

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Análisis comparativo estructural y económico entre los sistemas
estructurales de concreto armado aporticado y dual**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Eva Lizbeht Dominguez Vasquez

Asesor:

Ing. Wilson Gomez Paredes

Juliaca, diciembre de 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Wilson Gomez Paredes, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“ANÁLISIS COMPARATIVO ESTRUCTURAL Y ECONÓMICO ENTRE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO APORTICADO Y DUAL”** del autor **Eva Lizbeht Dominguez Vasquez**, tiene un índice de similitud de 12 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 05 días del mes de enero del año 2024



Ing. Wilson Gomez Paredes

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chulungani, a 27 día(s) del mes de diciembre del año 2023 siendo las 14:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la presidencia del (de la) presidente(a):

Ing. Heron Duberly Pasi Laca el (la) secretario(a): Ing. Efraim Velazquez Mamani y los demás miembros: Ing. Edwin Parillo Escarasma y el (la) asesor(a) Ing. Wilson Gomez Carides

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Análisis comparativo estructural y económico entre los sistemas estructurales de concreto armado sporticado y dual del(los) bachiller(es): a) Eva Lizbeth Dominguez Vargas b) c) d)

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(s)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(s)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Eva Lizbeth Dominguez Vargas

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Bachiller (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(s)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma] Presidente/a
[Firma] Asesor/a
[Firma] Bachiller (a)
[Firma] Miembro
[Firma] Bachiller (b)
[Firma] Secretario/a
[Firma] Miembro
[Firma] Bachiller (c)

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
1 INTRODUCCIÓN	10
2 DESARROLLO	10
2.1 Sistemas estructurales	11
3 METODOLOGÍA	12
3.1 Estructuración y predimensionado.....	13
3.2 Modelo Tridimensional en el programa computacional Etabs 16	13
3.3 Análisis Sismorresistente	15
3.4 Diseño estructural	16
3.5 Evaluación de costos.....	17
4 RESULTADOS.....	17
4.1 Comparación de los periodos de vibración.....	17
4.2 Comparación de análisis estructural	18
4.3 Comparación de las derivas de entrepiso.....	22
4.4 Comparación de diseño estructural.....	25
4.5 Comparación de costos	29
5 CONCLUSIONES	31
6 REFERENCIAS	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de cortante estático y dinámico- Zona 1.	21
Tabla 2 Valores de cortante estático y dinámico- Zona 2.	22
Tabla 3 Dimensiones y consideraciones finales de diseños en Columnas- Zona 1.....	26
Tabla 4 Dimensiones y consideraciones finales de diseños en Vigas -Zona 1.....	27
Tabla 5 Dimensiones y consideraciones finales de diseños en Placas.	28
Tabla 6 Dimensiones y consideraciones finales de diseños en Columnas- Zona 2.....	28
Tabla 7 Detalles de área y acero en vigas - Zona 2.	29
Tabla 8 Costo de las edificaciones de la zona 1.	30
Tabla 9 Costo de las edificaciones de la zona 2.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de los sistemas estructurales en concreto. Fuente: Alejandro Muñoz Peláez -2020	12
Figura 2 Distribución en planta de sistema pórtico y dual.	13
Figura 3 Edificación de 5 pisos, sistema pórtico y dual.	14
Figura 4 Edificación de 10 pisos, sistema de pórtico y dual	14
Figura 5 Edificación de 15 pisos, sistema de pórtico y dual	14
Figura 6 Edificación de 20 pisos, sistema de pórtico y dual	15
Figura 7 Edificación de 25 pisos, sistema de pórtico y dual	15
Figura 8 Periodos y masa participativa- Zona 1.....	18
Figura 9 Periodos y masa participativa- Zona 2.....	18
Figura 10 Fuerza Cortante estática – Zona 1.....	19
Figura 11 Fuerza Cortante estática – Zona 2.....	19
Figura 12 Espectro de diseño.	20
Figura 13 Diagrama de fuerza mínima de diseño- Zona 1.	21
Figura 14 Diagrama de fuerza mínima de diseño, Zona 2.	22
Figura 15 Derivas de entrepiso máximas de edificaciones porticado y dual - Zona 1.....	23
Figura 16 Derivas de entrepiso máximas de edificaciones porticado y dual - Zona 2.....	24
Figura 17 Diagrama de costo por metro cuadrado de las edificaciones- Zona 1.	30
Figura 18 Diagrama de costo por metro cuadrado de las edificaciones de la zona 2.....	31

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A Sumisión de Artículo: “Análisis comparativo estructural y económico entre los sistemas estructurales de concreto armado aporticado y dual” en la Revista Gaceta Técnica.	34
ANEXO B Resolución de inscripción de perfil de proyecto.	35

Análisis comparativo estructural y económico entre los sistemas estructurales de concreto armado aporticado y dual

RESUMEN

El presente artículo de investigación se desarrolla mediante el análisis de veinte edificaciones a diferentes niveles 5, 10, 15, 20 Y 25 pisos y con dos sistemas estructurales: sistemas de pórtico vs sistema dual ubicadas en las zonas sísmicas 01 y 02 (según el anexo N°01 de zonificación sísmica en Perú), con el fin de lograr una comparación estructural y económica. Como alternativas para construir una edificación con adecuado desempeño estructural y costo económico. Para el análisis se realizó el modelamiento estructural para cada sistema estructural en el programa de “ETABS”, luego el análisis sísmico según las consideraciones de la norma E.030, la cortante estática y dinámica, derivas, periodo de vibración, y seguidamente culmina con el diseño estructural de los elementos mas cargados. Con diseños ya terminados de columnas, vigas y muros estructurales consiguen las cantidades de los materiales necesarios de concreto y acero, y con el análisis estructural se realizó una comparación de los dos sistemas estructurales, cual es el más adecuado en cuanto a resistencia y economía. Finalmente se verificó que ambos sistemas estructurales cumple con ser sismo resistente. Y que el sistema aporticado resulta más económico en la zona 1 y en la zona 2 el sistema dual en los niveles 5 y 10; y pisos mayores a 10 niveles el sistema dual se considera costos a comparacion del pórtico por cantidad de muros de concreto.

Palabras clave: *diseño sismorresistente, muros estructurales, pórtico.*

Comparative structural and economic analysis between the structural systems of reinforced concrete: frame and dual systems

ABSTRACT

This research article is developed through the analysis of twenty buildings at different levels 5, 10, 15, 20 and 25 floors and with two structural systems: frame systems vs dual system located in seismic zones 01 and 02 (according to the annex N°01 of seismic zoning in Peru), this in order to achieve a structural and economic comparison. As alternatives to build a building with adequate structural performance and economic cost. For the analysis, the structural modeling was carried out for each structural system in the ETABS program, then the seismic analysis according to the considerations of the E.030 standard, the static and dynamic shear, drifts, vibration period, and then we culminated with the design structural of the most loaded elements.

With already finished designs of columns, beams and structural walls we obtained the quantities of the necessary concrete and steel materials, and with the structural analysis a comparison of the two structural systems was made, which is the most appropriate in terms of resistance and economy. Finally, we verified that both structural systems comply with being earthquake resistant. And that the porticoed system is more economical in zone 1 and in zone 2, the dual system in levels 5 and 10; and floors greater than 10 levels, the dial system is considered costs compared to the porch by the number of concrete walls.

Keywords: *structural walls, seismic resistant design, portico.*

1 INTRODUCCIÓN

El territorio peruano se considera dividido en cuatro zonas sísmica, según NTP E.030 (2018) donde las zonas 1 y 2 son consideradas de sismicidad baja y media respectivamente (), sin embargo, estas zonas han presentado sismos de hasta 7.5 a 98 km en Santa María de Nieva, departamento de Amazonas, reportó el Instituto Geofísico local (IGP, 2021) . Ya que el Perú se encuentra ubicado en el Cinturón de fuego del Pacífico, por ellos los terremotos se producen constantemente en este país. (Olivera & Tuesta, 2021)

Cada sitio tiene distintos rasgos geológicas y topográficas las cuales pueden determinar el nivel de peligro sísmico del sitio y esto, agregado a la vulnerabilidad de nuestra estructura, define el grado de riesgo sísmico. Entonces la contestación de la estructura a un terremoto está sometido a muchos factores entre ellos tenemos: el tipo de características del suelo, tipo de sistema estructural, procesos constructivos.

Por ello se busca identificar el sistema estructural que representará la mejor alternativa de construcción, para las zonas sísmicas 1 y 2; de tal manera que la edificación posea un desempeño estructural adecuado y a bajo costo; y la implementación será un progreso para nuestro sector construcción acondicionando a sus insuficiencias, resistencia, calidad y seguridad.

2 DESARROLLO

El Dr. Genner Villareal, en una entrevista publicada vía Web en el año 2019, explica cuán importante es utilizar los muros de corte en la configuración estructural, puesto que, este sistema reduce notablemente los desplazamientos laterales producto del sismo.

El proyecto: "Análisis comparativo de los sistemas estructurales: pórtico y muros portantes, edificio de 10 pisos en Quito", donde se realizó una comparación de dos edificios

de 10 pisos cada uno, usando el sistema aporticado y muros, comparando parámetros estructurales globales; los dos con la misma área y distribución se terminó concluyendo, que el edificio con muros estructurales muestra los valores más altos de cortante basal estático y dinámico, esto se debe a que este edificio con muros posee el mayor peso de las que se comparan, lo que significa que el sismo afectará en mayor proporción al edificio más pesado. Un edificio de pórticos tiene mayores derivas máximas en comparación con un edificio con muros estructurales, lo que lo hace menos rígido y al mismo tiempo más susceptible a sufrir daños. (Campaña Guarderas, 2015).

