriptiva

#### 2.3.1 Arquitectura

- Propiedad

El terreno donde se ha ejecutado el proyecto es propiedad de Gabriel Vásquez Chipana y Lucilda Bautista Huauya

- Proyecto

El proyecto consta de 01 sótano, 03 pisos para comercio, 04 pisos de viviendas familiares, azotea y piscina.

- Sótano (cisterna)

El área construida para la cisterna es de 69.10m<sup>2</sup>, el acceso es por la escalera que conecta los sótanos con el nivel 0.00, está compuesto por una cisterna 1 con agua para consumo humano, una cisterna 2 con agua para el sistema contra incendios y su respectivo cuarto de máquinas.

- Sótano: Nivel -3.95m

El área construida del sótano es de 480.00m<sup>2</sup>, el acceso al sótano es por dos lugares:

1. Ingreso de los propietarios por medio del sistema de ascensores.
2. Ingreso por las escaleras de evacuación
3. Ingreso mediante el sistema de monta-autos, exclusivo para propietarios que serán ubicados en sus respectivos lugares, hasta con dos cocheras por propietario, con el sistema elevadores de autos.

Este sótano tiene la capacidad para 16 vehículos, con un sistema de elevadores (monta vehículos), también cuenta con un sistema para la extracción de monóxido, así como las escaleras que son presurizadas.

- Primer piso: Nivel 0.00m

El área construida es de 465.00m<sup>2</sup>, se puede acceder a este nivel de 02 formas, el primer acceso es para los propietarios por el ingreso a las viviendas y por el ingreso vehicular (monta-

autos) y la segunda forma es por medio del ingreso al centro comercial. Este piso tiene una altura de 5.25m, donde se plantea colocar una tienda comercial, posee un área de espera con hall de ascensores y un pasadizo para zona comercial y de almacenamiento que, en la parte posterior, posee una monta carga y un área para carga y descarga de mercancías.

- Segundo piso: Nivel 5.25m

El área construida es de 480.00m<sup>2</sup>; se puede acceder a este nivel por las escaleras de escape y por el sistema de ascensores, tiene una altura de entrepiso de 3.55m, este piso está destinado para la gerencia, secretaría y almacenamiento de equipos frágiles. En la parte posterior se encuentran los servicios higiénicos, así como el cuarto de herramientas, cuarto de basura y área de acopio de material desechable.

- Tercer piso: Nivel 8.80m

El área construida es de 480.00m<sup>2</sup>, este piso será exclusivo para el almacenamiento de equipos y materiales sensibles que se utilizarán para la exportación de grifería; en la parte posterior posee servicios higiénicos, cuarto de herramientas, cuarto de basura y área de acopio de materiales desechables, hasta este nivel llegará la monta carga.

- Cuarto nivel al 7mo Nivel

Los niveles en estos pisos son los siguientes +12.35m, +15.25,+18.15,+21.05.

Estos pisos son exclusivos para viviendas con un área construida de 384m<sup>2</sup>; por piso tiene 03 departamentos los cuales poseen:

- 1.- Dormitorio principal y secundario.
- 2.- Sala y comedor.

3.- Cocina y lavandería.

4.- Servicios higiénicos principal y secundario.

5.- Terraza

- Azotea: Nivel 23.95

La azotea es para usos múltiples de los propietarios y consiste en:

1.- Piscina con un área de 15.35m<sup>2</sup> y altura de 1.80m.

2.- Jardinerías y áreas verdes.

3.- Servicios higiénicos y vestuarios.

El suministro de agua será mediante una bomba de presión constante, ubicada en el cuarto de máquinas que se encuentra en el sótano, mediante el cual se suministrará el agua potable a todo el edificio; se encuentra, también, en este nivel la ventilación mecánica de ingreso y expulsión de aire.

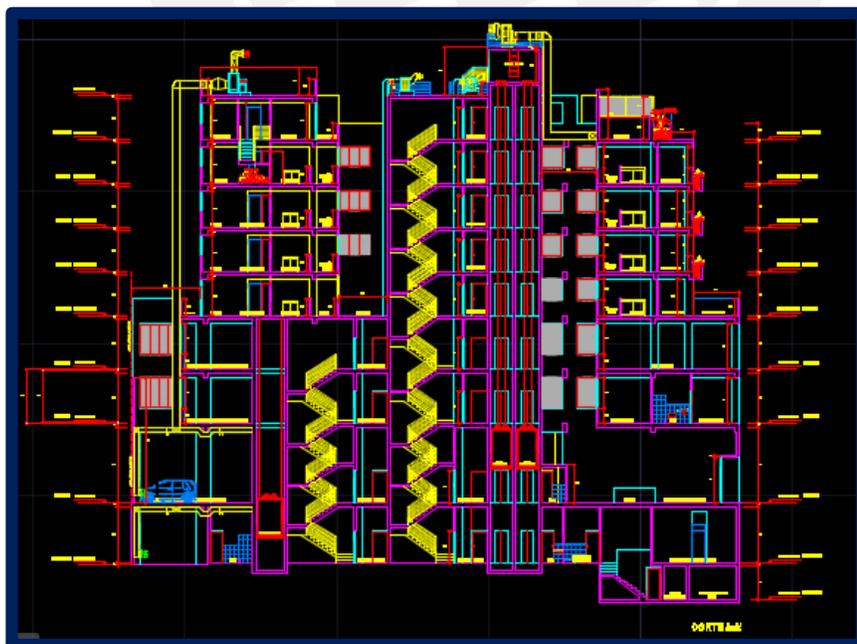


Figura 2.2: Vista lateral de edificación (Fuente Galusa sac)

### **2.3.2 Estructuras**

Para la ejecución de la obra se han utilizado concreto premezclado y acero estructural. La edificación está compuesta por elementos estructurales como vigas, columnas, placas y muros, con diferentes secciones, según lo indican los planos estructurales. En el sótano se usó losa aligerada de 0.25 m. de espesor y en los niveles superiores (departamentos familiares) se usó losas aligeradas en 02 direcciones y espesor de 0.2 m. La cimentación posee zapatas y cimientos corridos en todos los muros perimetrales y/o muros interiores.

Los análisis sísmicos se desarrollaron conforme a la norma E.030, del diseño sismo resistente; para el diseño de elementos estructurales se usaron criterios del ACI-318-14 y el reglamento nacional de edificaciones. De igual manera, se diseñaron las columnas a flexo compresión.

La sobrecarga empleada, es de 250 kg/m<sup>2</sup> para la azotea, en concordancia con la norma peruana de Cargas E-020.

Para las estructuras de concreto se ha empleado concreto con resistencia de 280kg/cm<sup>2</sup>, para todos los elementos y acero corrugado de grado 60 con fluencia de 4200kg/cm<sup>2</sup>.

### **2.3.3 Sistema electro mecánico**

#### **2.3.3.1 Ventilación mecánica (extracción e inyección de aire)**

- Generalidades

La presente memoria descriptiva, se refiere al equipamiento e instalaciones de ventilación mecánica (extracción e inyección de aire) para área de vestíbulos previos que se instalará en el edificio comercio - vivienda multifamiliar.

En esta edificación se ventilará mecánicamente los vestíbulos (desde el sótano hasta la planta techo), por lo que posee rejillas de extracción e inyección de aire.

- Alcances

El sistema de ventilación mecánico (extracción e inyección) para el área de vestíbulos está basado en lo siguiente:

- Sistema de ventilación mecánico (extracción e inyección) para el área de vestíbulos.
- Las aéreas de los vestíbulos usarán un sistema de extracción e inyección de aire automático. y cuentan con 01 extractor, 01 inyector por nivel, que incluyen un variador de velocidad y sensor de presión.
- Para el dimensionamiento del extractor se ha considerado que la presión en las vías de evacuación no será menor de 0.14" ca ni mayor a 0.37" ca, de acuerdo a NFPA 91.

El Sistema de ventilación mecánica (extracción e inyección de aire) conta con los siguientes equipos:

- Ventiladores axiales

Son equipos mecánicos compuestos por paletas helicoidales incorporadas a una base central; la cual, a su vez, estará anclado de forma directa al eje del motor eléctrico que suministrará un caudal de aire necesario para la ventilación por los ductos.

- Ductos

Los ductos se elaboraron e instalaron en concordancia a las especificaciones y recorridos evidenciados en los planos de instalaciones para la totalidad del sistema de aire acondicionado.

- Rejillas

Las rejillas suministradas tienen aletas inclinadas y se fabricaron de plancha galvanizada de acuerdo a las especificaciones proporcionadas en los planos de instalaciones.

- Dámpers

Está compuesto de una plancha de 1 mm. de similares características a los ductos que están conformados por una plancha giratoria activada por un motor eléctrico.

### 2.3.3.2 Sistema de presurización de escaleras

- Generalidades

El proyecto ha sido elaborado de acuerdo a procedimientos y normas aprobadas.

- Descripción del sistema de presurización

Teniendo como objetivo la disposición de una vía de evacuación segura, en caso de un siniestro (incendio), se ha planeado la ejecución de un sistema presurizado para la escalera que va desde el sótano hasta el 5to piso (01 escalera presurizada).

Al producirse una conflagración, este debe ser detectado por el sistema contra incendios, enviando una señal que pone al ventilador del sistema de presurización de la escalera en operación, el cual inyecta caudales de aire limpio, a través de los ductos a cada uno de los niveles, alcanzando de esta manera presurizar la escalera y evitar la entrada de humo producto del siniestro.

El sistema de presurización está compuesto por los siguientes elementos, para cada escalera:

- Un ventilador centrífugo instalado en el quinto piso.
- Ducto de presurización que conduce el aire descargado desde el ventilador hasta el ducto de mampostería que corre desde el 5to piso hasta el 1er piso.
- Las descargas de aire son a través de rejillas que son reguladas manualmente por dámpers ubicados en cada nivel.
- El sensor de presión estática de aire está ubicado dentro de las escaleras.
- El variador de frecuencia regula la velocidad del motor en relación a la demanda real.

- Alcances del sistema de presurización para las escaleras

El proyecto consta de presurización de la escalera, que consta de:

- Suministro e instalación del ventilador centrífugo.
- Fabricación e instalación de los ductos de plancha galvanizada, según indicación de los planos.
- Abastecimiento e instalación de sensor/transmisor de presión estática.
- Abastecimiento e instalación de los arrancadores magnéticos.
- Suministro e instalación de variadores de frecuencia.
- Conexiones eléctricas de todos los equipos, desde los puntos dejados por el propietario.
- Conexiones eléctricas para los controles.
- Pruebas completas de operación, regulación y balanceo del sistema de presurización.

- Ventilador centrífugo

El ventilador centrífugo posee un sistema que minimiza el nivel de ruido y deberá ser balanceado estática y dinámicamente.

- Ductos metálicos

Han sido suministrados e instalados de conformidad con las dimensiones, recorridos y especificaciones detallados en los planos, y en conformidad con la norma SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning Contractor's National Association).

- Rejillas de descarga

Las rejillas de descarga de aire están suministradas de plancha de fierro galvanizado, con soldadura por puntos, protegido con dos manos de pintura anticorrosiva ("wash-primer") y pintura de acabado de esmalte sintético al color requerido por el cliente.

- Pruebas de balanceo

Una vez culminado el montaje del sistema de presurización de escalera, se procedió a realizar las pruebas de operación y el balanceo respectivo.

### 2.3.3.3 Instalaciones mecánicas interiores para extracciones de monóxido de carbono

- Generalidades

El proyecto consta con el sistema de extracción monóxido de carbono, el edificio cuenta con un área de estacionamiento ubicado en el sótano.

- Descripción

Las áreas de estacionamiento son amplias, las cuales tienen su ingreso y salida en el sótano por medio de montacargas; no tienen ductos de ventilación natural y tiene adecuado un sistema de ventilación forzada (extractor) para el monóxido de carbono.

- Alcances del proyecto:

Ventilación mecánica del área de estacionamiento.

- Descripción del proyecto:

a. Instalación mecánica del semisótano: se ha considerado para el área de estacionamiento, la instalación de un sistema de ventilación forzada, el cual es un extractor centrífugo, esto está constituido de ductos con plancha galvanizada.

b. Los ductos galvanizados adosados al techo.

c. Rejillas extractoras: están ubicadas en los extremos de los ductos galvanizados (ramificación) constituidos por marcos y perfiles.

- Equipo extractor centrífugo

El equipo extractor está ubicado en la planta techo del edificio, sobre una losa de concreto, aislado con poliestireno expandido, esta losa tiene un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y 20 cm de espesor.

#### **2.3.4 Instalaciones eléctricas**

- Generalidades

Las especificaciones cubren los requerimientos técnicos de fabricación, pruebas, abastecimiento de tuberías y accesorios de policloruro de vinilo para el cableado de montantes eléctricas y circuitos secundarios que comprende desde el último dispositivo hasta la toma de cargas.

Dentro de los alcances del proyecto están contemplados el diseño, pruebas a las tuberías y accesorios listos para su instalación y puesta en servicio según las especificaciones del proyecto.

El suministro de las tuberías y accesorios deberán obedecer las presentes normas en edición vigente:

- Código Nacional de Electricidad Utilización.
- Norma Técnica Peruana INDECOPI 399.006 y 399.007

- Tubería

Las tuberías y accesorios usados para el cableado de todos los circuitos y alimentadores, contienen resina termoplástica de cloruro de polivinilo rígido, del tipo pesado no plastificado rígido, que proporcionan resistencia al fuego y calor, con una resistencia de aislamiento mayor de cien megaohmios.

Del mismo modo, el cable es resistente a los agentes externos, como la humedad y ambientes químicos en todo el recorrido de las mismas.

Las deformaciones de los cables, producto del calor, en condiciones normales de servicio, son resistentes al impacto y al aplastamiento.

Propiedades físicas de tuberías y accesorios eléctricos a temperatura de 24 °C.

- Peso específico.....1.44 kg x cm<sup>2</sup>
- Resistencia a la tracción.....500 kg x cm<sup>2</sup>
- Resistencia a la flexión.....700 a 900 kg x cm<sup>2</sup>

Los conductores eléctricos recorren por el interior de las tuberías, que son dispuestas en forma empotrada, en piso, pared y en techo; son, a la vista, sujetadas de forma segura según los detalles mostrados en los planos antes de los vaciados respectivos.

### **2.3.5 Instalaciones sanitarias**

- Generalidades

El proyecto de instalaciones sanitarias, para una edificación multifamiliar – comercio, cuyo terreno se encuentra ubicado en el Jr. García Villon, en el distrito de Lima cercado, provincia y departamento de Lima.

- Sistema de agua fría

En el proyecto está establecido el suministro de agua potable, proveniente de la red pública mediante conexión domiciliaria, con tubería de diámetro de 1 plg, que dota a la cisterna de agua para consumo humano de 20.06 m<sup>3</sup>, ubicada en el cuarto de bombas que dota mediante una bomba a presión constante; así, provee agua potable a todos los departamentos.

### **2.3.6 Sistema de agua contra incendio**

En el sótano se ha establecido un cuarto de bombas, donde está ubicada la cisterna de agua contra incendios con una Cap.= 30.89 m<sup>3</sup>; con un sistema de alimentación de 4 plg hacia los gabinetes contra incendio, que estarán ubicados en cada nivel de la edificación, equipados con mangueras y salidas de 2 ½”, ubicados frente al vestíbulo para el cuerpo de bomberos.

#### **Especificaciones técnicas**

Las tuberías a emplear son de acero al carbono electro soldados, calidad ASTM 53GR. B. SCHEDULE 40 sin costura, para una presión de trabajo de 300 lb/plg<sup>2</sup>. con extremos soldados y diámetro establecidos según norma y accesorios del mismo material, uniones con un extremo roscado para conectar válvulas y que soporten la misma presión mencionada líneas arriba.

### **2.4 Aspectos generales**

#### **2.4.1 Etapas de trabajo**

El proyecto de edificación se dividió en dos etapas para su ejecución, de acuerdo a las dimensiones de la edificación para poder desarrollar las actividades.

- Etapa sótano

En esta etapa se contempla la ejecución de 01 sótano, cisternas y el cuarto de máquina.

- Etapa pisos superiores

En esta etapa se contempla la ejecución de los siete pisos (comercio y departamentos), de igual manera la azotea.

### **2.4.2 Estrategias**

- Logística

En algunos acontecimientos que han puesto en riesgo el desarrollo del trabajo, se han tomado acciones y se ha determinado el origen del problema.

Se han evaluado y se han tomado las determinaciones antes de la ejecución de la obra; asimismo, los eventuales contratiempos que se han generado durante el tiempo de su ejecución, reconociendo con claridad los acontecimientos que han sido los causantes de los retrasos; de esta manera, se ha llegado a conocer con precisión cuándo aplicar el plan de respuesta. De igual manera, a conocer la eventualidad de ocurrencia para cada inconveniente.

En caso de dificultades se ha puesto en práctica la estrategia, la cual ha paliado el impacto del problema en la ejecución de la obra. Generalmente en los problemas no esenciales posteriores a la aplicación de la estrategia.

Para el desarrollo de las estrategias se han verificado los planes de calidad, gestión y lecciones aprendidas.

### **2.4.3 Problemas técnicos**

- Objetivo

Definir y concretar la metodología para la gestión de problemas técnicos, para garantizar y no afectar el tren de actividades que han sido programadas dentro del cronograma de actividades.

- Alcance

Para toda partida de trabajo que tenga inconvenientes para su ejecución, que se originen en la variación de su configuración, particularidades de la obra y acontecimientos que no se evaluaron durante la planificación de las actividades.

A pesar de la no evidencia de inconvenientes en el plan de gestión, cada 02 semanas se realizó una evaluación de las dificultades del proyecto, de tal manera que se ha tenido un procedimiento habitual y, de esta manera, se han anticipado a los contratiempos en la calidad del producto durante los tiempos en que se ejecutó el proyecto.

- Metodología

Un procedimiento que se debe de tomar con total claridad antes de iniciar el trabajo, con la intención de reducir al mínimo las potenciales causas que generen inconvenientes, esto es una clara definición de la metodología de trabajo para todas las actividades, de tal manera que no ha sido afectado el tren de trabajo.

Durante la ejecución de la obra se podrán presentar diversos inconvenientes de forma conjunta y al mismo tiempo en este caso se deberá priorizar y tomar acciones inmediatas para resolver los inconvenientes más críticos que puedan ocasionar retrasos en las actividades planificadas.

En líneas generales, se ha establecido la metodología para hacer frente a los inconvenientes técnicos:

- Hacer saber, por escrito, a la supervisión, sobre cualquier cambio a los especificados en los planos de construcción.
- Incorporar un asesor en el área donde se genere un inconveniente.

- Instaurar criterios para evaluar inconvenientes y sus consecuencias en la Calidad-Tiempo-Costo.
- Plantear posibles alternativas, colocando claramente las restricciones del proyecto.
- Teniendo claro la metodología se ha optado por la alternativa más adecuada y viable.

## **2.5 Seguridad y salud en el trabajo**

El Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo consiste en el desarrollo de un proceso sistemático y coherente con las necesidades de cada proyecto, basado en la planificación y ejecución de programas y actividades, orientados a la prevención de riesgos laborales y enfermedades ocupacionales, así como a la evaluación, auditoría y acciones de mejora continua. (Asesoría en la Implementación de sistema SST, 2019)

La responsabilidad recae en el ingeniero residente para tomar medidas de control con la consigna de llevar a cabo un trabajo seguro. Las partidas sub contratadas podrían generar un incremento en la productividad, pero también incrementos en las no conformidades, pérdidas y accidentes, entre otras cosas que afecten el proyecto.

- a) Los principios de seguridad, en obra, deben ser evaluados en la concepción del proyecto.
- b) Es aconsejable contar estadísticamente los accidentes, averiguar las causas y plantear mecanismos de control.
- c) Los comportamientos inseguros y condiciones inseguras son las causas principales para accidentes de trabajo.
- d) Los buenos hábitos de seguridad deben ser evidenciados y mostrados al personal para que sirvan de ejemplo dentro de la obra.

### 3 BASES TEÓRICAS

Respecto a lo sucedido a nivel mundial y en particular en el Perú en los dos (02) últimos años, respecto a la cuarentena, debido a la pandemia (Covid-19), gran cantidad de las construcciones en distintos departamentos del Perú paralizaron sus actividades y muchas estructuras de concreto armado quedaron incompletas y expuestas al medio ambiente, como el acero y, luego de retomar las actividades, se verifica de forma visual que el acero corrugado está oxidado, el concreto presenta un color distinto, los ladrillos de techo se encuentran dañados, el encofrado se evidencia curvaturas, entre otros fenómenos.

Por lo cual, surge la siguiente interrogante: ¿Cómo saber si los materiales que componen los elementos estructurales aún conservan sus propiedades y pueden ser rehusados o deben ser rechazados y ser remplazados por nuevos?

Se analizan los materiales que componen los elementos estructurales para dar respuesta a las interrogantes.

#### 3.1 Factores externos para el deterioro de elementos estructurales

##### 3.1.1 Acero corrugado estructural

En virtud de su enorme importancia, es uno de los materiales más utilizados en el campo de la construcción de obras civiles a nivel internacional y en el Perú, es importante identificar y conocer los problemas y causas que dañan el acero estructural, especialmente debido a la exposición al medio ambiente del material por pandemia. Saber identificarlos y solucionarlos al reactivar la construcción es esencial para cualquiera que está inmerso en un proyecto de construcción.

Se ha podido identificar diferentes patologías que han afectado al acero estructural disminuyendo sus propiedades mecánicas y, en especial, su durabilidad; todo debido a la exposición de los agentes externos.

- Corrosión del acero estructural

La corrosión del acero es el ataque al mismo por reacción electroquímica cuando este interactúa con agentes externos. Esto conlleva a graves perjuicios al tratarse de acero estructural que forma parte del concreto armado. Para comprender este proceso es necesario conocer que el acero está compuesto por carbono y hierro.

Cuando las varillas de acero están embebidas en el concreto, estas se encuentran protegidas de la corrosión gracias al recubrimiento de concreto que forma una barrera contra la acción del agua y el oxígeno presentes en el medio. Este recubrimiento es eficaz en función de su espesor y de la calidad del concreto. Por otro lado, el acero está salvaguardado de la corrosión por el ambiente altamente alcalino ( $\text{pH} > 13$ ), generado por los productos de la mezcla agua/cemento que, además, forman una capa de óxido sobre la superficie de las varillas, manteniéndolas pasivas por largo tiempo. (Paredes, 2019)

- Carbonatación en el acero estructural

El dióxido de carbono es abundante en la naturaleza en grandes cantidades. Este gas, también llamado  $\text{CO}_2$ , es un componente natural en el aire.

El  $\text{CO}_2$  puede dañar el concreto al entrar en la superficie de la estructura, dañando poros y afectando el pH del material (CONCREPLUS, 2021).

El proceso de carbonatación se ve afectado por variables naturales que se encuentran en el concreto. El aumento de carbonatación depende, en gran medida, del contenido de humedad y de la permeabilidad del concreto. Para que haya carbonatación, debe haber humedad.

La reacción de carbonatación avanza más rápidamente cuando la humedad relativa en el concreto se encuentra entre el 50 y el 60 por ciento. Si la humedad es baja, significa que no hay suficiente agua en los poros del concreto para que se disuelvan cantidades significativas de hidróxido de calcio. (Osorio, 2022)

Debido al gran número de vehículos en la ciudad de Lima y a las unidades antiguas que aún circulan hay una excesiva producción del CO<sub>2</sub>, el cual tiene un avance lento pero progresivo en la corrosión del acero.

- Humedad en el acero estructural

La existencia de agua es esencial para la corrosión del acero, donde el potencial de hidrógeno es igual o superior a 7. En Lima, la humedad puede alcanzar hasta el 97% en meses de invierno (segunda mitad del año). Este contenido de agua interviene en el proceso de pérdida de electrones del oxígeno; en consiguiente, el agua transporta los iones a través de los electrólitos. En el concreto, sin la presencia de humedad, la resistividad eléctrica es muy alta, lo que imposibilita el inicio de la corrosión cuando la capa protectora alrededor del acero ha desaparecido; la aparición de humedad en los poros del concreto permitirá el inicio de corrosión en el acero estructural.

Por consiguiente, cuanto más cargados de humedad se encuentran las cavidades del concreto, disminuirá la resistividad eléctrica y será más evidente la velocidad de corrosión en el acero estructural.

