

Práctica empresarial como auxiliar de ingeniería civil en la constructora Coral Constructores  
apoyando el área de gestión y control de obras civiles

Yilibeth Lorayne Duran Espinosa

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Civil

Director

José Alberto Rondón

Ingeniero Civil – UIS. Especialista en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles UPB.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2023

## **Dedicatoria y Agradecimientos**

Primeramente, agradecer a Dios que me guío en este proceso, me ayudó a terminar con éxito mi carrera y me dio la fortaleza de seguir adelante.

A mi madre Aliria por confiar en mis capacidades y apoyarme en todo momento. Por ser esa persona que cuando creía que no iba ser capaz me animaba con su voz de aliento y me decía lo importante que era continuar. A ella le debo todo lo que soy y siempre estaré agradecida por todo lo que hace por mí. También quiero agradecer a mi hermana Brighth, por estar a mi lado en todo momento y por ser mi apoyo emocional en situaciones difíciles.

## Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción .....	11
1. Objetivos .....	13
1.1. Objetivo general .....	13
1.2. Objetivos específicos .....	13
2. Marco de referencia .....	14
2.1. Marco teórico .....	14
2.2. Marco legal .....	18
2.2.1. Misión. ....	18
2.2.2. Visión.....	18
3. Metodología .....	20
3.1. Apoyo en la planificación de actividades .....	20
3.2. Apoyo en la estimación de costos .....	20
3.3. Apoyo en el seguimiento de obra.....	21
4. Generalidades del proyecto.....	22
5. Descripción de actividades .....	24
5.1. Modelado del proyecto por medio de Metodología BIM .....	24
5.2. Cálculo de cantidades de material de la obra negra - gris.....	27
5.1.1. Mampostería. ....	28
5.1.2. Frisos.....	34
5.1.2. Mortero. ....	35
5.3. Rendimiento mano de obra .....	36

5.3.1. Actividad de mampostería. ....	37
5.3.2. Actividad de friso.....	38
5.3.2. Actividad de mortero. ....	41
5.4. Seguimiento de las actividades .....	46
5.4. Control de costos.....	52
5. Conclusiones .....	56
Referencias bibliográficas.....	57

**Lista de Tablas**

	Pág.
Tabla 1. Cantidad de materiales para 1 m <sup>3</sup> de mortero 1:4 .....	31
Tabla 2. Datos para definir el rendimiento de la mampostería .....	37
Tabla 3. Rendimiento de la mampostería .....	38
Tabla 4. Datos para definir el rendimiento del friso interno.....	39
Tabla 5. Datos para definir el rendimiento del friso de exteriores, vacíos y escaleras.....	39
Tabla 6. Rendimiento del friso interno .....	40
Tabla 7. Rendimiento del friso de exteriores, vacíos y escaleras .....	40
Tabla 8. Datos para definir el rendimiento del mortero.....	41
Tabla 9. Rendimiento del mortero .....	42

### Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Fachada del proyecto Milán Condominio .....	22
Figura 2. Lobby del proyecto Milán Condominio .....	23
Figura 3. Planta estructural del piso de apartamentos.....	24
Figura 4. Modelado 3D de acabados obra negra – gris.....	25
Figura 5. Cuadro obtenido al ejecutar herramienta “comprobación de interferencias” .....	26
Figura 6. Tabla de planificación de cómputo de materiales - Cantidades Revit vs Cantidades de obra .....	27
Figura 7. Ladrillos usados en la obra Milán Condominio .....	28
Figura 8. Parámetro calculado para determinar cantidad de ladrillo .....	30
Figura 9. Parámetro calculado para determinar cantidad de arena .....	32
Figura 10. Parámetro calculado para determinar cantidad de cemento .....	33
Figura 11. Tabla de planificación de cómputo de materiales de Mampostería .....	34
Figura 12. Tabla de planificación de cómputo de materiales de Friso .....	35
Figura 13. Tabla de planificación de cómputo de materiales de Mortero .....	36
Figura 14. Isométrica distribución de contratistas de mampostería.....	43
Figura 15. Isométrica distribución de contratistas de friso .....	44
Figura 16. Isométrica distribución de contratistas de friso exteriores y escaleras.....	45
Figura 17. Isométrica distribución de contratistas de mortero.....	46
Figura 18. Cronograma para las actividades de obra negra-gris para los meses de la práctica ....	47
Figura 19. Seguimiento del replanteo de la mampostería.....	48
Figura 20. Seguimiento de la mampostería.....	49

Figura 21. Seguimiento del friso.....	50
Figura 22. Seguimiento del mortero .....	51
Figura 23. Análisis de precio unitario para la actividad de “Mampostería en H10” .....	53
Figura 24. Costo proyectado para la actividad de Mampostería.....	54
Figura 25. Informe de costos proyectados vs costos ejecutados para actividades de obra negra-gris .....	55

## Glosario

**Calandro:** herramienta utilizada para comprobar la verticalidad de los muros y de esta manera garantizar que se esté manteniendo la misma proporción de espesor del friso requerido.

**Contratista:** persona física o jurídica que se obliga en virtud de un contrato a realizar un trabajo dentro de un tiempo determinado a cambio de un precio acordado.

**Corte de obra:** informe que contiene las mediciones obtenidas en campo de los avances de cada contratista, el precio unitario de la mano de obra para cada actividad y los totales que se debe pagar al personal por dichas actividades.

**Culata:** conjunto de muros de la edificación sin visibilidad principal que limita con propiedades aledañas al proyecto en ejecución.

**Descarcho:** acción realizada con barra de acero antes de aplicar el mortero para quitar los excesos de concreto de la placa y asegurar adherencia de la mezcla.

**Malacate:** dispositivo mecánico que se utiliza para levantar o arrastrar de una carga u objetos mediante enrollamiento de un cable metálico. En la industria de la construcción se utilizan debido a su durabilidad y alta resistencia.

## Resumen

**Título:** Práctica empresarial como auxiliar de Ingeniería Civil en la constructora Coral Constructores apoyando el área de gestión y control de obras civiles\*

**Autor:** Yilibeth Lorayne Duran Espinosa\*\*

**Palabras Clave:** Gestión, ejecución, planificación, seguimiento, cantidades de material, control, modelo BIM.

**Descripción:** Para garantizar el éxito en la gestión de una obra de construcción es fundamental cumplir con los objetivos y alcances del proyecto, controlar los recursos y el tiempo de duración de las actividades con respecto al cronograma de obra. Por lo tanto, es imprescindible la supervisión y control del personal en la ejecución de la construcción, dirigiendo las acciones que deben desarrollar y haciendo toma de decisiones para las necesidades que se manifiestan. Este documento presenta los resultados de la práctica empresarial llevada a cabo en el área de gestión y control de obras civiles de la constructora Coral Constructores, dando apoyo en la planificación y ejecución de las actividades de la etapa obra negra-gris desarrolladas en el proyecto Milán Condominio, coordinando de acuerdo con el cronograma de obra y teniendo en cuenta la ruta crítica, además de hacer seguimiento de obra con la revisión y realización de informes diarios de los avances obtenidos en la construcción, velando porque se realizara con una excelente calidad y en los tiempos establecidos. También se realizó apoyo en el control de los costos generados en cada actividad de la obra negra-gris de la edificación, cuantificando las cantidades por medio de metodología BIM y rectificándolas con lo planteado en los análisis de precios unitarios (APU) del presupuesto general. Finalmente, se contribuyó en la realización de cortes de obra para pagos de mano de obra y con la cotización de materiales y equipos.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil. Director: José Alberto Rondón. Ingeniero Civil – UIS. Especialista en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles UPB.

### Abstract

**Title:** Business practice as a Civil Engineering assistant at Coral Constructores construction company, supporting the area of management and control of civil works\*

**Author(s):** Yilibeth Lorayne Duran Espinosa\*\*

**Key Words:** Management, execution, planning, monitoring, material quantities, control, BIM model.

**Description:** To guarantee the success in the management of a construction work, it is essential to comply with the objectives and scope of the project, to control the resources and the duration time of the activities with respect to the work schedule. Therefore, it is essential to supervise and control the personnel in the execution of the construction, directing the actions to be developed by the personnel and making decisions for the needs that arise. This document presents the results of the business practice carried out in the area of management and control of civil works of the construction company Coral constructors, giving support in the planning and execution of the activities of the black-gray work developed in the Milán Condominium project, coordinating according to the work schedule and taking into account the critical route, in addition to monitoring the work with the review and daily reports of the progress made in the construction, ensuring that it was done with excellent quality and on time. Support was also provided in the control of the costs generated in each activity of the black-gray work of the building, quantifying the amounts through BIM methodology and rectifying them with what was proposed in the unit price analysis (APU) of the general budget. Finally, we contributed to the preparation of work cuts for labor payments and with the quotation of materials and equipment.

---

\* Degree Work

\*\*Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Civil Engineering. Director: Jose Alberto Rondon. Civil Engineer - UIS. Specialist in Management and Control of Civil Works UPB.

## Introducción

La industria de la construcción es fundamental para la economía y el desarrollo de un país, proporcionando calidad de vida para la sociedad tanto en vivienda como en movilidad y generando empleo en el sector como en otras industrias que se encargan de proveer insumos o servicios para su funcionamiento. Planificar y controlar las actividades que se desarrollan en la ejecución de un proyecto de ingeniería civil es una tarea que requiere buen manejo y supervisión por parte de la gerencia de proyectos, pues se debe garantizar la realización de los procesos en los tiempos propuestos y con la mejor calidad para alcanzar los objetivos planteados.

En Colombia, se han encontrado dificultades en las etapas iniciales de los proyectos de construcción, principalmente en las fases de prefactibilidad y factibilidad donde se hace la planificación, puesto que no se han tenido en cuenta factores externos que afectan o limitan los costos de ejecución, generando problemas a futuro en la etapa de construcción que se evidencian en suspensiones o cancelaciones de contrato, debido a que, no se cuenta con los recursos financieros para finalizar las actividades que se ha planeado en las diferentes etapas del proyecto que se va a desarrollar (Ojeda, 2021).

Buscar nuevas alternativas y herramientas para la estimación de costos es fundamental para asegurar que el presupuesto sea preciso y tenga viabilidad, por lo cual es necesario tener las actividades de los análisis de precios unitarios bien definidos, esto con el fin que no se requieran recursos extra a los que ya se han planteado.