2.1 Sistemas estructurales

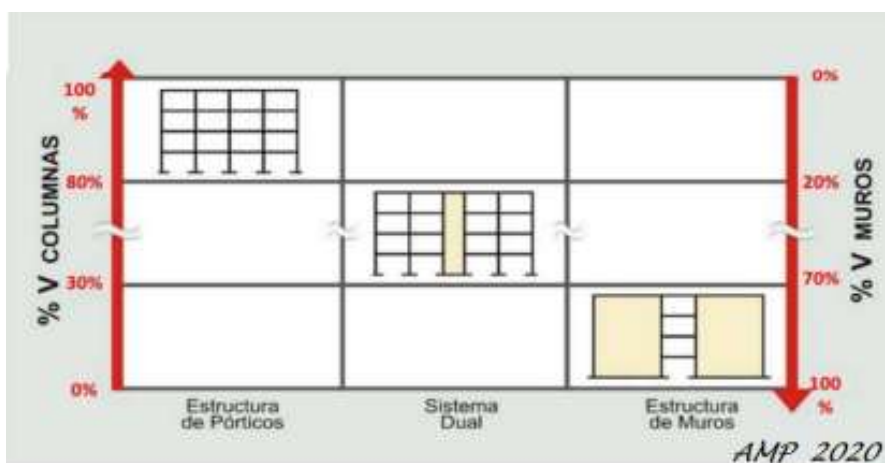
Se limitan en concreto armado, acero, albañilería, madera y tierra con el propósito de instituir el factor de reducción de fuerza sísmica y proporcionar el desplazamiento lateral máximo admisible. El concreto es considerado un material con aceptación universal, ya que es relativamente fácil obtener y/o transportar los materiales necesarios para su fabricación como: cemento, agregados, agua y refuerzos de acero (Otazzi Pasino, 2015). En los edificios de concreto armado se considera cuatro tipos de sistemas estructurales: el sistema de pórticos, los muros estructurales, sistemas duales y el sistema de muros de ductilidad limitada. Y estos tres primeros se clasifican según la participación de fuerza cortante en la base del edificio que absorben los pórticos y los muros estructurales. Para los objetivos de la presente tesis, se usarán dos tipos de sistemas estructurales: de pórticos vs dual. (NTP E.030, 2020).

La fuerza cortante absorbida por las columnas es mayor o igual al 80% de la fuerza total, la estructura considera como un sistema de pórtico. Si el esfuerzo cortante absorbido por los muros es mayor o igual al 70% del cortante total, la estructura es un sistema estructural de muros. Finalmente, si la fuerza en las columnas está entre el 30% y el 80% de

la fuerza total, el sistema califica como dual (Muñoz, 2020). Para mejor ilustración de lo antes mencionado podemos observar en la Figura 1, donde se parecía la clasificación de los sistemas en concreto armado, según la fuerza cortante.

Figura 1

Clasificación de los sistemas estructurales en concreto. Fuente: Alejandro Muñoz Peláez -2020



3 METODOLOGÍA

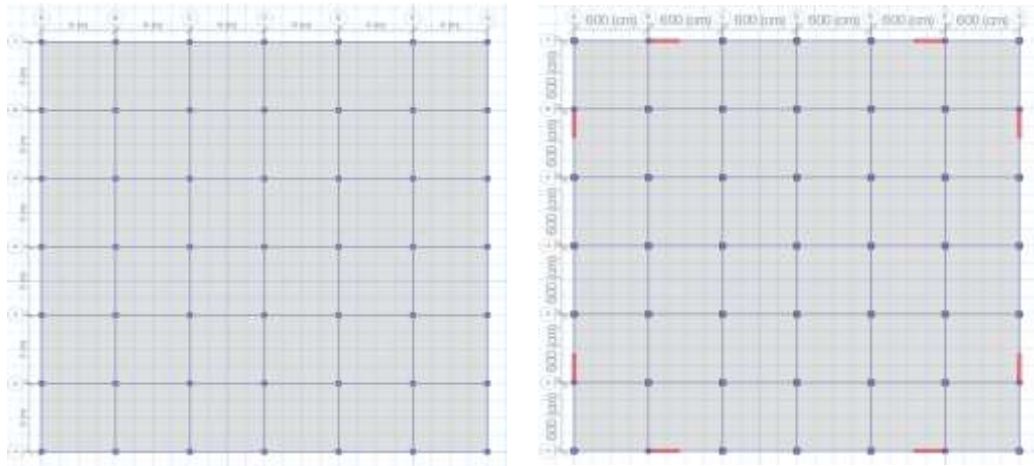
El comportamiento estructural y valor económico se evaluará a partir de un modelamiento matemático de estructuras en concreto armado de 5, 10, 15, 20, 25 niveles, de este grupo de edificios, se analiza para la zona sísmica 1 y zona 2 el Sistema de pórticos con Sistema dual; destinándose para uso común para viviendas multifamiliar. Para lograr los objetivos del estudio se empezó con el estudio de los sistemas resistentes a fuerzas laterales sistema de pórticos y dual, seguidamente con estructuración y predimensionado, desarrollo del modelo matemático, condiciones de los análisis sísmicos, diseño estructural y finalmente el análisis comparativo.

3.1 Estructuración y predimensionado

En la estructuración y predimensionado de elementos estructurales, tanto para un sistema de pórticos como para un sistema con muros de corte, se distribuyen de manera simetría en planta y altura, asegurando de alguna u otra manera el buen comportamiento estructural. Las edificaciones como se muestran en la Figura 2, son con espacios entre ejes son de 6.00 metros tienen la forma cuadrada con dimensiones de 36.00 metros de ancho por 36.00 metros de largo, y de 2.80 metros de altura de entrepiso.

Figura 2

Distribución en planta de sistema pórtico y dual.



“Cuanto más sencillas, continuas, simétricas, rectilíneas y repetitivas sean las soluciones, mayor será también el grado de fiabilidad de las estructuras cuando se ven sometidas a movimientos sísmicos.” (Caballero, 2007, p. 27).

3.2 Modelo Tridimensional en el programa computacional Etabs 16

Se idealiza el modelo matemático que simula el comportamiento de los elementos estructurales. La NPT E.020, (2020) proporciona valores aproximados que estima la sobrecarga para el uso de vivienda es 200 kg/m^2 , 100 kg/m^2 en azoteas y tabiquería de 150

kg/m². () Además, las propiedades de los materiales utilizados son: peso específico de concreto $\gamma_c=2400 \text{ kg/m}^3$, módulo de elasticidad $E_c = 15000 * \sqrt{f'_c} \text{ Kg/cm}^2$, resistencia a la compresión del concreto para edificaciones de 5 y 10 niveles (figuras 3 y 4) resistencia f'_c : 210 kg/cm², para edificaciones de 15, 20, 25 niveles (figuras 5, 6 y 7) resistencia f'_c : 280 kg/cm².

Figura 3

Edificación de 5 pisos, sistema pórtico y dual.

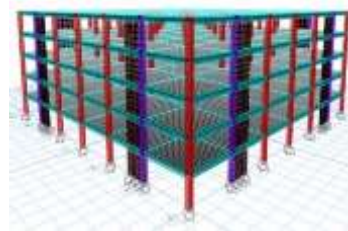
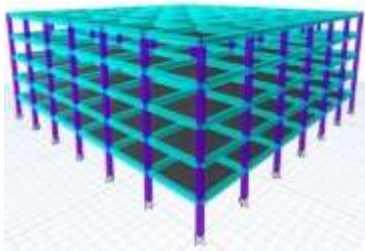


Figura 4

Edificación de 10 pisos, sistema de pórtico y dual

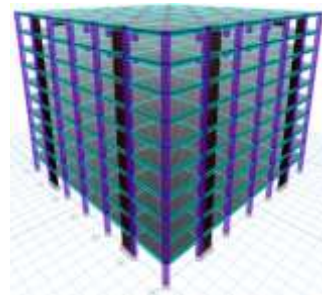
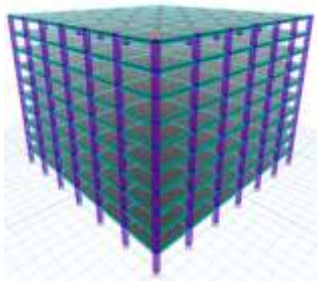


Figura 5

Edificación de 15 pisos, sistema de pórtico y dual

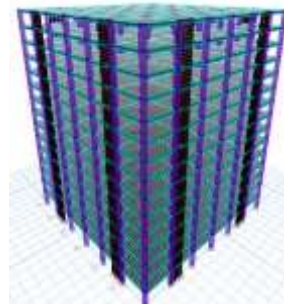
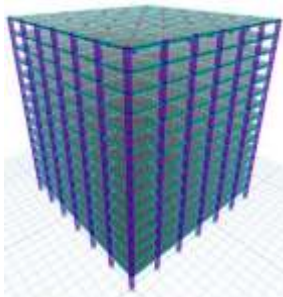


Figura 6

Edificación de 20 pisos, sistema de pórtico y dual

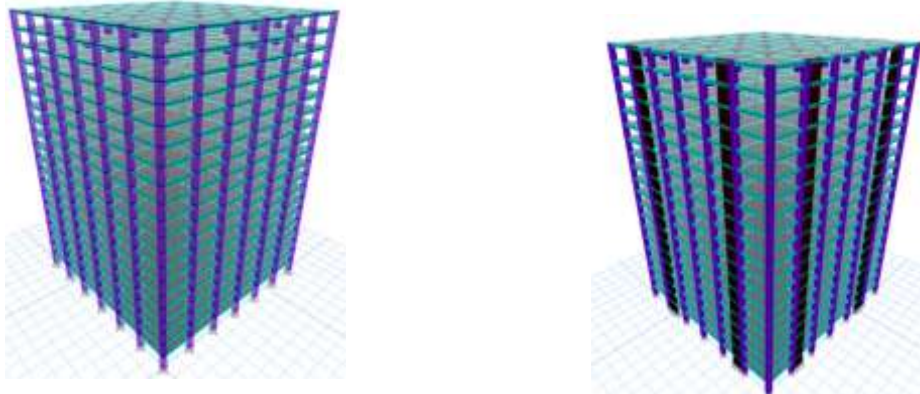
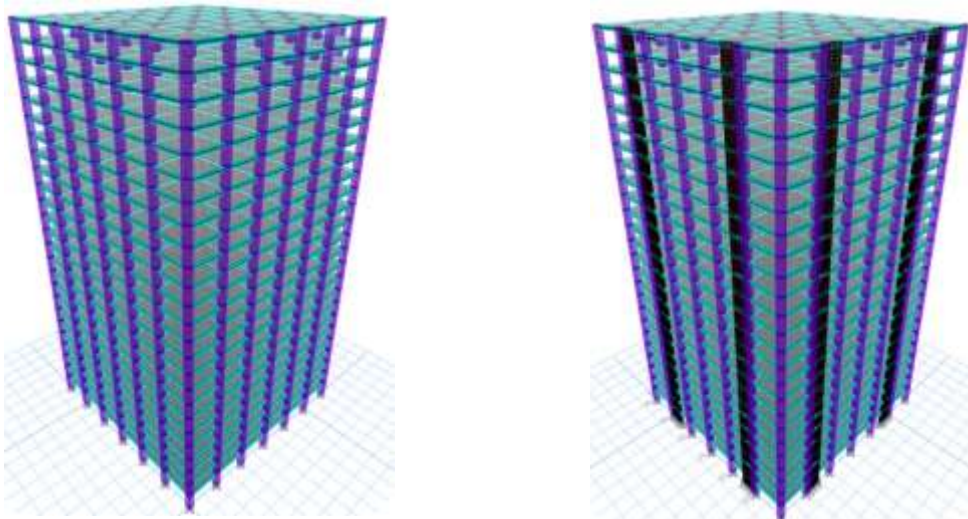


Figura 7

Edificación de 25 pisos, sistema de pórtico y dual



3.3 Análisis Sismorresistente

Las estructuras fueron modeladas según análisis estático y dinámico espectral, bajo las exigencias de la Norma E.030, Diseño Sismorresistente, y se empleó el programa “ETABS”, para evaluar el comportamiento de cada sistema estructural y los elementos estructurales pertenecientes a la edificación ante una eventual acción sísmica. Los parámetros sísmicos de las estructuras son características del edificio: el factor de zonificación, correspondiente a los edificios en mención, que se encuentran en zona sísmica 1 y 2, les corresponden un factor “Z” de 0.10 y 0.25, respectivamente. El suelo presenta

características del suelo intermedio S2, para ambas zonas sísmica 01 y 02 (Bustamante & Alva, 2018) (Cubas, 2020) lo que le corresponde el factor “S” de 1.60 y 1.20 respectivamente. Además, se le brindó una determinada resistencia al edificio según su uso, se le considera un edificio tipo edificaciones comunes, el cual da un factor “U” de 1.0. Debido a las deformaciones inelásticas importantes que pueden desarrollar los edificios de pórticos de concreto armado, es posible reducir de manera considerable su resistencia lateral, es por ellos que la norma establece un coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas “R” siendo el valor de 8 en sistema de pórticos y 7 en sistema dual.

Esta respuesta que brinda los análisis sísmicos, actualmente según la Norma E030 de Diseño Sismorresistente, está basada en desplazamientos, puesto que estos dañan a las estructuras. (NTP E.030, 2020) y estas distorsiones no deben ser mayores que 0.007 para estructuras en concreto armado.

3.4 Diseño estructural

Al realizar el análisis sísmico y tener validada la estructura planteada, de acuerdo a los requisitos de la norma E.030, determinaremos las fuerzas inerciales que se consideraran para el diseño de los elementos estructurales (vigas, columnas y placas).

Conocidas estas solicitaciones interiores sobre los diferentes elementos estructurales, creamos las combinaciones de carga de acuerdo a la Norma E.060 en su artículo 9.2, para conocer la resistencia requerida.

Después de calcular las resistencias requeridas, se deberán diseñar los elementos estructurales para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño que sean por lo menos iguales a las resistencias requeridas o últimas (R_u).

Los fundamentos de diseño en concreto armado según la E.060 contienen disposiciones relacionadas al detallado, a la resistencia relativa de cortante y flexión, a la

capacidad relativa de columnas y vigas, muros, etc. Con estas disposiciones se espera dotar a cada una de las estructuras de la ductilidad necesaria. (Muñoz Pelaez, 2020)

En vista de la cantidad de las edificaciones de trabajo, para la comparación respectiva, el diseño de cada elemento estructural se realizó considerando el elemento más cargado, homogenizando las dimensiones de concreto y acero para cada edificación.

3.5 Evaluación de costos

Una de las finalidades de este proyecto de investigación es la comparación del costo económico en el rubro de estructuras, de las partidas de concreto, acero y encofrado de los elementos estructurales visibles como columnas, vigas y muros estructural, esto de acuerdo al sistema estructural de la edificación a fin de realizar el análisis comparativo de costos entre el sistema de pórticos y el sistema dual.

4 RESULTADOS

4.1 Comparación de los periodos de vibración

El periodo fundamental de vibración es uno de los parámetros más influyentes en los resultados del análisis, y se obtuvo mediante análisis modal ya que es un valor conservador para obtener la fuerza cortante en la base. El análisis está considerando tres modos dinámicos para cada planta del edificio. En las figuras 8 y 9 se muestran el primer modo de vibración el más predominante con su respectiva masa participativa. En la zona 1 (figura 8) el sistema de pórticos tiene los periodos fundamentales más largos, y la estructura dual se reducen ya que se está considerando una mayor rigidez con sus elementos de muros. En la zona 2 (figura 9) se observa que para la estructura dual de 5 niveles el periodo fundamental es mayor, deduciendo que su masa y rigidez es menor que de la estructura de pórticos. Se sabe también

que la estructura tiene un comportamiento seguro, ya que los dos primeros modos de vibración son traslaciones y el tercero rotacional. En ambos sistemas cumplen que en cada dirección los modos de vibración sus masas efectivas es por lo menos el 90% de la masa de la estructura.

Figura 8

Periodos y masa participativa- Zona 1.

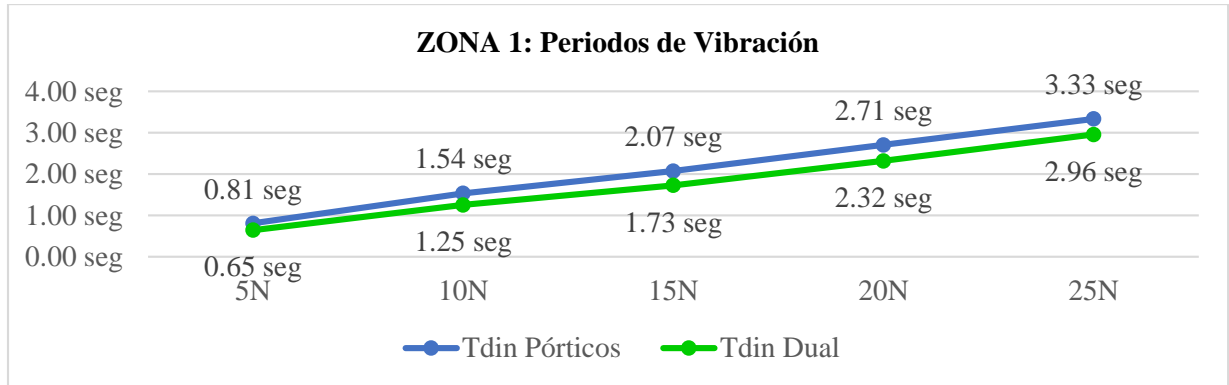
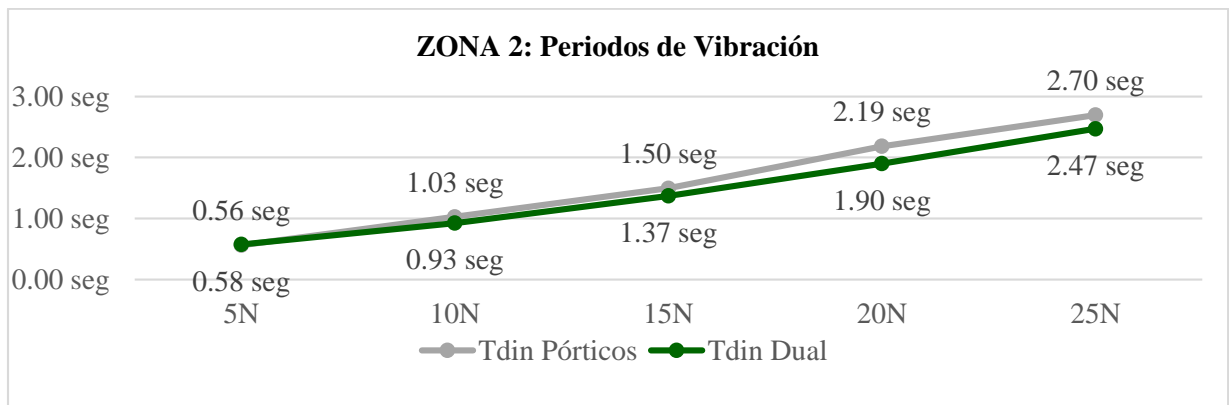


Figura 9

Periodos y masa participativa- Zona 2.



4.2 Comparación de análisis estructural

Se realizó el análisis estático equivalente con la finalidad de verificar la fuerza cortante mínima en la base de la estructura, puesto que, la fuerza cortante dinámica debe ser por lo menos el 80% de la fuerza cortante estática. Sabemos que el periodo fundamental del análisis modal nos conduce a un valor conservador de fuerza cortante en la base. En la figura 10 y 11 las edificaciones del sistema dual presentan mayor fuerza cortante estática en la base.

Figura 10

Fuerza Cortante estática – Zona 1.

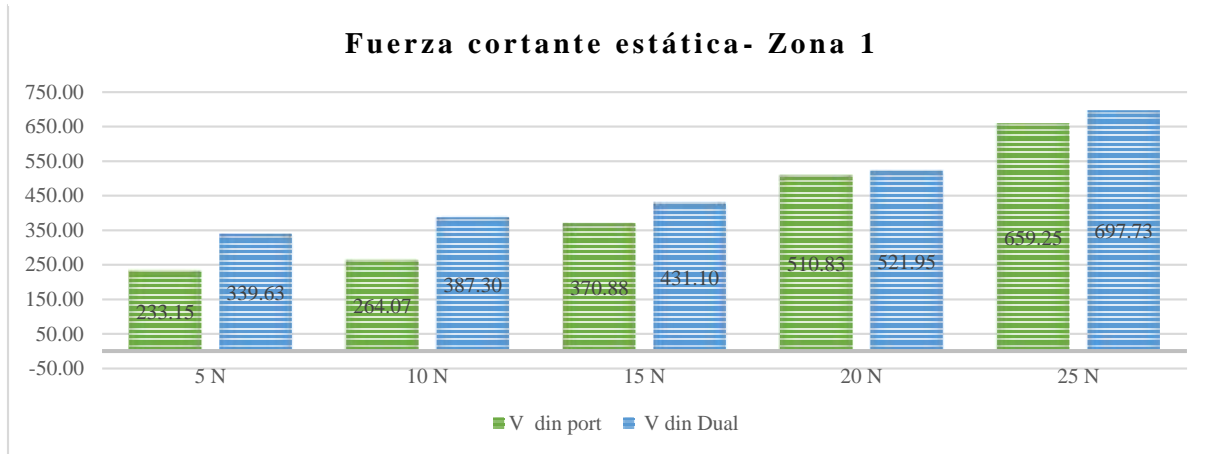
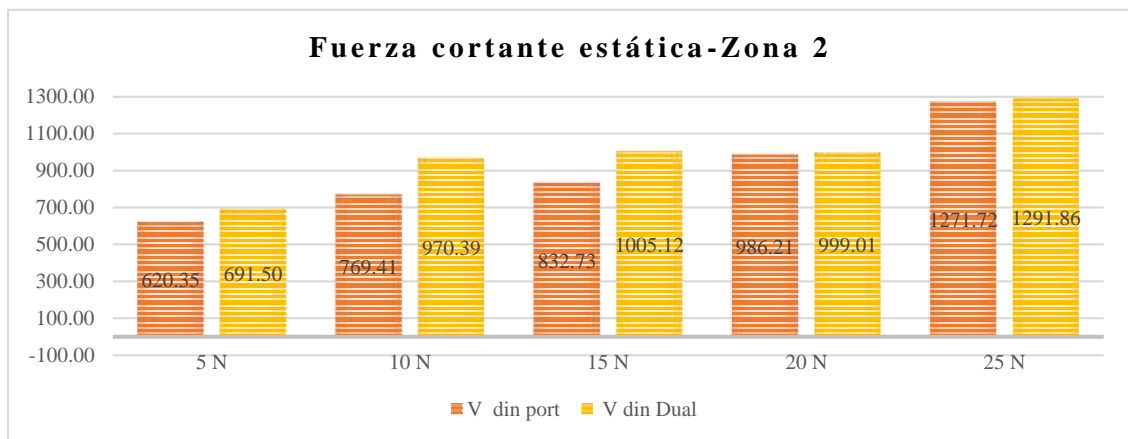


Figura 11

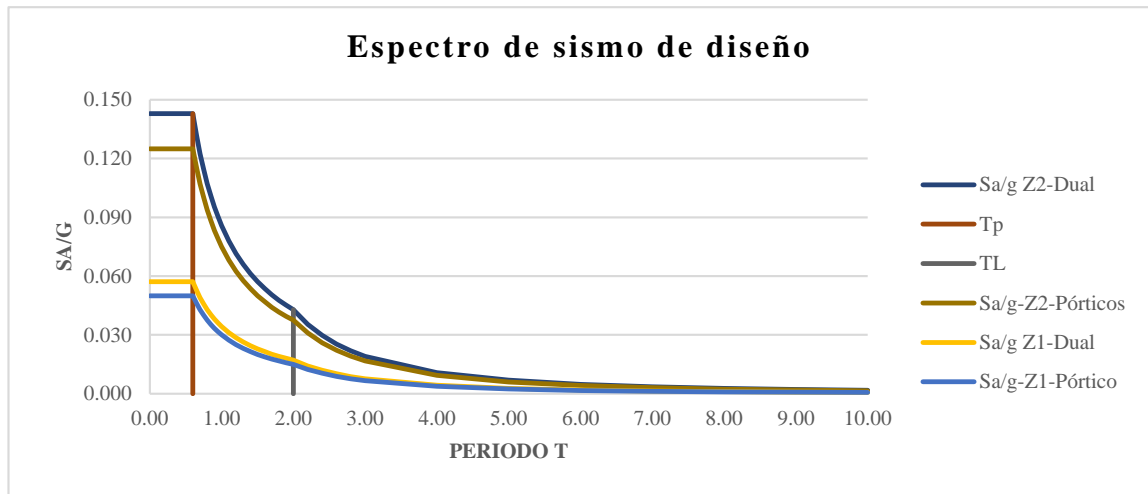
Fuerza Cortante estática – Zona 2.



Se realizó el análisis dinámico modal espectral mediante los criterios de combinación espectral y de acuerdo a ellos se podrá obtener la respuesta máxima esperada. Para los elementos estructurales tendremos las fuerzas internas, así mismo las fuerzas cortantes en la base, cortante de entrepiso, desplazamientos absolutos y relativos de entrepiso usando el criterio de combinación cuadrática completa (CQC). En la figura 12 se observa “espectro de respuesta” que permitir un fácil cálculo con aproximación “cercana” a la realidad de las fuerzas sísmicas actuantes sobre un edificio. Donde en ambos casos los valores de aceleración son mayores para el sistema dual mostrando de esa forma se obtiene mayores fuerzas sísmicas para este.

Figura 12

Espectro de diseño.



La fuerza cortante mínima de diseño del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor de la cortante basal obtenida mediante el análisis estático para estructuras regulares. Para lograr esto, los resultados del análisis dinámico (excepto desplazamientos) se deben escalar por el factor f , el cual representa la relación entre la fuerza cortante basal estática y dinámica, dicho factor debe ser siempre mayor a la unidad.

Los resultados de la fuerza dinámica se muestran en la figura 13 y tabla 1 se muestra para las estructuras aporricadas de 5N y 10N, la fuerza cortante mínima (80% Vest) y la fuerza dinámica (V_{din}) cumple lo establecido por la Norma E.030, al poder comprobar que el cortante dinámico sobrepasa el 80% al cortante estático, y para estructuras duales los niveles 5, 10 y 15 cumple lo establecido. Los resultados de la fuerza dinámica para la zona 2, se muestran en la figura 14 y tabla 2, para las estructuras de pórtico de 5,10 y 15 niveles, la fuerza cortante mínima (80% Vest) y la fuerza dinámica (V_{din}) cumple lo establecido por la norma E030, al poder comprobar que el cortante dinámico sobrepasa el 80% al cortante estático, mientras que para estructuras duales solo para las de 25N no cumple lo establecido por la Norma E030.

Figura 13

Diagrama de fuerza mínima de diseño- Zona 1.

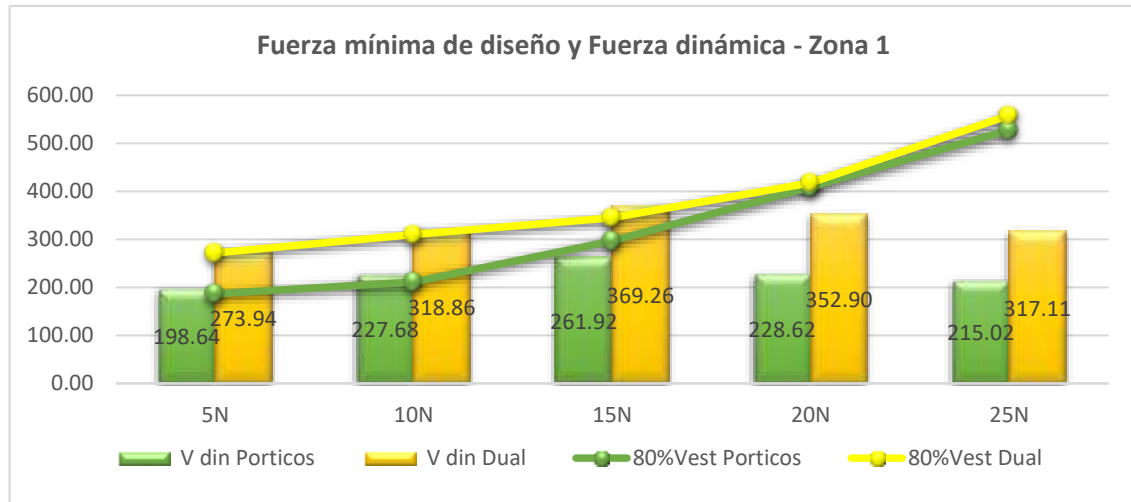


Tabla 1

Valores de cortante estático y dinámico- Zona 1.

Edif.	Vest Pórticos (TN)	V din Pórticos (TN)	F.C	Vest Dual (TN)	V din Dual (TN)	F.C
5N	233.15	198.64	Cumple	339.63	273.94	Cumple
10N	264.07	227.68	Cumple	387.30	318.86	Cumple
15N	370.88	261.92	1.13	431.10	369.26	Cumple
20N	510.83	228.62	1.79	521.95	352.90	1.18
25N	659.25	215.02	2.45	697.73	317.11	1.76

En los resultados, donde la fuerza cortante del análisis dinámico era menor al 80% de la fuerza cortante del análisis estático, se escalaron todos los resultados obtenidos en el modelo para el diseño final, según lo mostrado.

Figura 14

Diagrama de fuerza mínima de diseño, Zona 2.

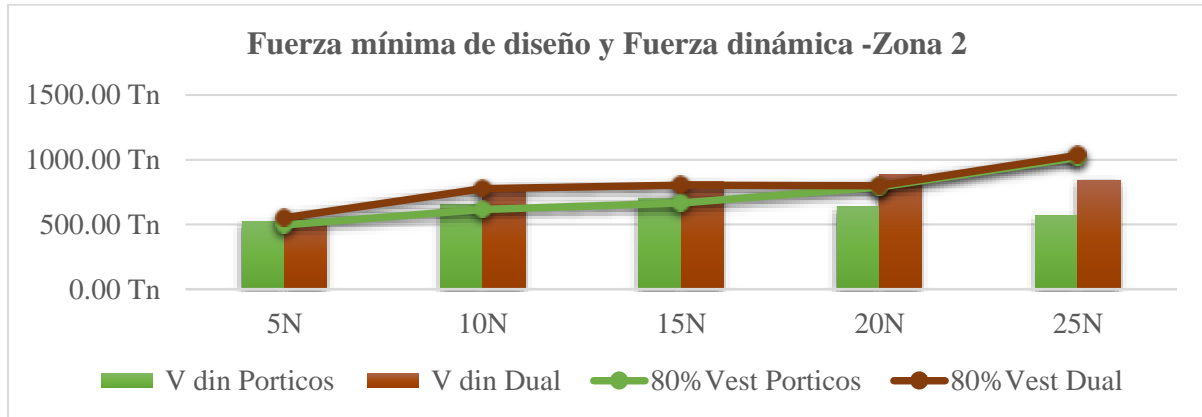


Tabla 2

Valores de cortante estático y dinámico- Zona 2.

Edif.	Vest Pórticos (TN)	V din Pórticos (TN)	F.C.	Vest Dual (TN)	V din Dual (TN)	F.C.
5N	620.35	523.04	Cumple	691.50	542.07	Cumple
10N	769.41	654.68	Cumple	971.44	766.29	Cumple
15N	832.73	703.47	Cumple	1005.12	828.01	Cumple
20N	986.21	639.82	1.23	999.01	886.26	Cumple
25N	1271.72	571.74	1.78	1291.86	842.12	1.23

4.3 Comparación de las derivas de entrepiso

Se establecen límites para el desplazamiento lateral en los edificios, con el objetivo de restringir la demanda de ductilidad ante sismos severos y para evitar los daños de los elementos no estructurales ante los sismos de menor magnitud. En nuestro caso, por ser un edificio de concreto armado, la deriva máxima permitida es 0.007.

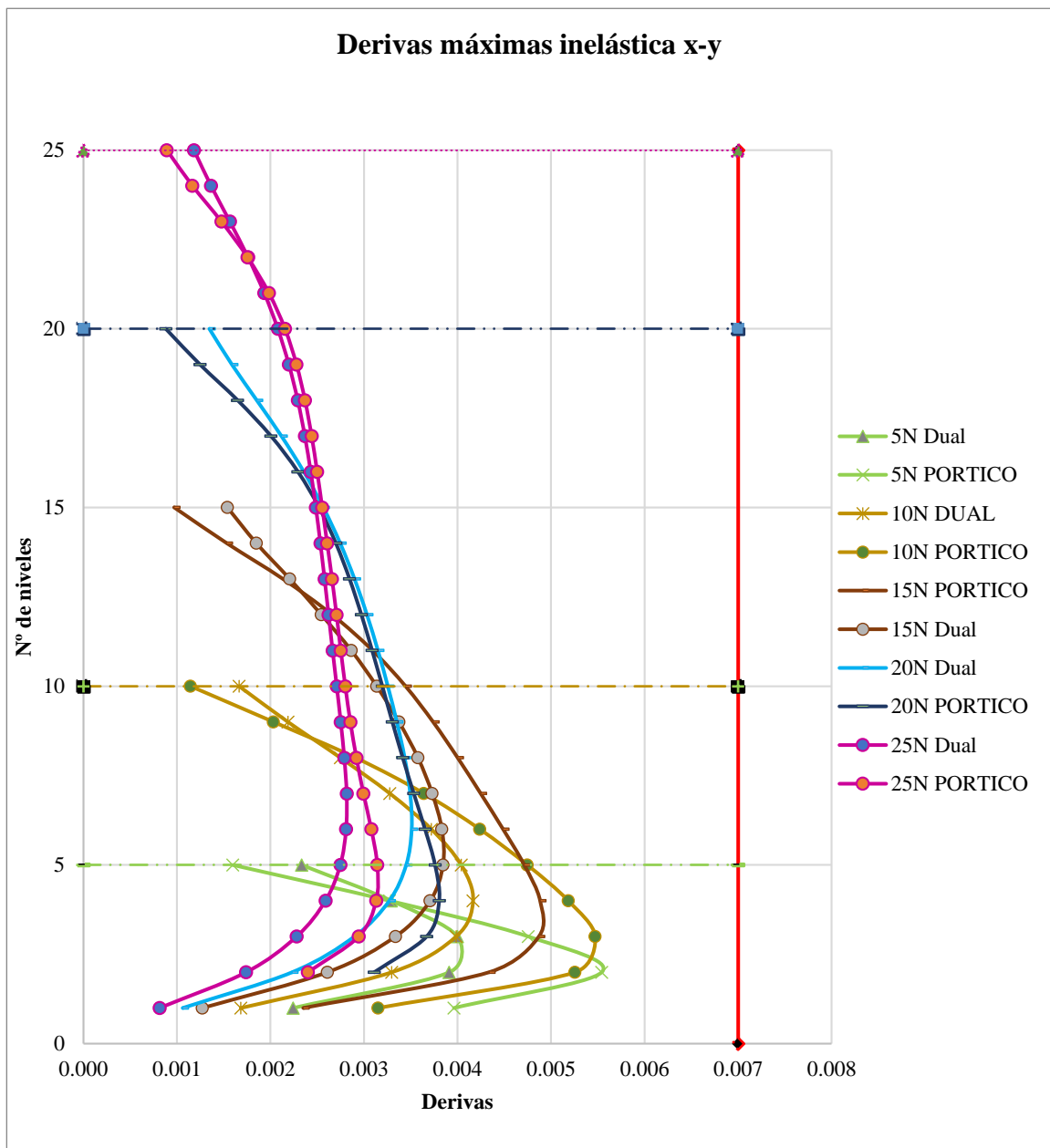
Los desplazamientos laterales elásticos que se obtienen del análisis con solicitaciones sísmicas reducidas, deberán ser multiplicadas por 0.75* (R) para calcular los desplazamientos laterales inelásticos. Seguidamente tenemos los desplazamientos ya multiplicados por 0.75x8=6 para pórticos y 0.75x7=5.25 para estructura dual.

Se muestra en la figura 15 las distorsiones de cada estructura por niveles, se presenta las derivas en dirección X ya que ambas son idénticas, para ambas estructuras. En la zona 1,

se observa que mientras más alta la edificación, la deriva en ambos sistemas decrece, esto debido a que se ha aumentado la sección de los elementos por piso, porque la carga ha ido aumentando por piso, originando esto aumento de rigidez en la estructura, además podemos apreciar que el Sistema de pórticos es el que presenta mayor flexibilidad frente al Sistema dual para todos niveles de la edificación.

Figura 15

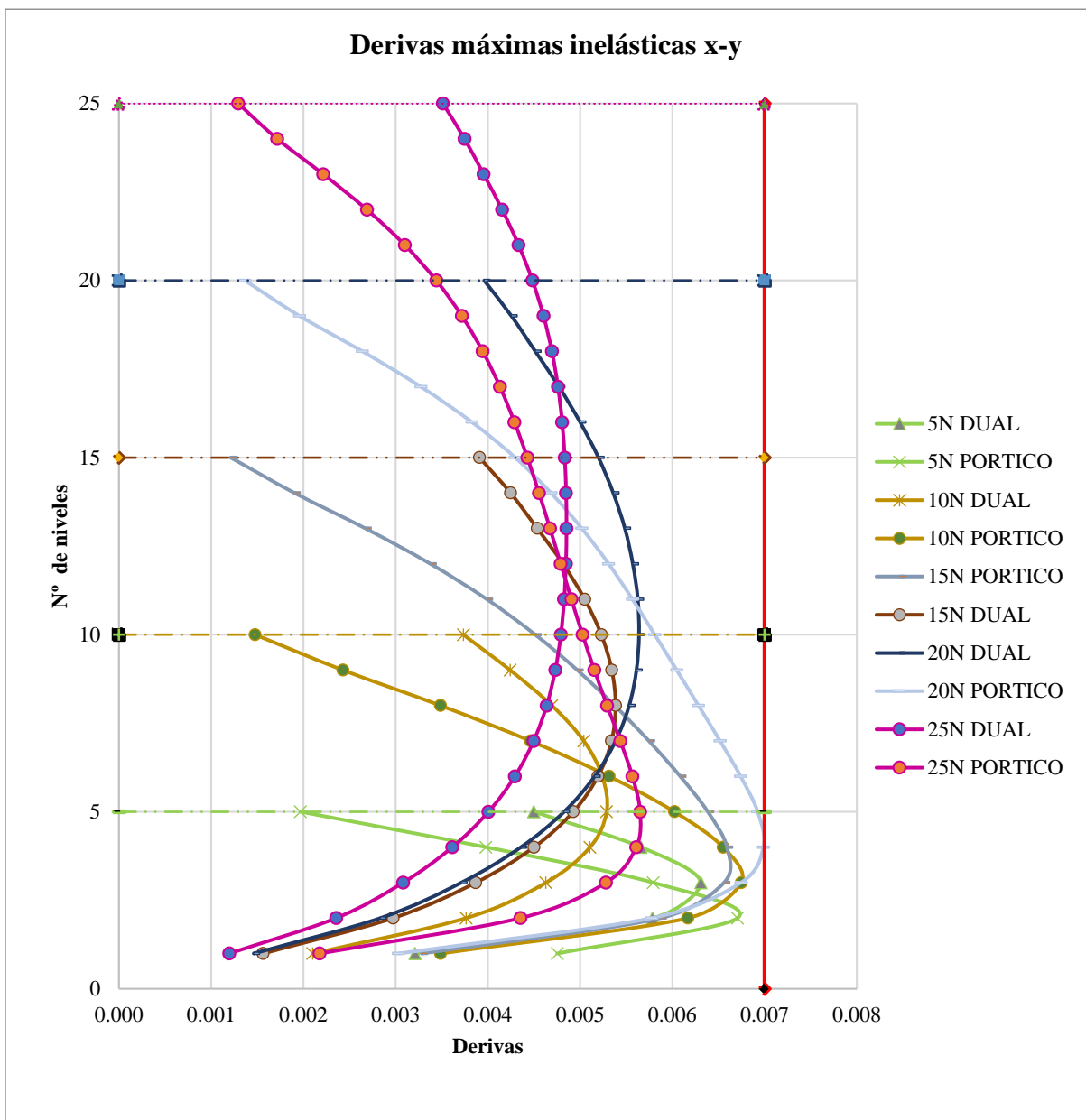
Derivas de entrepiso máximas de edificaciones porticado y dual - Zona 1.



En la figura 16 se muestra datos de la zona 2, pasa lo mismo que en la zona 1, al considerar aumento de las secciones de los elementos estructurales por cada piso, estos presentan menores deformaciones, además podemos observar que las edificaciones con sistema de pórticos presentan mayor flexibilidad que las duales en todos los niveles.

Figura 16

Derivas de entrepiso máximas de edificaciones porticado y dual - Zona 2.



4.4 Comparación de diseño estructural

En nuestro análisis modal espectral se usó el espectro y los resultados de las fuerzas internas que se obtuvieron de la superposición espectral, el cual se multiplica por un factor de escala para garantizar que la fuerza de diseño sea igual o mayor la fuerza cortante mínima (80% V_{est}) que la norma establece. Al realizar el análisis sísmico y obtener las fuerzas amplificadas por el factor de escalamiento y tener validada la estructura planteada, de acuerdo a los requisitos de la norma E.030, determinamos las secciones en concreto y en acero que satisfagan las consideraciones descritas anteriormente, las cuales presentamos a continuación del diseño de los elementos estructurales (vigas, columnas).

En la tabla 03 podemos apreciar, que, para ambos sistemas estructurales, se han mantenido las mismas secciones con respecto a los niveles por piso, y que las áreas de acero requerido en las columnas, se encuentran aproximadamente en valores similares, esto posiblemente a que la zona 1, presenta una baja influencia con respecto a la influencia de los sismos, no afectado de manera sustancial al comportamiento de las columnas. Además, según la Norma Técnica Peruana E060, las columnas al trabajar a flexo compresión axial, las cuantías de acero deberán estar dentro del 1% - 6%, y según los datos mostrados anteriormente estos están dentro de esos rangos.

Tabla 3*Dimensiones y consideraciones finales de diseños en Columnas- Zona 1.*

Sistema	Niveles	Sección (cm)	ρ colocado (%)	ρ mínimo (%)	ρ máximo (%)	Ratio
Aporticado	5	40x40	4.38	1.00	6.00	0.524
Aporticado	10	55x55	4.26	1.00	6.00	0.211
Aporticado	15	60x60	5.44	1.00	6.00	0.126
Aporticado	20	70x70	5.39	1.00	6.00	0.079
Aporticado	25	80x80	5.05	1.00	6.00	0.054
Dual	5	40x40	4.04	1.00	6.00	0.513
Dual	10	55x55	4.37	1.00	6.00	0.190
Dual	15	60x60	5.44	1.00	6.00	0.109
Dual	20	70x70	5.40	1.00	6.00	0.066
Dual	25	80x80	5.25	1.00	6.00	0.044

En la tabla 04 podemos apreciar que para ambos sistemas estructurales, se han mantenido las mismas secciones de vigas por cada piso, esto para poder comparar entre uno y otro sistema estructural, y se puede observar que las áreas de acero requerido en las vigas, han disminuido en el sistema dual a comparación del sistema aporticado, esto posiblemente a que las placas, componentes de un sistema dual, aportando una mayor rigidez sobre la estructura, permite que la viga ofrezca un mejor comportamiento estructural. Las áreas de acero para el sistema aporticado y dual han cumplido las solicitudes del diseño, lo cual según la Norma Técnica Peruana E060, establece que las vigas al trabajar a flexión, deben tener un área de refuerzo longitudinal, el cual estará entre el mínimo y el máximo requerido para evitar que está presente una falla del tipo frágil o dúctil, lo cual nos cumple para todos los casos según los datos mostrados. Además, podemos notar que el sistema dual requiere una menor cantidad de acero de refuerzo en sus secciones a comparación del sistema aporticado.

Tabla 4*Dimensiones y consideraciones finales de diseños en Vigas -Zona 1.*

Sistema	Niveles	Sección (cm)	As (-) requerido (cm²)	As (+) requerido (cm²)	As mínimo (cm²)	As máximo (cm²)
Aporticado	5	30x50	10.46	4.96	4.42	21.12
Aporticado	10	30x50	10.38	4.92	4.42	21.12
Aporticado	15	30x50	10.51	5.06	4.42	21.12
Aporticado	20	30x50	10.84	5.21	4.42	21.12
Aporticado	25	30x50	11.02	5.29	4.42	21.12
Dual	5	30x50	9.44	4.50	4.42	21.12
Dual	10	30x50	9.36	4.47	4.42	21.12
Dual	15	30x50	8.88	4.30	4.42	21.12
Dual	20	30x50	8.76	4.24	4.42	21.12
Dual	25	30x50	9.01	4.36	4.42	21.12

En la tabla 05 podemos apreciar, que debido a que los desplazamientos aumentan entre un sistema y otro, cuando la altura de la edificación aumenta, las secciones de las placas van aumentando en concreto, de la misma manera para mantener una ratio de diseño aceptable menor a 1.00, podemos apreciar que la sección de acero también va aumentando a medida que aumentan los niveles por cada piso, esto para considerar un diseño eficiente. Los datos anteriores también nos muestran, cuantías de refuerzo que sobrepasan el 1%, esto nos hace pensar que las placas están sometidas a grandes esfuerzos de compresión, para lo cual se procedió a confinar toda su sección mediante estribos, ya que bajo cargas de gravedad las placas se comportan como si fuera una columna. Además, podemos apreciar, que entre la zona 1 y zona 2, se necesitan secciones de concreto mayores y áreas de acero también mayores para satisfacer las condiciones de diseño.

Tabla 5*Dimensiones y consideraciones finales de diseños en Placas.*

Zona	Niveles	Sección (cm)	ρ colocado (%)	ρ mínimo longitudinal (%)	ρ mínimo transversal (%)	Ratio
Zona 1	5	25x185	1.03	0.15	0.20	0.862
Zona 1	10	25x235	1.25	0.15	0.20	0.997
Zona 1	15	30x280	1.50	0.15	0.20	0.998
Zona 1	20	30x285	1.55	0.15	0.20	0.996
Zona 1	25	30x290	1.67	0.15	0.20	0.997
Zona 2	5	25x300	1.34	0.15	0.20	0.975
Zona 2	10	25x320	1.36	0.15	0.20	0.982
Zona 2	15	30x380	1.38	0.15	0.20	0.984
Zona 2	20	30x385	1.43	0.15	0.20	0.987
Zona 2	25	30x390	1.48	0.15	0.20	0.992

Según la tabla 6, las columnas del sistema estructural aporticado, presentan una mayor sección de concreto, esto debido a que, al aumentar las consideraciones sísmicas, los elementos en este sistema estructural, deben controlar los desplazamientos con sus propias dimensiones, cosa contraria con el sistema dual, que ha mantenido las mismas secciones en comparación con la zona 1, ya que existen otros elementos que le aportan rigidez. Las áreas de acero para el sistema aporticado se ha mantenido cerca al acero mínimo requerido (1%), pero en el sistema dual y ha crecido el área de acero de acuerdo a las solicitaciones de diseño.

Tabla 6*Dimensiones y consideraciones finales de diseños en Columnas- Zona 2.*

Sistema	Niveles	Sección (cm)	ρ colocado (%)	ρ mínimo (%)	ρ máximo (%)	Ratio
Aporticado	5	55x55	1.00	1.00	6.00	0.503
Aporticado	10	75x75	1.00	1.00	6.00	0.181
Aporticado	15	75x75	1.51	1.00	6.00	0.153
Aporticado	20	80x80	2.84	1.00	6.00	0.087
Aporticado	25	90x90	2.89	1.00	6.00	0.055
Dual	5	40x40	4.14	1.00	6.00	0.516
Dual	10	55x55	4.35	1.00	6.00	0.199
Dual	15	60x60	5.44	1.00	6.00	0.112
Dual	20	70x70	5.39	1.00	6.00	0.067
Dual	25	80x80	5.26	1.00	6.00	0.042

Según la tabla 7, las vigas del sistema estructural aporticado también presentan una mayor sección de concreto, esto debido a que, al aumentar las consideraciones sísmicas, los elementos en este sistema estructural, deben controlar los desplazamientos con sus propias dimensiones, cosa contraria con el sistema dual, que ha mantenido las mismas secciones en comparación con la zona 1 y ha cumplido las consideraciones de diseño satisfactoriamente. Las áreas de acero para el sistema aporticado y dual han cumplido a las solicitudes del diseño, estando entre el mínimo y el máximo requerido, notándose que el sistema dual requiere una menor cantidad de acero de refuerzo en sus secciones a comparación del sistema aporticado.

Tabla 7

Detalles de área y acero en vigas - Zona 2.

Sistema	Niveles	Sección (cm)	As (-) requerido (cm²)	As (+) requerido (cm²)	As mínimo (cm²)	As máximo (cm²)
Aporticado	5	30x65	11.56	5.56	5.93	28.32
Aporticado	10	30x65	11.25	5.52	5.93	28.32
Aporticado	15	30x65	11.57	5.46	5.93	28.32
Aporticado	20	30x65	11.06	5.42	5.93	28.32
Aporticado	25	30x65	9.48	5.40	5.93	28.32
Dual	5	30x50	9.86	4.69	4.42	21.12
Dual	10	30x50	9.84	4.69	4.42	21.12
Dual	15	30x50	9.29	4.49	4.42	21.12
Dual	20	30x50	9.12	4.42	4.42	21.12
Dual	25	30x50	8.49	4.42	4.42	21.12

4.5 Comparación de costos

Para tener un panorama del costo, se evaluó las partidas estructurales más incidentes, de los elementos estructurales principales más esforzados. Para la respectiva comparación se calculó el costo por metro cuadrado. Como referencia de otros estudios tenemos que los sistemas de muros estructurales representan un ahorro del 16.75% frente al sistema de pórticos (Barros Bastidas & Peñafiel Plazarte, 2015).

El costo por metro cuadrado en todos los edificios es mayor el sistema dual; siendo los edificios 10N que tienen los costos más cercanos con una diferencia de 1%. Donde las edificaciones 5N, 10N, 15N, 20N y 25N, con el sistema dual presentan un incremento de costo de 6 %, 1%, 5%, 3% y 2% respectivamente, con relación al sistema de pórticos.

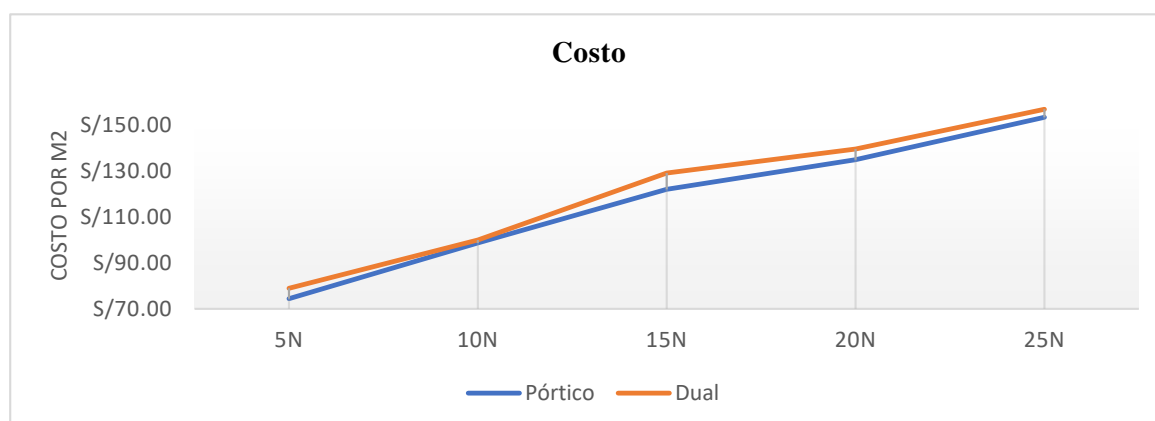
Tabla 8

Costo de las edificaciones de la zona 1.

EDIF	PÓRTICOS	DUAL	P (S/ x M2)	D (S/ x M2)	INCREM. %
5 N	S/481,798.41	S/510,914.13	S/74.35	S/78.84	6.04%
10 N	S/1,277,836.78	S/1,293,739.94	S/98.60	S/99.83	1.24%
15 N	S/2,368,993.42	S/2,506,912.52	S/121.86	S/128.96	5.82%
20 N	S/3,493,344.54	S/3,610,951.08	S/134.77	S/139.31	3.37%
25 N	S/4,961,687.24	S/5,073,878.95	S/153.14	S/156.60	2.26%

Figura 17

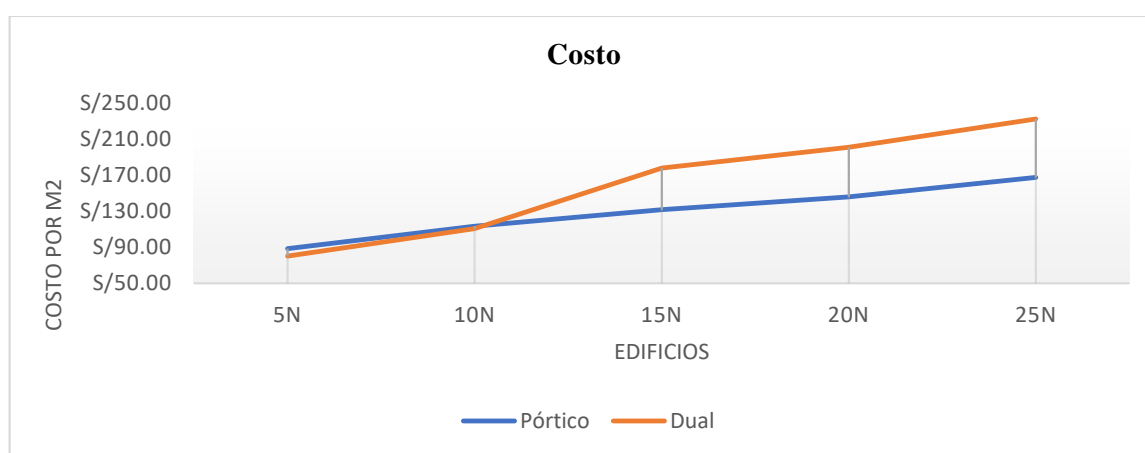
Diagrama de costo por metro cuadrado de las edificaciones- Zona 1.



En la zona 2, el sistema dual presenta un ahorro de 9.48% y 2.53% en los edificios 5N y 10N respectivamente en relación al sistema de pórticos y con un incremento de costos en los 15N, 20N, 25N. Comparándole con la zona 1 decimos que la diferencia en costos está muy marcada por la zona sísmica.

Tabla 9*Costo de las edificaciones de la zona 2.*

Edif.	PÓRTICOS	DUAL	P - S/ X M2	D - S/ X M2	INCREM. %
5 N	S/574,358.38	S/519,883.58	S/88.64	S/80.23	-9%
10 N	S/1,470,971.62	S/1,433,826.15	S/113.50	S/110.63	-3%
15 N	S/2,560,526.07	S/3,460,870.39	S/131.71	S/178.03	35%
20 N	S/3,782,614.53	S/5,206,928.73	S/145.93	S/200.88	38%
25 N	S/5,431,619.65	S/7,528,323.31	S/167.64	S/232.36	39%

Figura 18*Diagrama de costo por metro cuadrado de las edificaciones de la zona 2.*

5 CONCLUSIONES

Con respecto a las fuerzas cortantes estáticas y dinámicas, podemos concluir que entre la zona 1 y zona 2, las fuerzas cortantes estáticas y dinámicas han aumentado considerablemente, esto debido al aumento de las consideraciones sísmicas de zona, ya que según la norma E030, toma valores más conservadores para una y otra zona.

En la zona 1 y 2, las estructuras aporricadas y duales de gran altura no cumple con la fuerza cortante mínima según lo establecido por la norma E030, es decir, la fuerza de diseño deberá ser el 80% Fuerza cortante estática. De esto podemos concluir que, a mayor altura, mayor peso en la edificación, por lo tanto, más grande será la fuerza cortante dinámica y estática sobre la estructura.

Con respecto al control de derivas, todos los casos propuestos, las distorsiones de entrepiso son menores a las establecidas en la norma E.030 de valor 0.007. Además, podemos concluir que los sistemas estructurales duales, presentan un mejor comportamiento sísmico, a comparación del sistema aporticado, debido a la mayor rigidez que aportan a las estructuras, confirmando el principio que, a mayor flexibilidad de la estructura, mayor es la deriva, y esta al no ser controlada de los efectos del sismo produce daños en la estructura.

Con respecto al diseño de las estructuras, en ambos sistemas estructurales y han cumplido satisfactoriamente con las solicitaciones de diseño, y los desplazamientos han sido eficientemente controlados por las placas y columnas y el diseño por resistencia de las secciones de concreto y acero, y la relación Demanda/Capacidad, nos ayudó a identificar que tan cercano se encuentra el elemento a exceder su capacidad, además las áreas de acero se encuentran entre el mínimo y el máximo requerido, notándose que en ambas zonas, el sistema dual requiere una menor cantidad de acero de refuerzo en sus secciones de vigas pero en columnas más que el Sistema de Pórticos.

Con respecto al análisis económico, El costo de construcción de una vivienda multifamiliar de configuración regular, cimentado en un suelo intermedio S2, en la zona sísmica1; resulta ser más económico el sistema aporticados, ya que las edificaciones duales 5N, 10N, 15N, 20N y 25N presentan un incremento de costo de 6.04%, 1.24%, 5.82%, 3.37% y 2.26% respectivamente. Y así mismo en la zona sísmica 2, resulta ser más económico la construcción de edificaciones duales en 5N y 10N puesto que tienen un ahorro de 9.48% y 2.53% respectivamente y con un incremento de costos en las edificaciones 15N, 20N, 25N.

6 REFERENCIAS

- Barros Bastidas, L., & Peñafiel Plazarte, M. (2015). *Análisis Comparativo Económico-Estructural entre un Sistema Aporticado, Un Sistema Aporticado con Muros Estructurales Y Un Sistema de Paredes Portante, en un Edificio de 10 pisos*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Bustamante, A., & Alva, J. (2018). *Características geotécnicas del suelo de Iquitos, Perú*. Iquitos: Laboratorio Geotécnico del CISMID.
- Caballero, A. (2007). *Determinacion de la Vulnerabilidad Sísmica por Medio del Método del Índice de Vulnerabilidad en las Estructuras ubicadas en el Centro Histórico de la Ciudad de Sincelejo, Utilizando la Tecnología del Sistema de Información Geográfica*. Sincelejo: Fundacion Universidad del Norte.
- Campaña Guarderas, J. A. (2015). *Análisis comparativo de los sistemas estructurales: porticos y muros portantes, edificio de 10 pisos en Quito*. Universidad Central de Ecuador, Quito.
- Cubas, W. (2020). *Características geotecnicas del suelo en la Region de Amazonas Perú*. Amazonas.
- IGP. (28 de 11 de 2021). *Instituto Geofísico del Perú*. Obtenido de Instituto Geofísico del Perú: <https://ultimosismo.igp.gob.pe/evento/2021-0754>
- Muñoz Pelaez, A. (2020). *Comentarios a la Norma Peruana E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima: SENCICO.
- Muñoz, A. (2020). *Comentario a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima-Perú: Sencico.
- NPT E.020. (2020). *Norma Técnica Peruana E.020 Cargas*. Lima - Perú: Sencico.
- NTP E.030. (2020). *Norma Técnica Peruana E.030 "Diseño sismorresistente"*. Lima, Peru: Sencico. Recuperado el 12 de Enero de 2019, de <https://www.sencico.gob.pe/investigacion/publicaciones.php?id=230>
- NTP E.060. (2020). *Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado*. Lima- Perú: Sencico.
- Olivera, E., & Tuesta, C. (2021). *Análisis estructural de un edificio de concreto armado de cuatro niveles de la municipalidad provincial de Bagua, 202* (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo: Callao.
- Otazzi Pasino, A. (2015). *Apuntes del curso Concreto Armado 1*. Lima, Perú: Fondo. Lima, Perú: Fondo editorial PUCP.

ANEXO A

Sumisión de Artículo: “Análisis comparativo estructural y económico entre los



Eva Lizbeht Dominguez Vasquez <evalizbehtdominguezvasquez@gmail.com>

Artículos de Investigación

4 mensajes

Eva Lizbeht Dominguez Vasquez <evalizbehtdominguezvasquez@gmail.com>

6 de noviembre de 2023,
9:31

Para: Gaceta Técnica <gacetadic@ucla.edu.ve>, gacetadic@gmail.com

Buenos días Gaceta, mi persona Eva Lizbeht Dominguez Vasquez, bachiller en Ingeniería Civil, y por este medio presento mi trabajo de investigación en formato artículo para su respectiva evaluación la cual se realizó de acuerdo a los estándares de publicación. Muchas Gracias. Estaré a la espera de su respuesta.

4 adjuntos

- Artículo-Eva L. Dominguez V. -Tablas.docx
59K
- Artículo-Eva L. Dominguez V. -Figura.docx
1234K
- Constancia de originalidad y autoría ES-ELDV.pdf
360K
- Artículo-Eva L. Dominguez V..docx
1280K

gaceta DIC <gacetadic@ucla.edu.ve>

6 de noviembre de 2023, 16:11

Para: Eva Lizbeht Dominguez Vasquez <evalizbehtdominguezvasquez@gmail.com>

Buenas tardes muy estimada

Soy Luisa Casadel Camiel directora de la revista Gaceta Técnica, gracias por contactarnos. Damos por recibido su aporte, procederemos a iniciar el proceso editorial.

Atentamente

El lun, 6 nov 2023 a las 10:32, Eva Lizbeht Dominguez Vasquez (<evalizbehtdominguezvasquez@gmail.com>) escribió:

Buenos días Gaceta, mi persona Eva Lizbeht Dominguez Vasquez, bachiller en Ingeniería Civil, y por este medio presento mi trabajo de investigación en formato artículo para su respectiva evaluación la cual se realizó de acuerdo a los estándares de publicación. Muchas Gracias. Estaré a la espera de su respuesta.

Dra. Luisa Casadel Camiel

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado

luisacasadel@ucla.edu.ve

Skype: luisa.casadel

Twitter: @LuisaCasadel

Directora de la Revista Gaceta Técnica

<https://revistas.uclavenezuela.org/index.php/gt>

<http://bibvirtual.ucla.edu.ve/gt/>

Twitter: @gaceta_tecnica

gacetadic@ucla.edu.ve

ANEXO B
Resolución de inscripción de perfil de proyecto.



"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"

RESOLUCIÓN N° 0908/A-2021/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 23 de noviembre de 2021

VIATO:

El expediente de Eva Lizbeth Dominguez Vasquez, identificado(a) con Código Universitario N° 201220889, de la Escuela Profesional de Ingeniería civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que Eva Lizbeth Dominguez Vasquez, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Análisis comparativo estructural y económico entre el sistema de pórticos y muros estructurales de una vivienda multifamiliar de seis pisos, provincia de Bagua, departamento de Amazonas" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 23 de noviembre de 2021, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Análisis comparativo estructural y económico entre el sistema de pórticos y muros estructurales de una vivienda multifamiliar de seis pisos, provincia de Bagua, departamento de Amazonas" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar al (a la) Ing. Wilson Gomez Paredes como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: Ing. Herson Duberly Pari Cusi y : Ing. Juana Beatriz Aquiles Pari, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Maria Vallejos Atalaya de Cornejo
DECANA



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo