

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO”

**Trabajo de suficiencia profesional para optar al título
profesional de:
Ingeniero Civil**

Autor:

Joan Luis Escobedo Pastor

Asesor:

Dr. Dante Salas Mercado

Código ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-0656-1979>

Lima - Perú

2025

Informe de Similitud






14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía

Fuentes principales

- 13%  Fuentes de Internet
 - 1%  Publicaciones
 - 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)
-

Dedicatoria

A mis padres, Walter y Frida, por su amor, ejemplo y apoyo incondicional en
cada etapa de mi vida.

A mi esposa, Esther, por su comprensión, paciencia y por acompañarme
con amor en este camino de esfuerzo y superación.

A mis hijos, Diego y Nico, fuente de inspiración y motivo constante para
seguir creciendo y alcanzar mis metas.

Y a la memoria de mi querido hermano Walter, cuyo recuerdo vive en mi
corazón y me impulsa a continuar con determinación cada día.

Agradecimiento

A Dios, por concederme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa académica, iluminando cada decisión tomada en el desarrollo de esta investigación. A mi familia, por su amor incondicional, comprensión y apoyo constante, pilares fundamentales que me motivaron a seguir adelante en los momentos más exigentes.

A mi asesor, por su guía, dedicación y valiosas orientaciones que contribuyeron significativamente al logro de los objetivos de este trabajo. A la Universidad Privada del Norte (UPN), por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y por ofrecer los conocimientos y recursos que hicieron posible la realización de esta tesis.

Tabla de contenido

Índice de tablas	6
Índice de Figuras.....	7
RESUMEN EJECUTIVO.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	15
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	40
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	58
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS	77
ANEXOS	85

Índice de tablas

TABLA 1. PROFESIONALES INVOLUCRADOS EN LOS PROYECTOS DE LA CORPORACIÓN OUR SERVICE IMPORT EXPORT S.A.C.	41
TABLA 2. MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS.....	61
TABLA 3. IRREGULARIDADES	64
TABLA 4. MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS.....	68
TABLA 5. IRREGULARIDADES.....	73

Índice de Figuras

FIGURA 1. ORGANIGRAMA DE CORPORACIÓN FOUR SERVICE IMPORT EXPORT S.A.C. ...	12
FIGURA 2. ETAPAS EN EL DESARROLLO DE UN PROYECTO. (HERNÁN DE SOLMINIHAC T ET AL., 2018).....	16
FIGURA 3. DIAGRAMA ILUSTRATIVO DEL FLUJO TÍPICO DE LAS FASES CONSTRUCTIVAS EN UN EDIFICIO RESIDENCIAL, QUE PUEDE ADAPTARSE MUY BIEN AL CONTEXTO DE EDIFICACIONES DE OFICINAS: DESDE LA PREPARACIÓN DEL TERRENO HASTA LOS ACABADOS FINALES.	16
FIGURA 4. REPRESENTACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN EN PROYECTOS DE OFICINAS MEDIANTE EL TRIÁNGULO COSTO–TIEMPO–CALIDAD, INTEGRADO CON BIG DATA COMO SOPORTE PARA SU EQUILIBRIO DINÁMICO (PABLO BALLESTEROS-PÉREZ ET AL., 2013; ADAPTADO ROGER ATKINSON, 1999).	23
FIGURA 5. EL GRÁFICO MUESTRA CÓMO LA FLEXIBILIDAD DE DISEÑO EN OFICINAS SE OPTIMIZA A TRAVÉS DE CUATRO ESTRATEGIAS INTERRELACIONADAS: MODULARIDAD, ADAPTABILIDAD, RECONFIGURACIÓN INTERIOR Y MODELOS MULTI OBJETIVO.	27
FIGURA 6. EL GRÁFICO REPRESENTA CÓMO LA CALIDAD EN PROYECTOS DE OFICINAS SE OPTIMIZA INTEGRANDO HERRAMIENTAS DIGITALES (BIM Y DRONES), GESTIÓN SISTEMÁTICA DE PROCESOS Y MODELOS MULTI OBJETIVO QUE EQUILIBRAN DESEMPEÑO, COSTO Y TIEMPO.....	28
FIGURA 7. DIAGRAMA TÉCNICO QUE MUESTRA CÓMO LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA QUEDAN INTEGRADOS DENTRO DE MARCOS DE COLUMNAS Y VIGAS DE CONCRETO ARMADO, LO QUE ES CLAVE EN CONSTRUCCIONES VULNERABLES A SISMOS (BLONDET ET AL., 2011).....	29

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE
ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

FIGURA 8. ESQUEMA ESTRUCTURAL CLÁSICO QUE REPRESENTA PÓRTICOS FORMADO POR COLUMNAS Y VIGAS, AMPLIAMENTE USADO EN OFICINAS Y EDIFICACIONES MODERNAS (SMIS, 2009).	31
FIGURA 9. COMPARACIÓN ENTRE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y SISTEMA APORTICADO EN EDIFICACIONES DE OFICINAS (BLONDET ET AL., 2011; SMIS, 2009).....	31
FIGURA 10. VISTA EN PLANTA DE LA EDIFICACIÓN ANTIGUA.	58
FIGURA 11. VISTA TRIDIMENSIONAL DE EDIFICACIÓN ANTIGUA.....	59
FIGURA 12. GRAFICA DE DERIVA EN X.....	62
FIGURA 13. GRAFICA DE DERIVA EN Y.....	63
FIGURA 14. VISTA EN PLANTA DE LA EDIFICACIÓN PROYECTADA	65
FIGURA 15. VISTA TRIDIMENSIONAL DE EDIFICACIÓN PROYECTADA	66
FIGURA 16. GRAFICA DE DERIVA EN X.....	69
FIGURA 17. GRAFICA DE DERIVA EN Y.....	71

RESUMEN EJECUTIVO

La experiencia profesional se llevó a cabo en la Corporación Four Service Import Export S.A.C., organización peruana dedicada a la asesoría y gestión integral de proyectos del sector inmobiliario y de la construcción. En este entorno se identificó la necesidad de ampliar verticalmente una edificación de dos a cuatro pisos construida en albañilería confinada, un sistema constructivo de uso extendido en el país, pero con limitaciones estructurales ante la acción sísmica. El trabajo tuvo como objetivo desarrollar una alternativa de reforzamiento estructural mediante la incorporación de un sistema aporticado de concreto armado, analizando su factibilidad técnica y económica para incrementar la resistencia y estabilidad de edificaciones existentes. Para el análisis se empleó el software ETABS, junto con los criterios establecidos en las normas E.070 (Albañilería) y E.060 (Concreto Armado) del Reglamento Nacional de Edificaciones. Los resultados evidenciaron que el sistema aporticado mejora notablemente la rigidez, reduce las deformaciones y optimiza la respuesta sísmica del conjunto estructural, constituyendo una solución eficiente y segura. La experiencia permitió aplicar y fortalecer competencias en análisis estructural, diseño sismo-resistente, gestión técnica de proyectos y toma de decisiones ingenieriles, contribuyendo al desarrollo profesional dentro del campo de la ingeniería civil.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

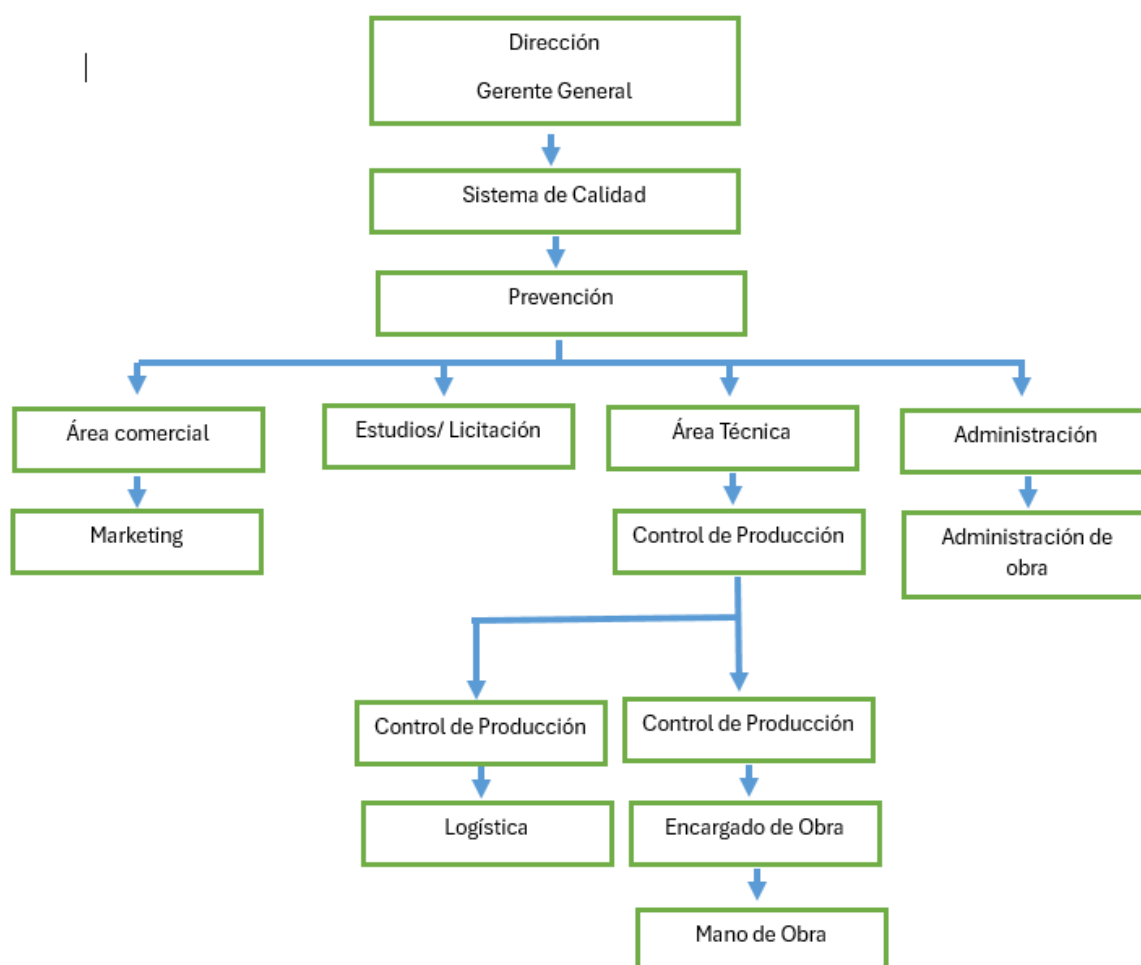
El crecimiento poblacional ha incrementado la demanda de viviendas, especialmente en Lima, donde la construcción informal es predominante (Barrueto, 2019; Espinoza Malpartida & N. S., 2019). En el Perú, los sistemas más empleados son la albañilería confinada (63,20%) y el aporticado (26,13%), aunque presentan limitaciones por la deficiencia tecnológica (Belizario, 2019). La albañilería confinada destaca por su bajo costo y uso extendido en Latinoamérica, pero es menos confiable que el concreto armado (Fiorella Carolina Mondragón Montaña & Darly Orlando Reyes Cruz, 2022), mientras que el sistema aporticado ofrece mayor flexibilidad en diseño, aunque exige análisis estructurales complejos (Camones Cuellar et al., 2021). La diferencia clave radica en la ubicación del refuerzo estructural (Flores-Laurente, 2024). Frente a la informalidad, urge un análisis comparativo de estos sistemas para garantizar viviendas seguras en zonas sísmicas (Bonisha Borah et al., 2023).

A continuación, se presentan los principales aspectos de la empresa en la cual se desarrolló el informe de suficiencia, la Corporación Four Service Import Export S.A.C., fundada en agosto de 2006, es una empresa peruana especializada en asesoría integral para el sector inmobiliario, con enfoque en la administración y supervisión de proyectos de gran envergadura. Su estructura organizacional se divide en cuatro áreas principales: gestión de proyectos, asesoría técnica, administración de inmuebles y soporte corporativo, garantizando una distribución eficiente de funciones. La corporación ofrece servicios completos de gestión inmobiliaria que incluyen administración de edificaciones, supervisión de obras y asesoría en inversiones, atendiendo tanto a clientes particulares como instituciones

privadas. Se ha consolidado como un actor estratégico en el mercado inmobiliario nacional, con sede principal en San Borja, Lima, y registro en SUNAT bajo el RUC N° 20513751495.

En la figura 1. Se muestra el organigrama donde se muestra los cargos directamente relacionados con el proyecto, en Four Service Import Export S.A.C., cada área desempeña funciones específicas que se integran para el éxito de los proyectos. Recursos Humanos gestiona el reclutamiento, capacitación y nóminas del personal, asegurando el talento adecuado para cada proyecto. Logística coordina la adquisición y distribución de materiales y equipos, manteniendo la continuidad operativa. El Jefe de Obra supervisa la planificación técnica y controla la calidad constructiva, garantizando el cumplimiento de normativas. El Encargado de Obra ejecuta las directrices establecidas, supervisa las actividades constructivas diarias y coordina con subcontratistas. La Mano de Obra representa el equipo operativo que ejecuta las tareas constructivas bajo supervisión técnica. Finalmente, Administración de Obra gestiona los aspectos financieros y documentales, controlando presupuestos, valorizaciones y pagos para garantizar la viabilidad económica del proyecto.

Figura 1. Organigrama de Corporación Four Service Import Export S.A.C.



Mi experiencia profesional en la Corporación Four Service Import Export S.A.C. se centró en la gestión técnica y administrativa de proyectos de construcción, desarrollando competencias especializadas en múltiples áreas estratégicas. Las responsabilidades principales incluyeron la elaboración de costos, metrados y presupuestos conforme a la normativa nacional vigente, así como la planificación y control integral de procesos ejecutivos. Adicionalmente, desempeñé funciones de diseño y replanteo mediante interpretación técnica de planos arquitectónicos, dirección de equipos de trabajo, asesoría especializada y supervisión de estándares de calidad. La gestión incluyó también la supervisión de planes de seguridad y salud ocupacional, coordinación logística de insumos y equipos, y análisis de diseño en

sistemas constructivos de albañilería y aporticado, garantizando el cumplimiento de especificaciones técnicas y normativas de construcción.

Paso siguiente, se detallan los tipos de servicios ofrecidos por la empresa: La Corporación Four Service Import Export S.A.C. brinda una amplia gama de servicios orientados a la gestión integral de proyectos inmobiliarios y de construcción, organizados en tres grandes áreas estratégicas. El área de almacenamiento, monitoreo y control permite el seguimiento en tiempo real de las obras mediante expedientes técnicos, reportes periódicos y actas de reuniones, garantizando transparencia y trazabilidad en todos los procesos. La gestión administrativa y de costos integra presupuestos y control financiero, optimizando la adquisición de materiales, la rentabilidad y la toma de decisiones estratégicas. Finalmente, la gestión de planificación, a través de metodologías modernas como Lean y BIM, estandariza la información, implementa tableros de control y mejora la coordinación entre equipos, asegurando la eficiencia operativa y el cumplimiento de objetivos en cada proyecto.

Entre las obras más recientes de la Corporación Four Service Import Export S.A.C. se encuentran proyectos de diversa índole que abarcan desde procesos colaborativos como Simplicitys y Homies, hasta desarrollos industriales como las Plantas Industriales Pepsi Company, edificaciones residenciales en Chorrillos (Edificio Coricancha), Miraflores (Edificación Suáres 918) y Cercado de Lima (Edificación Tirados 639). En el área de Gerencia de construcción, la empresa ha dirigido proyectos en Jesús María (Edificación Nestas Etapas 3-4), San Isidro (Edificación los Pinos y Tulipanes), Surquillo (Edificación Eres Passing1), Cerro Colorado (Edificación las Arboledas), Miraflores (Edificación Diez Cansecos 615)

y Breña (Edificación Duplos). Finalmente, en su función de Controller Financiero-Fiduciario, ha supervisado importantes centros comerciales como Ecoplazas en Cercado de Lima y Ate, edificaciones como Elants etapa 2-3 en La Victoria, Eres Passing2 en Surquillo, y Villamar 321 en San Miguel para la Inmobiliaria Grupo Caral, consolidando así su experiencia integral en el sector inmobiliario y de construcción.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

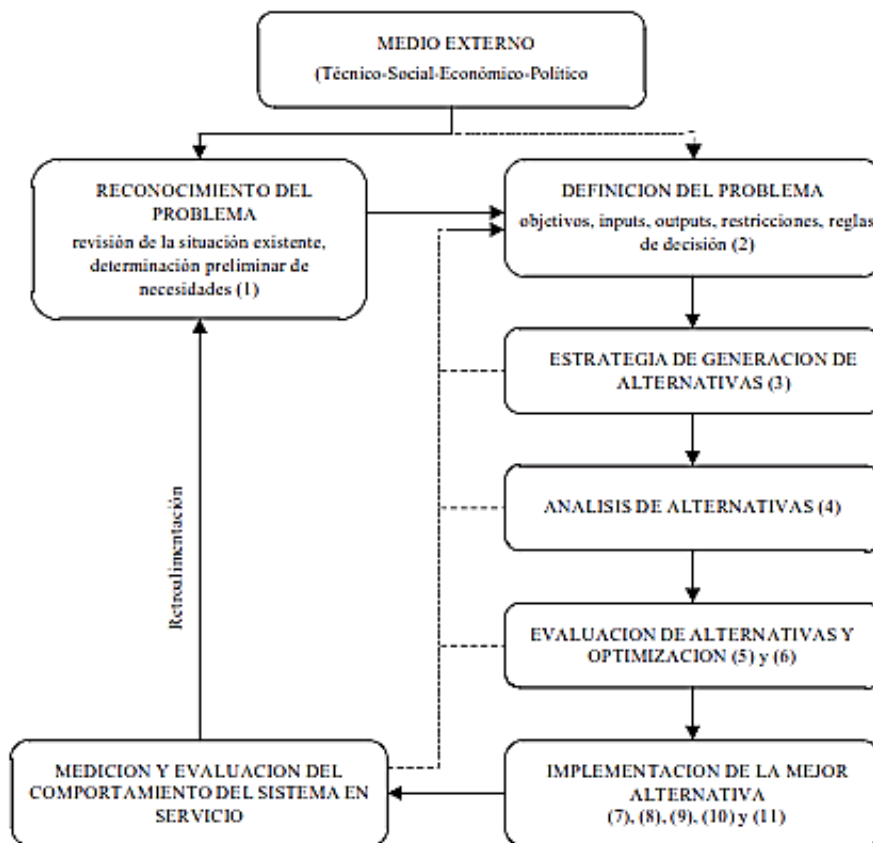
1. Introducción al Proceso Constructivo

1.1. Concepto de proceso constructivo

El desarrollo de un proceso constructivo resulta clave dentro de la ejecución de proyectos civiles. Para lograrlo, es necesario contar con una adecuada planificación y una visión clara antes de iniciar la obra en el terreno, especialmente en aquellas de carácter esencial que demandan mayor nivel de detalle en su ejecución (David Patricio Guerrero Cuasapaz et al., 2024). La construcción se organiza mediante etapas secuenciales claramente establecidas, formando parte fundamental de la metodología proyectual, donde se determinan momentos clave que facilitan la gestión ordenada de la edificación. Romoacca Serrano (2015) amplía esta perspectiva al conceptualizar la construcción como un sistema comprensivo que integra planificación, diseño, construcción y supervisión de una obra determinada, destacando la importancia del control técnico en todas las etapas del desarrollo (Alex Marallano, 2018).

Figura 2

Etapas en el desarrollo de un proyecto. (Hernán de Solminihac T et al., 2018)

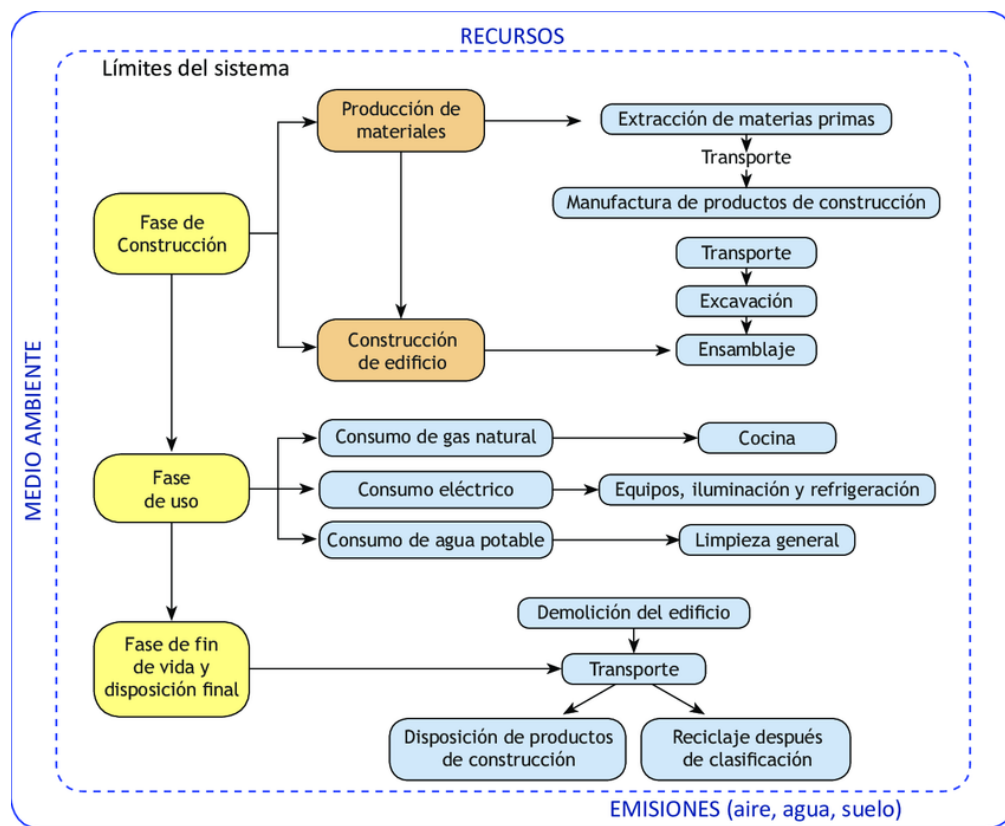


1.2. Etapas del proceso constructivo en edificaciones de oficinas

Figura 3

Diagrama ilustrativo del flujo típico de las fases constructivas en un edificio residencial, que puede adaptarse muy bien al contexto de edificaciones de oficinas: desde la preparación del terreno hasta los acabados finales.

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO



1.2.1. Planificación y diseño

A. PLANIFICACIÓN:

La planificación de un proyecto constructivo en oficinas inicia con la identificación de una necesidad y el análisis de las condiciones externas que la originan. Posteriormente, se definen los objetivos y restricciones, lo que permite estructurar alternativas de solución y someterlas a estudios de factibilidad técnica, económica, ambiental y legal. Este proceso requiere una organización sistemática que priorice actividades, controle el uso de recursos y considere la financiación adecuada para garantizar la viabilidad. Una correcta secuencia de estas etapas asegura el cumplimiento de plazos, optimiza costos y contribuye a alcanzar altos estándares de calidad en la ejecución de la obra (Hernán de Solminihaç T et al., 2018).

B. DISEÑO:

El diseño inicial es determinante para lograr eficiencia en la construcción y un desempeño adecuado de la obra, ya que incorporar la metodología constructiva desde esta fase permite reducir tiempo, costos y mejorar la calidad. En el caso de edificaciones de oficinas, la planificación en la etapa de diseño suele incluir los siguientes aspectos (Hernán de Solminihaç T et al., 2018):

- Análisis del terreno: revisión de las condiciones físicas, normativas, ambientales y legales del lugar.
- Diseño arquitectónico: definición de requerimientos, elaboración de anteproyecto y planos definitivos con sus especificaciones.
- Diseño estructural: cálculo de esfuerzos, selección de elementos resistentes y preparación de planos y especificaciones técnicas.
- Impacto ambiental: evaluación de los efectos de la construcción en el entorno.
- Instalaciones: integración de sistemas eléctricos, sanitarios, climatización, comunicaciones y seguridad para garantizar funcionalidad.
- Documentación de licitación: elaboración de los documentos necesarios para convocar a licitación.
- Constructabilidad y mantenimiento: La planificación constructiva contempla la optimización de la ejecución y el mantenimiento de la edificación, así como la constructabilidad, que integra el diseño con los factores técnicos y la participación de especialistas para facilitar la materialización eficiente de la obra.

1.2.2. Preparación del Terreno

La preparación del terreno constituye la primera etapa del proceso constructivo y abarca la limpieza, nivelación y, en muchos casos, excavaciones profundas que permiten disponer el suelo para la cimentación. En edificaciones de oficinas de mediana y gran altura, estas labores son críticas debido a la presencia de sótanos para estacionamientos o instalaciones técnicas. En el caso del edificio El Polo en Lima, se documenta cómo la limpieza del terreno y las excavaciones iniciales garantizaron condiciones adecuadas para el posterior sostenimiento estructural y cimentación (Galarza Vega, 1997). Asimismo, en proyectos con excavaciones profundas se recurre a muros anclados para controlar desplazamientos del terreno y garantizar la seguridad de predios colindantes, como se observó en el caso de un edificio de oficinas en Santiago de Surco (Flores Jaramillo & Arrieta Freyre, 2019).

1.2.3. Cimentación

La cimentación tiene como objetivo transmitir las cargas de la edificación hacia el suelo de manera segura y eficiente. En edificios de oficinas, las condiciones geotécnicas y la presencia de sótanos influyen directamente en el tipo de cimentación adoptada. En Lima, la optimización de procesos de cimentación ha sido evaluada para reducir costos y tiempos en proyectos corporativos, considerando alternativas al sistema tradicional (Ercilla, 2019). Del mismo modo, la interacción entre cimentación y elementos estructurales como las losas postensadas en sótanos es fundamental para lograr mayor eficiencia constructiva, tal como se evidencia en el edificio Caminos del Inca 390 (Tipacti Huamaní, 2019).

1.2.4. Estructura

La estructura constituye el esqueleto resistente de la edificación y define su

estabilidad y seguridad. En edificios de oficinas de varios niveles, el concreto armado con muros de corte es una de las soluciones más frecuentes en Lima. Un ejemplo es el diseño de un edificio de oficinas de 11 pisos desarrollado en la PUCP, que describe el proceso de cálculo y construcción de columnas, vigas y losas (Tipacti Huamaní, 2019). Además, investigaciones recientes sobre muros de concreto en edificaciones peruanas han señalado limitaciones de ductilidad y la necesidad de optimizar detalles constructivos para mejorar el desempeño sísmico, aspecto crucial en oficinas de gran altura (De la Piedra & Klingner, n.d.)

1.2.5. Instalaciones

Las instalaciones constituyen el conjunto de sistemas que garantizan el funcionamiento y la habitabilidad del edificio: energía eléctrica, climatización, agua y telecomunicaciones. En oficinas modernas, la demanda energética es considerable, por lo que se requiere un diseño eléctrico en media y baja tensión que asegure confiabilidad (Figuerola Loayza, n.d.).

1.2.6. Acabados

Los acabados conforman la etapa en la cual el edificio adquiere condiciones de habitabilidad y calidad estética. En oficinas, estos procesos suelen incluir tabiquería ligera, cielos rasos y revestimientos que permiten flexibilidad en el uso de espacios. El empleo del sistema drywall se ha consolidado como una alternativa eficiente en la construcción de oficinas temporales, facilitando rapidez y limpieza en la ejecución (Orbegozo Müller, 2005). A nivel de gestión, la aplicación de metodologías como Lean Construction ha demostrado reducir retrabajos y mejorar la calidad final de los acabados (Ramírez Paredes, 2018).

1.2.7. Entrega y Ocupación

La entrega y ocupación del edificio implica la verificación de la calidad de

obra, la realización de pruebas de funcionamiento en instalaciones y la entrega formal al usuario. En proyectos multipropósito en Lima, que incluyen oficinas, se ha documentado la importancia del planeamiento integral de obra para coordinar la culminación de instalaciones y acabados, asegurando que la edificación cumpla con las expectativas funcionales antes de ser entregada (Aleman Madrid, 2018).

1.2.8. Cerramientos y Fachadas

Los cerramientos y fachadas definen no solo la protección climática y acústica del edificio, sino también su eficiencia energética y expresión arquitectónica. En Lima, se han desarrollado manuales de diseño de envolventes para edificios de gran altura que consideran criterios de control solar, aislamiento y ventilación, aspectos determinantes en oficinas (Zupan Arispe, 2016). Asimismo, el uso de herramientas de análisis de ciclo de vida ha permitido evaluar el impacto ambiental de distintas soluciones de cerramiento aplicadas a oficinas en Lima, integrando BIM y sostenibilidad en la etapa de diseño y construcción (Zupan Arispe, 2016).

1.2.9. Espacios Exteriores

Los espacios exteriores comprenden accesos, estacionamientos, paisajismo y la articulación del edificio con su entorno urbano. En proyectos corporativos de San Isidro, la planificación de espacios exteriores ha sido determinante para integrar áreas comerciales y de oficinas, mejorando la relación con la ciudad (Flores Carreón & Ponte, n.d.). Estos espacios no solo cumplen una función estética, sino también operativa, al garantizar flujos adecuados de personas y vehículos, así como áreas de interacción social.

1.3. Criterios de optimización en proyectos de construcción

1.3.1. Costos

La administración de costos en proyectos de construcción, como los destinados a oficinas, exige una visión integral que combine la planificación financiera con el control en tiempo real. Diversos estudios destacan que esta gestión se estructura en varias fases interconectadas, donde los datos y la tecnología cumplen un rol central (Pablo Ballesteros-Pérez et al., 2013)

- **Captura de información**

En la primera etapa, se recolectan datos precisos de todas las variables del proyecto: recursos, costos directos e indirectos, cronogramas de ejecución y especificaciones de calidad. Esta información constituye la base para el análisis posterior.

- **Procesamiento y análisis**

El uso de herramientas de Big Data y modelos predictivos (como algoritmos de aprendizaje automático) permite identificar patrones en el comportamiento de costos y anticipar desviaciones presupuestales. De esta manera, los gestores cuentan con proyecciones más confiables para la toma de decisiones (Pablo Ballesteros-Pérez et al., 2013).

- **Seguimiento dinámico**

Una característica relevante de los sistemas actuales es el monitoreo continuo del desempeño financiero, lo que permite identificar variaciones entre lo planificado y lo ejecutado casi en tiempo real. Esto fortalece la capacidad de respuesta y la implementación de medidas correctivas oportunas.

- **Decisiones estratégicas**

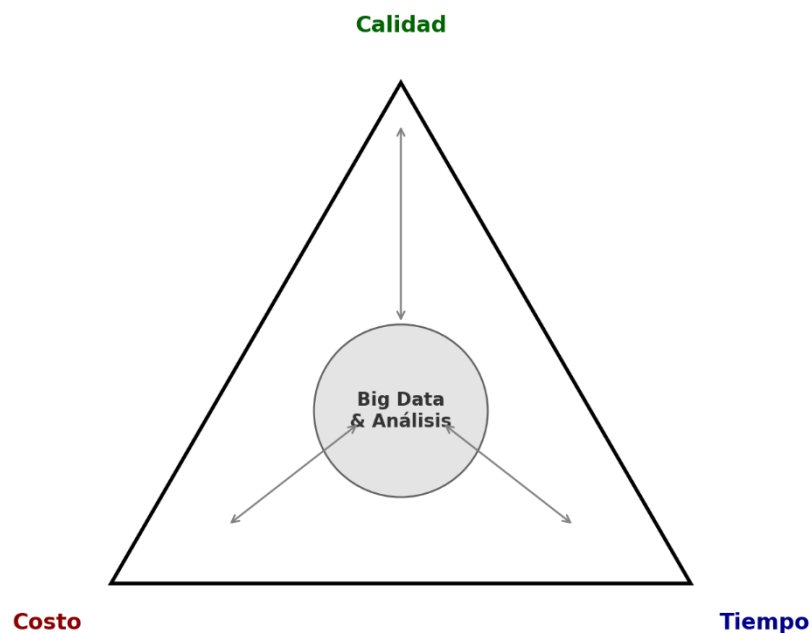
La información procesada facilita la redefinición de plazos, reasignación de

recursos o ajustes de alcance, buscando mantener el equilibrio entre costo, tiempo y calidad. Este enfoque es especialmente relevante en proyectos de oficinas, donde la flexibilidad y la eficiencia en el uso del presupuesto son determinantes para la competitividad (Pablo Ballesteros-Pérez et al., 2013).

Figura 4

Representación de la optimización en proyectos de oficinas mediante el triángulo costo–tiempo–calidad, integrado con Big Data como soporte para su equilibrio dinámico (Pablo Ballesteros-Pérez et al., 2013; adaptado Roger Atkinson, 1999).

Optimización en proyectos de construcción de oficinas: Equilibrio entre Costo, Tiempo y Calidad con apoyo de Big Data



1.3.2. Tiempo

La gestión del tiempo en proyectos de oficinas constituye un factor decisivo para garantizar eficiencia y competitividad. Diversas investigaciones señalan que la reducción de plazos debe abordarse a partir de un enfoque integral que combine la programación de actividades, la incorporación de herramientas digitales y el uso de modelos de optimización. En este sentido, se destacan tres ejes principales: (1)

la reorganización de la secuencia y el ritmo de trabajo mediante metodologías como takt-time; (2) la integración de Building Information Modeling (BIM) con algoritmos de optimización, especialmente metaheurísticos como los genéticos; y (3) la aplicación de modelos multiobjetivo que equilibren simultáneamente tiempo, costo y calidad (Osama Mohamed ElSahly & Salma Ahmed and Akmal Abdelfatah, 2023).

La planificación takt permite organizar el trabajo en intervalos regulares y zonas definidas, garantizando flujo continuo y reducción de esperas. Su aplicación ha demostrado disminuir un 20,2 % la duración de obra y un 2,1 % los costos laborales, siendo especialmente útil en proyectos repetitivos como oficinas (Fan Ding et al., 2024).

La integración de BIM con algoritmos genéticos optimiza la programación al generar alternativas de secuenciación y asignación de recursos. Estudios reportan ahorros de hasta 8,5 % en tiempo y 1,7 % en costos, con alta pertinencia en fases críticas como cimentación y estructura (Yingxia Yu et al., 2023).

En cuanto a los modelos multiobjetivo, los enfoques híbridos destacan por equilibrar precisión y esfuerzo computacional, recomendándose su uso en edificaciones de oficinas para reducir plazos sin comprometer la calidad ni elevar significativamente los costos (Osama Mohamed El Sahly & Salma Ahmed and Akmal Abdelfatah, 2023).

1.3.3. Seguridad estructural

La seguridad estructural es un requisito básico en los edificios de oficinas, pero debe abordarse junto con otros aspectos como el costo, el tiempo de construcción y la flexibilidad del diseño. Los avances recientes en ingeniería han introducido enfoques de optimización que permiten integrar estos factores de

manera equilibrada.

- Diseño orientado al desempeño

El método Performance-Based Design Optimization (PBDO) evalúa el comportamiento de una estructura frente a cargas como sismos o viento mediante modelos probabilísticos. Esta técnica permite diseñar edificios que cumplen con los niveles de seguridad requeridos sin incurrir en sobredimensionamientos ni en costos excesivos (Hassanzadeh et al., 2024).

- Constructabilidad en etapas tempranas

Incorporar la constructabilidad desde el diseño inicial mejora la seguridad durante la ejecución. (Horn, 2015), muestra que integrar métricas cuantitativas en procesos multiobjetivos reduce los riesgos en el montaje de estructuras, especialmente en oficinas con sistemas metálicos y prefabricados.

- Reforzamiento sísmico optimizado

En edificios existentes, la seguridad puede incrementarse con estrategias de refuerzo optimizadas. (Samadipour et al., 2022), desarrollan un modelo que equilibra costo y resiliencia, logrando soluciones más eficientes que los métodos tradicionales.

- Modelos multiobjetivo

La investigación reciente subraya la importancia de los modelos multiobjetivo, que combinan seguridad, costo y viabilidad constructiva. (Chai et al., 2024), aplican este enfoque en estructuras de acero, mientras que (Izumi et al., 2024) destacan el uso de algoritmos híbridos y evolutivos, integrados a herramientas digitales como BIM.

1.3.4. Flexibilidad de diseño

La flexibilidad de diseño se ha convertido en un factor esencial para

responder a los cambios en la demanda, facilitar la reorganización de espacios y extender la vida útil de los edificios de oficinas. Para alcanzarla, la literatura propone estrategias que van desde la estandarización constructiva hasta el uso de algoritmos avanzados.

- Modularidad y prefabricación

El diseño modular favorece la estandarización de elementos, lo que agiliza ampliaciones y ajustes espaciales (Huang et al., 2024)

- Adaptabilidad en el ciclo de vida

La flexibilidad debe considerarse desde la etapa inicial de diseño. Según (Mlote et al., 2024), la incorporación temprana de criterios de adaptabilidad permite anticipar variaciones en la ocupación y el uso, un aspecto especialmente relevante en oficinas.

- Reconfiguración interior mediante algoritmos

La digitalización del diseño abre nuevas posibilidades de optimización. (Sheijani et al., 2024) propone un modelo algorítmico que genera layouts modulares y abiertos, reduciendo tiempos de planificación y ofreciendo soluciones ajustables a nuevas demandas.

- Modelos multiobjetivo aplicados a oficinas

La flexibilidad también puede optimizarse junto a otros criterios. (Torres-Barriuso et al., 2025) evidencia que los algoritmos multiobjetivo permiten equilibrar eficiencia energética y flexibilidad espacial en torres de oficinas, mostrando que es posible integrar desempeño, sostenibilidad y adaptabilidad en un mismo marco de diseño.

Figura 5

El gráfico muestra cómo la flexibilidad de diseño en oficinas se optimiza a través de cuatro estrategias interrelacionadas: modularidad, adaptabilidad, reconfiguración interior y modelos multiobjetivo.



1.3.5. Calidad

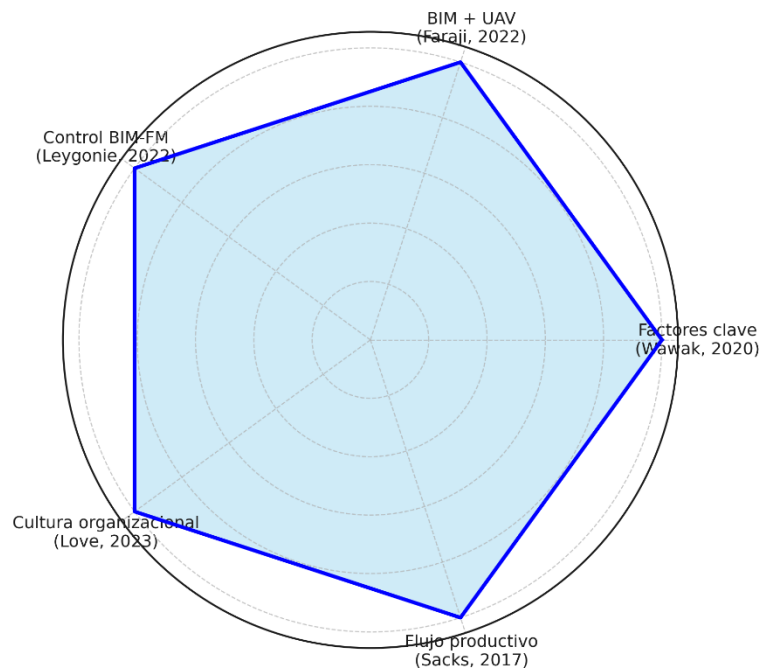
La optimización de la calidad en proyectos de oficinas requiere integrar herramientas tecnológicas, métodos de gestión y enfoques de diseño que permitan mejorar tanto el desempeño constructivo como la experiencia de los usuarios. En este sentido, el uso de BIM en combinación con drones facilita el control en tiempo real y la detección temprana de desviaciones durante la obra (Faraji et al., 2022), mientras que la incorporación de procedimientos de Facility Management BIM garantiza un mejor seguimiento de los indicadores de calidad a lo largo del ciclo de vida del edificio (Leygonie et al., 2022). De manera complementaria, el modelo Quality II propone una gestión más colaborativa y orientada a resultados, superando los enfoques tradicionales (Love et al., 2023). A nivel de procesos, el Construction Flow Index demuestra que una producción continua y estable repercute en una reducción significativa de fallos constructivos (Wu et al., 2017). Finalmente,

estudios recientes subrayan que la calidad en oficinas también depende de factores críticos como la integración de los actores, la adecuada gestión de riesgos y la incorporación de criterios de sostenibilidad (Wawak et al., 2020).

Figura 6

El gráfico representa cómo la calidad en proyectos de oficinas se optimiza integrando herramientas digitales (BIM y drones), gestión sistemática de procesos y modelos multiobjetivo que equilibran desempeño, costo y tiempo.

Ejes de optimización de la calidad en proyectos de oficinas



2. Sistemas Constructivos en el Perú

2.1. Panorama de la construcción en Lima: demanda y problemática de la informalidad

En Lima Metropolitana, la mayor parte de las viviendas edificadas en los últimos años se han realizado al margen de la formalidad. Entre 2008 y 2020, se estima que un 67 % de las construcciones fueron informales, situación que incrementa los riesgos frente a movimientos sísmicos y eleva los costos, ya que se calcula que este tipo de edificaciones puede resultar hasta un 18 % más caro que aquellas desarrolladas bajo supervisión técnica adecuada (CAPECO, 2023). A ello

se suma la carencia de control profesional y la frecuente ocupación de terrenos no aptos, lo que profundiza la vulnerabilidad estructural (Equipo Idencity, 2018; La Republica, 2023).

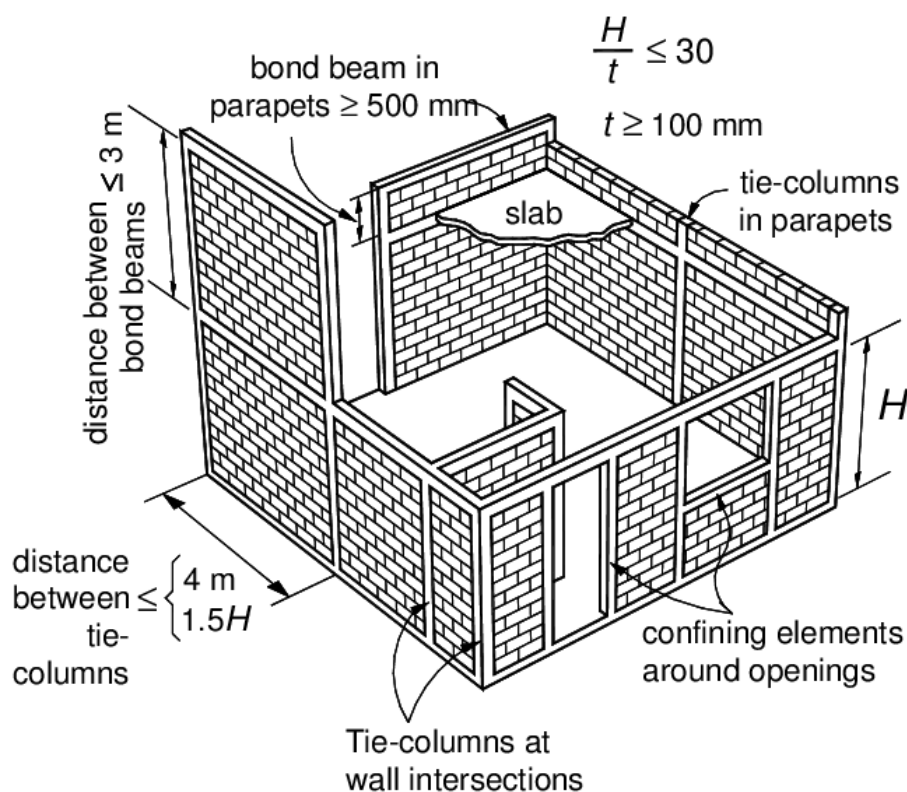
2.2. Principales sistemas empleados en edificaciones

2.2.1. Albañilería confinada

La albañilería confinada es un sistema estructural basado en muros de ladrillo o bloques reforzados con columnas y vigas de concreto armado, lo que incrementa su capacidad de resistencia sísmica. Se caracteriza por ser una técnica de uso extendido en el Perú debido a su bajo costo y simplicidad constructiva; sin embargo, su rendimiento depende en gran medida de la calidad de los materiales y la mano de obra empleada, lo que en entornos informales suele generar fallas estructurales. En términos económicos, resulta más accesible que otros métodos y permite tiempos de ejecución moderados, aunque la construcción puede prolongarse cuando se emplean procedimientos tradicionales. En cuanto a su desempeño frente a sismos, cumple satisfactoriamente con los estándares de seguridad si se ejecuta bajo normativa, pero presenta una marcada vulnerabilidad cuando se realiza sin supervisión técnica adecuada.

Figura 7

Diagrama técnico que muestra cómo los muros de mampostería quedan integrados dentro de marcos de columnas y vigas de concreto armado, lo que es clave en construcciones vulnerables a sismos (Blondet et al., 2011).

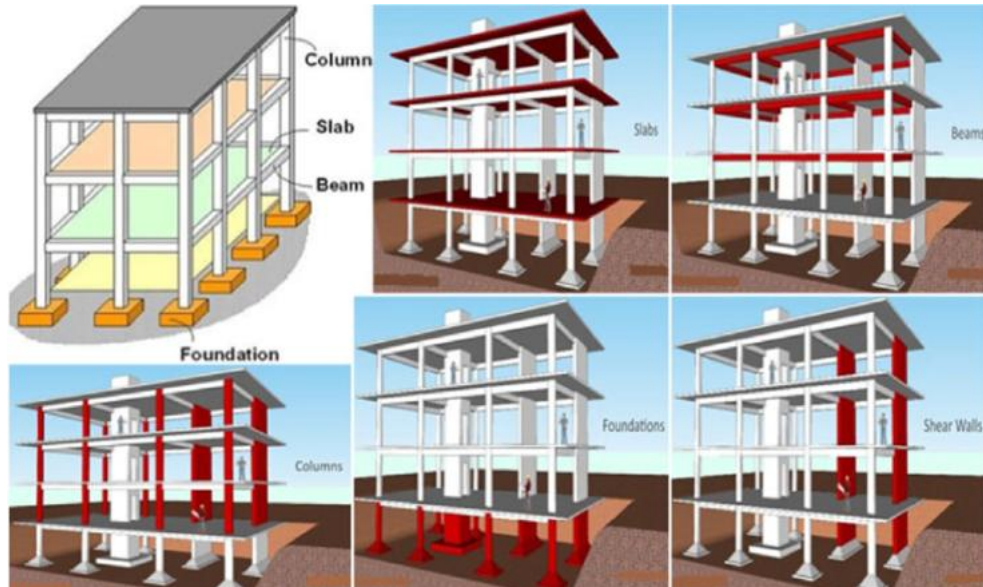


2.2.2. Sistema aporticado

El sistema aporticado se compone de pórticos de concreto armado conformados por vigas y columnas que trabajan de manera conjunta para resistir cargas verticales y horizontales, lo que lo convierte en una de las tipologías más utilizadas en edificaciones modernas como oficinas. Su principal ventaja es la flexibilidad espacial que ofrece y su adecuado comportamiento sísmico, aunque requiere proyectos más elaborados, mayor inversión y supervisión técnica especializada. En términos de costos, suele ser más elevado debido al uso intensivo de materiales y mano de obra calificada, aunque la incorporación de elementos prefabricados puede reducir significativamente los plazos de ejecución. Respecto a su desempeño frente a sismos, destaca por su ductilidad y capacidad de respuesta, siempre que el diseño y la construcción cumplan estrictamente con los estándares de calidad y el detalle de las conexiones estructurales.

Figura 8

Esquema estructural clásico que representa pórticos formado por columnas y vigas, ampliamente usado en oficinas y edificaciones modernas (SMIS, 2009).



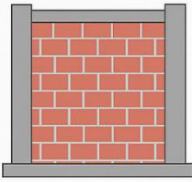
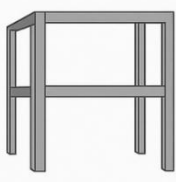
2.3. Comparación entre albañilería confinada y sistema aporticado en edificaciones de oficinas

En términos comparativos, la albañilería confinada resulta más accesible en costos y apropiada para edificaciones de baja altura, pero limita la flexibilidad en el diseño de espacios. En contraste, el sistema aporticado es más costoso, aunque ofrece mayor libertad arquitectónica y mejor adaptación a los requerimientos de oficinas modernas y construcciones en altura.

Figura 9

Comparación entre albañilería confinada y sistema aporticado en edificaciones de oficinas (Blondet et al., 2011; SMIS, 2009).

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

Albañilería confinada	Sistema aporticado
	
Definición con parruasteclera de porbcosó	Definición consistena de porconecto armado
Utue perode mtrodle conaounimaooronnerendo con concreto ganno	Sísna mvefen contac senmrate aportcos de transnofannos
Lurar costos mus economia que otros sismión gerencta poronescernaresonable	Mayorr flexibilidad y puen aressencisteno conceraast neco nuece nrego
Conscto s ome economica pon otros sem-somanatan contenean pór euhores	Engeureriar meán neorrenente manterials y poebte cácon arcen aneooof for rincionos
Buele prerponresismo ctoes una asemamion	Es terilenidad en conpena senranestnos sintica

3. Optimización en la Construcción

3.1. Concepto de optimización en ingeniería civil

La optimización en ingeniería civil busca obtener soluciones estructurales y constructivas más eficientes en términos de costo, tiempo y seguridad. En los últimos años, se han incorporado métodos computacionales como algoritmos genéticos y técnicas multiobjetivo para el diseño de estructuras, permitiendo reducir materiales sin comprometer la resistencia (Latorre Aizaga & Hugo Julianny, 2025). En el ámbito peruano, diversas tesis señalan que la optimización es fundamental para responder a la alta demanda de edificaciones y a la necesidad de disminuir la informalidad en los procesos constructivos (Reynaga Bellido & Jhosue Roberth Renzo, 2024).

3.2. Relación entre sistema constructivo y optimización del proceso

La elección del sistema constructivo impacta directamente en la eficiencia del proceso, ya que condiciona la programación de obra, los costos y el rendimiento

de la mano de obra. Estudios aplicados en el Perú han demostrado que la prefabricación, combinada con herramientas de planificación digital, genera ahorros significativos en tiempo y reduce los desperdicios de material (Reynaga Bellido & Jhosue Roberth Renzo, 2024).

3.3. Herramientas de optimización aplicadas a la construcción

3.3.1. Lean Construction

La filosofía Lean Construction se centra en la eliminación de desperdicios y la creación de valor en los proyectos de edificación. Una revisión sistemática reciente publicada en *Buildings* identifica que la implementación de herramientas como el *Last Planner System* y el *Value Stream Mapping* reduce la variabilidad en los cronogramas y aumenta la confiabilidad de la planificación (Alnajjar et al., 2025).

3.3.2. Building Information Modeling (BIM)

El uso del BIM se ha consolidado como una herramienta esencial para la optimización de proyectos, dado que permite la integración de disciplinas, la detección temprana de interferencias y una mejor gestión de cronogramas y presupuestos. En el Perú, estudios como el de Angulo Huapaya (2021) han mostrado que BIM mejora la coordinación entre especialidades y reduce el retrabajo. A nivel internacional, investigaciones han comprobado que la integración de BIM con Lean Construction mitiga los retrasos y genera mayor transparencia en la gestión de proyectos (Andújar-Montoya et al., 2019).

4. Bases Teóricas y Normativas

4.1. Marco conceptual de los sistemas estructurales

Los sistemas estructurales son fundamentales en la ingeniería civil, ya que determinan la forma en que una edificación distribuye y soporta las cargas a las que

está sometida. Según la tesis de Mejía Márquez (2020), se desarrolló el análisis estructural de un edificio de concreto armado de cuatro pisos y un semisótano, empleando la norma E.030 de diseño sismorresistente en sus versiones 2016 y 2003, así como el diseño estructural del proyecto usando la norma sismorresistente vigente y la norma de concreto armado E.060 (Mejía Márquez & Luis Abel, 2017).

4.2. Reglamentos aplicables en el Perú

4.2.1. Norma E-030: Diseño Sismorresistente

La Norma E.030 establece los lineamientos para el diseño sismorresistente de edificaciones en el Perú. En la tesis de Mejía Márquez (2020), se aplicó esta norma en el análisis estructural de un edificio de concreto armado, evaluando su comportamiento frente a sismos según las versiones 2016 y 2003 de la norma.

4.2.2. Norma E-060: Concreto Armado

La Norma E.060 regula el diseño y construcción de estructuras de concreto armado. En la misma tesis de Mejía Márquez (2020), se utilizó esta norma para el diseño estructural del proyecto, asegurando la estabilidad y seguridad de la edificación (Mejía Márquez & Luis Abel, 2017).

4.2.3. Norma E-070: Albañilería

La Norma E.070 establece las directrices para el diseño y construcción de estructuras de albañilería. En la tesis de San Bartolomé Ramos (2018), se abordó la formulación y aplicación de esta norma, destacando su importancia en la construcción de edificaciones sismorresistentes (William Edsel Calsina Calcina & Giovana Mamani Quenta, 2021).

4.3. Normas de seguridad y salud ocupacional en construcción (Ley 29783)

La Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, establece disposiciones para proteger la salud y seguridad de los trabajadores. En la

investigación de Sánchez Castro (2013), se brindó un panorama claro sobre la seguridad industrial en el sector construcción, identificando los accidentes más comunes, actos inseguros y malas prácticas con las que se trabaja (Sánchez Castro & Toledo Rios, 2013).

4.4. Referencias internacionales (ACI, ASCE, Eurocódigos)

Los estándares internacionales, como los del American Concrete Institute (ACI), American Society of Civil Engineers (ASCE) y los Eurocódigos, ofrecen directrices para el diseño estructural. En la tesis de San Bartolomé Ramos (2018), se abordó la formulación y aplicación de la Norma E.070, la cual se basa en investigaciones teórico-experimentales realizadas en la PUCP, incorporando conocimientos de estos estándares internacionales (San Bartolomé Ramos et al., 2018).

5. Conocimiento Práctico desde la Experiencia Profesional

El conocimiento adquirido en la práctica profesional en construcción combina la formación técnica con la experiencia directa en obra. Este saber se manifiesta en la capacidad de gestionar proyectos, resolver problemas técnicos y tomar decisiones basadas en evidencias de desempeño constructivo. La literatura coincide en que la experiencia profesional fortalece la toma de decisiones al enfrentar condiciones reales de obra que no siempre están previstas en los manuales o normas (Alfaro, 2005; Carazas, 2015).

5.1. Rol en la gestión técnica y administrativa de proyectos de construcción

5.1.1. Elaboración de metrados, costos y presupuestos

La preparación de metrados, costos y presupuestos constituye una fase clave en la formulación de proyectos, ya que define el consumo de materiales, la secuencia constructiva y la inversión necesaria. El uso de software especializado

como SIGMA R20 ha permitido mejorar la precisión y la trazabilidad de estos procesos (Ramos Sanchez, 2023). Asimismo, los lineamientos metodológicos de la UNI destacan la importancia de los análisis de costos unitarios (ACU) y de la memoria descriptiva como parte integral del expediente técnico (UNI, s/f). Más recientemente, se ha demostrado que el uso de herramientas digitales como BIM 5D incrementa la exactitud en los metrados y la consistencia del presupuesto (Huaroc Palacios et al., 2024).

5.1.2. Planificación y control de obra

Planificar y controlar la obra implica organizar los recursos, definir la secuencia constructiva y dar seguimiento a los indicadores de avance. Estudios en universidades peruanas evidencian que la planificación basada en procesos reduce desviaciones en plazo y costo (Monasterio Flores, 2021). En proyectos reales, como el edificio de oficinas Schreiber 220 en Lima, la planificación detallada y el control sistemático del plazo y presupuesto demostraron ser determinantes para la entrega dentro de los parámetros establecidos (Ormeño Ramírez, 2019). Estos enfoques son complementados con guías académicas que proponen indicadores de control y gestión productiva de obra (Carazas Cotrina, 2014).

5.1.3. Supervisión técnica y aseguramiento de calidad

La supervisión técnica busca verificar que la obra cumpla con los planos, especificaciones y normativa. Para reforzar este proceso, se implementan sistemas de aseguramiento de calidad basados en planes documentados y en la aplicación de normas internacionales (Delgado Agurto, 2011). Evaluaciones en obras públicas peruanas evidencian que un control de calidad insuficiente repercute en fallas constructivas y afecta la durabilidad de las edificaciones (Delgado Agurto, 2011). En contraste, la aplicación de planes de gestión de calidad adaptados a la normativa

ISO y a la normativa peruana ha demostrado mejorar el cumplimiento de los objetivos técnicos (Velásquez Rosas, 2024).

5.2. Experiencia con albañilería confinada

5.2.1. Casos aplicados

La albañilería confinada (AC) es uno de los sistemas más utilizados en viviendas peruanas por su economía y rapidez constructiva. Investigaciones recientes en Perú confirman que, pese a limitaciones, este sistema presenta un comportamiento adecuado ante cargas fuera de plano (Silva Linares Jeison Alembert, 2023). Además, estudios internacionales resaltan que, cuando se cumplen los requisitos de confinamiento y densidad de muros, el desempeño sísmico de la AC es satisfactorio (Aied & González, 2014).

5.2.2. Limitaciones observadas

Entre las limitaciones detectadas en campo destacan deficiencias constructivas como baja densidad de muros o errores en el detallado del confinamiento, lo cual reduce la resistencia y rigidez lateral (Fernández Quispe, 2023). Asimismo, investigaciones en vulnerabilidad estructural muestran que las viviendas de AC con irregularidades geométricas o configuraciones inadecuadas presentan un riesgo mayor frente a sismos. La normativa peruana E.070 establece criterios de diseño y límites de aplicación de este sistema, recomendando su uso hasta edificaciones de mediana altura (Ángel San Bartolomé & Daniel Quiun, 2004).

5.3. Experiencia con sistema aporticado

5.3.1. Casos aplicados

El sistema aporticado de concreto armado se caracteriza por su flexibilidad y uso extendido en edificaciones de mediana y gran altura. Evaluaciones sísmicas

mediante análisis pushover evidencian la capacidad de este sistema para alcanzar diferentes niveles de desempeño en función del detallado de los nudos y secciones (Tong et al., 2022). En casos aplicados, se han propuesto configuraciones mixtas para corregir irregularidades como el piso blando, combinando pórticos en un eje y muros de corte en otro (Boza, 2020). Además, evaluaciones de pórticos tras exposición a incendios han permitido caracterizar su resistencia residual y viabilidad de reforzamiento (Fernández Quispe, 2023).

5.3.2. Beneficios y desafíos identificados

Entre los beneficios, se resalta su capacidad para brindar mayor libertad arquitectónica y responder adecuadamente en edificaciones altas, donde puede ser incluso más económico que la albañilería confinada. Sin embargo, uno de los principales retos es el control de derivas laterales, ya que un diseño inadecuado puede generar deformaciones excesivas en los pisos superiores (Pari Quispe & Manchego Meza, 2017). Asimismo, el sistema requiere una estricta supervisión en el detallado de nudos y en la colocación de acero para garantizar un buen desempeño sísmico (Velásquez Rosas, 2024).

5.4. Comparación práctica entre ambos sistemas

La comparación entre la albañilería confinada y el sistema aporticado muestra diferencias claras en costo, desempeño estructural y aplicabilidad. Estudios económicos demuestran que la AC demanda menos acero y concreto, resultando más accesible en viviendas de baja altura (Delgado Agurto, 2011). En contraste, el sistema aporticado puede ser más competitivo en zonas sísmicas de menor intensidad y en edificaciones de gran altura, donde las exigencias estructurales de rigidez lateral son mayores. Investigaciones experimentales y de modelado estructural confirman que las derivas en pórticos suelen ser superiores a las de la

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE
ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

albañilería confinada, aunque esta última es más vulnerable a deficiencias constructivas cuando no se cumple la normativa (Carazas Cotrina, 2014).

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. Proceso de entrada a la empresa

Mi incorporación a la Corporación Four Service Import Export S.A.C. se produjo en el año 2011, tras participar en una convocatoria pública organizada por la empresa. En aquella oportunidad ingresé como practicante en el área de ingeniería, desempeñándome inicialmente como ayudante en la oficina de almacén. Con el tiempo, fui asumiendo mayores responsabilidades que me permitieron involucrarme en actividades de administración, compras y gestión de almacén. Posteriormente, amplíé mis funciones hacia la preparación de propuestas técnicas y económicas, así como la evaluación de expedientes y costos, lo que marcó mi acercamiento al área técnica de la organización.

Este proceso de transición me llevó a participar directamente en la ejecución de obras, apoyando al gerente general en diversas tareas de campo. La experiencia adquirida despertó en mí un mayor interés por la ingeniería civil, lo que me motivó a formalizar mis estudios profesionales en esta disciplina, complementando así mi formación práctica con una base académica sólida.

El proceso de selección para mi incorporación formal a la empresa se desarrolló en tres etapas claramente definidas. La primera consistió en la entrega de documentos como el currículum vitae, antecedentes policiales, certificado médico y acreditación de bachillerato, además de una entrevista con el área de Recursos Humanos en la que se evaluó mi perfil psicológico, mi capacidad de liderazgo y mi nivel de adaptación a las políticas institucionales. La segunda etapa estuvo a cargo del área de Ingeniería y Obras, donde se me formularon preguntas técnicas vinculadas a la ingeniería civil y se me plantearon escenarios hipotéticos que

pusieron a prueba mi capacidad de análisis y resolución de problemas en campo. Finalmente, la tercera etapa correspondió a una reunión con la Gerencia General y el área de Administración, en la cual se me presentó una oferta laboral formal que incluía condiciones de remuneración, beneficios y expectativas de desempeño. Mi ingreso se consolidó con la firma del contrato laboral, lo que marcó el inicio de una relación formal y estable con la organización.

3.2. Personas involucradas en la obra

Dentro de mi trayectoria laboral he trabajado con diversos profesionales y especialistas que han sido parte fundamental en los proyectos desarrollados, entre ellos destacan:

Tabla 1

Profesionales involucrados en los proyectos de la Corporación Four Service Import Export S.A.C.

Nombre	Cargo / Rol	Funciones principales
Wilfredo Escobar Calderón	Gerente y propietario de la empresa	Dirección general, coordinación de campo, toma de decisiones estratégicas.
Marina Catty Naveda Gutierrez	Coordinadora de campo	Apoyo en gestiones de campo y coordinación con el personal técnico.
Jaime Castrejón De la Cruz	Maestro de obra / Capataz	Supervisión directa de cuadrillas, ejecución de trabajos en obra.
Adolfo Adolfo Rodríguez Angulo	Ingeniero jefe de proyectos	Especialista en costos y presupuestos, planificación de obras.
Jesús Jorge Huerta Baltazar	Ingeniero residente	Responsable principal de la ejecución en la mayoría de obras.
Carlos Gaona Montenegro	Ingeniero de proyectos	Apoyo en supervisión y ejecución de proyectos.
Martín Malover	Ingeniero estructural	Diseño y supervisión de

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE
ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

Pizarro		estructuras.
Maximo Orlando Oseda Tello	Ingeniero especialista en seguridad y salud en el trabajo	Implementación y control de normas de seguridad y salud ocupacional.
Edward Oblitas Susanibar	Ingeniero de calidad	Control de calidad en la ejecución de obras.
Christian Omar Marbolejo Salazar	Ingeniero de proyectos	Apoyo técnico en la ejecución de obras.
Aníbal Quintana Quiroga	Maestro de obra / Técnico de campo	Ejecución y coordinación en actividades constructivas.
Otros profesionales y técnicos	Personal de campo, proveedores, contratistas	Apoyo en ejecución de obra, suministro de materiales, operación de maquinaria, entre otros.

3.3. Funciones desempeñadas por el estudiante

En cuanto a las funciones desempeñadas, mi experiencia se ha desarrollado de manera progresiva y complementaria. En una primera etapa, estuve orientado a labores administrativas, apoyando en la oficina de almacén, elaborando propuestas técnicas y económicas para licitaciones, evaluando expedientes y costos, y participando en la gestión de valorizaciones. Posteriormente, me involucré de forma activa en la coordinación de campo, estableciendo vínculos con proveedores de materiales, contratistas y subcontratistas, así como con supervisores e instituciones externas relacionadas con la ejecución de los proyectos. Esta labor también implicó la atención de aspectos ambientales y sociales, la resolución de interferencias y la coordinación con especialistas en estas materias.

Actualmente, mi rol está centrado principalmente en la supervisión de campo, donde apoyo directamente al ingeniero residente y al gerente general en la ejecución de las obras. Asumo la coordinación con capataces, maestros de obra y

personal técnico, además de gestionar las relaciones con proveedores y subcontratistas. Esta responsabilidad se complementa con la supervisión integral de la calidad, seguridad y cumplimiento de los proyectos, funciones que en muchos casos se asemejan a las de un superintendente de campo, con personal a cargo y la obligación de garantizar que cada obra se ejecute en los plazos, condiciones y estándares establecidos.

3.4. Identificación del problema

Durante mi participación en proyectos de construcción de oficinas en Lima y a partir de la revisión de los procedimientos aplicados en obra, se evidenció una dificultad recurrente vinculada a la limitada eficiencia del sistema de albañilería confinada. Aunque este método sigue siendo frecuente por su bajo costo inicial y relativa facilidad de ejecución, presenta restricciones importantes relacionadas con la falta de flexibilidad en el diseño de espacios, el desempeño estructural frente a sismos y el cumplimiento de los plazos establecidos en los cronogramas. Tales limitaciones repercuten en retrasos durante actividades esenciales como el levantamiento de muros, la instalación de encofrados secundarios y el vaciado de elementos de concreto complementarios.

En el caso específico de edificaciones destinadas a oficinas, este sistema resulta poco adecuado frente a las exigencias actuales, que priorizan rapidez constructiva, seguridad y ambientes más adaptables. Estas deficiencias han derivado en entregas tardías de proyectos, incremento de costos por horas adicionales de trabajo y disminución en la productividad de la mano de obra, factores que reducen de manera directa la rentabilidad de las construcciones. Es importante señalar que, en los expedientes técnicos, los tiempos planificados para la albañilería confinada tienden a prolongarse más de lo esperado, lo que retrasa la

ejecución de partidas posteriores como instalaciones eléctricas, sanitarias y acabados. La situación se complica aún más en Lima, donde la alta demanda de espacios genera presión para cumplir plazos estrictos, ocasionando mayores costos financieros y dificultades en la entrega oportuna de los inmuebles.

De igual manera, la extensión en los periodos de construcción no solo genera sobrecostos, sino también problemas operativos, pues el mercado de oficinas requiere espacios seguros y disponibles en el menor tiempo posible. Ante este panorama, surge la necesidad de considerar alternativas como el sistema aporticado, que permite optimizar los procesos constructivos, acortar plazos, reforzar la seguridad estructural y lograr un desempeño más eficiente en proyectos de oficinas en Lima.

3.5. Identificación del problema

3.5.1. Etapa 1: Diagnóstico (antes)

3.5.1.1. Rigidez lateral global en el sistema de Albañilería

La evaluación de la rigidez lateral global en el sistema de albañilería resultó fundamental para comprender el comportamiento de la edificación frente a cargas laterales. Para iniciar este procedimiento, opté por identificar el tipo de sistema que estaba analizando, diferenciando si se trataba de albañilería confinada o portante, ya que en ambos casos los muros constituyen los principales elementos resistentes. Una vez definido el sistema, recopilé la información geométrica de los muros — longitud, espesor y altura— junto con las propiedades mecánicas de la mampostería, en especial el módulo de elasticidad. También verifiqué las condiciones de apoyo en cimentación y la presencia de losas rígidas que, al comportarse como diafragmas, distribuyen las cargas laterales entre los muros de cada nivel.

Durante esta etapa, calculé la rigidez individual de los muros. Para la flexión, empleé la expresión $k = 12EI/h^3$, considerando el momento de inercia de la sección, mientras que para el cortante utilicé la relación $k = GA/h$, lo que me permitió integrar el efecto combinado flexión–cortante característico de la albañilería. Posteriormente, sumé las rigideces de todos los muros de un mismo nivel para obtener la rigidez lateral de cada piso. Con estos valores armé la matriz de rigidez global de la edificación, la cual me permitió calcular los desplazamientos laterales de cada nivel, las derivas interplanta y el periodo fundamental de vibración.

Con los resultados en mano, procedí a verificar el cumplimiento de la normativa vigente. Contrasté las derivas obtenidas con los límites establecidos por la Norma E.070 de Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones, que establece valores de referencia entre 0.005 y 0.007 de la altura del piso (Ministerio de Vivienda, 2019). Asimismo, analicé la distribución de los muros en planta para comprobar que no se generaran torsiones accidentales producto de configuraciones asimétricas. Finalmente, interpreté los resultados obtenidos. Observé que los muros largos y distribuidos de manera simétrica incrementan considerablemente la rigidez lateral global, mientras que en edificaciones de mayor altura es necesario complementarlos con muros de corte de concreto armado o pórticos que refuercen la estabilidad. Este procedimiento me permitió no solo cuantificar la rigidez lateral, sino también proponer soluciones de mejora para garantizar un mejor desempeño sísmico de la estructura.

3.5.1.2. Deriva entre pisos.

Opté por iniciar el procedimiento identificando el tipo de sistema estructural, debido a que la evaluación de la deriva entre pisos resulta fundamental

para comprender el desempeño de la edificación de albañilería frente a cargas laterales. En este caso, un sistema de albañilería confinada, cuyos muros son los principales elementos resistentes. Durante la etapa inicial, recopilé la información geométrica de cada muro, como su espesor, longitud y altura, además de las propiedades mecánicas de la mampostería, en particular el módulo de elasticidad. Asimismo, verifiqué que las losas actuaran como diafragmas rígidos, lo que garantizó la correcta distribución de las cargas sísmicas entre los muros de cada nivel.

Posteriormente, realicé el análisis estructural bajo cargas laterales sísmicas, aplicando el método estático equivalente. A partir de este análisis obtuve los desplazamientos absolutos de cada nivel, que sirvieron de base para calcular la deriva. Para ello, resté el desplazamiento del nivel superior con respecto al inferior y lo dividí entre la altura del entrepiso, expresando finalmente el resultado en porcentaje. En la etapa de verificación, comparé los valores obtenidos con lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones (Ministerio de Vivienda, 2016, 2019). Los límites permisibles de deriva se encuentran entre 0.005 y 0.007 veces la altura del entrepiso, por lo que pude determinar si la estructura cumplía con los requisitos normativos.

Finalmente, interpreté los resultados. Si las derivas se mantenían dentro de los rangos normativos, concluí que la rigidez lateral global era suficiente para garantizar un buen desempeño sísmico. En caso contrario, consideré alternativas de mejora, como el incremento de espesores de muro, la adición de muros de corte o la combinación con pórticos de concreto armado para reforzar la estabilidad global de la edificación.

3.5.1.3. Costo y tiempo del proceso constructivo registrado en proyectos con albañilería confinada.

Los costos y plazos en edificaciones con albañilería confinada son fundamentales para valorar el rendimiento de este sistema constructivo. Por lo tanto, tomé como referencia una edificación tipo, correspondiente a una vivienda multifamiliar de varios pisos. A partir de este caso, reuní al equipo del proyecto con el fin de definir los lineamientos del estudio y acordar la forma de recopilar y supervisar la información. En la fase inicial, elaboré el metrado de los componentes estructurales, considerando muros de albañilería, columnas y vigas de confinamiento, además de las losas. A cada ítem le asigné precios unitarios de materiales y mano de obra de acuerdo con los valores del mercado, lo que me permitió estimar el costo directo de la estructura y preparar el presupuesto base del proyecto, enfocado en los elementos propios de la albañilería confinada.

Luego pasé a la planificación de las actividades. Construí un cronograma donde detallé las etapas principales: cimentación, levantamiento de muros, construcción de confinamientos y vaciado de losas. Para ello utilicé rendimientos de mano de obra referenciales y experiencias de proyectos anteriores, lo que facilitó calcular los tiempos aproximados de ejecución de cada partida. Durante la obra, implementé hojas de control que me ayudaron a registrar los tiempos efectivos de cada actividad, así como indicadores de desempeño vinculados a costos, productividad por cuadrilla y acumulación de días. Con esta información fue posible contrastar el avance real con la programación prevista e identificar procesos críticos que solían extender el plazo, en especial los relacionados con el armado y vaciado de confinamientos.

En la fase de evaluación final, comparé los resultados de costos y tiempos

con los reportados en estudios de otros sistemas estructurales. Los datos confirmaron que, en edificaciones de cinco pisos, la albañilería confinada implicaba un costo directo más elevado y mayor tiempo de ejecución que alternativas como la albañilería armada o los muros de ductilidad limitada. A partir de ello, logré determinar los factores principales que generan estas diferencias —mano de obra intensiva, procedimientos constructivos adicionales y requerimientos de control de calidad— y propuse acciones para optimizar recursos y mejorar la productividad del sistema.

3.5.1.4. Inspección estructural con checklist.

Para evaluar el estado de una edificación de albañilería confinada, aplique la inspección estructural mediante checklist, con el fin de identificar de manera sistemática fisuras, fallas y asentamientos, dado que este tipo de construcciones presenta vulnerabilidades frente a cargas sísmicas y asentamientos diferenciales. Como punto inicial, coordiné con los responsables del proyecto la importancia de la inspección preventiva y acordamos emplear el checklist como herramienta de control. De esta manera, se establecieron los criterios de revisión que incluyeron muros, elementos de confinamiento, uniones con losas y cimentación, siguiendo lineamientos como los propuestos por (Murillo Carranza, 2021).

El proceso de inspección se desarrolló en campo, iniciando por los muros exteriores y continuando en el interior. Cada fisura fue clasificada según su orientación y grosor, registrada en el checklist y documentada con fotografías, ya que las grietas diagonales en esquinas o vanos suelen reflejar esfuerzos sísmicos acumulados. Posteriormente, enfoqué la observación en los asentamientos, verificando desniveles, desajustes en puertas y ventanas, y grietas en bases de muros, signos que evidencian posibles problemas en la cimentación. Finalmente,

elaboré un informe técnico donde clasifiqué los daños en leves, moderados o graves (Soto et al., 2025), y recomendé reparaciones inmediatas en los casos críticos, así como inspecciones periódicas en las zonas más vulnerables.

3.5.1.5. Registro fotográfico georreferenciado.

El registro fotográfico georreferenciado fue la metodología que decidí implementar para evaluar de manera sistemática el estado de la edificación de albañilería. Mi propósito era obtener una documentación precisa de las condiciones estructurales, asociando cada hallazgo con su ubicación exacta, lo que permitiría un control más ordenado y confiable de posibles daños. Por ello, en primer lugar, convoqué una reunión con los responsables del proyecto para explicar la importancia de este procedimiento y definir los criterios de registro: fisuras, fallas en muros de confinamiento, asentamientos en cimentación y desprendimientos en elementos secundarios.

Con esta base, inicié la fase de levantamiento en campo. Recorriendo los muros exteriores e interiores, tomé fotografías de cada daño identificado, asegurando buena iluminación y la inclusión de un punto de escala en las imágenes. De manera inmediata, registré las coordenadas GPS del lugar y las anoté junto con una breve descripción en una hoja de control. Una vez finalizada la captura, organicé las imágenes y datos en un archivo digital georreferenciado, lo que me permitió ubicar cada hallazgo en un croquis del edificio. Finalmente, elaboré un informe técnico en el que clasifiqué los daños observados, acompañados de sus fotografías y localización precisa, y propuse la realización de inspecciones periódicas para garantizar un seguimiento preventivo del comportamiento estructural de la edificación.

3.5.1.6. Modelado estructural (software ETABS, SAP2000) para calcular deriva y rigidez irregularidades

Al comenzar el modelado estructural en ETABS, mi primer paso fue reunir toda la información necesaria sobre la geometría y los materiales de la edificación de albañilería, incluyendo espesores de muros, disposición de vanos, elementos de confinamiento y losas. Con esos datos configuré en el software las propiedades de cada material, diferenciando el concreto de los muros de confinamiento y asignando a la albañilería sus parámetros mecánicos de acuerdo con la Norma E.070. Posteriormente, construí el modelo representando los muros ya sea como elementos shell o como marcos equivalentes, según el nivel de detalle requerido. También definí diafragmas rígidos en los entrepisos para asegurar una correcta transmisión de cargas, y luego ingresé las masas junto con las combinaciones de carga sísmica, siguiendo los lineamientos de la Norma E.030.

Una vez concluida la fase de modelado, procedí a ejecutar el análisis modal, verificando que los periodos y modos de vibración fueran coherentes con el comportamiento esperado de la estructura. Posteriormente, a través del análisis por espectro de respuesta, obtuve los desplazamientos de cada piso, lo que me permitió calcular la deriva relativa dividiendo la diferencia de desplazamientos entre niveles consecutivos entre la altura de entrepiso. Con esos valores contrastados con la normativa vigente, identifiqué los niveles que presentaban derivas críticas o irregularidades de rigidez y torsión. Finalmente, documenté los hallazgos en un informe técnico, señalando los pisos más vulnerables y proponiendo medidas de corrección como refuerzos adicionales o ajustes en la distribución de muros para optimizar la respuesta estructural.

3.5.2. Etapa 2: Intervención (después)

3.5.2.1. Rigidez lateral global en el sistema de Aporticado

Cuando evalúo la rigidez lateral global de un sistema aporticado, lo primero que hago es definir cómo voy a representar la estructura. Si necesito un cálculo rápido, suelo idealizar cada piso como un único grado de libertad; pero si busco mayor precisión, prefiero armar un modelo más completo con el método de la rigidez o mediante elementos finitos, donde cada columna y viga queda representada con sus propiedades. Después recopilo las características de los elementos del pórtico. Reviso el módulo de elasticidad de los materiales, el momento de inercia de las secciones y la altura libre de cada columna. Con esos datos calculo la rigidez individual de cada miembro; por ejemplo, si una columna está empotrada en la base, utilizo la relación $k=3EI/Lk = 3EI/L^3$ para estimar su resistencia frente a un desplazamiento lateral. Una vez que tengo las rigideces de cada elemento, las ensamblo. Si el entrepiso funciona como un diafragma rígido, considero que distribuye las fuerzas entre todas las columnas, de manera que la rigidez de ese nivel es la suma de las rigideces equivalentes de las columnas que participan. Luego, con todas las plantas, construyo la matriz global de rigidez de la estructura, que me permite representar su comportamiento conjunto frente a cargas laterales.

Con el modelo listo, aplico las cargas de viento o de sismo y obtengo los desplazamientos de cada piso. A partir de estos resultados, calculo las derivas interplanta, verifico que estén dentro de los límites normativos y determino el periodo de vibración fundamental de la estructura. En este punto también reviso si los desplazamientos pueden generar efectos de segundo orden, como los P- Δ , que podrían comprometer la estabilidad. Finalmente, con toda la información, analizo

si la rigidez del sistema es suficiente. Si detecto que las derivas son muy grandes o que el periodo resulta demasiado alto, planteo alternativas de refuerzo, como aumentar las secciones de las columnas, incluir muros de corte o introducir arriostramientos, con el fin de garantizar un mejor desempeño frente a cargas laterales.

3.5.2.2. Deriva entre pisos en un sistema de Aporticado.

Para evaluar la deriva entre pisos en un edificio de oficinas con sistema aporticado, lo primero fue disponer de toda la información estructural relevante: dimensiones de vigas, columnas, losas y la altura de cada entrepiso. Con estos datos configuré el modelo en ETABS, asignando propiedades de materiales de acuerdo con la Norma E.060 y definiendo los diafragmas rígidos en cada nivel para asegurar la correcta transmisión de cargas laterales. Luego incorporé las cargas gravitacionales y sísmicas, generando las combinaciones establecidas por la Norma E.030. Antes de avanzar, realicé un análisis modal que me permitió comprobar que los periodos de vibración y modos obtenidos coincidieran con el comportamiento esperado de una estructura de oficinas.

A partir de los desplazamientos entregados por el análisis sísmico, calculé la deriva relativa de cada entrepiso, obtenida al dividir la diferencia de desplazamientos entre niveles consecutivos por la altura correspondiente. Con esos resultados, verifiqué que los valores no excedieran el límite normativo del 0,005 de la altura del entrepiso. En los pisos donde se detectaron valores más altos, examiné también la posible presencia de irregularidades de rigidez o torsión en planta, comparando los desplazamientos en diferentes ejes. Finalmente, documenté los hallazgos en un informe técnico, señalando los niveles críticos y proponiendo medidas de refuerzo o redistribución estructural para garantizar el cumplimiento de

las exigencias de seguridad.

3.5.2.3. Costo y tiempo del proceso constructivo con sistema aporticado.

Con el fin de tratar de análisis de costo y tiempo en un proyecto de oficinas con sistema aporticado, organice la información técnica disponible: planos, memoria descriptiva y características de la estructura. A partir de ello, realicé el metrado de las partidas más representativas, como columnas, vigas, losas y cimentaciones. Con esas cantidades en mano, consulté precios unitarios vigentes de materiales y mano de obra, lo que me permitió preparar un presupuesto detallado, diferenciando entre costos directos e indirectos que influyen de manera significativa en este tipo de edificaciones.

De manera paralela, elaboré la programación del proyecto dividiendo las actividades en etapas: excavaciones y cimentación, armado y vaciado de elementos estructurales, y ejecución de losas y acabados. Para cada una asigné rendimientos de cuadrillas y tiempos estimados, construyendo así un cronograma que mostró la duración total y las partidas críticas. Finalmente, al comparar la proyección de costos con la programación temporal, obtuve una visión clara de los recursos necesarios y de los plazos de ejecución, lo que permitió anticipar posibles sobrecostos o retrasos y establecer medidas de control más efectivas.

3.5.2.4. Inspección estructural con checklist en Sistema de Aporticado.

Con el objetivo de abordar la inspección estructural de un edificio de oficinas con sistema aporticado, primero recopilé toda la documentación técnica disponible, incluyendo planos arquitectónicos y estructurales, memorias de cálculo y especificaciones de materiales. A partir de esta información, identifiqué las zonas críticas a revisar, como columnas, vigas, losas, cimentaciones y las conexiones entre estos elementos, ya que son los puntos más susceptibles a fisuras,

deformaciones o fallas localizadas. Para garantizar un control sistemático, diseñé un checklist que incluyera la revisión de fisuras, desprendimientos de concreto, corrosión del acero, asentamientos diferenciales y deformaciones de elementos estructurales, además de la toma de fotografías y anotaciones detalladas que permitieran llevar un registro preciso del estado de la estructura.

Una vez preparado el checklist, inicié el recorrido por la edificación comenzando por los niveles inferiores y las fachadas, donde suelen aparecer los primeros signos de asentamiento o fisuración. En cada columna, viga o losa, registré la presencia de grietas, describiendo su orientación, longitud y ancho, y complementé esta información con fotografías. Posteriormente, observé los pisos y juntas de los vanos para detectar desniveles, separación de elementos o grietas que pudieran indicar problemas en la cimentación. Todos los hallazgos se clasificaron según su gravedad leve, moderada o severa, lo que permitió priorizar intervenciones. Finalmente, elaboré un informe técnico que resumía las observaciones, incorporaba los registros fotográficos y proponía medidas correctivas inmediatas o un programa de monitoreo periódico para asegurar la integridad estructural a largo plazo.

3.5.2.5. Registro fotográfico comparativo.

Para iniciar el registro fotográfico comparativo en un edificio de oficinas con sistema aporticado, decidí primero revisar toda la información disponible sobre la estructura, incluyendo planos, memorias de cálculo y fotografías de inspecciones anteriores. Esto me permitió reconocer los elementos críticos a monitorear, tales como columnas, vigas, losas y conexiones viga-columna, que son los lugares donde con mayor frecuencia aparecen fisuras, deformaciones o daños localizados. Con el objetivo de mantener consistencia en las futuras observaciones, establecí puntos de

referencia permanentes en cada nivel del edificio y asigné un identificador único a cada ubicación, definiendo también los ángulos, distancias y alturas desde los cuales se tomarían las fotografías.

Una vez definidos los puntos de control, comencé el recorrido fotográfico desde los niveles inferiores y las fachadas exteriores, capturando columnas, vigas, losas, juntas de dilatación y conexiones críticas. Cada fotografía fue acompañada de anotaciones en un checklist, detallando la ubicación, tipo, extensión y severidad de fisuras o deformaciones observadas. Posteriormente, repetí el procedimiento en pisos superiores y en áreas interiores, cuidando que las imágenes replicaran la perspectiva de la toma inicial. Al finalizar, organicé todas las fotografías cronológicamente y realicé comparaciones con los registros previos, elaborando un informe técnico que documentó la evolución de los daños y propuso acciones correctivas o un plan de seguimiento según la gravedad de cada hallazgo.

3.5.2.6. Modelado estructural (ETABS, SAP2000) para recalcular deriva y rigidez

Antes de iniciar el modelado estructural en ETABS para recalcular la deriva y rigidez de la edificación con sistema aporticado, revisé cuidadosamente toda la documentación técnica disponible. Esto incluyó planos arquitectónicos y estructurales, memorias de cálculo, detalles de columnas, vigas y losas, así como las propiedades de los materiales. Esta revisión me permitió identificar los elementos críticos a modelar y asegurar que los datos ingresados en el software reflejaran fielmente la realidad del edificio, siguiendo las normas E.070 y E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones para garantizar la correcta definición de módulos de elasticidad, densidad y demás propiedades de los materiales.

Con esta información organizada, procedí a construir el modelo en ETABS,

representando las columnas, vigas y losas con elementos tipo frame o shell según el nivel de detalle requerido. Asigné diafragmas rígidos a los pisos para que las cargas laterales se distribuyeran adecuadamente y configuré las combinaciones de carga sísmica y gravitacional siguiendo la normativa vigente. Realicé un análisis modal inicial para comprobar que los periodos de vibración y la distribución de rigideces fueran consistentes. Posteriormente, ejecuté el análisis sísmico con espectro de respuesta, calculando los desplazamientos y la deriva entre pisos, y evalué si existían irregularidades de rigidez o torsión. Finalmente, interpreté los resultados comparándolos con los límites normativos, identificando los pisos críticos y definiendo posibles ajustes o refuerzos para mejorar la rigidez global y la seguridad estructural del edificio.

3.6. Aspectos éticos

Para la realización de esta tesis, se contó con la autorización formal de la empresa, que permitió el acceso y uso de la información técnica, administrativa y legal relacionada con las edificaciones analizadas, exclusivamente con fines académicos. Esta aprobación incluyó todas las fases del proyecto, garantizando que los datos se empleen de manera responsable para el desarrollo del aprendizaje y la investigación del autor. Además, se consideró que los datos recopilados podían ser utilizados para la elaboración de este estudio, fomentando la transparencia y el intercambio de conocimiento dentro de la comunidad académica y profesional. Esto asegura que la investigación cumpla con principios éticos, protegiendo la confidencialidad de la información y la integridad de la empresa.

En cuanto al desarrollo del trabajo, se emplearon diversas herramientas de software, incluyendo Microsoft Excel y Microsoft S10 con licencia oficial, así como las versiones estudiantiles de AutoCAD y Revit. El uso de estos programas

respetó los derechos de propiedad intelectual, evitando cualquier uso indebido y asegurando la legalidad de los recursos tecnológicos aplicados. Finalmente, esta investigación es un trabajo original, sin indicios de plagio, con todas las fuentes correctamente citadas según normas académicas. Se ha seguido estrictamente la normativa de presentación, estructura y redacción establecida por la institución, garantizando la calidad y la ética en todo el desarrollo del estudio.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

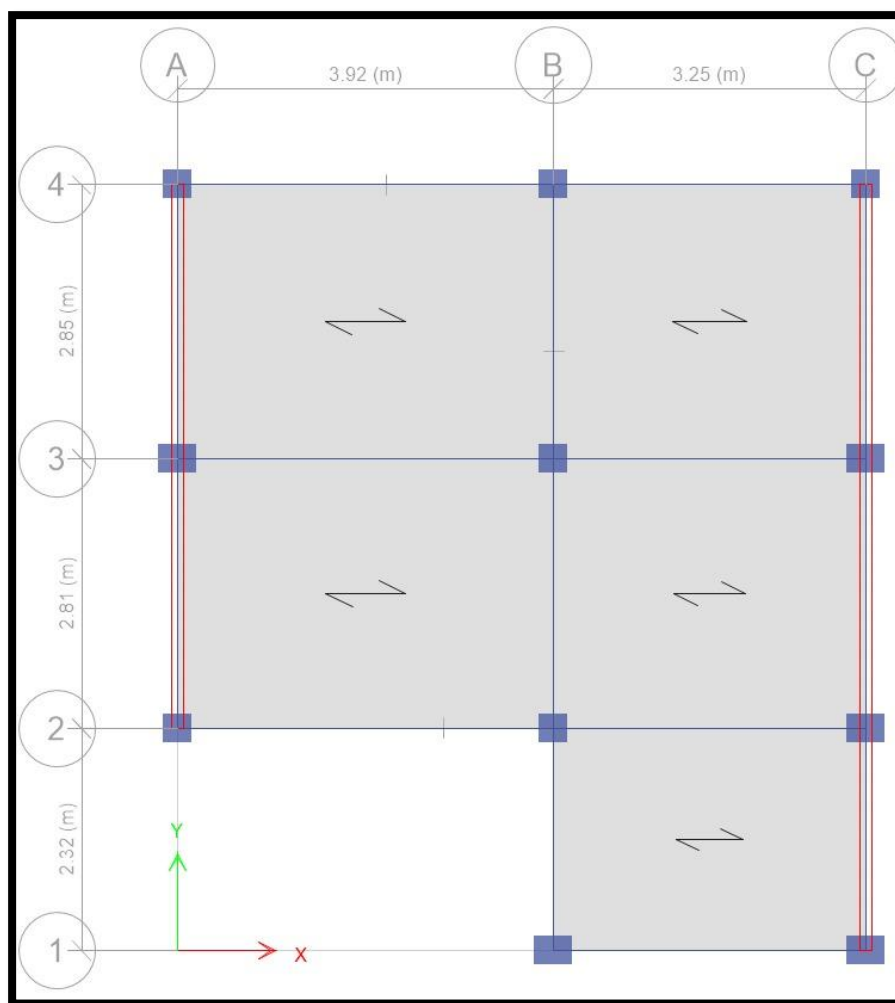
4.1. Diagnóstico (antes)

4.1.1. Edificación proyectada:

4.1.1.1. Ubicación

Figura 10

Vista en planta de la Edificación Antigua.

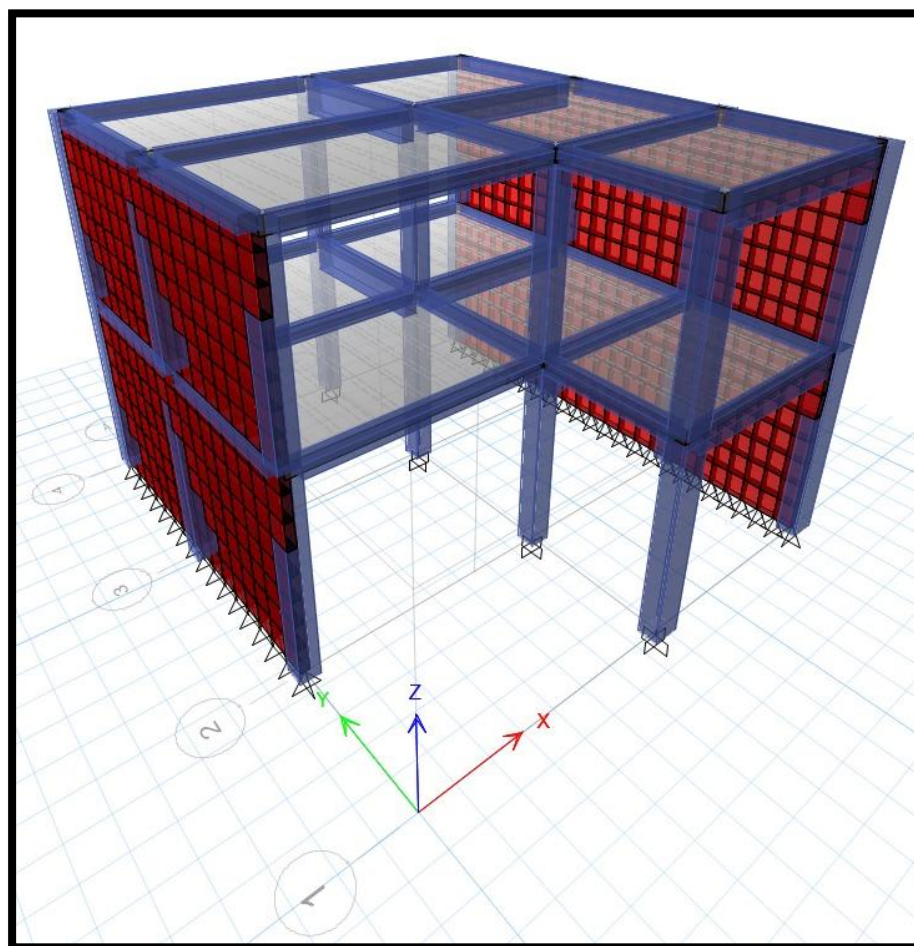


En la planta estructural se observan tres ejes en dirección horizontal (A, B y C) y cuatro en dirección vertical (1, 2, 3 y 4). Las distancias entre ejes son de alrededor de 3.92 metros entre los ejes A y B, y 3.25 metros entre B y C en sentido horizontal; mientras que, en sentido vertical, los espacios son de 2.32 m, 2.81 m y 2.85 m entre los ejes 1–2,

2-3 y 3-4, respectivamente. Las zonas grises corresponden a las losas o diafragmas encargadas de distribuir las cargas laterales. En los extremos, tanto por el lado izquierdo (eje A) como por el derecho (eje C), se distinguen muros de albañilería estructural indicados con líneas rojas, los cuales funcionan como elementos resistentes principales frente a cargas verticales y horizontales. Los puntos de cruce entre ejes representan los nodos estructurales, donde se unen vigas, columnas y muros del sistema portante.

Figura 11

Vista Tridimensional de Edificación Antigua



En la vista tridimensional se distingue con mayor detalle la forma y distribución espacial de la estructura. Los muros de albañilería estructural, mostrados en color rojo, se encuentran principalmente en los costados del edificio y se extienden desde el nivel inferior hasta el segundo piso. Las vigas y losas, representadas en tono azul

semitransparente, conforman el sistema estructural del entrepiso y la cubierta superior. En la zona frontal del primer nivel se identifican columnas expuestas que sostienen la parte superior de la edificación, dado que en esa área no existen muros portantes. Finalmente, en la base de los elementos verticales se aprecian apoyos o restricciones que simulan las condiciones de anclaje o soporte empleadas en el modelo estructural.

4.1.1.2. Modos de Vibración

En la siguiente tabla se resumen los seis modos de vibración iniciales obtenidos del análisis modal de la edificación. El primer modo, con un período de 0.462 segundos, muestra una respuesta principalmente traslacional en el eje X, alcanzando una participación modal del 94.25%, lo que refleja que la mayor parte de la masa actúa en dicha dirección. El segundo modo, con un período de 0.11 segundos, también presenta desplazamiento en el eje X, aunque con una contribución mucho menor (5.72%). El tercer modo, cuyo período es de 0.097 segundos, presenta una participación relevante en la dirección Y (27.64%), siendo el primero con movimiento notorio en ese sentido. En cambio, el cuarto modo, con 0.086 segundos de período, manifiesta una predominancia clara en el eje Y (65.22%), clasificándose como modo traslacional principal en dicha dirección. Los modos quinto y sexto, con períodos de 0.034 y 0.033 segundos, respectivamente, muestran baja participación en UX y UY, además de una ligera componente torsional. Finalmente, la masa acumulada movilizada alcanza el 100% en la dirección X, el 95.65% en la dirección Y y el 97.98% en rotación (RZ), cumpliendo con lo establecido en la Norma Técnica Peruana E.030, que requiere superar el 90% de participación modal acumulada en cada dirección principal del análisis.

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE
ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

Tabla 2

Modal Participating Mass Ratios

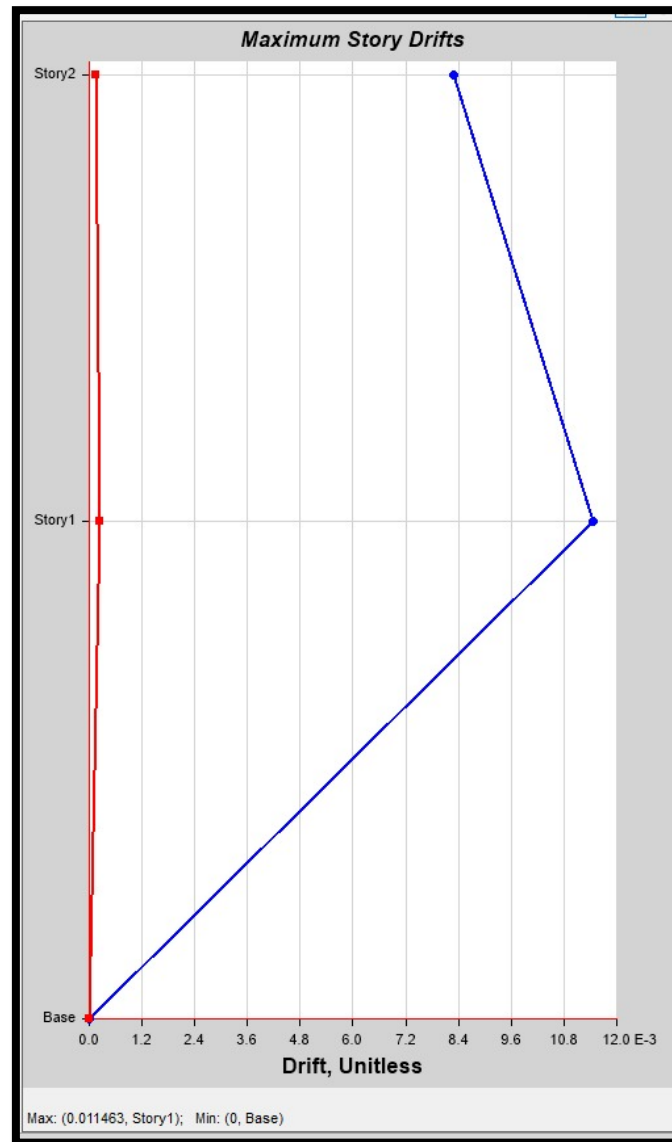
Case	Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Modal X+	1	0.462	0.9425	0.000001125	0.9425	1.13E-06	0.0469	0.0469
Modal X+	2	0.11	0.0572	0.00001021	0.9997	1.13E-05	0.0024	0.0493
Modal X+	3	0.097	0.0002	0.2764	0.9998	0.2764	0.6187	0.6681
Modal X+	4	0.086	0.0001	0.6522	0.9999	0.9286	0.2656	0.9336
Modal X+	5	0.034	0	0.0028	0.9999	0.9314	0.0022	0.9358
Modal X+	6	0.033	0.0001	0.0252	1	0.9565	0.044	0.9798

Nota. *El comportamiento dinámico es evaluado en 6 modos de vibración representando los periodos máximos y mínimos obtenidos. Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.3. Derivas

Figura 12

Grafica de deriva en X

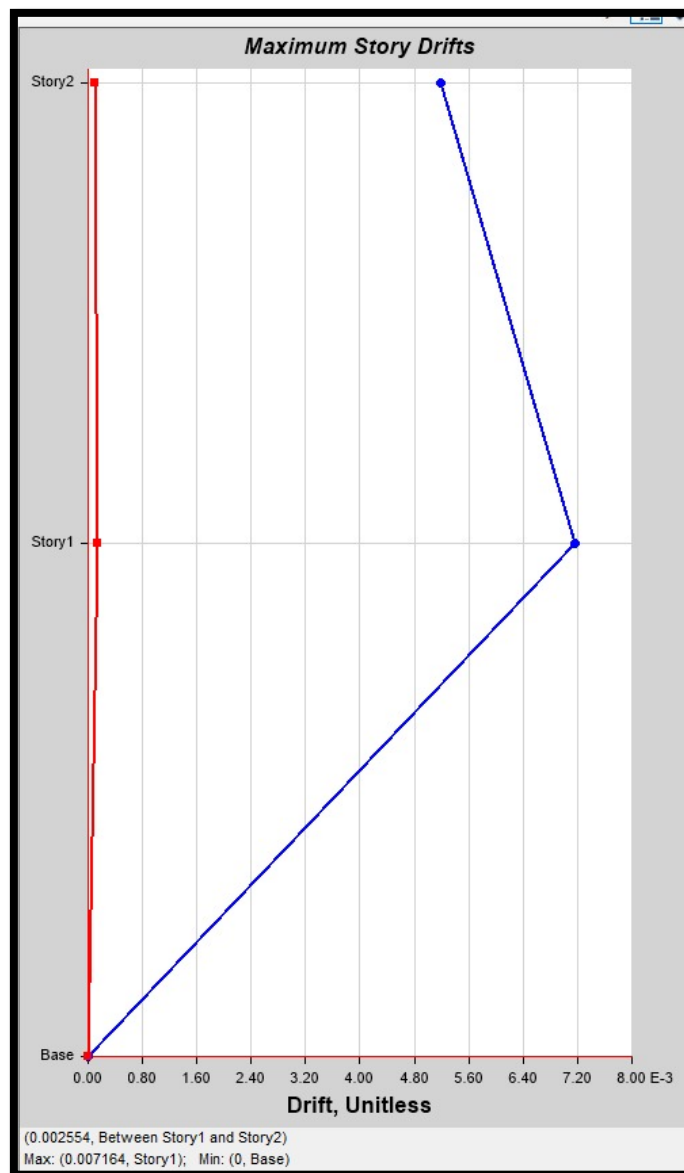


La Figura 13 de derivas en la dirección X revela que los pisos Story1 y Story2 alcanzan valores de 0.011463 y 0.008295, respectivamente. Dichos resultados exceden el límite máximo de 0.007 establecido por la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, lo cual demuestra que la estructura no satisface los criterios normativos de control de desplazamientos laterales. Esto refleja una falta de rigidez suficiente en la

dirección evaluada, condición que podría provocar daños en componentes no estructurales y afectar el comportamiento sísmico general de la edificación.

Figura 13

Grafica de deriva en Y



En la Figura 14 se muestra las derivas en la dirección Y evidencia que los pisos Story1 y Story2 alcanzan valores de 0.007164 y 0.005184, respectivamente. En este sentido, el piso Story1 presenta una ligera excedencia del valor permitido, mientras que Story2 se mantiene dentro del rango aceptable. Esto sugiere que la estructura muestra un

comportamiento globalmente satisfactorio, aunque con una mayor flexibilidad en el primer nivel, de acuerdo con lo establecido en la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la deriva máxima admisible entre niveles es de 0.007, límite que busca restringir los desplazamientos laterales y prevenir daños en componentes no estructurales, por lo cual se concluye que los niveles no cumplen con la norma.

Irregularidades

La Tabla N°3 presenta el análisis de las irregularidades estructurales en las direcciones X y Y. En general, los criterios evaluados como piso débil, piso blando, distribución de masas, cortante mínimo y modos de vibración se clasifican como regulares en ambos sentidos. La única excepción corresponde a la irregularidad torsional, la cual se detecta en la dirección X, mientras que en la dirección Y la estructura se mantiene dentro de los parámetros de regularidad.

Tabla 3

Irregularidades

IRREGULARIDADES			
	TIPO	X	Y
PISO BLANDO		REGULAR	REGULAR
PISO DEBIL		REGULAR	REGULAR
MASA O PESO		REGULAR	
GEOMETRICA VERTICAL		N/A	N/A
DISCONTINUIDAD DE LOS SISTEMAS RESISTENTES		N/A	N/A
TORSIONAL		IRREGULAR	REGULAR
TORSIONAL EXTREMA			REGULAR
ESQUINAS ENTRANTES		N/A	N/A
DISCONTINUIDAD DE DIAFRAGMA		N/A	N/A
SISTEMAS PARALELOS		N/A	N/A

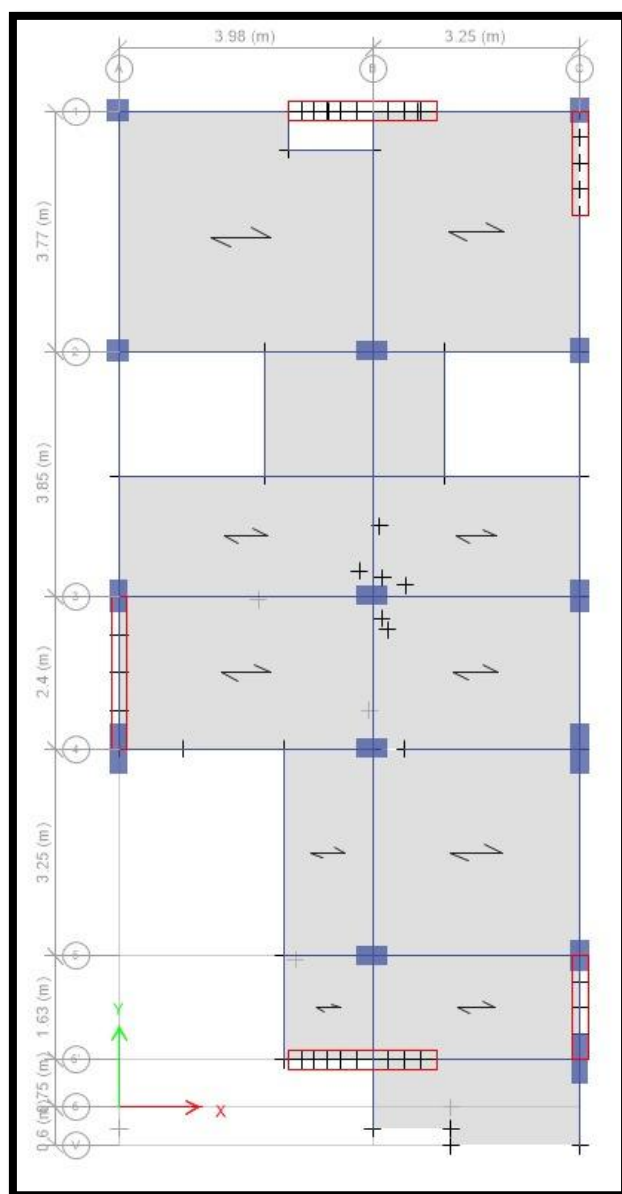
Nota. *Se muestra la clasificación de irregularidades estructurales según la Norma Técnica Peruana E.030, evaluadas en ambas direcciones principales de la edificación.

4.1.2. Edificación proyectada

4.1.2.1. Ubicación

Figura 14

Vista en planta de la Edificación Proyectada



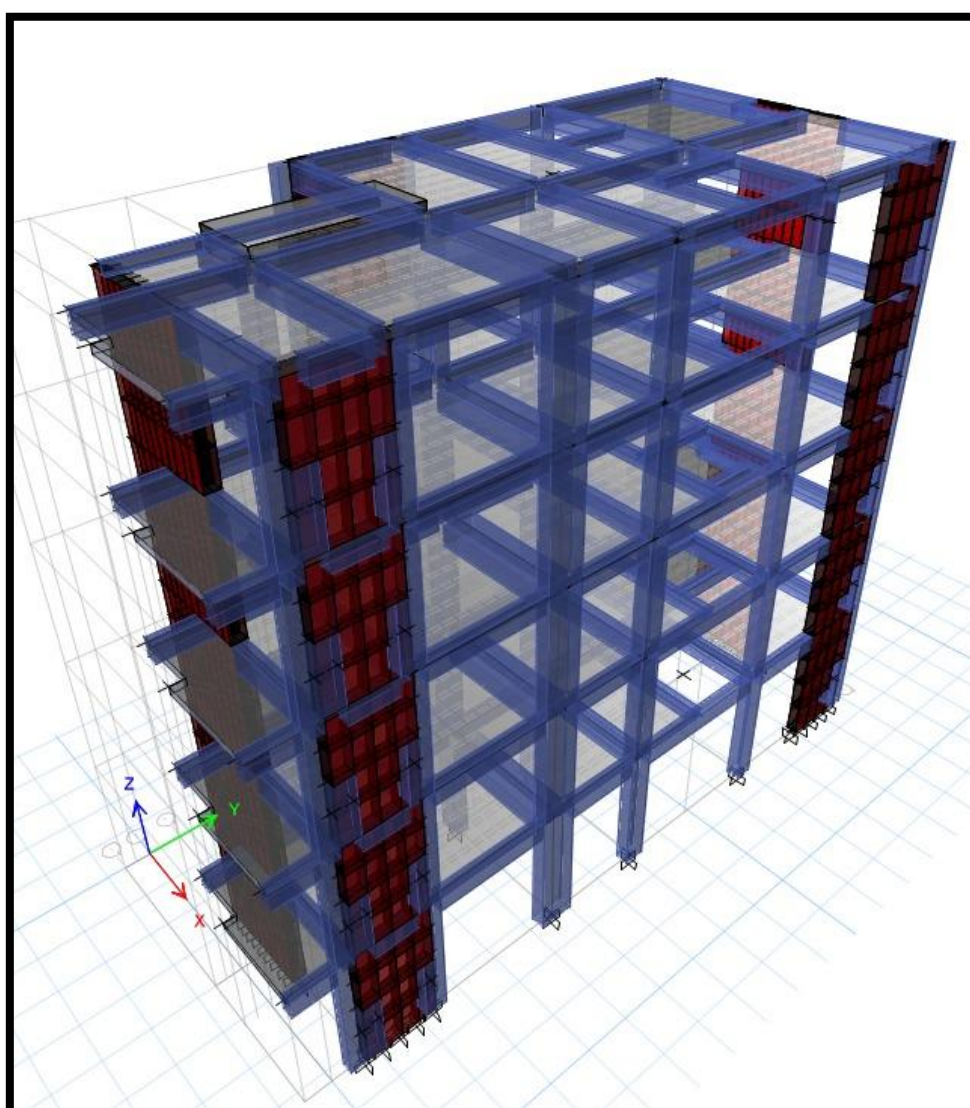
En la figura se aprecia una planta estructural de trazo regular, conformada por ejes principales en los sentidos X y Y, con distancias entre ellos que varían aproximadamente entre 3.25 m y 3.98 m. Esta disposición favorece una modulación ordenada y eficiente, adecuada para edificaciones de pequeña y mediana altura. Los muros de albañilería

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

confinada se encuentran distribuidos en las zonas perimetrales, funcionando como elementos de rigidez lateral y resistencia frente a acciones sísmicas. Por su parte, los pórticos de concreto armado, compuestos por columnas y vigas, se sitúan en el interior de la estructura, brindando mayor libertad arquitectónica y contribuyendo a la transmisión equilibrada de cargas verticales y horizontales.

Figura 15

Vista Tridimensional de Edificación Proyectada



La Figura 16 representa un modelo tridimensional correspondiente a una edificación que ha sido intervenida mediante la incorporación de un sistema estructural aporticado, conformado por columnas y vigas de concreto armado. La construcción original está constituida por muros portantes de albañilería, los cuales han sido preservados e integrados al nuevo esquema estructural. El sistema aporticado rodea y confina la estructura existente, incrementando notablemente su desempeño ante cargas horizontales, como las generadas por sismos. La disposición uniforme de los marcos en ambas direcciones principales del edificio contribuye a una distribución eficiente de los esfuerzos.

4.1.2.2. Modos de Vibración

En la Tabla 4 se detallan los 15 modos de vibración principales identificados en el análisis modal de la estructura. El primer modo, con un periodo de 0.436 segundos, presenta una mayor participación en la dirección X, absorbiendo cerca del 73.9% de la masa modal. En tanto, el segundo modo, con 0.386 segundos, domina en la dirección Y, con una contribución del 73.24%. Ambos reflejan un comportamiento netamente traslacional. El tercer modo, correspondiente a un periodo de 0.292 segundos, manifiesta una participación relevante en la rotación respecto al eje vertical (RZ), con un 67.38%, lo que revela un modo con comportamiento torsional significativo.

Respecto al acumulado de masa modal, se alcanza un 96.32% en UX, 91.86% en UY y 91.43% en RZ, valores que exceden el mínimo requerido del 90% según la Norma Técnica Peruana E.030, asegurando una adecuada caracterización dinámica del sistema estructural. A partir de los modos superiores, los periodos disminuyen progresivamente y su influencia en la respuesta general de la edificación se vuelve menos significativa.

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE
ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

Tabla 4

Modal Participating Mass Ratios

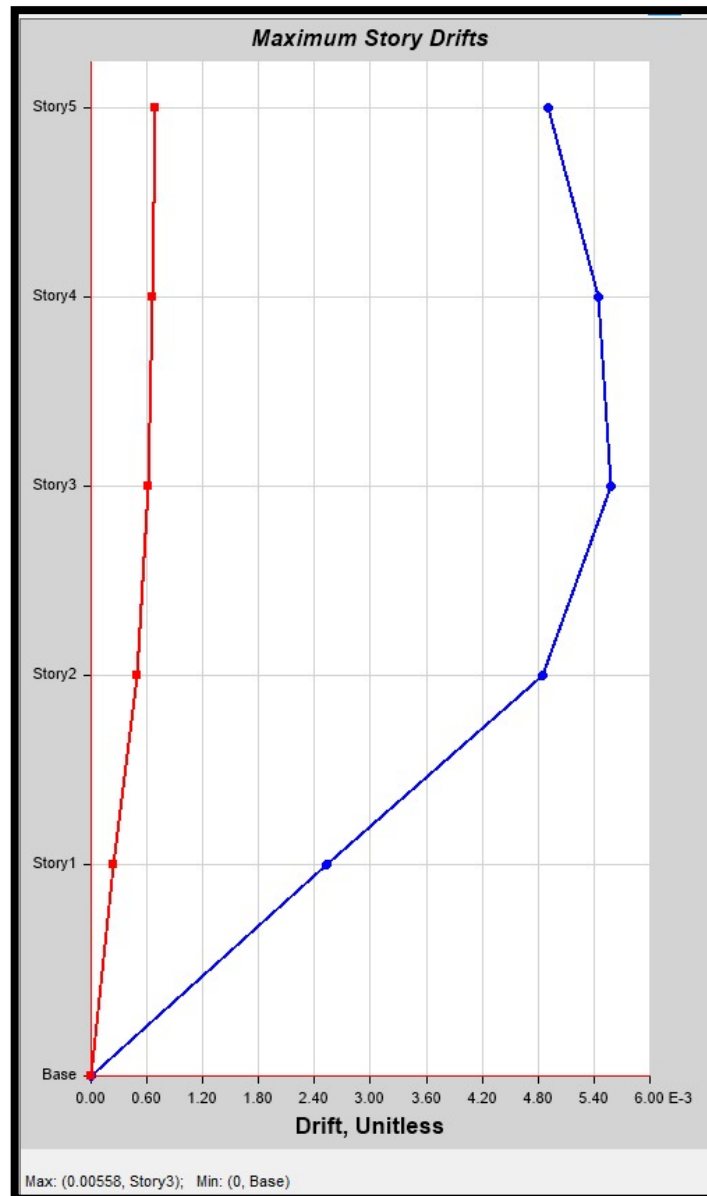
Case	Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
		sec						
Modal X+	1	0.436	0.739	0.0002	0.739	0.0002	0.0664	0.0664
Modal X+	2	0.386	0.0004	0.7324	0.7394	0.7326	0.0011	0.0675
Modal X+	3	0.292	0.0185	0.0019	0.7579	0.7345	0.6738	0.7413
Modal X+	4	0.122	0.1584	0.0008	0.9163	0.7353	0.0072	0.7485
Modal X+	5	0.097	0.0008	0.1766	0.9171	0.9119	0.0022	0.7508
Modal X+	6	0.078	0.0001	0.0006	0.9172	0.9125	0.0168	0.7676
Modal X+	7	0.077	0.0051	0.0035	0.9223	0.916	0.1165	0.8841
Modal X+	8	0.076	0.0183	0.002	0.9406	0.918	0.0225	0.9066
Modal X+	9	0.07	0.0000035	5.866E-07	0.9406	0.918	2.29E-05	0.9066
Modal X+	10	0.067	0.0174	0.0003	0.958	0.9183	0.0011	0.9077
Modal X+	11	0.065	0.0027	0.000008862	0.9607	0.9183	0.0049	0.9126
Modal X+	12	0.062	0.0011	0.0000199	0.9618	0.9183	0.0011	0.9136
Modal X+	13	0.057	0.00004412	0.00004255	0.9618	0.9184	0.0001	0.9138
Modal X+	14	0.056	0.0011	0.0001	0.9629	0.9185	0.0005	0.9143
Modal X+	15	0.054	0.0003	0.0001	0.9632	0.9186	0.0001	0.9143

Nota. *El comportamiento dinámico es evaluado en 15 modos de vibración representando los periodos máximos y mínimos obtenidos. Fuente: Elaboración propia

4.1.2.3. Derivas

Figura 16

Gráfica de deriva en X

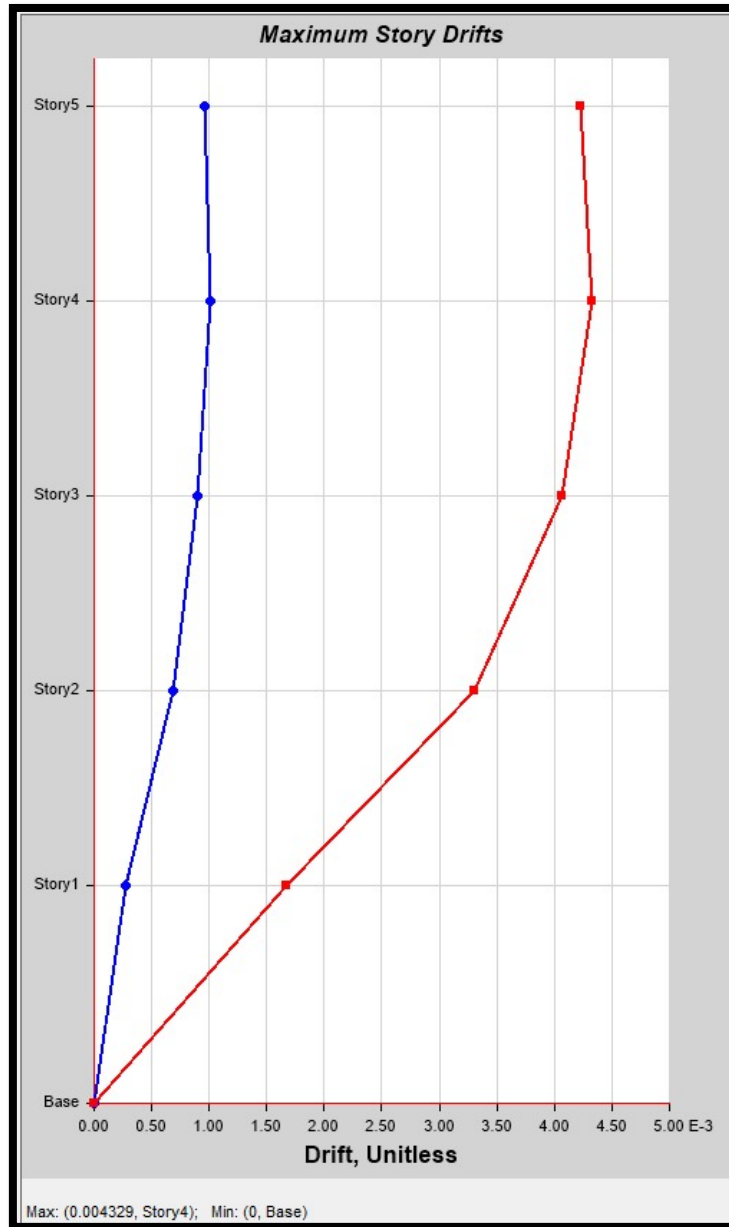


Los resultados obtenidos indican que el valor máximo de deriva se presenta en el tercer nivel (Story3), con un valor de 0.005580, seguido por el cuarto nivel (Story4) con 0.005445, y el quinto nivel (Story5) con 0.004906. En los niveles inferiores, la deriva disminuye a 0.004846 en el segundo nivel (Story2) y a 0.002523 en el primer nivel

(Story1). Esta distribución decreciente hacia la base es coherente con el comportamiento estructural esperado ante cargas laterales, donde los desplazamientos relativos son más pronunciados en los niveles superiores. Cada uno de estos valores corresponde a un punto específico del modelo estructural, localizado mediante sus coordenadas espaciales (X, Y, Z). Las etiquetas asignadas indican el identificador del nodo o punto donde se registra la máxima deriva en cada nivel. De acuerdo con la normativa vigente, que establece un límite máximo de deriva de 0.007 radianes, se concluye que todos los niveles cumplen con el requisito normativo, ya que los valores obtenidos se encuentran por debajo de este umbral. Por tanto, el comportamiento de la estructura frente a desplazamientos laterales en dirección X es aceptable desde el punto de vista del control de derivas.

Figura 17

Grafica de deriva en Y



En el análisis de la deriva en dirección Y, se identificó que el mayor desplazamiento relativo entre niveles ocurre en el cuarto piso, con un valor de 0.004329, mientras que los niveles tercero y quinto registran valores cercanos, de 0.004061 y 0.004229 respectivamente. Hacia los pisos inferiores, la magnitud de la deriva disminuye gradualmente, alcanzando 0.003304 en el segundo nivel y 0.001673 en el primero. Esta

tendencia es representativa del comportamiento esperado en edificaciones sometidas a fuerzas laterales, donde los desplazamientos tienden a concentrarse en las partes superiores de la estructura. Los valores fueron obtenidos en puntos específicos del modelo, definidos por sus coordenadas espaciales y vinculados a identificadores únicos. De acuerdo con la normativa aplicable, que establece un límite máximo admisible de 0.007 radianes para la deriva interpiso, se concluye que el edificio cumple satisfactoriamente con este criterio en todos los niveles para la dirección

4.1.2.4. Irregularidades

De acuerdo con los criterios establecidos por la normativa sísmica vigente, se evaluaron las irregularidades estructurales en las direcciones principales del edificio. Los resultados se resumen en la Tabla 3. En general, se observa un comportamiento estructural mayormente regular en ambas direcciones (X e Y), especialmente en lo relacionado con piso blando, piso débil, masa o peso, geometría vertical, discontinuidad de sistemas resistentes, comportamiento torsional, torsional extrema y sistemas paralelos, los cuales fueron clasificados como regulares. No obstante, se identificaron irregularidades en las esquinas entrantes y en la discontinuidad del diafragma, tanto en dirección X como en dirección Y. Estas condiciones pueden afectar la respuesta estructural frente a cargas laterales, por lo que es necesario prestar atención particular a estas zonas durante el diseño y detallado estructural. En conjunto, los resultados indican que la estructura presenta un buen comportamiento global, pero con irregularidades localizadas que deben ser abordadas para asegurar un desempeño adecuado ante eventos sísmicos.

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE
ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

Tabla 5

Irregularidades

IRREGULARIDADES		
TIPO	X	Y
PISO BLANDO	REGULAR	REGULAR
PISO DEBIL	REGULAR	
MASA O PESO	REGULAR	REGULAR
GEOMETRICA VERTICAL	REGULAR	REGULAR
DISCONTINUIDAD DE LOS SISTEMAS RESISTENTES	REGULAR	REGULAR
TORSIONAL	REGULAR	REGULAR
TORSIONAL EXTREMA	REGULAR	REGULAR
ESQUINAS ENTRANTES	IRREGULAR	IRREGULAR
DISCONTINUIDAD DE DIAFRAGMA	IRREGULAR	IRREGULAR
SISTEMAS PARALELOS	REGULAR	REGULAR

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La estructura original de albañilería confinada, diseñada para dos niveles, presentó limitaciones en su capacidad portante ante la intención de ampliarla a cuatro pisos, evidenciándose riesgos de sobrecarga y deficiencia frente a acciones sísmicas debido a la rigidez no uniforme y la ausencia de elementos verticales de refuerzo continuo. El comportamiento estructural bajo cargas laterales y verticales mostró una mayor vulnerabilidad ante esfuerzos de corte y flexión, especialmente en los muros portantes de la primera planta, lo que restringe la posibilidad de crecimiento vertical sin un refuerzo adicional. En general, se identificó que, aunque la albañilería confinada es eficiente en edificaciones de baja altura, su desempeño se ve comprometido cuando se busca ampliar niveles sin un sistema auxiliar que redistribuya adecuadamente las cargas estructurales.

La incorporación del sistema aporticado de concreto armado permitió incrementar la rigidez y capacidad resistente global, logrando una distribución más equilibrada de cargas verticales y laterales, lo que hace viable la ampliación a cuatro niveles sin comprometer la seguridad estructural. Este sistema actuó como un mecanismo de refuerzo integral, mejorando el desempeño sísmico de la edificación al absorber y disipar los esfuerzos que anteriormente recaían principalmente sobre los muros de albañilería. El anclaje y la interacción entre los elementos nuevos y existentes resultaron determinantes para garantizar un trabajo conjunto eficaz entre la albañilería confinada y el concreto armado, evitando fisuración y asentamientos diferenciales. En términos de factibilidad técnica y económica, la solución aporticada representa una alternativa sostenible y segura para proyectos de ampliación vertical en edificaciones de albañilería, siempre que se realice un diseño estructural detallado y se cumplan estrictamente las especificaciones de

la normativa vigente.

Recomendaciones

En las edificaciones existentes construidas con sistemas de albañilería confinada, es indispensable efectuar un análisis estructural detallado antes de considerar cualquier ampliación vertical, con el propósito de conocer la verdadera capacidad resistente de los muros y de los elementos que los confinan. Resulta esencial comprobar el estado y la calidad de los materiales, la continuidad de los componentes estructurales y la posible presencia de fisuras o asentamientos que comprometan su desempeño. Si se identifican deficiencias, deben implementarse medidas de refuerzo parcial o localizado antes de añadir nuevos niveles, asegurando así la estabilidad y seguridad de la edificación original. Del mismo modo, se aconseja restringir el número de pisos adicionales cuando no se contemple un sistema estructural complementario, ya que la albañilería confinada, por su naturaleza, no está concebida para resistir cargas elevadas ni intensas solicitaciones sísmicas.

Respecto a la propuesta estructural que incorpora un sistema aporticado de concreto armado, se recomienda que tanto el diseño como la ejecución del refuerzo sean desarrollados bajo la dirección de especialistas en ingeniería estructural, garantizando la correcta ubicación y conexión de columnas, vigas y elementos de unión que aseguren una interacción adecuada con la albañilería existente. Durante el proceso constructivo, debe mantenerse un estricto control técnico sobre el anclaje, la colocación del acero y el vaciado del concreto, priorizando la compatibilidad entre las partes nuevas y las ya construidas. Asimismo, toda intervención debe ajustarse rigurosamente a las disposiciones establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (E.060, E.070 y E.030), con el objetivo de preservar la seguridad sísmica y prolongar la vida útil de la

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE
ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

estructura. Finalmente, se recomienda promover investigaciones y ensayos adicionales que contribuyan a mejorar los criterios de diseño para futuras ampliaciones en edificaciones similares, impulsando soluciones más seguras, eficientes y sostenibles.

REFERENCIAS

- Aied, H., & Gonzalez, A. (2014). Theoretical response of a simply supported beam with a strain rate dependant modulus to a moving load. *Engineering Structures*, 77, 95–108. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.07.035>
- Aleman Madrid, P. F. (2018). *Manual de diseño de envolventes de edificios de gran altura en Lima*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ALEX MARALLANO. (2018). “Análisis del Proceso Constructivo en Obras del Programa Techo Propio del Fondo MIVIVIENDA, en el Pueblo Joven San Pedro de Chimbote - Propuesta de Mejora - 2017 Descripción completa. Universidad Cesar Vallejo.
- Alnajjar, O., Atencio, E., & Turmo, J. (2025). A Systematic Review of Lean Construction, BIM and Emerging Technologies Integration: Identifying Key Tools. *Buildings*, 15(16), 2884. <https://doi.org/10.3390/buildings15162884>
- ANDÚJAR-MONTOYA, M. D., GALIANO-GARRIGÓS, A., RIZO-MAESTRE, C., & ECHARRI-IRIBARREN, V. (2019). *BIM AND LEAN CONSTRUCTION INTERACTIONS: A STATE-OF-THE-ART REVIEW*. 1–13. <https://doi.org/10.2495/BIM190011>
- Ángel San Bartolomé, & Daniel Quiun. (2004). PROPUESTA NORMATIVA PARA EL DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA CONFINADA. *SCielo*, 42.
- Barrueto, J. (2019). *Análisis sísmico comparativo entre los sistemas de concreto armado y albañilería confinada para la construcción de un edificio de viviendas multifamiliares del distrito de Surquillo*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Belizario, C. (2019). *Reforzamiento estructural de una edificación de concreto armado de dos pisos con fines de ampliación*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N., & Iwaki, C. (2011). Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica

del Perú. *Informes de La Construcción*, 63(523), 41–50.
<https://doi.org/10.3989/ic.10.017>

Bonisha Borah, Hemant B. Kaushik, & Vaibhav Singhal. (2023). *Analysis and Design of Confined Masonry Structures: Review and Future Research Directions*.

Camones Cuellar, N. B., & Rojas Rodríguez, & A. M. (2021). *Análisis comparativo del diseño estructural de sistema aporticado y dual en una vivienda multifamiliar, Urbanización Santa Paula, Puente Piedra, 2021*. Universidad Cesar Vallejo.

CAPECO. (2023). Capeco: el 67% de viviendas construidas en Lima Metropolitana entre 2008 y 2020 fueron informales. *Cámara Peruana de La Construcción*.

Carazas Cotrina, L. Á. (2014). *Planificación y Control del Costo y Plazo de la Construcción del Proyecto de Oficinas Schreiber 220 - Anexos*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.

Chai, H., Zhou, X., Gao, X., Yang, Q., Zhou, Y., & Yuan, P. F. (2024). Integrated workflow for cooperative robotic fabrication of natural tree fork structures. *Automation in Construction*, 165, 105524.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105524>

David Patricio Guerrero Cuasapaz, Mateo Fernando Vizuete Matute, & Noé Mateo De La Torre Oleas. (2024). INFLUENCIA ESTRUCTURAL POR PROCESO CONSTRUCTIVO EN EDIFICACIONES ESENCIALES DE CONCRETO ARMADO. *Scielo*, 25.

De la Piedra, A., & Klingner, R. (n.d.). *Edificios peruanos con muros de concreto de ductilidad limitada*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Delgado Agurto, M. (2011). *Investigaciones arqueológicas en Villa El Salvador: secuencia cerámica en contextos funerarios*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Equipo idencity. (2018). El alto riesgo de las viviendas informales en Perú. *Idencity Consulting*.

- Ercilla, N. (2019). *Optimización de procesos constructivos de cimentación para una edificación de oficinas en Lima*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Espinoza Malpartida, & N. S. (2019). *La informalidad en la construcción de viviendas de albañilería y su influencia en la vulnerabilidad sísmica en el Sector 4, distrito de Amarilis – Huánuco – 2019*. Universidad De Huánuco.
- Fan Ding, Min Liu, Simon M. Hsiang, Peng Hu, Yuxiang Zhang, & Kewang Jiang. (2024). Duration and Labor Resource Optimization for Construction Projects—A Conditional-Value-at-Risk-Based Analysis. *Annual Achievements Report Available Now*, 14(2), 553.
- Faraji, A., Rashidi, M., Meydani Haji Agha, T., Rahnamayiezekavat, P., & Samali, B. (2022). Quality Management Framework for Housing Construction in a Design-Build Project Delivery System: A BIM-UAV Approach. *Buildings*, 12(5), 554. <https://doi.org/10.3390/buildings12050554>
- Fernandez Quispe, W. J. (2023). *Evaluación de las deficiencias constructivas en edificaciones de tipo albañilería confinada del distrito de Hualhuas*. Universidad Peruana los Andes.
- Figuerola Loayza, M. O. (n.d.). *Diseño del sistema de aire acondicionado automatizado para un edificio corporativo en Lima*. Universidad Ricardo Palma.
- Fiorella Carolina Mondragón Montaña, & Darly Orlando Reyes Cruz. (2022). *Análisis técnico - económico de una edificación multifamiliar de 05 niveles comparando un sistema en albañilería confinada y un sistema de concreto armado*. Universidad Tecnológica del Peru.
- Flores Carreón, E. S., & Ponte, B. D. (n.d.). *Guía para optimizar puntos LEED mediante LCA de estructuras y cerramientos con integración BIM-LCA (Lima)*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Flores Jaramillo, M. E., & Arrieta Freyre, J. E. (2019). *Proceso constructivo de muros anclados en edificio de oficinas con 3 sótanos del distrito de Santiago de Surco – Lima*. Universidad de San Martín de Porres.

Flores-Laurente. (2024). *DESARROLLO DE UN PLAN DE ASISTENCIA EN LOS PROCESOS DE AUTOCONSTRUCCIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES MENOS VULNERABLES EN VIVIENDAS DE DOS PISOS DEL DISTRITO DE CIUDAD NUEVA, TACNA – 2023*. UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA.

Galarza Vega, D. A. (1997). *Procesos constructivos del edificio de oficinas El Polo*. Universidad Nacional de Ingeniería.

Hassanzadeh, A., Moradi, S., & Burton, H. V. (2024). Performance-Based Design Optimization of Structures: State-of-the-Art Review. *Journal of Structural Engineering*, 150(8). <https://doi.org/10.1061/JSENDH.STENG-13542>

Hernán de Solminihaç T, Guillermo Thenoux Z., & Javier Castro S. (2018). *Procesos y Técnicas de Construcción* (Ediciones Universidad Católica, Vicerrectoría de Comunicaciones, & Pontificia Universidad Católica de Chile, Eds.; Sexta).

Horn, A. (2015). *Integrating Constructability into Conceptual Structural Design*. Massachusetts Institute of Technology.

Huang, H., Zhang, B., Cheng, J., & Sun, Y. (2024). Psychological and Visual Perception of Campus Lightscapes Based on Lightscape Walking Evaluation: A Case Study of Chongqing University in China. *Buildings*, 14(3), 753. <https://doi.org/10.3390/buildings14030753>

Huaroc Palacios, A. H., Burgos Asto, W. H., & Leon Valdivia, F. M. (2024). *IMPROVING MEASUREMENT ACCURACY WITH THE USE OF 5D BIM VERSUS THE TRADITIONAL METHOD IN THE CASE STUDY “BURLEHU MULTIFAMILY BUILDING”, LOCATED IN SANTIAGO DE SURCO – LIMA*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

Izumi, B., Luczkowski, M., Labonnote, N., Manum, B., & Rønquist, A. (2024). A Systematic Mapping Study and a Review of the Optimization Methods of Structures in Architectural Design. *Buildings*, 14(11), 3511. <https://doi.org/10.3390/buildings14113511>

- La Republica. (2023). Unas 1.6 millones de viviendas construidas son informales y vulnerables ante temblores en Lima. *La Republica*.
- Latorre Aizaga, & Hugo Julianny. (2025). Optimización del Diseño de Estructuras de Hormigón Armado Utilizando Algoritmos Genéticos. *MAGAZINE DE LAS CIENCIAS*, 2528–8091.
- Leygonie, R., Motamedi, A., & Iordanova, I. (2022). Development of quality improvement procedures and tools for facility management BIM. *Developments in the Built Environment*, 11, 100075. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2022.100075>
- Love, P. E. D., Matthews, J., Porter, S. R., Carey, B., & Fang, W. (2023). Quality II: A new paradigm for construction. *Developments in the Built Environment*, 16, 100261. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100261>
- Mejía Márquez, & Luis Abel. (2017). *Diseño de edificio de viviendas de concreto armado aplicando las normas sismorresistentes de 2003 y 2016*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2016). DECRETO SUPREMO QUE MODIFICA LA NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, APROBADA POR DECRETO SUPREMO N° 011-2006-VIVIENDA, MODIFICADA CON DECRETO SUPREMO N° 002-2014-VIVIENDA. *El Peruano*, 1–32. www.vivienda.gob.pe
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2019). *NORMA E.070 ALBAÑILERÍA*. 1–65.
- Mlote, D. S., Budig, M., & Cheah, L. (2024). Adaptability of buildings: a systematic review of current research. *Frontiers in Built Environment*, 10. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1376759>
- Monasterio Flores, M. A. (2021). *Planificación y Control de Obras - IP19 - 202102*.
- Murillo Carranza, E. S. (2021). *Evaluación estructural y alternativa de reforzamiento de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada, Los Limoncillos, Los Olivos*,

Lima - 2019. Universidad César Vallejo.

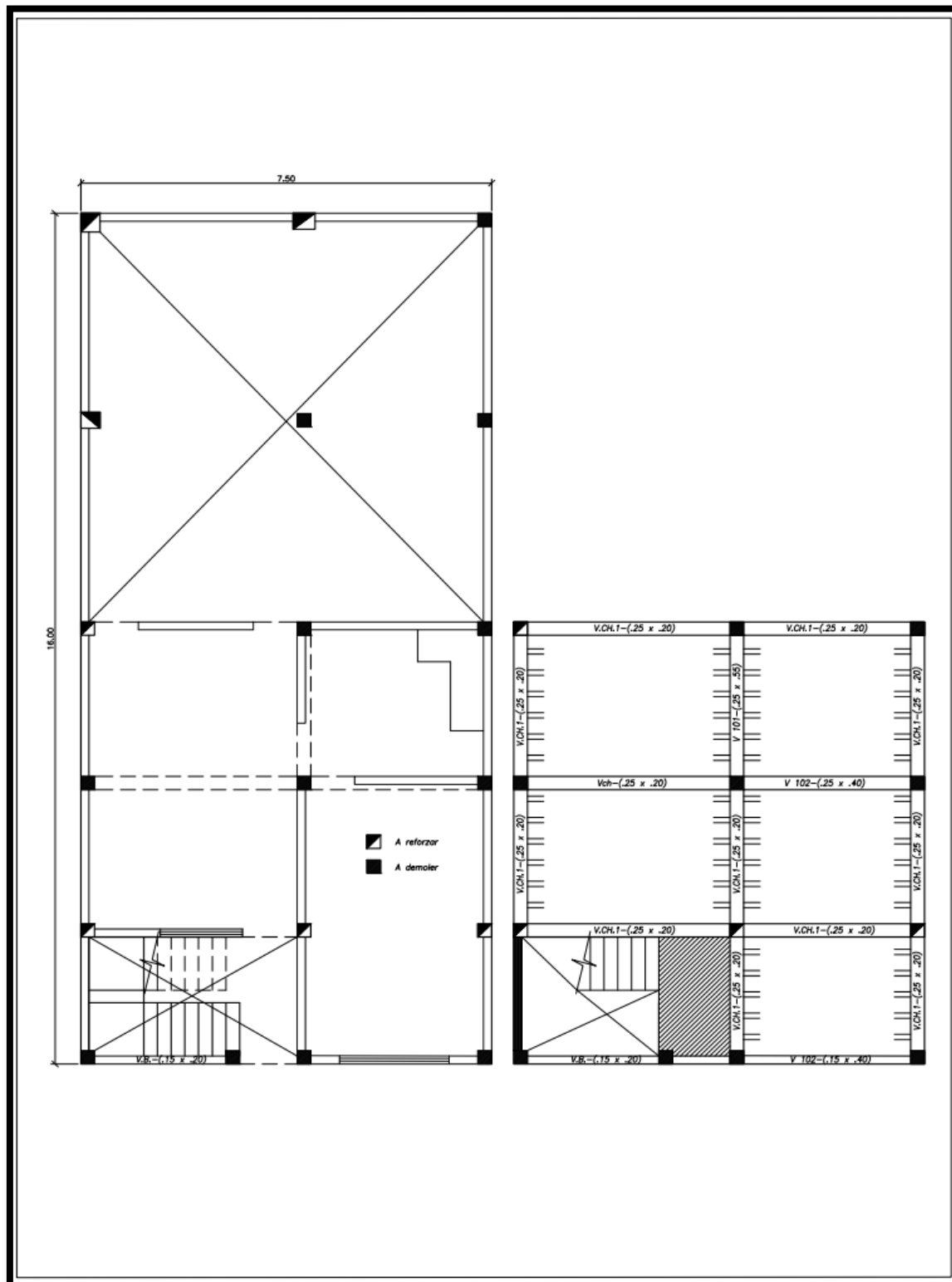
- Orbegozo Müller, H. (2005). *Proceso constructivo de oficinas temporales de drywall en el Perú*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ormeño Ramírez, C. E. (2019). *Planificación y control basado... Descripción Planificación y control basado en procesos para la gestión del tiempo y costo de la obra laboratorios para la E.P. Ingeniería de Minas de la UNA Puno en la ejecución de estructuras*. Universidad Nacional Del Altiplano.
- Osama Mohamed ElSahly, & Salma Ahmed and Akmal Abdelfatah. (2023). Systematic Review of the Time-Cost Optimization Models in Construction Management. *Annual Achievements Report Available Now*, 15(6), 5578.
- Pablo Ballesteros-Pérez, Ma. Carmen González-Cruz, & Antonio Cañavate-Grimal. (2013). On competitive bidding: Scoring and position probability graphs. *ScienceDirect*, 31(3), 434–448.
- Pari Quispe, S. E., & Manchego Meza, J. A. (2017). *Análisis experimental de muros de albañilería confinada en viviendas de baja altura en Lima, Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ramírez Paredes, J. H. (2018). *Gestión Lean/Last Planner en fase de construcción*. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Ramos Sanchez, J. (2023). *Software SIGMA R20 para la elaboración de Metrados, Costos y Presupuestos de Proyectos de Edificación*. Universidad Nacional de Jaén.
- Reynaga Bellido, & Jhosue Roberth Renzo. (2024). *Optimización de la construcción con elementos prefabricados a través de la metodología BIM*. Pontificia Universidad Católica del Peru.
- Roger Atkinson. (1999). Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *ScienceDirect*, 17(6), 337–342.
- Samadipour, E., Ghardashi, F., Nazarikamal, M., & Rakhshani, M. (2022). Perception

- risk, preventive behaviors and assessing the relationship between their various dimensions: A cross-sectional study in the Covid-19 peak period. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 77, 103093. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103093>
- San Bartolomé Ramos, Á. F., Quiun, D., & Silva Berrios, W. E. (2018). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://doi.org/10.18800/9786123173661>
- Sánchez Castro, C. L., & Toledo Rios, G. Z. (2013). *Estudio, análisis y evaluación de la siniestralidad laboral en las empresas del sector construcción*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sheijani, S. S., Momenaei, A., & Hassanzade, H. (2024). Automating modular open-plan office layouts with performance-based generative design. *Automation in Construction*, 167, 105692. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105692>
- Silva Linares Jeison Alembert. (2023). *COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LAS DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL SECTOR SAN CAMILO EN LA CIUDAD DE JAÉN-2022*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN.
- SMIS, S. (2009). Anuncio. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 81. <https://doi.org/10.18867/ris.81.135>
- Soto, C., Alexandra, V., Jara, L., Zarai, M., Torres, P., & Jhoel, P. (2025). *Guía de recomendaciones constructivas para el reforzamiento y/o reparación estructural de viviendas unifamiliares de albañilería confinada en Lima, Perú*.
- Tipacti Huamaní, J. L. (2019). *Procedimiento constructivo de losas postensadas con rampa en sótanos. Caso: edificio de oficinas Caminos del Inca 390*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Tong, J., Cai, Y., Gui, D., Wang, M., Zhao, S., & Hu, Y. (2022). Study on carbonation resistance and micromechanism of shotcrete in high geothermal tunnels. *Construction and Building Materials*, 320, 126196. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126196>

- Torres-Barriuso, J., Lopez-Villamor, I., Egusquiza, A., Garrido-Marijuan, A., Romero-Amorrortu, A., & Egiluz, Z. (2025). Sustainable Building Standards in the Galapagos Islands: Definition, Simulation, and Implementation in Representative Living Labs. *Buildings*, 15(1), 122. <https://doi.org/10.3390/buildings15010122>
- Velasquez Rosas, W. S. (2024). *Propuesta de un plan de gestión de calidad enfocado a la ejecución de obras por administración directa en la Sociedad de Beneficencia de Puno*. Universidad Continental.
- Wawak, S., Ljevo, Ž., & Vukomanović, M. (2020). Understanding the Key Quality Factors in Construction Projects—A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 12(24), 10376. <https://doi.org/10.3390/su122410376>
- WILLIAM EDSSEL CALSINA CALCINA, & GIOVANA MAMANI QUENTA. (2021). “ANÁLISIS COMPARATIVO ESTRUCTURAL ENTRE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR BAJO EL SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA Y APORTICADO EN TACNA 2020.” UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA.
- Wu, G., Liu, C., Zhao, X., & Zuo, J. (2017). Investigating the relationship between communication-conflict interaction and project success among construction project teams. *International Journal of Project Management*, 35(8), 1466–1482. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.08.006>
- Yingxia Yu, Junjia Han, Haoyu Gu, & Yi Yang. (2023). Dynamic Optimization of Construction Time-Cost for Deep and Large Foundation Pit Based on BIM Technology and Genetic Algorithm. *Annual Achievements Report Available Now*, 13(19), 10716.
- Zupan Arispe, E. (2016). *Manual de diseño de envolventes de edificios de gran altura en Lima*. Universidad Nacional de Ingeniería].

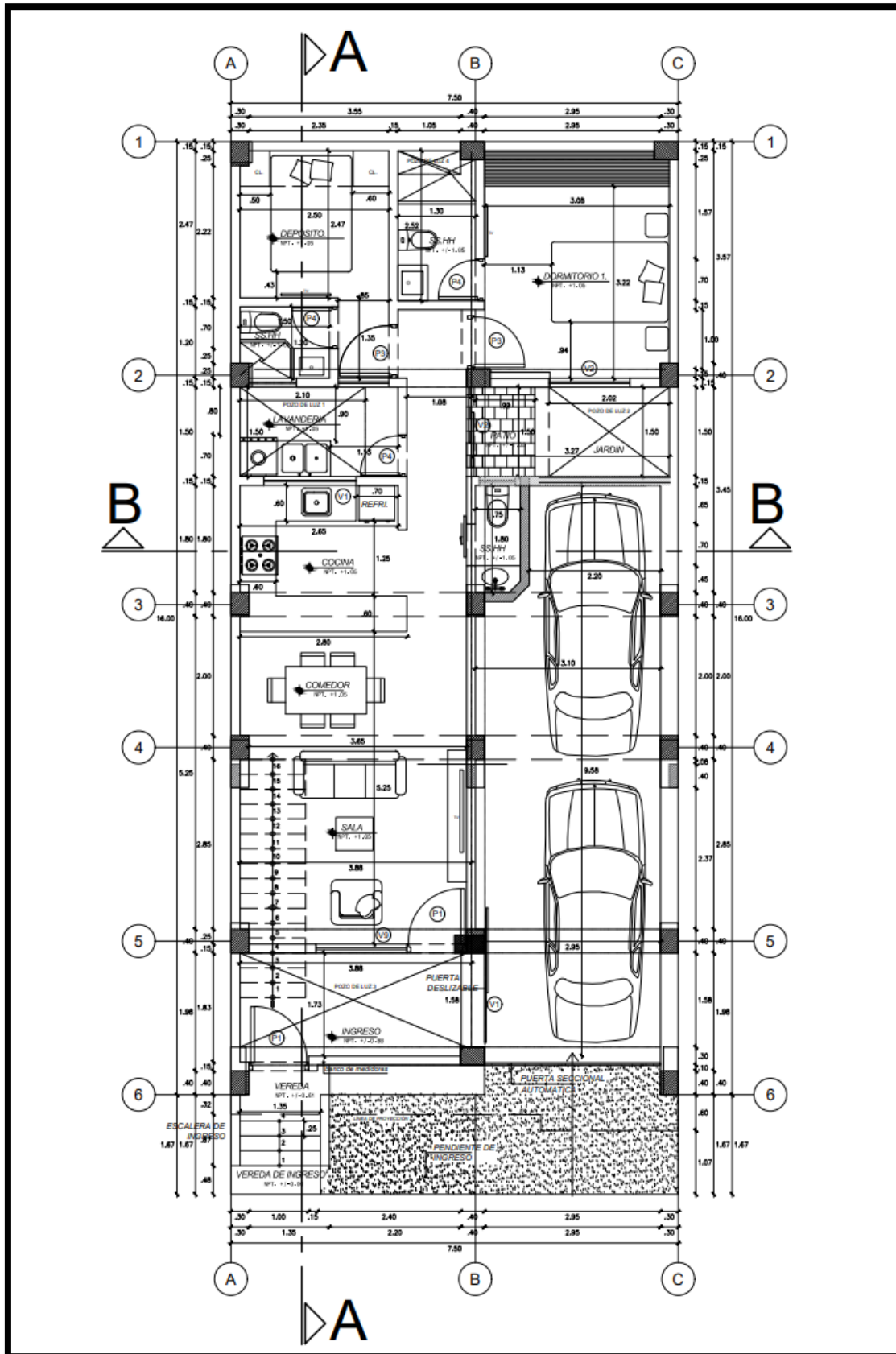
ANEXOS

Anexo 1. Pista en planta primer y segundo nivel (Edificación Antigua)



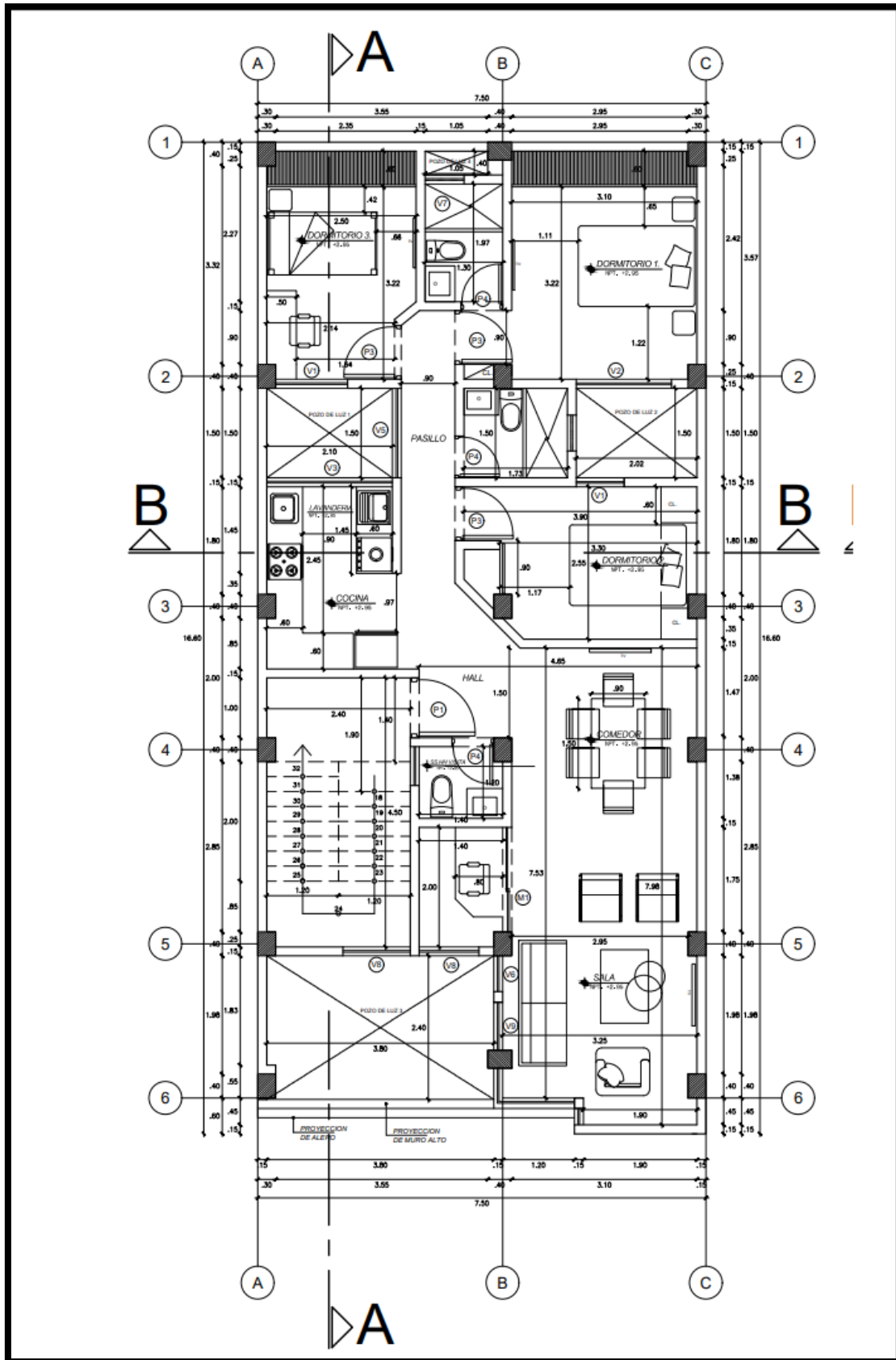
PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

Anexo 4. Plano arquitectura primer nivel, edificación proyectada



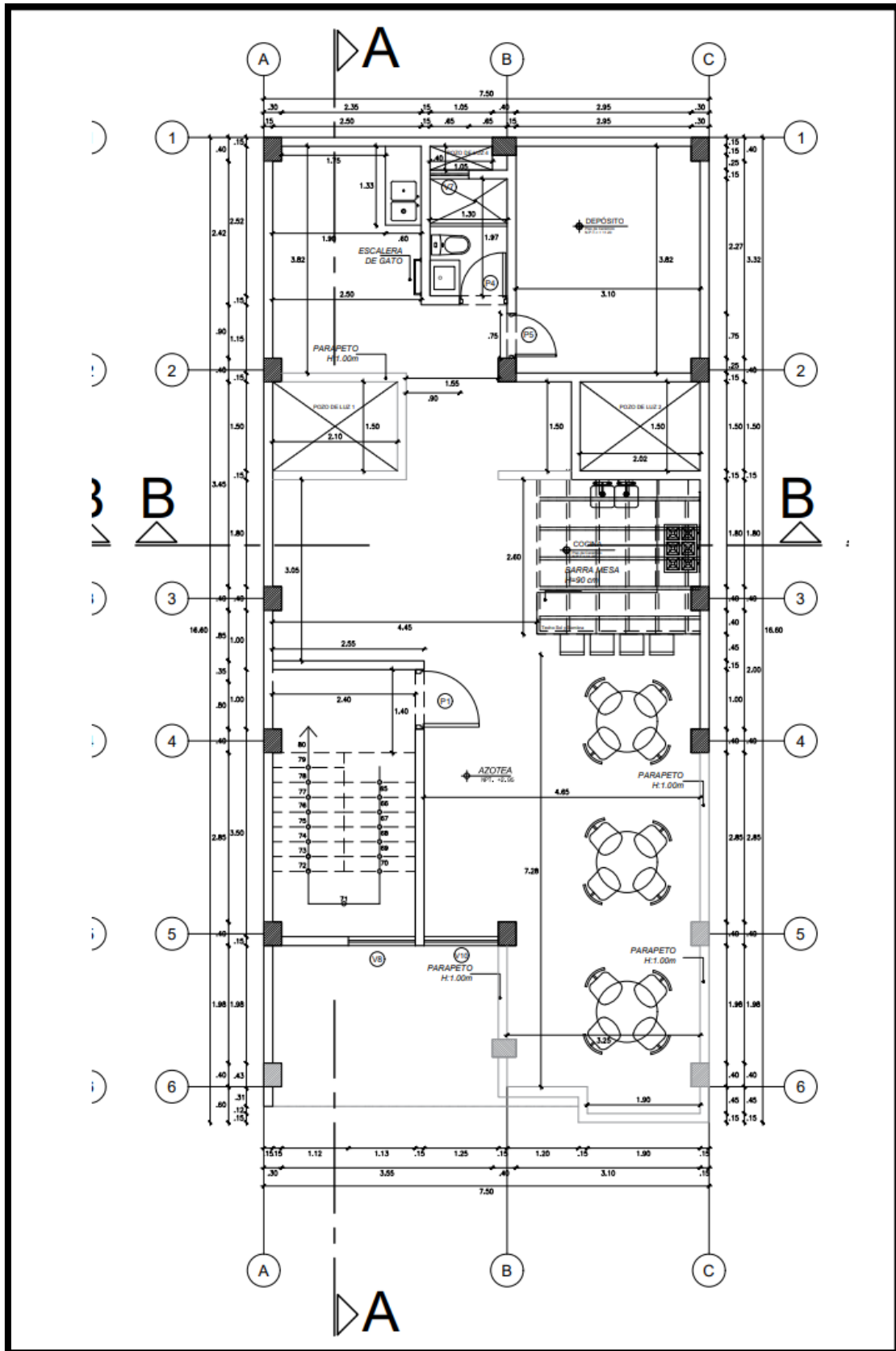
PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

Anexo 5. Plano arquitectura segundo nivel, edificación proyectada



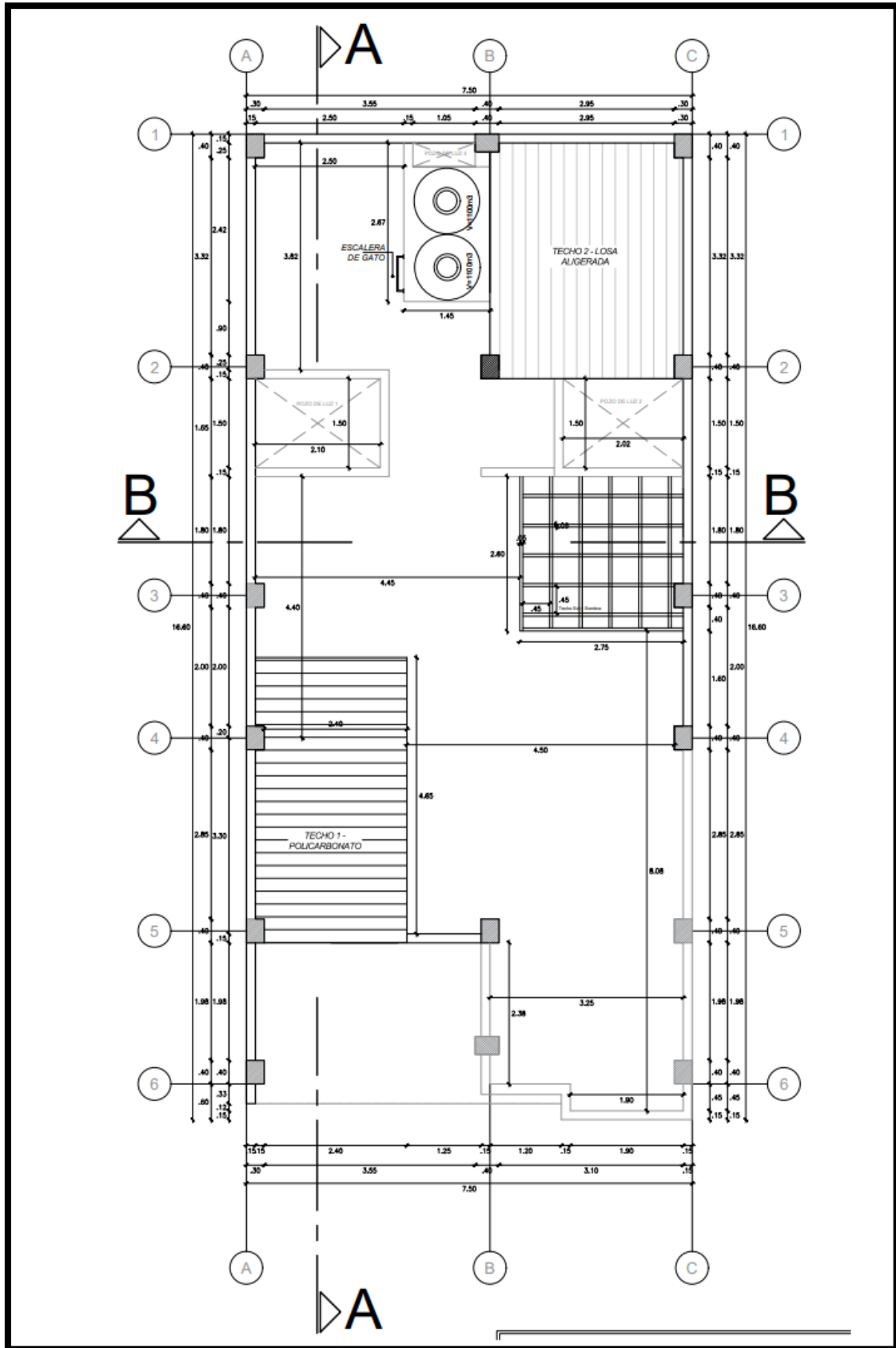
PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

Anexo 6. Plano arquitectura tercer nivel, edificación proyectada



PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

Anexo 7. Plano arquitectura cuarto nivel, edificación proyectada



PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LA AMPLIACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA MEDIANTE SISTEMA APORTICADO DE CONCRETO ARMADO

Anexo 8. Plano Corte B-B