La saturación en los poros es propiedad de la humedad relativa. Es la humedad que participa en los procesos de corrosión, es la humedad contenida en los poros. Por esta razón, se debe tener presente que la humedad del medio ambiente y del concreto concuerdan en ciertas estaciones del año y para condiciones cambiantes la humedad del concreto es mayor, porque el concreto pierde su contenido de agua.

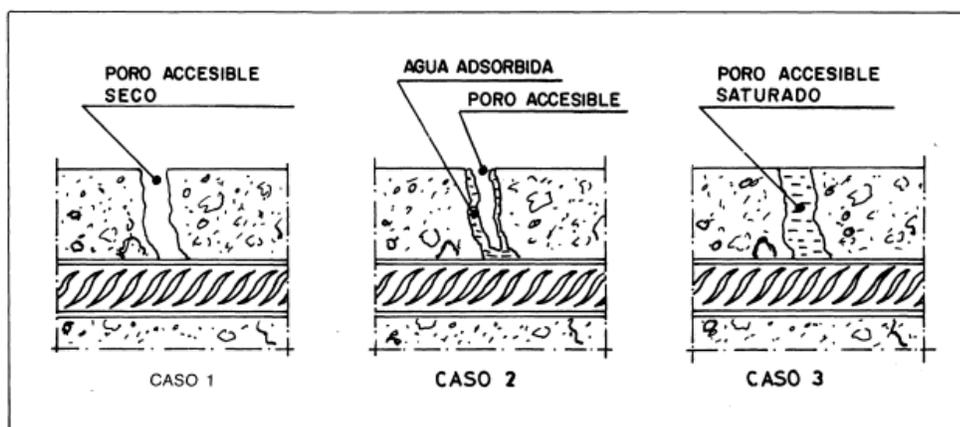


Tabla 3.1: Contenido de humedad en los diferentes tipos de poros del concreto armado

| Humedad relativa efectiva. | Proceso       |  |                              |                    |                |
|----------------------------|---------------|--|------------------------------|--------------------|----------------|
|                            | Carbonatación | Corrosión de las armaduras en el hormigón causada por:<br>Carbo-nata-ción. | Contamina-ción por clo-ruros | Ataque por heladas | Ataque químico |
| Muy baja (<45%)            | 1             | 0  | 0                            | 0                  | 0              |
| Baja (45 - 65%)            | 3             | 1  | 1                            | 0                  | 0              |
| Media (65- 85%)            | 2             | 3  | 3                            | 0                  | 0              |
| Alta (85-95%)              | 1             | 2  | 3                            | 2                  | 1              |
| Saturación(>95%)           | 0             | 1  | 1                            | 3                  | 3              |

0 = no significativo. 1 = Bajo. 2 = Medio. 3 = Alto.

Tabla 3.2: Influencia del contenido de humedad sobre el concreto

- Temperatura

Este factor es trascendental en los procesos de corrosión en el acero. Por un lado, su aumento genera el movimiento de las moléculas favoreciendo el traslado de sustancias químicas y, de esta manera, su reducción puede originar condensaciones que, a la vez, producirá un aumento focalizado en el contenido de humedad para el acero estructural. Asimismo, la cantidad de vapor de agua en el medio ambiente cambia con la temperatura.

Se ha demostrado en análisis de estructuras armadas que las corrosiones en climas cálidos son mucho más agresivas, cuando la temperatura ambiental varía los 20°C y los 40°C se genera un crecimiento en la velocidad de corrosión; en especial, cuando existe la presencia de humedades distintas, relativamente elevadas las cuales se pueden evidenciar en la ciudad de Lima que alcanza el 97%.

Adicionalmente, es fundamental resaltar que los 03 factores ambientales, antes mencionados, tienen efectos contrarios y, por esta razón, no es fácil determinar el cambio del proceso de corrosión analizando solamente uno de los factores.



*Figura 3.1: Acero vertical con presencia de óxido por agentes externos  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

### 3.1.2 Concreto armado estructural

El concreto usado para el proyecto en estudio tiene una resistencia de  $f'_c=280\text{kg/cm}^2$  resistente a la compresión con muy poca resistencia a la tracción; por otra parte, el acero estructural posee una resistencia, tanto a la tracción como la compresión. La combinación de los dos materiales (concreto y acero) permite que el concreto armado tenga mayor resistencia a las atracciones y compresiones.

Debido a sus propiedades y características, este tipo de concreto fue usado para el diseño y la construcción de estructuras como zapatas, cimientos, losa, columnas, vigas y placas. La composición principal de la mezcla de concreto premezclado son los agregados (piedra gruesa, arena gruesa), agua, cemento y su respectiva dosificación.

Después del tiempo expuesto del concreto a agentes externos ambientales se puede identificar un factor importante para la durabilidad del concreto.

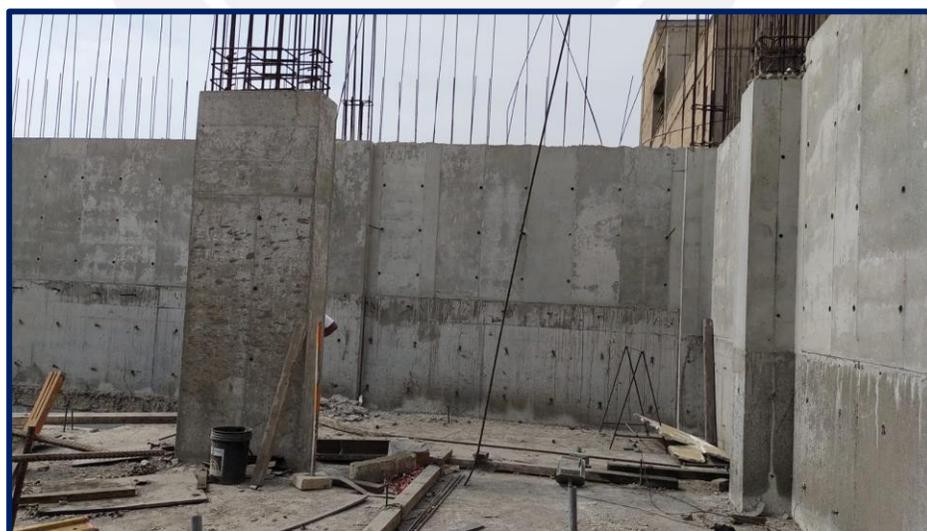
La durabilidad, en sí, es la capacidad que posee el concreto de mantenerse útil para los propósitos para los que fue diseñada y construida dentro del tiempo de vida estimado que se planeó. Agentes externos como el medio ambiente (sol, humedad, vientos, altas temperaturas, etc.) pueden reducir este tiempo de vida, negando los beneficios del material (CONCREPLUS, 2021)

- Eflorescencia

Es una de las patologías más frecuentes en el concreto, se manifiesta por la aparición de sales, frecuentemente de un color blanco, que aparece en la superficie del elemento estructural, cuando la sustancia en solución emerge de la parte interna del concreto hacia la superficie en forma de sales de color blanco azulado o color gris-blanco.

Este fenómeno ocurre cuando la humedad disuelve las sales en el concreto y las lleva por capilaridad, hacia la superficie. Cuando se evapora la humedad, deja este depósito mineral. La eflorescencia no causa problemas estructurales, pero siempre daña el aspecto y la coloración del concreto. Cuando estas sales llegan a la superficie, reaccionan con el CO<sub>2</sub> en el aire y, al evaporarse, dejan un depósito mineral que es de carbonato de calcio. La eflorescencia es causada por la lluvia, bajas temperaturas, condensación, rocío, el agua que se añade a la superficie del concreto; en fin, cualquier humedad sobre la superficie, porque el agua provoca la reacción para producir la eflorescencia (Toxement, 2017, p. 2).

La patología más frecuente que se evidencia en la ciudad de Lima, es la eflorescencia, se suele producir como manchas de color blanco de forma irregular que aparecen en superficies expuestas a la humedad. Tan pronto en la superficie inicie el proceso de evaporación se cristaliza algunas sales solubles que están contenidas en el agua y de esta manera inicia la eflorescencia que se puede evidenciar de forma visual.



*Figura 3.2: Presencia mínima de eflorescencia en el concreto  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

### 3.1.3 Ladrillo para losa aligerada

El ladrillo usado es de la empresa Pirámide; es un material cerámico de color rojo-naranja. Son unidades de las más usadas en construcción de viviendas, diseñadas por personal especializado debido a su bajo costo, ya que dentro de sus principales características poseen un comportamiento acústico y térmico superior en comparación a otros.

La capacidad de soportar esfuerzos compresivos no debe ser inferior a  $3,5 \text{ N/mm}^2$ .

Una forma de prueba en campo para la resistencia es que cuando se deja caer desde una altura de 0.9 m o 1.0 m en un suelo duro, el ladrillo no debe quebrarse en pedazos (GEOLOGIAWEB, 2022).

|  <b>PIRAMIDE</b>   |       |   |                            |  |                        |
|---|-------|---|----------------------------|--|------------------------|
| <b>FICHA TÉCNICA</b>  |       |   |                            |  |                        |
| Actualizada el 01 de enero del 2021   |       |   |                            |  |                        |
| <b>DEFINICIÓN DEL PRODUCTO</b>  |       |   |                            |  |                        |
|    |       | <b>LADRILLO HUECO 20 RAYA</b>                 |                            |  |                        |
| <b>USO:</b>   |       | Ladrillo para techos y entrepisos aligerados. |                            |  |                        |
| <b>MATERIAS PRIMAS:</b>   |       | Mezcla de arcillas.                           |                            | <b>Requisitos Normados:</b><br>NTP 399.613<br>NTP 331.846<br>RNE E-070. E. In. |                        |
|   |       | Unidad  | Especificación de Producto |  |                        |
| <b>PROPIEDADES FÍSICAS:</b>   |       |   |                            |  |                        |
| <b>PESO: Mínimo - Máximo</b>  |       | Kg  | 9.350 - 10.000             | -  |                        |
| <b>DIMENSIONES</b>  | Largo | cm  | 30.0                       | ± 6mm  | 30.6 Mdx.<br>29.4 Mln. |
|   | Ancho | cm  | 30.0                       | ± 6mm  | 30.6 Mdx.<br>29.4 Mln. |
|   | Alto  | cm  | 20.0                       | ± 4mm  | 20.4 Mdx.<br>19.6 Mln. |
| <b>ABSORCIÓN DE AGUA</b>  |       | %   | < 22.0                     | Mdx. 22.0  |                        |
| <b>ÁREA DE VACÍOS</b>   |       | %   | 70.0 - 74.0                | -  |                        |
| <b>ALABEO</b>   |       | mm  | < 4.0                      | Mdx. 4.0   |                        |
| <b>DENSIDAD</b>   |       | g/cm <sup>3</sup>                             | 1.90 - 2.00                | -  |                        |
| <b>EFLORESCENCIA</b>  |       | -   | No presenta                | No presenta  |                        |
| <b>RENDIMIENTO</b>  |       | Und/m <sup>2</sup>                            | 9                          | -  |                        |
| <b>PROPIEDADES MECÁNICAS:</b>   |       |   |                            |  |                        |
| <b>RESISTENCIA A LA FLEXO-TRACCIÓN</b>  |       | Kg/cm <sup>2</sup>                            | > 2.0                      | Mn. 2.0  |                        |
| <b>Nota:</b><br>Ladrillo utilizado para la construcción de losas en techos transitables, que requieren gran aislación térmica y acústica, con una mayor área de adherencia para el tarrajeo, gracias a su acanalado diseño. |       |   |                            |  |                        |
| <br><b>GERENCIO PERAZOLES S.A.</b><br><b>ING. JUAN PÉREZ R.</b><br><b>SCP</b>   |       |   |                            |  |                        |
|  <b>CEPERSA</b>  |       |   |                            |  |                        |

Figura 3.3: Ficha técnica del ladrillo usado para losa aligerada (Fuente: Galusa sac)

Principalmente se han observado las siguientes patologías que evidencian el deterioro del ladrillo

- Capilaridad

Este proceso aparece debido al desplazamiento del agua mediante los ductos capilares pequeños al interior del ladrillo y/o concreto fresco, conociendo que se produce en cualquier dirección debido a la porosidad de los materiales usados.

- Condensación

Se produce por el vapor de agua atrapado en el medio ambiente. Este proceso físico se evidencia por la aparición de hongos, manchas y olores particulares. Para prevenir este fenómeno, la humedad relativa debería estar en un rango entre 35% y 85% con temperaturas en verano cercanos a los 22° C y en invierno a 20° C, teniendo una aireación conveniente, lo cual no se observa en la ciudad de Lima, donde la humedad relativa es superior al 95%, la temperatura de verano supera los 25° C y en inviernos es inferior a los 20° C

- Eflorescencia

Son “depósitos de sales minerales solubles que aparecen sobre la superficie de una pieza cerámica terminada, por exposición a los agentes atmosféricos” (Patologías de la Construcción, s.f.).

Se manifiestan por el movimiento de solución salina a través de los poros al evaporarse. En la ciudad de Lima, se evidencia la eflorescencia como depósitos superficiales de los depósitos dentro de los poros del material, que son mucho más dañinos en combinación con agua y hielo: pueden fracturar todo el material.



*Figura 3.4: Ladrillo techo expuesto al medio ambiente  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

### **3.1.4 Tuberías de PVC**

Las tuberías de PVC son materiales usados para distintas actividades; una de estas actividades es la construcción, donde se usan para las tuberías de agua, desagüe y para tuberías en instalaciones eléctricas.

Estas tuberías son fáciles de usar y su colocación se realiza en los techos de obra; debido a la paralización por pandemia, este material ha estado expuesto a agentes externos, como los rayos ultravioletas; por lo cual, mucho de sus propiedades mecánicas fueron afectadas.

- Rayos ultra violeta

Las tuberías de PVC expuestas a la luz ultravioleta o rayos del sol durante largos periodos pierden su resistencia.

Se traduce en pérdida significativa en la capacidad del material para soportar la presión del agua. Los rayos UV también causan cambios de color en el exterior de la tubería. Puedes evitar el problema al pintar las tuberías de PVC de tu casa que

están directamente expuestas al sol con una pintura resistente a los rayos ultravioleta. (Armstrong, 2021)



*Figura 3.5: Tuberías de las diferentes instalaciones expuestas por más de dos años al medio ambiente Fuente: Elaboración propia, 2022*

### **3.1.5 Encofrado para elementos estructurales**

Los encofrados se pueden definir de tres tipos, encofrado metálico, encofrado mixto y encofrado de madera. En una obra de construcción, dependerá del tipo de proyecto, tipo de acabado y las solicitudes iniciales; pueden usarse de igual forma los tres tipos en una misma edificación; para nuestro caso en estudio se ha utilizado encofrado metálico para elementos verticales (placas, columnas) y encofrado de madera (triplay fenólico) para encofrado de elementos horizontales (vigas y losa de techo).

Los fenólicos o triplay fenólico de 18mm se usaron para el encofrado de fondos de vigas, laterales de vigas y los fondos de losa que deberán tener la resistencia necesaria para soportar la carga que sobre ellas se generarán como el acero, ladrillos de techo, concreto premezclado y las cargas vivas durante todo el proceso hasta que el concreto vertido llegue a su resistencia requerida donde se retirará todo el encofrado de madera que suele ser a los 28 días del vertido del concreto.

Para el análisis de nuestro caso se observa que el encofrado luego de más de dos años de servicio sufrió deformaciones significativas, presencia de cuerpos extraños sobre su superficie, se notó lo siguiente:

- Agentes climáticos

El fenólico a pesar que por sus características ha sido tratado, luego de un tiempo prolongado de exposición al aire y humedad, se evidencia en la superficie del fenólico la aparición de manchas de color amarillo y grisáceo que es consecuencia de la reacción del oxígeno con el carbono. Esta patología afecta de forma inicial el aspecto del material si el tiempo expuesto a los agentes externos es corto; sin embargo, en nuestro caso de estudio ha sido un tiempo prolongado de más de dos años y las evidencias visuales muestran deterioros físicos.

Otros agentes externos como el sol y el calor afectan superficialmente la madera, haciendo que el proceso de secado del triplay fenólico sea excesivo y se agriete superficialmente: a este proceso se le conoce como meteorización.

La humedad relativa de Lima, que es superior al 95%, y garuas en meses de invierno son los agentes externos que más dañan al fenólico y pueden provocar la aparición de otras patologías. La primera consecuencia que tiene la acción de la humedad sobre el material de encofrado es el incremento de su volumen y deformación de sus fibras, que al expandirse puede fisurar el recubrimiento y/o pintura protectora que lleva la madera, afectando su apariencia estética.

- Agentes xilófagos

La madera en general y más concretamente su celulosa, es un material que atrae a diversos insectos que la utilizan para alimentarse y para depositar sus huevos. Estas larvas al nacer se alimentan de la propia madera, generando huecos y galerías; en

casos extremos, llegan a afectar a su integridad y resistencia (Aguirre y Baeza, 2019).

El insecto xilófago más común en la ciudad de Lima es la termita. Este insecto tiene una característica que hace fácil poderlo detectar y su tratamiento no es complicado, estos insectos suelen realizar túneles al interior del fenólico provocando la aparición de aserrín alrededor de la zona afectada.

- Hongos y bacterias

Los hongos (moho) son organismos vegetales que se reproducen por esporas; cuando estas se depositan en la madera, es necesario que existan condiciones de temperatura, aire y humedad para que se desarrollen y proliferen siendo la ciudad de Lima el lugar propicio para la formación de estos organismos. Los mohos destruyen la madera y provocan su desintegración, pérdida de masa y resistencia. La pérdida de masa además provoca que en el fenólico penetre la humedad y el agua generando los problemas anteriormente mencionados. El hongo más común, en la madera, es el de la pudrición suave, lo que se evidencia en el análisis visual. La pudrición suave es la más leve y solo afecta externamente a la madera. Es necesario indicar que estos agentes externos pueden aparecer aislados o en combinación con otras patologías.

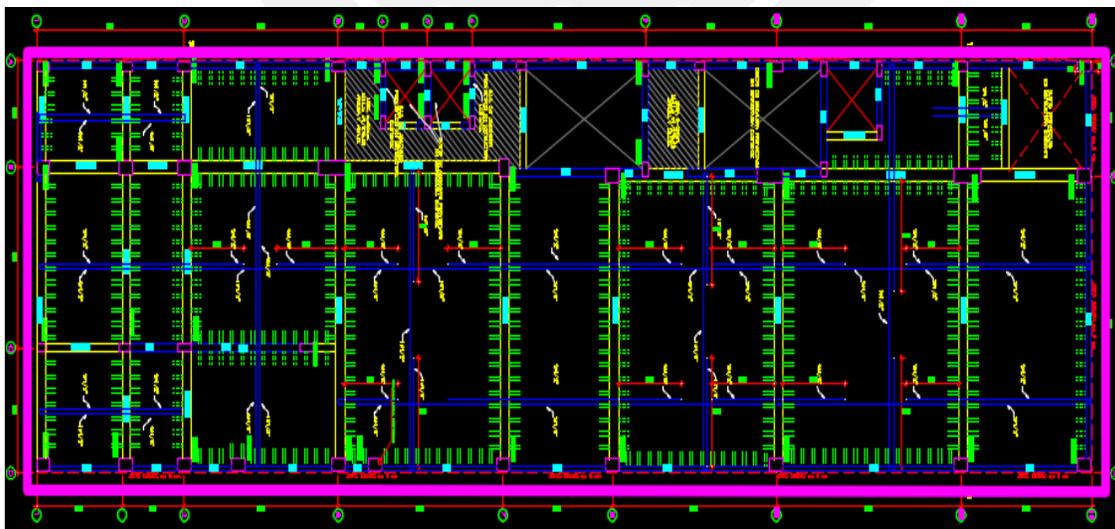
Se ha observado la aparición de las tres patologías en el fenólico, dañando de manera significativa su carácter estructural. (Aguirre y Baeza, 2019)



*Figura 3.6: Material fenólico con daños de resistencia por exposición al medio ambiente Fuente: Elaboración propia, 2022*

### 3.2 Ubicación de elementos estructurales para análisis

Los elementos estructurales de análisis se encuentran en el segundo nivel +5.25m dentro del sector en magenta.



*Figura 3.7: Sector en color magenta para análisis de elementos estructurales (Fuente Galusa sac)*

Para el análisis de elementos primero identificamos:

- Elementos que conforman el sector
- Nivel (piso) de análisis
- Ejes donde se encuentran cada elemento

### **3.2.1 Placas**

- Se identifica que las placas se encuentran en el segundo nivel +5.25.
- Se encuentran: placa P-1 eje A, placa P-1 eje 12, placa P-1 entre los ejes D,3-12, placa PL-1 eje 11-B' y 10-B', placas de ascensores P-2, P-3 y VP.

### **3.2.2 Columnas**

- Se identifica que las columnas se encuentran en el segundo nivel +5.25.
- Se encuentran: Columnas C1 ubicadas en el eje D, columnas C1 ubicadas en el eje A.

### **3.2.3 Vigas**

- Las vigas se encuentran en el segundo nivel +5.25m.
- Las vigas VP-105 ubicadas en el eje 8, VP-104 ubicada en el eje 7 y viga VP-110 ubicada en el eje B'.

### **3.2.4 Losa y encofrado**

- La losa se encuentra en el nivel +5.25m.
- Losa ubicada entre los ejes 8-2.

### **3.3 Análisis y procedimientos para eliminación de daños en materiales que conforman elementos estructurales**

#### **3.3.1 Análisis para el acero estructural**

##### **3.3.1.1 Análisis de acero para cada elemento estructural**

El acero expuesto a agentes externos (sol, humedad, vientos, etcétera), dependiendo del tiempo de exposición y el lugar, puede llegar a desarrollar óxido en su superficie, que se evidencia visualmente de color marrón rojizo, generada en combinación de agentes externos como, vientos, temperatura, entre otros; este óxido debe ser retirado del acero antes de ser puesto en servicio; para ello, se puede usar un procedimiento mecánico, como cepillar las varillas con cerdas metálicas y/o lijarlas para retirar los residuos o usar compuestos químicos para remover el óxido superficial.

Este procedimiento se debe utilizar siempre y cuando el óxido sea superficial y la masa nominal; dimensiones, área de sección transversal y propiedades mecánicas de tracción del acero corrugado cuando estén dentro de los límites aceptables contenidos en la NTP 341.031 (constructivo, 2021).

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 341.031) el acero tiene las siguientes características:

El fierro corrugado ASTM A615-GRADO 60 son barras de acero rectas de sección circular, con resaltes Hi-bond de alta adherencia con el concreto; en nuestro medio lo conocemos con la denominación de corrugaciones (acero corrugado), lo usamos en la construcción de edificaciones de concreto armado como en viviendas, edificios, puentes, obras industriales, etc.

La presentación en nuestro país es en barras de 9 m y 12 m de longitud en los siguientes diámetros:

Tabla 3.3: Diámetros estándar de acero en Perú

| Dimensiones estándar en el mercado nacional |     |     |      |      |      |      |      |      |        |
|---|-----|-----|------|------|------|------|------|------|--------|
| Designación                                 | 6mm | 8mm | 3/8" | 12mm | 1/2" | 5/8" | 3/4" | 1"   | 1 3/8" |
| Medida en mm                                | 6   | 8   | 9.5  | 12   | 12.7 | 15.9 | 19.1 | 25.4 | 35.8   |

Fuente: Elaboración Propia, 2022

En la norma ASTM A615/A615M (Especificaciones estándar para barras de aceros al carbono y deformados para refuerzo de concreto), menciona en su sección 11. “Variación permisible en masa. El acero corrugado para concreto armado será evaluado sobre la base de masa nominal. La masa debe ser por lo menos 94% de la masa aplicable por unidad de longitud. En ningún caso el exceso de masa de cualquier barra corrugada será causa de rechazo “óxidos, fisuras, irregularidades, u óxido laminado no serán causa de rechazo; si la masa, dimensiones, área de la sección recta, y propiedades de tracción, de una probeta limpiada con escobilla de alambre, no son menores que los requerimientos de esta norma.”