Por lo anterior, se ha innovado en la creación e implementación de metodologías BIM, cuyo objetivo principal es reducir recursos y tiempo en la gestión de la información de una

edificación durante el proceso de diseño, construcción y operación. Esta facilita el modelado de las diferentes fases de la construcción a partir de objetos paramétricos, además de hacer posible la obtención de cantidades de obra, útiles para la creación de un presupuesto para cada una de las actividades programadas y los gastos en los que se pueda incidir, sin afectar los tiempos planeados para la ejecución de una obra civil.

Para Coral Constructores, se plantea como propuesta de proyecto de grado fortalecer la etapa de gestión apoyando la formulación y ejecución del proyecto Milán Condominio, por medio de la supervisión y control del seguimiento de obra en las actividades desarrolladas en la etapa de obra negra - gris. Se pretende garantizar que los procesos que se lleven a cabo cumplan con una excelente calidad de acuerdo con los lineamientos dados por la norma sismorresistente NSR-10 y que se ejecuten en los tiempos estimados para su realización en el cronograma de obra ya estipulado para la ejecución de cada una de las actividades que se van a desarrollar durante la ejecución del proyecto.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo general**

Apoyar las actividades de formulación y ejecución de proyectos de la constructora Coral constructores como auxiliar de ingeniería.

### **1.2. Objetivos específicos**

Realizar labores de apoyo como auxiliar de ingeniería civil en las actividades de obra negra – gris en el proyecto “Milán Condominio” de la constructora Coral Constructores, realizando tareas relacionadas con supervisión, control de materiales y programación de obra.

Apoyar la estimación de costos del presupuesto, haciendo revisión de los precios unitarios y presupuesto general; cuantificando las cantidades necesarias por medio de metodología BIM y verificando con las cantidades que se estén ejecutando en obra.

Realizar informes con las actividades y avances relacionados con la etapa de obra negra - gris, haciendo revisión y control de calidad de los procesos realizados respecto a planos y especificaciones de construcción.

## **2. Marco de referencia**

### **2.1. Marco teórico**

En la ingeniería civil, la planificación de un proyecto de construcción corresponde a un conjunto de actividades que definen el proceso que se debe seguir para coordinar y administrar los recursos de una empresa, teniendo en cuenta factores como el tiempo, costos y calidad. Para la ejecución de una obra civil es necesario cumplir con una serie de etapas para definir su viabilidad, por lo que:

En la primera instancia se tiene el estudio preliminar, para delimitar la necesidad existente, y la factibilidad de este. Posteriormente se procede a elaborar un diseño preliminar, con el cual se puede saber, de manera más clara, el costo de la obra. Para finalizar, el proyecto terminado se integra de planos, así como una descripción por escrito de las especificaciones técnicas, generales y especiales todo esto junto con un programa detallado de la obra. (Rivera, 2015, p. 23)

La gerencia de proyectos representa una metodología usada para la formulación, ejecución y control de proyectos públicos y privados, que si se tiene un buen direccionamiento y enfoque constituye el cumplimiento de los objetivos planteados. Su función es planificar las actividades que se lleven a cabo en un proyecto en conjunto con la dirección de obra, la cual debe tener una gestión de los plazos y tiempos establecidos en el cronograma, para evitar sobrecostos y atrasos en las actividades críticas del presupuesto, los cuales afecten el alcance del proyecto (Fonseca & Novoa, 2019).

Para la realización de un proyecto debe estar presente el costo, de ahí la importancia de hacer un buen presupuesto, pues este determina su ejecución. Hoy en día, se ha facilitado la elaboración de los presupuestos mediante la aparición de las herramientas informáticas, sin embargo, es fundamental que lo elabore alguien experto en el tema, pues esto le permite realizar una buena toma de decisiones que inciden en la confiabilidad del costo final. De igual manera, se debe tener una buena metodología al presupuestar para evitar dar valores muy altos que pueden resultar en ventajas para la competencia o muy bajos que deriven en pérdidas financieras (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2018).

Una herramienta importante para la gestión de proyectos es la Estructura de Desglose del trabajo (EDT), o también llamada en inglés Work Breakdown Structure (WBS). Consiste en una organización jerárquica que divide el proyecto en entregables con el fin de definir su alcance e identificar las actividades para su control y manejo. Sirve para optimizar la toma de decisiones respecto a los procedimientos, además de ayudar a predecir resultados. Dicha herramienta usualmente constituye la estructura de un presupuesto, así como la de un cronograma de obra, asegurando la inversión y éxito en la construcción (Alcívar, 2016).

Por su parte, otra herramienta útil en las etapas iniciales de un proyecto es la metodología BIM, cuyo objetivo principal es agrupar la información de un proyecto en un modelo, mejorando la construcción de los procesos y coordinando las diferentes disciplinas tales como arquitectura, estructura, topografía, vías, urbanismo, redes, entre otras.

La metodología BIM (Building Information Modeling), es el proceso de generación y gestión de datos del proyecto durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado en tres dimensiones y en tiempo real, para disminuir la pérdida de tiempo y

recursos en el diseño y la construcción. Este proceso produce el modelo de información que abarca la geometría, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de los componentes. El software BIM es capaz de lograr mejoras por medio de representaciones de las partes y componentes que están siendo utilizados en la construcción de un edificio. La representación asistida por ordenador basado en objetos es un cambio substancial en la tradicional elaboración basada en representación vectorial. Las principales ventajas son, mejor coordinación, aumento de productividad, diseño, mejor calidad de detalle, control de la información y facilita la relación con el cliente. (Dataedro, 2017, p.1)

Un proyecto se compone de diferentes fases de construcción, por lo que es importante tener conocimiento de lo que implica cada una de ellas en el desarrollo de una obra. La primera etapa se conoce como obra negra, fase en la que se realizan acciones para delimitar y definir el área de construcción y los espacios de una edificación, está compuesta de las actividades de replanteo y mampostería. Enseguida se encuentran las actividades de obra gris (friso y mortero), cuyo fin es darle un mejor acabado a la estructura y corregir detalles constructivos. Finalmente, la última etapa es la obra blanca, la cual da el acabado final a los espacios adecuando respecto a los requerimientos del cliente.

En la obra negra, la actividad que mayor productividad requiere es la mampostería. A lo largo de la historia la mampostería se ha convertido en una de las actividades más antiguas utilizadas por la humanidad en la construcción, debido a que se ha visto la necesidad de tener un espacio donde no se esté expuesto a la intemperie o inclemencias del medio ambiente. Una de sus principales implementaciones ha sido en edificios públicos y casas residenciales. Su frecuente uso

se debe a que cuenta con algunas ventajas como lo son sus características térmicas, acústicas, estéticas, económicas, entre otras.

Este es un proceso que se considera artesanal, debido a que no se puede tener suficiente control en los materiales con los cuales se fabrican, pues generalmente no se corroboran en comparación con las edificaciones de acero y concreto los cuales se pueden comprobar en los diferentes tipos de pruebas de campo o en laboratorio. Existen diferentes tipos de mampostería como lo son mampostería en seco, la cual se realiza con piedras o ladrillos donde no se hace uso de ningún tipo de mortero, la mampostería en piedra que implementa piedras labradas, la mampostería con ladrillos que se usa el aparejo macizo el cual está hecho con más de dos hiladas, mampostería confinada la cual utiliza ladrillos fijados con mortero para confinar los muros y son reforzados por columnas de amarre desde el suelo y en la parte superior por viga en concreto, entre otras (Zúñiga, 2005).

En la obra gris, la actividad del friso o también llamado pañete, son capas de mortero que se colocan sobre la superficie de los muros y elementos similares, para dar un mejor acabado a las superficies, asegurar los niveles de los muros, facilitar la aplicación del estuco y pintura, dar resistencia y estabilidad a la mampostería. La dosificación o medidas de la mezcla depende del uso que se le vaya a dar, por lo que varía de la siguiente manera: 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, en donde el número 1 representa la parte de cemento y el otro número representa las partes de arena. Otra actividad que constituye esta etapa de obra es el mortero, que a diferencia del friso tiene un mayor espesor, pues su aplicación depende de la nivelación de las placas. Su dosificación es la misma que se usa para el friso, pero en este caso, para evitar problemas a futuro en el enchape, es

importante agregar la lechada de cemento (mezcla de agua y cemento cargado) al piso para asegurar la adherencia (Beltrán et al., 1984).

## **2.2. Marco legal**

Coral constructores S.A.S surgió como empresa en el mes de enero de 2007 mediante escritura pública, debidamente registrada ante la cámara de comercio de Bucaramanga con NIT 900.131.565-6 como una sociedad comercial de tipo anónima por acciones, con vigencia indefinida. De esta forma, su objeto social es el diseño, administración y construcción de obras civiles de tipo comercial y residencial en áreas urbanas o rurales. Además, las oficinas se encuentran ubicadas en la Carrera 29 número 45-45 oficina 607 Edificio Metropolitan Business Park.

### ***2.2.1. Misión.***

La misión de Coral constructores S.A.S es la construcción de vivienda urbana o rural con destinación residencial y/o comercial cumpliendo las normas y estándares nacionales para el desarrollo de obras civiles nuevas, creando espacios con diseños modernos y funcionales, con materiales de alta calidad y durabilidad para el goce y disfrute de nuestros usuarios y clientes.

### ***2.2.2. Visión.***

La visión de Coral constructores S.A.S es la renovación urbana del área metropolitana y sus alrededores para la generación de una vida digna de los habitantes y/o residentes de nuestros

proyectos urbanísticos y el crecimiento económico de la región a través del impulso del primer renglón de la economía de nuestro país.

La compañía cuenta con objetivos específicos bien estructurados los cuales son:

- Generación de empleo para los habitantes de la región de los Santanderes.
- Renovación Urbanística del Área Metropolitana y sus alrededores.
- Creación de espacios útiles para la dignificación de la vivienda residencial de la región.
- La implementación de materiales de calidad y durabilidad en la construcción de obras civiles.
- El cumplimiento de las normas y estándares nacionales y regionales en el manejo y ejecución de obras civiles.

### **3. Metodología**

La presente práctica empresarial se llevará a cabo en el área de gestión y control de obras civiles, para lo cual se planea la realización de las siguientes actividades.

#### **3.1. Apoyo en la planificación de actividades**

- Apoyar la programación de obra coordinando la ejecución de las actividades respecto al cronograma asignando los recursos necesarios para cada trabajo, y teniendo en cuenta las actividades críticas en los tiempos establecidos.

