

ARTÍCULO ORIGINAL

Diseño y análisis dinámico de un edificio multifamiliar de 4 niveles sin sótano en la Provincia de Chanchamayo

Design and dynamic analysis of a 4-story multifamily building without basement in the Province of Chanchamayo

Marcos Rupay¹, Regner Parra¹, Mohamed Hadi² y Jorge López³

RESUMEN

En esta investigación se realizó el diseño de una edificación de 4 pisos sin sótano ubicada en la Provincia de Chanchamayo del Perú, destinado a una vivienda multifamiliar conformado por elementos estructurales como columnas, vigas y placas, donde cada una fue diseñada y modelada bajo la Normativa Peruana Cargas E. 020, Diseño Sismorresistente E. 030, Concreto Armado E. 060, Albañilería E. 070 y Condiciones Generales de Diseño A. 010. El uso de estas normas está establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones que permitió cumplir con el objetivo de diseñar y realizar el Análisis Dinámico de la Edificación bajo la metodología de Sismo, la cual se basa en el método de Diseño de factor de carga y resistencia (Load factor and resistance design). Se realizó el modelamiento con ayuda del software Etabs para obtener resultados necesarios para el diseño y el análisis de la estructura. Finalmente se clasificó la edificación como un tipo de sistema estructural de muros estructurales, que tiene como coeficiente básico de reducción igual a 6 y se concluye que la metodología empleada permite garantizar la seguridad, la funcionalidad y el servicio de calidad de una edificación.

Palabras clave: diseño, estático, dinámico, metodología, servicio.

ABSTRACT

This research involved the design of a four-story building without a basement, located in the Chanchamayo Province of Peru, intended for multifamily housing. The structure was designed and modeled using elements such as columns, beams, and slabs, each according to the Peruvian standards: Load E. 020, Seismic Design E. 030, Reinforced Concrete E. 060, Masonry E. 070, and General Design Conditions A. 010. The use of these standards is mandated by the National Building Code, which facilitated the objective of designing and performing the Dynamic Analysis of the building using seismic methodology, based on the Load Factor and Resistance Design method. Modeling was performed using Etabs software to obtain the necessary results for the design and analysis of the structure. Finally, the building was classified as a type of structural system with structural walls, with a basic reduction coefficient of 6, and it was concluded that the employed methodology ensures the safety, functionality, and quality service of the building.

Keywords: design, static, dynamic, methodology, service.

* Autor para correspondencia

1 Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Perú. Email: mrupay@uniscjsa.edu.pe, rparra@uniscjsa.edu.pe

2 Universidad Peruana Los Andes, Perú. Email: d.mhadi@ms.upla.edu.pe

3 Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú. Email: jlopez@uniscjsa.edu.pe

INTRODUCCIÓN

El presente artículo consiste en realizar el diseño y análisis dinámico de una edificación de cuatro pisos sin sótano en concreto armado, la cual fue destinada para viviendas multifamiliares de uso cotidiano.

El terreno donde se construyó la vivienda presenta un área de 120 m², en donde tiene un frente de 8.00 m y un fondo de 15.00 m. El área techada es de 480 m². El primer nivel está destinado a una vivienda familiar que consta de 3 habitaciones (1 principal y 2 secundarias), 2 baños para uso exclusivo, una cocina y una sala. El segundo, tercer y el cuarto serán distribuidos de la misma forma que el primer piso. Cada piso cuenta con un área construida de 107.24 m² y una altura libre es de 2.60 m. El acceso a estos niveles es mediante una escalera principal. En la azotea existen dos lavaderos, con un área techada de 30 m² y una altura libre para el área que no se encuentra techado. El acceso a este nivel es mediante una escalera principal y además cuenta con un área de lavandería y un pozo de iluminación que va desde el primer nivel hasta la azotea.

El diseño de la edificación se realizó dentro del marco normativo del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), el cual a su vez se subdivide en varios capítulos o normas, con la importancia de asegurar que las construcciones sean seguras, de calidad, y se integren de manera armoniosa en el entorno urbano y ambiental, ya que dentro del territorio nacional, las construcciones se realizan de manera informal, presentando un alto riesgo de desastres frente a un posible terremoto, la investigación presentada ayudará a futuros estudios dentro de la selva central del Perú con características similares de los estudios básicos de la ingeniería.

En el Perú, el Ministerio de Vivienda, Transportes y Sanamiento (2021) dentro de la normativa vigente hace énfasis que, el desarrollo de una edificación debe otorgar a las personas las condiciones de habitabilidad, seguridad y la protección del medio ambiente.

Diversos estudios como el de Blasco (1994), señala los principales criterios para tener en cuenta al estructurar un edificio, cumpliendo con las normas de edificaciones. Esos criterios fueron la simplicidad y simetría, rigidez lateral, uniformidad y continuidad y por último diafragmas rígidos. Por otro lado, Rupay (2022), manifiesta que se empleó tres métodos durante el desarrollo de la investigación, de las cuales el método predimensionamiento por sismo fue más eficiente, ya que se acercó de manera óptima a la norma, por ende, para la obtención de los resultados en la presente investigación se hizo uso del método por sismo.

Así mismo, De La Cruz y Rios (2022), nos mencionan la importancia de analizar cada parámetro sísmico empezando desde la zonificación, factor de amplificación y los cambios que realizaran los espectros de desplazamiento y por último el factor de suelo, que determinara el tipo de suelo y si está el buena o mala. Y Rivera (2018), explica la importancia de realizar el análisis dinámico, ya que, permite obtener distintas formas de vibración de una estructura, brindando la garantía de que se pueda dar respuestas máximas esperadas a un evento sísmico, de esta forma se conocerá el comportamiento más cercano de lo real.

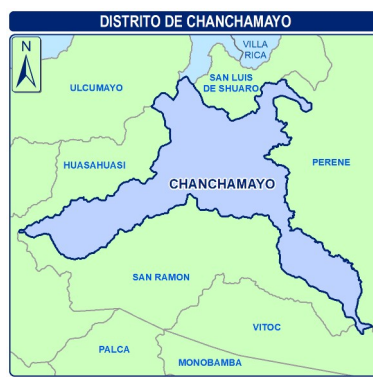
El objetivo de este trabajo de investigación es diseñar la estructuración adecuada del edificio haciendo un análisis dinámico que permitirá conocer la distribución de esfuerzos, las deformaciones de la estructura, la estabilidad, la seguridad y las frecuencias naturales, las respuestas a cargas dinámicas, el amortiguamiento ante la energía y el efecto de cargas transitorias respectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio: el área de estudio es en el Sector Pampa del Carmen, la cual está situada dentro del Distrito y Provincia de Chanchamayo, perteneciente al Departamento Junín, en donde (Alva Hurtado, 2018), menciona que el tipo de suelo de la selva central del Perú se caracteriza por presentar un suelo clasificado como arcilloso y limoso de acuerdo con sus propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Figura 1

Mapa territorial de la provincia de Chanchamayo y sus distritos aledaños



Nota. Se representa el mapa provincial de Chanchamayo, en donde se resalta la capital de La Merced, de acuerdo con la Norma E. 0.30 esta zona se encuentra en la zona sísmica 2, con un nivel de sismicidad media. Tomado de (Ventura, 2021).

Concreto Simple: el Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (2020), manifiesta que el concreto simple es fabricado con cemento, agregados, agua, aditivos y entre otros materiales, que no incluye el acero, de igual manera debe de presentar una resistencia no menor de 14 MPa a los 28 días.

Concreto Armado: el Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (2020), en la norma E. 060 menciona las características y propiedades mínimas que se deben de emplear en el análisis y diseño de concreto armado, la cual está compuesta de concreto simple y el acero corrugado empleado en zapatas, columnas, placas, vigas, losas, muros en voladizo y contrafuertes, la cual presenta las siguientes características:

Tabla 1

Propiedades mecánicas del concreto armado

Resistencia a compresión	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad	$E_c = 210\,000 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de Poisson	$P = 0.15$

Nota. Representa las propiedades propias que presenta el concreto armado, se verifican según el Manual de Ensayo de Materiales para cumplir con los estándares de calidad de materiales en la obra. (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, 2020).

Acero corrugado: la norma E. 060 en su artículo 3.5 menciona que se emplean varillas corrugadas de Acero Grado 60, para permitir la trabajabilidad con el concreto.

Tabla 2

Propiedades mecánicas del acero

Esfuerzo de fluencia	$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad	$E_s = 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$

Nota. Representa las propiedades propias del acero, las cuales son verificadas por el Manual de Ensayo de Materiales y American Society for Testing and Materials. (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, 2020).

Ladrillo: el Reglamento Nacional de Edificaciones (2019), en la norma E. 070 albañilería en su artículo 5 unidad de albañilería, presenta la Tabla 1: La clasificación de ladrillos para fines estructurales y la Tabla 2: Las limitaciones mínimas de uso de los ladrillos en función a la ubicación del proyecto.

Metodología de diseño

El diseño de cada elemento estructural está basado en el cumplimiento de normas y reglamentos, para el cual en el Perú se emplea el Reglamento Nacional de Edificaciones, que está dividido en normas de estructuras. A continuación, se muestra la tabla III en donde se menciona las normas empleadas para lograr el objetivo el proyecto.

Tabla 3

Normas de Estructuras

	Norma	Versión
E. 020	Cargas	2020
E. 030	Diseño Sismorresistente	2020
E. 060	Concreto Armado	2020
E. 070	Albañilería	2020
A. 010	Condiciones Generales de Diseño	2021

Nota: Representa la base de datos de la metodología de sismo empleado para el desarrollo de la investigación, las cuales tienen la función de promover la innovación tecnológica y la calidad de servicio. (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, 2020).

Para iniciar con el diseño de la edificación, se debe tener los planos básicos del proyecto, los cuales son: plano de arquitectura, plano de estructura, plano de instalación sanitaria y eléctrica.

Según la Norma E.060 en el artículo 9.1 Generalidades, se debe diseñar las estructuras de la edificación de acuerdo con su resistencia, en la cual:

$$\phi R_n \geq R_u$$

Donde: ϕR_n : resistencia de diseño y R_u : resistencia requerida.

De igual forma en el artículo 9.3 Resistencia de diseño, se establece los factores de reducción de cargas, las cuales son empleadas para el cálculo de resistencia de diseño, en donde se multiplica el factor de sollicitación por la resistencia nominal.

De igual manera, en el artículo 9, se menciona el desarrollo para la obtención de la resistencia requerida (R_u), a raíz de la combinación de carga y el factor de ampliación del tipo de sistema estructural. Esta resistencia requerida (R_u) deberá ser como mínimo:

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV$$

Considerando

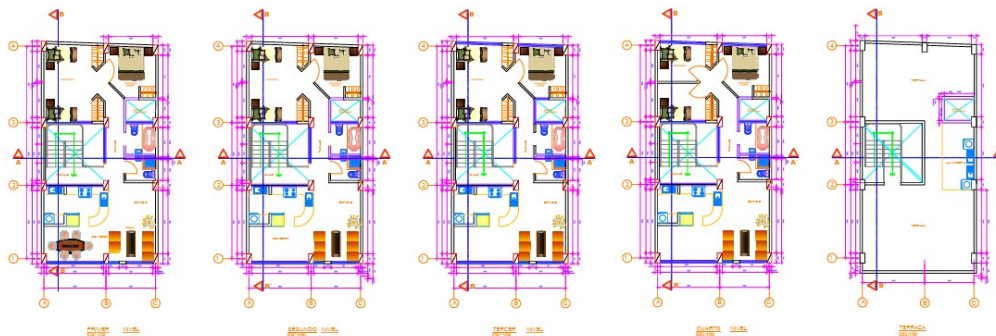
- Cargas de viento: $U = 1.25 (CM + CV \pm CV_i)$
 $U = 0.9 CM \pm 1.25 CV_i$
- Cargas de sismo: $U = 1.25 (CM + CV) \pm CS$
 $U = 0.9 CM \pm CS$
- Efecto del peso y empuje del suelo: $U = 1.4 CM + 1.7 CV + 1.7 CE$
- Efecto de peso y presión de líquido: $U = 1.4 CM + 1.7 CV + 1.7 CL$

RESULTADOS

El plano de arquitectura del proyecto sirve para realizar el predimensionamiento de cada elemento estructural que forma parte del diseño de la vivienda multifamiliar.

Figura 2

Vista en planta del plano de arquitectura



Nota: representa el plano de arquitectura de 4 niveles, la vivienda es rectangular de 120 m² de área, con dimensiones de 8.00 m de ancho por 15.00 m de largo, en el cual cada nivel de piso está destinado con un fin de servicio. Elaborada por los autores (2024).

Determinación del predimensionamiento de losa

El peralte de la losa se obtiene en función a luz libre mayor de las columnas, esta dimensión permitirá que el diafragma rígido funcione correctamente.

Tabla 4

Espesores típicos y luces máximas

h	Peso propio aproximado	Luces máximas recomendadas
0.17 m	280 kg/m ²	$l_n \leq 4 \text{ m}$
0.20 m	300 kg/m ²	$4 \text{ m} \leq l_n \leq 5.5 \text{ m}$
0.25 m	350 kg/m ²	$5 \text{ m} \leq l_n \leq 6.5 \text{ m}$
0.30 m	420 kg/m ²	$6 \text{ m} \leq l_n \leq 7.5 \text{ m}$

Nota: representa el parámetro del espesor y el valor del peso propio de la losa, que va en función a la luz libre para el cálculo de metrado de cargas de las losas. Extraído de (Blanco Blasco, 1994).

Para el proyecto se usó el tramo de los ejes C y F con los ejes 4 y 5, en donde se ubicó la luz libre mayor.

$$l_n = 5.12 \text{ m}$$

Por ende, en función a la luz libre, se empleará los datos:

$$h = 0.25 \text{ m y } s/c = 350 \text{ kg/m}^2.$$

Determinación del predimensionamiento de vigas principales y secundarias

La dimensión de una viga está en función a la luz libre mayor que se encuentra en el plano de arquitectura, es necesario tener en cuenta que el ancho mínimo especificada en la norma es de 0.25 m.

Tabla 5

Dimensiones típicas de vigas

Condición	Dimensiones aproximadas
$l_n \leq 5.5 \text{ m}$	0.25 m x 0.30 m ; 0.30 m x 0.50 m
$l_n \leq 6.5 \text{ m}$	0.25 m x 0.60 m ; 0.30 m x 0.60 m ; 0.40 m x 0.60 m
$l_n \leq 7.5 \text{ m}$	0.25 m x 0.70 m ; 0.30 m x 0.70 m ; 0.40 m x 0.70 m ; 0.50 m x 0.70 m
$l_n \leq 8.5 \text{ m}$	0.30 m x 0.75 m ; 0.40 m x 0.75 m ; 0.30 m x 0.80 m ; 0.40 m x 0.80 m
$l_n \leq 9.5 \text{ m}$	0.30 m x 0.85 m ; 0.30 m x 0.90 m ; 0.40 m x 0.85 m ; 0.40 m x 0.90 m

Nota: representa el intervalo de las dimensiones del ancho y largo de una viga en base a luz libre de la edificación para el metrado de cargas de las vigas. Extraída de (Blanco Blasco, 1994).

De acuerdo con la Norma E. 060, se hará uso de fórmulas para conocer la dimensión de la viga, en la cual se hará uso de la mayor luz libre (l_n), ubicada en el tramo vertical A 1-2.

Para el peralte:

$$h = l_n / 10 \text{ y } h = l_n / 12$$

$$h = 5.12 / 10 \text{ y } h = 5.12 / 12$$

$$h=0.512 \text{ y } h=0.426$$

$$\therefore h=0.50 \text{ m}$$

Para el ancho:

$$\text{Si } h=0.50 \text{ m}$$

$$b=h/2=0.50/2$$

$$\therefore b=0.25 \text{ m}$$

Viga principal y secundaria: $0.25 \text{ m} \times 0.50 \text{ m}$

Es importante mencionar que, la norma indica que el ancho mínimo $b_{\min}=0.25 \text{ m}$.

Determinación del predimensionamiento de columnas centrales

Las columnas se caracterizan por estar situadas en el centro de la edificación, siendo el soporte de toda la estructura, puesto que a estos se le transmite las cargas de las losas y vigas, para luego ser transmitidas de las columnas a las cimentaciones, es importante realizar un buen diseño para evitar el colapso ante sismos. (Rupay Vargas , 2022).

Para conocer la dimensión de la columna se usa la siguiente expresión:

$$A_c = P_s / (0.45 f_c); \text{ donde: } P_s = P * A_t * N$$

Dónde: $A_c = \checkmark$ Área de columna

$P_s = \checkmark$ Peso de servicio

$f_c = \checkmark$ Resistencia del concreto (210 kg/cm^2)

$P = \checkmark$ Tipo de clasificación de la edificación (esenciales, importantes, comunes, temporales)

$A_t = \checkmark$ Área tributaria

$N = \checkmark$ Número de pisos

Para el proyecto se emplearon los siguientes datos, en función al R.N.E. y el cálculo manual:

Tabla 6

Datos del proyecto de las columnas centrales

Datos	
f_c	210 kg/cm^2
P	1000 kg/m^2
A_t	12.83 m^2
N	4

Nota. representa los datos del proyecto para las columnas centrales, que son obtenidos de forma manual y extraídos de la Normativa Peruana, así como de las especificaciones técnicas y detalles que presentan los planos de arquitectura.

Se hizo uso de la fórmula del área de la columna, en donde se reemplazaron los datos:

$$P_s = P * A_t * N = 1000 \text{ kg/m}^2 * 12.83 \text{ m}^2 * 4 = 51320 \text{ kg}$$

$$A_c = P_s / (0.45 f_c) = 51320 \text{ kg} / 0.45 * 210 \text{ kg/cm}^2 = 543.068 \text{ cm}^2$$

Tomando en cuenta la base mínima, la columna tendrá las siguientes dimensiones:

Columna central: $0.30 \text{ m} \times 0.60 \text{ m}$

Determinación del predimensionamiento de columnas laterales

En el artículo 21.6.1.2 del reglamento de Concreto Armado se menciona que el ancho mínimo de la columna es de 25 cm, ya que, formara para del sistema sismorresistente de la estructura.

Para determinar la dimensión de la columna lateral se empleará la siguiente fórmula:

$$Ac = Ps / (0.35 f_c); \text{ donde: } Ps = P * At * N$$

Tabla 7

Datos del proyecto de las columnas laterales

Datos	
f_c	210 kg/cm ²
P	1000 kg/m ²
At	8.99 m ²
N	4

Nota. representa los datos del proyecto para las columnas laterales, que son obtenidos de forma manual y extraídos de la Normativa Peruana, así como de las especificaciones técnicas y detalles que presentan los planos de arquitectura.

Para la determinación de las dimensiones de las columnas centrales se realizó el siguiente cálculo:

$$Ps = P * At * N = 1000 \text{ kg/m}^2 * 8.99 \text{ m}^2 * 4 = 35\,960 \text{ kg}$$

$$Ac = Ps / (0.35 f_c) = 35\,960 \text{ kg} / 0.35 * 210 \text{ kg/cm}^2 = 489.25 \text{ cm}^2$$

Tomando en cuenta la base mínima, la columna tendrá las siguientes dimensiones:

Columna lateral: 0.30 m x 0.50 m

Se emplea las dimensiones similares para poder facilitar el proceso constructivo de la edificación.

Determinación del predimensionamiento de las escaleras

En el diseño de escaleras se emplea la norma A. 010, en donde se menciona que la longitud mínima de descanso (D) es 0.90 m; la dimensión mínima de paso (P) dependera del tipo de servicio de la edificación, para vivienda e industria es 0.25 m, para hospedaje, oficina o comercio es 0.28 m y para educación, salud, recreación, deporte, transporte y comunicación es 0.30 m; la dimensión máxima del contrapaso (CP) es 0.18 m y cuando se presente un ancho de más de 1.20 m se tendrá que colocar pasamanos. Con respecto a la garganta de la escalera (t), se empleó la siguiente formula:

$$t = \ln / 20 \text{ ó } \ln / 25$$

En la cual, la luz libre (\ln) viene a ser 2.56 m.

$$\therefore t = 16.80 \text{ ó } 10.24$$

Entonces se usa: $t = 12 \text{ cm}$.

Para el proyecto se determinaron los siguientes datos:

Tabla 8*Datos del proyecto de las escaleras*

Datos	
<i>D</i>	0.90 m
<i>P</i>	0.25 m
<i>CP</i>	0.18 m
<i>t</i>	0.12 m

Nota. representa los datos del proyecto para las escaleras, que son obtenidos de forma manual y extraídos de la Normativa Peruana, así como de las especificaciones técnicas y detalles que presentan los planos de arquitectura.

Determinación del predimensionamiento de las placas

Para el diseño del elemento estructural: placa, de acuerdo con Ottazzi Pasino (2015) se considera los siguientes criterios:

- La placa para edificaciones de ductilidad limitada deberá tener el espesor mínimo de 10 cm, para sótanos contra terreno el espesor mínimo de 20 cm y para pisos superiores de 15 cm.
- En la fuerza cortante se emplea 0.0025 de cuantía mínima en el eje horizontal y vertical.

Por lo tanto las dimensiones de la placa son **0.25 m x 1.75 m**.

Es necesario emplear la Norma E. 030 Concreto Armado para poder realizar el procedimiento correcto para la obtención de las dimensiones del elemento estructural.

Determinación del predimensionamiento de las zapatas

El factor importante que se debe conocer para obtener las medidas correctas de la zapata es la capacidad admisible que tipo de suelo en el cual se hará las cimentaciones, esto se obtiene en el ensayo de corte directo. De acuerdo con el estudio realizado se obtuvo la capacidad admisible de 1.934 kg/cm² y tendrá una cimentación de 1.70 m de profundidad.

De acuerdo con las Norma de Diseño (Ministerio de Vivienda, 2020) se obtuvo que la zapata lateral es de **1.50 m x 2.40 m** y la zapata central es de **2.10 m x 2.40 m** con una viga de conexión de **0.50 m** de ancho.

Análisis dinámico de la edificación

Este análisis permite la evaluación y estudio del comportamiento en tiempo real para conocer el rendimiento, funcionalidad e identificar vulnerabilidades de la edificación según (Salinas Basualdo, 2019).

Parámetros del análisis dinámico

Modos de vibración: se refiere a la forma en que una estructura o un elemento estructural puede vibrar o moverse bajo la influencia de cargas dinámicas, como el viento, el tráfico o los sismos.

Aceleración espectral (S_a): es una medida clave para evaluar la respuesta dinámica de una estructura frente a un sismo y se utiliza en el diseño de estructuras para garantizar su seguridad y resistencia, mediante la siguiente formula:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Criterios de combinación: se emplea la siguiente combinación cuadrática para cada modo:

$$r = \sqrt{\sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

En la cual, r es considerada la respuesta modal, fuerzas o desplazamientos.

Fuerza cortante mínima: para estructuras regulares la fuerza no puede ser menor al 80%, y para estructuras irregulares ni menor al 90%.

Excentricidad Accidental: es considera 5/100 veces en dirección perpendicular al análisis.

Desplazamientos laterales relativos: se da entre dos niveles o pisos adyacentes de una estructura bajo la influencia de cargas horizontales, como viento o sismos, esto se determina en función al tipo del material:

Tabla 9

Desplazamiento lateral de entrepiso

Material predominante	Deriva
Concreto Armado	7/1000
Acero	10/1000
Albañilería	5/1000
Madera	10/1000
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	5/1000

Nota. representa la deformación lateral de entrepiso que tendrá cada estructura de acuerdo con el material predominante usado para su construcción, permitiendo el análisis dinámico de la edificación. Extraída del (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, 2020).

Ejecución del análisis sísmico

El manual de Análisis estático y dinámico publicado por Palomino (2016), detalla el procedimiento que se debe de realizar para la obtención de resultados factibles, en la cual se necesita emplear datos de acuerdo con la ubicación y localización del proyecto, para ello se complementó con la norma técnica E. 030:

Tabla 10

Parámetros para el diseño de la estructura

Parámetro	Nomenclatura	Clasificación	Valor
Zona	Z	2 (Chanchamayo)	0.25
Uso	U	C (Edificaciones comunes)	1.0
Suelo	S	2	1.2
	Tp	0.6	0.6
	Tl	2	2

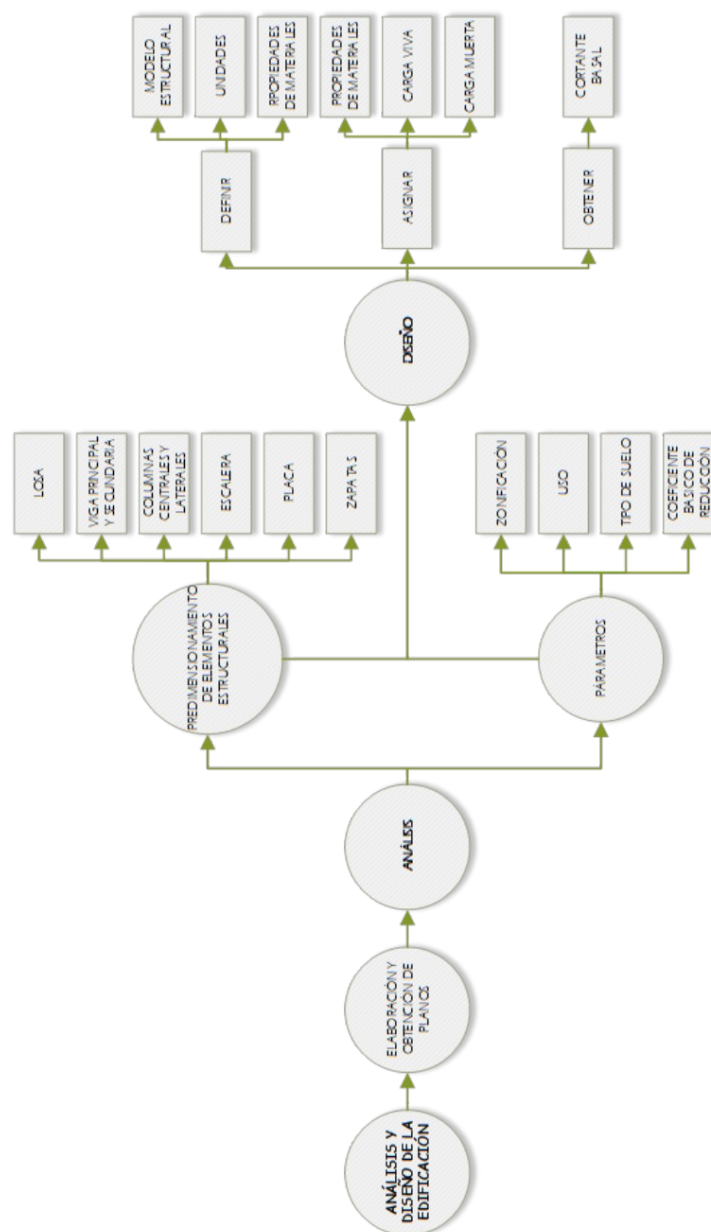
Coeficiente básico de reducción estructural	Rx	Muros estructurales	6
	Ry	Muros estructurales	6

Nota: Representa los parámetros a emplear en el modelamiento de la estructura para la obtención de las fuerzas y cortantes que afectarán a la edificación en un evento sísmico real. Elaborado por los autores (2024).

La metodología realizada se basa en los siguientes procedimientos desarrollados hasta la obtención de resultados, durante el proceso de análisis se realiza el predimensionamiento de cada elemento estructural y los parámetros para el calculo de la cortante basal, y para el diseño se hace uso del programa Etabs para poder obtener el resultado del porcentaje de la cortante basal que actúa en la base de la edificación.

Figura 1

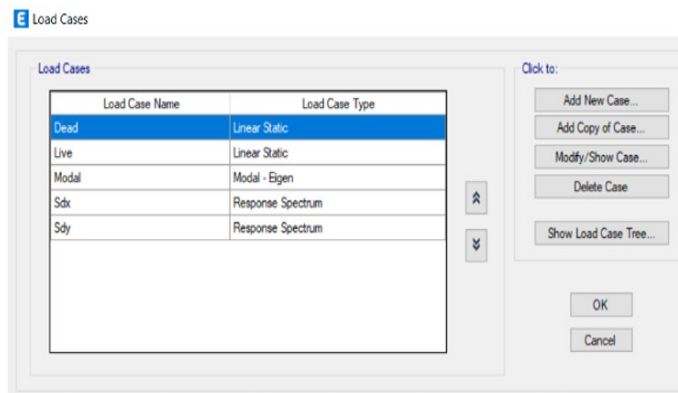
Diagrama de flujo de la metodología



En el interfaz del programa se crea Load Cases para los sismos dinámicos y se inserta a la estructura.

Figura 3, 4, 5

Load Cases, drifts dinámicos en el eje “x”, drifts dinámicos en el “y”



Story Drifts

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: (Output Case) = 'drift_X'

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Direction	Drift	Label	X m	Y m
Story4	drift_X	Combination	Max		X	0.001220	11	6.7	12.43
Story4	drift_X	Combination	Max		Y	0.001394	44	6.7	4.22
Story4	drift_X	Combination	Min		X	0.001220	11	6.7	12.43
Story4	drift_X	Combination	Min		Y	0.001394	44	6.7	4.22
Story3	drift_X	Combination	Max		X	0.001471	11	6.7	12.43
Story3	drift_X	Combination	Max		Y	0.001851	44	6.7	4.22
Story3	drift_X	Combination	Min		X	0.001471	11	6.7	12.43
Story3	drift_X	Combination	Min		Y	0.001851	44	6.7	4.22
Story2	drift_X	Combination	Max		X	0.001598	11	6.7	12.43
Story2	drift_X	Combination	Max		Y	0.002171	44	6.7	4.22
Story2	drift_X	Combination	Min		X	0.001598	11	6.7	12.43
Story2	drift_X	Combination	Min		Y	0.002171	44	6.7	4.22
Story1	drift_X	Combination	Max		X	0.000995	11	6.7	12.43
Story1	drift_X	Combination	Max		Y	0.001421	44	6.7	4.22
Story1	drift_X	Combination	Min		X	0.000995	11	6.7	12.43

Record: << < 13 > >> of 16

Story Drifts

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: (Output Case) = 'drift_Y'

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Direction	Drift	Label	X m	Y m
Story4	drift_Y	Combination	Max		X	0.000242	13	6.7	0
Story4	drift_Y	Combination	Max		Y	0.001342	44	6.7	4.22
Story4	drift_Y	Combination	Min		X	0.000242	13	6.7	0
Story4	drift_Y	Combination	Min		Y	0.001342	44	6.7	4.22
Story3	drift_Y	Combination	Max		X	0.000351	13	6.7	0
Story3	drift_Y	Combination	Max		Y	0.001779	44	6.7	4.22
Story3	drift_Y	Combination	Min		X	0.000351	13	6.7	0
Story3	drift_Y	Combination	Min		Y	0.001779	44	6.7	4.22
Story2	drift_Y	Combination	Max		X	0.000457	13	6.7	0
Story2	drift_Y	Combination	Max		Y	0.002681	44	6.7	4.22
Story2	drift_Y	Combination	Min		X	0.000457	13	6.7	0
Story2	drift_Y	Combination	Min		Y	0.002681	44	6.7	4.22
Story1	drift_Y	Combination	Max		X	0.000336	13	6.7	0
Story1	drift_Y	Combination	Max		Y	0.001357	44	6.7	4.22
Story1	drift_Y	Combination	Min		X	0.000336	13	6.7	0

Record: << < 1 > >> of 16

Nota: representa el desarrollo general del análisis dinámico del proyecto en el software Etabs, para el cual se hizo uso de los parámetros establecidos en la tabla X. Extraído por los autores (2024).

Obtención de la cortante basal de la estructura:

De acuerdo con el modelamiento realizado en el programa, se extrajo la siguiente figura, resaltando el valor obtenido en referencia las fuerzas.

Figura 6

Reacciones de la base de la estructura

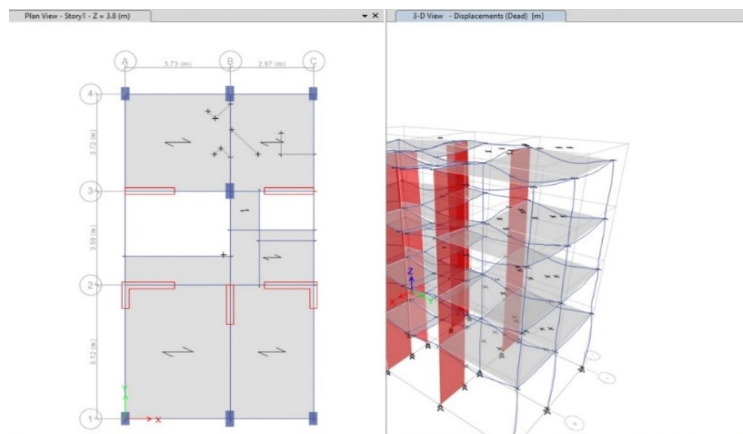
	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
	Sdx	LinRespSpec	Max		42.3009	45.7568	0	398.6048	374.2437	327.7128
	Sdy	LinRespSpec	Max		1.944	45.7488	0	398.5347	17.3905	194.5559

Nota: representa las fuerzas obtenidas en ambos ejes de la base de la estructura, para el cual en el eje “x” es de 42.3009 y para el eje “y” es de 45.7488. Extraído por los autores (2024).

Obtención de la cortante basal en las placas:

Figura 7

Análisis espectral de las placas de la edificación



Nota. representa la vista en planta y la vista lateral de la edificación para el análisis espectral de la placa que permite la evaluación de la estructura bajo las cargas sísmicas o vibraciones naturales. Elaborado por los autores (2024).

El modelado de la estructura mostrada en la figura 7 permitirá conocer las cortantes en el primer nivel en ambos ejes de la edificación, para la cual se emplea la función *pier forces* dentro del programa del Etabs:

Figura 8*Pier forces eje “x”*

	Story	Pier	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Step Label	Location	P tonf	V2 tonf
	Story4	P1	Sdx	LinRespSpec	Max			Top	1.1552	11.1504
	Story4	P1	Sdx	LinRespSpec	Max			Bottom	1.1552	11.1504
	Story3	P1	Sdx	LinRespSpec	Max			Top	2.135	23.6008
	Story3	P1	Sdx	LinRespSpec	Max			Bottom	2.135	23.6008
	Story2	P1	Sdx	LinRespSpec	Max			Top	3.6722	31.0006
	Story2	P1	Sdx	LinRespSpec	Max			Bottom	3.6722	31.0006
	Story1	P1	Sdx	LinRespSpec	Max			Top	6.8053	42.011
	Story1	P1	Sdx	LinRespSpec	Max			Bottom	6.8053	42.011

Nota. Muestra la reacción de la placa 1 en el eje “x” para determinar la cortante basal, se evalúa el Story 1, que es el piso 1 porque es la base que va a recibir toda la carga de la estructura. Extraído por los autores (2024).

Figura 9

Pier forces eje “y”

Story	Pier	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf
Story4	P1	Sdy	LinRespSpec	Max		Top	1.1275	0.4449	7.4904
Story4	P1	Sdy	LinRespSpec	Max		Bottom	1.1275	0.4449	7.4904
Story3	P1	Sdy	LinRespSpec	Max		Top	2.1327	1.0323	20.684
Story3	P1	Sdy	LinRespSpec	Max		Bottom	2.1327	1.0323	20.684
Story2	P1	Sdy	LinRespSpec	Max		Top	3.3432	1.3694	20.6518
Story2	P1	Sdy	LinRespSpec	Max		Bottom	3.3432	1.3694	20.6518
Story1	P1	Sdy	LinRespSpec	Max		Top	5.5064	1.9351	45.268
Story1	P1	Sdy	LinRespSpec	Max		Bottom	5.5064	1.9351	45.268

Nota muestra la reacción de la placa 1 en el eje “y” para determinar la cortante basal, se evalúa el Story 1, que es el piso 1 porque es la base que va a recibir toda la carga de la estructura. Extraído por los autores (2024).

En la norma de Diseño Sismorresistente, se especifica la clasificación de tipos de sistemas estructurales, para el cual de acuerdo con lo especificado en artículo 16 se clasifica como un sistema de muros estructurales, ya que, en la fuerza cortante de la base actúa por lo menos el 70%. Después de haber realizado el análisis en el programa, se obtuvo los dos resultados importantes que son el producto de toda la investigación.

Tabla 11 y 12

Resultado de la placa eje "x", resultado de la placa eje "y".

PL1	42.011
%Vmuros	99.31%
PL1	45.268
%Vmuros	98.95%

Nota. representa los resultados de la placa en las direcciones del eje “x” y “y”, obtenidas del análisis en el software Etabs, las cuales presentan un volumen de muros mayores al 70%, clasificándose la estructura como un sistema de muros estructurales. Elaborado por los autores (2024).

Comparando estos resultados obtenidos con los parámetros de la Norma E. 030 Diseño Sismorresistente, se determina que en el eje “x” y eje “y” se tiene un sistema estructural de muros estructurales.

$$R(x)=6 \text{ y } R(y)=6$$

Por lo tanto, el sistema que se recomienda diseñar en la Selva Central precisamente en la ciudad de Chanchamayo según los estudios realizados es el sistema de muros estructurales que, se caracteriza por tener una alta resistencia lateral ante los eventos sísmicos que se presentan en el lugar.

DISCUSIÓN

El diseño estructural de una vivienda implica una cuidadosa planificación, análisis y selección de materiales para garantizar que la estructura sea segura, estable y duradera durante toda su vida útil. Para ello, se debe cumplir con todas las normativas vigentes del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Según Blasco (1994) menciona que mientras más compleja sea la estructura de un edificio, resulta más difícil predecir el comportamiento sísmico que esta va a tener. Por ello aconseja que la estructuración sea lo más simple y limpia posible para lograr que la idealización de su análisis sísmico de la estructura se acerque a la vida real. La simplicidad del edificio multifamiliar analizado permitió calcular de manera rápida el predimensionamiento de cada elemento estructural y las fuerzas dinámicas que ocurren en estas, determinando así el tipo de sistema y el porcentaje mínimo de fuerzas del suelo que debe soportar.

Según Rupay (2022) en su artículo, realizó la comparación de tres métodos, en el cual determinó que cada método influye de manera diferente en la verificación de la máxima deriva. En este trabajo se utilizó uno de los métodos que es el de Diseño de factor de carga y resistencia, determinándose que es la que más se acercó a los parámetros que exige la norma peruana ya que considera la Zonificación, Factor de suelo, Periodos, Factor de ampliación sísmica, Factor de Ubicación y el tipo de Sistema Estructural.

Según Rivera (2018) en su trabajo de investigación donde compara el análisis estático y dinámico nos menciona que, el estático tiene más restricciones debido a que es más conservador a medida que la edificación tenga mayor altura, trayendo como consecuencia una estructura muy cara y que sea lejano de la realidad a diferencia del análisis dinámico que nos proporciona una idealización cercana a la realidad, por tal motivo se decidió profundizar estas fuerzas que se generan para diseñar un sistema estructural sostenible y seguro.

El diseño del edificio multifamiliar comenzó diseñando los elementos estructurales para obtener sus secciones de resistencia de diseño (R_n) mayor o igual a la resistencia requerida (R_u), luego de ello se analizó el sistema estructural tanto estático y dinámico, determinado el tipo de sistema empleado y su fuerza cortante. Una de las limitaciones que se observaron fue que los resultados obtenidos del análisis dinámico pueden no reflejar exactamente las características de tiene un sismo real sino una idealización de esta. Otra limitación fue la precisión exacta de resultados en el modelado de la estructura en el software Etabs ya que se simplifican algunos elementos estructurales de una vivienda como los muros, ventanas, etc., generando resultados inexactos. Los resultados dependen en gran medida de como sea modelada en el programa.

CONCLUSIONES

Empleando la metodología de predimensionamiento por sismo, y basandose en la normativa vigente del Reglamento Nacional de Edificaciones, las cuales muestran y detallan los procedimientos para el calculo del predimensionamiento de cada elemento estructural, se obtuvieron las siguientes unidades de medida para cada una de ellas: Losas : 0.25 m, Viga principal: 0.25 m x 0.50 m, Viga secundaria: 0.25mx0.50m, Columna central: 0.30 m x 0.60 m, Columna lateral: 0.30 m x 0.50 m, Escalera: 0.90 m, Descanso: 0.25 m, Paso Contrapaso: 0.18 m, Garganta de la escalera: 0.12 m, Placa: 0.25 m x 1.75 m, Zapata central: 1.50 m x 2.40 m y Zapata lateral: 2.10 m x 2.40 m.

En función a las dimensiones obtenidas de cada elemento estructural, se realizó el análisis dinámico, en la cual se obtuvo que para el eje “x” y el eje “y”, el porcentaje de muros es de 99.31% y 98.95% respectivamente, en el cual se determinó que el tipo de sistema, de acuerdo con la norma E. 030, son muros estructurales. Teniendo en cuenta el sistema de diseño facilitó determinar la fuerza cortante basal en la base, la cual debe actuar por lo menos el 70% para soportar las fuerzas que se van a generar ante un movimiento sísmico.

La metodología empleada nos ayudó a ajustar tanto las cargas como la resistencia de los materiales, que, a diferencia de otros métodos, probabilísticos, hacen uso más racional de los materiales empleados. Esta metodología nos permitió reflejar la variabilidad de las cargas y la resistencia de la estructura estudiada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva Hurtado, J. (2018). *Colegio de Ingenieros del Perú.*: <https://www.jorgealvahurtado.com/files/Caracteristicasgeotecnicassuellosselva.pdf>
- Blanco Blasco, A. (1994). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado* (Novena ed.). Lima. <https://www.udocz.com/apuntes/19231/estructuracion-y-dise-o-de-edificaciones-de-concreto-armado---antonio-blanco-blasco-pdf>
- De La Cruz Alvarez, J. E., & Yoctun Rios, R. R. (2022). Análisis comparativo del diseño estructural de una edificación regular e irregular de ocho niveles en sistema de pórticos aplicando la norma E.030 2003, 2016 y 2018 diseño sismorresistente en la Ciudad de Lima. *Scielo*, *XXIII*(1), 48-71. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1856-95602022000100048
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2020). *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)*. Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Ministerio de Vivienda, Transportes y Sanamiento. (2021). *Norma Técnica A. 010 Condiciones Generales de Diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Norma Técnica A. 010 Condiciones Generales de Diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366528/35%20A.010%20CONDICIONES%20GENERALES%20DE%20DISE%C3%91O%20-%20RM%20N%C2%B0%20191-2021-VIVIENDA.pdf>
- Ottazzi Pasino, G. (2015). *UDocz*. UDocz: https://www.udocz.com/apuntes/48658/apuntes-del-curso-concreto-armado-i-gianfranco-ottazzi-pasino?shared_by=3374813
- Palomino Encinas , A. H. (2016). *Aportesingecivil*. Aportesingecivil: <https://aportesingecivil.com/manual-de-analisis-estatico-y-dinamico-nte-e-030-peru/>
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2019). *Norma E. 070 Albanileria*. Lima. <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.070-alba-ileria-sencico.pdf>

- Rivera Santana, K. A. (2018). *Repositorio Institucional Continental*.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4835/1/INV_FIN_105_TE_Rivera_Santana_2018.pdf
- Rupay Vargas, M. J. (2022). Efecto de los métodos de pre-dimensionamiento de columnas en las derivas. *YOTANTSIPANKO*, II(2), 74-87. <https://doi.org/https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v2i2.23>
- Salinas Basualdo, R. (2019). *CISMIDADMIN*. CISMIDADMIN:
<https://www.cismid.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2019/12/E05A.pdf>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. (2020). *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)*. Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE):
<https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. (2020). *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) - Norma E. 030 Diseño Sismorresistente*. Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) - Norma E. 030 Diseño Sismorresistente:
<https://drive.google.com/file/d/1W14N6JldWPN8wUZSqWZnUphg6C559bi-/view?usp=sharing>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. (2020). *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) - Normas E. 060 Concreto Armado*. Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) - Normas E. 060 Concreto Armado: <https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2y1U5Kz/view?usp=sharing>
- Ventura, E. (2021). BLOGS. *Mapas de los 124 distritos y 09 provincias del departamento de junin*. Mapas de los 84 distritos y 07 provincias del departamento de apurímac: <https://edmanventura.wordpress.com/>