Tabla 3.4: Diámetros mínimos permitidos en barras oxidadas

| Item | Diametro(plg) | Diam(mm) | Area(mm <sup>2</sup> ) | Area Min(Parametro 94%) | Diam(min) | Δdiam(mm) |
|------|---------------|----------|------------------------|-------------------------|-----------|-----------|
| 1    | 3/8           | 9.38     | 276.11                 | 259.54                  | 9.15      | 0.22      |
| 2    | 1/2           | 12.50    | 490.86                 | 461.41                  | 12.20     | 0.30      |
| 3    | 3/4           | 18.75    | 1104.43                | 1038.17                 | 18.30     | 0.45      |
| 4    | 5/8           | 15.63    | 766.97                 | 720.95                  | 15.25     | 0.37      |
| 5    | 1             | 25.00    | 1963.44                | 1845.63                 | 24.40     | 0.60      |

Fuente: Elaboración Propia, 2022

El área de sección transversal mínima que indica la norma es del 94%; es decir, que se puede reducir hasta un 6% el área de la varilla.

#### 3.3.1.1.1 Elemento estructural - placa

Las placas se encuentran en los ejes vistos en el capítulo 3.2.1, con los siguientes detalles:

- Espesor de muro o placa 20 cm
- Acero estructural ©25cm vertical y horizontal

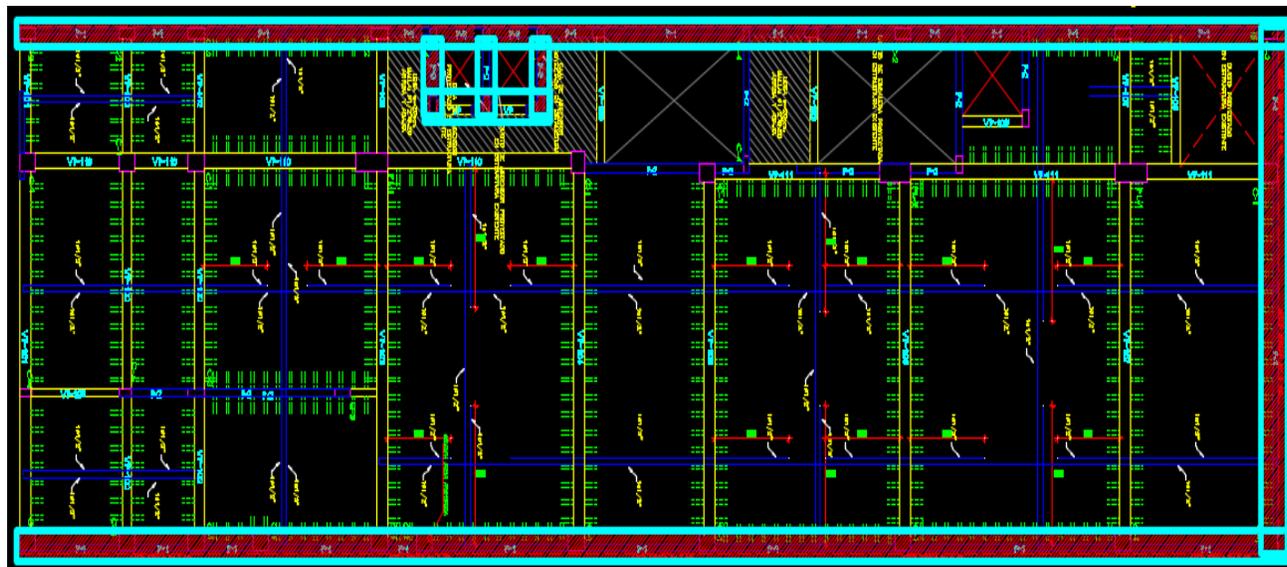


Figura 3.8: Sección de las placas sombreada en rojo para la evaluación del proceso de oxidación en las barras verticales (Fuente Galusa sac)

Se realiza el análisis de la patología sobre el acero estructural en placas para conocer si el acero puede ser rehusado o reemplazado para placas.

| Item | Diametro(plg) | Diam(mm) | Area(mm2) | Area Min(Parametro 94%) | Diam(min) | Δdiam(mm) | Medida de Ø en campo | Δdiam en campo(mm) |
|------|---------------|----------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|----------------------|--------------------|
| 1    | 3/8           | 9.38     | 276.11    | 259.54                  | 9.15      | 0.22      | 9.19                 | 0.19               |
| 2    | 1/2           | 12.50    | 490.86    | 461.41                  | 12.20     | 0.30      | 12.23                | 0.27               |
| 3    | 3/4           | 18.75    | 1104.43   | 1038.17                 | 18.30     | 0.45      | 18.35                | 0.40               |
| 4    | 5/8           | 15.63    | 766.97    | 720.95                  | 15.25     | 0.37      | 15.28                | 0.35               |
| 5    | 1             | 25.00    | 1963.44   | 1845.63                 | 24.40     | 0.60      | 24.45                | 0.55               |

Uso de la tabla 3.3 para la barra de acero corrugado en placas con diámetro de 1/2", Eje "A"

| Item | Diametro(plg) | Diam(mm) | Area(mm <sup>2</sup> ) | Area Min(Parametro 94%) | Diam(min) | Δdiam(mm) | Medida de Ø en campo | Δdiam en campo(mm) |
|------|---------------|----------|------------------------|-------------------------|-----------|-----------|----------------------|--------------------|
| 1    | 3/8           | 9.38     | 276.11                 | 259.54                  | 9.15      | 0.22      | 9.19                 | 0.19               |
| 2    | 1/2           | 12.50    | 490.86                 | 461.41                  | 12.20     | 0.30      | 12.21                | 0.29               |
| 3    | 3/4           | 18.75    | 1104.43                | 1038.17                 | 18.30     | 0.45      | 18.35                | 0.40               |
| 4    | 5/8           | 15.63    | 766.97                 | 720.95                  | 15.25     | 0.37      | 15.28                | 0.35               |
| 5    | 1             | 25.00    | 1963.44                | 1845.63                 | 24.40     | 0.60      | 24.45                | 0.55               |

*Uso de la tabla 3.3 para la barra de acero corrugado en placas con diámetro de 1/2", Ejes "A" y "D"*

Se aprecia los siguientes resultados luego del análisis:

1. La variación del diámetro no debe exceder los 0.3mm, en el eje "A" los resultados evidencian un 0.27mm y en los ejes 12 y D la variación es de 0.29mm
2. Según los resultados el acero para las placas se puede rehusar realizando un proceso de limpieza superficial.

#### 3.3.1.1.2 Elementos estructurales (columnas)

Se realiza el análisis de la patología sobre el acero estructural para conocer si el acero puede ser rehusado o desechado para columnas, se muestra el caso más desfavorable encontrado para la columna entre los ejes "11-D"

| Item | Diametro(plg) | Diam(mm) | Area(mm <sup>2</sup> ) | Area Min(Parametro 94%) | Diam(min) | Δdiam(mm) | Medida de Ø en campo | Δdiam en campo(mm) |
|------|---------------|----------|------------------------|-------------------------|-----------|-----------|----------------------|--------------------|
| 1    | 3/8           | 9.38     | 276.11                 | 259.54                  | 9.15      | 0.22      | 9.19                 | 0.19               |
| 2    | 1/2           | 12.50    | 490.86                 | 461.41                  | 12.20     | 0.30      | 12.21                | 0.29               |
| 3    | 3/4           | 18.75    | 1104.43                | 1038.17                 | 18.30     | 0.45      | 18.31                | 0.44               |
| 4    | 5/8           | 15.63    | 766.97                 | 720.95                  | 15.25     | 0.37      | 15.28                | 0.35               |
| 5    | 1             | 25.00    | 1963.44                | 1845.63                 | 24.40     | 0.60      | 24.45                | 0.55               |

*Uso de la tabla 3.1 para la barra de acero corrugado en columnas con diámetro de 3/4", Columnas "C-1"*

Luego del análisis, se aprecia los siguientes resultados:

1. La variación del diámetro no debe exceder los 0.45mm, en la intersección de los ejes 11 y D “A” los resultados evidencian un 0.44mm de variación.
2. Según los resultados, el acero para las columnas se puede rehusar realizando un proceso de limpieza superficial.

### 3.3.1.1.3 Elementos estructurales (vigas)

Se realiza el análisis sobre el acero estructural para conocer si el acero puede ser rehusado o desechado para vigas, se muestran para las vigas en los ejes 8, 7 y B

| Item | Diametro(plg) | Diam(mm) | Area(mm <sup>2</sup> ) | Area Min(Parametro 94%) | Diam(min) | Δdiam(mm) | Medida de Ø en campo | Δdiam en campo(mm) |
|------|---------------|----------|------------------------|-------------------------|-----------|-----------|----------------------|--------------------|
| 1    | 3/8           | 9.38     | 276.11                 | 259.54                  | 9.15      | 0.22      | 9.19                 | 0.19               |
| 2    | 1/2           | 12.50    | 490.86                 | 461.41                  | 12.20     | 0.30      | 12.21                | 0.29               |
| 3    | 3/4           | 18.75    | 1104.43                | 1038.17                 | 18.30     | 0.45      | 18.25                | 0.50               |
| 4    | 5/8           | 15.63    | 766.97                 | 720.95                  | 15.25     | 0.37      | 15.28                | 0.35               |
| 5    | 1             | 25.00    | 1963.44                | 1845.63                 | 24.40     | 0.60      | 24.45                | 0.55               |

*Uso de la tabla 3.1 para la barra de acero corrugado en vigas con diámetro de 3/4”,  
Viga VP-105 eje “7”*

| Item | Diametro(plg) | Diam(mm) | Area(mm <sup>2</sup> ) | Area Min(Parametro 94%) | Diam(min) | Δdiam(mm) | Medida de Ø en campo | Δdiam en campo(mm) |
|------|---------------|----------|------------------------|-------------------------|-----------|-----------|----------------------|--------------------|
| 1    | 3/8           | 9.38     | 276.11                 | 259.54                  | 9.15      | 0.22      | 9.19                 | 0.19               |
| 2    | 1/2           | 12.50    | 490.86                 | 461.41                  | 12.20     | 0.30      | 12.21                | 0.29               |
| 3    | 3/4           | 18.75    | 1104.43                | 1038.17                 | 18.30     | 0.45      | 18.27                | 0.48               |
| 4    | 5/8           | 15.63    | 766.97                 | 720.95                  | 15.25     | 0.37      | 15.28                | 0.35               |
| 5    | 1             | 25.00    | 1963.44                | 1845.63                 | 24.40     | 0.60      | 24.45                | 0.55               |

*Uso de la tabla 3.1 para la barra de acero corrugado en vigas con diámetro de 3/4”,  
Viga VP-106 eje “8”*

| Item | Diametro(plg) | Diam(mm) | Area(mm <sup>2</sup> ) | Area Min(Parametero 94%) | Diam(min) | Δdiam(mm) | Medida de Ø en campo | Δdiam en campo(mm) |
|------|---------------|----------|------------------------|--------------------------|-----------|-----------|----------------------|--------------------|
| 1    | 3/8           | 9.38     | 276.11                 | 259.54                   | 9.15      | 0.22      | 9.19                 | 0.19               |
| 2    | 1/2           | 12.50    | 490.86                 | 461.41                   | 12.20     | 0.30      | 12.21                | 0.29               |
| 3    | 3/4           | 18.75    | 1104.43                | 1038.17                  | 18.30     | 0.45      | 18.23                | 0.52               |
| 4    | 5/8           | 15.63    | 766.97                 | 720.95                   | 15.25     | 0.37      | 15.28                | 0.35               |
| 5    | 1             | 25.00    | 1963.44                | 1845.63                  | 24.40     | 0.60      | 24.45                | 0.55               |

*Uso de la tabla 3.1 para la barra de acero corrugado en vigas con diámetro de 3/4",  
Viga VP-110 eje "B"*

Luego del análisis, se aprecia los siguientes resultados:

1. La variación del diámetro no debe exceder los 0.45mm, por el contrario, se observa que para todas las vigas exceden el diámetro mínimo.
2. Según los resultados los aceros de las vigas deben ser emplazadas en su totalidad, incluido los estribos.

### 3.3.1.2 Procedimientos para reparación del acero estructural

Los análisis de campo muestran que el acero de 1/2" en placas, acero de 3/4" en columnas pueden ser rehusadas con el tratamiento respectivo, según los análisis se han encontrado diferentes patologías que provocan el óxido del acero estructural, estas patologías han sido provocadas por agentes externos que ya se analizaron en el capítulo 03(Bases Teóricas).

Se presentan 02 procedimientos que se usaron para retirar el óxido de las barras de acero.

#### 3.3.1.2.1 Limpieza mecánica

Este procedimiento se realiza de forma mecánica (manual); para este proceso se usan los siguientes equipos y/o materiales:

- Cepillo con copa, con acero trenzado para amoladora de 4.5".

- Cepillo de mango con cerdas al carbono.
- Equipos de protección personal completo para el personal que realizará la actividad.
- Punto de energía cercana para amoladora.

Este procedimiento consiste en el retiro de la capa de óxido del acero con el uso de un equipo mecánico (amoladora) o un cepillo de cerdas de acero, Se procede a limpiar la superficie; luego, con un trapo seco se verifica que en la superficie no haya presencia de óxido y/o pigmentación; si se observa aún la presencia de óxido se vuelve a repetir el proceso hasta dejar la superficie del acero sin óxido o pigmentación.

Este procedimiento se usa cuando el acero propio de la limpieza será usado antes de las 24 horas; de lo contrario, se deberá repetir el proceso.

#### 3.3.1.2.2 Limpieza con uso de compuestos químicos

Se usa el removedor de óxido para retirar el óxido, el cual es un producto que actúa como decapante, desengrasante y fosfatizante de superficies metálicas oxidadas. Después de aplicado, la superficie quedará químicamente desoxidada, formando una capa de fosfato que impide nuevas oxidaciones y formación de herrumbre.

Este procedimiento se realiza de forma manual; para este proceso se usan los siguientes equipos y/o materiales:

- Guantes multiuso de cualquier color.
- Epps completo para el personal que realizará la actividad.
- Compuesto químico removedor de óxido.
- Brocha multiuso de 4"
- Trapo industrial

El procedimiento consiste en realizar una limpieza manual con cepillo en las zonas oxidadas; posteriormente se limpia la superficie con un trapo industrial seco y se aplica el removedor con la ayuda de una brocha hasta conseguir que toda la superficie esté completamente cubierta con el removedor.

### **3.3.2 Análisis de concreto armado estructural**

#### 3.3.2.1 Análisis del concreto armado

Se detecta el fenómeno de eflorescencia, la cual se evidencia en una placa estructural, siendo afectada en un área aproximada de 0.76m<sup>2</sup> y en 01 columna con un área afectada de 0.5m<sup>2</sup>, donde el color de la superficie del elemento estructural ha cambiado debido a las bajas temperaturas y la humedad relativa que, en la ciudad de Lima, es superior al 95%.

Se tiene que la edificación es nueva por estar en plena ejecución, y paralizada por pandemia: se observa eflorescencia primaria.

#### 3.3.2.2 Procedimientos para eliminación de la eflorescencia

Para eliminar esta patología del concreto se utilizarán los siguientes materiales:

- Trapo industrial
- Lija para limpieza
- Cepillo de cerdas metálicos
- Agua limpia

Para realizar la eliminación, se escogió un día cálido, con una temperatura promedio en la zona de 25°C; el primer paso para eliminar las eflorescencias es dejar que las zonas afectadas no entren en contacto con ningún foco de humedad.

Como primer paso se dejó que las zonas afectadas estén completamente secas, se procedió a humedecer con agua limpia y a pasar por la superficie el cepillo metálico, tratando de eliminar las sales cristalizadas producidas por eflorescencia, luego se secó la superficie con trapo industrial y se observó que la superficie estuvo completamente seca para evitar la humedad.

Asimismo, se observó que con el proceso antes mencionado se pudo eliminar la presencia de sales en la superficie del concreto, si no habría funcionado este procedimiento se tendría que disolver en el agua con ácido clorhídrico; después de unos días se debe verificar la no presencia de cristalización, y si se advirtiera de la misma patología, se volverá a repetir el procedimiento.

### **3.3.3 Análisis de ladrillo para losa aligerada**

#### **3.3.3.1 Análisis del ladrillo Pirámide**

Se pudo evidenciar la presencia de 03 patologías (capilaridad, condensación y eflorescencia) en el ladrillo colocado sobre el encofrado, todo producto por agentes externos (clima), se observó el ladrillo húmedo con presencia de hongos y sales, al tratar de ser manipulados o colocar alguna carga sobre los mismos se fracturaban, lo que indicaba que el objeto en estudio no podría ser usado, se procedió a su retiro y eliminación de obra.

### **3.3.4 Análisis de tuberías PVC para losa**

#### **3.3.4.1 Análisis de tuberías de PVC**

Se pudo notar que las tuberías estuvieron expuestas al medio ambiente que se manifestaron mediante, humedad y rayos ultravioleta sobre el material. Debido al tiempo prolongado de exposición se evidenció una variación en el color y en la capacidad de resistencia del material, esto se observó al momento de manipular las tuberías, se fracturaban con mucha facilidad; en especial,

las tuberías colocadas para instalaciones eléctricas, según estas evidencias se retiró todo el material de tuberías del techo y se reemplazó por material nuevo.

### 3.3.5 Análisis de encofrado para losa aligerada

El encofrado usado para realizar el fondo de techo es el encofrado de madera con paneles fenólicos de 18mm. Se realizó la verificación del estado de los paneles luego de más de 2 años expuestos al medio ambiente y se encontró patologías debido a los agentes climáticos que se manifestaron por el cambio de color debido a la oxidación, así como la aparición de termitas, hongos y bacterias.

Al momento de retiro del encofrado se observó, de igual manera, deformaciones que hacen evidente que el material ya perdió sus propiedades de resistencia a la carga, por lo que se decidió reemplazar en su totalidad los fenólicos.



*Figura 3.9: Material fenólico con deformaciones significativas que afectan su resistencia  
Fuente: Elaboración propia, 2022*



*Figura 3.10: Retiro del 100% de encofrado colocado  
Fuente: Elaboración propia, 2022*



## 4 METRADOS

En este capítulo se presentará el proceso para la preparación y/o elaboración de los metrados para las especialidades (estructuras y arquitectura) que conforman la edificación.

Se acogerá como fundamento el Reglamento de metrados para obras de edificación, editado por la Cámara Peruana de la Construcción – CAPECO.

### 4.1 Procedimiento para elaboración de metrados

- Se debe examinar y aplicar el método de metrado a usar; para esto se deberá aplicar los lineamientos del reglamento según CAPECO.
- Se tiene que realizar un análisis y estudio completo de los planos en relación a sus especificaciones técnicas del proyecto, compatibilizando todas las especialidades involucradas como arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas e instalaciones electromecánicas para la edificación en estudio.
- Se debe contar con los planos (planos finales de ejecución) con los cuales se van ejecutar la obra.
- Se realizará una lista de partidas con las cuales se calculará el metrado:
  1. Partida de concreto
  2. Partida de acero
  3. Partida de tarrajeo
  4. Partida de solaqueo
  5. Partida de empaste y pintura, etcétera
- Se evaluarán los resultados de los metrados sin considerar los desperdicios (merma); estos resultados se tomarán en cuenta en los análisis de precios unitarios (APUs).

## **4.2 Sustento de metrados**

Es la cuantificación de las partidas en cantidad de obra que ha sido ejecutado conforme a las especificaciones y detalles de los planos, en las diferentes especialidades, contemplados dentro del proyecto.

- El metrado se llevará a cabo acorde a cada especialidad de manera individual; se dará prioridad a las estructuras, referente a las losas, vigas, muros, placas, columnas etcétera.
- Para el metrado se usarán plantillas, las cuales permitirán identificar la partida y/o elemento al que hace referencia para su fácil ubicación y oportuna revisión.

### **4.2.1 Metrado del volumen de concreto**

En los planos de estructuras (E-10) se considera las terminologías en losas aligeradas en una dirección y en dos direcciones, así como las viguetas que cumplen los requisitos sismo resistentes con los cuales fueron diseñados.

### **4.2.2 Metrado losa aligerada en una dirección y losa en dos direcciones**

#### **4.2.2.1 Concreto**

Se realizó el metrado de concreto para los niveles +0.00, +5.25, +9.00 y +12.75, para losas en una dirección y losas nervadas, para el metrado se usaron los planos de estructuras, se presentó el metrado completo para el nivel +0.00 y se presentó un resumen de metrado hasta el nivel +12.75. Véase el plano de Planta (Anexo A)

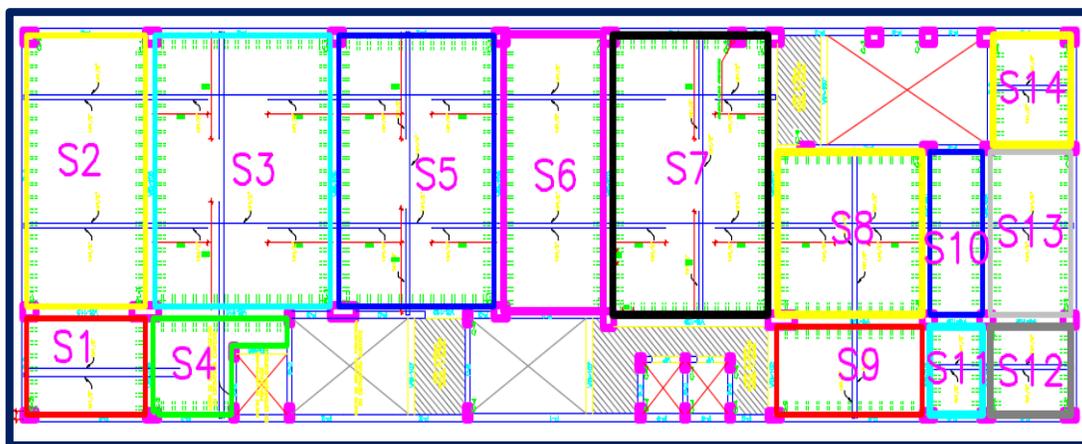


Figura 4.1: Sectorización de losa aligerada y losa en dos direcciones  
(Fuente: Elaboración propia, 2022)

Tabla 4.1: Metrado de volumen de concreto por sectores

Fuente: Elaboración propia, 2022

| Item | Sector | Tipo         | Area (m2) | Espesor(m) | Numero Ladrillos | Factor | Volumen (m3) | Parcial (m3) |
|------|--------|--------------|-----------|------------|------------------|--------|--------------|--------------|
| 1    | S1     | losa Alig    | 13.27     | 0.25       | 110.54           | 0.0875 | 1.16         | 36.48        |
| 2    | S2     | losa Alig    | 37.38     | 0.25       | 311.38           | 0.0875 | 3.27         |              |
| 3    | S3     | Losa Nervada | 10.49     | 0.25       | 65.56            | 1.0000 | 1.44         |              |
| 4    | S4     | losa Alig    | 55.23     | 0.25       | 460.07           | 0.0875 | 4.83         |              |
| 5    | S5     | Losa Nervada | 48.73     | 0.25       | 304.56           | 1.0000 | 6.70         |              |
| 6    | S6     | losa Alig    | 32.2      | 0.25       | 268.23           | 0.0875 | 2.82         |              |
| 7    | S7     | Losa Nervada | 50.33     | 0.25       | 314.56           | 1.0000 | 6.92         |              |
| 8    | S8     | Losa Nervada | 27.39     | 0.25       | 171.19           | 1.0000 | 3.77         |              |
| 9    | S9     | losa Alig    | 14.91     | 0.25       | 124.20           | 0.0875 | 1.30         |              |
| 10   | S10    | losa Alig    | 5.38      | 0.25       | 44.82            | 0.0875 | 0.47         |              |
| 11   | S11    | losa Alig    | 9.97      | 0.25       | 83.05            | 0.0875 | 0.87         |              |
| 12   | S12    | losa Alig    | 15.28     | 0.25       | 127.28           | 0.0875 | 1.34         |              |
| 13   | S13    | losa Alig    | 8.22      | 0.25       | 68.47            | 0.0875 | 0.72         |              |
| 14   | S14    | losa Alig    | 9.87      | 0.25       | 82.22            | 0.0875 | 0.86         |              |

#### 4.2.2.2 Acero:

El metrado de acero se efectúa a la losa debido a que las vigas no se observan cambios en la distribución de acero, se usan para el cálculo los planos de Estructura (E-01), Véase Plano de detalles (ANEXO A)

