



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis sismorresistente de una edificación aporricada incorpo-  
rando concreto reciclado como agregado grueso al hormigón,  
Santo Domingo de Olleros, Huarochirí, 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Calle Muñoz, Miguel Ángel (orcid.org/0000-0002-9628-6546)

Enciso Oré, Silvia Yusara (orcid.org/0000-0002-6629-1475)

**ASESOR:**

Mg. Solar Jara, Miguel Angel (orcid.org/0000-0002-8661-418X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

Quiero expresar mi dedicación y gratitud a Dios, quien ha sido mi fuente de inspiración y fortaleza a lo largo de este proyecto de investigación. Su guía y apoyo han sido fundamentales para perseguir y lograr uno de mis más grandes anhelos.

## **Agradecimiento**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, en primer lugar, por brindarme la bendición de completar este logro tan importante en mi vida.

A mi familia y a todas las personas que de alguna manera han estado presentes durante todo este proceso, les estoy enormemente agradecido por su apoyo, ya sea de manera directa o indirecta, en la realización de este proyecto de investigación. Su aliento y respaldo han sido fundamentales en cada paso del camino.

## Índice de contenido

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	23
3.2 Variables y Operacionalización .....	23
3.3 Población, muestra y muestreo.....	24
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
3.5 Procedimientos .....	26
3.6 Método de análisis de datos.....	26
3.7. Aspectos éticos.....	26
IV. RESULTADOS.....	27
V. DISCUSIÓN .....	52
VI. CONCLUSIONES .....	56
VII. RECOMENDACIONES .....	59
REFERENCIAS .....	61
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1 Cargas Vivas Mínimas Repartidas.....	15
Tabla 2 Factores para pre dimensionamiento de vigas .....	15
Tabla 3 Peso de Losas Aligeradas de acuerdo a su espesor.....	16
Tabla 4 Factores de Zona .....	18
Tabla 5 Factor de Suelo .....	18
Tabla 6 Periodos Tp y TL .....	18
Tabla 7 Categoría de las edificaciones y Factor U .....	19
Tabla 8 Técnicas e instrumentos.....	24
Tabla 9 Datos recopilados para obtener el modelo de regresión múltiple .....	27
Tabla 10 Análisis de varianza.....	28
Tabla 11 Predimensionamiento de columnas iniciales .....	31
Tabla 12 Metrado de cargas muertas de columna central “CC”.....	32
Tabla 13 Metrado de cargas vivas de columna central “CC” .....	33
Tabla 14 Tipo de columna .....	33
Tabla 15 Dimensiones de columna central.....	33
Tabla 16 Técnicas e instrumentos Metrado de cargas muerta de columna esquinera .....	34
Tabla 17 Metrado de cargas vivas de columna esquinera I.....	34
Tabla 18 Dimensiones de columna esquinera.....	35
Tabla 19 Metrado de cargas muerta de columna excéntrica .....	35
Tabla 20 Metrado de cargas vivas de columna excéntrica.....	36
Tabla 21 Dimensiones de columna excéntrica .....	36
Tabla 22 Sistema estructural Ro .....	37
Tabla 23 Peso de edificación .....	38
Tabla 24 Periodos fundamentales .....	38
Tabla 25 Fuerza sísmica .....	39
Tabla 26 Desplazamientos en “X” .....	40
Tabla 27 Desplazamientos en “Y” .....	40
Tabla 28 Derivas en estático en X.....	43

## Índice de figuras

Figura 1. Ejemplo de luz libre mayor .....	15
Figura 2. Predimensionamiento de viga principal .....	16
Figura 3. Zonas Sísmicas.....	17
Figura 4. Arreglo 3D de la resistencia a la compresión (a la izquierda), y diagrama en 2D para la misma (derecha) .....	28
Figura 5. Dimensiones de área de columna CC .....	32
Figura 6. Dimensiones de área tributaria de columna CC .....	34
Figura 7. Dimensiones de área tributaria de columna CEX .....	35
Figura 8. Desplazamientos dinámicos en “Y” .....	41
Figura 9. Desplazamientos dinámicos en “X” .....	41
Figura 10. Desplazamientos estáticos en “X” .....	42
Figura 11. Desplazamientos estático en “Y” .....	42
Figura 12. Derivas en X” .....	43
Figura 13. Derivas en Y” .....	44
Figura 14 Derivas en X” .....	45
Figura 15. Derivas en Y” .....	46

## Resumen

Este estudio demuestra la viabilidad técnica de un proyecto que implica la modificación del hormigón mediante la sustitución de árido bruto por árido reciclado. El análisis sísmico de la edificación reveló que, en el análisis estático, la resistencia al corte en las direcciones x-x y y-y fue de 0.1258 y 0.1465 respectivamente, mientras que en el análisis de tracción los valores fueron de 0.0062 en x-x y 0.0055 en y-y. Los cálculos de diseño cumplen con los estándares de la norma técnica peruana E.0.30.

La propuesta contempla la construcción de un edificio de 6 plantas en un terreno de tipo S2 según E 0.30, con una capacidad de 1.2 m. El diseño incluye el uso de hormigón mejorado para la edificación, caracterizado por una resistencia a la compresión de 302.24 kg/cm<sup>2</sup>, una densidad de 2400 kg/cm<sup>3</sup> y un coeficiente de absorción de 1.2%. Estas propiedades fueron obtenidas a partir de datos recopilados en un diseño experimental factorial. Las variables consideradas fueron el tiempo de fraguado (7, 14 y 28 días) y el porcentaje de árido bruto sustituido (25%, 50%, 100%). La resistencia a la compresión fue la variable dependiente. Los resultados indicaron que con un 50% de sustitución y 28 días de fraguado, el concreto alcanzó una resistencia de 302.24 kg/cm<sup>2</sup>, y se desarrolló un modelo de regresión múltiple válido estadísticamente.

El proceso de desarrollo del proyecto incluyó la planificación de la construcción, estudios de suelos, diseño estructural y cálculos de diseño. Estos hallazgos tienen un potencial impacto significativo en el sector de la construcción, ya que el uso de hormigón modificado con materiales reciclados cumple con los requisitos para edificios de hasta seis pisos, contribuyendo además a la reducción de la demanda de recursos naturales. Este enfoque conceptual brinda nuevas oportunidades de diseño para edificios de esta categoría.

**Palabras clave:** Concreto reciclado, análisis sismorresistente, resistencia a compresión, desplazamientos.

## Abstract

This study demonstrates the technical feasibility of a project involving the modification of concrete through the replacement of coarse aggregate with recycled aggregate. The seismic analysis of the building revealed that, in static analysis, the shear strength in the x-x and y-y directions was 0.1258 and 0.1465 respectively, while in tension analysis, the values were 0.0062 in x-x and 0.0055 in y-y. The design calculations comply with the standards of the Peruvian technical norm E.0.30.

The proposal entails the construction of a 6-story building on a type S2 terrain according to E 0.30, with a capacity of 1.2 m. The design involves the use of improved concrete for the building, characterized by a compressive strength of 302.24 kg/cm<sup>2</sup>, a density of 2400 kg/cm<sup>3</sup>, and an absorption coefficient of 1.2%. These properties were obtained from data collected in a factorial experimental design. The variables considered were setting time (7, 14, and 28 days) and the percentage of substituted coarse aggregate (25%, 50%, 100%). Compressive strength was the dependent variable. The results indicated that with 50% substitution and 28 days of setting, the concrete reached a strength of 302.24 kg/cm<sup>2</sup>, and a statistically valid multiple regression model was developed.

The project development process included construction planning, soil studies, structural design, and design calculations. These findings have significant potential impact on the construction sector, as the use of modified concrete with recycled materials meets the requirements for buildings up to six stories, contributing to the reduction of natural resource demand. This conceptual approach provides new design opportunities for buildings of this category.

**Keywords:** Recycled concrete, earthquake resistant analysis, compressive strength, displacem.



## I. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción de edificios ha experimentado un crecimiento significativo a nivel global. Sin embargo, en muchos casos, este crecimiento ha ocurrido sin considerar las implicaciones a largo plazo, resultando en la reconstrucción de edificios en áreas previamente destruidas. Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) contienen materiales reutilizables como residuos limpios, hormigón y otros elementos de demolición, como vigas, columnas y componentes prefabricados de hormigón, tal como se describe en el Anexo 4 del Decreto Supremo N° 003-2013-HOUSE. Desde mediados del siglo XX, los RCD se han empleado en la construcción de nuevos edificios como una medida para reducir el impacto ambiental. Estos residuos son procesados y reciclados a través de métodos específicos. En países como Asia (Corea y Japón), existe un abuso de los recursos naturales y se generan grandes cantidades de RCD, que representan aproximadamente el 40% de los residuos totales. En la Unión Europea, según EUROSTAT (2017), los residuos de construcción y demolición constituyen el 35% de los desechos generados. La producción de estos residuos a nivel global ha motivado la implementación de estrategias y medidas para su manejo, incluyendo en la capital Lima, donde se desechan alrededor de 19 000 toneladas. La demolición de edificios también se ha convertido en un negocio rentable, lo cual es evidente en Lima, que produce 30 mil metros cúbicos de materiales de construcción diariamente. La producción de hormigón reciclado es una solución eficiente para aprovechar los RCD en la construcción, especialmente en el caso de hormigón deteriorado, como sostienen Pavón y Etxebarria. En respuesta a este problema, se han realizado investigaciones para abordar la extracción de estos residuos. Los escombros de demolición y construcción de miembros de la Unión Europea son reutilizados y procesados para generar nuevos materiales en el sector de la construcción. A nivel nacional, la empresa CICLO (2019) se especializa en el reciclaje y reutilización de RCD desde 2016, buscando soluciones integrales para su gestión y procesamiento. Este enfoque tiene como objetivo sintetizar y transformar los RCD en nuevos materiales compatibles con el medio ambiente, como ladrillos o lotes para la producción de hormigón. La reutilización y reciclaje de residuos generados en la construcción, como ladrillos, vigas, madera, cerámica y árido residual, se presenta como una alternativa necesaria. La utilización de concreto reciclado en el diseño de edificaciones, sometido a pruebas y posterior análisis sísmico, ofrece una propuesta de desarrollo sostenible

que considera factores ambientales, económicos y sociales. El objetivo principal del diseño sísmico es garantizar la integridad de las estructuras ante movimientos sísmicos intensos. Se llevará a cabo un estudio sobre el hormigón con árido reciclado para evaluar su mejora en propiedades mecánicas y determinar su viabilidad en el diseño de estructuras capaces de soportar diversas cargas y minimizar fracturas resultantes de sismos u otros eventos catastróficos.

#### Justificación Teórica

La incorporación de residuos de hormigón reciclado al proceso de producción de hormigón reduce favorablemente el uso de árido grueso natural. (Vanegas y Robles).

#### Justificación práctica

En este proyecto de investigación, identificaremos fallas potenciales que se observarán en el análisis sísmico de un edificio de estructura que se construirá con hormigón reciclado. Así como conocer su impacto en los negocios. Qué alternativas se tienen en el uso correcto de estas unidades.

#### Justificación ambiental

Al aplicar residuos de hormigón reciclado en la producción de hormigón en edificios, contribuyen a la preservación del medio ambiente ya que reutilizaremos los materiales de desecho en la construcción (Zambrano y Veliz).

Sobre la base de hecho, hay problemas planteados, problemas generales y cuestiones específicas para la investigación. La pregunta general de la investigación fue: ¿Cuál es el análisis sísmico de una edificación armada que combina hormigón reciclado como árido crudo con hormigón?

Los temas específicos a investigar son:

PE1: ¿Cuáles son las características mecánicas del concreto que incluye concreto reciclado como agregado grueso?

PE2: ¿Cuál es el proceso de pre-dimensionamiento de un edificio con estructura de marcos que utiliza concreto reciclado como agregado grueso?

PE3: ¿Cuál es el análisis dinámico y estático de un edificio enmarcado que incorpora hormigón reciclado como árido bruto?

El objetivo general es determinar el análisis sísmico de un edificio enmarcado que combina concreto reciclado como agregado crudo con concreto.

Los objetivos específicos son los siguientes:

OE1: Determinación de las propiedades mecánicas del hormigón mediante la incorporación de hormigón reciclado como árido grueso.

OE2: Determinar las predimensiones de los edificios enmarcados incorporando hormigón reciclado como árido grueso.

OE3: Preparar un análisis dinámico y estático de un edificio enmarcado que incluye hormigón reciclado como agregado bruto.

## **II. MARCO TEÓRICO**

En las secciones posteriores de este capítulo, se expondrán los fundamentos de este tema, abordando la evaluación de resultados y conclusiones derivadas del empleo de concreto reciclado en el análisis de la estructura de armazón del edificio. Posteriormente, se proporcionará una explicación detallada de las teorías de mayor pertinencia en relación con el ámbito de investigación:

#### Trabajos Previos Internacionales:

En la investigación llevada a cabo por Raúl Carrasco Montesdioca (2018), se abordó el propósito de reutilizar los residuos de construcción y demolición (RCD) en la ciudad de Riobamba como una alternativa sostenible y viable para el progreso urbano. El enfoque metodológico constó de dos fases: en la primera, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura existente, mientras que en la segunda se implementó una investigación experimental. Los resultados obtenidos indicaron que el concreto producido utilizando un porcentaje del 75% y 100% de residuo de concreto cumplía con los estándares establecidos por la normativa peruana. Esto ilustra que el uso de RCD asegura que las propiedades deseadas en los elementos se mantengan, evidenciando que las propiedades físicas, químicas y mecánicas de este material reciclado son una alternativa viable para reemplazar los agregados naturales. En resumen, se demostró que el concreto puede lograr una resistencia de 4.04 MPa al sustituir hasta un 100% del agregado grueso natural. Por lo tanto, se concluyó que el uso del agregado reciclado proveniente de RCD es adecuado para la fabricación de bloques de concreto.

PEÑAFIEL, Mayra y BARROS Liliana (2015), llevaron a cabo un estudio con el objetivo principal de examinar y analizar dos sistemas estructurales alternativos: el sistema de muros de carga y el sistema de entramado con muros estructurales. Su investigación demuestra que el comportamiento sísmico de un entramado estructural con muros estructurales muestra una respuesta más favorable ante terremotos fuertes, precisamente debido a su naturaleza resiliente. Se ha demostrado que se requieren secciones transversales significativas, especialmente en columnas, para resistir las fuerzas cortantes elevadas inducidas por los terremotos en ambas direcciones y cumplir con los límites admisibles de deflexión establecidos.

Castellanos, Julio & Rivera, Freddy (2017). En su investigación, comparó la teoría entre la estructura y el costo de un edificio de hormigón convencional con un edificio de hormigón estructural que incorpora RCD como agregado grueso utilizado en el diseño de un edificio tradicional de 5 pisos. Se ubica en la zona microsísmica LA-CUS-TRE-200. El resultado es una clara comparación de costes entre los dos proyectos, con un beneficio económico del 0,97 % utilizando un RCD del 25 % de la dosis total natural en el sistema estructural.

Vanegas, Juliana y Robles, Juan (2008), llevaron a cabo un estudio con el objetivo de analizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto utilizando árido grueso reciclado como componente. El estudio compara el comportamiento del concreto elaborado con áridos convencionales y el concreto elaborado al incorporar residuos de hormigón en el árido grueso. Los resultados revelaron que, en una prueba de resistencia a los 28 días, el concreto convencional alcanzó una resistencia máxima de 299,35 kgf/cm<sup>2</sup>, mientras que el concreto con un 50% de árido grueso reciclado obtuvo una resistencia de 289,23 kgf/cm<sup>2</sup>, y al reemplazar el 100% de los materiales sintéticos por árido reciclado, la resistencia fue de 272,94 kgf/cm<sup>2</sup>. Se concluyó que la mezcla que incorpora áridos reciclados presenta una ligera disminución en la resistencia a la compresión en comparación con el concreto convencional. Además, se determinó que las mezclas con un mayor porcentaje de árido reciclado presentan una menor resistencia en comparación con el control.

Agreda, Gonzalo y Moncada, Ginna (2015), llevaron a cabo un estudio con el propósito de examinar la viabilidad técnica de los agregados reciclados en el diseño de mezclas de concreto destinadas a la producción de elementos constructivos. En particular, se enfocaron en aplicaciones en espacios públicos como cunetas, aceras y parallantas, con el objetivo de cumplir con los estándares establecidos por la norma colombiana NTC-4109 y garantizar niveles mínimos de calidad.

Los resultados demostraron que las muestras que incorporaron agregado grueso reciclado en lugar del convencional obtuvieron un desempeño satisfactorio durante las pruebas de resistencia a la compresión. En particular, se registró una destacable resistencia de 28 MPa en una de las pruebas. Esto sugiere que la mezcla de diseño que incluye un 70% de agregado grueso reciclado demostró ser la más eficaz en

términos de rendimiento. Como resultado, se concluyó que esta dosis óptima de agregado reciclado puede utilizarse de manera efectiva en la producción de nuevos elementos constructivos.

#### Trabajos Previos Nacionales

Chugnas Tucto, Yosselin (2018), llevó a cabo una investigación con el propósito de analizar el impacto del uso de concreto reciclado como agregado grueso en la calidad de los bloques de concreto. A través de un enfoque experimental, se evaluaron los resultados de resistencia a la compresión de una muestra que contenía un 50% de árido reciclado. Los resultados obtenidos indicaron que la muestra con un 50% de árido reciclado logró una resistencia promedio de 50,46 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, 66,14 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y 74,21 kgf/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Se observó que esta resistencia promedio cumple con los requisitos mínimos establecidos por la norma técnica NTP E.070, demostrando que alcanza niveles de resistencia similares a los obtenidos con el uso de árido natural. La diferencia en resistencia entre las dos muestras fue de un 44,32%. En resumen, el estudio concluyó que al sustituir el agregado natural por un 50% de árido reciclado, se logró una resistencia de 50,46 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el doble de la resistencia requerida por la norma NTP E.070. Esto demuestra la viabilidad y la confiabilidad del uso de este tipo de concreto reciclado en el porcentaje mencionado.

Díaz, José y Torres, Henry (2018), llevaron a cabo un estudio con el objetivo de evaluar la viabilidad técnica de utilizar bloques de concreto con propósitos estructurales. Los resultados obtenidos en su investigación revelaron que los bloques fabricados sin la inclusión de agregado reciclado lograron una resistencia de 35.76 kg/cm<sup>2</sup>. Por otro lado, los bloques que contenían un 25% de agregado reciclado alcanzaron una resistencia de 35.28 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que aquellos con un 50% de agregado reciclado mostraron una resistencia de 45.61 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto a los bloques que incorporaban un 75% de agregado reciclado, presentaron una resistencia de 40.19 kg/cm<sup>2</sup>. En base a estos resultados, se concluyó que la mezcla de concreto más eficiente fue aquella que contenía un 50% de agregado grueso proveniente de escombros de concreto reciclado. Esta elección se fundamentó en la



observación de una efectiva homogeneización de los agregados durante el proceso de mezclado.

Lara Fernández, Manuel (2017), en su investigación, en su estudio, Lara Fernández (2017) tuvo como objetivo investigar la influencia del uso de concreto reciclado como agregado grueso en el comportamiento estructural. Para ello, se estableció una resistencia estándar mediante la utilización de un 0% de agregado reciclado, lo cual generó una resistencia de 180.04 kg/cm<sup>2</sup>. Luego, se procedió a sustituir gradualmente el agregado grueso con un 20% de agregado reciclado, resultando en una resistencia de 176.65 kg/cm<sup>2</sup>. Con una sustitución del 40%, la resistencia a la compresión fue de 176.19 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el concreto patrón. Sin embargo, con porcentajes de sustitución del 60% y 80%, la resistencia disminuyó significativamente. Como conclusión, se determinó que los concretos con una sustitución del 20% y 40% del agregado grueso presentan propiedades mecánicas comparables al concreto patrón. Por lo tanto, se optó por trabajar en el diseño estructural utilizando el concreto con un 40% de sustitución, que posee un peso específico de 2261.83 kg/m<sup>3</sup>.

León y Gutiérrez (2018) llevaron a cabo una investigación con el objetivo central de examinar el comportamiento sísmico y estructural de un edificio de siete pisos, considerando las actualizaciones recientes de la Norma E.030 Estructuras. Esta investigación adoptó un enfoque descriptivo y se basó en la aplicación de todos los factores especificados en la Norma E.030 para realizar un análisis sísmico exhaustivo del edificio en cuestión. Los resultados de este análisis se compararon con los límites previamente establecidos. El instrumento utilizado en esta investigación fue el programa de análisis estructural ETABS. Los resultados obtenidos de este análisis fueron positivos y satisfactorios. Por ejemplo, el desplazamiento máximo de deriva calculado fue de 0.0038, lo que se encuentra dentro del límite permisible de 0.007 según lo requerido por la normativa. Esto implica que el edificio evaluado cumple con las restricciones establecidas por la norma en términos de desplazamiento máximo bajo condiciones sísmicas.

Carizaile, Eddson y Anquise, Sandra (2015), llevaron a cabo un estudio con el objetivo de examinar las propiedades del concreto reciclado y valorar su factibilidad para ser utilizado en la edificación de viviendas en la ciudad de Tacna. Los resultados obtenidos indican que los componentes grandes reciclados presentan densidades menores en comparación con los componentes convencionales. Esta diferencia se atribuye a la capa de mortero adherida presente en los componentes reciclados, la cual tiene una densidad inferior a la de los componentes grandes.

El bajo peso específico que caracteriza a los agregados reciclados conlleva a un aumento significativo en el porcentaje de absorción de agua. A pesar de estas diferencias, se concluyó que los agregados reciclados exhiben propiedades similares a los agregados convencionales. La principal distinción radica en su menor peso específico, lo cual resulta en una mayor capacidad de absorción de agua en comparación con los agregados convencionales.

### **Teorías relacionadas al tema:**

#### **Concreto reciclado**

Se elabora utilizando agregados reciclados que han sido sometidos a un proceso de tratamiento previo para ser empleados, con el propósito de sustituir a los agregados naturales sin provocar una disminución significativa en las propiedades físicas, mecánicas y físico-químicas de un concreto convencional.

#### **Concreto Armado**

Está compuesto por un aglutinante cementante, agua y un agregado de gran tamaño. De acuerdo con lo indicado por Sánchez (2015), se explicó que el cemento y el agua interactúan de manera química, enlazando las partículas de los agregados y transformando la mezcla en una estructura sólida.

Ortega (2015), por su parte, afirmó que: "Los atributos esenciales que el concreto en su estado endurecido debe satisfacer son: fuerza, resistencia al deterioro y viabilidad económica".

#### **Resistencia a la compresión (NTP 339.078)**

Se emplea el enfoque de diseño basado en la resistencia, el cual involucra factores de carga en servicio y factores de reducción. Estos parámetros son derivados a partir de pruebas realizadas en probetas. Tal como lo señaló Harmsen (2005), se establece que el concreto debe permanecer en el molde durante un periodo de 24

horas después de su vertido, seguido de un proceso de curado utilizando agua. Es requerido que la probeta tenga una edad de 28 días para llevar a cabo el ensayo, según lo indicado por Harmsen.

$$R_c = 4G/(\pi i * d^2) \quad (1)$$

### **Resistencia a la Flexión**

Aunque la resistencia a la flexión es considerablemente menor en comparación con la resistencia a la compresión, presenta una característica única que está influenciada por la adherencia entre los agregados y la pasta, así como por la proporción entre el agua y el cemento (Harmsen, 2005, p. 27).

$$M_r = PL/(bh^2) \quad (2)$$

Falla al tercio medio.

$$M_r = 3Pa/(bh^2) \quad (3)$$

### **Pórticos**

Los componentes que forman la configuración del hormigón han sido concebidos para enfrentar los impactos máximos originados por las cargas que han sido adaptadas en cuanto a su magnitud. Un pórtico se refiere a un conjunto de componentes estructurales interconectados, cuyo diseño tiene la finalidad de soportar distintos tipos de cargas, ya sean distribuidas o concentradas, así como fuerzas tanto internas como externas, tal como lo señala la explicación proporcionada por Ortega (2015).

### **Diseño Estructural**

De acuerdo a las explicaciones brindadas por Harmsen (2005), se destaca que cada componente de concreto reforzado se somete a un proceso de diseño estructural, que incluye tanto el enfoque de diseño elástico como la consideración de cargas y el diseño de resistencia última. El propósito de este proceso radica en la incorporación de numerosas ecuaciones o modelos en el diseño estructural, lo cual permite describir analíticamente la relación entre esfuerzo y deformación en la compresión del concreto.

Independientemente del método específico que haya sido empleado, se hace necesario cumplir con los requisitos generales de funcionalidad establecidos en el reglamento. Esto implica satisfacer criterios como el control de la deflexión y la prevención de agrietamientos, según lo señalado por Ortega (2015).

El diseño estructural conlleva la determinación de las dimensiones y características de los elementos estructurales, asegurando que estén configurados de manera adecuada para cumplir con su función prevista.

### **Modelación Sísmica**

Es necesario satisfacer determinados estándares. Tal como señaló Rochel (2012):

Resistencia: Suficiente para la combinación de efectos de producción de cargas verticales, de viento o sismo; Rigidez: Adecuada para sus deformaciones; Ductilidad: En el caso de las cargas del sismo llegan a superar los valores estimados para el diseño, (p. 28)

Siguiendo las normas definidas para cada tipo de simulación sísmica, se procederá a representar la estructura a diseñar en el software ETABS. En este proceso, se detallarán las deficiencias identificadas en los ensayos realizados en el laboratorio, particularmente en el caso de una viga que incorpora escoria de acero en su composición de concreto.

### **Análisis sísmico**

Se calculan las fuerzas internas presentes en todos los elementos estructurales, lo que sienta las bases para la formulación del diseño. También se determinan los movimientos laterales del edificio, los cuales se encuentran especificados en las directrices de la norma RNE.030 sobre Diseño Sismo Resistente.

El diseño resistente al sismo se trata de establecer una configuración estructural adecuada, compuesta por elementos con dimensiones apropiadas. Además, se considera la elección de materiales específicos, todo ello con el fin de garantizar que la estructura posea la capacidad necesaria para brindar seguridad frente a un evento sísmico.

Los elementos necesarios para lograr una construcción óptima y completamente capaz de resistir los efectos de un movimiento sísmico son los siguientes:

- La estructura tiene que evitar el colapso y prevenir daños a los ocupantes.
- Debe resistir movimientos sísmicos de intensidad moderada.
- La edificación debe ser capaz de mantener su habitabilidad posterior a un evento sísmico.

Esto previene daños perjudiciales a los residentes y asegura un funcionamiento efectivo, reduciendo el deterioro de la estructura.

(Enrique Bazán) considera metas y fundamentos que incluyen:

- No debe exceder el límite de servicio.

Factores esenciales en el diseño ante sismos:

- Elección de un sistema estructural adecuado capaz de contrarrestar las fuerzas sísmicas.
- Realización de un análisis apropiado.
- Determinación de dimensiones precisas para las secciones.
- Características inherentes de la estructura.

Las regulaciones empleadas para este estudio son las siguientes:

Reglamento Nacional de Edificaciones.

- \* Norma E.020 (Cargas)
- \* Norma E.030 (Diseño sísmico resistente)
- \* Norma E.050 (Suelos y cimentaciones)
- \* Norma E.060 (Concreto armado)

### **Norma E.020 cargas**

Conforme al Reglamento Nacional de Edificaciones E.020, Capítulo 1, Artículo 2, se definen los siguientes términos:

**Carga muerta (CM):** Hace referencia a la carga generada por el peso de materiales, maquinaria, muros y otros componentes que la estructura del edificio sostiene, incluyendo su propia carga, y que poseen carácter constante en su naturaleza.

**Carga viva (CV):** Representan las cargas gravitacionales derivadas de la utilización de la estructura, las cuales no ostentan carácter permanente, dado que son variables y evolucionan con el empleo.

**Cargas de sismo (CS):** Se generan debido a la acción sísmica sobre la estructura. Para llevar a cabo un análisis estructural, se deben considerar diversas suposiciones sobre las cargas. En el contexto de esta tesis, se empleará un software denominado ETABS para llevar a cabo este análisis.

La resistencia necesaria para enfrentar las cargas muertas (CM) y las cargas vivas (CV) deberá ser al menos:

$$U = 1,4 CM + 1,7 CV \quad (4)$$

Si se deben incorporar cargas de viento (CVi) en el proceso de diseño, la resistencia necesaria será al menos:

$$U = 1,25 (CM + CV \pm CVi) \quad (5)$$

$$U = 0,9 CM \pm 1,25 CVi \quad (6)$$

Si es necesario contemplar cargas sísmicas (CS) en el diseño, la resistencia requerida será al menos:

$$U = 1,25 (CM + CV) \pm CS \quad (7)$$

$$U = 0,9 CM \pm CS \quad (8)$$

Norma E.0.60 (Concreto armado):

Pre-dimensionamiento de vigas:

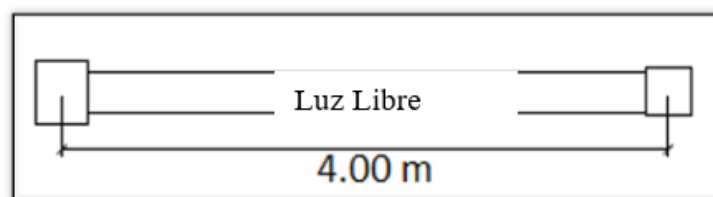
En una edificación compuesta por pórticos, es característico que las vigas peraltadas desempeñen un papel fundamental al proporcionar una rigidez esencial para controlar las deformaciones laterales, lo cual no se lograría con vigas planas.

Asimismo, Cutimbo (2016) señala que las vigas peraltadas contribuyen a una mayor capacidad resistente, además de ofrecer una mayor rigidez (p. 45).

En el caso de las vigas principales, se debe calcular el valor de la luz libre más extensa y luego verificar los siguientes datos en el proceso de pre-dimensionamiento:

### Figura 1. Ejemplo de luz libre mayor

*Figura 1: "Ejemplo de luz libre mayor"*



Fuente: Propia

## Tabla 1. Cargas Vivas Mínimas Repartidas

Tabla N° 1: "Cargas Vivas Mínimas Repartidas"

Tiendas	5,0 (500)
Corredores y escaleras	5,0 (500)
Viviendas	2,0(200)
Corredores y escaleras	2,0(200)

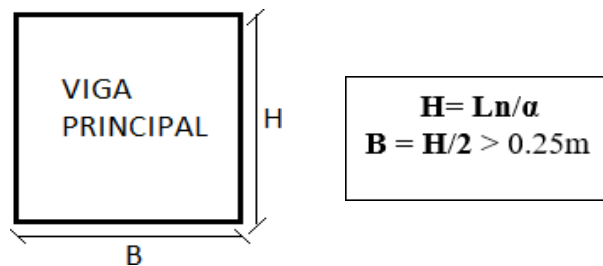
## Tabla 2. Factores para pre dimensionamiento de vigas

Tabla N° 2: "Factores para pre dimensionamiento de vigas"

Factores de predimensionamiento	
Ws/c	$\alpha$
$S/C \leq 200 \text{ Kg/m}^2$	12
$200 \text{ Kg/m}^2 < S/C \leq 350 \text{ kg/m}^2$	11
$350 \text{ Kg/m}^2 < S/C \leq 600 \text{ kg/m}^2$	10
$600 \text{ Kg/m}^2 < S/C \leq 750 \text{ kg/m}^2$	9

## Figura 2. Predimensionamiento de viga principal

Figura 2: "Predimensionamiento de viga principal"



## Losa Aligerada

Conforme a Blasco (1997), se explica que las vigas tienen una función intrínseca en relación a las cargas gravitacionales, ya que son responsables de transmitir las

cargas provenientes de las losas hacia las vigas mismas. Además, estas vigas también asumen una carga sísmica, que es fundamental para otorgar cohesión a la unidad estructural en su conjunto (p. 15).

Para:

$$S/C \leq 350 \text{ kg/m}^2 = h \geq L_n / 25 \quad (9)$$

$$S/C > 350 \text{ kg/m}^3 = h \geq L_n / 21 \quad (10)$$

**Dónde:**  $L_n$ : Luz máxima libre en metros.

### Tabla 3. Peso de Losas Aligeradas de acuerdo a su espesor

*Tabla N°3: "Peso de Losas Aligeradas de acuerdo a su espesor"*

Espesor de losa aligerado (m)	Espesor de losa superior en metros	Peso propio kPa (kgf/m <sup>2</sup> )
0.17	0.05	2.8 (280)
0.20	0.05	3.0 (300)
0.25	0.05	3.5(350)
0.30	0.05	4.2(420)

Columnas:

Las columnas se clasifican en tres tipos: centradas, excéntricas y ubicadas en esquinas. Su función es doble, ya que deben soportar verticalmente la carga derivada de su propio peso y de la estructura, mientras resisten también horizontalmente las fuerzas sísmicas y otros posibles efectos como el viento. En consecuencia, cada columna se diseña para trabajar en compresión flexural.

Para iniciar el pre dimensionamiento de una columna, es esencial considerar los valores de un área tributaria superior de acuerdo al plano estructural.

En relación a esto, Cutimbo (2016) hace referencia a lo siguiente: Al evaluar varios métodos de cálculo para el pre dimensionamiento de columnas, destaca un Método Práctico 1 que proporciona una estimación preliminar de las dimensiones de las columnas.

Columna Céntrica:  $a = H/8$

Columna Excéntrica  $a = H/9$



Columna Esquinada  $a=H/10$

Dónde: H=Altura del piso.

### Norma E.030 (Diseño sismorresistente)

#### Zonificación

Según la normativa RNE 0.30 de Diseño Sismorresistente, el enfoque se establece en función de la distribución geográfica de la actividad sísmica y las cualidades de los movimientos sísmicos en dicha área. En este contexto, se procede a la evaluación en base a zonas sísmicas específicas, considerando los factores inherentes a cada zona. Figura 3: "Zonas Sísmicas"

Figura 3. Zonas Sísmicas



Fuente: Norma Técnica E.0.30

#### Parámetros de sitio (S, TP y TL)

Se toma en cuenta el tipo de perfil estructural que mejor se ajuste a las condiciones particulares del entorno, en concordancia con la zona sísmica correspondiente y las características del suelo presente.

## Factor de zonificación sísmica

Tabla 4. Factores de Zona

Tabla N°4: "Factores de Zona"

FACTOR DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Tabla 5. Factor de Suelo

Tabla N°5: "Factor de Suelo"

FACTOR DE SUELO "S"				
Suelo Zona	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_4$	0.80	1.00	1.05	1.10
$Z_3$	0.80	1.00	1.15	1.20
$Z_2$	0.80	1.00	1.20	1.40
$Z_1$	0.80	1.00	1.60	2.00

Tabla 6. Periodos  $T_p$  y  $T_L$

Tabla N°6: "Periodos  $T_p$  y  $T_L$ "

<b>PERIODOS "<math>T_p</math>" y "<math>T_L</math>"</b>				
	<b>Perfil de suelo</b>			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_p$ (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
$T_L$ (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

### Factor de ampliación sísmica (C)

Conforme a las particularidades del emplazamiento, se determina el valor del parámetro (C) mediante las siguientes expresiones:

$$T < T_p \quad C = 2.5 \quad (11)$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \cdot \left( \frac{T_p}{T} \right) \quad (12)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \cdot \left( \frac{T_p \cdot T_L}{T} \right) \quad (13)$$

Este coeficiente se comprende como el multiplicador que amplifica la aceleración sísmica en la estructura en relación a la aceleración que ocurre en el suelo.

### Categoría de las edificaciones y Factor de Uso (U)

El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) E 0.30 establece que el coeficiente (U) se emplea de acuerdo con la clasificación en la que se encuentre la estructura. En el caso de edificios con aislamiento en la base, es posible considerar un valor de U igual a 1.

**Tabla 7. Categoría de las edificaciones y Factor U**

*Tabla N°7: "Categoría de las edificaciones y Factor U"*

<b>CATEGORÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FACTOR (U)</b>
A Edificaciones esenciales	Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general	1.5
B Edificaciones importantes	Edificaciones donde se reúne gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, etc.	1.3
C Edificaciones comunes	Tales como viviendas, oficinas, hoteles restaurantes	1.0
D Edificaciones temporales	Construcciones provisionales	

### **Procedimiento del análisis sísmico**

Según el RNE E.0.30 se señala que los métodos a utilizar son el análisis estático y dinámico.

#### **Análisis estático**

El Reglamento Nacional de Edificaciones establece que a través de este enfoque es posible llevar a cabo el análisis de todas las estructuras, tanto regulares como irregulares, que se encuentren en el área propensa a sismos correspondiente.

#### **Fuerza cortante en la Base**

La fuerza de corte en la base de la estructura, en relación a la dirección considerada, se refiere a la magnitud de la fuerza de corte que actúa en la base de la estructura en una dirección específica. Para su cálculo se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R}.P$$

(14)

### **III. METODOLOGÍA**

### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan en relación al grado de investigación que:

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. (p.80)

En la presente indagación, se emplea un enfoque descriptivo, ya que implica la recolección de datos y mediciones de conceptos relacionados con las variables.

De acuerdo con Málaga, Vera y Oliveros (2008), el tipo de estudio aplicado tiene la finalidad de crear nueva tecnología a partir de conocimientos investigativos, con el propósito de determinar si dicha tecnología puede ser implementada para objetivos específicos.

En consecuencia, el enfoque de esta investigación será de carácter aplicado, ya que introduce un nuevo enfoque en el análisis sísmico de pórticos que incorporan concreto reciclado, proporcionando una solución al problema identificado.

El diseño de investigación seleccionado se enmarca en un enfoque cuasi-experimental, siguiendo la perspectiva presentada por Hernández, Fernández y Baptista (2014), quienes sostienen lo siguiente:

Los diseños cuasi experimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes. (p. 151)

Así pues, el enfoque de investigación que se adoptará en esta tesis se basa en un diseño cuasi experimental. En este diseño, se introduce una variable independiente que será analizada para evaluar su influencia sobre una variable dependiente específica.

### **3.2 Variables y Operacionalización**

**Variable independiente:** Análisis del hormigón incorporando concreto reciclado en los pórticos

**Variable dependiente:** Análisis Sismorresistente del Sistema Aporticado

**Matriz de operacionalización de variables en ANEXO 01**

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

La población se define como el conjunto de todos los individuos de una misma especie que comparten una característica específica o se ajustan a una definición particular. En este estudio, las poblaciones que se han considerado abarcan todas las estructuras de tipo aporcado que han sido diseñadas y que cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la normativa peruana. Estas poblaciones serán analizadas de acuerdo con el enfoque elegido por el investigador.

#### **Muestra**

De acuerdo a Hernández et al. (2014), una muestra corresponde a un subconjunto de la población de estudio en el cual se recopilará la información necesaria para la investigación. Es esencial seleccionar o delimitar con gran precisión este subconjunto, ya que debe ser un grupo altamente representativo de la población en su conjunto (p. 173).

En consecuencia, para este estudio, nuestra muestra se enfocará en las edificaciones con sistema aporcado que incorporan concreto reciclado como agregado grueso en el hormigón.

**Muestreo:** No aleatorio y tomado por conveniencia.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas**

Siguiendo a Reyes & Sánchez (2015), se puede definir que las técnicas son herramientas que se emplean para recopilar información sobre un hecho o fenómeno, de acuerdo con los objetivos de la investigación (p. 163).

Desde la perspectiva de Borja (2012), se identifican distintos métodos para recopilar información, los cuales no son mutuamente excluyentes, sino que más bien se complementan. Estas opciones incluyen pruebas estandarizadas, encuestas, entrevistas y observación (p. 33). Para este estudio en particular, se optará por el método de observación. Esto se debe a que se está utilizando un diseño de investigación cuasi-experimental, el cual se ajusta de manera más apropiada a este enfoque. La observación permitirá obtener una comprensión más profunda del tema en investigación.



## Validez

Con el fin de asegurar la validez de la investigación, se recopilará información proveniente de estudios que involucraron la recopilación de datos y ensayos certificados llevados a cabo por laboratorios. Basándose en estos datos, se obtendrán los parámetros necesarios para su posterior procesamiento en el software designado.

### Instrumentos de recolección de datos

En relación a la elección de los instrumentos, Reyes y Sánchez (2015) señalan que esta elección está vinculada con la técnica previamente seleccionada, y destacan que estos instrumentos son herramientas utilizadas principalmente durante la fase de recolección de datos (p. 166).

Por otro lado, de acuerdo con Borja (2012), en investigaciones en el campo de la ingeniería, es fundamental plasmar los datos observados en formatos adecuados para la recopilación de información (p. 33).

En consecuencia, para llevar a cabo este estudio, se emplearán instrumentos que engloben formatos de laboratorio diseñados adecuadamente para cada prueba de los agregados gruesos reciclados, así como para las evaluaciones de resistencia a la compresión y a la flexión, entre otros análisis. Adicionalmente, se hará uso de software especializado y se verificará la conformidad con las normativas técnicas correspondientes, como las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). El propósito de este enfoque es asegurar una recolección de datos formal, precisa y altamente confiable.

### Tabla 8. Técnicas e instrumentos

*Tabla N°8: "Técnicas e instrumentos"*

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Estudio de suelos	Software ETABS
Estudio de ensayo de compresión	Mathcad 15

### **3.5 Procedimientos**

En el desarrollo de la investigación, se implementó un método de recopilación de datos que consistió en la utilización de artículos indexados y tesis para extraer información relevante relacionada con el análisis del concreto reciclado. Además, se recurrió a libros teóricos cuya selección se basó en su título, como fuente adicional de conocimiento.

Adicionalmente, se recopiló información a partir de expedientes técnicos y estudios de suelos. También se consideraron los resultados de ensayos realizados específicamente en el concreto reciclado. Estos datos recolectados se procesaron posteriormente en el programa ETABS, lo que permitió llevar a cabo un análisis sismo-resistente adecuado en el sistema aporticado que incorpora concreto reciclado.

### **3.6 Método de análisis de datos**

El proceso de análisis de datos se llevará a cabo utilizando el software Mathcad 15. A través de este programa, examinaremos y evaluaremos los resultados más apropiados obtenidos de investigaciones relacionadas con nuestro objetivo general. Estos resultados serán utilizados para informar y guiar el diseño de nuestra edificación aporticada.

### **3.7. Aspectos éticos**

Este trabajo de tesis sigue las directrices del manual APA en cuanto a la correcta atribución de fuentes y citas adecuadas, asegurando la utilización de fuentes confiables. Además, se adhieren a las normativas establecidas por la Universidad César Vallejo y se observan los principios éticos requeridos en la investigación y redacción académica.

## **IV. RESULTADOS**

En el próximo capítulo, presentaremos los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos específicos definidos en este estudio. Comenzaremos por analizar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón que incorpora concreto reciclado como árido grueso. Para realizar este análisis, emplearemos el software MATHCAD 15. Este programa nos brindará la capacidad de verificar y aprovechar nuevamente los cálculos y resultados de investigaciones anteriores que guarden relación con nuestro objetivo general.

**RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1:** "Determinar las propiedades mecánicas del concreto que incluye concreto reciclado como agregado grueso". Para lograr esto, se emplearon los resultados de ensayos previamente realizados en investigaciones, los cuales se encuentran registrados en la tabla. Estos resultados fueron procesados utilizando el software MATHCAD 15™.

Durante el proceso, se consideraron como variables independientes los días de curado y el porcentaje de incorporación de concreto reciclado como agregado grueso. La resistencia a la compresión ( $F'c$ ) del concreto se consideró como la variable dependiente en este análisis. Estos datos, obtenidos de informes de laboratorio, reemplazaron la metodología original propuesta para evaluar los materiales en los laboratorios de la institución.

La función de la resistencia a la compresión se formuló considerando ambas variables independientes, tal y como se representa en la Ecuación (15). Con el fin de confirmar la validez de este modelo, se realizó un análisis de varianza mediante la utilización del Estadístico F (basado en la Distribución de Fisher). Los resultados obtenidos de este análisis se encuentran detallados en la Tabla N° 9.

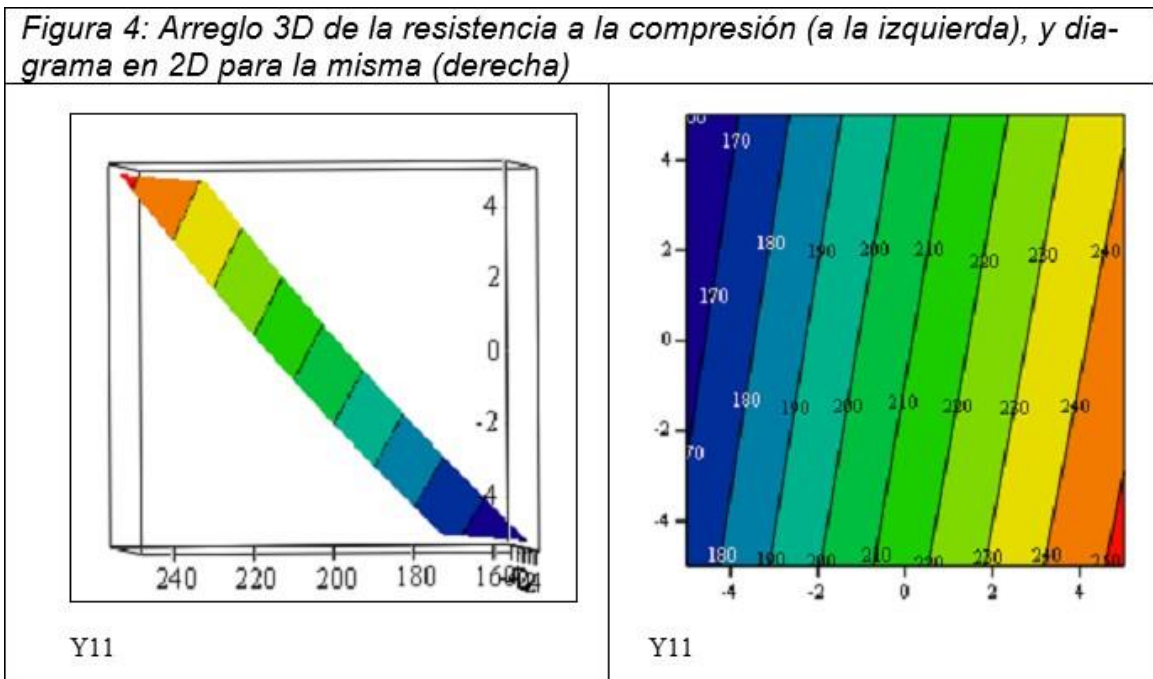
$$Y_{11}(x_{11}, x_{22}) := 208.716 + 7.968x_{11} - 1.402x_{22} - 0.107x_{11}^2 + 5.799 \times 10^{-3} \cdot x_{22}^2 \quad (15)$$

**Tabla 9. Datos recopilados para obtener el modelo de regresión múltiple**

*Tabla N°9: "Datos recopilados para obtener el modelo de regresión múltiple"*

DÍAS DE CURADO	% DE AGREGADO	F'c
7	0	263.98
7	25	216.01
7	50	207.05
7	100	179.8
14	0	298.34
14	25	258.25
14	50	257.64
14	100	215.91
21	0	330.88
21	25	299.26
21	50	278.82
21	100	233.85
28	0	345.86
28	25	323.55
28	50	277.63
28	100	274.81

**Figura 4. Arreglo 3D de la resistencia a la compresión (a la izquierda) y diagrama en 2D para la misma (derecha)**



**Tabla 10. Análisis de varianza**

*Tabla N°10: "Análisis de varianza"*

<b>ANOVA</b>				
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Factor O
%de reci	$5.885 \times 10^4$	3	$\frac{5.885 \times 10^4}{3} = 1.962 \times 10^4$	$\frac{1.962 \times 10^4}{453.333} = 43.279$
Días de curado	$7.066 \times 10^4$	3	$\frac{7.066 \times 10^4}{3} = 2.355 \times 10^4$	$\frac{2.355 \times 10^4}{453.333} = 51.949$
Interaction	$4.392 \times 10^3$	9	$\frac{4.392 \times 10^3}{9} = 488$	$\frac{488}{453.333} = 1.076$
SSE	$2.176 \times 10^4$	48	$\frac{2.176 \times 10^4}{48} = 453.333$	
SST	$1.557 \times 10^5$	63		

Valores críticos de F	F0	Comparación de F0 con valor crítico de F	
$qF(0.95, 3, 48) = 2.798$	43.30	$F_0 > F$	Se rechaza la hipótesis nula
$qF(0.95, 3, 48) = 2.798$	51.95	$F_0 > F$	Se rechaza la hipótesis nula
$qF(0.95, 9, 48) = 2.082$	1.08	$F_0 < F$	Se acepta la hipótesis nula

Del Análisis de Varianza *Tabla N°10* se deduce:

La resistencia a la compresión se ve influenciada significativamente por el porcentaje de agregado. Esto se validó mediante el cálculo del valor F, el cual resultó ser mayor que el valor crítico de F. Como consecuencia, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa.

De manera similar, se determinó que la resistencia a la compresión también es afectada por los días de curado. Esta conclusión se respaldó estadísticamente al

calcular un valor F que superó el valor crítico de F. Como resultado, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa.

Por otra parte, se llegó a la deducción de que la resistencia a la compresión no se ve afectada por la interacción entre el porcentaje de concreto reciclado y los días de curado. Esta conclusión fue respaldada mediante un análisis estadístico que resultó en un valor F menor que el valor crítico de F. Por lo tanto, la hipótesis nula fue aceptada y se descartó la hipótesis alternativa.

**La resistencia a la compresión del concreto** destinado al análisis del sistema aporticado de la edificación se determinó en 302.24 kg/cm<sup>2</sup>. Este resultado fue obtenido al utilizar un 50% de concreto reciclado como agregado grueso y un período de curado de 28 días. Cabe destacar que estos valores cumplen con los requisitos establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP) E.0.60.

## **OE2: Pre dimensionamiento de la edificación aporticada incorporando concreto reciclado como agregado grueso.**

### Pre dimensionamiento de vigas:

En una estructura conformada por un sistema aporticado, es esencial que las diferentes características sean adecuadas para las vigas peraltadas. Estas vigas peraltadas son especialmente relevantes para controlar las deformaciones laterales de manera efectiva.

Se pudo establecer la longitud no soportada de la viga principal, la cual es de 4.4 metros. Esta medida se empleará en los cálculos preliminares que se explican en la tabla que sigue:

<b>Factores para pre dimensionamiento de vigas</b>	
<b>Ws/c</b>	<b><math>\alpha</math></b>
$S/C \leq 200 \text{ kg/m}^2$	12
$200 < S/C \leq 350 \text{ kg/m}^2$	11
$350 < S/C \leq 600 \text{ kg/m}^2$	10
$600 < S/C \leq 750 \text{ kg/m}^2$	9

Cálculos:

$$\begin{aligned}
 h = l_n/\alpha &= 4.4/12 &= & 0.366 &\approx & 0.45 \\
 b=h/2 &= 0.366/2 &= & 0.183 &\approx & 0.25
 \end{aligned}$$

En consecuencia, se ha decidido utilizar una viga principal con dimensiones de 0.30 metros de ancho por 0.45 metros de alto.

Pre dimensionamiento de vigas secundarias:

Se calculó la distancia libre entre apoyos, la cual resultó ser de 3.88 metros, y posteriormente se llevaron a cabo los cálculos correspondientes para el pre dimensionamiento de la estructura.

$$\begin{aligned}
 h = l_n/\alpha &= 3.88/12 &= & 0.323 &\approx & 0.35 \\
 B=H/2 &= 0.323/2 &= & 0.161 &\approx & 0.25
 \end{aligned}$$

Por consiguiente, se ha determinado que se utilizará una viga secundaria con dimensiones de 0.25 metros de ancho por 0.30 metros de alto.

En relación al pre dimensionamiento de la losa aligerada, se presenta el proceso matemático correspondiente. Se utilizará la longitud máxima que se observa en el plano estructural (ver anexo hgjg) para llevar a cabo dicho pre dimensionamiento.

$$E = \frac{LUZ LIBRE}{25} \tag{16}$$

En el plano estructural, se identificó una distancia libre entre apoyos de 4.40 metros.

$$E = \frac{4.40}{25} = 0.20 \text{ m}$$

Como conclusión de la evaluación, se determinó un espesor óptimo para la losa aligerada de 20 centímetros, acompañado por un peso propio de 300 kilogramos por cada metro cuadrado.

Con vigueta 0,10 m de ancho y 0,40 m entre ejes		
Espesor del aligerado (m)	Espesor de losa superior en metros	Peso propio kPa (kgf/m <sup>2</sup> )
0,17	0,05	2,8 (280)
0,20	0,05	3,0 (300)
0,25	0,05	3,5 (350)
0,30	0,05	4,2 (420)



Pre dimensionamiento de columnas:

Datos:

H típica de entrepiso = 2.4 m

H = 4.55 m

H típica de entrepiso = 2.4 m

H = 4.55 m

$H = 3.15 + 0.20 + 1.2 = 4.55 \text{ m}$

Cálculo de columnas iniciales:

Columna Céntrica:  $a = H/8$

Columna Excéntrica  $a = H/9$

Columna Esquinada  $a = H/10$

Dónde: H=Altura típica del entrepiso.

**Tabla 11. Predimensionamiento de columnas iniciales**

*Tabla N°11: "Predimensionamiento de columnas iniciales"*

		b	h
H/8	0.3	0.35	0.35
H/9	0.26	0.3	0.3
H/10	0.24	0.3	0.3

Predimensionamiento Inicial Columnas		
	b	h
Columna Centrada	0.35 m	0.35 m
Columna Lateral	0.30 m	0.30 m
Columna Esquinada	0.30 m	0.30 m

Una vez que se obtienen los valores iniciales de las columnas, se procede a realizar los cálculos detallados para cada tipo de columna utilizando el método de metrado de cargas como enfoque principal:

Columna central

Cálculo del peso tributario:

Vamos a realizar el cálculo del peso tributario que la columna central deberá soportar utilizando la siguiente ecuación:

**Figura 5. Dimensiones de área de columna CC**

(WD + WL)

(17)

Basándonos únicamente en el valor del peso específico del concreto, el cual es de 3.10 toneladas por metro cúbico y contiene un 50% de agregado reciclado:

Metrado de cargas muertas de columna central:

Viga principal en X:  $1.88+1.81 = 3.69$  m

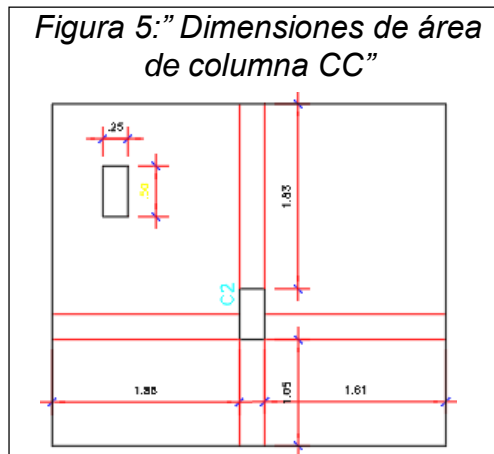
Viga secundaria en Y:  $1.83 + 1.05 = 2.88$  m

Columna del 2do al 6to nivel = 2.40

Losa aligerada:  $A1 + A2 + A3 + A4 = 11.52$

Acabados:  $13.29 - (0.35 \times 0.35) = 13.17$

Tabiquería = 13.17



**Tabla 12. Metrado de cargas muertas de columna central “CC”**

*Tabla N°12: Metrado de cargas muertas de columna central “CC”*

Descripción	#Pisos (Und)	Dimensiones			Carga (Ton/m3)	Carga (Ton/m2)	Peso (Ton)
		Área		Longitud			
		b (m)	h (m)	L (m)			
Vigas Principales en X	6	0.25	0.45	3.69	3.10	7.72	
Vigas Secundarias en Y	6	0.25	0.35	2.88	3.10	4.69	
Columnas (2do al 6vo Piso)	5	0.35	0.35	2.40	3.10	4.56	
Columnas (1er Piso)	1	0.35	0.35	4.55	3.10	1.73	
Losa aligerada	6	11.52				0.30	20.74
Acabados	6	13.17				0.10	7.90
Tabiquería	6	13.17				0.15	11.85
							<b>59.18</b>

**Tabla 13. Metrado de cargas vivas de columnas central "CC"**

*Tabla N°13: Metrado de cargas vivas de columna central "CC"*

Descripción	#Pisos (Und)	Dimensiones			Carga (Ton/m3)	Carga (Ton/m2)	Peso (Ton)
		Área		Longitud			
		b (m)	h (m)	L (m)			
Sobrecarga Típica	5	13.17			0.20	13.17	
Sobrecarga Ult.Nivel	1	13.17			0.10	1.32	
						<b>14.48</b>	
<b>Peso Tributario (WD + WL)</b>						<b>73.66</b>	

**Tabla 14. Tipo de columna**

*Tabla N°14: "Tipo de columna"*

TIPO DE COLUMNA	UBICACIÓN	PESO "P"	
Tipo C1, (Para los Primeros Pisos)	Columna Interior N < 3 Pisos	P =	1.10 * PG
		n =	0.3
Tipo C1, (Para los 4 últimos pisos superiores)	Columna Interior	P =	1.10 * PG
		n =	0.25
Tipo C2 y C3	Columnas Extremas de Pórticos Interiores	P =	1.25 * PG
		n =	0.25
Tipo C4	Columna de Esquina	P =	1.50 * PG
		n =	0.2

Predimensionamiento de columna central (Cc):

Calcularé la sección de la columna (Cc) utilizando la siguiente expresión matemática:

$$C1: 1.10 \times PG / 0.25 \times f'c \quad (18)$$

$$1.10 * 73.66 / 0.25 * 0.31 = 1045.566145 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sección (cm}^2\text{)} = 1045.57 / 30 = 34.85$$

**Tabla 15. Dimensiones de columna central**

*Tabla N°15: "Dimensiones de columna central"*

<b>Sección (cm<sup>2</sup>)</b>	
<b>b</b>	<b>h</b>
25	41.823
<b>30</b>	<b>34.852</b>
35	29.873
40	26.139
45	23.235
50	20.911

Obteniendo una sección de 30 x 35 cm

Pre dimensionamiento de columna esquinera:

Vamos a determinar el área tributaria para el cálculo del metrado de carga:

Viga principal en X: 1.74

Viga secundaria en Y: = 2.80 m

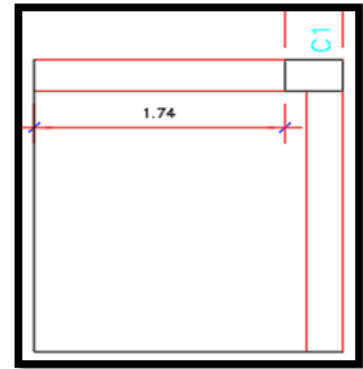
Columna del 2do al 6to nivel = 2.40

Losa aligerada: A1= 3.92

Acabados:  $4.97 - (0.30 \cdot 0.30) = 7.63$

Tabiquería = 4.88

*Figura 6: "Dimensiones de área tributaria de columna CC"*



**Figura 6. Dimensiones de área tributaria de columna CC**

**Tabla 16. Metrado de cargas muerta de columnas esquinera**

*Tabla N°16: "Metrado de cargas muerta de columna esquinera"*

Descripción	#Pisos (Und)	Dimensiones			Carga (Ton/m3)	Carga (Ton/m2)	Peso (Ton)
		Área		Longitud			
		b (m)	h (m)	L (m)			
Vigas Principales en X	6	0.25	0.45	2.30	3.10		4.81
Vigas Secundarias en Y	6	0.25	0.35	2.08	3.10		3.39
Columnas (2do al 6vo Piso)	5	0.30	0.30	2.40	3.10		3.35
Columnas (1er Piso)	1	0.30	0.30	4.55	3.10		1.27
Losa aligerada	6	3.92				0.30	7.06
Acabados	6	4.88				0.10	2.93
Tabiquería	6	4.88				0.15	4.39
							<b>27.19</b>

**Tabla 17. Metrado de cargas vivas de columna esquinera**

*Tabla N°17: "Metrado de cargas vivas de columna esquinera"*

Descripción	#Pisos (Und)	Dimensiones			Carga (Ton/m3)	Carga (Ton/m2)	Peso (Ton)
		Área		Longitud			
		b (m)	h (m)	L (m)			
Sobrecarga Típica	5	4.88				0.20	4.88
Sobrecarga Ult.Nivel	1	4.88				0.10	0.49
							<b>5.37</b>
<b>Peso Tributario (WD + WL)</b>							<b>32.56</b>

Pre dimensionamiento de la columna esquinera  
 $1.50 * PG / 0.20 * f'c$

(19)

$$1.50 * 32.56 / 0.20 * 0.31 = 787.7274194 \text{ cm}^2$$

**Tabla 18. Dimensiones de columna esquinera**

*Tabla N°18: "Dimensiones de columna esquinera"*

<b>Sección (cm2)</b>	
<b>b</b>	<b>h</b>
25	31.509
<b>30</b>	<b>26.258</b>
35	22.506
40	19.693

Obteniendo una sección de 30 x 35 cm

Columna excéntrica:

Viga principal en X: = 1.74 m

Viga secundaria en Y: 2.80 + 1.05 = 3.13 m

Columna del 2do al 6to nivel = 2.40

Losa aligerada: A1 + A2 = 5.90

Acabados: 7.72 – (0.30\*0.30) = 7.12

Tabiquería = 7.12

Figura N°7: "Dimensiones de área tributaria de columna CEX"

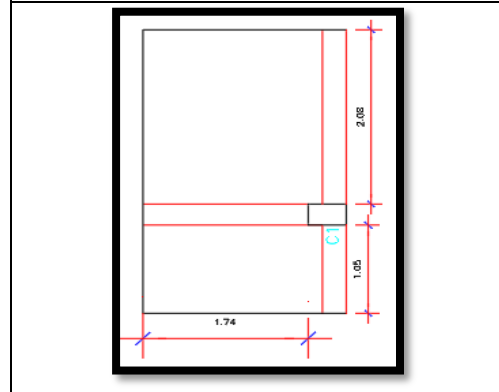


Figura 7. Dimensiones de área tributaria de columna CEX

Descripción	#Pisos (Und)	Dimensiones			Carga (Ton/m3)	Carga (Ton/m2)	Peso (Ton)
		Área		Longi- tud			
		b (m)	h (m)	L (m)			
Vigas Principales en X	6	0.25	0.45	1.74	3.50		4.11
Vigas Secundarias en Y	6	0.25	0.35	3.13	3.50		5.75
Columnas (2do al 6vo Piso)	5	0.30	0.30	2.40	3.50		3.78
Columnas (1er Piso)	1	0.30	0.30	4.55	3.50		1.43
Losa aligerada	6	5.90				0.30	10.62
Acabados	6	7.12				0.10	4.27
Tabiquería	6	7.12				0.15	6.41
							<b>36.37</b>

Tabla 19. Metrado de cargas muerta de columna excéntrica

Tabla N°19: "Metrado de cargas muerta de columna excéntrica"

Descripción	#Pisos (Und)	Dimensiones		Carga (Ton/m3)	Carga (Ton/m2)	Peso (Ton)	
		Área					Longitud
		b (m)	h (m)				L (m)
Sobrecarga Típica	5	7.12			0.20	7.12	
Sobrecarga Ult.Nivel	1	7.12			0.10	0.71	
						<b>7.83</b>	
<b>Peso Tributario (WD + WL)</b>						<b>44.20</b>	

**Tabla 20. Metrado de cargas vivas de columna excéntrica**

*Tabla N°20: "Metrado de cargas vivas de columna excéntrica"*

Pre dimensionamiento de la columna excéntrica (CEX):

$$1.25 * PG / 0.25 * f'c$$

$$1.25 * 44.20 / 0.25 * 0.35 = 631.4723 \quad (20)$$

**Tabla 21. Dimensiones de columna excéntrica**

*Tabla N°21: "Dimensiones de columna excéntrica"*

<b>Sección (cm2)</b>	
<b>b</b>	<b>h</b>
25	25.259
<b>30</b>	<b>21.049</b>
35	18.042
40	15.787
45	14.033
50	12.629

Obteniendo una sección de 30 x 25 cm

**OE3: Establecer el análisis estático y dinámico de la edificación aporticada incorporando concreto reciclado como agregado grueso**

### **Análisis estático**

Clasificación de la Zonificación (Z) de acuerdo a la norma E.030: El proyecto se encuentra situado en la zona 3 de acuerdo con las regulaciones peruanas E.030, y el valor correspondiente de Z se detalla en la tabla número "4" ( $z = 0.35$ ).

Parámetros del Sitio según E.030: Después de llevar a cabo el análisis del suelo, se determinó que el tipo de terreno apropiado para la cimentación es un suelo arenoso gravoso de clase S2. Al considerar tanto el factor de la zona como los parámetros específicos del terreno, se llegó al factor de suelos ( $S = 1.15$ ) según se indica en la tabla N° 5. Los periodos, por su parte, fueron establecidos a partir de la información en la tabla N° 6. El periodo de vibración fundamental (TP) es de 0.6. El periodo de vibración límite (TL) es de 2.0.

Categoría del Edificio, según E.030 (tabla N° 7): El proyecto en cuestión corresponde a una edificación común (C), y el factor (U) asignado es igual a 1. En cuanto al Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas, se siguió la directriz de la E.030, estableciendo un valor de  $R_0 = 8$ .

## Tabla 22. Sistema estructural Ro

Tabla N° 22: "Sistema estructural Ro"

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

Factores de Irregularidad, Según E.030:

Irregularidad en Altura,  $I_a$ : 1.00

Irregularidad en Altura,  $I_p$ : 1.00

Porque la edificación es simétrica tanto en altura como en planta

Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas:



De acuerdo con la normativa E.030, calculamos el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas empleando la siguiente ecuación:

$$R = R_0 \times I_a \times I_p \quad R:8 \quad (21)$$

Peso de la estructura:

Se efectuó el cálculo de las cargas estructurales siguiendo los procesos indicados en las regulaciones peruanas E.020 y E.0.30. Dado que el edificio está categorizado como convencional (residencial), se consideró la totalidad de la carga permanente junto con un incremento del 25% de la carga variable. Asimismo, se incorporó un 25% adicional de carga variable en la azotea, tal como se especifica.

### Tabla 23. Peso de edificación

*Tabla N° 23: "Peso de edificación"*

	Peso (Ton)	H (M)
P 1	12.76474	3.15
P 2	12.40641	5.59
P 3	12.40641	8.03
P 4	12.40641	10.47
P 5	12.40641	12.91
P 6	7.69905	15.35
Total:	70.08943	

Período Fundamental de Vibración (T):

**Tabla 24. Periodos fundamentales**

*Tabla N° 24: "Periodos fundamentales"*

Case	Modo	Pe-riodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ
<b>Modal</b>	<b>1</b>	<b>0.515</b>	0.0062	0.8731	0.0062	0.873	0.006
<b>Modal</b>	<b>2</b>	<b>0.501</b>	0.8583	0.0048	0.8645	0.8779	0.0154
Modal	3	0.442	0.0132	0.0081	0.8777	0.8861	0.86
Modal	4	0.162	4.00E-04	0.0846	0.8782	0.9707	0.0007
Modal	5	0.157	0.0916	2.00E-04	0.9698	0.9708	1.80E-03
Modal	6	0.139	1.80E-03	0.0005	0.9715	0.9713	0.0864
Modal	7	0.088	6.91E-07	0.0201	0.9715	0.9914	0.0001
Modal	8	0.084	0.0195	6.01E-07	0.991	0.9914	4.00E-04
Modal	9	0.075	6.00E-04	3.49E-05	0.9916	0.9915	2.03E-02
Modal	10	0.057	0	6.20E-03	0.9916	0.9977	1.81E-05
Modal	11	0.055	5.90E-03	0	0.9975	0.9977	0.0002
Modal	12	0.049	0.0003	2.73E-06	0.9978	0.9977	6.30E-03
Modal	13	0.042	0	0.0019	0.9978	0.9996	2.48E-06
Modal	14	0.04	0.0017	0	0.9995	0.9996	0.0001
Modal	15	0.035	0.0001	0	99.96%	0.9996	0.0019
Modal	16	0.034	0	0.0004	0.9996	1	0
Modal	17	0.033	0.0004	0	1	1	1.72E-05
Modal	18	0.029	2.04E-05	0	1	1	0.0004

Coeficiente de amplificación sísmica (C)  $t_y = 0.515$  y  $t_x = 0.501$

$$C_y = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T_y}\right) = 2.994 \quad (22)$$

$$C_x = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T_x}\right) = 2.913 \quad (23)$$

Fuerza cortante en la base con respecto a las condiciones generales del proyecto:

$$V = \left(\frac{Z \times U \times C_y \times S}{R}\right) = 0.1258 \quad (24)$$

$$V = \left(\frac{Z \times U \times C_x \times S}{R}\right) = 0.1465 \quad (25)$$

Fuerza sísmica en altura:

Podemos calcular las fuerzas sísmicas en función de la altura utilizando la siguiente expresión matemática que considera la cortante basal:

$$F_i = \alpha_i \cdot xV \quad (26)$$

**Tabla 25. Fuerza sísmica**

*Tabla N° 25: "Fuerza sísmica".*

Piso	Pi	hi	(hi) <sup>k</sup>	Pi*(hi) <sup>k</sup>	α <sub>i</sub>	V	F <sub>i</sub>
6	7.69905	15.35	15.4	118.180	0.191	0.126	0.024
5	12.4064	12.91	12.9	160.167	0.259	0.126	0.033
4	12.4064	10.47	10.5	129.895	0.210	0.126	0.026
3	12.4064	8.03	8.0	99.623	0.161	0.126	0.020
2	12.4064	5.59	5.6	69.352	0.112	0.126	0.014
1	12.7647	3.15	3.2	40.209	0.065	0.126	0.008
Σ	70.0894	55.50	.....	617.427	1.000	.....	0.126

Desplazamiento de centro de masas:

Calculamos los desplazamientos horizontales de la estructura en las direcciones "X" y "Y" tomando en cuenta la rigidez en altura y las fuerzas sísmicas determinadas en esa dirección.

**Tabla 26. Desplazamientos en "X"**

*Tabla N° 26: Desplazamientos en "X"*

Story	Load Case/Combo	Direction	cm
LA_TE-CHO	SXDIN Max	X	1.20
LA_PISO 05	SXDIN Max	X	1.11
LA_PISO 04	SXDIN Max	X	0.98
LA_PISO 03	SXDIN Max	X	0.80
LA_PISO 02	SXDIN Max	X	0.58
LA_PISO 01	SXDIN Max	X	0.33
LA_TE-CHO	SYDIN Max	X	0.24

**Tabla 27. Desplazamientos en “Y”**

*Tabla N° 27: “Desplazamientos en “Y””*

Story	Load Case/Combo	Direction	cm
LA_TECHO	SXDIN Max	Y	1.0197
LA_PISO 05	SXDIN Max	Y	0.9606
LA_PISO 04	SXDIN Max	Y	0.855
LA_PISO 03	SXDIN Max	Y	0.7029
LA_PISO 02	SXDIN Max	Y	0.5122
LA_PISO 01	SXDIN Max	Y	0.2915

**Figura 8. Desplazamientos dinámicos en “Y”**

*Figura 8: “Desplazamientos dinámico en “Y”*

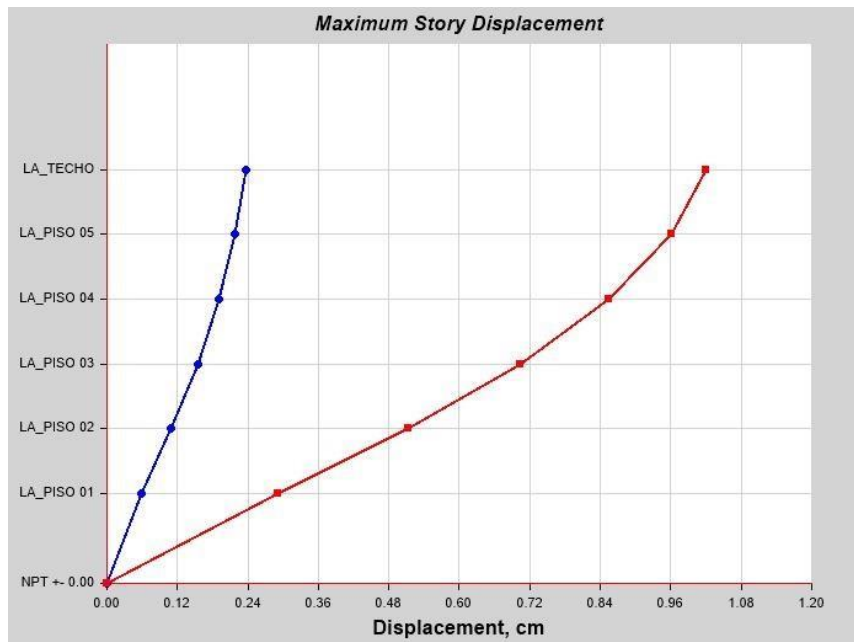


Figura 9. Desplazamientos dinámicos en "X"

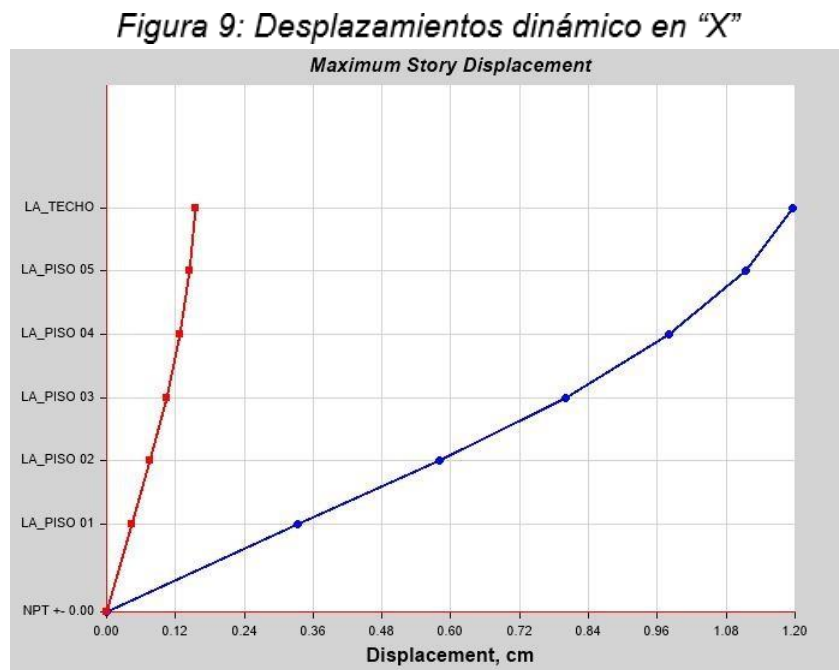
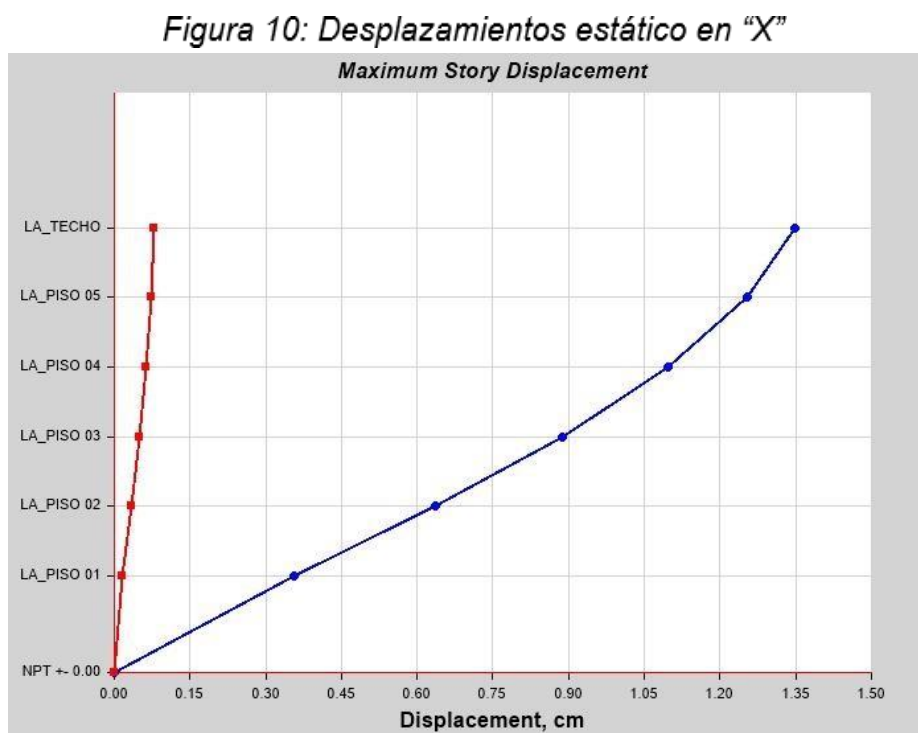
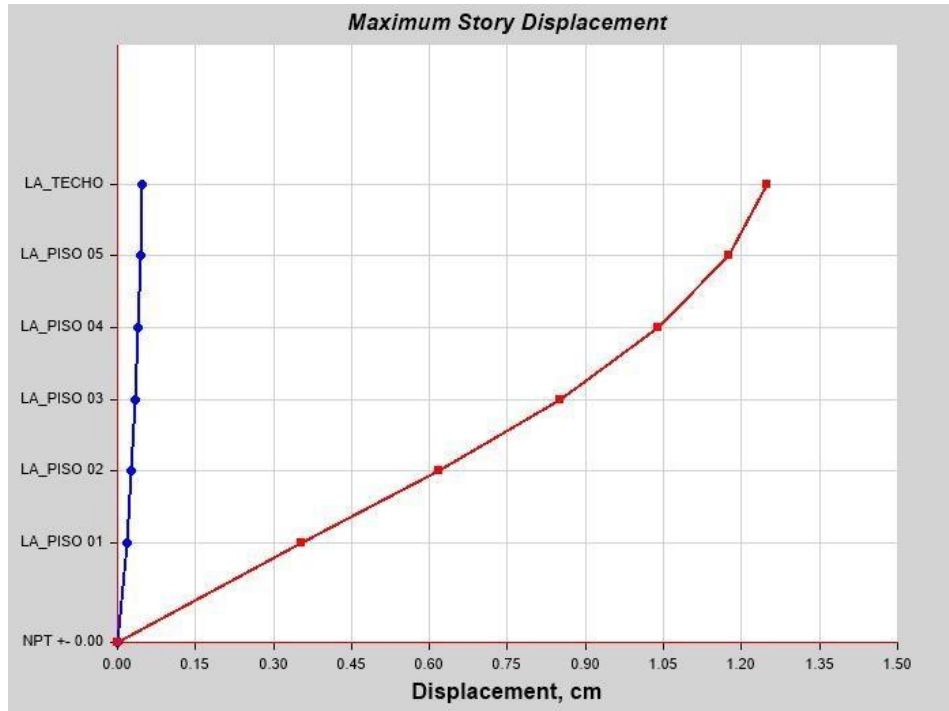


Figura 10. Desplazamientos estáticos en "X"



**Figura 11. Desplazamientos estáticos en “Y”**

*Figura 11: Desplazamientos estático en “Y”*



Derivas de la edificación aportada:

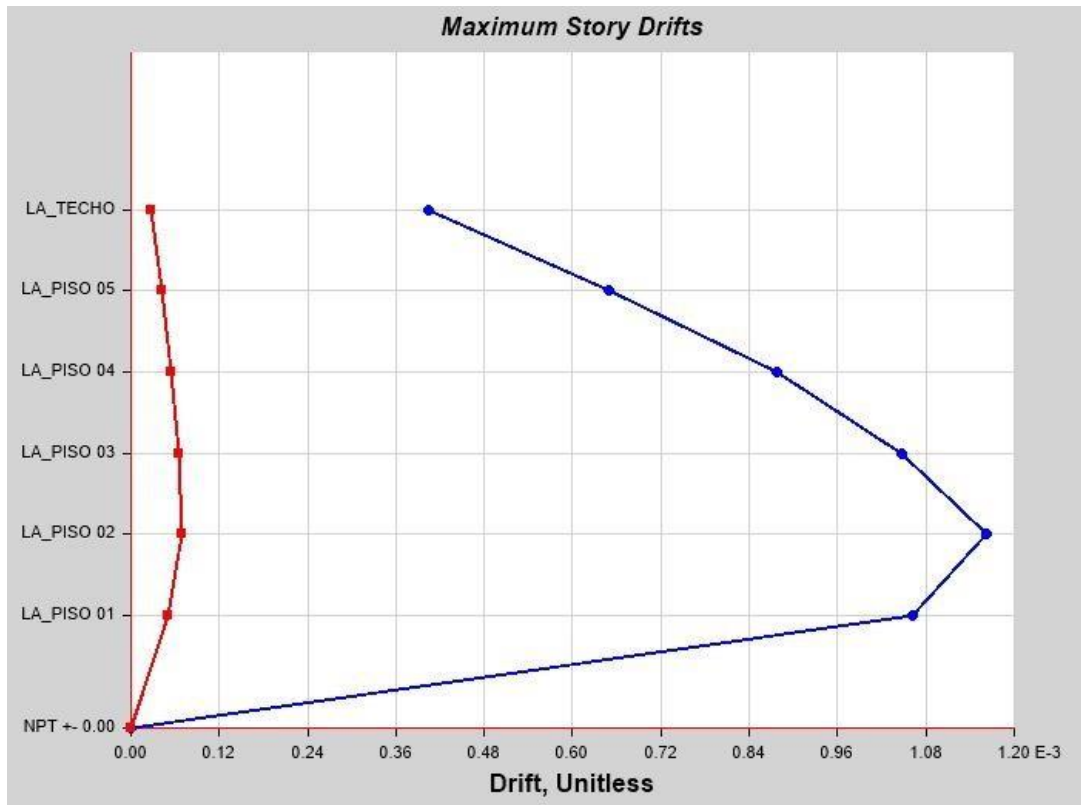
**Tabla 28. Derivas en estático en “X”**

*Tabla N° 28: “Derivas en estático en X”*

Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift
LA_TE-CHO	SXEST	Diaph D1 X	0.000403
LA_PISO 05	SXEST	Diaph D1 X	0.000649
LA_PISO 04	SXEST	Diaph D1 X	0.000877
LA_PISO 03	SXEST	Diaph D1 X	0.001048
LA_PISO 02	SXEST	Diaph D1 X	0.001163
LA_PISO 01	SXEST	Diaph D1 X	0.001062

**Figura 12. Derivas en “X”**

*Figura N° 12: "Derivas en X"*



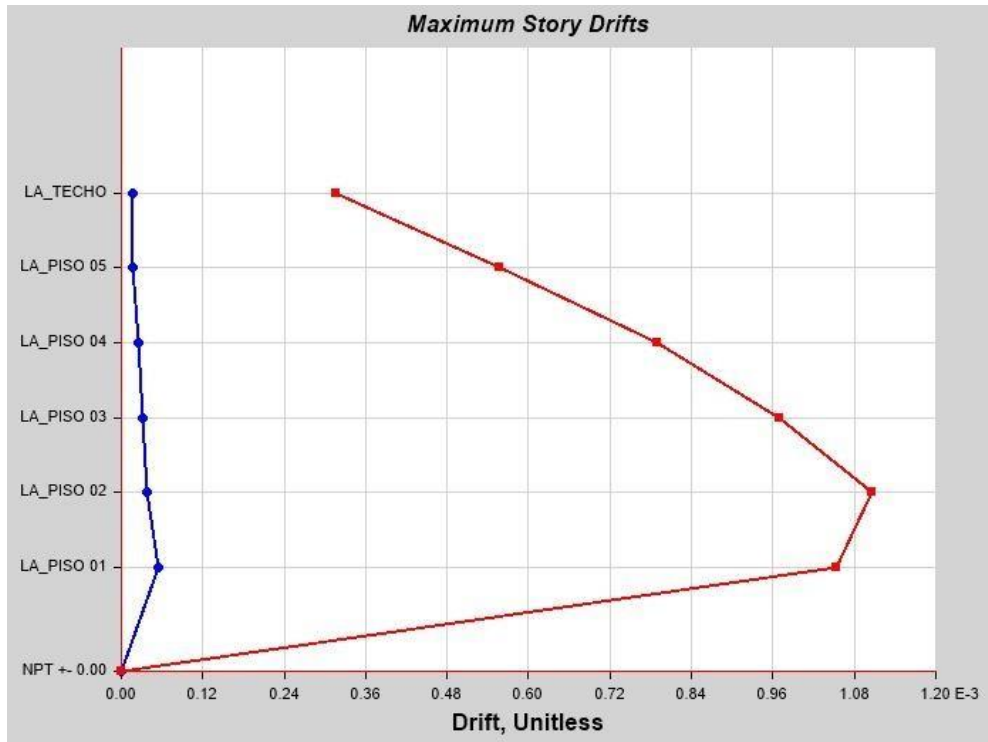
**Tabla 29. Derivas en estático en “Y”**

*Tabla N° 29: "Derivas en estático en Y"*

LA_TE-CHO	SYEST	Diaph D1 Y	0.000316
LA_PISO 05	SYEST	Diaph D1 Y	0.000558
LA_PISO 04	SYEST	Diaph D1 Y	0.000789
LA_PISO 03	SYEST	Diaph D1 Y	0.000969
LA_PISO 02	SYEST	Diaph D1 Y	0.001105
LA_PISO 01	SYEST	Diaph D1 Y	0.001054

**Figura 13. Derivas en “Y”**

*Figura 13: "Derivas en Y"*



**Tabla 30. Derivas dinámicas en “X”**

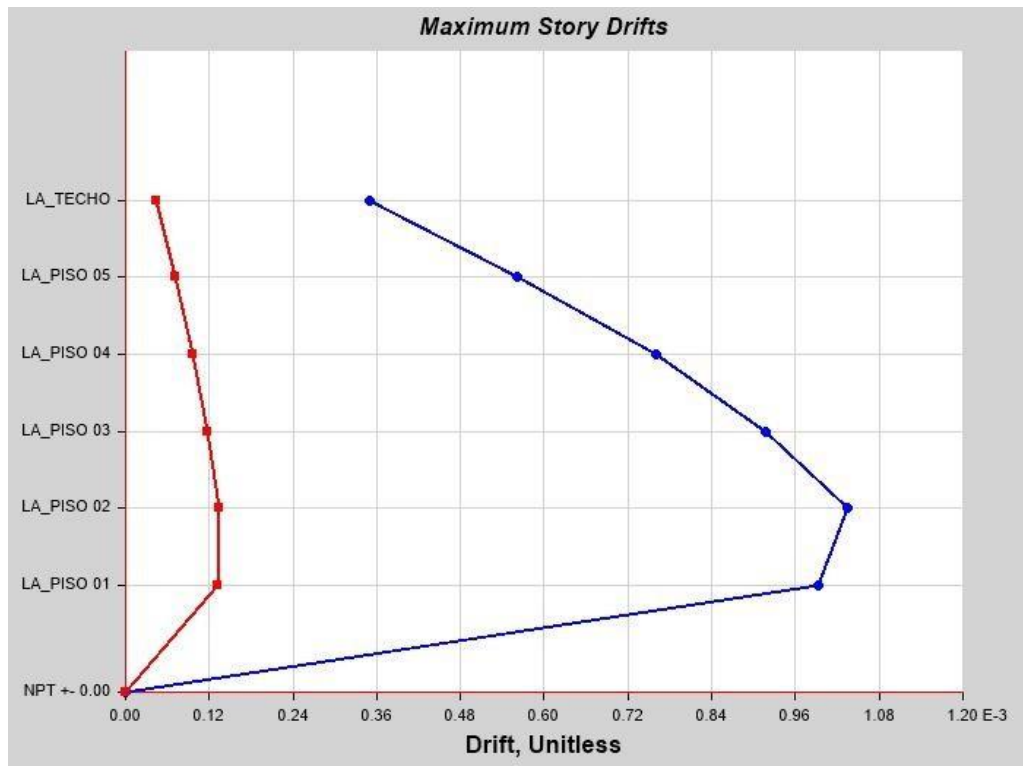
*Tabla N° 30: "Derivas dinámicas en x"*

Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift
LA_TECHO	SXDIN Max	Diaph D1 X	0.000349
LA_PISO 05	SXDIN Max	Diaph D1 X	0.000562
LA_PISO 04	SXDIN Max	Diaph D1 X	0.000761
LA_PISO 03	SXDIN Max	Diaph D1 X	0.000917
LA_PISO 02	SXDIN Max	Diaph D1 X	0.001035
LA_PISO 01	SXDIN Max	Diaph D1 X	0.000993



**Figura 14. Derivas en “X”**

*Figura N° 14: "Derivas en X"*



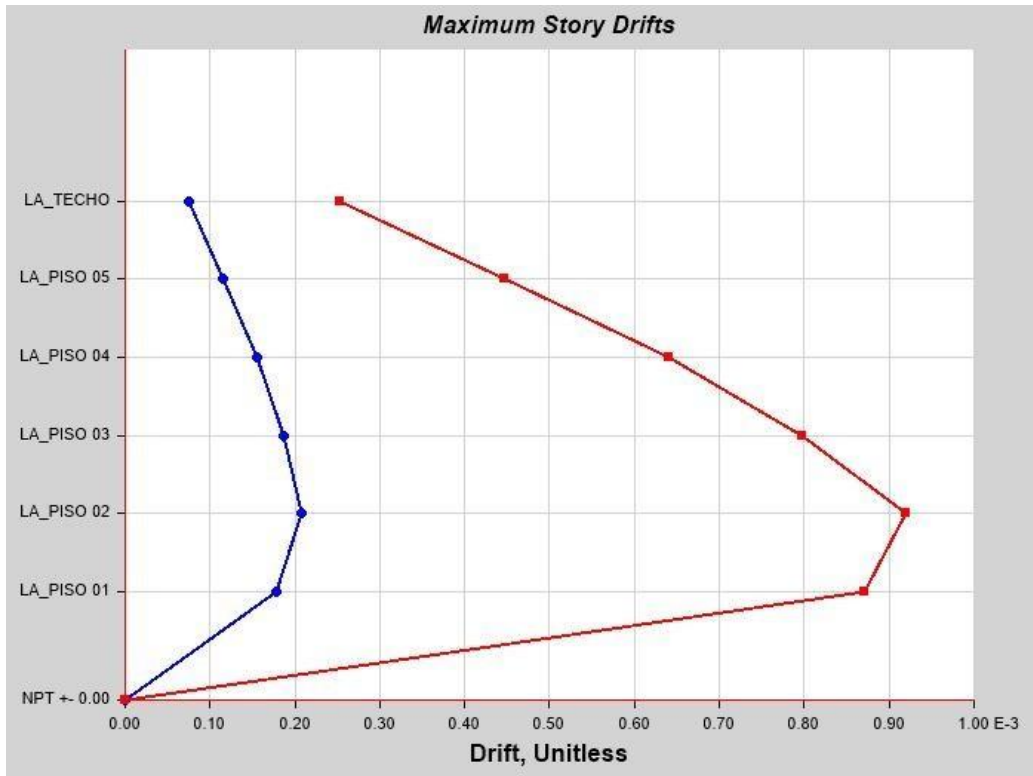
**Tabla 31. Derivas dinámicas en “Y”**

*Tabla N° 31: "Derivas dinámicas en Y"*

Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift
LA_TECHO	SYDIN Max	Diaph D1 X	7.50E-05
LA_TECHO	SYDIN Max	Diaph D1 Y	0.000252
LA_PISO 05	SYDIN Max	Diaph D1 X	0.000116
LA_PISO 05	SYDIN Max	Diaph D1 Y	0.000448
LA_PISO 04	SYDIN Max	Diaph D1 X	0.000156
LA_PISO 04	SYDIN Max	Diaph D1 Y	0.00064
LA_PISO 03	SYDIN Max	Diaph D1 X	0.000188
LA_PISO 03	SYDIN Max	Diaph D1 Y	0.000798
LA_PISO 02	SYDIN Max	Diaph D1 X	0.000208
LA_PISO 02	SYDIN Max	Diaph D1 Y	0.00092
LA_PISO 01	SYDIN Max	Diaph D1 X	0.000178
LA_PISO 01	SYDIN Max	Diaph D1 Y	0.00087

**Figura 15. Derivas en "Y"**

*Figura N° 15: "Derivas en Y"*



Después de evaluar las desviaciones y movimientos tanto en el análisis estático como en el análisis dinámico, se puede deducir que el diseño de la estructura con columnas, que ha sido elaborado utilizando concreto reciclado como agregado grueso en el hormigón, satisface los requerimientos mínimos estipulados en la normativa técnica peruana E.030.

**MÁXIMA DERIVA DE PISO EN LA DIRECCIÓN: "X-X"**

REVISIÓN:            0.0062                            ≤            0.007                    SI CUMPLE

**MÁXIMA DERIVA DE PISO EN LA DIRECCIÓN: "Y-Y"**

REVISIÓN:            0.0055                            ≤            0.007                    SI CUMPLE

**MÁX. DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO**

REVISIÓN:            1.49 cm                            ≤            1.68 cm                    SI CUMPLE

MÁX. DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO

REVISIÓN: 1.32 cm ≤ 1.68 cm SI CUMPLE

## V. DISCUSIÓN

En el próximo capítulo se presentan las discusiones que surgen al comparar los resultados obtenidos en esta investigación con los hallazgos de antecedentes similares. Se examinan las similitudes y diferencias encontradas en aspectos como la resistencia, el predimensionamiento y el análisis estático y dinámico de una edificación aporticada que incorpora concreto reciclado como agregado grueso al hormigón.

- La evaluación de los resultados de investigaciones previas utilizando el software MATHCAD 15 <sup>TM</sup> reveló que al incorporar un 50 % de concreto reciclado como agregado grueso en el diseño del hormigón, se alcanza una resistencia a la compresión de 302.24 kg/cm<sup>2</sup>. Además, se observó que tanto el porcentaje del agregado reciclado como los días de curado influyen en la resistencia del concreto con agregado reciclado, pero la interacción entre ambas variables no tiene un efecto significativo en la resistencia. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de la investigación realizada por Vanegas, Juliana y Robles, Juan (2008), quienes determinaron que la resistencia a compresión a los 28 días con un 50% de agregado reciclado es de 289.23 kg/cm<sup>2</sup>, y con un 100% de adición de agregado reciclado es de 272.94 kg/cm<sup>2</sup>. Este paralelismo en los resultados sugiere que el aumento en la incorporación de material reciclado tiene un impacto en el comportamiento estructural.
- En contraste, se observa una discrepancia con los hallazgos de León y Gutiérrez (2015), quienes llevaron a cabo ensayos de resistencia utilizando diversos porcentajes de agregado reciclado en un diseño de 280 kg/cm<sup>2</sup>. En su investigación, al reemplazar el 50% del agregado convencional con agregado reciclado, obtuvieron una resistencia de 280.56 kg/cm<sup>2</sup>, valor que resulta inferior a la resistencia obtenida mediante el uso del software MATHCAD 15 <sup>TM</sup>. Asimismo, sus ensayos de compresión con diferentes porcentajes de agregado reciclado a los 21 días arrojaron una resistencia de 314.78 kg/cm<sup>2</sup> con un 50% de agregado reciclado y 355.98 kg/cm<sup>2</sup> con un 70% de agregado reciclado, estas cifras son considerablemente más elevadas que los resultados procesados mediante el programa MATHCAD 15 <sup>TM</sup>. Estas discrepancias podrían deberse a las diferencias

en las fuentes y características de los agregados reciclados utilizados en cada estudio, lo que impacta en las propiedades del hormigón resultante.

- En lo que respecta al análisis estático, se han calculado las máximas derivas presentes en la edificación aporticada en las direcciones X.X e Y.Y. Los resultados indican que las reacciones máximas fueron de 0.0062 y 0.0055, respectivamente. Esto se compara con la Norma Técnica Peruana E.0.30 Diseño Sismorresistente, que establece un límite máximo para el desplazamiento relativo de 0.007 en el caso de la investigación en concreto armado. Es alentador observar que los cálculos cumplen con los estándares establecidos y adecuados, lo que indica que la edificación aporticada con incorporación de concreto reciclado cumple con los requisitos sísmicos. En relación a la investigación realizada por León y Gutiérrez (2018), donde también analizaron el comportamiento estructural ante fuerzas sísmicas y siguieron las pautas de la norma técnica peruana E.0.30 para realizar el análisis sísmico de su edificio, se obtuvo un resultado de desplazamiento de deriva máxima de 0.0038. Este valor está dentro del límite establecido por la norma y se considera permisible. Aunque los valores de desplazamiento difieren entre ambas investigaciones, ambas cumplen con los criterios de seguridad establecidos en la normativa. Las diferencias podrían atribuirse a variaciones en las propiedades de los materiales y el diseño estructural.
- En comparación con los resultados obtenidos en otra investigación, se observa que se establecieron tres valores de derivas en las direcciones X e Y para tres sistemas estructurales diferentes. Para el caso de las paredes portantes en dirección X, se obtuvo una deriva de 0.0017, y en dirección Y se obtuvo una deriva de 0.004. Por otro lado, en el análisis de pórticos relacionados con concreto armado, las derivas en dirección X y Y fueron de 0.019 y 0.021, respectivamente. Es importante señalar que estas derivas exceden los límites establecidos por la norma técnica peruana. Estos resultados sugieren que, en el caso de la investigación en cuestión, si se hubiera optado por pórticos de concreto armado, las derivas obtén

- idas habrían excedido los límites permitidos por la normativa. Sin embargo, al emplear muros estructurales, como se ha hecho en la presente investigación, se asegura que los desplazamientos cumplan con los límites establecidos y no superen lo permitido por la norma técnica peruana. Esta elección refuerza la importancia de un diseño adecuado en función de los requisitos sísmicos y la selección de sistemas estructurales apropiados para cumplir con las normas de seguridad establecidas.
- En el análisis estático, se calcularon los desplazamientos máximos de la edificación aporticada, obteniendo valores máximos relativos en las direcciones "X" e "Y". En este caso, se encontró un desplazamiento máximo de 0.0062 cm al utilizar columnas con secciones de 30 x 35 cm. Estos resultados son similares a los obtenidos en la investigación realizada por León y Gutiérrez (2018), donde se determinó un desplazamiento máximo de 0.0038 cm al emplear columnas de 45 x 35 cm y vigas peraltadas. Este hallazgo sugiere que el comportamiento sísmico de la edificación es adecuado cuando se utilizan columnas esbeltas en el sistema estructural aporticado.

## **VI. CONCLUSIONES**



En el presente capítulo se presentan las conclusiones más relevantes de nuestra investigación:

1. Se puede concluir que la estructura aportificada, construida con la incorporación del 50% de concreto reciclado en la mezcla de diseño, cumple con los requisitos establecidos en la norma E.030. Esta normativa establece que los desplazamientos máximos permitidos son de 0.007 cm. Los análisis estáticos realizados revelaron que los desplazamientos obtenidos en la estructura diseñada fueron de 0.0062 cm en una dirección y 0.0055 cm en otra dirección.
2. En base a los desenlaces del análisis de compresión, es factible inferir que la incorporación del 50% de desechos de concreto en la combinación influye negativamente en la capacidad de resistencia a la compresión. Al implementar un diseño concreto destinado para su implementación en pórticos, utilizando la mitad del volumen de agregado grueso, se logró un valor de resistencia a la compresión de 302.24 kg/cm<sup>2</sup>.
3. En relación al proceso de pre dimensionamiento, se llegó a la conclusión de que es esencial considerar la presencia de elementos estructurales esbeltos durante esta etapa. Esto permitirá lograr un comportamiento sísmico más efectivo en términos de flexión y desplazamientos laterales.
4. Durante el análisis sísmico, se llevó a cabo la evaluación del periodo de oscilación de la edificación, obteniendo un valor de 0.515 segundos. Además, se determinó que el peso total de la edificación es de 70.09 toneladas. Respecto a las constantes en la base, se obtuvieron 0.1465 en la dirección "X" y 0.1258 en la dirección "Y". Estos resultados se encuentran en conformidad con los requisitos mínimos establecidos por la normativa E.030.
5. En base a los resultados obtenidos, se sugiere la utilización del concreto modificado mediante la adición de residuos de concreto en elementos de tabiquería. Sin embargo, es importante tener en cuenta que al reemplazar más del 50% de la cantidad del agregado grueso,

se observa una disminución en la propiedad de resistencia a la compresión. Por lo tanto, se recomienda un equilibrio entre la incorporación de agregado reciclado y las propiedades de resistencia necesarias para cada aplicación específica.

## **VII. RECOMENDACIONES**

En este capítulo, se destacan las recomendaciones más significativas derivadas de nuestra investigación:

1. Se sugiere que las estructuras a diseñar sigan un patrón regular para lograr resultados más favorables en las reacciones de los elementos que componen los pórticos, reduciendo así los desplazamientos por debajo de los límites establecidos por la normativa peruana E. 030.
2. Se recomienda realizar ensayos de mezcla con una sustitución del agregado grueso que exceda el 50%, con el fin de profundizar en la comprensión del comportamiento físico y mecánico del concreto reciclado. Este proceso ayudará a determinar un intervalo de sustitución apropiado para su utilización en mezclas de concreto especializadas.
3. Se plantea la idea de realizar un análisis económico detallado con el fin de evaluar el efecto de incluir restos de hormigón en la combinación del concreto. Esto posibilitará la identificación de las ventajas y los posibles gastos vinculados a esta medida, contribuyendo de este modo a tomar decisiones fundamentadas.
4. Sería aconsejable llevar a cabo estudios de resistencia sísmica en diversas zonas como se especifica en la norma E.030. Esto permitiría comprender cómo se comportan las estructuras construidas con concreto modificado en diferentes tipos de terreno, lo que podría contribuir a una aplicación más efectiva y segura de esta técnica en diversas ubicaciones geográficas.
5. Se sugiere considerar la utilización del concreto modificado mediante la adición de residuos de concreto como agregado grueso en elementos de tabiquería. Sin embargo, es importante tener en cuenta que al sustituir más del 50% del agregado grueso, la resistencia a la compresión del concreto puede disminuir. Por lo tanto, se debe realizar un análisis detallado de las proporciones y características de la mezcla para asegurar que se alcancen los niveles de resistencia deseados en cada aplicación específica.

## REFERENCIAS

- Agreda, G. y Moncada, G. (2015) "Viabilidad en la elaboración de prefabricados en concreto usando agregados gruesos reciclados" (Tesis para obtener título de Ingeniero Civil).
- Barrios, L. (2015) "Prototipo de vivienda de bajos recursos con material reciclado (modelación SAP, caracterización de los materiales, animación virtual)" (Tesis para obtener título de Ingeniero Civil).
- Calletanos, J. ;Rivera, M. y Roa, M. (2017), "Comparación estructural y estimación de costos de la utilización de concreto con agregados naturales y concreto con Residuos de Construcción y Demolición (R.C.D.) como agregado", (Tesis para obtener título).
- Carizaile, E. y Anquise, S. (2015) "Viabilidad del uso de concreto reciclado para la construcción de viviendas en la Ciudad de Tacna" (Tesis para obtener título de Ingeniero Civil).
- Carrasco, R. (2018) Utilización del agregado grueso de concreto reciclado en elemento estructurales de concreto reforzado. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil).
- Chugnas, Y. (2018) "Estudio del concreto reciclado en bloques prefabricados, para muros en edificaciones, Lima, Perú 2018" (Tesis para obtener título de Ingeniero Civil).
- Díaz, J. y Torres, H. (2018) "Evaluación técnica de bloques de concreto para uso estructural elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento rígido" (Tesis para obtener título de Ingeniero Civil).
- Gutiérrez (2018) Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado. (Título de magister en ingeniería civil con énfasis en estructuras).
- Lara, M. (2017). Comportamiento estructural de muros de mampostería confinada en escala reducida con ductilidad local óptima.
- León (2018). Resistencia de Materiales (5ta ed.). Paraninfo S.A. Madrid. España.
- Peñafiel, M. (2015) Tecnología del concreto: teorías y problemas. 6ª ed. Lima: San Marcos.
- Robles, J. (2019) Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo.

Venegas, J. (2008). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chile.  
clayo.

## **ANEXOS**



## Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

### Análisis sismorresistente de una edificación aporticada incorporando concreto reciclado como agregado grueso al hormigón, Santo Domingo de Olleros, Huarochirí, 2021

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES			
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Análisis del hormigón incorporando concreto reciclado en los pórticos.	El concreto reciclado se entiende, por todos los áridos (agregado) finos o gruesos que son obtenidos mediante los procesos de demolición de edificaciones cuyo demolición o escombros son separados (Jaime, at 2012. pp3)	En la elaboración del concreto reciclado, tenemos que considerar los aspectos técnicos; como las propiedades físico – mecánicas y el diseño del nuevo concreto, al mismo tiempo las propiedades mecánicas del concreto reciclado para poder validar si es un buen concreto y poder aplicarlo.	Propiedades físico mecánicas del concreto reciclado	Resistencia a compresión kg/cm <sup>2</sup>			
				Resistencia a flexión kg/cm <sup>2</sup>			
				Peso específico kg/m <sup>3</sup>			
						Predimensionamiento de la estructura aporticada	Dimensionamiento de columnas
							Dimensionamiento de vigas
							Dimensionamiento losa
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Análisis Sismorresistente del Sistema Aporticado.	El análisis sismorresistente realizado a los proyectos contempla los diferentes efectos generados por las cargas a las que esté sometida la estructura, como lo es el comportamiento inelástico durante un evento sísmico de gran magnitud, el control de vibraciones en placas, pandeo de elementos estructurales, con el objetivo de brindar un diseño seguro, confortable y funcional. (Álvaro, rt 2016. pp55)	El resultado de evaluar múltiples factores que aseguran alta estabilidad estructural bajo el efecto de sismos.	Análisis estático	Factor de zona			
				Categoría de la edificación			
				Parámetro del sitio			
				Coefficiente de reducción de la fuerza sísmica			
				Fuerza cortante de la base			
				Periodo fundamental de vibración			
						Análisis dinámico	Distribución de la fuerza sísmica
							Irregularidad
							Análisis sísmico espectral
							Desplazamientos
				Derivas en la estructura			

Yo, Mg. Ing. Miguel Angel Solar Jara, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Campus San Juan de Lurigancho revisor de la tesis titulada:

"Análisis Sismorresistente De Una Edificación Apoticada Incorporando Concreto Reciclado Como Agregado Grueso Al Hormigón, Santo Domingo de Olleros, Huarochirí, 2021" del estudiante:

- Calle Muñoz, Miguel Ángel

Constato que la investigación tiene un índice de similitud de 30% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: San Juan de Lurigancho, 08-08-21



Mg. Ing. Miguel Angel Solar Jara

DNI: 18148900

 Elabora	 Dirección de Investigación	Revisó	 Responsable del SGC	 Vicerectorado de Investigación
--	---	--------	--	---