#### **3.2. Apoyo en la estimación de costos**

- Revisar los precios unitarios definidos en el presupuesto general y compararlos con lo ejecutado en obra.

- Indagar en los costos asociados a los materiales y equipo empleados en el proyecto con base en las facturas y en los precios entregados por los proveedores. De igual manera, revisar los costos relacionados con mano de obra para tenerlos en cuenta en el presupuesto.

- Cuantificar las cantidades de obra de los planos y modelos diseñados con la metodología BIM y apoyar el cálculo de las cantidades de material que se debe solicitar para la realización de cada actividad.

- Apoyar la cotización de materiales y mano de obra de los procesos que se estén llevando a cabo y no se haya contemplado en el contrato inicial del proyecto.

### **3.3. Apoyo en el seguimiento de obra**

- Recolectar información relacionada con la obra en ejecución.
- Cumplir con el cronograma de obra y velar porque las actividades se realicen en los tiempos programados.
- Realizar revisión y control de la construcción del proyecto, haciendo informes diarios de los avances y posibles cambios desarrollados en la obra.
- Apoyo en la redacción de documentación técnica relacionada con los procesos llevados a cabo en la edificación.

#### 4. Generalidades del proyecto

Milán Condominio es un proyecto multifamiliar ubicado en la calle 32 #31-20 barrio mejoras públicas (Bucaramanga, Santander). Es un edificio de 28 pisos y 3 sótanos, constituido por 105 apartamentos y 3 locales comerciales, además cuenta con 116 parqueaderos privados y 14 parqueaderos para visitantes (Figura 1). La zona social está constituida por piscina para adultos y niños, sky bar, turco, zona CrossFit, gimnasio y salón social.

#### Figura 1

*Fachada del proyecto Milán Condominio*



*Nota.* Render de la fachada del proyecto. Adaptado de *Milán Condominio* [Imagen], por Coral Constructores, 2020, <https://coralconstructores.com/milan/>

Consiguientemente, el predio tiene un área de 861 m<sup>2</sup> de los cuales se encuentran en construcción aproximadamente 16.140,04 m<sup>2</sup>. Además, la obra inició sus labores el 01 de Julio del 2021 y su fecha de terminación según cronograma de obra es para inicios de diciembre del 2023 (Figura 2).

## Figura 2

*Lobby del proyecto Milán Condominio*



*Nota.* Adaptado de *Diseño lobby* [Imagen], por S. Vellojin, 2023, Presentación Lobby [diapositivas de PowerPoint].

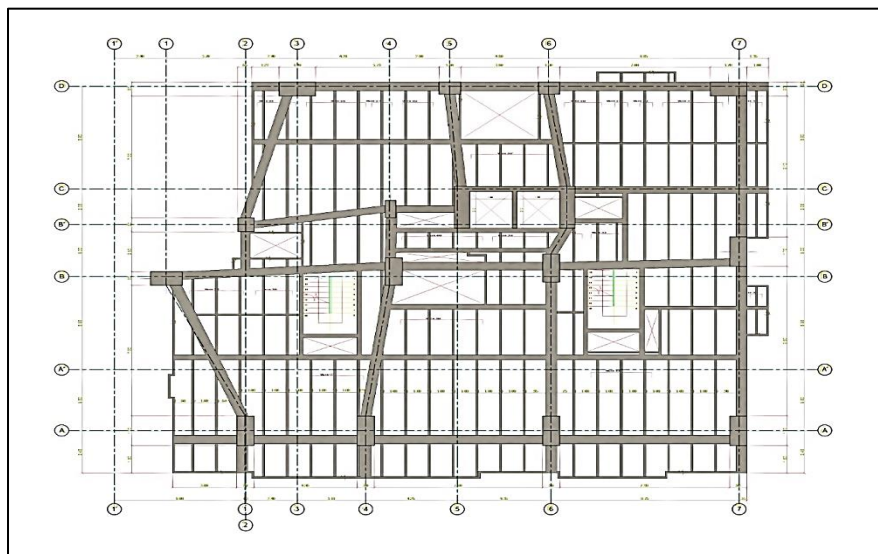
## 5. Descripción de actividades

### 5.1. Modelado del proyecto por medio de Metodología BIM

Teniendo en cuenta que la obra negra – gris del proyecto Milán Condominio corresponde a las actividades de mampostería, friso y mortero; inicialmente se realizó un modelado 3D en Autodesk Revit basados en los planos arquitectónicos y estructurales del proyecto dados en AutoCAD por la arquitecta diseñadora. Se creó el nivel de la estructura de un piso tipo de apartamentos con el modelado de columnas, vigas, sistema de viguetas, y loseta superior (ver Figura 3).

#### Figura 3

*Planta estructural del piso de apartamentos*

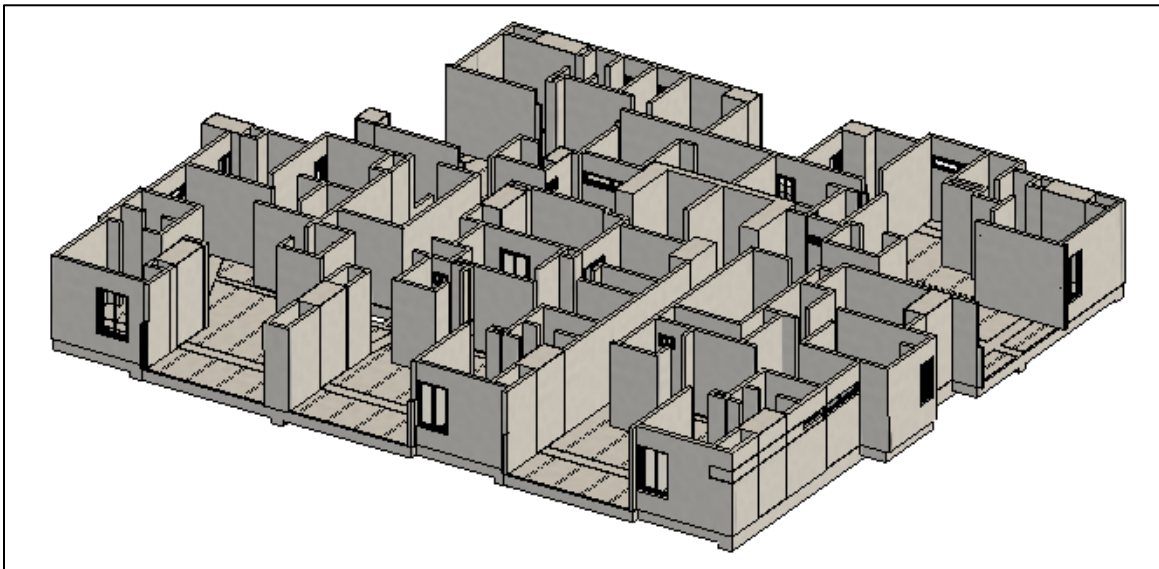


*Nota.* Modelado de los elementos estructurales: vigas, columnas, sistema de viguetas y loseta del diseño estructural. Adaptado de *Diseño estructural del edificio*, Autodesk Revit (2022). Licencia estudiantil.

Sobre esta planta se crearon los muros de mampostería con las capas de los materiales usados para cada acabado (ladrillo, friso) y las columnetas que indicó el diseño estructural planteado por el ingeniero civil especialista en estructura de obras civiles, donde se cumple con los parámetros establecidos en la norma sismorresistente NSR-10 (ver Figura 4).

#### **Figura 4**

*Modelado 3D de acabados obra negra – gris*

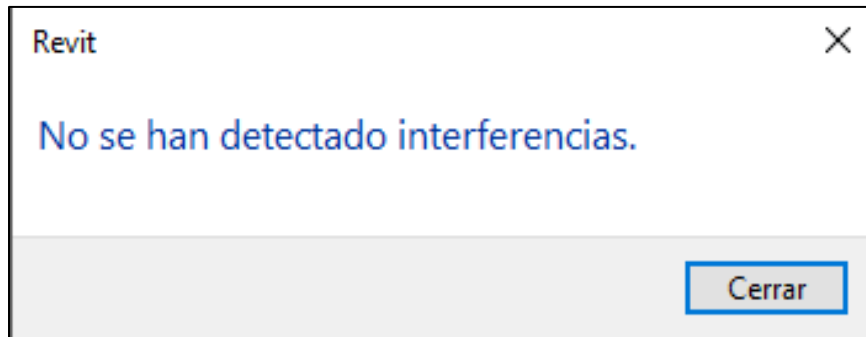


*Nota.* Modelado de los muros, frisos y mortero de la planta de apartamentos. Tomado de *Diseño arquitectónico del edificio*, Autodesk Revit (2022). Licencia estudiantil.

Asimismo, una vez realizado este proceso, se ejecutó la herramienta de “comprobación de interferencias” en el modelo para verificar la coordinación de los sistemas y elementos con el fin de corregir y evitar conflictos, como también mejorar la calidad del modelo (Figura 5).

**Figura 5**

*Cuadro obtenido al ejecutar herramienta “comprobación de interferencias”*



*Nota.* Herramienta de “comprobación de interferencias” usada para identificar intersecciones no válidas entre los elementos del modelo. Tomado de *Modelo creado*, Autodesk Revit (2022). Licencia estudiantil.

A continuación, se crean los parámetros (ventana Gestionar) para los elementos del modelado basados en los datos suministrados en la obra. Estos son: capítulo de la actividad, ítem, unidad de medida y cantidad de material obtenida en obra. Para asignarlos se tuvo que convertir los muros y el mortero en piezas (ventana Modificar). Los parámetros se usaron para las tablas de planificación de cómputo de materiales y con ello, se agregó el campo de cantidad de material dada por el software (Material: Área) para observar la diferencia con respecto a lo medido en obra (Figura 6).

**Figura 6**

*Tabla de planificación de cómputo de materiales - Cantidades Revit vs Cantidades de obra*

CANTIDADES REVIT VS CANTIDADES OBRA					
CAPÍTULO	ITEM	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD REVIT	CANTIDAD OBRA	TIPO MATERIAL
MAMPOSTERIA H10	4.1	M2	793.9 m <sup>2</sup>	778.1 m <sup>2</sup>	Ladrillo H10
MAMPOSTERIA H15	4.1	M2	17.4 m <sup>2</sup>	17.5 m <sup>2</sup>	Ladrillo H15
FRISO	5.1	M2	1,238.5 m <sup>2</sup>	1205.2 m <sup>2</sup>	friso.
FRISO ESCALERAS	5.1	M2	68.0 m <sup>2</sup>	84.2 m <sup>2</sup>	friso.
FRISO EXTERIORES	5.2	M2	335.0 m <sup>2</sup>	331.9 m <sup>2</sup>	friso.
MORTERO	6.1	M2	432.6 m <sup>2</sup>	436.2 m <sup>2</sup>	Mortero

*Nota.* Se puede apreciar que la diferencia entre las cantidades de Revit y las cantidades de obra es baja, por lo que se puede decir que el software se aproxima bastante a la realidad. Tomado de *Modelo creado*, Autodesk Revit (2022). Licencia estudiantil.

## 5.2. Cálculo de cantidades de material de la obra negra - gris

Se cuantificaron los materiales en Autodesk Revit a partir de las tablas de planificación de cómputo de materiales, donde se crearon parámetros calculados y campos con valores específicos con el fin de determinar las cantidades totales de ladrillo h10, ladrillo h15, cemento y arena para cada una de las actividades.

### 5.1.1. Mampostería.

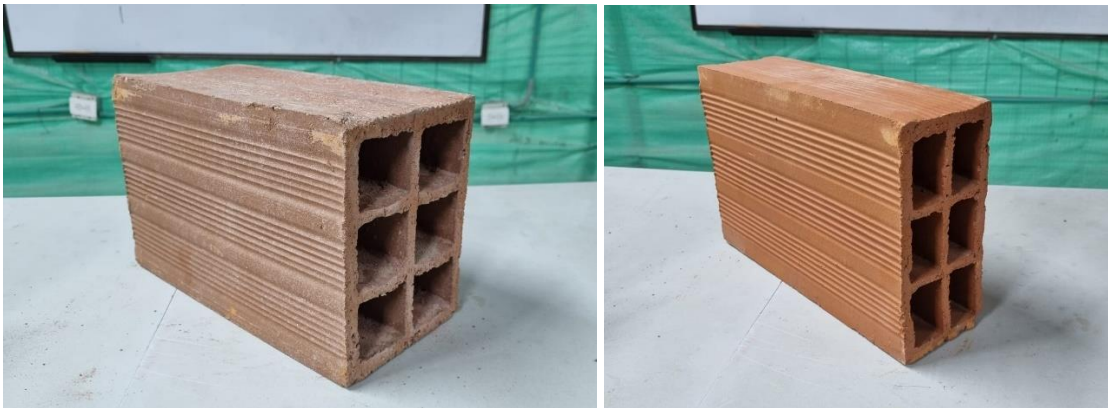
Teniendo en cuenta las cantidades de metros cuadrados ( $m^2$ ) de los muros arquitectónicos obtenidos al modelar el proyecto, se calculan los materiales de ladrillo y mortero de pega.

- Cantidades de ladrillo

Las medidas de los ladrillos usados en obra son: ladrillo H10 con dimensiones de 9x20x30cm y ladrillo H15 con dimensiones de 15x20x30cm. La estría de pega del mortero es de aproximadamente 2cm (Figura 7).

#### Figura 7

*Ladrillos usados en la obra Milán Condominio*



*Nota.* Captura propia, 2023.

En primera instancia, para el cálculo en Revit se debe definir el rendimiento/ladrillo para un metro cuadrado de mampostería. Este valor se obtiene de la siguiente expresión:

$$\#Ladrillos \text{ para } 1 m^2 = \frac{1 m^2}{\text{Área ladrillo} + \text{pega mortero} (m^2)}$$

El rendimiento/ladrillo en obra considerando las medidas de los ladrillos h10 y h15 es:

$$\#Ladrillos \text{ para } 1 \text{ m}^2 = \frac{1 \text{ m}^2}{(0,2 + 0,02) * (0,3 + 0,02) \text{ m}^2} = 14,2$$

Luego, las cantidades de ladrillo se calculan con la siguiente fórmula:

$$\#Ladrillos = \#Ladrillos \text{ para } 1 \text{ m}^2 * \text{Área muros (m}^2)$$

Por lo cual, la cantidad de ladrillos H10 y H15 para el piso de apartamentos con un desperdicio del 5% es:

$$\#Ladrillos \text{ H10} = 14,205 \text{ lad/m}^2 * 793.9 \text{ m}^2 * 1.05 = 11.841 \text{ lad}$$

$$\#Ladrillos \text{ H15} = 14,205 \text{ lad/m}^2 * 17.4 \text{ m}^2 * 1.05 = 260 \text{ lad}$$

Al agregar el parámetro calculado en Revit, se debe configurar las unidades, por lo tanto, se digita como muestra la Figura 8.

**Figura 8**

*Parámetro calculado para determinar cantidad de ladrillo*

Valor calculado

Nombre: Cantidad ladrillo (und)

Fórmula  Porcentaje

Disciplina: Común

Tipo: Número

Fórmula: [Rendimiento/ladrillo] \* Material: Área \* (1 / 1 m<sup>2</sup>) \* 1.05

Aceptar Cancelar Ayuda

*Nota.* Tomado de *Modelo creado*, Autodesk Revit (2022). Licencia estudiantil.

En consecuencia, para el piso de apartamentos se requiere una cantidad total de 11.841 ladrillos H10 y 260 ladrillos H15.

- Mortero de pega:

Determinar los materiales (arena y cemento) para el mortero de pega requiere el rendimiento/mortero para un metro cuadrado de mampostería. Este valor se obtiene de la siguiente expresión:

$$\text{Volumen mortero para } 1\text{m}^2 = \text{Vol muro de } 1\text{m}^2 - \text{Vol ladrillo} * \#\text{Ladrillos para } 1\text{ m}^2$$

Por consiguiente, se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Volumen mortero para } 1\text{m}^2 &= (1 * 1 * 0,09) \text{ m}^3 - (0,3 * 0,2 * 0,09) \text{ m}^3 * 14,2 \\ &= 0,0133 \text{ m}^3/\text{m}^2 \end{aligned}$$

Para el cálculo del volumen total de mortero se usa la siguiente expresión:

$$\text{Volumen mortero total (m}^3\text{)} = \text{Volumen mortero para } 1\text{m}^2 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \right) * \text{Área muros (m}^2\text{)}$$

Por lo tanto, el volumen de mortero para los muros del piso tipo es:

$$\text{Volumen total de mortero} = 0,0133 \text{ m}^3/\text{m}^2 * 793,9 \text{ m}^2 = 10,56 \text{ m}^3$$

Teniendo en cuenta este volumen total de mortero y las proporciones de materiales para 1 m<sup>3</sup> de mortero 1:4, se determinan las cantidades de cemento y arena.

### Tabla 1

*Cantidad de materiales para 1 m<sup>3</sup> de mortero 1:4*

<b>Cantidad de materiales mortero 1:4</b>	
Cemento (kg)	364
Arena (m3)	1,16
Agua (Lt)	240

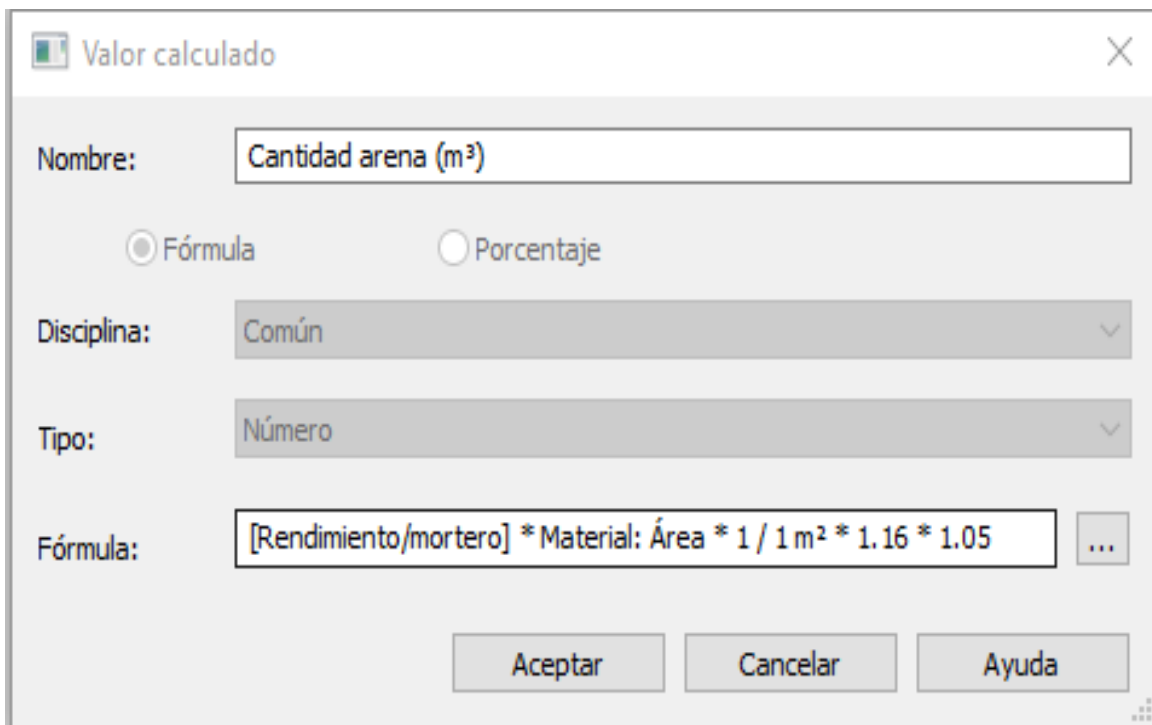
*Nota. Tomado de Dosificación del Mortero en Construcción.*

<https://preciosunitariosconstruccion.com/basicos/mortero-dosificacion/>

Para obtener las cantidades en Revit con un desperdicio del 5% se deben agregar los parámetros calculados como aparece en la Figura 9 y Figura 10.