Tabla 4.2: Metrado de acero por sectores

Fuente: Elaboración propia, 2022

| ELEMENTO                            | DISEÑO ELEMENTO  | Ø    | NUMERO<br>ELEMENTOS<br>IGUALES | NUMERO<br>PIEZAS POR<br>ELEMENTO | LONG.<br>POR PZA<br>(M) | LONGITUD (METROS LINEALES DE VARILLAS) |      |         |      |      |      |
|-------------------------------------|------------------|------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--|------|---------|------|------|------|
|                                     |                  |      |                                |                                  |                         | 1/4"                                   | 3/8" | 1/2"    | 5/8" | 3/4" | 1"   |
|                                     |                  |      |                                |                                  |                         | M                                      | M    | M       | M    | M    | M    |
| <b>LOSA ALIGERADA<br/>Y NERVADA</b> |                  |      |                                |                                  |                         |  |      |         |      |      |      |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S1</b>        |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4.95                                | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 8                                | 5.05                    | 0.00                                   | 0.00 | 40.40   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3.35                                | Long Inf         | 1/2" | 1                              | 8                                | 3.35                    | 0.00                                   | 0.00 | 26.80   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 132.66                  | 132.66                                 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S2</b>        |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4.95                                | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 21                               | 5.05                    | 0.00                                   | 0.00 | 106.05  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8.65                                | Long Inf         | 1/2" | 1                              | 21                               | 8.65                    | 0.00                                   | 0.00 | 181.65  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 342.54                  | 342.54                                 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S3</b>        |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7                                   | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 21                               | 14.20                   | 0.00                                   | 0.00 | 298.20  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8.65                                | Trans sup        | 1/2" | 1                              | 17                               | 17.50                   | 0.00                                   | 0.00 | 297.50  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 484.40                  | 484.40                                 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S4</b>        |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4.31                                | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 8                                | 4.41                    | 0.00                                   | 0.00 | 35.28   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3.35                                | Long Inf         | 1/2" | 1                              | 8                                | 3.35                    | 0.00                                   | 0.00 | 26.80   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 115.51                  | 115.51                                 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S5</b>        |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6.22                                | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 21                               | 12.64                   | 0.00                                   | 0.00 | 265.44  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8.65                                | Trans sup        | 1/2" | 1                              | 15                               | 17.50                   | 0.00                                   | 0.00 | 262.50  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 430.42                  | 430.42                                 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S6</b>        |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4.15                                | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 21                               | 4.25                    | 0.00                                   | 0.00 | 89.25   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8.65                                | Long Inf         | 1/2" | 1                              | 21                               | 8.65                    | 0.00                                   | 0.00 | 181.65  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 287.18                  | 287.18                                 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S7</b>        |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6.25                                | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 21                               | 12.70                   | 0.00                                   | 0.00 | 266.70  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8.65                                | Trans sup        | 1/2" | 1                              | 15                               | 17.50                   | 0.00                                   | 0.00 | 262.50  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 432.50                  | 432.50                                 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S8</b>        |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5.83                                | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 13                               | 11.86                   | 0.00                                   | 0.00 | 154.18  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5.25                                | Trans sup        | 1/2" | 1                              | 14                               | 10.70                   | 0.00                                   | 0.00 | 149.80  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 244.86                  | 244.86                                 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S9</b>        |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5.83                                | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 7                                | 5.93                    | 0.00                                   | 0.00 | 41.51   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3.1                                 | Long Inf         | 1/2" | 1                              | 7                                | 3.10                    | 0.00                                   | 0.00 | 21.70   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 144.58                  | 144.58                                 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S10</b>       |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.2                                 | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 20                               | 2.30                    | 0.00                                   | 0.00 | 46.00   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8.1                                 | Long Inf         | 1/2" | 1                              | 20                               | 8.10                    | 0.00                                   | 0.00 | 162.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 142.56                  | 142.56                                 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S11</b>       |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.2                                 | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 13                               | 2.30                    | 0.00                                   | 0.00 | 29.90   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5.25                                | Long Inf         | 1/2" | 1                              | 13                               | 5.25                    | 0.00                                   | 0.00 | 68.25   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 92.40                   | 92.40                                  | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S12</b>       |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3.4                                 | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 7                                | 3.50                    | 0.00                                   | 0.00 | 24.50   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3.1                                 | Long Inf         | 1/2" | 1                              | 7                                | 3.10                    | 0.00                                   | 0.00 | 21.70   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 84.32                   | 84.32                                  | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S13</b>       |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3.4                                 | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 13                               | 3.50                    | 0.00                                   | 0.00 | 45.50   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5.25                                | Long Inf         | 1/2" | 1                              | 13                               | 5.25                    | 0.00                                   | 0.00 | 68.25   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 142.80                  | 142.80                                 | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| <b>ACERO SUP E INF</b>              | <b>S14</b>       |      |                                |                                  |                         | 0.00                                   | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3.4                                 | Longitudinal Sup | 1/2" | 1                              | 9                                | 3.50                    | 0.00                                   | 0.00 | 31.50   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3.65                                | Long Inf         | 1/2" | 1                              | 9                                | 3.65                    | 0.00                                   | 0.00 | 32.85   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                                     | Acero de Tem     | 1/4" | 1                              | 1                                | 99.28                   | 99.28                                  | 0.00 | 0.00    | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SUBTOTAL(ML)                        |                  |      |                                |                                  |                         | 3176.02                                | 0.00 | 3238.36 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| TOTAL (MTS)                         |                  |      |                                |                                  |                         |  |      |         |      |      |      |
| PESO (KG/MT) POR DIAMETRO VARILLA   |                  |      |                                |                                  |                         | 0.25                                   | 0.56 | 0.99    | 1.55 | 2.24 | 4.04 |
| TOTAL KGS                           |                  |      |                                |                                  |                         | 4399.98                                | 0.00 | 3205.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

### 4.3 Resumen de metrados

Se elabora un cuadro resumen del metrado correspondiente a cada nivel, hasta donde se cambió losa maciza por losa en dos direcciones.

*Tabla 4.3: Tabla resumen por niveles de concreto y acero*

*Fuente: Elaboración propia, 2022*

| Item | Nivel        | Descripción | Metrado | Und |
|------|--------------|-------------|---------|-----|
| 1.0  | Nivel +0.00  | Concreto    | 36.48   | m3  |
|      |              | Acero       | 4.4     | Ton |
| 2.0  | Nivel +5.25  | Concreto    | 35.32   | m3  |
|      |              | Acero       | 4.3     | Ton |
| 3.0  | Nivel +9.00  | Concreto    | 35.32   | m3  |
|      |              | Acero       | 4.3     | Ton |
| 4.0  | Nivel +12.75 | Concreto    | 35.32   | m3  |
|      |              | Acero       | 4.3     | Ton |



## 5 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

### 5.1 Análisis de Precios Unitarios (APUs)

También se conoce como análisis de costos unitarios que es usado para la gerencia de proyectos, es una técnica de análisis que divide el trabajo en partes a la que llamaremos PARTIDAS, que es una pequeña parte del trabajo o sub trabajo que se calcula teniendo en cuenta parámetros como tiempo, recursos y costo, podemos tener APUs de:

- APUs de acero
- APUs de concreto
- APUs de encofrado
- APUs de colocación de concreto, etcétera

### 5.2 Procedimiento para elaborar y/o calcular el análisis de precios unitarios

El procedimiento para calcular los (APUs) es una técnica para valorar los subtrabajos en estudio. De forma inicial, se identifica el sub trabajo o partidas, este análisis consiste en descomponer el costo en sus partes como: mano de obra (MO), materiales, equipos y herramientas, en resumen; la producción se expresa en una unidad de medida de la partida que está en análisis. El análisis se presenta en plantillas de programas de cómputo como Excel, S10, etcétera.

El proceso da inicio con la identificación de la partida, para ello se debe reconocer y analizar la información disponible como son los planos finales de ejecución, especificaciones técnicas que describen la partida. De este proceso de análisis se determina los materiales necesarios y el método constructivo adecuado para el proyecto. El procedimiento constructivo con la que se desarrolló el proyecto determinó la mano de obra necesaria para la ejecución de la partida de forma conjunta con los equipos, este trabajo conjunto ha permitido definir el rendimiento; que es la

cantidad de unidades producidas por unidad de tiempo que usualmente es el trabajo diario o jornal de trabajo por día.

Los materiales utilizados en la ejecución de la obra fueron analizados por rendimientos, desperdicio y fueron determinados por los precios del mercado, compra y transporte desde un punto de inicio (recojo del material) hasta un punto final (entrega-obra).

Los equipos usados se evaluaron bajo el punto de vista económico si son propios o son alquilados a alguna empresa, se buscó precios de venta y precios de alquiler para evaluar el costo diario que se han generado al optar por cualquiera de los caminos, este costo fue dividido entre el rendimiento. El costo de la MO se evaluó como un gasto diario entre el personal necesario, el costo de sus servicios y sus aportes sociales, el costo por unidad se obtuvo dividiendo el costo diario entre el rendimiento. Para los materiales, equipos se calculó como una fracción de la mano de obra para obtener sus costos.

### **5.3 Validación de los precios unitarios**

El Análisis de Precio Unitario (APUs) consiste en separar el costo por unidad de medida de cada partida, determinando los costos, rendimientos y cantidades de cada uno de los materiales a utilizarse, y así establecer dichos costos en los diferentes componentes de la actividad como:

- Mano de obra
- Materiales usados para la construcción
- Equipos (maquinas)
- Costos indirectos

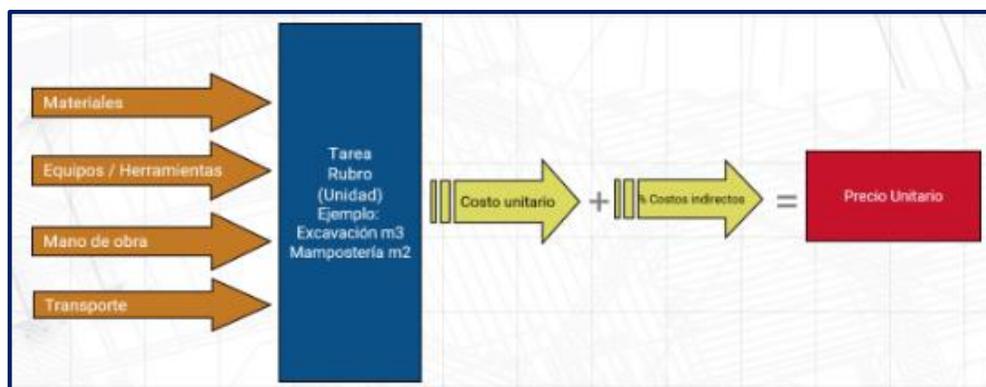


Figura 5.1: Componentes para cálculo de APUs (Fuente INTERPRO)

Para realizar el análisis de precios unitarios se tomó en consideración que cada componente tenga su unidad de medida, cantidad y su costo según se muestra.

- **Materiales.** – Este componente se determina de los detalles técnicos especificados en los planos y de los procesos constructivos que se usaran en el proyecto, las unidades fueron las de uso comercial (m3, m2,kg,etc), con sus respectivos rendimientos de acuerdo a la experiencia o a las especificaciones del material y finalmente se usó el costo base del material en el mercado.
- **Equipos y herramientas.** – Este componente se determina de acuerdo al proceso constructivo y a la metodología de trabajo, las unidades que se usan pueden usar para los equipos son horas-maquina, mes, etcétera; finalmente, el precio es el costo base del equipo en el mercado.
- **Mano de obra.** - Se puede determinar del tipo de partida a ejecutar, las unidades a usarse en los proyectos son por hora, días o mes, la cantidad se evalúa por rendimiento y experiencia del que hace el análisis y, finalmente, verificar si el precio está de acuerdo al mercado laboral.
- **Transporte.** - Un factor que incide en la partida es el transporte de materiales, que se suele llamar flete, es un costo fijo que depende del transportista o empresa que se use para el traslado de los materiales.



### 5.4.2 Análisis de Precio Unitario del concreto (APUs acero)

- APUs – Losa aligerada-Losa en dos direcciones

|                                |     |               |                  |                 |                    |                     |
|--------------------------------|-----|---------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| Fecha:2018                     |     | Acero(kg)     |                  |                 |                    |                     |
| kg/dia                         | 300 |               |                  |                 |                    |                     |
|                                |     |               |                  |                 |                    |                     |
|                                |     |               |                  |                 | Costo por KG       | S/ 5.21             |
|                                |     |               |                  |                 |                    |                     |
| <b>Descripcion de Recursos</b> |     | <b>Unidad</b> | <b>Cuadrilla</b> | <b>cantidad</b> | <b>precio(S/.)</b> | <b>Parcial(S/.)</b> |
|                                |     |               |                  |                 |                    |                     |
| <b>Mano de Obra</b>            |     |               |                  |                 |                    |                     |
| capataz                        |     | HH            | 0.20             | 0.005           | 22.45              | 0.120               |
| operario                       |     | HH            | 1.00             | 0.027           | 17.5               | 0.467               |
| Ayudante                       |     | HH            | 1.00             | 0.027           | 13.87              | 0.370               |
|                                |     |               |                  |                 |                    | S/ 0.96             |
| <b>Materiales</b>              |     |               |                  |                 |                    |                     |
| Acero de Refuerzo c/n desp     |     | KG            |                  | 1.050           | 3.83               | 4.022               |
| Alambre de Amarre #8           |     | KG            |                  | 0.052           | 4                  | 0.208               |
|                                |     |               |                  |                 |                    | S/ 4.23             |
| <b>Equipos/Herramientas</b>    |     |               |                  |                 |                    |                     |
| Herramientas menores           |     | %MO           |                  | 0.030           | 0.96               | 0.029               |
|                                |     |               |                  |                 |                    | S/ 0.03             |

Figura 5.3: Análisis de precio unitario de acero,2018  
Fuente: Elaboración propia, 2022

|                                |            |               |                  |                 |                    |                     |
|--------------------------------|------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| Fecha:2022                     |            | Acero(kg)     |                  |                 |                    |                     |
| kg/dia                         | 300        |               |                  |                 |                    |                     |
| f'c                            | 4200kg/cm2 |               |                  |                 |                    |                     |
|                                |            |               |                  |                 | Costo por KG       | S/ 7.04             |
|                                |            |               |                  |                 |                    |                     |
| <b>Descripcion de Recursos</b> |            | <b>Unidad</b> | <b>Cuadrilla</b> | <b>cantidad</b> | <b>precio(S/.)</b> | <b>Parcial(S/.)</b> |
|                                |            |               |                  |                 |                    |                     |
| <b>Mano de Obra</b>            |            |               |                  |                 |                    |                     |
| capataz                        |            | HH            | 0.20             | 0.005           | 22.45              | 0.120               |
| operario                       |            | HH            | 1.00             | 0.027           | 18.15              | 0.484               |
| Ayudante                       |            | HH            | 1.00             | 0.027           | 13.87              | 0.370               |
|                                |            |               |                  |                 |                    | S/ 0.97             |
| <b>Materiales</b>              |            |               |                  |                 |                    |                     |
| Acero de Refuerzo c/n desp     |            | KG            |                  | 1.050           | 5.49               | 5.765               |
| Alambre de Amarre #8           |            | KG            |                  | 0.052           | 5.31               | 0.276               |
|                                |            |               |                  |                 |                    | S/ 6.04             |
| <b>Equipos/Herramientas</b>    |            |               |                  |                 |                    |                     |
| Herramientas menores           |            | %MO           |                  | 0.030           | 0.97               | 0.029               |
|                                |            |               |                  |                 |                    | S/ 0.03             |

Figura 5.4: Análisis de precio unitario de acero,2022  
Fuente: Elaboración propia, 2022

## 6 PRESUPUESTOS

El presupuesto para una obra de construcción o presupuesto de obra, es una técnica y/o método que contiene el cálculo detallado del costo anticipado previo a su ejecución.

El presupuesto representa la suma de los costos y todos los gastos que se realiza para la ejecución del proyecto, las cuales tendrá que asumir el propietario para la ejecución de la misma.

Se elabora tomando como referencia los metrados (cantidad de partida por unidad de área) y a los APUs de cada partida que forma parte del proyecto. Los precios unitarios se fundamentan en la veracidad de precios actuales de materiales, equipos y mano de obra, ya sea directa o indirecta que se requieren para la ejecución de cada una de las partidas.

Para nuestro proyecto en estudio se tiene el presupuesto según especialidades:

- Presupuesto de estructuras
- Presupuesto de arquitectura
- Presupuesto de instalaciones eléctricas
- Presupuesto de instalaciones sanitarias
- Presupuesto del sistema contraincendios
- Presupuesto de instalaciones mecánicas
- Instalaciones de gas, etcétera

### 6.1 Costo directo

Está referido al costo de las materias primas o materiales que son parte importante de las actividades y que influyen directamente con la elaboración del proyecto. El costo de la mano de obra (MO) es un ejemplo destacado, el cual es usado para realizar diferentes actividades y/o partidas de la obra; los materiales tienen un costo en el proyecto y con el tiempo son parte de la

edificación terminada; el costo de subcontratos sirven para realizar actividades específicas que forman parte del proyecto como impermeabilización de cisternas, vigilancia, etcétera; las herramienta y equipos presentan un costo que son utilizados para la ejecución de actividades del proyecto que se analizan y calculan en los (APUs).

Se puede resumir los costos directos en:

- La mano de obra, la cual influye directamente en el costo del proyecto; se analiza en los APU's
- Los materiales a usarse en la construcción deberán poseer precios actualizados del mercado y serán puestos en obra para su uso en la ejecución del proyecto.
- Los desperdicios que deberán ser cuantificados y la incidencia dentro del presupuesto.
- Los gastos en equipos y herramientas, son calculados como un porcentaje (%) del total de la mano de obra (MO).

## **6.2 Costo indirecto**

Corresponden a los gastos imprescindibles que se tienen que realizar para la ejecución del proyecto que no están incluidos en los costos directos. Los costos indirectos están representados como una fracción del costo directo de la obra. Estos costos se pueden representar como:

1. Gastos administrativos: Son aquellos gastos que se asumen para el funcionamiento del proyecto como salario del gerente de proyecto, salario de oficina central y administración de obra, seguros y fianzas.
2. Gastos generales que son tomados en consideración como parte integral del costo indirecto y que son representados por los servicios, mantenimiento de vehículos de los vecinos, reparación

de viviendas dañadas de los vecinos al término del proyecto, control de laboratorio, suministro de material de oficina en obra, servicios eléctricos y potables, servicio de internet etcétera.

El costo indirecto se calcula sumando los costos de los gastos generales y dividiéndolo entre el costo directo total de la obra.

### **6.3 Elaboración del presupuesto de obra**

Se tiene que tener conocimiento que un presupuesto de construcción es la obtención de un valor final de la obra proyectada cuando está terminada. Este costo total del proyecto, se basa principalmente en las dimensiones del proyecto a construir, materiales y equipos de la zona, mano de obra (MO) y los plazos para ejecutar el proyecto.

- Para la elaboración de un presupuesto para un proyecto se requiere
  - Conocer el proyecto, realizar un listado de todas las partidas y/o actividades que son indispensables, para realizar un buen control del proyecto.
  - Evaluar los recursos y la cantidad que se asignaran, para ejecutar cada una de las partidas; los recursos asignados pueden ser del tipo tecnológico, recursos en materiales, etc.
  - Se calcula el costo aproximado de cada uno de los recursos.
  - Para cada actividad se determina su costo, este costo se calcula sumando los costos asignados a cada recurso.
  - Se prepara el presupuesto del proyecto para los costos directos se suman los costos de todas las actividades que son ejecutadas.

La preparación de un presupuesto de costos directos para un proyecto de construcción, consta de asignar recursos para las actividades a ejecutar, se le conoce como análisis de precios unitarios. Véase (Capítulo 5)

|                                |            |                  |                  |                 |                     |                     |
|--------------------------------|------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| Fecha:2022                     |            | <b>Acero(kg)</b> |                  |                 |                     |                     |
| kg/dia                         | 300        |                  |                  |                 |                     |                     |
| f'c                            | 4200kg/cm2 |                  |                  |                 |                     |                     |
|                                |            |                  |                  |                 | <b>Costo por KG</b> | <b>S/ -</b>         |
|                                |            |                  |                  |                 |                     |                     |
| <b>Descripción de Recursos</b> |            | <b>Unidad</b>    | <b>Cuadrilla</b> | <b>cantidad</b> | <b>precio(S/.)</b>  | <b>Parcial(S/.)</b> |
| <b>Mano de Obra</b>            |            |                  |                  |                 |                     |                     |
| capataz                        |            | HH               |                  |                 |                     | 0.000               |
| operario                       |            | HH               |                  |                 |                     | 0.000               |
| Ayudante                       |            | HH               |                  |                 |                     | 0.000               |
|                                |            |                  |                  |                 |                     | S/ -                |
| <b>Materiales</b>              |            |                  |                  |                 |                     |                     |
| Acero de Refuerzo c/n desp     |            | KG               |                  |                 |                     | 0.000               |
| Alambre de Amarre #8           |            | KG               |                  |                 |                     | 0.000               |
|                                |            |                  |                  |                 |                     | S/ -                |
| <b>Equipos/Herramientas</b>    |            |                  |                  |                 |                     |                     |
| Herramientas menores           |            | %MO              |                  |                 |                     | 0.000               |
|                                |            |                  |                  |                 |                     | S/ -                |

*Figura 6.1: Plantilla de APU's para el acero incluido material y mano de obra  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

Se puede notar en la plantilla de APU's lo siguiente:

- En la fecha de elaboración de los APU's, es importante determinar el tiempo dónde se realizó el análisis, debido a que en el tiempo los precios de los recursos varían.
- El rendimiento con la que se espera ejecutar la partida se observa en la columna superior izquierda eje kg/día
- En la hilera descripción de los recursos, se realiza una lista de todos los recursos involucrados en la ejecución de la partida.
- En la hilera de unidad se coloca unidad de trabajo para cada recurso hh, kg.
- En la hilera de cuadrillas se coloca por unidad de trabajo con el número de personal que se ejecutará la partida.

- En la hilera cantidad o rendimiento, se coloca la cantidad del recurso para ejecutar una unidad de trabajo.
- En la hilera de precio se sitúa el costo unitario del trabajo por unidad de medida.
- Se determina el costo total para cada recurso por unidad de trabajo, esto se calcula de la multiplicación de la cantidad y precio que se coloca en la columna de parcial.
- El costo unitario por unidad de trabajo se encuentra en la parte superior y en color amarillo para una mejor visualización.

Una vez ejecutado el análisis respectivo de todos los APUs, para cada actividad, se prepara el cuadro resumen de costos directos, que reúne los costos de las actividades.

| ITEM   | DESCRIPCION                            | UNIDAD | METRADO | PRECIO(S/.) | PARCIAL(S/.) |
|--------|--|--------|---------|-------------|--------------|
| 2.0    | <b>ESTRUCTURAS</b>                     |        |         |             |              |
| 2.02   | <b>CONCRETO SIMPLE</b>                 |        |         |             |              |
| 2.02.1 | Calzadura Perimetral f'c=100kg/cm2     | m3     |         |             |              |
| 2.02.2 | Solados concreto f'c=100kg/cm2         | m2     |         |             |              |
| 2.02.3 | Cimiento corrido 1:10 +30% de PG de 6" | m3     |         |             |              |

*Figura 6.2: Cuadro parcial del presupuesto general de obra  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

Se puede notar lo siguiente:

- Se debe realizar la descripción de la partida general; en nuestro caso, se observa la partida de ESTRUCTURAS, que se divide en una sub-partida de concreto simple, la cual se subdivide en partidas aún más específicas, como calzaduras, etcétera.
- Se emplea la unidad de medida de cada actividad, m3,m2, en la hilera de unidad.
- En la hilera de metrado, se asigna a cada celda la cantidad de la actividad; esto se calcula de los planos donde previamente se ha calculado la cantidad de material que entra por actividad, eje 850m3 de concreto.

- El precio es el obtenido en el análisis de precios unitarios.
- En la columna o hilera del precio parcial, se determina el costo total de cada actividad; este se determina con la multiplicación de las columnas de cantidad y precio unitario.

| ITEM       | DESCRIPCION                          | UNIDAD | DURACION | PRECIO(S/.) | PARCIAL(S/.) |
|------------|--------------------------------------|--------|----------|-------------|--------------|
| <b>1.0</b> | <b><u>Gastos Generales fijos</u></b> |        |          |             |              |
| 1.10       | Exámenes Medicos                     | Glb    | 1        |             |              |
| 1.01.1     | Implementacion de seguridad en obra  | Glb    | 1        |             |              |
| 1.01.2     | Alquiler de Andamios                 | Glb    | 1        |             |              |
| 1.01.3     | Oficinas Provisoriales               | Mes    | 6        |             |              |
| 1.01.4     | Seguro CAR                           | Mes    | 6        |             |              |
| 1.01.5     | Contingencia social                  | Mes    | 6        |             |              |

*Figura 6.3: Cuadro parcial de costos indirectos de obra  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

- En descripción, se establecen las partidas que repercuten indirectamente en la obra, como son los gastos generales (GG), seguridad de obra (SSOMA), exámenes médicos, servicios públicos, seguro CAR, oficinas provisionales, etcétera.
- En unidad, se dispone la unidad de medida de cada descripción, como mes, glb, etcétera.
- En duración, se sitúa el valor en unidad de tiempo para cada ítem.
- En precio, se sitúa el costo unitario de cada ítem puesto en la descripción.
- En la hilera parcial, se determina el costo; esto se calcula de la multiplicación de las columnas duración y precio.

También se puede utilizar un cuadro similar para hallar los gastos administrativos como honorarios del residente de obra, honorarios del ing. de campo, SSOMA, honorarios del gerente de proyectos, honorarios de las oficinas administrativas, gastos de almacén, etcétera.

## 6.4 Presupuesto base

El presupuesto base es un cálculo aproximado del costo para desarrollar el proyecto, es el valor referencial que nos servirá para llevar el control del proyecto; incluye los gastos directos e indirectos que son obligatorios para desarrollar y completar el proyecto.

En la figura 6.4 se presenta el presupuesto base con las distintas especialidades que conforman el proyecto, el cual nos ayuda a conocer cuánto es lo que se calculó gastar en la etapa de ESTRUCTURAS, parte de evaluación de los capítulos 06 y 07 para losas en dos direcciones y en una dirección.

| ITEM                        | DESCRIPCION                   | PRESUPUESTO( S/.) | TOTAL (S/.)     |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------|
| 1.00                        | ESTRUCTURAS                   | S/ 2,765,802.83   |                 |
| 2.00                        | ARQUITECTURA                  | S/ 717,416.88     |                 |
| 3.00                        | INSTALACIONES SANITARIAS      | S/ 403,459.50     |                 |
| 4.00                        | INSTALACIONES ELECTRICAS      | S/ 207,179.42     |                 |
| 5.00                        | INSTALACIONES CONTRA INCENDIO | S/ 212,229.91     |                 |
| 6.00                        | INSTALACIONES DE GAS          | S/ 74,376.63      |                 |
| 7.00                        | INSTALACIONES MECANICAS       | S/ 78,390.62      |                 |
| 8.00                        | EQUIPOS                       | S/ 68,396.64      |                 |
| Costo Directo               |                               |                   | S/ 4,527,252.43 |
| Gastos Generales (10%)      |                               |                   | S/ 452,725.24   |
| Utilidades (10%)            |                               |                   | S/ 452,725.24   |
| Costo Total de Obra sin IGV |                               |                   | S/ 5,432,702.92 |
| IGV 18%                     |                               |                   | S/ 977,886.52   |
| Costo Total de Obra con IGV |                               |                   | S/ 6,410,589.44 |

*Figura 6.4: Presupuesto base con todas las especialidades que conforman el proyecto (fuente Galusa sac)*

Siguiendo el análisis de precios unitarios y metrados, se muestra el presupuesto base para la ejecución de losas aligeradas en una y dos direcciones.

| ITEM                 | DESCRIPCCION                   | UNIDAD | METRADO | PRECIO UNITARIO (S/.) | PRECIO PARCIAL (S/.) | PRECIO TOTAL (S/.)   |
|----------------------|--------------------------------|--------|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| 1.00                 | <u>LOSA ALIGERADA</u>          |        |         |                       |                      |                      |
| 1.01                 | <u>Losa Aligerada</u>          |        |         |                       |                      |                      |
| 1.01.1               | Concreto en losa f'c=280kg/cm2 | m3     | 142.44  | 329                   | 46862.76             |                      |
| 1.01.2               | Acero en losa f'y=4200kg/cm2   | kg     | 17300   | 7.04                  | 121792               |                      |
| 1.01.3               | Ladrillo para losa             | und    | 1301.52 | 32.46                 | 42247.3392           |                      |
| <b>COSTO DIRECTO</b> |                                |        |         |                       |                      | <b>S/ 210,902.10</b> |

*Figura 6.5: Presupuesto Base para ejecución de losa aligerada en una dirección y losa en dos direcciones*

*Fuente: Elaboración propia, 2022*



## 7 CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS APLICADOS A LOSAS ALIGERADAS EN DOS DIRECCIONES

### 7.1 Alcances generales

#### 7.1.1 ¿Que son losas en dos direcciones?

Las losas aligeradas bidireccionales o losas en dos direcciones son losas de concreto armado en las cuales se eliminan las partes sobrantes de concreto, produciendo vacíos en las cuales se pueden colocar ladrillo hueco, tecnoport (casetones) para que reduzcan la cantidad de concreto y de esta manera reducir su peso propio.

La carga que recibe la losa (CM y CV) se distribuye en los cuatro lados de losa, lo que proporciona una mejor distribución de carga sobre los elementos en las cuales se apoya la losa.



*Figura 7.1: Puesta de ladrillo para losa en dos direcciones  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

### 7.1.2 Partes de una losa aligerada en dos direcciones

Para la elaboración de una losa en dos direcciones se usan diferentes materiales que conforman la unión y servicio de las mismas.

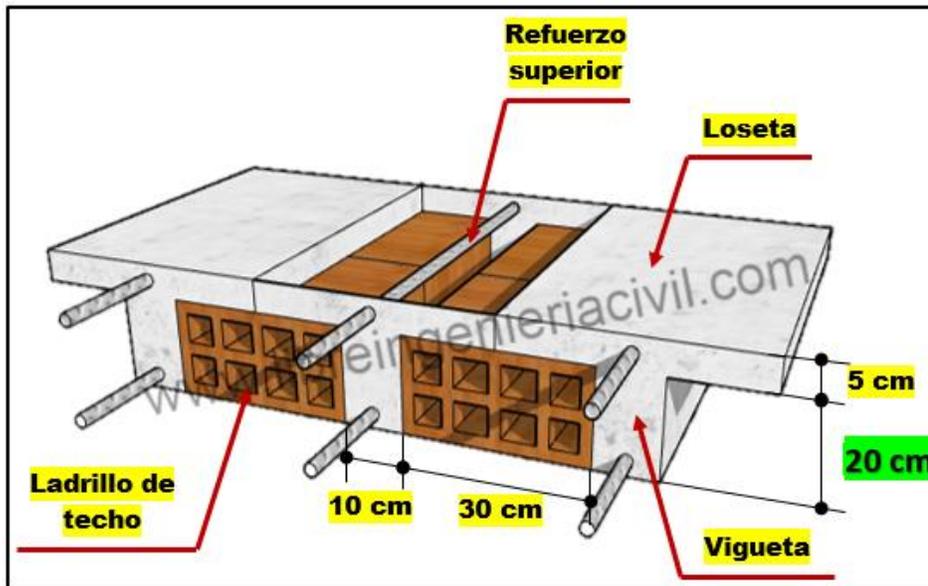


Figura 7.2: Losa aligerada (Libre Ingeniería Civil, 2021)

En la figura se observa todos los elementos que componen nuestra losa en dos direcciones o bidireccional:

- 1.- Refuerzo superior que es de la vigueta con acero de  $\frac{1}{2}$ "
- 2.- Refuerzo inferior que comprende la vigueta con acero de  $\frac{1}{2}$ "
- 3.- Acero de temperatura que se coloca dentro de la losa de 5cm, acero de 6mm
- 4.- Ladrillo de 12 huecos Pirámide, con altura de 20cm
- 5.- Concreto premezclado con resistencia  $f'c=280\text{kg/cm}^2$

## 7.2 Last Planner System - control y seguimiento

Lean Construction o construcción sin pérdidas, es un principio para optimizar los procesos constructivos que añaden valor a un proyecto, mientras se reducen las actividades que generan pérdidas. En consecuencia, Lean Construction busca eliminar o minimizar los residuos y/o pérdidas económicas.

A diferencia del modelo clásico o modelo de conversión en el cual se prioriza la transformación de inputs en outputs, el modelo de flujos del Lean Construction es derivado de la aplicación de la producción manufacturera aplicadas a la construcción (Koskela, 1992).

El principio básico de la construcción sin pérdidas es incrementar el real cumplimiento de las actividades constructivas a través de la reducción de los tiempos en la toma de decisiones relacionada con la planificación; para una mejor explicación se pueden definir 03 situaciones:

### **Situación 1: Situación general de los proyectos de construcción**

En ocasiones, la situación de los proyectos de construcción no es tan crítica [...], se toman medidas de control que permiten un mejor cumplimiento del plan inicial. No obstante, permanece la ejecución de algunas actividades de construcción en una intercepción entre “se puede” y “se hará” (Lean Construction Enterprise, 2012).

### **Situación 2: Situación de proyectos con mejor planeación**

“En este caso la incertidumbre asociada a las actividades no es posible controlarla adecuadamente y algunas de ellas no se ejecutan como lo indica el plan inicial” (Lean Construction Enterprise, 2012).

### Situación 3: Situación del proyecto con la aplicación de Last Planner

“Sin embargo, mediante la implementación de last planner es posible que los plazos y recursos de los proyectos se ejecutarán tal como lo establece el plan inicial. En este caso el plan “se puede” y “se hará”” (Lean Construction Enterprise, 2012)

#### Sistema de control

Implementar el último planificador o last planner requiere de un riguroso cumplimiento de lo planificado que está establecido en el plan. Esto se apoya en proyectar planes intermedios y planes semanales, que estén previstas en la programación inicial o plan maestro, para lograr esto se evaluarán las limitaciones que imposibilitan el normal desarrollo de las actividades. La base que sustenta es el plan inicial de obra que, a su vez, sostiene los planes intermedios y semanales que forman una especie de pirámide.



*Figura 7.2: Pirámide de Planificación (Lean construction Enterprise, 2012)*

En la concepción de la planificación debe participar y contribuir el equipo de trabajo del proyecto como el residente, ingeniero de producción, ingeniero de seguridad, etcétera, donde cada uno de los miembros deben apostar sus conocimientos para que los planeamientos sean coherentes y congruentes uno con el otro.

El planeamiento inicial debe contener todas las partidas del proyecto; a partir de la etapa de concepción hasta su culminación. El planeamiento intermedio se extrae del plan inicial y puede realizarse trimestralmente. Al momento de realizar el primer plan intermedio, se debe planificar actividades para el siguiente trimestre y seguir esta secuencia hasta terminar la obra. El plan semanal se establece teniendo como base al plan intermedio. La planeación semanal abarca las actividades que deberán ser ejecutadas en la semana realizando el seguimiento y control adecuado.

#### Estudio de las restricciones

El desarrollo y cumplimiento estricto de la planificación, consiste en la revisión de las restricciones para su normal ejecución de las actividades planificadas. Cada uno de los planes deben ser analizados con el propósito de determinar si existen restricciones para su acatamiento. Una actividad no debe ser planificada, ni programada si se advierte de una restricción. Todas las obras de construcción tienen restricciones específicas; las que siempre suelen ocurrir son: Falta de detalles en los diseños, materiales a destiempo en obra, mano de obra no calificada, actividades iniciales sin ejecutar.

Para la implementación del último planificador, es importante realizar un registro de cada uno de los inconvenientes que se presenten, tomar acciones correctivas para poder realizar y cumplir las actividades planificadas en los tiempos establecidos. Para esto, se construye para cada semana el indicador (PAC) que es el porcentaje de actividades cumplidas. Este porcentaje se puede calcular para todas las actividades de una semana determinada o también para las actividades a ejecutarse en periodos largos. Este indicador es necesario para realizar un seguimiento y control adecuado, evaluar la evolución del sistema implementado. Conjuntamente con las causas que conllevan a no cumplir actividades programadas constituyen herramientas necesarias para la planeación de actividades.

La comunicación de los planes se debe realizar a todos los involucrados en el proyecto; en consecuencia, se debe comunicar estas planificaciones, especialmente a los ejecutores del proyecto (gerencia, residencia y contratistas) y deberán ser modificadas de acuerdo a las necesidades del proyecto o al hacer frente de alguna restricción o imprevisto. Asimismo, se deberá realizar reuniones semanales con los contratistas para establecer los alcances semanales y las posibles restricciones. De esta manera, se consigue que todos los involucrados dentro de la obra posean un panorama general del proyecto y sepan con total claridad los tiempos que se deberá asignar a cada partida de trabajo para cumplir con la programación.

### **7.3 Last planner system – control y seguimiento aplicado a losas en una dirección y dos direcciones**

#### **7.3.1 Programación-Lookahead**

En el sector construcción, las actividades se ejecutan y se obtiene un producto como obras civiles, obras de irrigación, etcétera, y en cada lugar de trabajo se realizan varias actividades en paralelo y en un tiempo determinado que suele ser un día laboral (08 horas) hasta la culminación de la obra.

La sectorización consiste en dividir las mediciones de todas las actividades (procesos) de una edificación en un número de sectores de manera de crear una línea de producción equitativa y balanceada, con cantidades de recursos (mano de obra, equipos y maquinarias, y materiales, entre otros) que se puedan ejecutar en un día laboral y que cumpla las condiciones de satisfacción de todos los involucrados. (Brioso et al., 2016)

Para nuestro país, a esta línea de producción se le conoce como “tren de actividades”, en proyectos que se trabaja con la filosofía de Lean Construction, las secuencias de actividades se plantean

utilizando espacios en las que se desarrollaran las actividades en un día laboral, como todas las actividades del tren son importantes, se debe prever la ejecución de actividades en paralelo; en este caso, se deben planificar tareas alternas para su asignación a cuadrillas de trabajo en caso no se puedan ejecutar los frentes de trabajos planificados.

Para el proyecto se realiza el look ahead, para controlar y realizar los seguimientos a las actividades y/o tareas diarias y semanales que contemplan la ejecución de losas en dos direcciones y losas aligeradas, desde el nivel +5.25 hasta el nivel +26.85, siendo en total 03 pisos para comercio y 04 pisos para viviendas.

En la siguiente imagen se muestran todas las partidas involucradas hasta el proceso final de vaciado de las losas. Véase (**Anexo C**)

|  |   | <b>GESTION DE PROYECTO</b><br>Registro de Documentos<br><b>LOOKAHEAD - LOSA EN DOS DIRECCIONES</b> |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
|--|---|--|----------|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|
| NOMBRE DEL PROYECTO VIVIENDA MULTIFAMILIAR Y COMERCIO                              |   |  |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| Item   | DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD                     | UND  | sem1     |   |   |   |   |   |   | sem2     |   |   |   |   |   |   | sem3     |   |   |   |   |   |   | sem4 |   |   |   |   |   |   | sem5 |   |   |   |   |   |   | sem6 |   |   |   |   |   |   |
|  |   |  | sector 1 |   |   |   |   |   |   | sector 2 |   |   |   |   |   |   | sector 3 |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| LOSA EN DOS DIRECCIONES  |   |  | L        | M | J | V | S | D | L | M        | J | V | S | D | L | M | J        | V | S | D | L | M | J | V    | S | D | L | M | J | V | S    | D | L | M | J | V | S | D    | L | M | J | V | S | D |
| 0.10   | Trazo para encofrado de columnas                | glb  |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 0.20   | Trazo para placas                               | glb  |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 0.30   | Liberacion de Trazos                            | glb  |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 0.40   | Encofrado de elementos verticales               | m2   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 0.50   | Liberacion de Encofrado de Elementos Verticales | glb  |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 0.60   | Vaceado de Elementos Verticales                 | m3   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 0.70   | Desencofrado de Elementos Verticales            | glb  |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 0.80   | Trazo y niveles                                 | glb  |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 0.90   | Encofrado para fondos de viga y losa            | m2   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 1.00   | Liberacion de Encofrado                         | glb  |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 1.10   | Colocacion de acero                             | kg   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 1.20   | Colocacion de ladrillo                          | m2   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 1.30   | IIEE e IISS                                     | glb  |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 1.40   | Liberacion                                      | glb  |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |
| 1.50   | Vaceado de losa en dos direcciones              | m3   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |

*Figura 7.3: Look Ahead para losas aligeradas y en dos Direcciones*  
*Fuente: Elaboración Propia, 2022*

El look ahead que permite realizar un seguimiento y control de todos los procesos, podemos apreciar que la losa se ha dividido en 03 sectores para tener un tren de actividades fluidos y optimizar los recursos, siguiendo este propósito el vaciado de cada techo que incluye elementos verticales y elementos horizontales demora aproximadamente 5 semanas y se pudo reducir hasta 4 semanas.

Inicialmente las actividades tomaban más de 07 semanas, se pudo reducir y optimizar los procesos en el tren de actividades.

### 7.3.2 Proceso constructivo para losas en dos direcciones según look ahead

Se realizan los siguientes procesos:

1. Se procede con el encofrado de los fondos de viga, que serán sostenidos por las vigas H, paralelos a la mismas con barrotes horizontales de 3"x3" y todo en conjunto será sostenido por puntales o postes metálicos, así mismo se encofrará los costados de viga donde se apoyará la losa, para definir las alturas se trazaron previamente los niveles que han sido trazados por el personal de topografía.



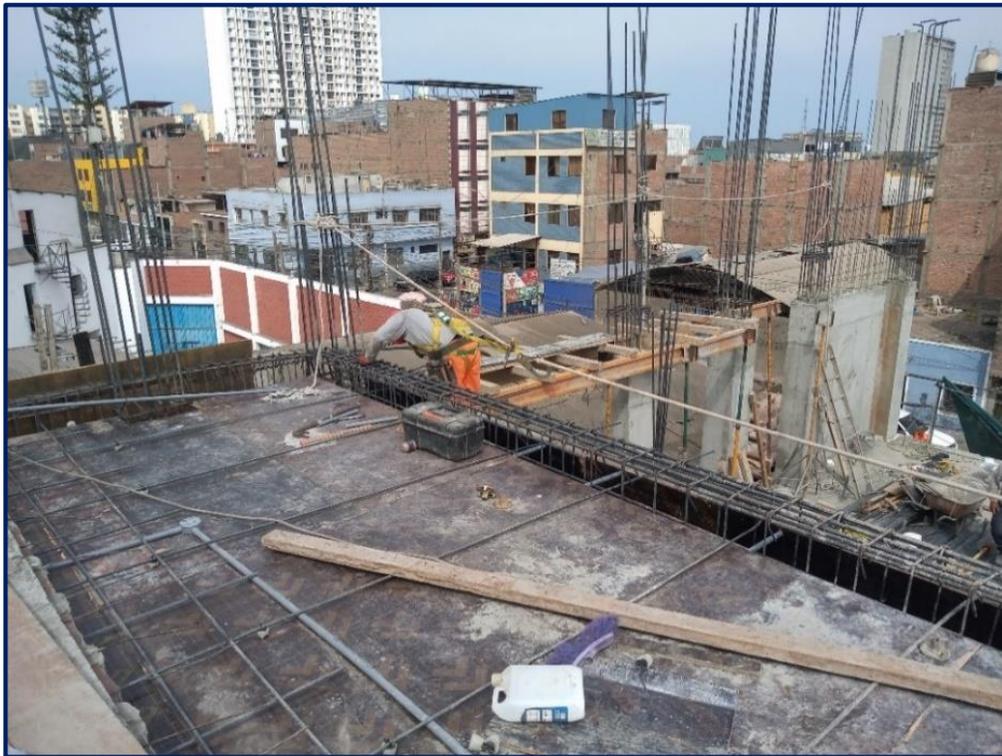
*Figura 7.4: Ejecucion de fondos y costados de viga  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

2. Se encofra los fondos de losa, con puntales y vigas H, distribuidos homogéneamente y con la separación entre puntales de 0.9m como máximo según las características técnicas de cada poste metálico.



*Figura 7.5: Colocación de fenolicos para fondos de losa  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

3. Se distribuye los fenólicos según el área, evitando los cortes para optimizar recursos; se verifica que las planchas fenólicas este perfectamente horizontales y adheridos a las vigas H, para evitar accidentes, conociendo que sobre las mismas se realizarán diferentes actividades como colocación de ladrillos, acero, instalaciones eléctricas y sanitarias, etcétera.



*Figura 7.6: Distribución de fenólicos en fondos de losa evitando cortes excesivos  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

4. Una vez colocado los fondos, costados de viga y encofrado para fondos de losa se procede con la secuencia de actividades como colocación de acero en vigas principales y secundarias, colocación de acero en viguetas, puesta de ladrillos.



*Figura 7.7: Puesta de material fenólico para fondos de losa  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

5. Se procede con las instalaciones sanitarias (tuberías de agua fría, caliente y desagüe) e instalaciones eléctricas (tuberías para toma corrientes, luminarias, detectores de humo, etcétera) respetando el recorrido de las mismas de acuerdo a los planos de instalaciones.



*Figura 7.8: Puesta de tuberías para IISS e IIEE  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

La actividad final del proceso es la revisión de todas las actividades que contempla el elemento estructural, se revisa los niveles, encofrado, alineamiento de vigas y frisos, acero en los elementos de acuerdo a los detalles del proyecto e instalaciones sanitarias y eléctricas.



*Figura 7.9: Losa en dos direcciones con protocolo de liberación  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

6. Finalmente, luego de completar todas las actividades y con el respectivo protocolo de liberación, aprobado por supervisión, se procede al vaciado de concreto que, para la edificación, es con resistencia de  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ .



*Figura 7.10: Vaciado de losa con concreto de resistencia  $f'c=280\text{kg/cm}^2$   
Fuente: Elaboración propia, 2022*



7. El curado de la losa es muy importante luego del vaciado la hidratación de concreto por al menos 7 días, proporciona al concreto su resistencia y durabilidad en el tiempo. Esta actividad se ejecuta 3 veces al día, al iniciar la jornada, al medio día y al finalizar el día laboral.



*Figura 7.11: Curado de losa con agua 03 veces al día, por una semana.  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

## 7.4 Resultados

Inicialmente se identificó que los trabajos se ejecutaban sin anticipar las restricciones ni las causas que lo generaban, se resolvía el problema en el proceso o al instante; esto generaba pérdidas de tiempo, pérdidas de horas hombre, no se realizaba el control y el seguimiento a las actividades que, al final, se reflejan económicamente en el incremento del costo de cada partida ,y en consecuencia, de la obra; como consecuencia el vaciado de un techo desde el inicio (trazo de elementos verticales) hasta el vaciado de la losa (elemento horizontal) tenía una duración de hasta 07 semanas.

Rápidamente se implementó el control y seguimiento diario de todas las actividades véase (**capítulo 7**); así, se pudo optimizar diferentes actividades y otras mejoras más, se pudo reducir hasta en dos semanas la programación del vaciado de losas que representa un 29% de reducción de tiempos y recursos. Véase (**Fig. 7.3- Lookahead**)

## **8 ANÁLISIS TÉCNICO –ECONÓMICO E INFLUENCIA EN EL PRESUPUESTO DE OBRA**

### **8.1 Análisis técnico y económico de las estructuras para continuación del proyecto.**

Los materiales que forman parte de las estructuras de concreto han sido afectados por agentes externos, como el clima durante toda la pandemia, los cuales se vieron reflejadas por diferentes patologías (óxido en el acero, xilófagos en el encofrado, fragilidad de las tuberías, etcétera) que fueron analizados en detalle en el capítulo 03 (bases teóricas).

Se reactiva el proyecto y se retoman las actividades dentro de las cuales se debe eliminar las patologías que han dañado los materiales y/o estructuras, esta actividad tendrá un costo en tiempo, materiales y mano de obra, que naturalmente se verán reflejados en el presupuesto de estructuras. El presente capítulo busca analizar de forma detallada todos los parámetros que influirán en el costo de todo el proceso de eliminación y/o reparación de las estructuras.

### **8.2 Análisis económico de las estructuras para continuación del proyecto**

Se produjo patologías como corrosión y carbonatación en las barras de acero corrugado que componen los elementos estructurales como:

#### **8.2.1 Elementos verticales**

##### **8.2.1.1 Elementos estructurales verticales – muro perimetral**

Los elementos que componen el elemento estructural (muro perimetral), como el acero, han sufrido oxidación que ya fueron analizados en el capítulo 3 (bases teóricas), llegando a la conclusión que no era necesario reemplazar el acero, pero sí era necesario realizar la limpieza mecánica y protegerlo para evitar el proceso de oxidación,

Las placas perimetrales son ejecutadas con acero de  $\varnothing=1/2''$ ; se ha procedido a realizar la limpieza mecánica y la aplicación de productos químicos para su protección.

Según el rendimiento evaluado en campo se presenta el APU para esta actividad.

|                             |       |                                      |           | Nombre de la Empresa: |             | GALUSA                        |  |
|-----------------------------|-------|--------------------------------------|-----------|-----------------------|-------------|-------------------------------|--|
|                             |       | Concepto                             |           | Obra                  |             | Viv. Mult Familiar y Comercio |  |
|                             |       | Limpieza Mecanica de Acero Corrugado |           | Fecha                 |             |                               |  |
|                             |       |                                      |           | Costo por m           |             | S/ 75.05                      |  |
| Rendimiento                 | m/Dia | 5                                    |           |                       |             |                               |  |
| Descripción de Recursos     |       | Unidad                               | Cuadrilla | cantidad              | precio(S/.) | Parcial(S/.)                  |  |
| <b>Mano de Obra</b>         |       |                                      |           |                       |             |                               |  |
| capataz                     |       | HH                                   | 0.10      | 0.160                 | S/ 22.45    | 3.592                         |  |
| operario                    |       | HH                                   | 1.00      | 1.600                 | S/ 20.13    | 32.208                        |  |
| Ayudante                    |       | HH                                   | 1.00      | 1.600                 | S/ 15.63    | 25.008                        |  |
|                             |       |                                      |           |                       |             | S/ 60.81                      |  |
| <b>Materiales</b>           |       |                                      |           |                       |             |                               |  |
| Disco de copa               |       | UND                                  |           | 0.100                 | S/ 22.00    | 2.200                         |  |
| Cepillo con cercas de acero |       | UND                                  |           | 0.100                 | S/ 4.00     | 0.400                         |  |
| Removedor de oxido          |       | GAL                                  |           | 0.100                 | S/ 50.00    | 5.000                         |  |
|                             |       |                                      |           |                       |             | S/ 7.60                       |  |
| <b>Equipos/Herramientas</b> |       |                                      |           |                       |             |                               |  |
| Herramientas menores        |       | %MO                                  |           | 0.050                 | S/ 60.81    | 3.040                         |  |
| Andamios Normados           |       | UND                                  |           | 0.180                 | S/ 20.00    | 3.600                         |  |
|                             |       |                                      |           |                       |             | 6.640                         |  |

*Figura 8.1: Análisis de Precio Unitario para acondicionamiento en muros perimetrales*  
*Fuente: Elaboración propia, 2022*

#### 8.2.1.2 Elementos estructurales verticales – columnas

Para las columnas con acero de  $\varnothing=3/4''$ , se ha procedido a realizar el condicionamiento mecánico y aplicación de productos químicos, para su protección; según el análisis sustentado en las bases teóricas, no fue necesario su reemplazo.

Según el rendimiento evaluado en campo se presenta el APUs para esta actividad.

|                             |     |                                     |           | Nombre de la Empresa: |             | GALUSA                        |  |
|-----------------------------|-----|-------------------------------------|-----------|-----------------------|-------------|-------------------------------|--|
|                             |     | Concepto                            |           | Obra                  |             | Viv. Mult Familiar y Comercio |  |
|                             |     | LimpiezaMecanica de Acero Corrugado |           | Fecha                 |             |                               |  |
|                             |     |                                     |           | Costo por und         |             | S/ 134.01                     |  |
| Rendimiento                 | und | 3                                   |           |                       |             |                               |  |
| Descripción de Recursos     |     | Unidad                              | Cuadrilla | cantidad              | precio(S/.) | Parcial(S/.)                  |  |
| <b>Mano de Obra</b>         |     |                                     |           |                       |             |                               |  |
| capataz                     |     | HH                                  | 0.10      | 0.267                 | S/ 22.45    | 5.987                         |  |
| operario                    |     | HH                                  | 1.00      | 2.667                 | S/ 20.13    | 53.680                        |  |
| Ayudante                    |     | HH                                  | 1.00      | 2.667                 | S/ 15.63    | 41.680                        |  |
|                             |     |                                     |           |                       |             | S/ 101.35                     |  |
| <b>Materiales</b>           |     |                                     |           |                       |             |                               |  |
| Disco de copa               |     | UND                                 |           | 0.500                 | S/ 22.00    | 11.000                        |  |
| Cepillo con cercas de acero |     | UND                                 |           | 0.400                 | S/ 4.00     | 1.600                         |  |
| Removedor de oxigo          |     | GAL                                 |           | 0.200                 | S/ 50.00    | 10.000                        |  |
|                             |     |                                     |           |                       |             | S/ 22.60                      |  |
| <b>Equipos/Herramientas</b> |     |                                     |           |                       |             |                               |  |
| Herramientas menores        |     | %MO                                 |           | 0.050                 | S/ 101.35   | 5.067                         |  |
| Andamios Normados           |     | UND                                 |           | 0.25                  | S/ 20.00    | 5.000                         |  |
|                             |     |                                     |           |                       |             | 10.067                        |  |

Figura 8.2: Análisis de Precio Unitario para acondicionamiento mecánico en columnas  
Fuente: Elaboración propia, 2022

Análisis de precio unitario para acondicionamiento mecánico en columnas

### 8.2.1.3 Elementos estructurales verticales – placas

Las placas fueron diseñadas con 16 barras de  $\varnothing=3/4"$  y estribos de  $3/8"$ , los estribos fueron retirados en su totalidad y se procedió a realizar el condicionamiento mecánico de las barras verticales y su respectiva aplicación de productos químicos para su protección; según el análisis sustentado en las bases teóricas, no fue necesario su reemplazo.

Según el rendimiento evaluado en campo se presenta el APUs para esta actividad.

|                             |       |                                      |           | Nombre de la Empresa: |             | GALUSA                        |        |
|-----------------------------|-------|--------------------------------------|-----------|-----------------------|-------------|-------------------------------|--------|
|                             |       | Concepto                             |           | Obra                  |             | Viv. Mult Familiar y Comercio |        |
|                             |       | Limpieza Mecanica de Acero Corrugado |           | Fecha                 |             |                               |        |
|                             |       |                                      |           | Costo por m           |             | S/ 171.22                     |        |
| Rendimiento                 | m/Dia | 2                                    |           |                       |             |                               |        |
| Descripción de Recursos     |       | Unidad                               | Cuadrilla | cantidad              | precio(S/.) | Parcial(S/.)                  |        |
| <b>Mano de Obra</b>         |       |                                      |           |                       |             |                               |        |
| capataz                     | HH    | 0.10                                 | 0.400     | S/ 22.45              | 8.980       |                               |        |
| operario                    | HH    | 1.00                                 | 4.000     | S/ 20.13              | 80.520      |                               |        |
| Ayudante                    | HH    | 1.00                                 | 4.000     | S/ 15.63              | 62.520      |                               |        |
|                             |       |                                      |           |                       |             | S/                            | 152.02 |
| <b>Materiales</b>           |       |                                      |           |                       |             |                               |        |
| Disco de copa               | UND   |                                      | 0.100     | S/ 22.00              | 2.200       |                               |        |
| Cepillo con cercas de acero | UND   |                                      | 0.100     | S/ 4.00               | 0.400       |                               |        |
| Removedor de oxido          | GAL   |                                      | 0.100     | S/ 50.00              | 5.000       |                               |        |
|                             |       |                                      |           |                       |             | S/                            | 7.60   |
| <b>Equipos/Herramientas</b> |       |                                      |           |                       |             |                               |        |
| Herramientas menores        | %MO   |                                      | 0.050     | S/ 152.02             | 7.601       |                               |        |
| Andamios Normados           | UND   |                                      | 0.2       | S/ 20.00              | 4.000       |                               |        |
|                             |       |                                      |           |                       |             |                               | 11.601 |

Figura 8.3: Análisis de Precio Unitario para acondicionamiento mecánico en placas  
Fuente: Elaboración propia, 2022

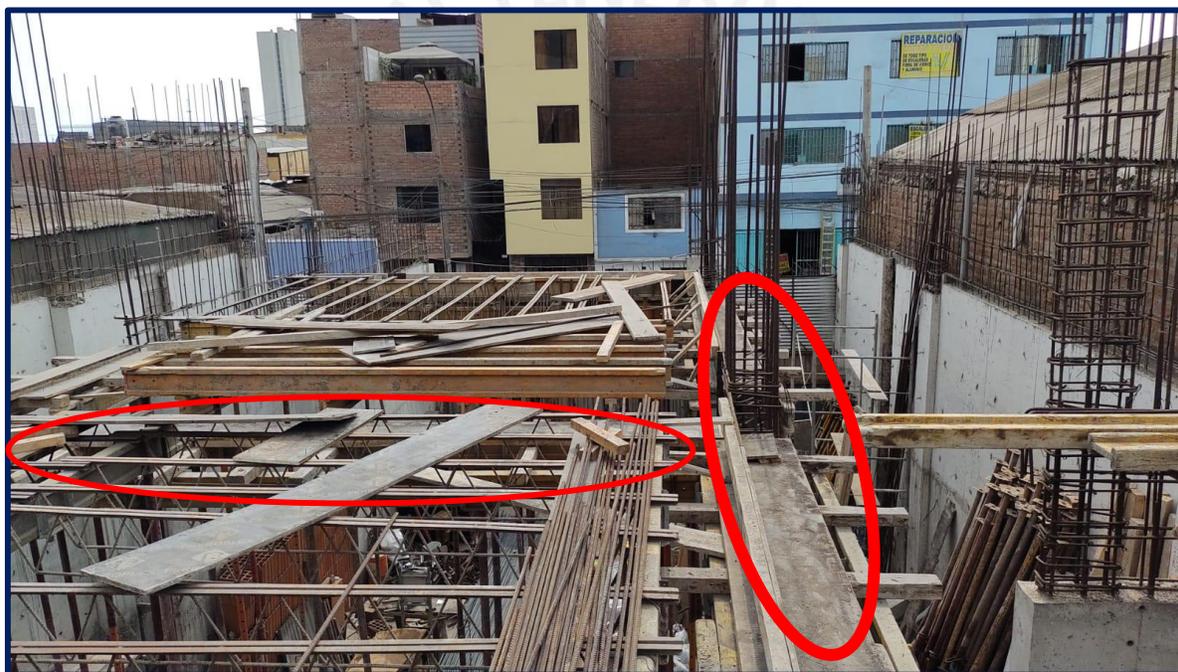
### 8.2.2 Elementos estructurales horizontales

Son elementos que forman parte de una estructura estructural; para nuestro estudio es una losa que, para su ejecución, está compuesta de elementos y /o materiales; por ejemplo: puntales que soportan la losa, fondos de losa compuesta de fenólicos, ladrillos, acero en vigas y concreto premezclado, etcétera. Se presentaron APUs para las principales actividades véase (ANEXO B)

### 8.2.2.1 Elemento estructural horizontal-vigas

Se observa que en la losa ya se habían colocado el acero que conforman las vigas, las cuales según el diseño estructural estaban compuestas por 08 barras de 5/8", con refuerzos y sus estribos en toda su longitud.

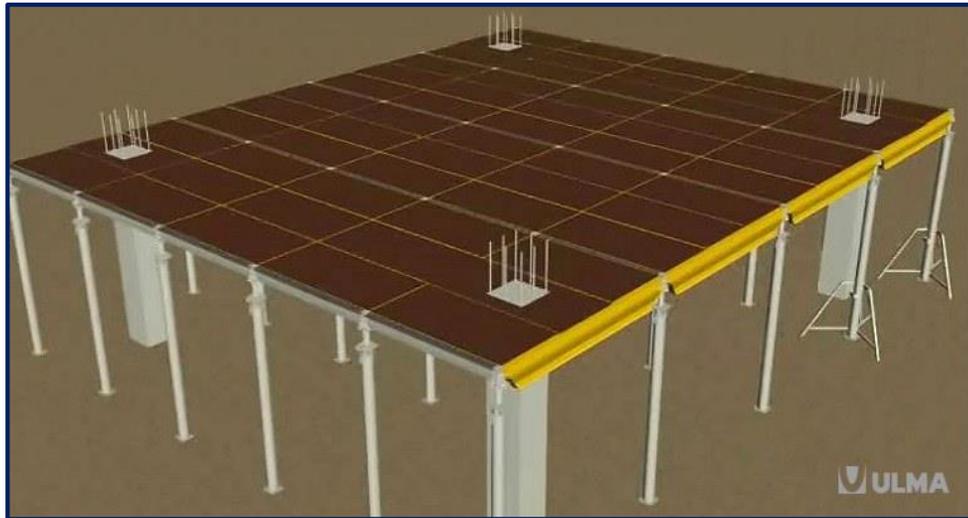
Se analizó en el capítulo 03, Bases teóricas, que la patología por agentes externos, como la oxidación habían dañado sustancialmente el diámetro de todas las vigas y no cumplían con el requerimiento mínimo para reusarlas y se procedió con su retiro total y su reemplazo respectivo.



*Figura 8.4: Retiro de acero oxidado en todas las vigas  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

### 8.2.2.2 Elemento estructural horizontal-encofrado para losa

En el proceso constructivo de una losa se usaron los paneles fenólicos, los cuales se colocaron de forma horizontal, sostenidas por vigas H; que, a su vez, están soportadas por los puntales para encofrado, transmitiendo toda la carga de forma proporcional al terreno.



*Figura 8.5: Encofrado de losa (ULMA, 2018)*

Al retomar las actividades se observó que los fenólicos poseían ciertos cambios en su estructura, naturalmente debido a los agentes externos como la humedad, calor y bajas temperaturas, produciendo en ellos un cambio en su color y la aparición de bacterias e insectos, como las termitas que se alimentan de la celulosa y patologías que ya fueron estudiadas en profundidad en el capítulo bases teóricas.

Se procedió a retirar todo el encofrado como fondos de viga y costados, así como los fondos de losa para ser reemplazados.



*Figura 8.6: Retiro de material fenólico*  
*Fuente: Elaboración propia, 2022*

Según el rendimiento evaluado se realizaron los análisis de esta actividad comprendidos en:

- APU para desencofrado de fondo de losa.
- APU para desencofrado de fondo y costados de viga.
- APU para encofrado de fondo de losa.
- APU para encofrado de fondo y costados de viga

Se presenta el APU para encofrado de fondos de losa; para los otros análisis se presenta en el

**(Anexo B)**

|                                     |        |                   |           | Nombre de la Empresa: |             |                               |
|-------------------------------------|--------|-------------------|-----------|-----------------------|-------------|-------------------------------|
|                                     |        | Concepto          |           | Obra                  |             | Viv. Mult Familiar y Comercio |
|                                     |        | Encofrado de losa |           | Fecha                 |             |                               |
|                                     |        |                   |           | Costo por m2          |             | S/ 33.54                      |
| Rendimiento                         | m2/Dia | 25                |           |                       |             |                               |
| Descripción de Recursos             |        | Unidad            | Cuadrilla | cantidad              | precio(S/.) | Parcial(S/.)                  |
| <u>Mano de Obra</u>                 |        |                   |           |                       |             |                               |
| capataz                             |        | HH                | 0.10      | 0.032                 | S/ 22.45    | 0.718                         |
| Operario                            |        | HH                | 1.00      | 0.320                 | S/ 20.13    | 6.442                         |
| Ayudante                            |        | HH                | 1.00      | 0.320                 | S/ 15.63    | 5.002                         |
|                                     |        |                   |           |                       |             | S/ 12.16                      |
| <u>Materiales</u>                   |        |                   |           |                       |             |                               |
| Alambre Galvanizado N° 8            |        | KG                |           | 0.300                 | S/ 7.00     | S/ 2.10                       |
| Alambre Galvanizado N°16            |        | KG                |           | 0.300                 | S/ 7.00     | S/ 2.10                       |
| Clavos de madera con cabeza de 2"   |        | KG                |           | 0.150                 | S/ 7.00     | S/ 1.05                       |
| Clavos para madera con cabeza de 3" |        | KG                |           | 0.150                 | S/ 7.00     | S/ 1.05                       |
| Panel fenolico de 18 mm             |        | UND               |           | 0.000                 | S/ 139.90   | S/ 0.01                       |
|                                     |        |                   |           |                       |             | S/ 6.31                       |
| <u>Equipos/Herramientas</u>         |        |                   |           |                       |             |                               |
| Herramientas menores                |        | %MO               |           | 0.050                 | S/ 12.16    | 0.608                         |
| Araña Metalica                      |        |                   |           | 2.000                 | S/ 0.30     | 0.600                         |
| Viguetas H                          |        |                   |           | 2.340                 | S/ 5.00     | 11.700                        |
| Puntales Metalicos de 5m            |        |                   |           | 3.000                 | S/ 0.50     | 1.500                         |
| Andamios doble altura               |        |                   | 2.00      | 0.033                 | S/ 10.00    | 0.660                         |
|                                     |        |                   |           |                       |             | 15.068                        |

Figura 8.7: Análisis de Precio Unitario para encofrado de fondo de una losa  
Fuente: Elaboración propia, 2022

### 8.2.2.3 Elementos estructurales horizontal-viga

Se realizó el retiro de todo el encofrado y acero, para ser reemplazado por materiales nuevos; el acero en las vigas según el diseño es de  $\varnothing=3/4''$ , realizando en análisis y explicados con detalle en el capítulo Bases teóricas, se procede a colocar el acero recién adquirido a Corporación Aceros Arequipa.



Figura 8.8: Colocación de acero nuevo en vigas  
Fuente: Elaboración propia, 2022

Se realiza al análisis de precio unitario para la colocación de acero en todas las vigas.

|   |        | Nombre de la Empresa: |           |                               |             |              |
|---|--------|-----------------------|-----------|-------------------------------|-------------|--------------|
| Concepto                                  |        | Obra                  |           | Viv. Mult Familiar y Comercio |             |              |
| Acero en vigas                            |        |                       |           |                               |             |              |
|   |        | Costo por m3          |           | S/ 7.30                       |             |              |
| Rendimiento                               | kg/dia | 180                   |           |                               |             |              |
| Descripción de Recursos                   |        | Unidad                | Cuadrilla | cantidad                      | precio(S/.) | Parcial(S/.) |
| <b>Mano de Obra</b>                       |        |                       |           |                               |             |              |
| operario                                  | HH     | 1.000                 | 0.044     | S/ 20.13                      | 0.895       |              |
| Oficial                                   | HH     | 2.000                 | 0.089     | S/ 19.79                      | 1.759       |              |
|   |        |                       |           |                               | S/ 2.65     |              |
| <b>Materiales</b>                         |        |                       |           |                               |             |              |
| ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16              |        |                       |           | 0.030                         | S/ 7.00     | S/ 0.21      |
| ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60 |        |                       |           | 1.050                         | S/ 4.10     | S/ 4.31      |
|   |        |                       |           |                               | S/ 4.52     |              |
| <b>Equipos/Herramientas</b>               |        |                       |           |                               |             |              |
| Herramientas menores                      |        | %MO                   |           | 0.050                         | S/ 2.65     | 0.133        |
|   |        |                       |           |                               | 0.133       |              |

Figura 8.9: APUs de acero colocado en vigas  
Fuente: Elaboración propia, 2022

#### 8.2.2.4 Elemento estructural horizontal-ladrillo

El ladrillo usado para la losa es de la marca pirámide de 20cm, para las losas en dos direcciones y para losa aligerada convencional, en el análisis se detectó 03 patologías como resultado de la exposición prolongada a los agentes externos, evidenciándose sobre el ladrillo la formación de hongos y sales superficiales producidos por la eflorescencia.

Estas patologías causaron la pérdida de resistencia del elemento, manifestándose en fracturas y fisuras en su superficie al aplicarles cargas mínimas; en este sentido, se determinó eliminar todo el lote de ladrillo y reemplazarlo por ladrillo recién adquirido.



*Figura 8.10: Ladrillo retirado por pérdida de resistencia  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

Para el análisis económico se consideró el suministro de ladrillo en su totalidad para el área de techo proyectada para el vaciado que se encuentra en el presupuesto por retoma de actividades.

**Véase (ANEXO B).**

#### 8.2.2.5 Elementos estructurales horizontal - tuberías para instalaciones eléctricas y sanitarias

Las tuberías colocadas para las instalaciones eléctricas son de ½” que son colocadas sobre el techo y llevadas a cada punto (puntos de instalaciones) siguiendo las trayectorias propuestas en los planos eléctricos, teniendo los siguientes:

- Puntos de toma corriente
- Punto de iluminación
- Punto de intercomunicadores
- Punto de comunicación

Todas las tuberías se vieron afectadas por la radiación solar y la humedad, perdiendo su resistencia y volviéndose frágiles; en consecuencia, fueron retiradas de la losa. Esta situación se evidenció, en igual forma, en las tuberías sanitarias, por lo que se han cambiado las tuberías de las montantes y tuberías de agua.



*Figura 8.11: Tuberías retiradas de las instalaciones  
Fuente: Elaboración propia, 2022*

### 8.2.3 Cronograma para reinicio de actividades

En el presente cronograma se muestran todas las actividades previas a ejecutar y los tiempos para su ejecución, como paso previo para el reinicio de actividades.

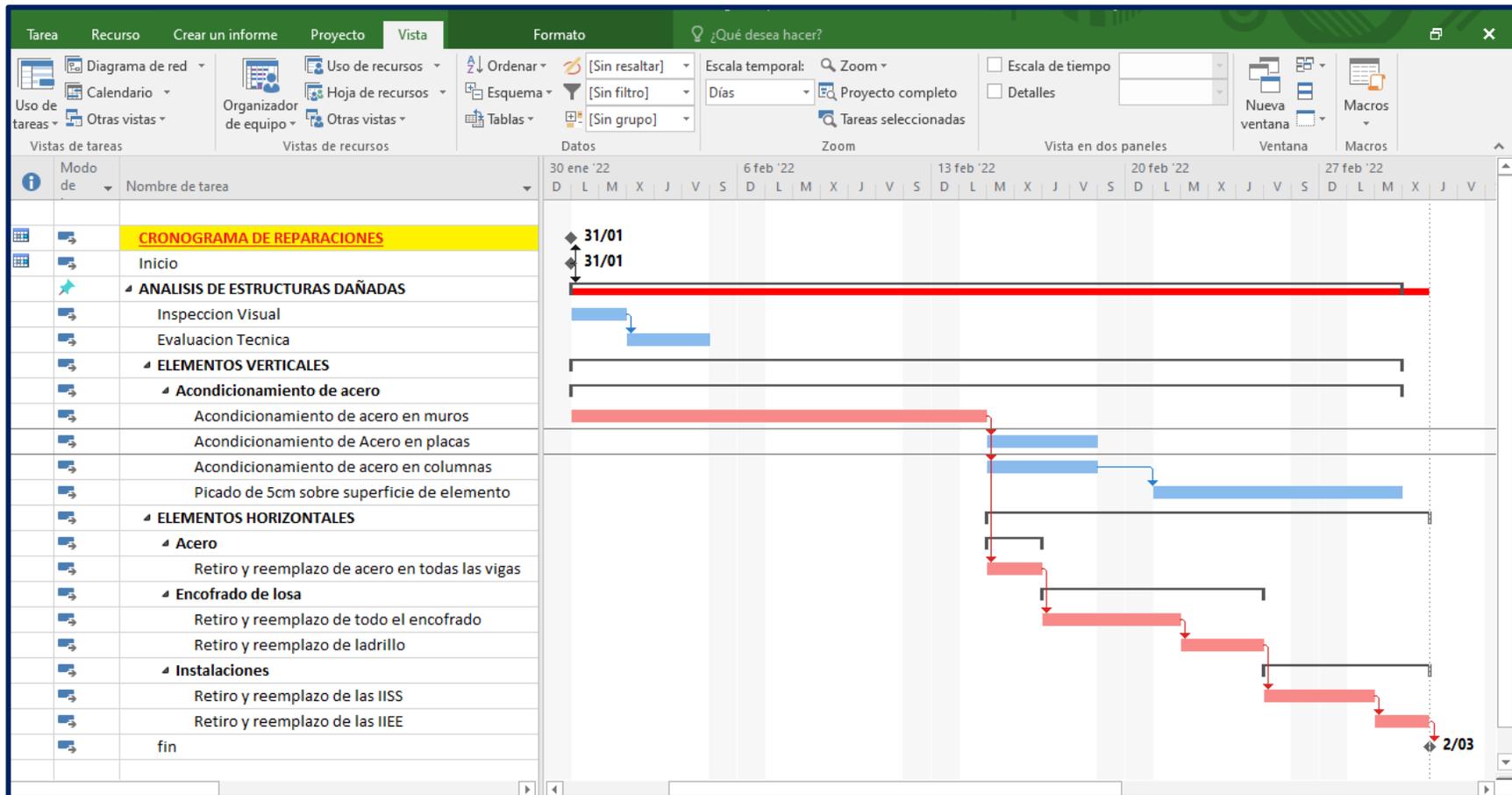


Figura 8.12: Cronograma para término de actividades previas para el reinicio del proyecto

Fuente: Elaboración propia, 2022

## 8.2.4 Presupuesto para el reinicio de actividades

Se presenta el presupuesto con todas las actividades a ejecutar, con su respectivos metrados y precios unitarios que fueron analizados y evaluados en los capítulos 4 y 5, respectivamente.

| PRESUPUESTO PARA REPARACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES   |  |        |         |                       |                      |                          |                      |
|--|--|--------|---------|-----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Descripción del Presupuesto  |  |        |         |                       |                      |                          |                      |
| El presupuesto se realiza por reparación y reemplazo de componentes de elementos estructurales que han sufrido daños (patologías) por agentes externos debido a la pandemia por mas de dos años. |  |        |         |                       |                      |                          |                      |
| ITEM   | DESCRIPCION  | UNIDAD | METRADO | PRECIO UNITARIO (S/.) | PRECIO PARCIAL (S/.) | PRECIO TOTAL (S/.)       |                      |
| <b>1.00</b>  | <b>ESTRUCTURAS DE CONCRETO</b>                         |        |         |                       |                      |                          |                      |
| 1.01   | <i>Muro Perimetral</i>                                 |        |         |                       |                      |                          |                      |
| 1.01.1   | Limpieza mecanica y proteccion quimica                 | ml     | 85.20   | S/ 75.05              | S/ 6,394.26          |                          |                      |
| 1.02   | <i>columnas C</i>                                      |        |         |                       |                      |                          |                      |
| 1.02.1   | Limpieza mecanica y proteccion quimica                 | Und    | 33.00   | S/ 134.01             | S/ 4,422.33          |                          |                      |
| 1.03   | <i>Placas</i>  |        |         |                       |                      |                          |                      |
| 1.03.1   | Limpieza mecanica y proteccion quimica                 | und    | 10.00   | S/ 171.22             | S/ 1,712.20          |                          |                      |
| 1.04   | <i>Vigas</i>   |        |         |                       |                      |                          |                      |
| 1.04.1   | Retiro de acero en vigas                               | glb    | 1.00    | S/ 5,000.00           | S/ 5,000.00          |                          |                      |
| 1.04.2   | Colocacion de acero en vigas                           | kg     | 1541.17 | S/ 7.30               | S/ 11,250.54         |                          |                      |
| 1.05   | <i>Limpieza superficial de elementos estructurales</i> |        |         |                       |                      |                          |                      |
| 1.05.1   | Picado de seccion superior de cada elemento 5cm        | m2     | 24.48   | S/ 58.49              | S/ 1,431.84          |                          |                      |
| 1.05.2   | Eliminacion de material de picado                      | GLB    | 1.00    | S/ 300.00             | S/ 300.00            |                          |                      |
| 1.05.3   | Aplicación de puente de adherencia                     | m2     | 24.48   | S/ 57.00              | S/ 1,395.36          |                          |                      |
| <b>2.00</b>  | <b>DESENCOFRADO</b>                                    |        |         |                       |                      |                          |                      |
| 2.01   | Desencofrado Normal de losa                            | m2     | 245.00  | S/ 10.97              | S/ 2,687.65          |                          |                      |
| 2.02   | Desencofrado normal de Vigas                           | m2     | 15.84   | S/ 13.10              | S/ 207.47            |                          |                      |
| <b>3.00</b>  | <b>ENCOFRADO</b>                                       |        |         |                       |                      |                          |                      |
| 3.01   | Encofrado Normal de losa                               | m2     | 245.00  | S/ 33.54              | S/ 8,217.30          |                          |                      |
| 3.02   | Encofrado de Vigas y cortes                            | m2     | 15.83   | S/ 42.06              | S/ 665.81            |                          |                      |
| 3.03   | Suministro de fenolico de 18mm                         | Und    | 86.00   | S/ 159.90             | S/ 13,751.40         |                          |                      |
| 3.04   | Suministro de ladrillo para techo                      | Und    | 2723.00 | S/ 4.20               | S/ 11,436.60         |                          |                      |
| <b>4.00</b>  | <b>INSTALACIONES</b>                                   |        |         |                       |                      |                          |                      |
| 4.01   | <i>Instalaciones Sanitarias</i>                        |        |         |                       |                      |                          |                      |
| 4.01.1   | Retiro colocacion de puntos de desague (Montantes)     | pto    | 3.00    | S/ 54.00              | S/ 162.00            |                          |                      |
| <b>5.00</b>  | <b>INSTALACIONES</b>                                   |        |         |                       |                      |                          |                      |
| 5.01   | <i>Instalaciones Electricas</i>                        |        |         |                       |                      |                          |                      |
| 5.01.1   | Retiro de puntos electricos                            | pto    | 26.00   | S/ 64.67              | S/ 1,681.42          |                          |                      |
| 5.01.2   | Colocacion de puntos electricos                        | pto    | 26.00   | S/ 64.57              | S/ 1,678.82          |                          |                      |
| <b>6.00</b>  | <b>TRABAJOS PREVIOS</b>                                |        |         |                       |                      |                          |                      |
| 6.01   | Equipos de Proteccion Personal                         | Und    | 5.00    | S/ 150.00             | S/ 750.00            |                          |                      |
| 6.02   | Examen Medido Ocupacional                              | Und    | 5.00    | S/ 180.00             | S/ 900.00            |                          |                      |
| 6.03   | Prueba de descarte COVID                               | Und    | 5.00    | S/ 80.00              | S/ 400.00            |                          |                      |
| 6.04   | Seguro complementario de trabajo (SCTR)                | GLB    | 1.00    | S/ 220.00             | S/ 220.00            |                          |                      |
| <b>COSTO DIRECTO</b>   |  |        |         |                       |                      | S/ 74,665.00             |                      |
|  |  |        |         |                       |                      | GASTOS GENERALES (10%)   | S/ 7,466.50          |
|  |  |        |         |                       |                      | UTILIDAD (10%)           | S/ 7,466.50          |
|  |  |        |         |                       |                      | SUB PRESUPUESTO          | S/ 89,598.00         |
|  |  |        |         |                       |                      | IGV(18%)                 | S/ 16,127.64         |
|  |  |        |         |                       |                      | <b>PRESUPUESTO (S/.)</b> | <b>S/ 105,725.64</b> |

Figura 8.13: Presupuesto previo para reinicio de actividades

Fuente: Elaboración propia, 2022

### 8.3 Resultados

Para la validación de la hipótesis se realizó el análisis de precios unitarios de todas las actividades previas a ejecutarse antes del reinicio de obra. Véase (**Capítulo 5**). Este resultado se usó para calcular el presupuesto de reparación de elementos estructurales. Véase (**Figura 8.13**) y se comparó con el presupuesto de estructuras.

| COMPARTIVO DE PRESUPUESTOS |                           |                   |
|----------------------------|---------------------------|-------------------|
| ITEM                       | DESCRIPCION               | PRESUPUESTO (S/.) |
| 1.0                        | ESTRUCTURAS               | S/ 3,916,376.81   |
| 2.0                        | REPARACION DE ESTRUCTURAS | S/ 105,725.64     |

*Figura 8.14: Comparativo de Presupuestos  
Fuente: Elaboración Propia, 2022*

Representación porcentual de la reparación de estructuras con respecto al presupuesto de estructuras

$$\text{Porcentaje de representación(\%)} = \frac{\text{REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS}}{\text{PRESUPUESTO ESTRUCTURAS}}$$

$$\text{Porcentaje de representación(\%)} = \frac{105,725.64}{3,916,376.81}$$

$$\text{Porcentaje de representación(\%)} = 2.70\%$$

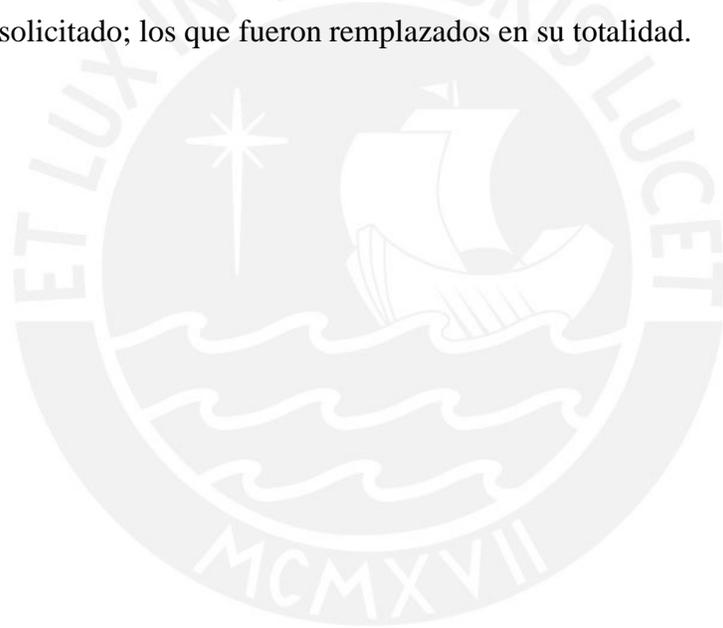
Se evidencia que la reparación de las estructuras, previas al reinicio de actividades, representa un 2.70% del presupuesto de estructuras.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. El análisis económico de cada actividad y los procesos seguidos para su reparación y/o reemplazo se obtuvo mediante un análisis de precio unitario; el cual, con los metrados, se pudo calcular el presupuesto para reinicio de actividades, siendo 2.70% del presupuesto de estructuras, mayor al 2% asumido en la hipótesis.
2. Los materiales usados para la ejecución de los elementos estructurales, como encofrado fenólico, tuberías para instalaciones, ladrillo para techo, sufrieron daños en su resistencia y fueron reemplazados en su totalidad.
3. El acero expuesto al medio ambiente en vigas sufrió daños más severos por oxidación que el acero en elementos verticales, por lo que fueron reemplazados en su totalidad.
4. Los trabajos previos al inicio de actividades, como el análisis técnico de cada elemento, estructura, la reparación y /o reemplazo de los materiales, así como el seguimiento del proceso de reparación, tuvo una duración de 31 días.
5. El seguimiento y control de los procesos constructivos favoreció el aumento de la productividad para la losa en dos direcciones, losa aligerada y reducir tiempos muertos, durante el proceso constructivo; de esta manera, se pudieron optimizar los recursos, tanto materiales como humanos. Se pudieron desarrollar mecanismos de control desde un inicio y seguimiento de sus procesos en el día a día, por lo que esta optimización podrá ser aplicada en similares proyectos de construcción, logrando mayores y mejores beneficios en lo económico y técnico.
6. Realizar seguimiento y control a los procesos constructivos redujo en 02 semanas los tiempos de entrega que representan un 29% en reducción del tiempo inicial programado.

7. Tener en el proyecto mano de obra calificada al momento de ejecutar cada una de las actividades programadas que conforman los procesos constructivos. Cada cuadrilla de trabajo se especializó en una labor particular y esto se ve reflejado, tanto en la calidad del producto como en la entrega a satisfacción, en los tiempos indicados en el lookahead.
8. Los materiales que conforman los elementos estructurales, luego de dos años expuestos al medio ambiente, perdieron sus propiedades mecánicas.
9. Los aceros en vigas no voceadas, al encontrarse confinado por el encofrado, conservaron mayor tiempo la humedad, aumentando la oxidación y la pérdida de sus propiedades mecánicas para el servicio solicitado; los que fueron remplazados en su totalidad.



## Recomendaciones

1. Para paralizaciones prolongadas en la ejecución de proyectos, donde se evidencian materiales de construcción expuestos al medio ambiente, es necesario realizar una protección adecuada; evitar que el material entre en contacto con el agua que es el principal causante de las diferentes patologías expuestas en el presente estudio que afectan las propiedades mecánicas de los diferentes materiales de construcción utilizados.
2. Se recomienda colocar una barrera química protectora al acero estructural; además de una cobertura de protección adicional (mantas, plásticos, etcétera) que evite el contacto con la humedad del medio ambiente.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cámara Peruana de la Construcción – CAPECO (1994). *Reglamento de metrados para obras de edificación*. Lima, Perú.
- Cámara Peruana de la Construcción – CAPECO (2010). *Costos y presupuestos en edificación*. Lima, Perú.
- Otazzi, G. (2014). *Apuntes del curso concreto armado I*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Brioso, X. (2015 c), *El Análisis de la Construcción sin Pérdidas (Lean Construction) y su relación con el Project & Construction Management: Propuesta de Regulación en España y su Inclusión en la Ley de la Ordenación de la Edificación*. PhD thesis. Technical University of Madrid, Spain, 2015.
- Pons, J. (2014). *Introducción a Lean Construction*, Fundación Laboral de la Construcción-Ira Edición. Madrid, España (2014)
- Veran, D. & Brioso, X. (2021). *Implementation of Lean Construction as a solution for the covid-19 impacts in residential construction projects in Lima, Peru*. En 29th Annual Conference of the international group for lean construction (iglc) - lima, peru - 2021. (pp. 923 - 932). lima. pontificia universidad católica del Perú.
- Montejo, A (2013) *Tecnología y patología del concreto armado*. Universidad Católica de Colombia, Colombia (2013)
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*, Ph.D. Dissertation, School of Civil Engrg., Univ. of Birmingham, U.K., May, 192 pp
- Antillon, E.I., Alarcon, L.F., Hallowell, M.R. & Molenaar, K.R. (2011). *A Research Synthesis on the Interface Between Lean Construction and Safety Management*. 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Lima, Peru
- Aslesen, S. ET AL. (2013), *Integrating Safety Analyses in Production Planning and Control – a Proposal*. 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Fortaleza, Brazil
- Ballard, G. (1994). *The Last Planner*. Lean Construction Institute
- Tsao, C.C., Draper, J. & Howell, G.A. (2014). *An Overview, Analysis, and Facilitation Tips for Simulations That Support and Simulate Pull Planning*. 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Oslo, Norway

## Páginas Web

*Patología del acero: saber proteger el material contra la corrosión* (2022). Recuperado de:

<https://infocorrosion.com/index.php/infocorrosion-vip/infocorrosion-recomienda/item/1152-patologia-del-acero-saber-proteger-el-material-contra-la-corrosion>  
Visita 26/05/22

*Patologías de Humedades* (2022). Recuperado de: <https://ipecontrol.com/patologias-de-humedades/>.

*Environmental Aggressiveness and the Durability of concrete Structures* (2022). Recuperado de: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>

*Lean Construction Institute* (2022). Recuperado de : <https://www.lciperu.org> Visita 02/06/22.

*Metrado y Presupuestos* (2020). Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/474332544/metrados-y-presupuestos-segun-capeco-pdf>

Aguirre Y Baeza. (09 de enero de 2019). *Patologías propias de la madera*. Obtenido de: <https://www.aguirrebaeza.com/blog-aguirrebaeza/patologias-propias-de-la-madera/>

Armstrong, D. (20 de noviembre de 2021). *ehow*. Obtenido de Cómo proteger tubos de PVC de los rayos UV: [https://www.ehowenespanol.com/proteger-tubos-pvc-rayos-uv-como\\_81597/](https://www.ehowenespanol.com/proteger-tubos-pvc-rayos-uv-como_81597/)

*Asesoría en la Implementación de sistema SST*. (2019). Obtenido de MEGA: <https://www.mega.net.pe/implementacion-sistemas-sst>

CONCREPLUS. (mayo de 2021). *Problemas que dañan el concreto*. Obtenido de concreplus: <https://www.concreplus.com.mx/5-problemas-danan-concreto/>

CONSTRUCTIVO. (2021). *El problema del acero oxidado en obra*. Obtenido de constructivo: <https://constructivo.com/index.php/actualidad/el-problema-del-acero-oxidado-en-obra-1596431755>

Donna, A. (20 de noviembre de 2021). *ehow*. Obtenido de como proteger las tuberías de PVC de rayos UV: [https://www.ehowenespanol.com/proteger-tubos-pvc-rayos-uv-como\\_81597/](https://www.ehowenespanol.com/proteger-tubos-pvc-rayos-uv-como_81597/)

GEOLOGIAWEB. (2022). *ladrillo rojo*. Obtenido de Ladrillo:Propiedades características y usos: [https://geologiaweb.com/materiales/ladrillo/#Caracteristicas\\_y\\_propiedades\\_de\\_un\\_buen\\_ladrillo](https://geologiaweb.com/materiales/ladrillo/#Caracteristicas_y_propiedades_de_un_buen_ladrillo)

IPE. (2022). *Patologías de Humedades*. Obtenido de Recuperado de: <https://ipecontrol.com/patologias-de-humedades/>

Jelpo, P. & Padilla, L. (2009) *Patología en Elementos Estructurales, Madera, hierro-acero y muro portante cerámico*. Recuperado de: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/4352/5/JEL65.pdf>

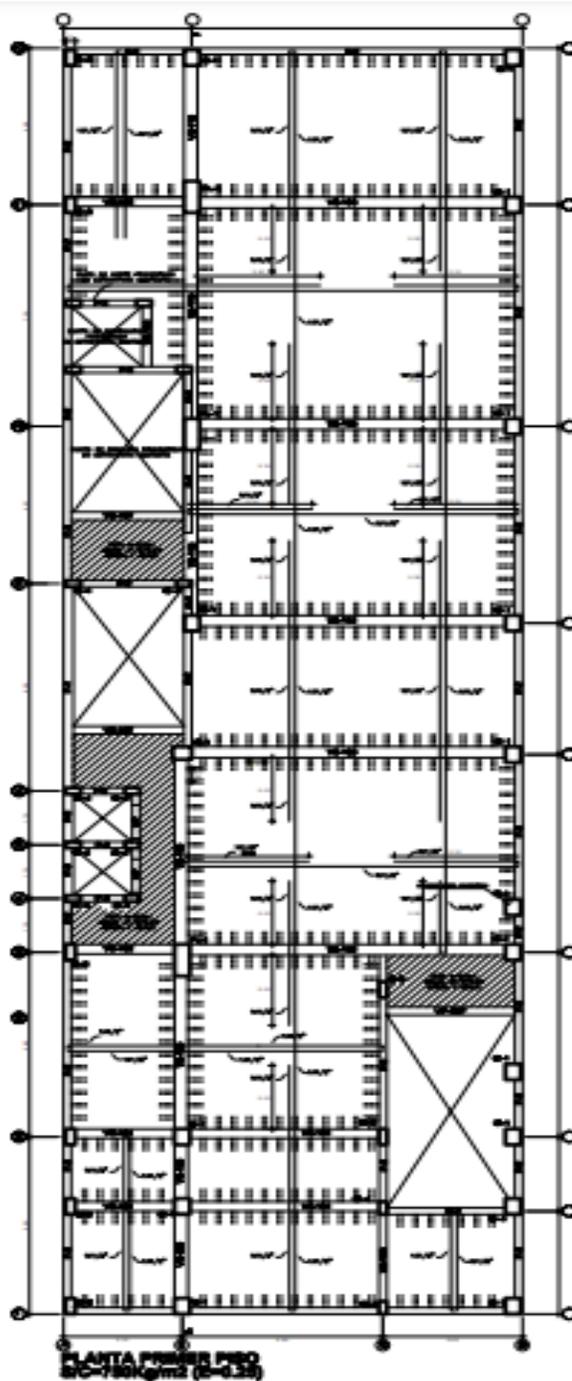
- Lean construction Enterprise. (2012). *Piramide De Planificacion*. Obtenido de [imagen]: recuperado de <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/last-planner>
- Libre Ingenieria Civil. (22 de agosto de 2021). *Losa aligerada*. Obtenido de [imagen]: <https://www.libreingenieriacivil.com/2021/08/manual-para-construir-losas-aligeradas.html>
- Libre Ingenieria Civil. (22 de agosto de 2021). *Losa de 25 cm*. Obtenido de [imagen]: recuperado de <https://www.libreingenieriacivil.com/2021/08/manual-para-construir-losas-aligeradas.html>
- Libre Ingenieria Civil. (22 de agosto de 2021). *Losa de 25 cm*. Obtenido de [imagen]: recuperado de <https://www.libreingenieriacivil.com/2021/08/manual-para-construir-losas-aligeradas.html>
- LIBRE INGENIERIA CIVIL. (22 de Agosto de 2021). *Losa de 25cm*. Obtenido de [imagen]: recuperado de <https://www.libreingenieriacivil.com/2021/08/manual-para-construir-losas-aligeradas.html>
- Losa de 25cm*. (22 de agosto de 2021). Obtenido de planos y detalles de una losa aligerada: recuperado de <https://www.libreingenieriacivil.com/2021/08/manual-para-construir-losas-aligeradas.html>
- ULMA. (2018). *Encofrado de losa*. Obtenido de [imagen]: recuperado de <https://www.ulmaconstruction.com/es/ulma/multimedia/videos/animaciones-videos-producto/encofrado-losa-modular-aluminio-cc-4>

## ANEXOS

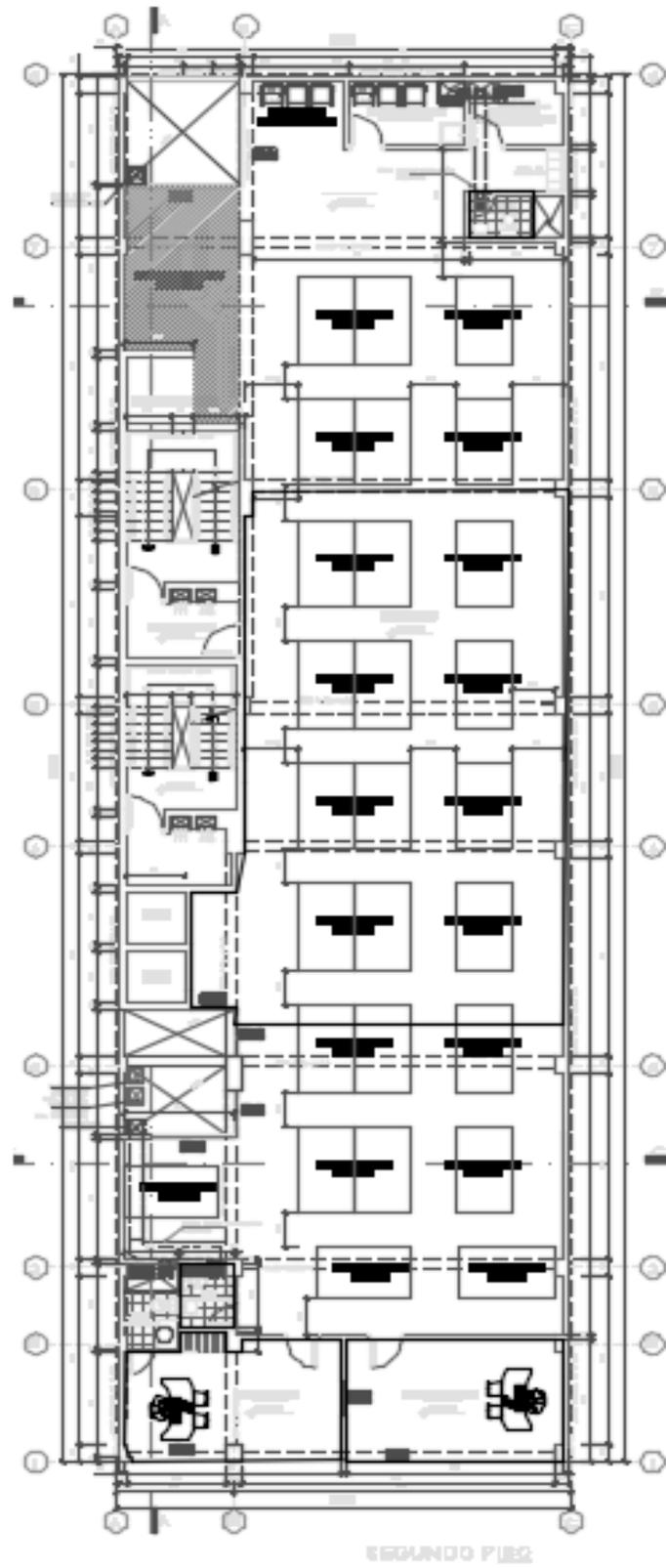
### ANEXO A

#### Planos del Proyecto

1. Planos de estructuras: Planta nivel +5.25m



## 2. Plano de arquitectura: Planta nivel +5.25m



## ANEXO B

En el presente anexo se presenta todos los Análisis de Precios Unitarios (APUs) de las diferentes partidas que se realizaron para tener en condiciones óptimas las estructuras de concreto armado para continuar con la ejecución de la edificación luego de dos años de paralización por pandemia.

### APU de limpieza mecánica del cero en placa perimetral

|                                      |       |      | Nombre de la Empresa: |           | GALUSA                        |             |              |
|--------------------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|-------------------------------|-------------|--------------|
| Concepto                             |       |      | Obra                  |           | Viv. Mult Familiar y Comercio |             |              |
| Limpieza Mecanica de Acero Corrugado |       |      | Fecha                 |           |                               |             |              |
|                                      |       |      | Costo por m           |           | S/ 75.05                      |             |              |
| Rendimiento                          | m/Dia | 5    |                       |           |                               |             |              |
| Descripción de Recursos              |       |      | Unidad                | Cuadrilla | cantidad                      | precio(S/.) | Parcial(S/.) |
| <b>Mano de Obra</b>                  |       |      |                       |           |                               |             |              |
| capataz                              | HH    | 0.10 | 0.160                 | S/ 22.45  | 3.592                         |             |              |
| operario                             | HH    | 1.00 | 1.600                 | S/ 20.13  | 32.208                        |             |              |
| Ayudante                             | HH    | 1.00 | 1.600                 | S/ 15.63  | 25.008                        |             |              |
|                                      |       |      |                       |           | S/ 60.81                      |             |              |
| <b>Materiales</b>                    |       |      |                       |           |                               |             |              |
| Disco de copa                        | UND   |      | 0.100                 | S/ 22.00  | 2.200                         |             |              |
| Cepillo con cercas de acero          | UND   |      | 0.100                 | S/ 4.00   | 0.400                         |             |              |
| Removedor de oxigo                   | GAL   |      | 0.100                 | S/ 50.00  | 5.000                         |             |              |
|                                      |       |      |                       |           | S/ 7.60                       |             |              |
| <b>Equipos/Herramientas</b>          |       |      |                       |           |                               |             |              |
| Herramientas menores                 | %MO   |      | 0.050                 | S/ 60.81  | 3.040                         |             |              |
| Andamios Normados                    | UND   |      | 0.180                 | S/ 20.00  | 3.600                         |             |              |
|                                      |       |      |                       |           | 6.640                         |             |              |

### APU de limpieza mecánica del acero en columnas

|                                    |  |                                      |           | Nombre de la Empresa: |             | GALUSA                        |  |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|-----------|-----------------------|-------------|-------------------------------|--|
|                                    |  | Concepto                             |           | Obra                  |             | Viv. Mult Familiar y Comercio |  |
|                                    |  | Limpieza Mecanica de Acero Corrugado |           | Fecha                 |             |                               |  |
|                                    |  |                                      |           | Costo por und         |             | S/ 134.01                     |  |
| Rendimiento                        |  | und                                  | 3         |                       |             |                               |  |
| Descripción de Recursos            |  | Unidad                               | Cuadrilla | cantidad              | precio(S/.) | Parcial(S/.)                  |  |
| <b><u>Mano de Obra</u></b>         |  |                                      |           |                       |             |                               |  |
| capataz                            |  | HH                                   | 0.10      | 0.267                 | S/ 22.45    | 5.987                         |  |
| operario                           |  | HH                                   | 1.00      | 2.667                 | S/ 20.13    | 53.680                        |  |
| Ayudante                           |  | HH                                   | 1.00      | 2.667                 | S/ 15.63    | 41.680                        |  |
|                                    |  |                                      |           |                       |             | S/ 101.35                     |  |
| <b><u>Materiales</u></b>           |  |                                      |           |                       |             |                               |  |
| Disco de copa                      |  | UND                                  |           | 0.500                 | S/ 22.00    | 11.000                        |  |
| Cepillo con cercas de acero        |  | UND                                  |           | 0.400                 | S/ 4.00     | 1.600                         |  |
| Removedor de oxigo                 |  | GAL                                  |           | 0.200                 | S/ 50.00    | 10.000                        |  |
|                                    |  |                                      |           |                       |             | S/ 22.60                      |  |
| <b><u>Equipos/Herramientas</u></b> |  |                                      |           |                       |             |                               |  |
| Herramientas menores               |  | %MO                                  |           | 0.050                 | S/ 101.35   | 5.067                         |  |
| Andamios Normados                  |  | UND                                  |           | 0.25                  | S/ 20.00    | 5.000                         |  |
|                                    |  |                                      |           |                       |             | 10.067                        |  |

### APU de limpieza mecánica del acero en placas

|                                    |       |                                      |                  |                              |                    |                               |
|------------------------------------|-------|--------------------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|
|                                    |       |                                      |                  | <b>Nombre de la Empresa:</b> |                    | <a href="#">GALUSA</a>        |
|                                    |       | Concepto                             |                  | Obra                         |                    | Viv. Mult Familiar y Comercio |
|                                    |       | Limpieza Mecanica de Acero Corrugado |                  | Fecha                        |                    |                               |
|                                    |       |                                      |                  | <b>Costo por m</b>           |                    | <b>S/ 171.22</b>              |
| Rendimiento                        | m/Dia | 2                                    |                  |                              |                    |                               |
| <b>Descripcion de Recursos</b>     |       | <b>Unidad</b>                        | <b>Cuadrilla</b> | <b>cantidad</b>              | <b>precio(S/.)</b> | <b>Parcial(S/.)</b>           |
| <b><u>Mano de Obra</u></b>         |       |                                      |                  |                              |                    |                               |
| capataz                            |       | HH                                   | 0.10             | 0.400                        | S/ 22.45           | 8.980                         |
| operario                           |       | HH                                   | 1.00             | 4.000                        | S/ 20.13           | 80.520                        |
| Ayudante                           |       | HH                                   | 1.00             | 4.000                        | S/ 15.63           | 62.520                        |
|                                    |       |                                      |                  |                              |                    | <b>S/ 152.02</b>              |
| <b><u>Materiales</u></b>           |       |                                      |                  |                              |                    |                               |
| Disco de copa                      |       | UND                                  |                  | 0.100                        | S/ 22.00           | 2.200                         |
| Cepillo con cercas de acero        |       | UND                                  |                  | 0.100                        | S/ 4.00            | 0.400                         |
| Removedor de oxigo                 |       | GAL                                  |                  | 0.100                        | S/ 50.00           | 5.000                         |
|                                    |       |                                      |                  |                              |                    | <b>S/ 7.60</b>                |
| <b><u>Equipos/Herramientas</u></b> |       |                                      |                  |                              |                    |                               |
| Herramientas menores               |       | %MO                                  |                  | 0.050                        | S/ 152.02          | 7.601                         |
| Andamios Normados                  |       | UND                                  |                  | 0.2                          | S/ 20.00           | 4.000                         |
|                                    |       |                                      |                  |                              |                    | <b>11.601</b>                 |

### APU desencofrado de losa

|                                    |        |                      |                  |                              |                    |                               |
|------------------------------------|--------|----------------------|------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|
|                                    |        |                      |                  | <b>Nombre de la Empresa:</b> |                    | <a href="#">GALUSA</a>        |
|                                    |        | Concepto             |                  | Obra                         |                    | Viv. Mult Familiar y Comercio |
|                                    |        | Desencofrado de losa |                  | Fecha                        |                    |                               |
|                                    |        |                      |                  | <b>Costo por m2</b>          |                    | <b>S/ 10.97</b>               |
| Rendimiento                        | m2/Dia | 30                   |                  |                              |                    |                               |
| <b>Descripcion de Recursos</b>     |        | <b>Unidad</b>        | <b>Cuadrilla</b> | <b>cantidad</b>              | <b>precio(S/.)</b> | <b>Parcial(S/.)</b>           |
| <b><u>Mano de Obra</u></b>         |        |                      |                  |                              |                    |                               |
| capataz                            |        | HH                   | 0.10             | 0.027                        | S/ 22.45           | 0.599                         |
| Operario                           |        | HH                   | 1.00             | 0.267                        | S/ 20.13           | 5.368                         |
| Ayudante                           |        | HH                   | 1.00             | 0.267                        | S/ 15.63           | 4.168                         |
|                                    |        |                      |                  |                              |                    | <b>S/ 10.13</b>               |
| <b><u>Equipos/Herramientas</u></b> |        |                      |                  |                              |                    |                               |
| Herramientas menores               |        | %MO                  |                  | 0.050                        | S/ 10.13           | 0.507                         |
| Andamios doble altura              |        |                      | 1.00             | 0.033                        | S/ 10.00           | 0.330                         |
|                                    |        |                      |                  |                              |                    | <b>0.837</b>                  |

### APU desencofrado de vigas

|                                |        |                       |                  |                              |                    |                               |
|--------------------------------|--------|-----------------------|------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|
|                                |        |                       |                  | <b>Nombre de la Empresa:</b> |                    | <a href="#">GALUSA</a>        |
|                                |        | Concepto              |                  | Obra                         |                    | Viv. Mult Familiar y Comercio |
|                                |        | Desencofrado de Vigas |                  | Fecha                        |                    |                               |
|                                |        |                       |                  | <b>Costo por m2</b>          |                    | <b>S/ 13.10</b>               |
| Rendimiento                    | m2/Dia | 25                    |                  |                              |                    |                               |
| <b>Descripcion de Recursos</b> |        | <b>Unidad</b>         | <b>Cuadrilla</b> | <b>cantidad</b>              | <b>precio(S/.)</b> | <b>Parcial(S/.)</b>           |
| <b>Mano de Obra</b>            |        |                       |                  |                              |                    |                               |
| capataz                        | HH     | 0.10                  | 0.032            | S/ 22.45                     | 0.718              |                               |
| Operario                       | HH     | 1.00                  | 0.320            | S/ 20.13                     | 6.442              |                               |
| Ayudante                       | HH     | 1.00                  | 0.320            | S/ 15.63                     | 5.002              |                               |
|                                |        |                       |                  |                              | S/                 | 12.16                         |
| <b>Equipos/Herramientas</b>    |        |                       |                  |                              |                    |                               |
| Herramientas menores           | %MO    |                       | 0.050            | S/ 12.16                     | 0.608              |                               |
| Andamios doble altura          |        | 1.00                  | 0.033            | S/ 10.00                     | 0.330              |                               |
|                                |        |                       |                  |                              |                    | 0.938                         |

### APU encofrado de losa

|                                     |        |                   |                  |                              |                    |                               |
|-------------------------------------|--------|-------------------|------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|
|                                     |        |                   |                  | <b>Nombre de la Empresa:</b> |                    | <a href="#">GALUSA</a>        |
|                                     |        | Concepto          |                  | Obra                         |                    | Viv. Mult Familiar y Comercio |
|                                     |        | Encofrado de losa |                  | Fecha                        |                    |                               |
|                                     |        |                   |                  | <b>Costo por m2</b>          |                    | <b>S/ 33.54</b>               |
| Rendimiento                         | m2/Dia | 25                |                  |                              |                    |                               |
| <b>Descripcion de Recursos</b>      |        | <b>Unidad</b>     | <b>Cuadrilla</b> | <b>cantidad</b>              | <b>precio(S/.)</b> | <b>Parcial(S/.)</b>           |
| <b>Mano de Obra</b>                 |        |                   |                  |                              |                    |                               |
| capataz                             | HH     | 0.10              | 0.032            | S/ 22.45                     | 0.718              |                               |
| Operario                            | HH     | 1.00              | 0.320            | S/ 20.13                     | 6.442              |                               |
| Ayudante                            | HH     | 1.00              | 0.320            | S/ 15.63                     | 5.002              |                               |
|                                     |        |                   |                  |                              | S/                 | 12.16                         |
| <b>Materiales</b>                   |        |                   |                  |                              |                    |                               |
| Alambre Galvanizado N° 8            | KG     |                   | 0.300            | S/ 7.00                      | S/                 | 2.10                          |
| Alambre Galvanizado N°16            | KG     |                   | 0.300            | S/ 7.00                      | S/                 | 2.10                          |
| Clavos de madera con cabeza de 2"   | KG     |                   | 0.150            | S/ 7.00                      | S/                 | 1.05                          |
| Clavos para madera con cabeza de 3" | KG     |                   | 0.150            | S/ 7.00                      | S/                 | 1.05                          |
| Panel fenolico de 18 mm             | UND    |                   | 0.000            | S/ 139.90                    | S/                 | 0.01                          |
|                                     |        |                   |                  |                              | S/                 | 6.31                          |
| <b>Equipos/Herramientas</b>         |        |                   |                  |                              |                    |                               |
| Herramientas menores                | %MO    |                   | 0.050            | S/ 12.16                     | 0.608              |                               |
| Araña Metalica                      |        |                   | 2.000            | S/ 0.30                      | 0.600              |                               |
| Viguetas H                          |        |                   | 2.340            | S/ 5.00                      | 11.700             |                               |
| Puntales Metalicos de 5m            |        |                   | 3.000            | S/ 0.50                      | 1.500              |                               |
| Andamios doble altura               |        | 2.00              | 0.033            | S/ 10.00                     | 0.660              |                               |
|                                     |        |                   |                  |                              |                    | 15.068                        |

### APU encofrado de vigas y cortes

|                                     |        |                             |                  |                              |                    |                               |  |
|-------------------------------------|--------|-----------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
|                                     |        |                             |                  | <b>Nombre de la Empresa:</b> |                    | GALUSA                        |  |
|                                     |        | Concepto                    |                  | Obra                         |                    | Viv. Mult Familiar y Comercio |  |
|                                     |        | Encofrado de Vigas y Cortes |                  | Fecha                        |                    |                               |  |
|                                     |        |                             |                  | Costo por m2                 |                    | S/ 42.06                      |  |
| Rendimiento                         | m2/Dia | 15                          |                  |                              |                    |                               |  |
| <b>Descripcion de Recursos</b>      |        | <b>Unidad</b>               | <b>Cuadrilla</b> | <b>cantidad</b>              | <b>precio(S/.)</b> | <b>Parcial(S/.)</b>           |  |
| <b>Mano de Obra</b>                 |        |                             |                  |                              |                    |                               |  |
| capataz                             |        | HH                          | 0.10             | 0.053                        | S/ 22.45           | 1.197                         |  |
| Operario                            |        | HH                          | 1.00             | 0.533                        | S/ 20.13           | 10.736                        |  |
| Ayudante                            |        | HH                          | 1.00             | 0.533                        | S/ 15.63           | 8.336                         |  |
|                                     |        |                             |                  |                              |                    | S/ 20.27                      |  |
| <b>Materiales</b>                   |        |                             |                  |                              |                    |                               |  |
| Alambre Galvanizado N° 8            |        | KG                          |                  | 0.300                        | S/ 7.00            | S/ 2.10                       |  |
| Alambre Galvanizado N°16            |        | KG                          |                  | 0.300                        | S/ 7.00            | S/ 2.10                       |  |
| Clavos de madera con cabeza de 2"   |        | KG                          |                  | 0.150                        | S/ 7.00            | S/ 1.05                       |  |
| Clavos para madera con cabeza de 3" |        | KG                          |                  | 0.150                        | S/ 7.00            | S/ 1.05                       |  |
| Panel fenolico de 18 mm             |        | UND                         |                  | 0.000                        | S/ 139.90          | S/ 0.01                       |  |
|                                     |        |                             |                  |                              |                    | S/ 6.31                       |  |
| <b>Equipos/Herramientas</b>         |        |                             |                  |                              |                    |                               |  |
| Herramientas menores                |        | %MO                         |                  | 0.050                        | S/ 20.27           | 1.013                         |  |
| Araña Metalica                      |        |                             |                  | 2.000                        | S/ 0.30            | 0.600                         |  |
| Viguetas H                          |        |                             |                  | 2.340                        | S/ 5.00            | 11.700                        |  |
| Puntales Metalicos de 5m            |        |                             |                  | 3.000                        | S/ 0.50            | 1.500                         |  |
| Andamios doble altura               |        |                             | 2.00             | 0.033                        | S/ 10.00           | 0.660                         |  |
|                                     |        |                             |                  |                              |                    | 15.473                        |  |

### APU aplicación puente de adherencia

|                                |                                    |               |                  |                              |                    |                               |
|--------------------------------|------------------------------------|---------------|------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|
|                                |                                    |               |                  | <b>Nombre de la Empresa:</b> |                    | <a href="#">GALUSA</a>        |
|                                | Concepto                           |               |                  | Obra                         |                    | Viv. Mult Familiar y Comercio |
|                                | Aplicación de Puente de Adherencia |               |                  | Fecha                        |                    |                               |
|                                |                                    |               |                  | <b>Costo por m2</b>          |                    | <b>S/ 73.95</b>               |
| Rendimiento                    | kg/m2                              | 4             |                  |                              |                    |                               |
| <b>Descripción de Recursos</b> |                                    | <b>Unidad</b> | <b>Cuadrilla</b> | <b>cantidad</b>              | <b>precio(S/.)</b> | <b>Parcial(S/.)</b>           |
| <b>Mano de Obra</b>            |                                    |               |                  |                              |                    |                               |
| Operario                       |                                    | HH            | 1.00             | 2.000                        | S/ 20.13           | 40.260                        |
|                                |                                    |               |                  |                              |                    | S/ 40.26                      |
| <b>Materiales</b>              |                                    |               |                  |                              |                    |                               |
| Brocha de 4cm                  |                                    | und           |                  | 0.250                        | S/ 4.00            | S/ 1.00                       |
| Trapo Industrial               |                                    | kg            |                  | 0.300                        | S/ 4.50            | S/ 1.35                       |
| Sikadur 32 GEL                 |                                    | m2            |                  | 0.070                        | S/ 419.00          | S/ 29.33                      |
|                                |                                    |               |                  |                              |                    | S/ 31.68                      |
| <b>Equipos/Herramientas</b>    |                                    |               |                  |                              |                    |                               |
| Herramientas menores           |                                    | %MO           |                  | 0.050                        | S/ 40.26           | 2.013                         |
|                                |                                    |               |                  |                              |                    | 2.013                         |

### APU picado de superficie de placas y columnas

|                                |  |               |                  |                              |                    |                               |
|--------------------------------|--|---------------|------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|
|                                |  |               |                  | <b>Nombre de la Empresa:</b> |                    | <a href="#">GALUSA</a>        |
|                                | Concepto                                   |               |                  | Obra                         |                    | Viv. Mult Familiar y Comercio |
|                                | Picado de Superficies de Placas y Columnas |               |                  | Fecha                        |                    |                               |
|                                |  |               |                  | <b>Costo por m2</b>          |                    | <b>S/ 58.49</b>               |
| Rendimiento                    | m2/dia                                     | 5             |                  |                              |                    |                               |
| <b>Descripción de Recursos</b> |  | <b>Unidad</b> | <b>Cuadrilla</b> | <b>cantidad</b>              | <b>precio(S/.)</b> | <b>Parcial(S/.)</b>           |
| <b>Mano de Obra</b>            |  |               |                  |                              |                    |                               |
| Operario                       |  | HH            | 0.125            | 0.200                        | S/ 20.13           | 4.026                         |
| Ayudante                       |  | HH            | 1.000            | 1.600                        | S/ 15.63           | 25.008                        |
|                                |  |               |                  |                              |                    | S/ 29.03                      |
| <b>Materiales</b>              |  |               |                  |                              |                    |                               |
|                                |  |               |                  |                              |                    | S/ -                          |
|                                |  |               |                  |                              |                    | S/ -                          |
|                                |  |               |                  |                              |                    | S/ -                          |
|                                |  |               |                  |                              |                    | S/ -                          |
| <b>Equipos/Herramientas</b>    |  |               |                  |                              |                    |                               |
| Herramientas menores           |  | %MO           |                  | 0.050                        | S/ 29.03           | 1.452                         |
| Taladro cincelador TE 805      |  | HM            |                  | 1.000                        | S/ 10.00           | 10.000                        |
| Andamio Metalico               |  | DIA           |                  | 3.000                        | S/ 6.00            | 18.000                        |
|                                |  |               |                  |                              |                    | 29.452                        |

### APU eliminación de picado sup de placas y columnas

|                                |        |   |                  |                              |                    |                               |      |
|--------------------------------|--------|---|------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|------|
|                                |        |   |                  | <b>Nombre de la Empresa:</b> |                    | <a href="#">GALUSA</a>        |      |
|                                |        | Concepto                                |                  | Obra                         |                    | Viv. Mult Familiar y Comercio |      |
|                                |        | Eliminacion de Material (picado de sup) |                  | Fecha                        |                    |                               |      |
|                                |        |   |                  | <b>Costo por m3</b>          |                    | <b>S/ 83.65</b>               |      |
| Rendimiento                    | m3/dia | 4                                       |                  |                              |                    |                               |      |
| <b>Descripcion de Recursos</b> |        | <b>Unidad</b>                           | <b>Cuadrilla</b> | <b>cantidad</b>              | <b>precio(S/.)</b> | <b>Parcial(S/.)</b>           |      |
| <b>Mano de Obra</b>            |        |   |                  |                              |                    |                               |      |
| Ayudante                       |        | HH                                      | 2.000            | 4.000                        | S/ 15.63           | 62.520                        |      |
|                                |        |   |                  |                              |                    | S/ 62.52                      |      |
| <b>Materiales</b>              |        |   |                  |                              |                    |                               |      |
|                                |        |   |                  |                              |                    |                               | S/ - |
|                                |        |   |                  |                              |                    |                               | S/ - |
|                                |        |   |                  |                              |                    |                               | S/ - |
|                                |        |   |                  |                              |                    |                               | S/ - |
| <b>Equipos/Herramientas</b>    |        |   |                  |                              |                    |                               |      |
| Herramientas menores           |        | %MO                                     |                  | 0.050                        | S/ 62.52           | 3.126                         |      |
| Volquete de 8m3                |        | M3                                      |                  | 1.000                        | S/ 18.00           | 18.000                        |      |
|                                |        |   |                  |                              |                    | 21.126                        |      |

### APU colocación de acero en vigas

|   |        |                |                  |                              |                    |                               |
|---|--------|----------------|------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|
|   |        |                |                  | <b>Nombre de la Empresa:</b> |                    | <a href="#">GALUSA</a>        |
|   |        | Concepto       |                  | Obra                         |                    | Viv. Mult Familiar y Comercio |
|   |        | Acero en vigas |                  | Fecha                        |                    |                               |
|   |        |                |                  | <b>Costo por m3</b>          |                    | <b>S/ 7.30</b>                |
| Rendimiento                               | kg/dia | 180            |                  |                              |                    |                               |
| <b>Descripcion de Recursos</b>            |        | <b>Unidad</b>  | <b>Cuadrilla</b> | <b>cantidad</b>              | <b>precio(S/.)</b> | <b>Parcial(S/.)</b>           |
| <b>Mano de Obra</b>                       |        |                |                  |                              |                    |                               |
| operario                                  |        | HH             | 1.000            | 0.044                        | S/ 20.13           | 0.895                         |
| Oficial                                   |        | HH             | 2.000            | 0.089                        | S/ 19.79           | 1.759                         |
|   |        |                |                  |                              |                    | S/ 2.65                       |
| <b>Materiales</b>                         |        |                |                  |                              |                    |                               |
| ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16              |        |                |                  | 0.030                        | S/ 7.00            | S/ 0.21                       |
| ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60 |        |                |                  | 1.050                        | S/ 4.10            | S/ 4.31                       |
|   |        |                |                  |                              |                    | S/ 4.52                       |
| <b>Equipos/Herramientas</b>               |        |                |                  |                              |                    |                               |
| Herramientas menores                      |        | %MO            |                  | 0.050                        | S/ 2.65            | 0.133                         |
|   |        |                |                  |                              |                    | 0.133                         |