### Figura 9

*Parámetro calculado para determinar cantidad de arena*



Valor calculado

Nombre: Cantidad arena (m<sup>3</sup>)

Fórmula  Porcentaje

Disciplina: Común

Tipo: Número

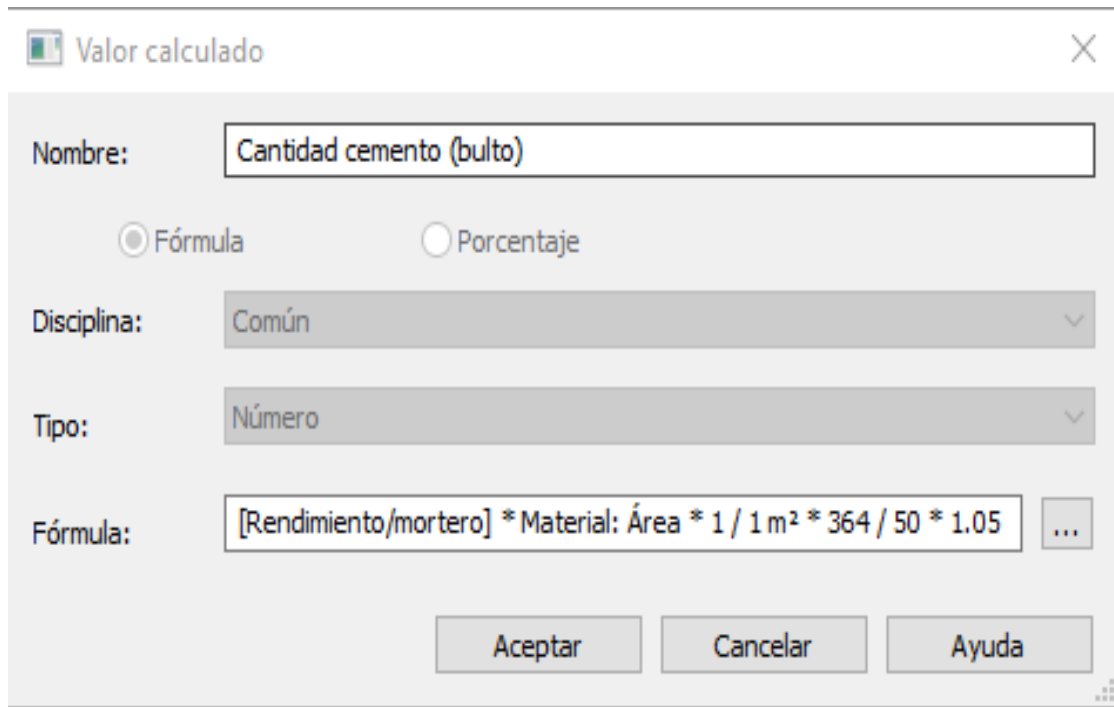
Fórmula: [Rendimiento/mortero] \* Material: Área \* 1 / 1 m<sup>2</sup> \* 1.16 \* 1.05

Aceptar Cancelar Ayuda

*Nota.* Tomado de *Modelo creado*, Autodesk Revit (2022). Licencia estudiantil.

**Figura 10**

*Parámetro calculado para determinar cantidad de cemento*



Valor calculado

Nombre: Cantidad cemento (bulto)

Fórmula  Porcentaje

Disciplina: Común

Tipo: Número

Fórmula: [Rendimiento/mortero] \* Material: Área \* 1 / 1 m<sup>2</sup> \* 364 / 50 \* 1.05

Aceptar Cancelar Ayuda

*Nota.* Tomado de *Modelo creado*, Autodesk Revit (2022). Licencia estudiantil.

A continuación, se presentan las cantidades totales de material para la mampostería del piso de apartamentos:

**Figura 11***Tabla de planificación de cómputo de materiales de Mampostería*

CANTIDADES DE MAMPOSTERIA					
Capítulo	Unidad de medida	Material: Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad ladrillo (und)	Cantidad arena (m <sup>3</sup> )	Cantidad cemento (bulto)
MAMPOSTERIA H10	M2	793.9	11841	12.86	81
MAMPOSTERIA H15	M2	17.4	260	0.28	2
Total general: 227		811.3	12100	13.14	82

*Nota.* La tabla de planificación contiene las cantidades de ladrillo, arena y cemento obtenidas en Revit, los valores cambian al modificar el modelo. Tomado de *Modelo creado*, Autodesk Revit (2022). Licencia estudiantil.

**5.1.2. Frisos.**

Para cuantificar las cantidades de material requeridas para el friso interior, exterior y de escaleras, se determina el volumen total dependiendo del grosor del friso. Para el modelo se usó un espesor de 3 cm. Teniendo en cuenta el volumen total de friso, las proporciones de materiales para 1 m<sup>3</sup> de mortero 1:4 (ver Tabla 1) y digitando los parámetros calculados como se muestra en la Figura 9 y Figura 10, se determinan los siguientes materiales:

**Figura 12***Tabla de planificación de cómputo de materiales de Friso*

CANTIDADES DE FRISO					
Capítulo	Unidad de medida	Material: Área (m <sup>2</sup> )	Material: Volumen (m <sup>3</sup> )	Cantidad arena (m <sup>3</sup> )	Cantidad cemento (bulto)
FRISO	M2	1238.5 m <sup>2</sup>	37.15 m <sup>3</sup>	45.25	284
FRISO ESCALERAS	M2	68.0 m <sup>2</sup>	2.04 m <sup>3</sup>	2.49	16
FRISO EXTERIORES	M2	335.0 m <sup>2</sup>	10.05 m <sup>3</sup>	12.24	77
Total general: 509		1641.5 m <sup>2</sup>	49.24 m <sup>3</sup>	59.98	376

*Nota.* La tabla de planificación contiene las cantidades de arena y cemento obtenidas en Revit, los valores cambian al modificar el modelo. Tomado de *Modelo creado*, Autodesk Revit (2022).

Licencia estudiantil.

**5.1.2. Mortero.**

Para la actividad de mortero se definió el volumen del mortero con la siguiente expresión:

$$\text{Volumen total de mortero} = \text{Área piso (m}^2\text{)} * \text{Espesor mortero (m)}$$

Teniendo en cuenta que el mortero tiene un espesor mínimo de 5 cm, Revit calcula el volumen con el espesor del mortero que se le asigna. Luego, con el volumen total del mortero, las proporciones de materiales para 1 m<sup>3</sup> de mortero 1:4 (ver Tabla 1) y digitando los parámetros de la Figura 9 y Figura 10, se obtuvo:

**Figura 13***Tabla de planificación de cómputo de materiales de Mortero*

CANTIDADES DE MORTERO					
Capítulo	Unidad de medida	Material: Área (m <sup>2</sup> )	Material: Volumen	Cantidad arena (m <sup>3</sup> )	Cantidad cemento (bulto)
MORTERO	M2	432.6 m <sup>2</sup>	21.63 m <sup>3</sup>	26.35	165

*Nota.* La tabla de planificación contiene las cantidades de arena y cemento para el mortero obtenidas en Revit, los valores cambian al modificar el modelo. Tomado de *Modelo creado*, Autodesk Revit (2022). Licencia estudiantil.

**5.3. Rendimiento mano de obra**

Se ha encontrado que, el rendimiento de mano de obra es indispensable para el desarrollo de un proyecto, pues garantiza la rápida ejecución de los tiempos planeados para el cumplimiento del cronograma de obra. En Milán Condominio se identificó que el factor más importante para asegurar la productividad del personal, principalmente de los contratistas, era la gestión y control del abastecimiento de material en los pisos que se iba a llevar a cabo las diferentes actividades, además de la herramienta, dado que, cuando no existía la disponibilidad del material no era posible dar cumplimiento de los procesos que se programaban diariamente. Lo anterior se realizaba con el fin de tener un seguimiento del desempeño del personal en condiciones habituales de trabajo y evitar retrocesos.

### 5.3.1. Actividad de mampostería.

En mampostería, se mide el rendimiento del personal de acuerdo con la cantidad de metros cuadrados de ladrillo ejecutado en un intervalo de tiempo determinado. Para esta actividad se tomó una medición en el piso 19, donde se recolectó información del tiempo (días hábiles trabajados) que duraba cada cuadrilla (1 oficial y 1 ayudante) en realizar los apartamentos y el pasillo (ver Tabla 2). Los metros cuadrados de cada apartamento se adquirieron respecto a la cantidad dada en los cortes de obra.

**Tabla 2**

*Datos para definir el rendimiento de la mampostería*

UBICACIÓN	CONTRATISTA	ÁREA (M2)	INICIO	FIN	DÍAS HÁBILES
1901	MANUEL	155,91	22/05/2023	30/05/2023	8
1902	FERDINANDO	157,53	22/05/2023	27/05/2023	6
1903	MARLON	156,61	24/05/2023	31/05/2023	7
1904	LUIS MELENDEZ	135,84	17/05/2023	30/05/2023	12
1905	MARLON	135,07	16/05/2023	22/05/2023	6
PASILLO 19	FERDINANDO	37,13	29/05/2023	30/05/2023	2

*Nota.* El rendimiento de cada cuadrilla depende de la disposición del material y de los días hábiles de trabajo.

Analizando los datos se definió un rendimiento aproximado para cada mampostero determinando la cantidad de ladrillos que pegaban por día (ver Tabla 3).

**Tabla 3***Rendimiento de la mampostería*

UBICACIÓN	CONTRATISTA	RENDIMIENTO	
		M2/DIAS	LAD/DIA
1901	MANUEL	19,49	292
1902	FERDINANDO	26,26	394
1903	MARLON	22,37	336
1904	LUIS MELENDEZ	11,32	170
1905	MARLON	22,51	338
PASILLO 19	FERDINANDO	18,57	278

En la Tabla 3, se puede observar que la cuadrilla liderada por el contratista Ferdinando es la que tiene mayor rendimiento en la actividad de mampostería, mientras la cuadrilla de Luis Meléndez es la que tiene menor rendimiento. Esto se ve reflejado en los cortes de obra, donde el personal que tiene mayor rendimiento son los que mejor pago reciben.

**5.3.2. Actividad de friso.**

Para el rendimiento del friso se midió la duración de cada cuadrilla de frisadores (1 oficial y 1 ayudante) en el piso 19 (ver Tabla 4), considerando el tiempo empleado realizando el replanteo que definía las escuadras de los apartamentos antes de empezar a frisar, la colocación de la malla en las regatas de los puntos eléctricos e hidráulicos y el tiempo frisando los muros. Para el muestreo se tomaron los datos de acuerdo con el metraje obtenido de los cortes de obra.

**Tabla 4***Datos para definir el rendimiento del friso interno*

UBICACIÓN	CONTRATISTA	ÁREA (M2)	INICIO	FIN	DÍAS HÁBILES
1901	MOISES	214,58	07/06/2023	10/06/2023	4
1902	HERIBERTO	207,34	12/06/2023	15/06/2023	4
1903	MOISES	211,34	12/06/2023	14/06/2023	3
1904	OMAR	213,04	12/06/2023	16/06/2023	5
1905	MOISES	214,34	15/06/2023	17/06/2023	3
PASILLO 19	MOISES	144,50	19/06/2023	20/06/2023	2

Para el friso de exteriores, vacíos y escaleras no fue posible definir el rendimiento al igual que el friso interno, debido a que, este se realiza por tramos de acuerdo con la disposición de poleas, la altura de las fachadas, factores climáticos, los volúmenes a realizarse, entre otros. Por lo tanto, se hizo un estimado del tiempo por piso y se definió de la siguiente manera:

**Tabla 5***Datos para definir el rendimiento del friso de exteriores, vacíos y escaleras*

UBICACIÓN	ÁREA (M2)	CONTRATISTA	TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)
EXTERIORES Y VACIOS INTERNOS P19	331,95	SALAMANCA	22
ESCALERAS P19	84,17	SALAMANCA	2

Se determinó el rendimiento aproximado (metros cuadrados por días) de las cuadrillas de frisadores (Ver Tabla 6 y Tabla 7).

**Tabla 6**

*Rendimiento del friso interno*

UBICACIÓN	CONTRATISTA	RENDIMIENTO
		M2/DIAS
1901	MOISES	53,6
1902	HERIBERTO	51,8
1903	MOISES	70,4
1904	OMAR	42,6
1905	MOISES	71,4
PASILLO 19	MOISES	72,3

Se observa en la Tabla 6, que la cuadrilla de Moisés es la que mayor rendimiento tiene, mientras que la cuadrilla de Omar es de menor rendimiento. Esto se debe a que la cuadrilla liderada por Moisés tiene mayor campo de experiencia en cuanto a las demás.

**Tabla 7**

*Rendimiento del friso de exteriores, vacíos y escaleras*

UBICACIÓN	CONTRATISTA	RENDIMIENTO
		M2/DIAS
EXTERIORES Y VACIOS INTERNOS P19	SALAMANCA	15,09
ESCALERAS P19	SALAMANCA	42,09

De lo anterior se puede concluir que el rendimiento del friso interno con respecto al friso externo es mayor, pues no se tienen aspectos relevantes que influyan en su desarrollo. Debido a ello, para el friso de exteriores fue necesario ajustar los precios para adjudicar más contratistas y de esta manera cumplir con los tiempos del cronograma de obra.

### **5.3.2. Actividad de mortero.**

En mortero se cuantificó la productividad por cuadrilla (2 oficiales y 1 ayudante), teniendo en cuenta los tiempos demandados para sacar los niveles de la placa, la limpieza y descarche de los apartamentos y la aplicación del mortero.

Como se tenía un solo contratista para la actividad del mortero, se midió el tiempo que se demoraba el personal en realizar las actividades del piso 19, teniendo en cuenta las cantidades de metros cuadrados de los cortes de obra (ver Tabla 8).

**Tabla 8**

*Datos para definir el rendimiento del mortero*

<b>UBICACIÓN</b>	<b>CONTRATISTA</b>	<b>ÁREA (M2)</b>	<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>	<b>DÍAS HÁBILES</b>
1901	YONNI	80,16	19/06/2023	20/06/2023	2
1902	YONNI	73,07	21/06/2023	22/06/2023	1,5
1903	YONNI	81,28	22/06/2023	24/06/2023	2
1904	YONNI	78,65	24/06/2023	27/06/2023	2
1905	YONNI	74,90	27/06/2023	29/06/2023	1,5
PASILLO 19	YONNI	48,18	30/06/2023	30/06/2023	1

Se definió el rendimiento aproximado (metros cuadrados por días) de cuadrilla de mortero para el piso 19 (ver Tabla 9).

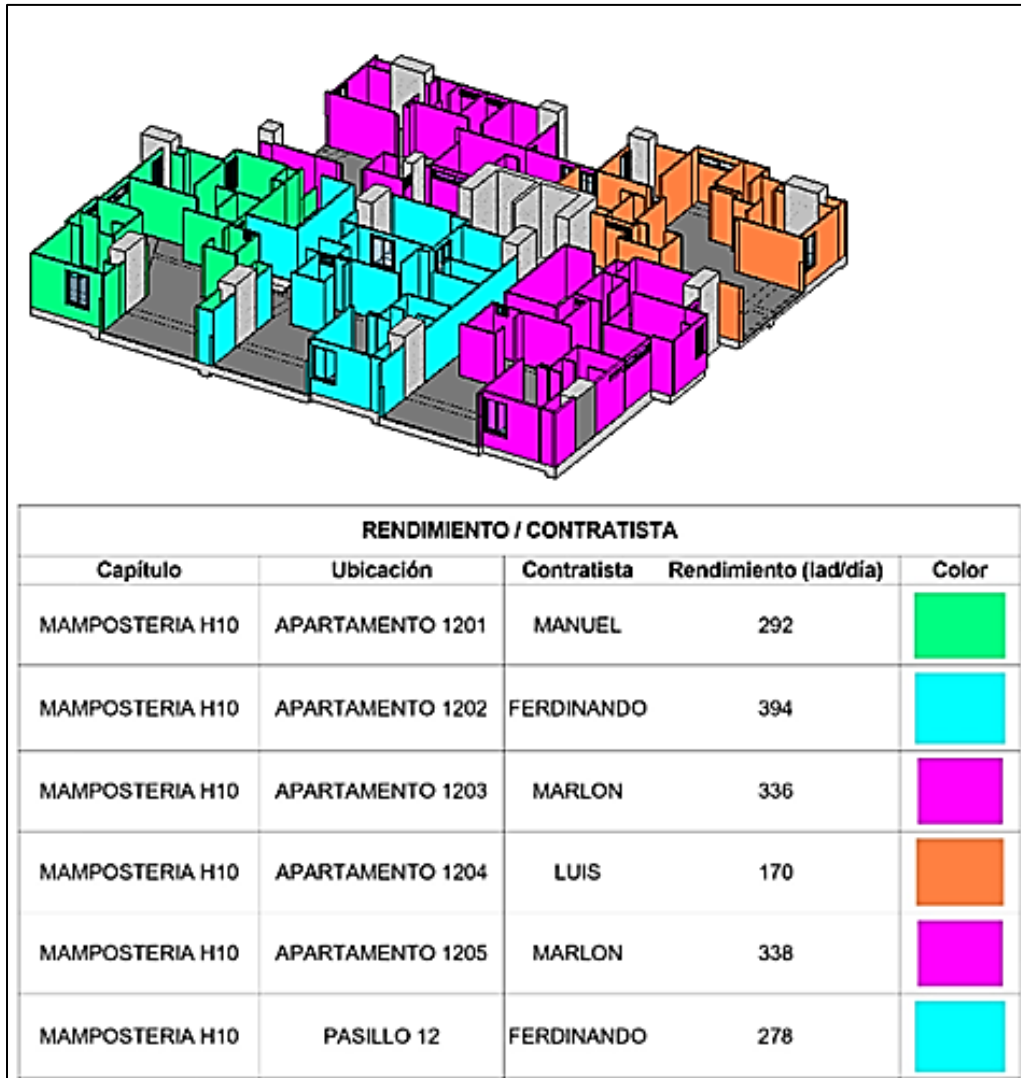
**Tabla 9**

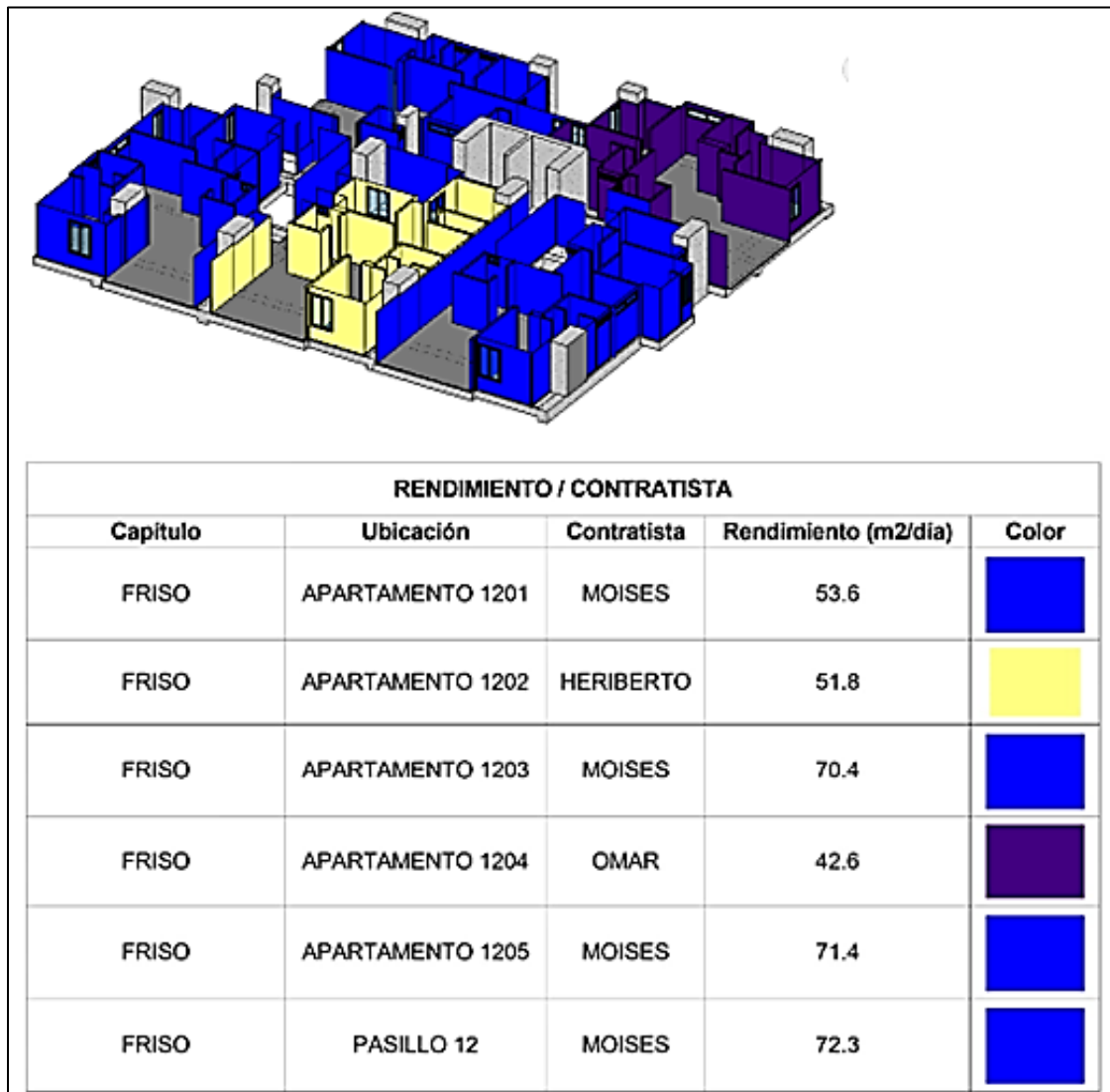
*Rendimiento del mortero*

UBICACIÓN	CONTRATISTA	RENDIMIENTO
		M2/DIAS
1901	YONNI	40,1
1902	YONNI	48,7
1903	YONNI	40,6
1904	YONNI	39,3
1905	YONNI	49,9
PASILLO 19	YONNI	48,2

De la Tabla 9, se puede observar que el rendimiento vario a pesar de que se tiene la misma cuadrilla. Esto se puede deber a retrasos ocasionados por falta de disponibilidad de materiales, sobre todo de la arena pareja gruesa, pues esos días estuvo escasa y fue compleja su adquisición. Este control se llevaba por piso para revisar tiempos de ejecución y, asimismo, llevar un seguimiento con el cual se realizaban los cortes de obra para pago del personal.

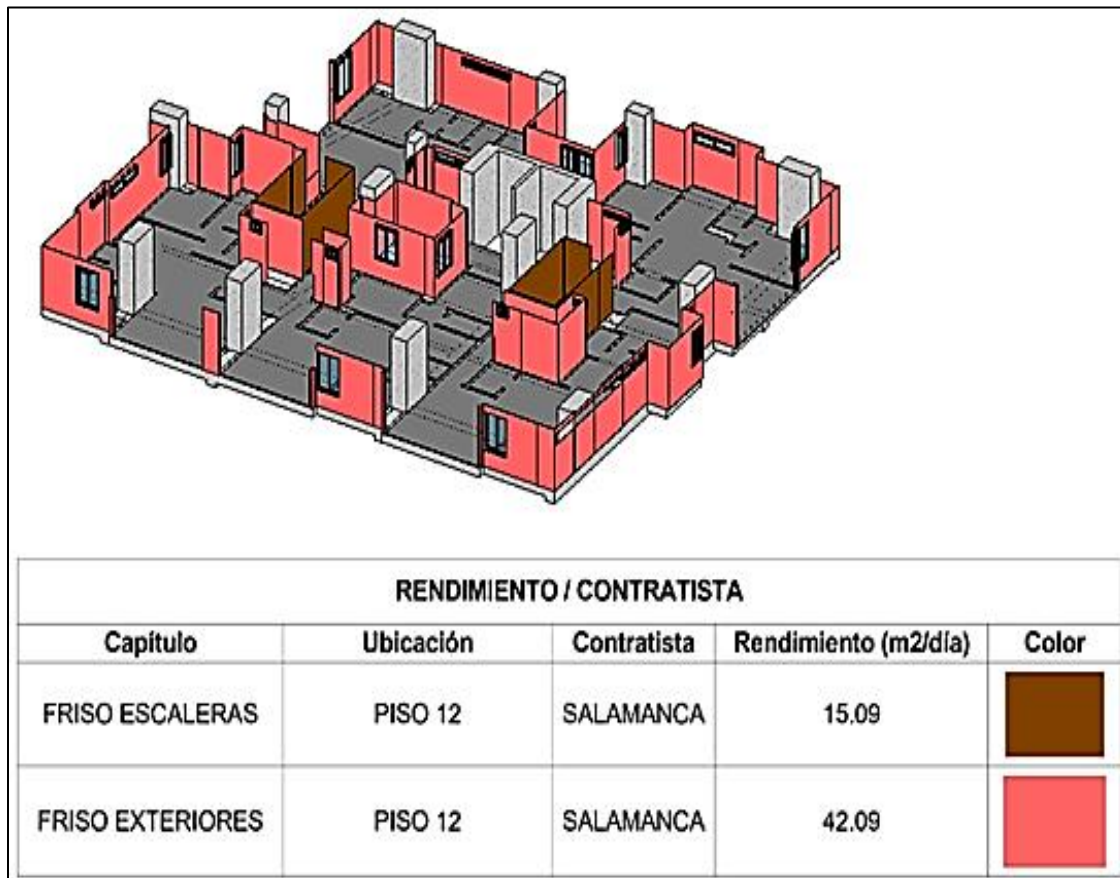
En Autodesk Revit, al modelado realizado se asignó para cada elemento de los capítulos de mampostería, friso y mortero, el contratista jefe de cuadrilla al cual correspondía la actividad y se realizó un filtro con el fin de fijar un color por cuadrilla en modificaciones de visibilidad y, de esta manera, tener un mejor enfoque de lo que se pagaba para cada uno.

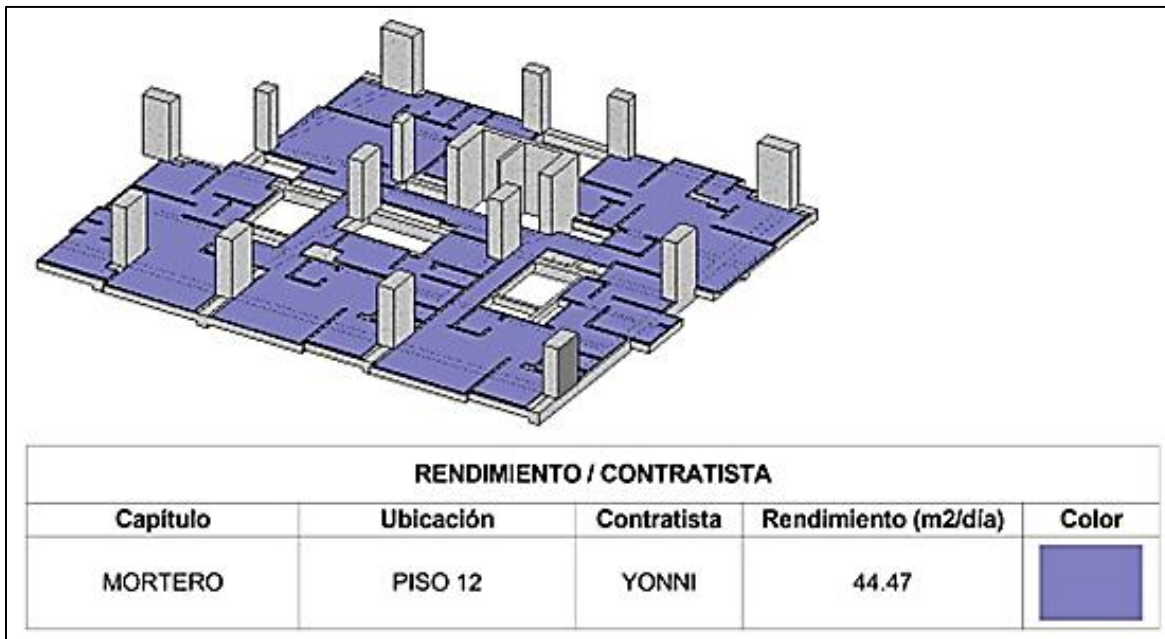
**Figura 14***Isométrica distribución de contratistas de mampostería*

**Figura 15***Isométrica distribución de contratistas de friso*

**Figura 16**

*Isométrica distribución de contratistas de friso exteriores y escaleras*



**Figura 17***Isométrica distribución de contratistas de mortero*

#### 5.4. Seguimiento de las actividades

Cada semana se realiza un cronograma de actividades que se establece en comité de obra, los cuales se realizan el primer día hábil de cada semana junto a los encargados de cada cuadrilla liderado por la dirección de obra. Se debe garantizar que la planificación se cumpla con óptimos recursos y en los tiempos establecidos para lograr que los avances del proyecto se vean reflejados en el cronograma de obra y en los informes entregados semanalmente. A continuación, en la Figura 18 se muestra el cronograma de obra correspondiente a los meses de la práctica.

**Figura 18**

*Cronograma para las actividades de obra negra-gris para los meses de la práctica*

ACTIVIDAD	AÑO	2023																				
	MES	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				
SEMANA					20				21				22				23				24	
SEMANA		79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	
ELEMENTOS EN OBRA NEGRA																						
MAMPOSTERIA	Programado	16	17	18		19	20	21		22	23	24		25	26	27			28	29	30	
	A Ejecutar																					
ELEMENTOS EN OBRA GRIS																						
FRISO	Programado		16	17	18		19	20	21		22	23	24		25	26	27	f	f		28	f
	A Ejecutar																					
MORTERO	Programado	15		16	17	18		19	20	21		22	23	24		25	26	27				28
	A Ejecutar																					

*Nota.* En el cronograma se observan avances de terminación de pisos cada 10 días.

Se revisaron detalladamente los procesos constructivos que se desarrollaban en campo para verificar la calidad en la ejecución teniendo en cuenta las especificaciones técnicas dadas por el diseñador y el residente de obra. Con el objetivo de dar cumplimiento con lo planteado en los planos arquitectónicos y en el cronograma se examinaron e inspeccionaron los siguientes aspectos:

- En el replanteo de la mampostería se comprobaron las medidas con respecto a los ejes marcados en las placas, observando el correcto posicionamiento de las escuadras y la alineación con la que se colocaban los ladrillos. Además, se verificó que se aplicaran las cantidades de mezcla y la dosificación establecida para cumplir con los estándares de calidad solicitados.

**Figura 19**

*Seguimiento del replanteo de la mampostería*



- Mampostería: A partir del replanteo se procedía a ubicar las reglas metálicas y el hilo con el que se aseguraba que los muros quedaran aplomados y las hiladas de ladrillo ubicadas a la misma altura horizontalmente. Se debía revisar que en la mampostería se le colocaran los anclajes a la estructura o pantallas de concreto, además de realizar el armado del acero y fundida de las columnetas que confinan y llevan a cabo el correcto amarre de los muros.

**Figura 20***Seguimiento de la mampostería*

*Nota.* Colocación de las reglas metálicas y alineación de muros.

- Friso: Después de realizar las regatas, incrustar y resanar la tubería para las redes eléctricas, hidrosanitarias y de gas, los frisadores debían replantear la mampostería para indicar el espesor del friso y asegurar que los muros quedaran alineados y aplomados, además de garantizar que estuviese la escuadra del apartamento para posteriormente aplicar el mortero y enchapar. De igual manera, se verificaba antes de frisar la colocación de la malla sin vena sobre las regatas para evitar fisuras posteriores.

**Figura 21***Seguimiento del friso*

*Nota.* Colocación de malla sin vena en las regatas y alineación de muros.

- Mortero: Se controlaba que al sacar los niveles de la placa desde el ascensor se mantuviera un espesor de 5 cm de mortero y se repartiera desde allí a los apartamentos con el nivel láser.

Para la aplicación del mortero se debía revisar que los apartamentos estuviesen completamente aseados y descarchados, así como también verificar la aplicación de la lechada de cemento para asegurar la adherencia de la mezcla.

**Figura 22***Seguimiento del mortero*

*Nota.* Aplicación de la lechada de cemento y niveles del mortero.

Para los anteriores procesos constructivos se debía inspeccionar por instrucciones de dirección de obra que la mezcla fuese una combinación de dos carretadas y media de arena para un bulto de cemento (cantidades para la preparación de mortero 1:4).

#### **5.4. Control de costos**

Para llevar el control de costos basados en el presupuesto de obra, se revisaban los precios del material, herramienta, equipo, mano de obra de cada análisis de precio unitario (APU) con respecto a las cotizaciones que presentaba el jefe de compras y se decidía en comité de obra la opción más viable. También se realizaba un informe quincenal de costos, asegurando que el flujo de dinero tuviese un balance estable donde se llevara a cabo la comparación con el presupuesto general de obra. Con lo anterior se verificaba si había sobrecostos y se tomaban medidas para mitigarlos (Figura 23).

**Figura 23**

*Análisis de precio unitario para la actividad de “Mampostería en H10”*

ITEM	ANALISIS UNITARIOS	CREACION	FECHA	VERSION	
4,1			01-08-21	1	
<b>B. DATOS ESPECIFICOS</b>					
<b>ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO</b>					
DESCRIPCION			UNIDAD		
<b>MAMPOSTERIA EN H-10</b>			m2	16.804,5	
Item	Descripción	U.M.	Cantidad	Fecha	
<b>1. EQUIPO</b>					
	Descripción	UN	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1,1	HERRAMIENTA Y DOTACIÓN	UND	1,00	322.160	322.160
		%			0
<b>SUBTOTAL</b>					322.160
<b>2. MATERIALES</b>					
	Descripción	UN	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
4,1	LADRILLO H-10	und	9.814	1.350	13.248.443
4,3	MORTERO 1-4	m3	9,81	252.200	2.475.005
<b>SUBTOTAL</b>					15.723.448
<b>3. TRANSPORTES</b>					
	Descripción	UN	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1,1	acarreo en taxicamioneta	gl	3,00	10.000	30.000
					0
<b>SUBTOTAL</b>					30.000
<b>4. MANO DE OBRA</b>					
	Trabajador	UN	Cantidad	Vr Unitario	Vr. Total
0	cuadrilla contratista	m2	700,98	5.000	3.504.879
					0
<b>SUBTOTAL</b>					3.504.879
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>19.580.487</b>
<b>OBSERVACIONES DE LOS RESPONSABLES</b>					
TIEMPO ESTIMADO DE LA OBRA TOTAL EN MESES					10
<b>NOTAS IMPORTANTES</b>					

*Nota.* Los análisis de precio unitario se revisaban periódicamente para controlar los costos.

El costo proyectado para cada piso se calculó con los valores y cantidades del presupuesto general.

### Figura 24

*Costo proyectado para la actividad de Mampostería*

	EQUIPO	MATERIALES	TRANSPORTE	MANO DE OBRA	TOTAL PISO
REPLANTEO	\$ 45.276,91	\$ 2.474.779,46	\$ 30.000,00	\$ 1.309.920,00	\$ 3.859.976
REPLANTEO FACHADA	\$ -	\$ 210.085,71	\$ 30.000,00	\$ 125.100,00	\$ 365.186
MAMPOSTERIA H10	\$ 322.159,56	\$ 15.723.447,97	\$ 30.000,00	\$ 3.504.879,00	\$ 19.580.487
MAMPOSTERIA H15	\$ -	\$ 517.739,29	\$ 20.000,00	\$ 79.695,00	\$ 617.434
MAMPOSTERIA ML	\$ -	\$ 284.220,27	\$ 10.000,00	\$ 112.830,00	\$ 407.050
COLUMNETAS	\$ -	\$ 3.516.042,40	\$ 10.000,00	\$ 484.400,00	\$ 4.010.442
ANCLAJE	\$ -	\$ 1.973.270,97	\$ 10.000,00	\$ 203.000,00	\$ 2.186.271
	<b>\$ 367.436</b>	<b>\$ 24.699.586</b>	<b>\$ 140.000</b>	<b>\$ 5.819.824</b>	<b>\$ 31.026.847</b>

*Nota.* Los valores mostrados en la figura corresponden a los costos del piso 15. Pagos realizados para la segunda semana de mayo.

El informe de costos mostraba el costo proyectado vs el costo ejecutado para cada actividad y al final se presentaba el total para ambos. Estos informes se realizaban de manera quincenal, debido a que era el tiempo que a los contratistas se les realizaba corte de obra de lo construido.

**Figura 25**

*Informe de costos proyectados vs costos ejecutados para actividades de obra negra-gris*

<b>INFORME COSTOS OBRA NEGRA - GRIS</b>					
OBRA NEGRA - GRIS	ESTADO	MAYO			
		1	2	3	4
			PISO 15		
MAMPOSTERIA	PROYECTADO		\$ 31.026.847		
	EJECUTADO		\$ 30.464.231		
			PISO 14		
FRISO INTERNO	PROYECTADO		\$ 14.733.403		
	EJECUTADO		\$ 15.294.328		
			VACIOS, CULATA 1 Y CULATA 2		
FRISO EXTERNO	PROYECTADO		\$ 14.975.481		
	EJECUTADO		\$ 14.975.481		
			PISO 13		
MORTERO	PROYECTADO		\$ 25.822.724		
	EJECUTADO		\$ 9.181.123		
MORTERO IMPERMEABILIZADO	PROYECTADO		NO		
	EJECUTADO		NO		
<b>TOTAL PROYECTADO / MES</b>			\$		<b>86.558.454,45</b>
<b>TOTAL EJECUTADO / MES</b>			\$		<b>69.915.162,50</b>

*Nota.* La imagen muestra el informe de costos que se expuso para la segunda semana del mes de mayo.

En el informe de la Figura 25, se puede observar que en las actividades de mampostería y mortero no se presentaron sobrecostos, mientras en la actividad de friso interno se muestra un costo ejecutado por encima del proyectado. Esto se debió a que ese mes el precio del cemento y la arena tuvo un incremento por parte del proveedor. Por su parte, el costo ejecutado del friso externo tiene el mismo valor del proyectado, pues para ese momento no se tenía presente el costo real proyectado por parte de la dirección de obra.

## 5. Conclusiones

Se contribuyó a la empresa Coral Constructores SAS en la ejecución y control de las actividades en la etapa de obra negra-gris, apoyando la supervisión de los procesos llevados a cabo y haciendo mediciones del rendimiento del personal para definir el tiempo requerido para la realización de un piso y planificar mejor los recursos para dar cumplimiento con las fechas establecidas en el cronograma, evitando retrasos o demoras en la programación entregada por dirección de obra.

Se cuantificaron las cantidades de los materiales por medio de metodología BIM para verificar lo medido en los cortes de obra, y además tener un mayor control del material que necesitaba cada contratista respecto a su rendimiento y a lo requerido en obra. Con ello se pudo determinar las cantidades que era necesario pedir semanalmente para no permitir que se detuviera la productividad del personal. Además, se apoyó la realización de informes de costos entregados quincenalmente, en los cuales se revisaban los precios del material, herramienta, equipo, mano de obra de cada análisis de precio unitario (APU) respecto al presupuesto general y a lo cotizado por el jefe de compras. Se comparó el costo proyectado con el costo ejecutado para identificar si existían sobrecostos y buscar soluciones en comité de obra para mitigarlos.

Se apoyó la revisión y control de calidad de las actividades de mampostería, friso y mortero respecto a los planos y las especificaciones técnicas dadas por el residente de obra. Se realizaban informes diarios por medio de registros fotográficos y videos que presentaban el avance real a la gerencia del proyecto y con ello se tomaban decisiones respecto a los alcances del proyecto.

### Referencias bibliográficas

- Alcívar, M. (2016). Estructura de Desglose de Trabajo como herramienta para la Planificación de Proyectos. RIEMAT.
- Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica (2010). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente, NSR-10. Bogotá: AIS.
- Beltrán, S., Omaña M., Astudillo, E & Cobaleda, D. (1984). Revoques (Pañete-friso o repello) [Material del aula]. Repositorio Sena. <https://hdl.handle.net/11404/4865>
- Coral Constructores SAS. (2022). Hoja de vida [Portafolio].
- Dataedro. (2017). Definición BIM [Internet]. <http://www.dataedro.com/index.php/es/acercadelbim/20-definicion>
- Fonseca, J. & Novoa, J. (2019). Grado de madurez en la gestión de proyectos de la constructora Camarth SAS. [Trabajo de grado para optar por el título de especialista en gerencia de obras, Universidad católica de Colombia]
- Ojeda, D. (2021). Análisis de control presupuestal de una obra de vivienda de interés social, mediante metodología BIM y comparando con el método tradicional CAD. Estudio de caso proyecto San Nicolás ubicado en El dorado, Meta [Trabajo de grado para optar por el título de especialista en gerencia de obras, Universidad católica de Colombia]
- Rivera, V.M. (2021). Programación, planificación y control de obras de infraestructura civil, en la República de Guatemala [Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero civil, Universidad de San Carlos de Guatemala]

Servicio Nacional de Aprendizaje. (2018). Procedimiento general para elaborar un presupuesto de obra [Material del aula]. Costos y presupuestos para edificaciones I: Generalidades

Zúñiga, O. (2005). Evaluación analítica de la respuesta sísmica de las edificaciones de mampostería [Trabajo de grado para optar por el título de maestro en ingeniería estructural, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco]