

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**“Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica aplicando el método de
Benedetti – Petrini en el edificio multifamiliar c2-lote 23 de 5 pisos en
la III etapa de Monserrate, Distrito de Trujillo”**

Área de Investigación:

Estructuras – Ing. Estructural

AUTOR (ES):

Br. Saldaña Zamora, Brittanyc Andrea
Br. Villanueva Rodríguez, María Carolina

Jurado Evaluador:

Presidente: Cancino Rodas, Cesar Leonidas

Secretario: Urteaga García, Juan Manuel

Vocal: Durand Orellana, Rocío del Pilar

ASESOR:

Ing. Galicia Guarniz, William Conrad

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4506-9290>

TRUJILLO – PERU

2021

Fecha de sustentación: 2021/07/22

JURADO CALIFICADOR

TESIS: ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SISMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI – PETRINI EN EL EDIFICIO MULTIFAMILIAR C2-LOTE 23 DE 5 PISOS EN LA III ETAPA DE MONSERRATE, DISTRITO DE TRUJILLO

AUTORES:

Br. SALDAÑA ZAMORA, Brittanyc Andrea

Br. VILLANUEVA RODRIGUEZ, María Carolina

.....
Ing. Cesar Cancino Rodas
Presidente

CIP:

.....
Ing. Juan Manuel Urteaga García
Secretario

CIP:

.....
Ing. Rocío del Pilar Durand Orellana
Vocal

CIP:

.....
Ing. William Conrad Galicia Guarniz
Asesor

CIP:

DEDICATORIA

A Dios, por estar presente en mi camino guiándome y dándome la fortaleza que necesito, para poder llegar a esta etapa de mi vida, y no dejándome sola en cada reto que tengo.

A mis padres Ángel y Julia, por su amor y apoyo incondicional, y no me alcanzara la vida para retribuir todo sacrificio que han hecho por mí, esto es por y para ustedes, son mi motor y motivo en la vida y siempre les tengo presente en cada paso que doy, gracias, por tanto.

A mis hermanos David y Rebeca por darme ánimos y sé que comparten la misma alegría que siento en estos momentos. Los amo, gracias por estar para mí siempre.

A mis docentes y asesor quien fue mi maestro en la carrera, agradezco infinitamente por tan buenos consejos y su dedicación, por formarnos como profesionales y su gran compromiso y humildad para poder desarrollarnos en esta gran profesión.

Br. Villanueva Rodríguez María Carolina

DEDICATORIA

A Dios, por guiar siempre mi camino y en todo este trayecto para llegar a esta etapa de mi vida, por darme la fortaleza necesaria para seguir luchando por mis sueños, y darme la certeza de que con esfuerzo se pueden lograr los objetivos que nos proponemos.

A mis padres José y María, por todo su esfuerzo que hicieron para lograr uno de mis sueños, por todo su amor y consejos durante todo este tiempo, todo esto es por y para ustedes, porque fueron mi motor para salir adelante, cada sacrificio que hicieron será retribuido de la mejor manera, gracias a ustedes cerraré y daré un inicio a una nueva etapa.

A mi hermana por siempre ser mi soporte a lo largo de esta etapa de mi vida, dándome ánimos y su apoyo incondicional en cada obstáculo que se me atravesaba en el camino, gracias por siempre estar ahí para mí.

A mis docentes y asesor quien fue mi maestro en la carrera, agradezco infinitamente por todos los conocimientos brindados que son la base de mi formación profesional, por el compromiso y los consejos para desarrollarme en el campo ingenieril y por ser parte fundamental de este proceso.

Br. Saldaña Zamora Brittanyc Andrea

AGRADECIMIENTO

Este agradecimiento está dirigido a las personas que nos apoyaron incondicionalmente como lo son nuestros padres, hermanos y a nuestra familia, sabiendo que gran parte de lo que somos ahora es gracias a ellos.

Una persona fundamental en el desarrollo de nuestra tesis, y formación profesional es nuestro asesor Ing. William Conrad Galicia Guarniz, Gracias por su gran apoyo metodológico y sobre todo profesional y sus consejos brindados en todo este proceso.

Así mismo nuestro agradecimiento a nuestra alma mater, Universidad Privada Antenor Orrego, facultad de ingeniería, escuela profesional de ingeniería civil, por el respaldo brindado en la etapa de nuestro título profesional. Claro y como no recordar a nuestros docentes quienes fueron un pilar importante en nuestra formación profesional con su exigencia y dedicación constate gracias, por tanto.

RESUMEN

La presente investigación aborda el estudio estructural de un edificio multifamiliar en la urbanización Monserrate en el distrito de Trujillo, provincia de Trujillo – departamento La Libertad, teniendo como objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti-Petrini, y poder determinar los riesgos que está expuesta la estructura.

En el desarrollo de la investigación se realizó la inspección de campo y las pruebas técnicas (ensayo de esclerometría), en los elementos de mayor importancia que son las vigas y columnas, el cual los datos obtenidos son procesados a través del programa de modelamiento ETABS seguido del método de Benedetti-Petrini, determinando a través del programa que la edificación es vulnerable y que está expuesta a sufrir daño mediante la presencia de un sismo severo.

Además, el edificio fue sometido al análisis del c este método consta de 11 parámetros, los cuales evalúan las condiciones en el que se encuentra el edificio multifamiliar de manera visual y con información proporcionada de las personas que habitan el edificio, referente a la antigüedad de la edificación, estado de conservación, elementos estructurales y no estructurales. Siendo así, que la estructura presenta un índice de vulnerabilidad baja.

En conclusión, se determinó que la estructura evaluada a través del método Benedetti-Petrini, presenta una vulnerabilidad baja.

ABSTRACT

This research addresses the structural study of a multifamily building in the Monserrate urbanization in the Trujillo district, Trujillo province - La Libertad department, aiming to determine the seismic vulnerability by applying the Benedetti-Petrini method and to be able to determine the risks that the structure is exposed.

In the development of the research, the field inspection and technical tests (sclerometry test) were carried out, in the most important ones, which are the beams and columns, which the data obtained is processed through the ETABS modeling program followed by the Benedetti-Petrini method, determining through the program that the building is vulnerable and that it is exposed to damage due to the presence of a severe earthquake.

In addition, the building was subjected to the analysis of the c this method consists of 11 parameters, which evaluate the conditions in which the multi-family building is located visually and with the information provided by the people who inhabit the building, regarding the age of the building. the building, state of conservation, structural and non-structural elements. Thus, the structure presents a low vulnerability index.

In conclusion, it was determined that the structure put through the Benedetti-Petrini method, presents a low vulnerability.

INDICE

DEDICATORIA	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INDICE	VI
INDICE DE TABLAS	VIII
INDICE DE FIGURAS	IX
I. INTRODUCCION	1
1.1. <i>Realidad problemática</i>	1
1.2. <i>Descripción del problema</i>	1
1.3. <i>Formulación del problema</i>	2
1.4. <i>Objetivos de la Investigación</i>	2
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	2
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	2
1.5. <i>Justificación del Estudio</i>	3
1.5.1. <i>Técnica</i>	3
1.5.2. <i>Metodológica</i>	4
1.5.3. <i>Social</i>	4
II. MARCO DE REFERENCIA	5
2.1. <i>Antecedentes del estudio</i>	5
2.1.1. <i>Antecedente N°01</i>	5
2.1.2. <i>Antecedente N°02</i>	5
2.1.3. <i>Antecedente N°03</i>	6
2.2. <i>Marco Teórico</i>	6
2.2.1. <i>Vulnerabilidad Sísmica</i>	6
2.2.2. <i>Método del índice de vulnerabilidad (BENEDETTI Y PETRINI 1982)</i>	7
2.2.3. <i>Norma Técnica Sismo Resistente</i>	16
2.2.4. <i>Sistema Estructural</i>	23
2.2.5. <i>Fichas de Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica</i>	23
2.3. <i>Marco Conceptual</i>	26
2.3.1. <i>Definiciones de términos básicos</i>	26
2.4. <i>Hipótesis</i>	27
2.5. <i>Variables e Indicadores</i>	28
2.5.1. <i>Variables Dependientes</i>	28

2.5.2.	Variables Independientes	¡Error! Marcador no definido.
2.5.3.	Operacionalización de variables	28
III.	METODOLOGIA EMPLEADA	29
3.1.	<i>Tipo y nivel de Investigación</i>	29
3.1.1.	Tipo de Investigación	29
3.1.2.	Nivel de investigación	29
3.2.	<i>Población y muestra del Estudio</i>	29
3.2.1.	Población	29
3.2.2.	Muestra	30
3.3.	<i>Diseño de Investigación</i>	31
3.4.	<i>Técnicas e Instrumentos de Investigación</i>	31
3.5.	<i>Procesamiento y Análisis de datos</i>	32
3.5.1.	Características de la Estructura	32
3.5.2.	Criterios de Diseño	32
3.5.3.	Análisis Sísmico	38
3.5.4.	Evaluación del Edificio Multifamiliar Urb. Monserrate – Parámetros Método de Benedetti Petrini	55
IV.	DISCUSION DE RESULTADOS.....	67
4.1.	<i>Interpretación de los resultados</i>	67
V.	CONCLUSIONES	68
VI.	RECOMENDACIONES	70
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	71
VIII.	ANEXOS.....	72

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Escala Numérica de Índice de Vulnerabilidad de Edificios de Mampostería no reforzada de Benedetti y Petrini – 1984	8
TABLA N° 2: Intervalo para asignación de la clase de vulnerabilidad.....	9
TABLA N° 3: Valor Típico para cada perfil de suelo	17
TABLA N° 4: Factor de suelo "S"	18
TABLA N° 5: Factor de periodo "Tp y Tl"	18
TABLA N° 6: Categorías de las edificaciones y Factor "U".....	19
TABLA N° 7: Sistemas Estructurales.....	20
TABLA N° 8: Irregularidades Estructurales.....	21
TABLA N° 9: Operacionalización de variables.....	28
TABLA N° 10: Modos de Vibración.....	46
TABLA N° 11: Pesos de la estructura por nivel	48
TABLA N° 12: Ratio de la estructura.....	48
TABLA N° 13: Cargas laterales.	53
TABLA N° 14: Cortante en la base.	54
TABLA N° 15: Desplazamientos máximos obtenidos en la dirección X.....	54
TABLA N° 16: Desplazamientos máximos obtenidos en la dirección Y.....	54
TABLA N° 17: Calificación de la estructura del Parámetro N° 1.....	56
TABLA N° 18: Calificación de la estructura del Parámetro N° 2.....	57
TABLA N° 19: Calificación de la estructura del Parámetro N° 3.....	58
TABLA N° 20: Calificación de la estructura del Parámetro N° 4.....	59
TABLA N° 21: Calificación de la estructura del Parámetro N° 5.....	60
TABLA N° 22: Calificación de la estructura del Parámetro N° 6.....	61
TABLA N° 23: Calificación de la estructura del Parámetro N° 7.....	61
TABLA N° 24: Calificación de la estructura del Parámetro N° 8.....	62
TABLA N° 25: Calificación de la estructura del Parámetro N° 9.....	62
TABLA N° 26: Calificación de la estructura del Parámetro N° 10.....	64
TABLA N° 27: Calificación de la estructura del Parámetro N° 11.....	64
TABLA N° 28: Nivel de Vulnerabilidad Sísmica.....	65

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Relación existente entre la amenaza, vulnerabilidad y riesgo.....	6
FIGURA N° 2: Configuración en planta de edificaciones.....	13
FIGURA N° 3: Configuración en elevación.....	14
FIGURA N° 4: Zonificación Sísmica del Perú.....	17
FIGURA N° 5: Vista aérea de los bloques de edificios multifamiliares.	29
FIGURA N° 6: Foto tomada de la fachada del edificio a analizar.	30
FIGURA N° 7: Representación de muros portantes en ambas direcciones.....	40
FIGURA N° 8: Vista general del modelo estructural de la vivienda multifamiliar analizada. Nótese la disposición de sus elementos característicos (columnas y vigas).....	43
FIGURA N° 09: Vista general del modelo estructural de la vivienda multifamiliar analizada. Los elementos no estructurales fueron ingresados como cargas permanentes.	43
FIGURA N° 10: Vista de la planta típica de la vivienda multifamiliar	44
FIGURA N° 11: Vista en elevación de la vivienda multifamiliar analizada. En esta vista se muestran las columnas y vigas típicas consideradas en el diseño.	44
FIGURA N° 12: Vista del modelo en su primer modo de vibración (longitudinal) $T=0.320$ seg.	47
FIGURA N° 13: Vista del modelo en su segundo modo de vibración (transversal) $T=0.268$ seg.	47
FIGURA N° 14: Vista del modelo en su tercer modo de vibración (rotacional) $T=0.258$ seg...	48
FIGURA N° 15: Distancias de los X_{min} , X_{max} , Y_{min} y Y_{max}	60

I. INTRODUCCION

1.1. Realidad problemática

El Perú se encuentra ubicado en una zona donde se produce el proceso de subducción entre la Placa de Nazca y la Sudamericana, produciendo terremotos con magnitudes altas con relativa frecuencia y generando en algunos casos tsunamis. **(Yauri, 2008)**.

Debido al largo silencio sísmico que existe en el país, hay grandes probabilidades que en cualquier momento ocurra un sismo de gran magnitud, semejante al que se vivió en el 2007 en Pisco.

Como sociedad, no somos responsables que para toda nueva edificación sea en las diferentes áreas de trabajo, se debe contar con un buen proyecto, supervisado por un profesional, como por ejemplo en la línea de edificaciones se deben considerar los planos de todas sus especialidades como son: estructuras, arquitectura, eléctricas, entre otros, cumpliendo todos los parámetros que nos brinda el reglamento nacional de edificaciones.

En nuestro país, conscientemente carecemos de organismos o entidades que revisen y controlen que los proyectos se ejecuten con un plan de calidad como es: la supervisión técnica exigente, respetando la calidad de los materiales y que los procesos constructivos se desarrollen con la buena práctica ingenieril. Es por ello que debemos estar preparados para cualquier presencia sísmica. Existen 2 maneras de estar preparados: Para edificaciones nuevas, considerar un diseño estructural sismorresistente y para edificaciones existentes, una evaluación de la vulnerabilidad sísmica y una intervención estructural.

1.2. Descripción del problema

En Trujillo, existen muchas edificaciones diseñadas con normativas antiguas e ineficientes, las actualizaciones de estas normas así lo demuestran. Además, que muchas veces las edificaciones no son diseñadas por un profesional especializado o en el proceso constructivo no hubo presencia de supervisión por parte del personal técnico, ocasionando así la mala calidad y deficiencias de las mismas.

Muchas veces se construyen las edificaciones solo con conocimientos empíricos, omitiendo el diseño estructural; es por eso que tenemos un gran

porcentaje de edificaciones que ante un sismo severo el 90% de las estructuras fallarían y no serían habitables.

A todo lo antes mencionado podemos llamarle autoconstrucción. Por esta razón, es de vital importancia identificar el grado de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.

Deberíamos considerar como prioridad la prevención contra los desastres sísmicos, pudiendo reducir el riesgo existente y así evitar muchas pérdidas humanas, materiales y económicas.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica del edificio C2 – Lote 23 de 5 pisos en la III etapa de Monserrate, distrito de Trujillo al ser sometido a evaluación mediante el método Benedetti Petrini?

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

- Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica del edificio multifamiliar Mz. C2 - Lote 23 ubicado en la Urbanización Monserrate del distrito de Trujillo, utilizando el Método de Benedetti – Petrini.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar la inspección y evaluación visual del edificio multifamiliar de la urbanización de Monserrate, haciendo uso de los parámetros del método Benedetti Petrini.
- Recopilar información verídica de la edificación tomada, como sus planos estructurales y las consideraciones que se tomaron para la construcción.
- Evaluar las condiciones estructurales actuales en el edificio multifamiliar en estudio.
- Realizar un análisis Sísmico Dinámico del edificio multifamiliar de 5 pisos de la III etapa de Monserrate, mediante el programa ETABS.
- Determinar y verificar las derivas de entre piso según lo prescrito en la

RNE E.030¹, y calcular el índice de vulnerabilidad mediante el método en estudio.

1.5. Justificación del Estudio

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE 2018), Anexo 1: zonificación sísmica², nos indica que el distrito de Trujillo se encuentra ubicado en la zona 4, lo que quiere decir que presenta actividades sísmicas significativas, por lo cual es de suma importancia realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica, con la finalidad de obtener estimaciones del riesgo sísmico en las viviendas de la población a estudiar.

Dado que toda la urbanización de Monserrate presenta el mismo proceso constructivo, sistema estructural, realizados con la misma norma y construidos en el mismo año entonces el presente estudio nos permite obtener el estado estructural de las edificaciones multifamiliares que componen a la urbanización de Monserrate, puesto que, si logramos encontrar la vulnerabilidad sísmica de una edificación, podríamos llegar a concluir que las demás edificaciones de la urbanización presentarían la misma vulnerabilidad sísmica por lo expuesto anteriormente.

Así mismo este proyecto generara un alcance con respecto a las posibles modificaciones estructurales, como el incremento de números de pisos.

El presente trabajo contribuirá con información valiosa que servirá de antecedente y referencia para los estudiantes y futuros tesis que se interesen por esta línea.

1.5.1. Técnica

Esta investigación nos ayudará a aplicar una serie de conocimientos adquiridos durante el periodo de formación académica en la facultad de ingeniería.

Reforzaremos nuestros conocimientos al realizar el modelamiento estructural en el software ETABS para un análisis sísmico estático y

¹ RNE E0.30: Reglamento Nacional de Edificaciones: Diseño sismorresistente

² RNE 2018, Anexo 1: Reglamento Nacional de Edificaciones, “Zonificación Sísmica Nacional”

dinámico.

Aprenderemos a evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica, de una edificación aplicando el método de Benedetti y Petrini

Además, aprenderemos a utilizar un equipo, que nos permite obtener la resistencia a compresión de los principales elementos estructurales ya existentes en la edificación.

1.5.2. Metodológica

Ante la necesidad de evitar problemas muy comunes en las edificaciones, refiriéndonos a daños estructurales desde un indicador bajo hasta grave, ante la presencia de movimientos telúricos; con el avance de las tecnologías e investigaciones se puede controlar el daño estructural y humano.

Con el método del índice de vulnerabilidad nosotros podemos evitar muchas pérdidas, siendo así que al encontrar un grado de vulnerabilidad alto en las edificaciones existentes damos pie a que posterior a esta investigación se pueda realizar un estudio para reforzar las estructuras y así evitar la colisión o daños graves.

1.5.3. Social

Esta investigación tiene como finalidad, promover la identificación de los elementos estructurales que se encuentran expuestos ante los efectos desfavorables de un peligro sísmico, en consecuencia, de ello, evitar las pérdidas materiales y humanas de la sociedad.

Si bien es cierto, una población que ejecuta sus edificaciones con las normativas Sismorresistente y los procesos constructivos adecuados con el plantel técnico cabal, su capacidad para prevenir y dar una respuesta ante un sismo es mucho más efectiva.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedente N°01

Ruales Andrade, Andrea Estefanía (2016) en su investigación, propuso la evaluación del bloque “B” de la Universidad Central del Ecuador, aplicando el Método del índice de vulnerabilidad.

Para ello, se evidenciaron que la estructura posee irregularidad en elevación, presentando problemas de columna corta, inconvenientes que pueden ser muy perjudiciales ante la presencia de movimientos sísmicos.

Asimismo, se concluyó que: “La edificación presenta vulnerabilidad ante la presencia de un evento extremo tanto al realizar la evaluación rápida con la adaptación del formato FEMA 154, como la realización del análisis de la estructura con el software SAP 2000; el cual demostró un alto porcentaje de fallas en los elementos estructurales, de la misma manera no cumple con las exigencias de la Norma Ecuatoriana de la Construcción actual.”

Además, un fundamento que recomienda es el ensayo in situ para hacer las verificaciones de especificaciones técnicas en las que construyeron la estructura y así obtener datos más exactos en el desempeño de la edificación.

2.1.2. Antecedente N°02

Según Cortez y Fernández, (2017) indican que:

El pabellón “D” de la Universidad Privada Antenor Orrego, fue construida en el año 1993, considerando las exigencias del Reglamento Nacional de Construcciones (1977). Por tal motivo los investigadores realizaron un análisis de Vulnerabilidad Sísmica utilizando métodos cualitativos y cuantitativos, añadiéndole un modelamiento estructural para plantear un reforzamiento de la estructura si es necesario.

La edificación resultó ser vulnerable en el primer y segundo nivel, asimismo para el tercer nivel solamente en la dirección X y en el cuarto nivel resultó no ser vulnerable. Luego de utilizar los métodos de Hiroswawa y Benedetti y Petrini se obtuvo una vulnerabilidad media alta en la edificación.

Con el uso del software ETABS 2016 se pudo comprobar que el Pabellón “D”

presenta problemas de rigidez global, por lo cual se ve expuesto ante un evento sísmico y se determinó un reforzamiento de la estructura, utilizando placas de concreto, lo que aportara que las derivas sean menores en un gran porcentaje.

2.1.3. Antecedente N°03

Según Pecori y Cruz, (2018) indican que:

El estudio de investigación que se realizó en la I.E EMBLEMÁTICA SAN JUAN, nace por necesidad para verificar las exigencias de control que se encuentra en la norma E-030³, la cual nos indica que esta califica como una edificación esencial, por la gran concentración de personas. Y con la finalidad de tomar medidas de prevención, esta investigación busca la manera de reducir los daños ante un evento sísmico, concluyendo que:

Según el estudio que se realizó en el trabajo de investigación, la estructura presenta un grado de vulnerabilidad medio – bajo.

Además, los factores que resultaron con las valorizaciones más bajas fueron: configuración en planta, en elevación y distancia máxima en muros.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad sísmica de una estructura es la magnitud o grado del daño provocado por un movimiento telúrico del terreno a una intensidad y magnitud dada, en un periodo de tiempo y sitio determinado, ocasionando pérdidas materiales y humanas.

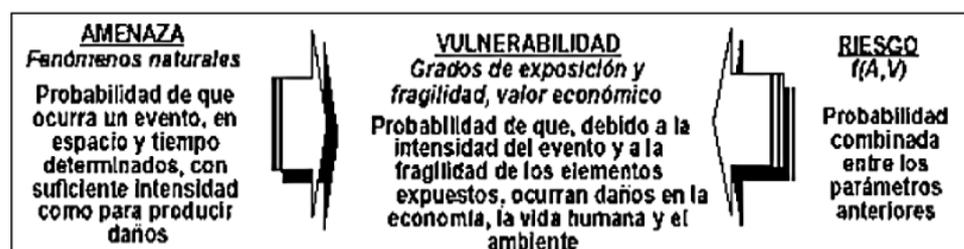


FIGURA N° 1: Relación existente entre la amenaza, vulnerabilidad y riesgo

³ NTP E-030: Diseño Sismorresistente

Fuente: CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) y BID (Banco Internacional de Desarrollo) “Un tema de desarrollo: La reducción de la Vulnerabilidad frente a los desastres”

Los daños ocasionados por un sismo se pueden clasificar en dos tipos:

- Daño estructural o daño que se produce en los elementos principales que componen una edificación, por ejemplo, si el daño afecta a las vigas, columnas, losas u otro elemento estructural, se tendría que verificar el grado del daño, porque este depende del comportamiento de los elementos del esquema resistente, es decir, cuantificarlo mediante un indicador de daño local y luego asociarlo a un indicador de daño global de toda la estructura en conjunto, que éste estima a partir de contribuciones ponderadas de los daños locales, y así concluir si la estructura seguiría cumpliendo su función o determinar que ya no es habitable.
- Daño no estructural que se produce en elementos que no forman parte del sistema resistente de la edificación, ya sea daño arquitectónico, daños en sistema mecánicos, eléctricos y sanitarios o daño en el contenido del edificio.

Teniendo en cuenta que el Perú, se encuentra ubicado en una zona de alta actividad sísmica conocida como el cinturón de fuego del pacífico, por lo que hace que las edificaciones sean vulnerables a cierto grado, y el grado del riesgo va a depender de las zonas en las que se ubiquen.

2.2.2. Método del índice de vulnerabilidad (BENEDETTI Y PETRINI 1982)

En 1982, se desarrolla el método del índice de vulnerabilidad sísmica por un grupo de investigadores italianos, a consecuencia de los terremotos que se produjeron a partir de 1976, recopilando toda la información de los daños del edificio y el daño ocasionado por terremotos de determinada intensidad, obteniendo así una gran base de datos.

Dicho método estima el grado de daño de una estructura, mediante funciones de vulnerabilidad, ya sea de mampostería no reforzada o de hormigón armado. Considerando que estas funciones facilitan evaluar de

manera eficaz y sencilla la vulnerabilidad sísmica.

2.2.2.1. Parámetros del índice de Vulnerabilidad

El método se basa en considerar 11 parámetros principales, para poder calificar el índice de vulnerabilidad, teniendo como finalidad evaluar los aspectos más principales como la configuración en planta, elementos estructurales y no estructurales, el estado de conservación del edificio, así como la calidad de los materiales con las que fueron construidas. En la evaluación de estos parámetros se tiene en cuenta como medio de evaluación una escala numérica del índice de vulnerabilidad siendo los valores correspondientes K, referente a la calidad de la estructura (A - Optimo – D - desfavorable), y el factor W como factor de peso asignado en cada uno de los parámetros. El índice de vulnerabilidad global se evalúa mediante la ecuación:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$$

TABLA N° 1: Escala Numérica de Índice de Vulnerabilidad de Edificios de Mampostería no reforzada de Benedetti y Petrini – 1984

INTERVALO	INDICE DE VULNERABILIDAD
0 – 95.63	Baja
95.63 – 191.30	Media Baja
191.30 – 286.30	Media Alta
286.30 – 382.50	Alta

TABLA N° 2: Intervalo para asignación de la clase de vulnerabilidad

PARAMETROS	CLASE				PESO Wi
	Ki				
	A	B	C	D	
Organización del Sistema Resistente	0	5	20	45	1.00
Calidad del Sistema Resistente	0	5	25	45	0.25
Resistencia Convencional	0	5	25	45	1.50
Posición del Edificio y Cimentación	0	5	25	45	0.75
Diafragmas Horizontales	0	5	15	45	1.00
Configuración en Planta	0	5	25	45	0.50
Configuración en Elevación	0	5	25	45	1.00
Distancia Máxima entre Columnas	0	5	25	45	0.25
Tipo de Cubierta	0	15	25	45	1.00
Elementos no Estructurales	0	0	25	45	0.25
Estado de Conservación	0	5	25	45	1.00

PARÁMETRO 01: Organización del sistema Resistente

En la evaluación de una estructura, es de suma importancia el cumplimiento de la norma sismo resistente vigente, para tener en cuenta los parámetros utilizados para el diseño, asimismo, la participación del personal calificado, tanto en el diseño del sistema estructural como en la ejecución.

Rango:

- A. Edificio construido con las recomendaciones de la norma sismorresistente.
- B. Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros.
- C. Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas.
- D. Edificio con paredes ortogonales no ligadas.

PARÁMETRO 02: Calidad del sistema Resistente

Para una estructura, este parámetro se basa en evaluar la calidad de los materiales que intervinieron en obra y en el proceso constructivo, los cuales fueron evaluados en el momento por personal técnico que supervisó la obra ejecutada.

Rango:

A. El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características:

1. Albañilería con ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.
2. Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.
3. Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las juntas entre 1.0 a 1.5 cm.

B. El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.

C. El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.

D. El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A

Parámetro 03: Resistencia Convencional

Para evaluación de la resistencia de una estructura de albañilería se evalúa, calculando como paso inicial el coeficiente “C”, que simboliza la relación entre la fuerza de diseño y el peso del mismo.

Este dado por la siguiente expresión

$$C = \frac{V}{P} \dots (1)$$

$$C' = 0.45$$

$$\alpha = C/C'$$

Dónde:

C= Relación fuerza resistente del edificio entre el peso del edificio

V=Fuerza resistente al pie del edificio

P = Peso del edificio

C'= parámetro de zonificación sísmica

Rango:

A: $\alpha \geq 1$

B: $0.60 \leq \alpha \leq 1$

C: $0.40 \leq \alpha h \leq 0.6$

D: $\alpha \leq 0.4$

Parámetro 04: Posición del Edificio y Cimentación

Para la evaluación de la posición del edificio y cimentación se evalúa el comportamiento de la estructura ante un evento sísmico, además de la inspección visual, la cimentación y la influencia del terreno. Pasando así a la evaluación de algunos aspectos como la pendiente y la resistencia del terreno, asimismo si en la ubicación del edificio existe un terraplén o presencia de humedad o sales.

Rango:

A: Edificación cimentada sobre suelo intermedio o flexible, según la norma de diseño sismo resistente E-0.30.

B: Edificación cimentada sobre suelo intermedio o flexible, según la norma de diseño sismo resistente E-0.30. Presencia de humedad y sales.

C: Edificación cimentada sin proyecto aprobado ni asesoría técnica y presencia de humedad, sales y pendiente pronunciada.

D: Edificación cimentada sobre suelo intermedio o flexible con pendiente pronunciada

Parámetro 05: Diafragmas Horizontales

Este parámetro consiste en la evaluación de la calidad de la unión del sistema resistente con el diafragma, dicha unión es sumamente importante al momento que la fuerza sísmica se distribuya en cada nivel de la edificación proporcionalmente con los elementos resistentes.

Rango:

A: Edificio con diafragmas que satisfacen las siguientes condiciones:

- Ausencia de planos a desnivel.
- La deformabilidad del diafragma es despreciable. (Ideal de concreto armado)
- La conexión entre el diafragma y el sistema resistente es eficaz.

B: Edificio que no cumple con una de las condiciones de la clase A.

C: Edificio cuyos diafragmas no cumplen con dos de las condiciones de clase A.

D: Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

Parámetro 06: Configuración en Planta

La forma en planta de edificios y su disposición, son de suma importancia en el desenvolvimiento de estructuras de concreto armado al momento de ser sometidas a fuerzas sísmicas. Para estructuras con vista en Planta rectangular, es crucial la razón $\beta_1=a/L$ entre dimensiones del lado menor y mayor. Así mismo considerar las irregularidades del cuerpo principal usando la relación $\beta_2=b/L$.

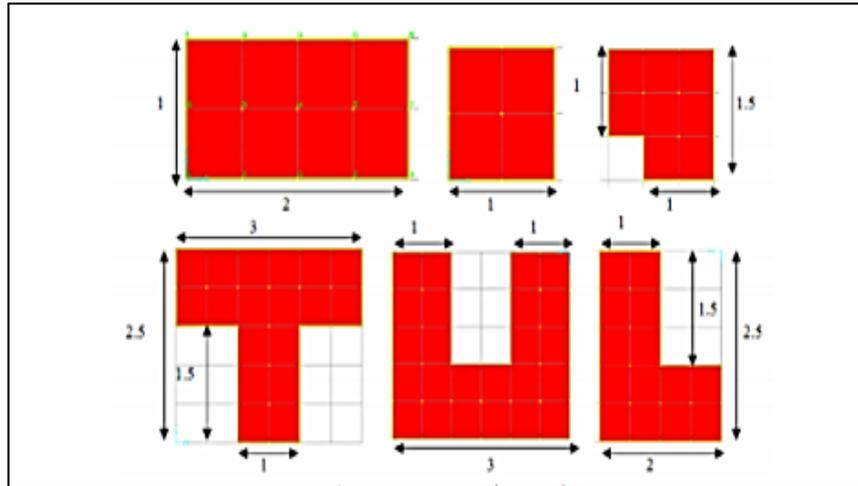


FIGURA N° 2: Configuración en planta de edificaciones

Fuente: Efecto de la irregularidad en estructuras diseñadas con el RCDF-04 Bajo excitación sísmica

La evaluación de la condición de simetría en planta se va calificando con los valores más elevados a secciones en planta que parezcan más a una sección cuadrada, no teniendo esquinas entrantes, ni tampoco protuberancias, las que pueden causar irregularidad en torsión en planta y que en las zonas y elementos más alejados de los centros de gravedad y de rigidez se concentren la mayor cantidad de esfuerzos. Y las clases de los parámetros se definieron de la siguiente manera:

Rango:

- A. Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$.
- B. Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$.
- C. Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D. Edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

Parámetro 07: Configuración en Elevación

La presencia de torretas de altura y masa significativa respecto a la parte restante del edificio se reporta mediante la relación:

$$RL = \frac{T}{H}$$

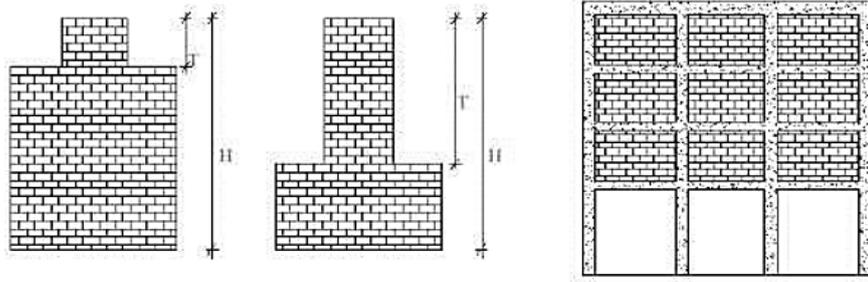


FIGURA N° 3: Configuración en elevación
Fuente: TESIS UPC-ESPAÑA

Rango:

- A: Si $RL > 0.75$
- B: Si $0.50 < RL \leq 0.75$
- C: Si $0.25 < RL \leq 0.50$
- D: Si $RL \leq 0.25$

Parámetro 08: Distancia Máxima entre Muros

La distancia máxima entre muros donde se define la función del factor L/S donde el espesor es S y L es la longitud máxima del muro. Se califica en dichos parámetros.

Rango:

- A. si $L/S \leq 15$
- B. si $15 < L/S \leq 18$
- C. si $18 < L/S \leq 25$
- D. si $25 < L/S$

Parámetro 09: Tipo de Cubierta

En el caso de estructuras de concreto armado se evaluará la estabilidad de las cubiertas y que soporten fuerzas sísmicas y que estén conectadas correctamente con los elementos estructurales.

Rango:

A: Cubierta estable debidamente amarrada a las vigas con conexiones adecuadas y de material liviano. Edificación con cubierta plana.

B: Cubierta inestable de material liviano en buenas condiciones.

C: Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.

D: Cubierta inestable de material liviano con desnivel

Parámetro 10: Elementos no Estructurales

En este parámetro se evalúa, a través de la inspección visual, la presencia de cornisas, parapetos mal conectados al sistema resistente o algún elemento no estructural de gran masa que pueda causar daño y sea propenso a caer, sea vulnerable.

Rango:

A. Edificio sin parapetos y sin cornisas.

B. Edificio con parapetos y/o elementos de cornisas bien conectadas a la pared.

C. Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared.

D. Edificio que presenta cualquier otro tipo de elemento en el techo mal vinculado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que pueden caer en caso de terremoto.

.

Parámetro 11: Estado de Conservación

Se evalúa de manera visual el estado de conservación de la estructura evidenciando las posibles fallas o irregularidades en el proceso constructivo, así como la antigüedad de la edificación y ver a detalle la tipología que presenta.

Rango:

A: Muy bueno

B: Bueno

C: Ligeramente dañado

D: mal estado de conservación

Y se obtiene al final el índice de vulnerabilidad usando la siguiente formula:

$$Iv = \sum_{i=1}^{11} (K_i * W_i)$$

2.2.3. Norma Técnica Sismo Resistente

Para la elaboración del presente proyecto, se tomó en cuenta la Normativa Sismo Resistente (E 0.30), donde encontramos los parámetros para el diseño de una edificación sismo resistente, dado los parámetros para evaluar los rangos de sus desplazamientos máximos.

En el presente estudio trabajaremos con el Reglamento Nacional de Edificaciones 2018, por motivo de que esta norma tiende a ser más rígida en cuanto a que los parámetros son más elevados, es decir tienen un mayor grado de seguridad.

“ARTICULO 10.- *Las zonas de estudio en el Perú donde se ve reflejado todo nuestro territorio nacional se dividen en 4 zonas importantes como como se muestra en la Figura N° 1”.* Reglamento Nacional de Edificaciones (2018).



FIGURA N° 4: Zonificación Sísmica del Perú
Fuente: RNE (reglamento nacional de edificaciones E0.30)

“**ARTICULO 12.-** Los estratos de suelo se catalogan teniendo consideración en la velocidad promedio o de forma alternada respecto a la propagación de las ondas de corte (\bar{V}_s), en suelos granulares, el promedio ponderado de los \bar{N}_{60} , o el de la resistencia al corte en condición no drenada (\bar{S}_u) para suelos cohesivos. Esta característica se determinara para los 30 m superiores del perfil de suelo tomados desde el nivel del fondo de cimentación”. Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

TABLA N° 3: Valor Típico para cada perfil de suelo
Fuente: RNE (reglamento nacional de edificaciones E0.30)

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

“ARTICULO 13.- se tendrá en cuenta el perfil que cumpla en toda índole y se aproxime a las condiciones, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos T_P y T_L ”. Reglamento Nacional de Edificaciones (2018).

TABLA N° 4: Factor de suelo "S"

Fuente: RNE (reglamento nacional de edificaciones E0.30)

Tabla N° 3 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 N° 5: Factor de periodo "Tp y Tl"

Fuente: RNE (reglamento nacional de edificaciones E0.30)

Tabla N° 4 PERÍODOS "T _P " Y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	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

“ARTICULO 14.- conforme a las particularidades de sitio, se fija el factor de amplificación sísmica (C), este coeficiente toma forma como el factor de amplificación de la aceleración estructural con relación a la aceleración en el suelo.” Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$

“ARTICULO 15.- las estructuras están catalogadas de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 5. El factor de uso (U), apreciado en la tabla se emplea según la clasificación que se tome. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar $U = 1$ ”.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

TABLA N° 6: *Categorías de las edificaciones y Factor "U"*
Fuente: RNE (reglamento nacional de edificaciones E0.30)

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR <i>U</i>
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	<p>A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. <p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</p>	1,5
B Edificaciones Importantes	<p>Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.</p> <p>También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.</p>	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

“ARTICULO 18.- *Un sistema estructural se cataloga de acuerdo al tipo de material empleado en la construcción y de acuerdo al sistema de estructuración sismo resistente de acuerdo a cada dirección de análisis de dicha edificación.*
Reglamento Nacional de Edificaciones (2018).

TABLA N° 7: Sistemas Estructurales
Fuente: RNE (reglamento nacional de edificaciones E0.30)

Tabla N° 7	
SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_b (*)
Acero:	
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
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

(*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

“ARTICULO 19.- Las edificaciones se tomaran como estructuras regulares e irregulares para ciertos fines: teniendo como objetivo se cumpla las restricciones de la tabla Categoría y Regularidad de las Edificaciones, así como los procedimientos de análisis, para la obtención del coeficiente R de reducción de fuerzas sísmicas”. Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

“ARTICULO 20.- El factor I_a y el factor I_p se tomara como el valor menor correspondiente a las irregularidades estructurales existentes tanto en altura como en planta en las dos direcciones de análisis. Si se obtuvo valores diferentes en el análisis para las dos direcciones tanto para I_a o I_p , se tendrá que asumir valores diferentes para cada factor, siendo ambos valores menores para las dos direcciones” Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

TABLA N° 8: Irregularidades Estructurales
Fuente: RNE (reglamento nacional de edificaciones E0.30)

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_a
<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p> <p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,75
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10) Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p> <p>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,50
<p>Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0,80

<p>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10) Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total.</p>	0,60
<p>Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</p>	<p>Factor de Irregularidad I_p</p>
<p>Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,75
<p>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,60
<p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90
<p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85
<p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90

2.2.4. Sistema Estructural

2.2.4.1. Albañilería confinada

Se le denomina albañilería confinada o reforzada a las estructuras que están constituidas por muros de unidades de albañilería, los cuales están confinados por elementos de concreto armado en todo su perímetro.

Según la NTP E070 Albañilería, la cimentación para este tipo de sistema se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

2.2.5. Fichas de Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica

2.2.5.1. Descripción de la ficha de evaluación de vulnerabilidad sísmica mediante el método de Benedetti - Petrini

Para recopilar toda la información necesaria se hace uso de una ficha de evaluación, la cual se adaptó para la normativa peruana que se ha descrito en la sección 2.2. Marco teórico, además, contiene todos los datos que se necesitan para el cálculo e interpretación de los parámetros del método en estudio.

2.2.5.1.1. Datos de la Ficha del método Italiano (Benedetti - Petrini)

Con los parámetros que comprende este método, se han elegido datos característicos para la edificación de mampostería para así darle un valor y peso para la valoración del índice de vulnerabilidad y su respectivo análisis.

- **Nombre o Número de Edificación**

Nombre o número que se le atribuye al edificio multifamiliar para identificarlo en la evaluación.

- **Fecha de evaluación**

El año, mes y día que se realizó la inspección del edificio.

- **Ubicación del edificio**

La dirección del edificio (calle o avenida / N° / urbanización / distrito / provincia / departamento)

- **Pisos existentes**

El número de pisos que componen el edificio.

- **Secuencia de construcción de los ambientes**

Especificar si en el proceso de construcción de la estructura se realizó al mismo tiempo o por partes.

- **Año de construcción**

Periodo en el cual se realizó la construcción.

- **Asesoría técnica**

Mencionar si la estructura fue diseñada y construida bajo la supervisión de algún profesional considerando las normativas de la época.

- **Estado de materiales**

Comprobar en la inspección si los valores cumplen con lo descrito en el parámetro 2 para estructuras de mampostería.

- **Proceso constructivo**

Describir si la mano de obra o la calidad de ejecución estuvieron bajo la asistencia técnica adecuada.

- **Área promedio de muros en “X” o “Y” (m²)**

Esta área va a ser considerada de la medición del evaluador del edificio, o si se tienen los planos, dependerá del cálculo en el mismo.

- **Área de columnas en la edificación**

Área de la sección transversal de la columna que intervienen en la resistencia del edificio.

- **Altura promedio de entrepiso (m)**

Altura promedio de todos los niveles de la edificación (altura de piso a techo)

- **Área de cubierta (m²)**

Área del forjado del sistema resistente.

- **Pendiente, Presencia de sales y filtraciones**

Estas características son cualitativas, las cuales se pueden obtener de la inspección, la influencia del terreno y la cimentación en el comportamiento sísmico.

- **Discontinuidad abrupta, conexión diafragma – elemento vertical, deflexión del diafragma**

Encargado de avalar el apropiado funcionamiento de los elementos verticales resistentes, distribuyendo las cargas externas a cada uno de los niveles del edificio.

- **Configuración en planta**

El comportamiento sísmico de una edificación, va a depender en gran parte de la forma en planta, porque mientras más sencillo y regular sea la figura, es más resistente ante cargas externas.

Se detalla en el parámetro 06.

- **Configuración en elevación**

En este caso, se necesitan valores H, T para obtener RL es decir, viene a ser la relación entre las dos alturas o como se le conoce altura

promedio del edificio, que se detalla en el parámetro 7.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Definiciones de términos básicos

- **Vulnerabilidad Sísmica:** Grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características. De este modo las estructuras se pueden calificar en “más vulnerables” o “menos vulnerables” ante un evento sísmico.
- **Vivienda:** Lugar protegido o construcción acondicionada para que vivan personas.
- **Esclerómetro:** Instrumento de medición empleado, generalmente, para la determinación de la resistencia a compresión en hormigones ya sea en pilares, muros, pavimentos, etc.
- **Columna:** Hace referencia a un elemento de concreto armado que tiene como función primordial transmitir las cargas verticales y horizontales a la cimentación de esta forma aportara solides a la edificación.
- **Viga:** Es un elemento prismático de concreto armado o de otro material, que tiene con función principal poder soportar las cargas a lo largo de su eje, de la misma forma le permite compartir carga con las columnas.
- **Losa:** Se define como un elemento estructural usado como diafragma rígido para mantener la estructura frente a cargas horizontales de sismo.
- **Deriva:** Es una deformación relativa que sufre el piso.
- **Riesgo Sísmico:** Está enfocado cuando se produce un sismo, dejando como consecuencia en muchos casos pérdidas humanas y materiales en el lugar de los hechos. Así mismo, para evaluar y evitar la peligrosidad sísmica es necesario tener parámetros que

representen la intensidad del movimiento del suelo en varios lugares de una región, siendo útiles para una mejor planificación urbanística y de diseño antisísmica.

- **Columna corta:** es aquella que tiene una restricción parcial de desplazamiento lateral donde conlleva a concentrar la mayor demanda de deformaciones y tensiones en la parte más libre.
- **Subducción:** es el proceso en el cual una placa litosférica oceánica se sumerge bajo otra placa, ya sea continental u oceánica.
- **Columna de confinamiento:** es la columna que trabaja en conjunto con los muros de una edificación.

2.4. Hipótesis

“El edificio multifamiliar C2 de 5 pisos presenta una vulnerabilidad media ante un evento sísmico al ser evaluado mediante el método Benedetti - Petrini, asimismo el conjunto de edificios que presentan las mismas características”.

2.5. Variables e Indicadores

2.5.1. Variable Independiente

- Vulnerabilidad Sísmica

2.5.2. Operacionalización de variables

TABLA N° 9: Operacionalización de variables

CATEGORIA	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION
INDEPENDIENTE	Vulnerabilidad Sísmica	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de vulnerabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema constructivo • Configuración estructural de las viviendas • Estado de las viviendas • Resistencia convencional 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipología • Regularidad • Antigüedad • Kg/cm² 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis bibliográfico • Formulario – Elaboración Propia
		<ul style="list-style-type: none"> • Peligro Sísmico 	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación y perfil de suelo • Topografía • Historial de Sismicidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de suelos • Magnitud 	<p>Análisis e investigación de la ocurrencia de sismos sucedidos</p>

III. METODOLOGIA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación que presenta es DESCRIPTIVA, ya que nos enfocamos en el estudio de un elemento investigando, analizando mediante la recopilación de los datos, entrevistas, encuestas y la observación. Así mismo el modelamiento estructural en el software ETABS.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo porque este estudio busca encontrar un porqué y para qué.

3.2. Población y muestra del Estudio

3.2.1. Población

Existe un total de 7 bloques de edificios multifamiliares de 5 pisos en la III Etapa de la Urbanización de Monserrate ubicados entre: Av. Costa Rica, Ca. Japón, Psj Francia.



FIGURA N° 3: Vista aérea de los bloques de edificios multifamiliares.
Fuente: Google Earth

3.2.2. Muestra

Se tomará una muestra de 1 bloque de la población para el análisis del proyecto, debido a que los 7 bloques tienen características estructurales y arquitectónicas típicas.

De la misma manera aplicamos una fórmula estadística para la obtención de una muestra representativa, a partir de una población conocida, obteniendo un resultado 6 bloques, pero por motivos explicados anteriormente se realizará el estudio de 1 bloque de edificio.

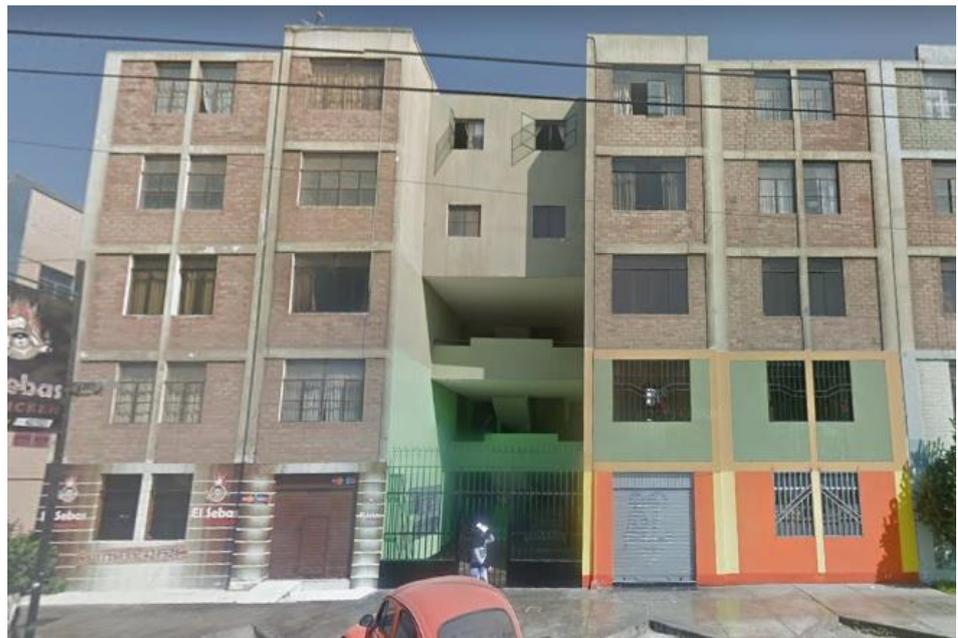


FIGURA N° 4: Foto tomada de la fachada del edificio a analizar.
Fuente: Elaboración Propia

3.3. Diseño de Investigación

Esta investigación se trabajó mediante etapas:



3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación

- Se empleó un protocolo de recolección de datos, el cual consistió en realizar una entrevista a los propietarios de los departamentos del edificio multifamiliar, lo que nos permitió llenar el formulario de Benedetti Petrini, tomando capturas fotográficas y realizando las anotaciones de datos estructurales.
- Se empleó el esclerómetro para obtener la resistencia del concreto en los elementos estructurales principales del edificio.
- Se hizo uso de las exigencias Reglamento Nacional de Edificaciones en vigencia, para realizar el diseño estructural.
- Se hizo uso de los parámetros del método de Benedetti Petrini, para indicar el índice de vulnerabilidad.
- Se hizo uso del software ETABS, para el modelamiento estructural, en el cual se realizó un análisis estático y dinámico lineal, para tener conocimiento cómo se comporta la estructura bajo fuerza de aceleraciones sísmicas.

3.5. Procesamiento y Análisis de datos

3.5.1. Características de la Estructura

La edificación presenta un sistema estructural del tipo Albañilería confinada tanto para el eje principal (Dirección X) como también para el eje transversal (Dirección Y). Las columnas de confinamiento son de 15x15 y 15x30 cm; los muros portantes en su mayoría tienen un espesor de 13 cm a excepción del muro que carga la escalera que posee un espesor de 23 cm. Las vigas soleras tienen una geometría de VS 25x20, las vigas de amarre VA 25x30 cm y las vigas peraltadas VP 25x30 cm. Todas las losas son del tipo Aligeradas en una sola dirección y tienen un espesor de 20 cm, la dirección de las viguetas varía de acuerdo a la ubicación de los muros portantes.

3.5.2. Criterios de Diseño

3.5.2.1. Hipótesis del Análisis

El análisis sísmico de la vivienda multifamiliar se realizó haciendo uso del programa ETABS. Los diversos módulos fueron analizados con modelos tridimensionales, suponiendo losas infinitamente rígidas frente a acciones en su plano. En el análisis de la estructura se supuso un comportamiento lineal y elástico. Los elementos de concreto armado se representaron con elementos lineales. Los muros de albañilería se modelaron con elementos tipo Shell, con rigideces de membrana y de flexión, aun cuando estas últimas son poco significativas. Los modelos se analizaron considerando sólo los elementos estructurales, sin embargo, los elementos no estructurales han sido ingresados en el modelo como solicitaciones de carga debido a que aquellos no son importantes en la contribución de la rigidez y resistencia de la edificación.

3.5.2.2. Normas Aplicables

Para el diseño estructural del módulo sistémico se tomaron en cuenta las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), en sus normas estructurales:

- Norma Técnica de Edificación E.020: Cargas
- Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño Sismorresistente
- Norma Técnica de Edificación E.050: Cimentaciones
- Norma Técnica de Edificación E.060: Concreto Armado
- Norma Técnica de Edificación E.070: Albañilería

3.5.2.3. Parámetros de Diseño

3.5.2.3.1. Características de los Materiales

Para efectos de los análisis realizados a las edificaciones se han adoptado para los elementos estructurales los valores indicados a continuación:

- Concreto armado : $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ($E = 217\,370 \text{ kg/cm}^2$)
- Acero de refuerzo : $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Albañilería : $f'm = 65 \text{ kg/cm}^2$ ($E = 32\,500 \text{ kg/cm}^2$)

3.5.2.3.2. Cargas de gravedad

Las cargas verticales se evaluaron conforme a la Norma de Estructuras E.020 Cargas. Los pesos de los elementos no estructurales se estimaron a partir de sus dimensiones reales con su correspondiente peso específico. A continuación, se detallan las cargas típicas (muertas y vivas) consideradas en el análisis:

- **Cargas Muertas (D):**

- Peso ladrillo KK 18 huecos : 300 kg/m^2
- Tabiquería : 150 kg/m^2

Peso de acabados : 100 kg/m²

• **Cargas Vivas (L):**

Techo (entrepiso) : 200 kg/m²

Techo (azotea) : 100 kg/m²

Para el cálculo del peso total de la edificación se usó el 100% de la carga muerta más el 25% de la carga viva de techo según lo indicado en la Norma de Estructuras E.030 correspondiente a las edificaciones categoría C (edificaciones comunes).

3.5.2.3.3. Combinaciones de Carga

La verificación de la capacidad de los elementos de concreto armado se basó en el procedimiento de cargas factoradas conforme a la actual Norma de Estructuras E.060 Concreto Armado. Las combinaciones de carga analizadas fueron las siguientes:

- $U = 1.4 D + 1.7 L$
- $U = 1.25 (D + L) \pm S_x$
- $U = 1.25 (D + L) \pm S_y$
- $U = 0.9 D \pm S_x$
- $U = 0.9 D \pm S_y$

Dónde:

D: Cargas Muertas

L: Cargas Vivas

S_x, S_y: Cargas Sísmicas en las direcciones X e Y

3.5.2.4. Parámetros Sísmicos

El análisis sísmico de las estructuras se realizó siguiendo los criterios de la Norma E.030: Diseño Sismorresistente, mediante el procedimiento de superposición modal espectral. La respuesta máxima elástica esperada (r) de los diferentes modos de vibración (i) se determinó mediante la suma del 0.25 ABS (suma de los valores absolutos) y el 0.75 SRSS (raíz cuadrada de la suma de los cuadrados):

$$|r| = 0.25 \sum_{r=1}^m |r_i| + 0.75 \sqrt{\sum_{r=1}^m r_i^2}$$

Los parámetros sísmicos considerados para el análisis de las edificaciones se consideraron los valores más críticos a fin de uniformizar las condiciones de diseño para los prototipos sistémicos:

3.5.2.4.1. Factor Zona (Z): Nos indica que nuestro país está dividido en 04 zonas.

Para nuestro caso nos encontramos en la zona 4, que corresponde al departamento La Libertad.

FACTOR ZONA	
ZONA	Z
4	0.45

3.5.2.4.2. Factor Suelo (S): Dentro de la norma en la tabla N°03 estipula cuatro tipos de suelos, y los valores varían dependiendo al tipo de zona. Para nuestro caso:

FACTOR SUELO "S"	
ZONA	S2
Z4	1.05

Según los datos tomados de la investigación de microzonificación sísmica del distrito de Trujillo del Dr. Enrique Lujan, hemos tomado el dato de referencia que compete a la urbanización de Monserrate (urbanización en estudio). Que nos brinda que el suelo de Monserrate se consideraría en un suelo intermedio. Entonces de acuerdo a los tipos de perfiles de suelos que nos presenta la norma se consideraría:

PERFIL DE SUELO	
Perfil Tipo S2	Suelos intermedios

3.5.2.4.3. Factor de Uso e importancia (U): este factor nos indica que la estructura tiene que ser clasificada de acuerdo a las siguientes categorías:

CATEGORIA	DESCRIPCION
A	Edificaciones esenciales
B	Edificaciones importantes
C	Edificaciones comunes
D	Edificaciones temporales

En la tabla N°5: Categoría de las edificaciones y factor U, nos brinda la descripción correspondiente para cada categoría.

Para lo cual nuestra estructura es un edificio multifamiliar que de acuerdo a norma se clasifica a una vivienda, por consecuente la categoría que corresponde es “C”.

Entonces nuestro factor “U”, tendría un valor de 1,0.

U = 1.0 (máximo considerado)

3.5.2.4.4. Periodo que define la plataforma: este periodo depende del tipo de suelo.

PERIODOS “Tp” y “Tl”	
ZONA	S2
Tp	0.6
Tl	2.0

3.5.2.4.5. Factor de amplificación sísmica

Teniendo en cuenta para nuestro caso:

$$C = 2.5$$

3.5.2.4.6. **Factor de reducción:** considerando que el sistema estructural es concreto armado: muros estructurales.

$$R = 6 \text{ (Sismo moderado)}$$

$$R = 3 \text{ (Sismo severo)}$$

3.5.2.4.7. Restricciones de Irregularidad

Restricciones: **No se permiten irregularidades extremas**

3.5.2.4.8. Factores de Irregularidad

- Irregularidad Esquinas entrantes, $I_p = 0.9$

3.5.2.4.9. Coeficientes de Reducción de Fuerza Sísmicas

$$R = R_0 \times I_a \times I_p = \quad \quad \quad 2.7$$

3.5.3. Análisis Sísmico

A continuación, se presenta el análisis sísmico realizado a la edificación típica más representativa de la vivienda multifamiliar.

El modelo estructural de la vivienda multifamiliar se muestra a continuación, en el cual se incluyeron los parámetros indicados en el capítulo anterior y se tomaron en consideración las hipótesis de análisis indicadas anteriormente.

3.5.3.1. Diseño y verificación de muros de albañilería confinada mediante densidad de muros

Este procedimiento consiste en determinar la densidad de muros de cada nivel, es decir, define como la relación del área los muros al área de la planta del piso en evaluación. La relación se debe evaluar en direcciones verticales y horizontales. No se consideran los muros menores a 120 cm.

Según la norma E-070

$$\frac{\sum L t}{A_p} \geq \frac{Z U S N}{56}$$

L = Longitud total del muro incluyendo sus columnas (solo intervienen muros con $L > 1.2$ m)

t = espesor efectivo

A = área de la planta típica

Z = zona sísmica

U = 1

S = factor suelo

N = número de pisos del edificio

Los siguientes valores corresponden a la estructura en estudio, que en la sección 3.5.2.4 se determinan para nuestro caso.

Z =	0.45	Factores de zona
U =	1.00	Factor U: Categoría C - vivienda
S =	1.05	Perfil tipo: Suelo Medio
N =	5	Número de pisos

$$\frac{Z * U * S * N}{56} = \frac{0.45 * 1 * 1.05 * 5}{56} = 0.0422$$

A continuación, se realizará el análisis de todos los muros correspondientes del edificio, teniendo en cuenta que se tomara el nivel con mayor área que en este caso es el del tercer nivel.

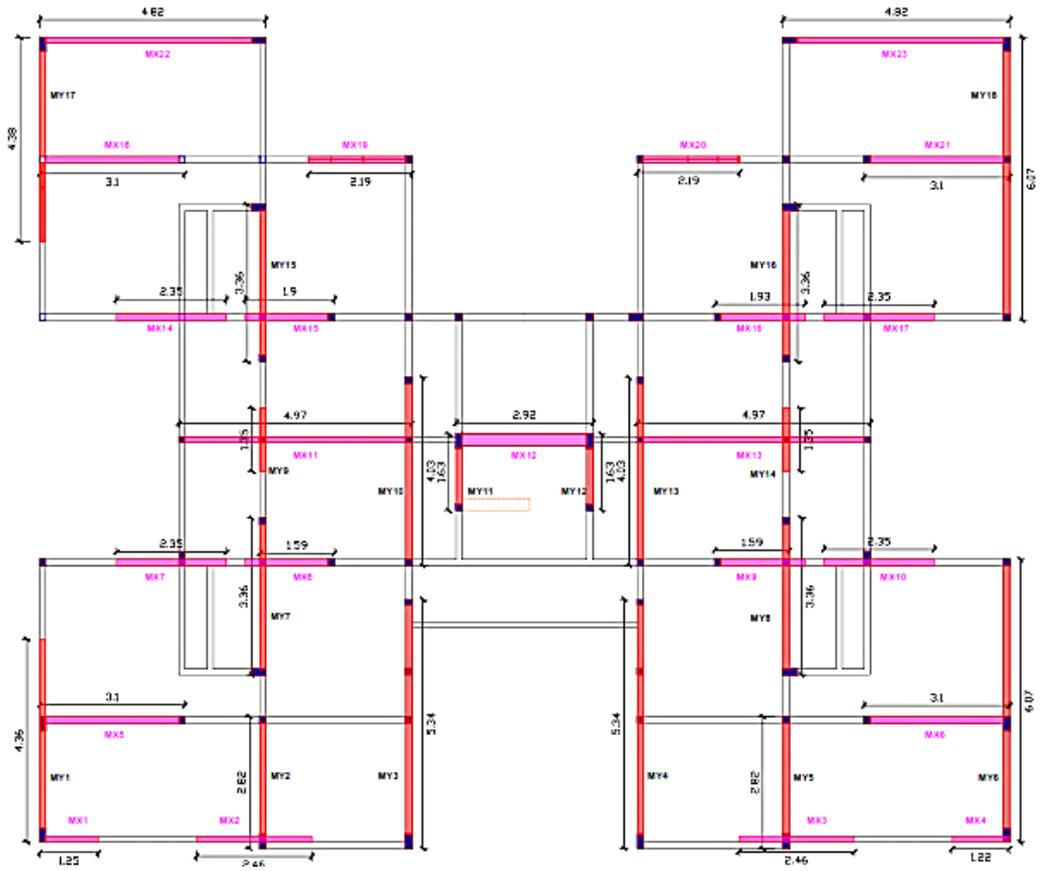


FIGURA N° 5: Representación de muros portantes en ambas direcciones
Fuente: Elaboración Propia

DIRECCION 'Y'

	L	e	L.e
MY1	4.36	0.13	0.5668
MY2	2.82	0.13	0.3666
MY3	5.34	0.13	0.6942
MY4	5.34	0.13	0.6942
MY5	2.82	0.13	0.3666
MY6	6.07	0.13	0.7891
MY7	3.36	0.13	0.4368
MY8	3.36	0.13	0.4368
MY9	1.35	0.13	0.1755
MY10	4.03	0.13	0.5239
MY11	1.63	0.13	0.2119
MY12	1.63	0.13	0.2119
MY13	4.03	0.13	0.5239
MY14	1.35	0.13	0.1755
MY15	3.36	0.13	0.4368
MY16	3.36	0.13	0.4368
MY17	4.38	0.13	0.5694
MY18	6.07	0.13	0.7891
	Σ		8.4058

DIRECCION 'X'

	L	e	L.e
MX1	1.25	0.13	0.1625
MX2	2.46	0.13	0.3198
MX3	2.46	0.13	0.3198
MX4	1.22	0.13	0.1586
MX5	3.10	0.13	0.4030
MX6	3.10	0.13	0.4030
MX7	2.35	0.13	0.3055
MX8	1.59	0.13	0.2067
MX9	1.59	0.13	0.2067
MX10	2.35	0.13	0.3055
MX11	4.97	0.13	0.6461
MX12	2.92	0.23	0.6716
MX13	4.97	0.13	0.6461
MX14	2.35	0.13	0.3055
MX15	1.90	0.13	0.2470
MX16	1.93	0.13	0.2509
MX17	2.35	0.13	0.3055
MX18	3.10	0.13	0.4030
MX19	2.19	0.13	0.2847
MX20	2.19	0.13	0.2847
MX21	3.10	0.13	0.4030
MX22	4.82	0.13	0.6266
MX23	4.82	0.13	0.6266
	Σ		8.4924

$$D_x = \frac{\Sigma L * t}{Ap} = \frac{8.4924}{315.144} = 0.027$$

$$D_y = \frac{\Sigma L * t}{Ap} = \frac{8.4058}{315.144} = 0.027$$

$$\frac{\Sigma L t}{Ap} \geq \frac{Z U S . N}{56}$$

$$0.027 \geq 0.0422$$

Ap =	315.144	
Dx =	0.027	No cumple densidad de muros en X
Dy =	0.027	No cumple densidad de muros en Y

3.5.3.2. Modelamiento Sísmico de la vivienda multifamiliar

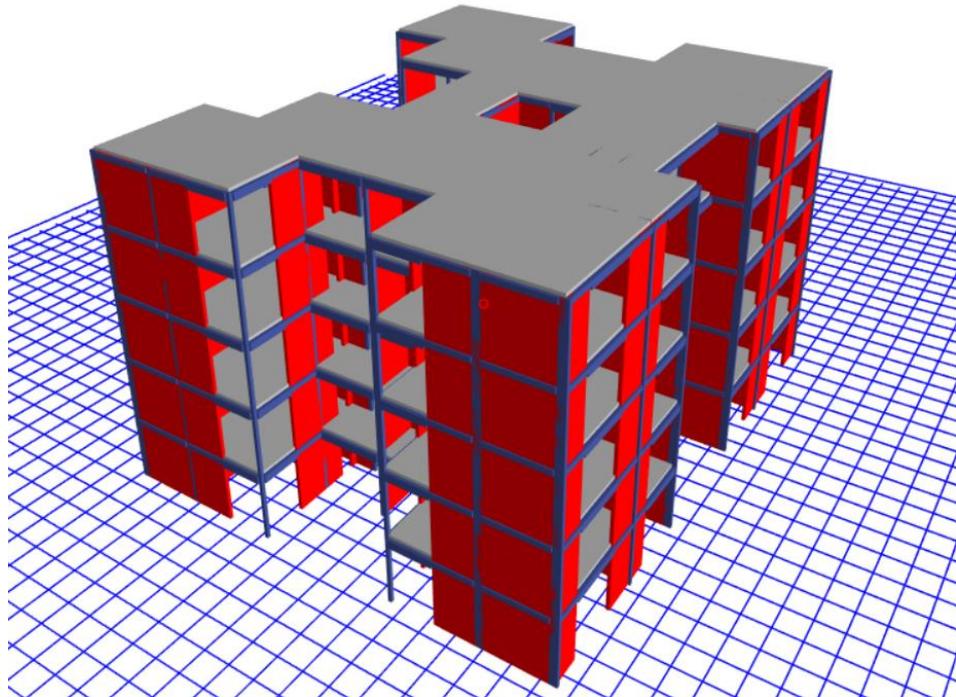


FIGURA N° 6: Vista general del modelo estructural de la vivienda multifamiliar analizada. Nótese la disposición de sus elementos característicos (columnas y vigas)

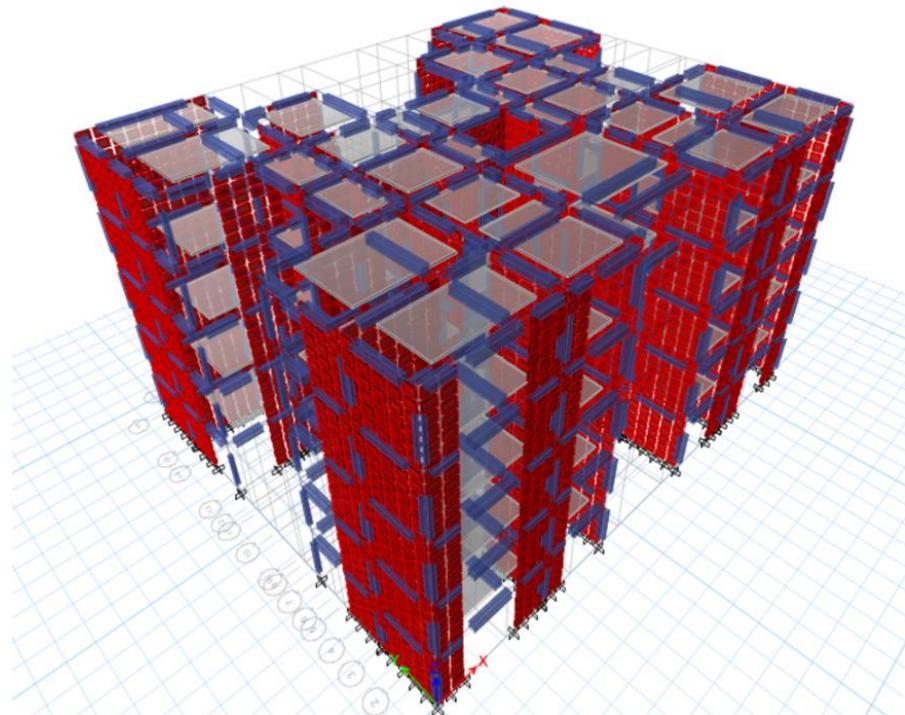


FIGURA N° 7: Vista general del modelo estructural de la vivienda multifamiliar analizada. Los elementos no estructurales fueron ingresados como cargas permanentes.

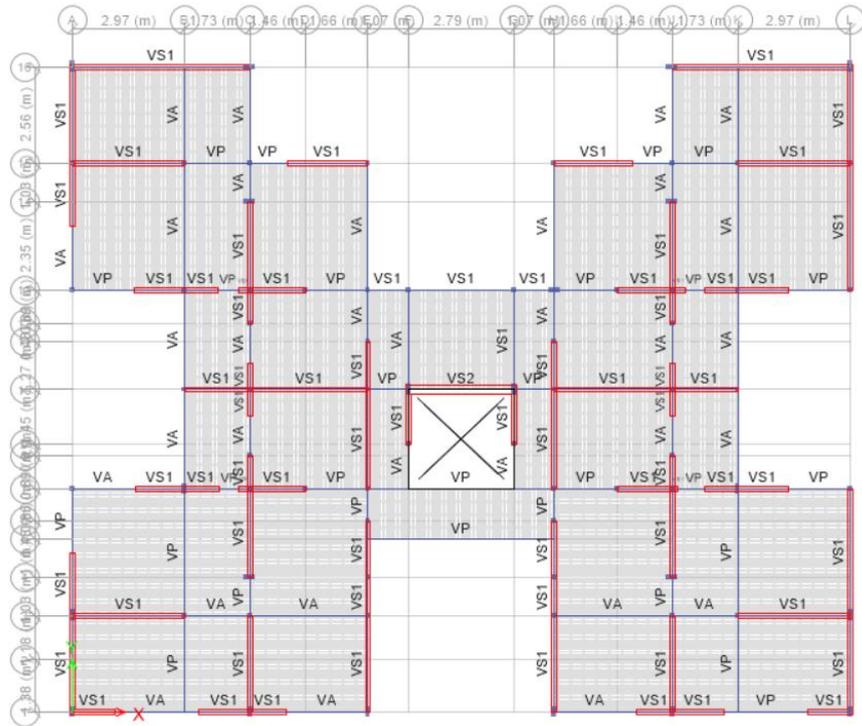


FIGURA N° 8: Vista de la planta típica de la vivienda multifamiliar



FIGURA N° 9: Vista en elevación de la vivienda multifamiliar analizada. En esta vista se muestran las columnas y vigas típicas consideradas en el diseño.

3.5.3.3.Modos de vibración

Como se puede mostrar en la Tabla N° 10, la suma de las masas efectivas en los tres (03) primeros nodos de vibración no son mayores al 80% de la masa total de la estructura, demostrando que los muros no serán capaces de absorber los esfuerzos necesarios en un sismo, no cumpliendo con lo especificado en la Norma E.030.

TABLA N° 10: Modos de Vibración

Case	Mode	Period	<u>UX</u>	<u>UY</u>	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	<u>RZ</u>	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
		sec												
Modal	1	0.320	0.6885	0.0010	0	0.6885	0.0010	0	0.0004	0.2388	0.0941	0.0004	0.2388	0.0941
Modal	2	0.268	0.0088	0.7596	0	0.6973	0.7606	0	0.2456	0.0028	0.0270	0.2459	0.2415	0.1211
Modal	3	0.258	0.0865	0.0344	0	0.7838	0.7950	0	0.0111	0.0278	0.6625	0.2570	0.2693	0.7836
Modal	4	0.095	0.1400	0.0004	0	0.9237	0.7954	0	0.0014	0.4973	0.0182	0.2584	0.7667	0.8018
Modal	5	0.082	0.0018	0.1505	0	0.9255	0.9460	0	0.5740	0.0065	0.0042	0.8323	0.7731	0.8060
Modal	6	0.077	0.0196	0.0043	0	0.9452	0.9503	0	0.0172	0.0664	0.1440	0.8495	0.8395	0.9499
Modal	7	0.051	0.0351	0.0001	0	0.9802	0.9504	0	0.0003	0.0894	0.0051	0.8498	0.9289	0.9550
Modal	8	0.046	0.0004	0.0358	0	0.9807	0.9862	0	0.0952	0.0011	0.0005	0.9450	0.9300	0.9555
Modal	9	0.042	0.0044	0.0011	0	0.9851	0.9873	0	0.0025	0.0126	0.0313	0.9476	0.9427	0.9868
Modal	10	0.038	0.0108	0.0001	0	0.9959	0.9873	0	0.0003	0.0433	0.0019	0.9479	0.9859	0.9887
Modal	11	0.034	0.0003	0.0097	0	0.9962	0.9971	0	0.0427	0.0012	0.0002	0.9906	0.9871	0.9889
Modal	12	0.032	0.0031	0.0001	0	0.9993	0.9972	0	0.0005	0.0099	0.0000	0.9910	0.9971	0.9889
Modal	13	0.031	0.0005	0.0004	0	0.9998	0.9976	0	0.0017	0.0023	0.0094	0.9928	0.9993	0.9983
Modal	14	0.030	0.0001	0.0023	0	0.9998	0.9998	0	0.0068	0.0002	0.0000	0.9995	0.9995	0.9983
Modal	15	0.027	0.0002	0.0002	0	1.0000	1.0000	0	0.0005	0.0005	0.0017	1.0000	1.0000	1.0000

A continuación, se muestran los desplazamientos y rotaciones de los tres (03) primeros modos de vibración.

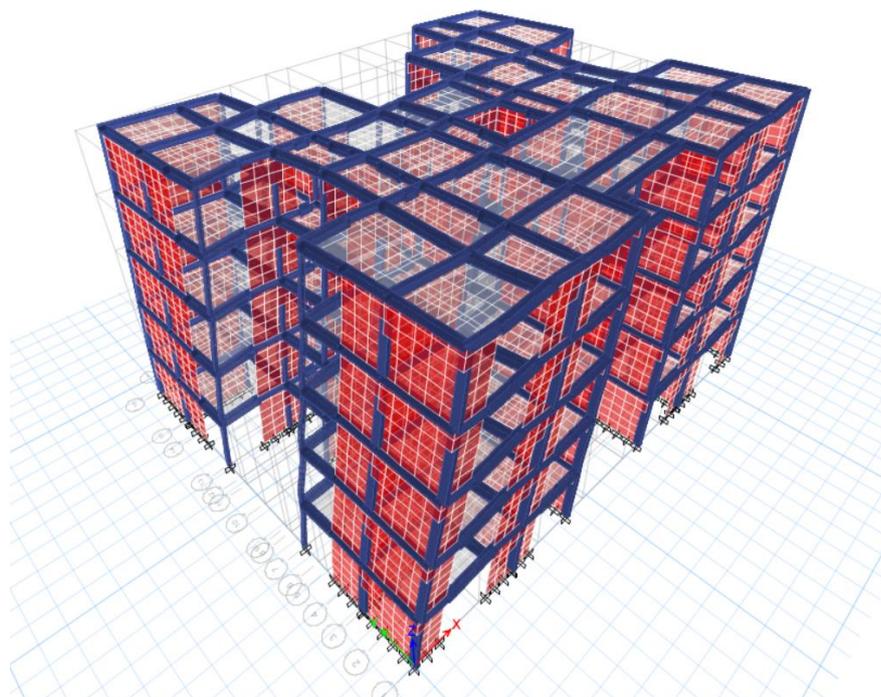


FIGURA N° 10: Vista del modelo en su primer modo de vibración (longitudinal) $T=0.320$ seg.

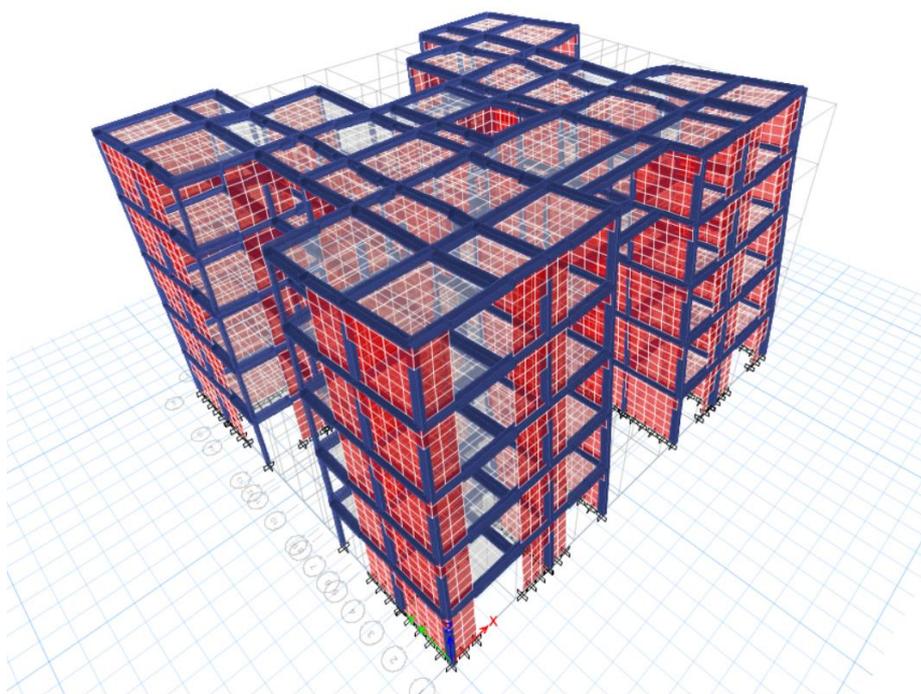


FIGURA N° 11: Vista del modelo en su segundo modo de vibración (transversal) $T=0.268$ seg.

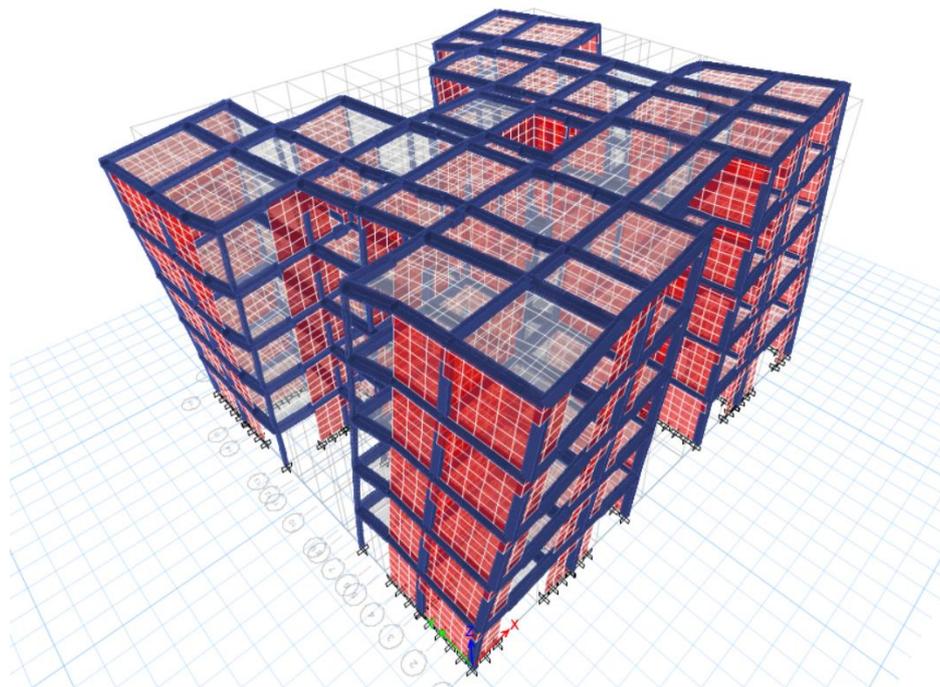


FIGURA N° 12: Vista del modelo en su tercer modo de vibración (rotacional) $T=0.258$ seg

3.5.3.4. Ratio de la estructura

TABLA N° 11: Pesos de la estructura por nivel

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m	Peso por nivel ton
Piso 05	PESO	Bottom	213.511	0	0	0	1691.5561	-2214.2123	213.5110
Piso 04	PESO	Bottom	552.5126	0	0	0	4355.199	-5719.0962	339.0016
Piso 03	PESO	Bottom	878.3283	0	0	0	6982.7456	-9090.015	325.8157
Piso 02	PESO	Bottom	1204.1439	0	0	0	9610.2923	-12460.934	325.8156
Piso 01	PESO	Bottom	1529.9595	0	0	0	12237.839	-15831.853	325.8156

TABLA N° 12: Ratio de la estructura

RATIO =	PESO/AREA	ton/m2
AREA =	315.1440	m2
PESO =	325.8156	Ton
RATIO =	1.0339	ton/m2

3.5.3.5.Irregularidades estructurales

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA

CONTROL DE DERIVAS

DRIFT PE MAS CRITICO DIRECCION XX								
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	
					m	m	m	
Piso 05	DESP-XX Max	X	0.003	1701	16.784	0	13	CUMPLE
Piso 04	DESP-XX Max	X	0.003	1701	16.784	0	10.4	CUMPLE
Piso 03	DESP-XX Max	X	0.004	1701	16.784	0	7.8	CUMPLE
Piso 02	DESP-XX Max	X	0.004	1701	16.784	0	5.2	CUMPLE
Piso 01	DESP-XX Max	X	0.002	1701	16.784	0	2.6	CUMPLE

DRIFT PE MAS CRITICO DIRECCION YY								
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	
					m	m	m	
Piso 05	DESP-YY Max	Y	0.002	759	20.57	16.655	13	CUMPLE
Piso 04	DESP-YY Max	Y	0.002	759	20.57	16.655	10.4	CUMPLE
Piso 03	DESP-YY Max	Y	0.002	393	20.57	1.4825	7.8	CUMPLE
Piso 02	DESP-YY Max	Y	0.002	759	20.57	16.655	5.2	CUMPLE
Piso 01	DESP-YY Max	Y	0.002	759	20.57	16.655	2.6	CUMPLE

IRREGULARIDAD DE MASA

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY	PESO POR NIVEL			
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m	ton			
Piso 05	PESO	Bottom	213.5110	0	0	0	1691.5561	-2214.2123	213.5110			
Piso 04	PESO	Bottom	552.5126	0	0	0	4355.199	-5719.0962	339.0016	0.96	< 1.50	Ia = 1.00
Piso 03	PESO	Bottom	878.3283	0	0	0	6982.7456	-9090.015	325.8157	1.00	< 1.50	Ia = 1.00
Piso 02	PESO	Bottom	1204.1439	0	0	0	9610.2923	-12460.9337	325.8156	1.00	< 1.50	Ia = 1.00
Piso 01	PESO	Bottom	1529.9595	0	0	0	12237.839	-15831.8525	325.8156	0.00	< 1.50	Ia = 1.00

IP(Mxy) = 1.00

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA

IRREGULARIDAD TORSIONAL

$$\Delta_{\max}(i) > 1.3\Delta_{prom}$$

PISO	DESPLAZAMIENTO			
	Dirección X-X		Dirección Y-Y	
	Pto 01 (m)	Pto 02 (m)	Pto 01 (m)	Pto 02 (m)
Piso 05	0.041616	0.023424	0.025446	0.026442
Piso 04	0.034521	0.019279	0.021296	0.021948
Piso 03	0.025564	0.014198	0.015913	0.016275
Piso 02	0.015648	0.008677	0.009908	0.010151
Piso 01	0.006275	0.003522	0.004126	0.004314

PISO	DESPLAZAMIENTO							
	Dirección X-X			Dirección Y-Y				
	$\Delta_{\max}(m)$	$\Delta_{prom}(m)$	Verificación	$\Delta_{\max}(m)$	$\Delta_{prom}(m)$	Verificación		
Piso 05	0.041616	0.032520	1.28	REGULAR	0.026442	0.025944	1.02	REGULAR
Piso 04	0.034521	0.026900	1.28	REGULAR	0.021948	0.021622	1.02	REGULAR
Piso 03	0.025564	0.019881	1.29	REGULAR	0.016275	0.016094	1.01	REGULAR

Piso 02	0.015648	0.012163	1.29	REGULAR	0.010151	0.010030	1.01	REGULAR
Piso 01	0.006275	0.004899	1.28	REGULAR	0.004314	0.004220	1.02	REGULAR

IRREGULARIDAD DE ESQUINAS ENTRANTES

EN YY:

L = 17.26 m
 EE = 5.13 m
 % = 29.72% **Ip = 0.90**

EN XX:

L = 20.67 m
 EE = 11.02 m
 % = 53.31% **Ip = 0.90**

3.5.3.6.Cargas laterales

Se determinó las cargas laterales por piso que debería soportar la edificación.

Story	Altura (m)	Peso (ton)	$P_i \cdot h_i^k$	Alfa α_i	Fuerza Lateral	Momento Tor Mz
	h_i	P_i			F_i	ton-m
Piso 05	13.0	213.51	2775.64	0.24	108.80	93.90
Piso 04	10.4	339.00	3525.62	0.31	138.20	119.27
Piso 03	7.8	325.82	2541.36	0.22	99.62	85.97
Piso 02	5.2	325.82	1694.24	0.15	66.41	57.31
Piso 01	2.6	325.82	847.12	0.07	33.21	28.66
Suma $P_i \cdot h_i^k$			11383.98		446.24	

TABLA N° 13: Tabla de cargas laterales

3.5.3.7.Fuerzas Cortantes en la base

De acuerdo con lo que establece la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, la fuerza cortante en la base obtenida del análisis dinámico no puede ser menor que el 80 % de la fuerza cortante en la base obtenida del análisis estático para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

En el cuadro siguiente se muestran las fuerzas cortantes obtenidas en el módulo analizado bajo los análisis estático y dinámico:

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Piso 01	SE XX	Bottom	0	-649.5262	0	6283.2725	0	-5773.0876
Piso 01	SE YY	Bottom	0	0	-649.5262	-8052.3688	5773.0876	0
Piso 01	SIS XX Max	Bottom	0	602.4216	38.7	5023.5873	337.4619	5340.4807
Piso 01	SIS YY Max	Bottom	0	34.9524	602.4216	7749.7051	5314.4906	303.6544

TABLA N° 14: Tabla de cortante en la base

Según se puede apreciar en el cuadro, las cortantes obtenidos mediante el análisis dinámico, ya escalado ($V_x = 602.4216$ Tn y $V_y = 602.4216$ Tn), son por lo menos el 90% (sistema estructural irregular) de la fuerza cortante obtenida mediante el análisis estático ($V_x = -649.5262$ Tn y $V_y = -649.5262$ Tn) cumpliendo con lo especificado en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

3.5.3.8.Desplazamientos y distorsiones

En el cuadro siguiente indica los desplazamientos y derivas de entresijos de los diafragmas de cada nivel. Estos valores fueron determinados multiplicando los resultados obtenidos en el programa de análisis por R, conforme se especifica en la Norma E.030 *Diseño Sismorresistente*.

TABLA N° 15: Desplazamientos máximos obtenidos en la dirección X.

DIRECCIÓN X					
Piso	Load Case/Combo	Dirección	Deriva	E030	DESP. MAXIMO (cm)
Piso 05	DESP-XX Max	X	0.003	0.005	4.16
Piso 04	DESP-XX Max	X	0.003	0.005	3.45
Piso 03	DESP-XX Max	X	0.004	0.005	2.56
Piso 02	DESP-XX Max	X	0.004	0.005	1.56
Piso 01	DESP-XX Max	X	0.002	0.005	0.63

TABLA N° 16: Desplazamientos máximos obtenidos en la dirección Y.

DIRECCIÓN Y					
Piso	Load Case/Combo	Dirección	Deriva	E030	DESP. MAXIMO (cm)
Piso 05	DESP-YY Max	Y	0.002	0.005	2.64
Piso 04	DESP-YY Max	Y	0.002	0.005	2.19
Piso 03	DESP-YY Max	Y	0.002	0.005	1.63
Piso 02	DESP-YY Max	Y	0.002	0.005	1.02
Piso 01	DESP-YY Max	Y	0.002	0.005	0.43

Como se puede apreciar, dentro de los resultados de la Tabla N° 15 y 16, los desplazamientos relativos (derivadas), tanto en la dirección X como en Y, cumplen con la Norma E030 que menciona que la máxima deriva permitida es 0.005.

3.5.3.9. Análisis de muros por sismo moderado

Realizando el análisis de muros por sismo moderado, todos los muros portantes de la edificación de la vivienda multifamiliar llegan a fisurarse frente a cargas de un sismo moderado siendo que la Norma es explícita al decir que en una edificación que se encuentra en la Zona 4, los muros portantes no deberían presentar fisuración frente a un sismo moderado, mostrando así que no llegan a cumplir con el reglamento E070, como se puede apreciar en el Anexo N° 01.

3.5.4. Evaluación del edificio Multifamiliar – Parámetros Método de Benedetti Petrini

Haciendo uso de los parámetros del método en estudio se evaluará la edificación que se encuentra ubicada en la urbanización de Monserrate Mz. C Lote 23.

Este método evalúa a las estructuras en un rango de A, B o C, para edificaciones de concreto armado.

El criterio a evaluación por rangos se tiene que adaptar al método original, pero para esta situación, se adaptara para la norma peruana.

- **PARAMETRO 01: Organización del sistema resistente**

Rango:

A. Edificio construido con las recomendaciones de la norma sismorresistente.

B. Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros.

C. Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes

ortogonales bien ligadas.

D. Edificio con paredes ortogonales no ligadas

El edificio multifamiliar ubicado en la urbanización Monserrate consta de un solo módulo, el cual se muestra en el Anexo N°02. Esta edificación multifamiliar fue construida con las recomendaciones de la norma sismorresistente de ese año.

Según el propietario, el diseño de los planos fue elaborado por un profesional (Ingeniero Civil), asimismo, la construcción supervisada por un profesional del área según la información recopilada.

TABLA N° 17: *Calificación de la estructura del Parámetro N° 01*
Fuente: *Elaboración Propia*

INFRAESTRUCTURA	CLASIFICACION			
	A	B	C	D
Edificio Multifamiliar Mz. C2 Lote 23	X			

• **PARAMETRO 02: Calidad del sistema resistente**

Rango:

A. El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características:

1. Albañilería con ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.
2. Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.
3. Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las juntas entre 1.0 a 1.5 cm.

B. El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.

C. El sistema resistente del edificio no presenta dos de las

características de la clase A.

D. El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A.

Según los parámetros que comprende el método Benedetti – Petrini, este parámetro se considera que presenta:

Albañilería con ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro. La Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería y mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las juntas entre 1.0 a 1.5 cm.

Por lo tanto, la edificación multifamiliar tendrá la misma calificación que el ítem anterior, “A”.

TABLA N° 18: *Calificación de la estructura del Parámetro N° 02*
Fuente: *Elaboración Propia*

INFRAESTRUCTURA	CLASIFICACION			
	A	B	C	D
Edificio Multifamiliar Mz. C2 Lote 23	X			

- **PARAMETRO 03: Resistencia Convencional**

Rango:

A: $\alpha \geq 1$

B: $0.60 \leq \alpha \leq 1$

C: $0.40 \leq \alpha h \leq 0.6$

D: $\alpha \leq 0.4$

Teniendo en cuenta la resistencia convencional del sistema estaría dada por los muros, ya que el sistema “Albañilería Confinada” así lo amerita.

$$C = \frac{V}{P} = \frac{602.4216}{1529.9595} = 0.39$$

$$C' = 0.45 \text{ (por zonificación)}$$

- **Relación entre la fuerza resistente del edificio y el peso del edificio**

$$\alpha = C/C'$$

$$\alpha = 0.39/0.45$$

$$\alpha = 0.88$$

Por lo tanto, la edificación multifamiliar le asigna la calificación “B” debido a que $\alpha < 1$ de acuerdo con lo propuesto por Benedetti – Petrini.

TABLA N° 19: Calificación de la estructura del Parámetro N° 3
Fuente: Elaboración Propia

INFRAESTRUCTURA	CLASIFICACION			
	A	B	C	D
Edificio Multifamiliar Mz. C2 Lote 23		X		

- **PARAMETRO 4 : Posición del edificio y cimentación**

Rango:

A: Edificación cimentada sobre suelo intermedio o flexible, según la norma de diseño sismo resistente E-0.30.

B: Edificación cimentada sobre suelo intermedio o flexible, según la norma de diseño sismo resistente E-0.30. Presencia de humedad y sales.

C: Edificación cimentada sin proyecto aprobado ni asesoría técnica y presencia de humedad, sales y pendiente pronunciada.

D: Edificación cimentada sobre suelo intermedio o flexible con

pendiente pronunciada

Para la calificación de este parámetro se tomó en cuenta la pendiente, el nivel de las cimentaciones y la presencia o no de sales en el suelo; por lo tanto, se le asignó como calificación la letra “A” según se muestra en la siguiente tabla.

TABLA N° 20: *Calificación de la estructura del Parámetro N° 4*
Fuente: *Elaboración Propia*

INFRAESTRUCTURA	CLASIFICACION			
	A	B	C	D
Edificio Multifamiliar Mz. C2 Lote 23	X			

- **PARAMETRO 5 : Diafragmas Horizontales**

Rango:

A: Edificio con diafragmas que satisfacen las siguientes condiciones:

- Ausencia de planos a desnivel.
- La deformabilidad del diafragma es despreciable
- La conexión entre el diafragma y el sistema resistente es eficaz.

B: Edificio que no cumple con una de las condiciones de la clase A.

C: Edificio cuyos diafragmas no cumplen con dos de las condiciones de clase A.

D: Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

TABLA N° 21: Calificación de la estructura del Parámetro N° 5
Fuente: Elaboración Propia

INFRAESTRUCTURA	CLASIFICACION			
	A	B	C	D
Edificio Multifamiliar Mz. C2 Lote 23	X			

• **PARAMETRO 6: Configuración en Planta**

Rango:

- A.** Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$.
- B.** Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$.
- C.** Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D.** Edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

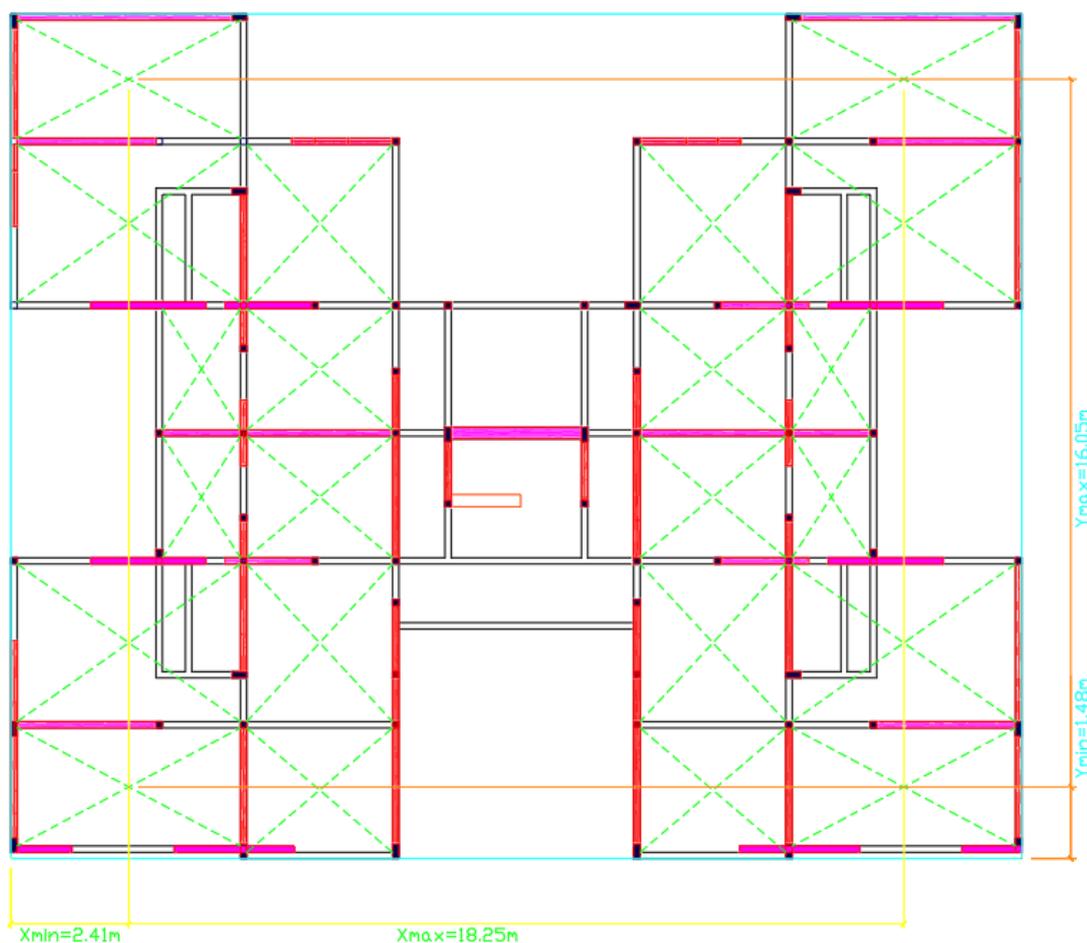


FIGURA N° 13: Distancias de los Xmin, Xmax, Ymin y Ymax.
Fuente: Elaboración propia

De las fórmulas:

$$\beta_1 = 6.73/20.67 = 0.33$$

$$\beta_2 = 10.53/20.67 = 0.51$$

Entonces obtenemos un $\beta_1 = 0.33$, y como el $\beta_2 = 0.51$ por lo tanto la edificación multifamiliar califica como “D”.

TABLA N° 22: *Calificación de la estructura del Parámetro N° 6*
Fuente: Elaboración Propia

INFRAESTRUCTURA	CLASIFICACION			
	A	B	C	D
Edificio Multifamiliar Mz. C2 Lote 23				X

- **PARAMETRO 7: Configuración en elevación**

Rango:

A: Si $RL > 0.75$

B: Si $0.50 < RL \leq 0.75$

C: Si $0.25 < RL \leq 0.50$

D: Si $RL \leq 0.25$

Debido a que los 5 niveles son regulares y no presentan variación de masa conforme al parámetro 07, entonces:

$$RL = \frac{T}{H} = \frac{0}{15} = \frac{0}{15} = 0$$

Entonces, como RL es igual a 1, la calificación fue de “D”.

TABLA N° 23: Calificación de la estructura del Parámetro N° 7
Fuente: Elaboración Propia

INFRAESTRUCTURA	CLASIFICACION			
	A	B	C	D
Edificio Multifamiliar Mz. C2 Lote 23				X

- **PARAMETRO 8: Distancia máxima entre elementos de resistencia**

Rango:

- A. si $L/S \leq 15$
- B. si $15 < L/S \leq 18$
- C. si $18 < L/S \leq 25$
- D. si $25 < L/S$

Según los datos recolectados de los planos existentes la relación entre el espesor y la longitud máxima del muro es:

$$L = 6.07\text{m}$$

$$S = 0.13 \text{ cm}$$

$$L/S = 6.07/0.13 = 46.69$$

Por lo tanto, este parámetro fué calificado como “D”.

TABLA N° 24: Calificación de la estructura del Parámetro N° 8
Fuente: Elaboración Propia

INFRAESTRUCTURA	CLASIFICACION			
	A	B	C	D
Edificio Multifamiliar Mz. C2 Lote 23				X

- **PARAMETRO 9: Tipo de Cubierta**

Rango:

A: Cubierta estable debidamente amarrada a las vigas con conexiones adecuadas y de material liviano. Edificación con cubierta plana.

B: Cubierta inestable de material liviano en buenas condiciones.

C: Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.

D: Cubierta inestable de material liviano con desnivel

Todas las cubiertas fueron losas aligeradas de concreto armado amarradas adecuadamente con las vigas, por lo tanto, su calificación fue de “A”.

TABLA N° 25: *Calificación de la estructura del Parámetro N° 9*
Fuente: *Elaboración Propia*

INFRAESTRUCTURA	CLASIFICACION			
	A	B	C	D
Edificio Multifamiliar Mz. C2 Lote 23	X			

- **PARAMETRO 10: Elementos estructurales**

Rango:

A. Edificio sin parapetos y sin cornisas.

B. Edificio con parapetos y/o elementos de cornisas bien conectadas a la pared

C. Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared.

D. Edificio que presenta cualquier otro tipo de elemento en el techo mal vinculado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal construidos, que pueden caer en caso de terremoto.

Según las condiciones encontradas y la verificación hecha

visualmente, podemos comprobar que cumple con la condición A.

TABLA N° 26: *Calificación de la estructura del Parámetro N° 10*
Fuente: *Elaboración Propia*

INFRAESTRUCTURA	CLASIFICACION			
	A	B	C	D
Edificio Multifamiliar Mz. C2 Lote 23		X		

- **PARAMETRO 11: Estado de Conservación**

Rango:

A: Muy bueno

B: Bueno

C: Ligeramente dañado

D: mal estado de conservación

Como se mencionó anteriormente, el año de construcción fue entre 1990 a 1997, se puede apreciar que la vivienda conserva en buen estado en sus elementos estructurales y no estructurales, se presume que el acabado de pintura fue realizado reciente y no presenta fisura, los pisos y ventanas están bien fijadas a los marcos.

TABLA N° 27: *Calificación de la estructura del Parámetro N° 11*
Fuente: *Elaboración Propia*

INFRAESTRUCTURA	CLASIFICACION			
	A	B	C	D
Edificio Multifamiliar Mz. C2 Lote 23		X		

Resumen Final

PARAMETROS	CLASIFICACION			
	A	B	C	D
Organización del Sistema Resistente	X			
Calidad del Sistema Resistente	X			
Resistencia Convencional		X		
Posición del Edificio y Cimentación	X			
Diafragmas Horizontales	X			
Configuración en Planta				X
Configuración en Elevación				X
Distancia Máxima entre Muros				X
Tipo de Cubierta	X			
Elementos no Estructurales		X		
Estado de Conservación		X		

3.5.4.1. Cálculo del Índice de Vulnerabilidad

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$$

I_v: Índice de vulnerabilidad

K_j: calificación de estructuras de acuerdo a la condición de calidad

W_i: factor de peso, asignado a cada parámetro

Σj_i: suma ponderada de datos obtenidos

N°	Parámetro	KiA	KiB	KiC	KiD	Wi	KWi
1	Organización del Sistema Resistente	0	-	-	-	1.00	0.00
2	Calidad del Sistema Resistente	0	-	-	-	0.25	0.00
3	Resistencia Convencional	-	5	-	-	1.50	7.50
4	Posición del Edificio y Cimentación	0	-	-	-	0.75	0.00
5	Diafragmas Horizontales	0	-	-	-	1.00	0.00
6	Configuración en Planta	-	-	-	45	0.50	22.50
7	Configuración en Elevación	-	-	-	45	1.00	45.00
8	Distancia Máxima entre Columnas	-	-	-	45	0.25	11.25
9	Tipo de Cubierta	0	-	-	-	1.00	0.00
10	Elementos no Estructurales	-	5	-	-	0.25	1.25
11	Estado de Conservación	-	5	-	-	1.00	5.00
TOTAL							92.50

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i = 92.50$$

TABLA N° 28: Nivel de Vulnerabilidad Sísmica

INFRAESTRUCTURA	Iv	Ivn	VULNERABILIDAD SISMICA
Edificio Multifamiliar Mz. C2 Lote 23	92.5	0 – 95.63	BAJA

IV. DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. Interpretación de los resultados

1. Uno de los aspectos fundamentales al analizar en primera instancia, es la densidad de muros en la dirección que será de Albañilería confinada. De acuerdo con este análisis, los resultados mostraron que existe una deficiencia de casi el 50% en cuanto a la densidad de muros requerida para ambas direcciones, lo que conllevó a suponer que los muros no serían capaces de soportar la carga sísmica mínima. para lo cual se tuvo que verificar mediante el análisis sísmico dinámico correspondiente para cada dirección.
2. Dentro de la realización del análisis sísmico estático se verificó lo que norma nos indica en cuanto a que: “los 3 primeros modos de vibración deben pertenecer a los desplazamientos en X, Y y rotación”, cumpliendo con ese requisito.
3. En cuanto a la comprobación de Irregularidades, se comprobó que la estructura es irregular de acuerdo con las tablas 8 y 9 de la Norma E030.
4. Se determinó que el ratio PESO/AREA es igual a 1.0339 Ton/m² lo que comprobó que el modelamiento está bien elaborado dentro del software.
5. Se elaboró el espectro sísmico de acuerdo con la Norma E030 para ambas direcciones. Este análisis comprobó que existe torsión dentro de la estructura de acuerdo con la tabla N° 9 de la Norma E030.
6. Se determinó que la cortante para el diseño de la estructura para ambas direcciones es 602.4216 T.
7. El análisis de muros de albañilería mostró que los muros en su totalidad fallan en presencia de sismo moderado, comprobando la predicción hecha en la densidad de muros, y que incumplen lo dicho por la norma E070: “Ningún muro debe fallar en sismo moderado” siendo ésta la conclusión más resaltante.
8. El análisis por medio del método de Benedetti – Petrini mostró que la estructura de la edificación multifamiliar presenta una vulnerabilidad baja ya que se encuentra dentro del intervalo 0 – 95.63 del índice de vulnerabilidad.

V. CONCLUSIONES

1. Se logró determinar el grado de vulnerabilidad sísmica del edificio multifamiliar Mz. C2 - Lote 23 ubicado en la Urbanización Monserrate del distrito de Trujillo, utilizando el Método de Benedetti – Petrini; llegando a la conclusión que la estructura muestra una vulnerabilidad baja.
2. Se evaluaron las condiciones estructurales actuales en el edificio multifamiliar en estudio mediante el ensayo de esclerometría se determinándose que los elementos de concreto cumplen con la resistencia mínima $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
3. Se realizó un análisis Sísmico Dinámico espectral del edificio multifamiliar de 5 pisos de la III etapa de Monserrate, mediante el software Etabs v16.
4. Se verificó que los 3 primeros modos de vibración respetan lo estipulado en la Norma Cap. 4, Art.29, inciso 1 que hace mención que: *“los 3 primeros modos de vibración deberían estar representados por desplazamientos en ambas direcciones y rotación en el eje Z.”*
5. Se determinaron y verificaron las derivas de entre piso según lo prescrito en la norma RNE E.030, Cap. 5, Art. 32: “desplazamientos laterales relativos admisibles” y se calculó el índice de vulnerabilidad mediante el método en estudio. Encontrándose que en ambas direcciones cumple con lo estipulado en la Norma.
6. Se encontró que el valor de la Cortante Basal de diseño en ambas direcciones es de 602.42 T.
7. De acuerdo con los resultados mostrados en el procedimiento y evaluación de sus 11 parámetros del método de Benedetti – Petrini se llegó a la conclusión que la estructura muestra una vulnerabilidad baja.
8. Se realizó una investigación respecto a la norma vigente que se empleó en la construcción del edificio de Monserrate siendo la norma de esos años la de 1977. Respecto a esta norma primaba que la absorción de las fuerzas cortantes es mucho menor, en un aproximado de 43%, respecto a la norma vigente con la que se diseña ahora.
9. Así mismo, de acuerdo con los resultados del sismo de Nazca de 1996, mostró

que la norma de 1977 evidenciaba desplazamientos mucho menores a los que sufría las edificaciones diseñadas con esa norma. Si comparamos nuestra edificación con la norma técnica actual vigente los desplazamientos de la edificación son mucho mayor debido a lo explicado anteriormente. Por tal motivo la estructura no cumple con la actual norma (2018) pero si cumple con la norma con la que se diseñó en ese entonces.

10. Concluimos que todas las edificaciones que se realizaron con la segunda norma técnica de 1977, tendrán tendencia a sufrir daños por sismos moderados, siendo edificaciones muy vulnerables a un colapso en un sismo de grado 7 como el que sucedió en Nazca de 1996.

VI. RECOMENDACIONES

1. La evaluación de la vulnerabilidad sísmica se ha determinado en función al método de Benedetti – Petrini, empleando el formulario que se encuentran en los anexos, para el cual se recomienda optimizar la obtención de datos con la finalidad de conseguir mejores resultados en los próximos estudios de investigación.
2. En la presente, se hizo el ensayo de esclerometría sin embargo se recomienda realizar el ensayo de diamantina para obtener resultados más confiables con respecto a la calidad del concreto utilizado en los elementos principales.
3. También se recomienda realizar búsqueda más exhaustiva de los planos originales de la edificación para poder realizar un análisis estructural que se aproxime más a la realidad de la edificación.
4. Asimismo, también se recomienda averiguar con exactitud la fecha de construcción ya que solo se obtuvo un rango en que el que posiblemente se pudo construir la edificación y poder evaluar la edificación con mayor precisión.
5. Se recomienda realizar un análisis estructural con la norma vigente del año de la construcción de la edificación y de esa manera tener una percepción más clara de la construcción de la edificación.
6. Se recomienda ver la posibilidad de reforzar la edificación proponiendo la incorporación de pórticos metálicos en las fachadas exactamente en las zonas de las aberturas para poder minimizar la intervención. Estos pórticos podrían incorporar disipadores de energía SLB para darle rigidez y ductilidad.
7. Realizar el mismo estudio a las edificaciones cercanas, para corroborar la vulnerabilidad de las mismas.
8. Se recomienda realizar un estudio interacción suelo-estructura de la edificación, para ver el comportamiento del suelo en los periodos modales durante un movimiento sísmico.
9. Se recomienda reforzar los muros que no soportan sismo moderado, con un sistema de malla anclaje para incrementar su rigidez.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Pecori, C. G., & Cruz, O (2018). “Estudio de vulnerabilidad sísmica de la I.E Emblemática San Juan de la ciudad de Trujillo”. (Tesis de pregrado), Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Barbat. (1998). “Análisis y gestión del riesgo sísmico de edificios y sistemas esenciales”.
- Lujan, S. E. (2019). “Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo”. Libro digital.
- Andrade, I. L (2004). “Control de la deriva de las normas de diseño sismorresistente)
- Martel, V.P. (2003). “Comparación de la norma técnica de edificación E.030 diseño sismorresistente 1997 vs. La norma básica de diseño sismorresistente 1977, aplicadas en el Perú. Centros educativos INFES.
- Abanto, V.S. & Cárdenas C, D. (2015) “Determinación de la vulnerabilidad Sísmica aplicando el Método de Benedetti-Petrini en las Instituciones educativas del centro Histórico de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región La Libertad, Tesis para la obtención del título profesional de ingeniero civil”
- Ruales, A. A. (2016). “Evaluación de la Vulnerabilidad sísmica del edificio de la facultad de Economía Bloque B, de la universidad central del Ecuador, utilizando la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-RE, 2015) Tesis para la obtención del título profesional de ingeniería civil.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). Norma Técnica de Edificación E.020: Cargas
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño Sismorresistente
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). Norma Técnica de Edificación E.050: Cimentaciones
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). Norma Técnica de Edificación E.060: Concreto Armado
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). Norma Técnica de Edificación E.070: Albañilería

VIII. ANEXOS

ANEXO N° 01: Análisis de muros por sismo moderados

Diseño por Cargas Verticales							Diseño por Fisuración-SISMO MODERADO										
Muro	L (m)	t (m)	P _m (Kg)	σ _m (Kg/cm ²)	$0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (Kg/cm ²)	Observación	P _g (Kg)	Ve-X (Kg)	Me-X (Kg-m)	Ve-Y (Kg)	Me-Y (Kg-m)	Ve (Kg)	Me (Kg-m)	$\frac{V_e L}{M_e}$	α	V _m (Kg)	$V_e \leq 0.55V_m$
X01	1.25	0.13	6782.20	4.1737	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	6782.20	69.94	45.10	3956.61	4004.90	3956.61	4004.90	1.2349	1.000	8141.16	No Fisurado
X02	2.46	0.13	17963.80	5.6172	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	17963.80	141.16	83.02	8669.39	26572.88	8669.39	26572.88	0.8026	0.803	14526.53	Fisurado
X03	2.46	0.13	17913.20	5.6014	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	17913.20	127.08	74.62	8720.20	26397.62	8720.20	26397.62	0.8126	0.813	14645.23	Fisurado
X04	1.22	0.13	6348.10	4.0026	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	6348.10	75.16	45.45	3848.57	3843.69	3848.57	3843.69	1.2215	1.000	7883.36	No Fisurado
X05	3.10	0.13	23042.50	5.7177	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	23042.50	137.03	111.92	19623.74	26241.16	19623.74	26241.16	2.3183	1.000	21621.28	Fisurado
X06	3.10	0.13	21968.80	5.4513	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	21968.80	146.51	109.51	20302.78	25520.86	20302.78	25520.86	2.4662	1.000	21374.32	Fisurado
X07	2.35	0.13	17310.60	5.6663	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	17310.60	45.19	51.30	7402.09	19339.52	7402.09	19339.52	0.8994	0.899	15110.10	No Fisurado
X08	1.59	0.13	12404.30	6.0011	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	12404.30	208.65	67.61	7469.85	8269.58	7469.85	8269.58	1.4362	1.000	11224.34	Fisurado
X09	1.59	0.13	11289.80	5.4619	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	11289.80	125.18	45.37	6996.45	6327.85	6996.45	6327.85	1.7580	1.000	10968.00	Fisurado
X10	2.35	0.13	17116.40	5.6027	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	17116.40	42.49	44.53	7154.61	19259.45	7154.61	19259.45	0.8730	0.873	14738.08	No Fisurado
X11	4.97	0.13	37491.00	5.8027	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	37491.00	172.56	127.70	30873.04	57312.06	30873.04	57312.06	2.6773	1.000	34789.98	Fisurado
X12	2.92	0.23	29982.70	4.4644	9.7500 Kg/cm ²	Muro Correcto	29982.70	60.91	53.00	27732.38	29645.56	27732.38	29645.56	2.7316	1.000	34095.82	Fisurado
X13	4.97	0.13	36826.40	5.6998	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	36826.40	142.07	106.71	30811.25	57554.82	30811.25	57554.82	2.6606	1.000	34637.12	Fisurado
X14	2.35	0.13	22126.70	7.2428	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	22126.70	108.64	116.62	5971.24	15334.89	5971.24	15334.89	0.9151	0.915	16411.01	No Fisurado
X15	1.90	0.13	14282.40	5.7823	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	14282.40	225.19	77.72	6049.08	6840.74	6049.08	6840.74	1.6801	1.000	13288.45	No Fisurado
X16	1.93	0.13	14175.70	5.6499	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	14175.70	188.73	66.30	6318.05	7185.29	6318.05	7185.29	1.6971	1.000	13421.86	No Fisurado
X17	2.35	0.13	21648.00	7.0861	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	21648.00	101.23	107.54	6071.69	15349.94	6071.69	15349.94	0.9295	0.930	16480.08	No Fisurado
X18	3.10	0.13	25767.10	6.3938	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	25767.10	188.10	129.95	12548.70	17524.43	12548.70	17524.43	2.2198	1.000	22247.93	Fisurado
X19	2.19	0.13	16574.70	5.8218	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	16574.70	22.50	27.24	5507.76	11055.40	5507.76	11055.40	1.0911	1.000	15342.53	No Fisurado
X20	2.19	0.13	15990.50	5.6166	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	15990.50	17.82	20.93	5268.47	10452.73	5268.47	10452.73	1.1038	1.000	15208.17	No Fisurado
X21	3.10	0.13	24642.90	6.1149	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	24642.90	200.62	127.00	12459.68	17603.76	12459.68	17603.76	2.1941	1.000	21989.37	Fisurado
X22	4.82	0.13	27882.40	4.4498	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	27882.40	183.43	160.79	21043.46	45132.67	21043.46	45132.67	2.2474	1.000	31790.25	Fisurado
X23	4.82	0.13	27049.30	4.3168	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	27049.30	182.03	151.99	21079.26	45040.72	21079.26	45040.72	2.2558	1.000	31598.64	Fisurado
Y01	4.36	0.13	29052.40	5.1257	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	29052.40	67.07	45.27	16999.24	48422.88	16999.24	48422.88	1.5306	1.000	29637.452	Fisurado
Y02	2.82	0.13	20622.80	5.6254	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	20622.80	34.58	31.63	10679.18	10825.90	10679.18	10825.90	2.7818	1.000	19590.544	No Fisurado
Y03	5.34	0.13	36651.60	5.2797	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	36651.60	43.05	51.72	24474.92	49444.14	24474.92	49444.14	2.6433	1.000	36544.968	Fisurado
Y04	5.34	0.13	35966.80	5.1810	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	35966.80	46.76	55.33	24646.42	47705.35	24646.42	47705.35	2.7588	1.000	36387.464	Fisurado
Y05	2.82	0.13	20558.60	5.6079	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	20558.60	34.99	32.19	10917.03	10922.16	10917.03	10922.16	2.8187	1.000	19575.778	Fisurado
Y06	6.07	0.13	37844.30	4.7959	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	37844.30	101.09	71.42	31057.54	89644.77	31057.54	89644.77	2.1030	1.000	40662.739	Fisurado
Y07	3.36	0.13	23653.50	5.4152	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	23653.50	40.34	25.05	15527.08	18690.44	15527.08	18690.44	2.7913	1.000	23130.705	Fisurado
Y08	3.36	0.13	23651.20	5.4147	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	23651.20	46.24	26.35	15876.26	18744.15	15876.26	18744.15	2.8459	1.000	23130.176	Fisurado
Y09	1.35	0.13	10621.30	6.0520	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	10621.30	51.80	16.49	3224.47	5051.50	3224.47	5051.50	0.8617	0.862	8567.868	No Fisurado
Y10	4.03	0.13	30001.10	5.7265	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	30001.10	42.78	26.80	18475.05	29085.74	18475.05	29085.74	2.5598	1.000	28118.203	Fisurado
Y11	1.63	0.13	8916.30	4.2078	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	8916.30	30.66	13.50	3916.69	3228.14	3916.69	3228.14	1.9777	1.000	10632.699	No Fisurado
Y12	1.63	0.13	8806.00	4.1557	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	8806.00	18.53	8.68	3912.58	3141.65	3912.58	3141.65	2.0300	1.000	10607.330	No Fisurado
Y13	4.03	0.13	29488.00	5.6286	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	29488.00	68.28	41.75	18429.83	28905.66	18429.83	28905.66	2.5695	1.000	28000.190	Fisurado
Y14	1.35	0.13	10436.80	5.9469	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	10436.80	31.14	10.27	3280.34	5131.79	3280.34	5131.79	0.8629	0.863	8534.070	No Fisurado
Y15	3.36	0.13	24481.70	5.6048	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	24481.70	42.07	22.60	15075.14	19293.14	15075.14	19293.14	2.6254	1.000	23321.191	Fisurado
Y16	3.36	0.13	23947.30	5.4824	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	23947.30	28.17	18.02	15323.57	19609.28	15323.57	19609.28	2.6257	1.000	23198.279	Fisurado
Y17	4.38	0.13	29897.20	5.2506	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	29897.20	107.11	59.74	18515.67	46261.33	18515.67	46261.33	1.7531	1.000	29937.056	Fisurado
Y18	6.07	0.13	38746.10	4.9102	7.3485 Kg/cm ²	Muro Correcto	38746.10	93.63	57.75	32973.25	82474.96	32973.25	82474.96	2.4268	1.000	40870.153	Fisurado

ANEXO N° 02: Modulo de la vivienda multifamiliar en la urbanización Monserrate (Vista Frontal)



ANEXO N° 03: Modulo de la vivienda multifamiliar en la urbanización Monserrate (Vista Lateral)



ANEXO N° 04: Modulo de la vivienda multifamiliar en la urbanización Monserrate (Vista Posterior)



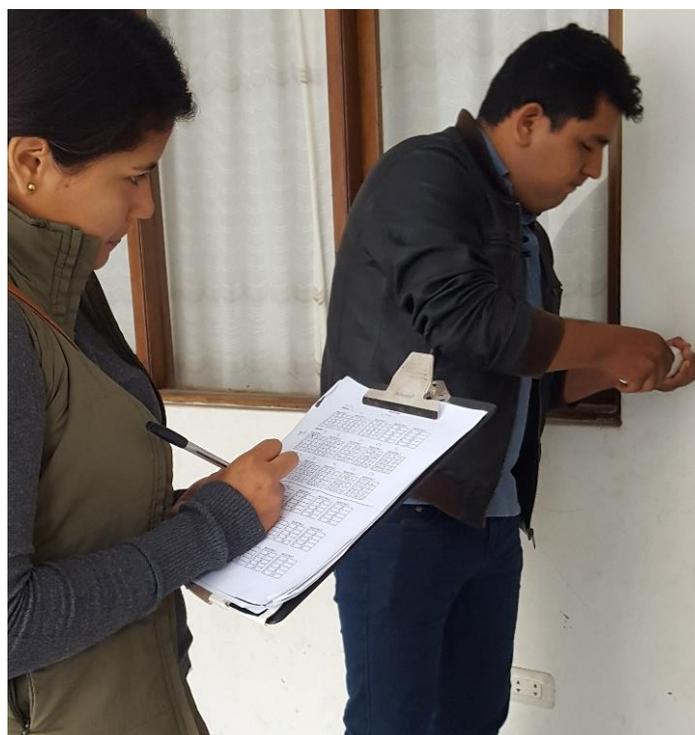
ANEXO N° 05: Vista interior del edificio



ANEXO N° 06: Evidencia de toma de datos para el ensayo de esclerometría en elementos estructurales del edificio en estudio



ANEXO N° 07: Evidencia de toma de datos para el ensayo de esclerometría en elementos estructurales del edificio en estudio



ANEXO N° 08: Evidencia de toma de datos para el ensayo de esclerometría en elementos estructurales del edificio en estudio

GRUPO:		GRUPO: C5		GRUPO:	
MUESTRA 1 C1	MUESTRA 2 C2	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
1) 33 6) 34	1) 35 6) 33	1) 33 6) 33	1) 46.5 6) 47.5	1) 33 6) 39	1) 36 6) 34
2) 39 7) 38	2) 34 7) 32	2) 28 7) 31	2) 39 7) 48	2) 35 7) 33.5	2) 32 7) 35
3) 42.5 8) 37	3) 33 8) 37	3) 29.5 8) 31.5	3) 42 8) 44.5	3) 37 8) 35	3) 32 8) 34.5
4) 38 9) 39	4) 35 9) 32	4) 29 9) 29.5	4) 39.5 9) 40	4) 34 9) 36	4) 36 9) 34
5) 35 10) 38	5) 33 10) 32	5) 32 10) 27	5) 43 10) 44	5) 38 10) 37	5) 33.5 10) 33.5
MUESTRA 3 C3	MUESTRA 4 C4	MUESTRA 5	MUESTRA 1 C1(L)	MUESTRA 2 C2(R)	MUESTRA 3
1) 36 6) 32	1) 45 6) 43	1) 43 6) 42	1) 36 6) 35	1) 36 6) 35	1) 33 6) 39
2) 32 7) 30	2) 43 7) 42.5	2) 42 7) 45	2) 31.5 7) 34.5	2) 32 7) 35	2) 35 7) 33.5
3) 35 8) 30	3) 43 8) 40	3) 43 8) 46	3) 35 8) 33	3) 32 8) 34.5	3) 37 8) 35
4) 30 9) 23	4) 34 9) 42	4) 40 9) 43	4) 36 9) 32	4) 36.5 9) 39	4) 34 9) 36
5) 31.5 10) 29	5) 43 10) 44	5) 41 10) 35	5) 34.5 10) 36	5) 38.5 10) 41	5) 38 10) 37

ANEXO N° 09: Instrumento utilizado en el ensayo de esclerometría (Esclerómetro)



ANEXO N° 10: Medición de elementos estructurales (ambiente 1)



ANEXO N° 11: Medición de elemento estructural columna (ambiente 2)

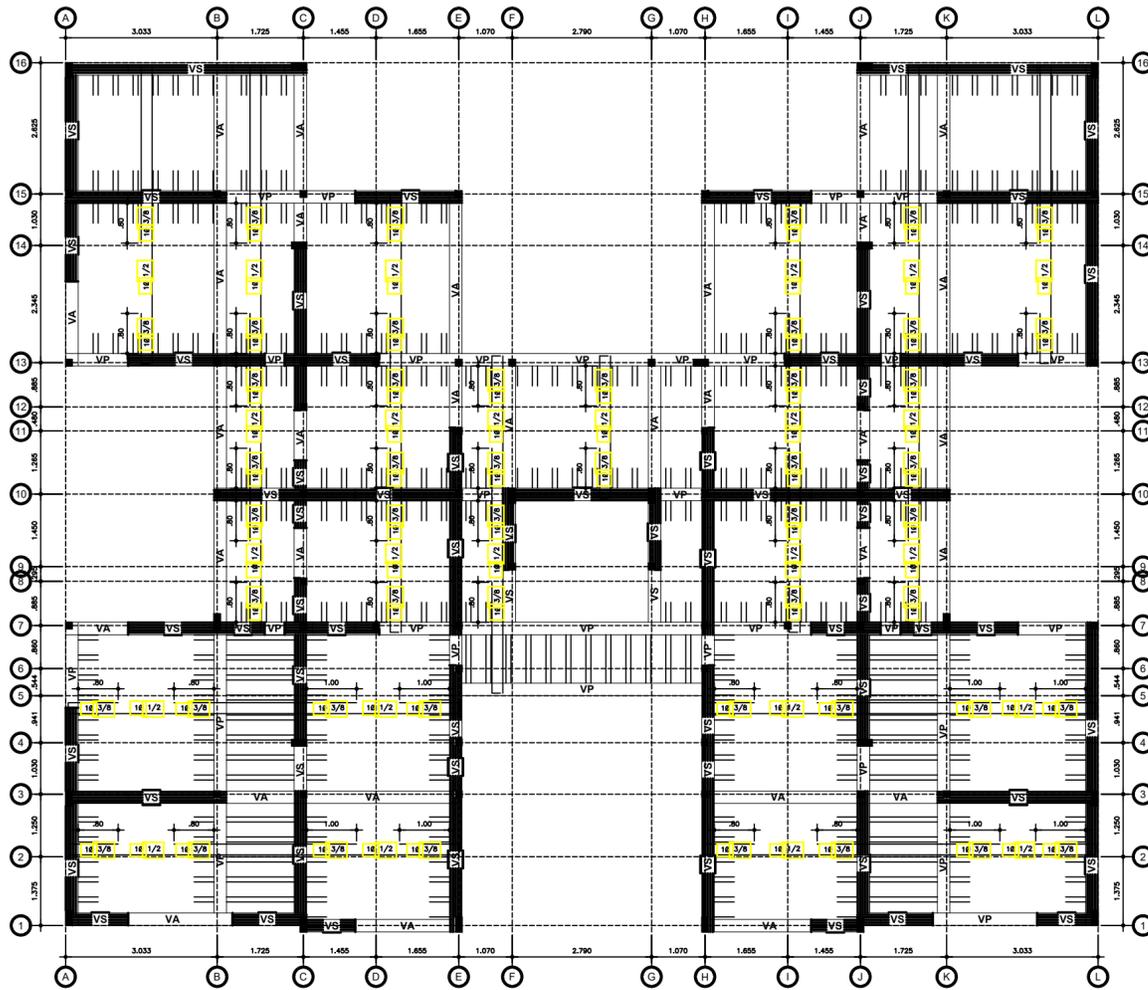


ANEXO N° 12: Ficha de evaluación utilizando los parámetros del método Benedetti – Petrini.

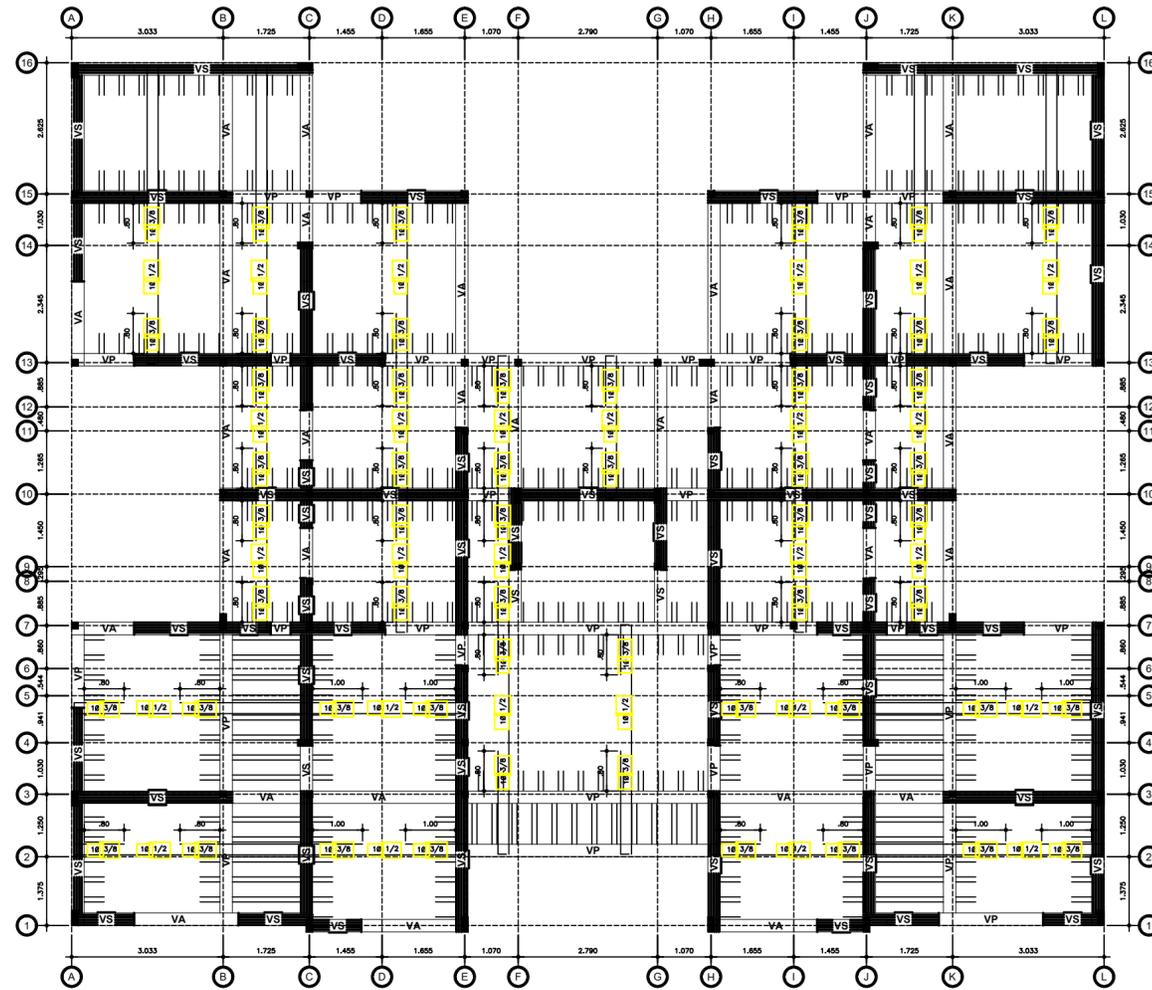
EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR FICHA DE EVALUACION PARA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO (METODO DEBENEDETTI - PETRINI)				
Nombre o numero del edificio				:
Ubicación del edificio				:
Fecha				:
N°	PARAMETROS	INDICACIONES	ELEMENTOS DE INSPECCION	CLASE
1	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	Completar y marcar según lo constatado	Año de la construcción : <input type="text"/> Asesoría Técnica : <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	
2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	Marcar según lo observado	Estado de Materiales : <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Malo Proceso Constructivo : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
3	RESISTENCIA CONVENCIONAL	Completar según lo observado en la estructura	Numero de Pisos (N) : _____ Ax: Área de Muros en X (m2) : _____ Ay: Área de Muros en Y (m2) : _____ Área de columnas (m2) : _____ Altura promedio de entrepiso (m) : _____ Área de cubierta (m2) : _____ γ (ton/m2) : _____	
4	POSICION DEL EDIFICIO Y CIMENTACION	Marcar según lo observado	Pendiente pronunciada : <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Presencia de sales : <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Presencia de filtraciones : <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	
5	DIAFRAGMAS HORIZONTALES	Marcar según lo observado	Discontinuidades Abruptas : <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Buena conexión diafragma - elemento vertical : <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Deflexión del diafragma : <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	
6	CONFIGURACION EN PLANTA	Especificar los siguientes parámetros	a : _____ b : _____ L : _____ Xcg : _____ Ycg : _____ Xmin : _____ Ymin : _____ Xmax : _____ Ymax : _____ I _r : _____	
7	CONFIGURACION EN ELEVACION	Especificar y marcar según las características de la estructura	Aumento o reducción de masa o áreas : _____ RL : _____ Piso blando : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Irregularidad del S.R : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Columna corta : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
8	DISTANCIA MAXIMA ENTRE COLUMNAS	Especificar según los planos	L (espaciamiento de columnas en metros) : _____ S (espesor de la columna maestra en metros) : _____ Factor L/S : _____	
9	TIPO DE CUBIERTA	Marcar según las características de la estructura	Cubierta estable : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conexión cubierta-elemento vertical adecuada : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Cubierta plana : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Material Liviano : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
10	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	Considerar B (Bueno), R (Regular), M (Malo) según conexión	Cornisa y parapetos : <input type="checkbox"/> Tanques de agua prefabricados : <input type="checkbox"/> Balcones y volados : <input type="checkbox"/> Pequeños elementos : <input type="checkbox"/> Sin elementos vinculados : <input type="checkbox"/>	
11	ESTADO DE CONSERVACION	Marcar según lo observado en las estructuras de concreto armado	Buen estado : <input type="checkbox"/> Ligeramente dañado : <input type="checkbox"/> Mal estado de conservación : <input type="checkbox"/>	



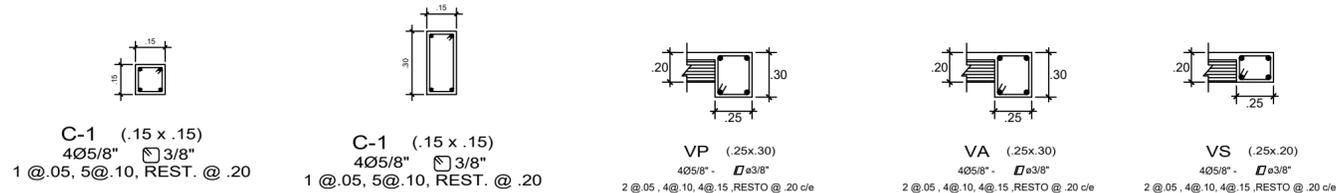
13.01. PLANOS ESTRUCTURALES



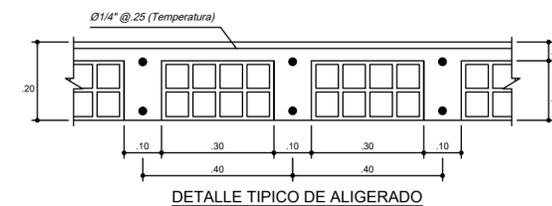
1er- 2do NIVEL



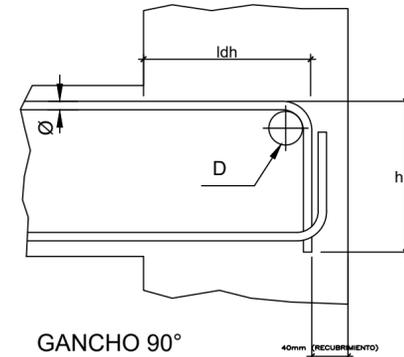
3er - 5to NIVEL



DETALLES ESTANDARES



DETALLE TÍPICO DE ALIGERADO



GANCHO 90°

#	Ø	D (mm.)	ldh (mm.)	h (mm.)
3	3/8"	60	210	150
4	1/2"	75	280	200
5	5/8"	100	350	250
6	3/4"	115	420	300
8	1"	155	550	400
11	1.3/8"	280	750	550

TRASLAPES Y EMPALMES			ESTRIBOS		
Ø	LOSAS VIGAS (cm)	COLUM (cm)	LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS	
6 mm	30	-			
8 mm 3/8"	40	30			
1/2"	50	40			
5/8"	60	50			

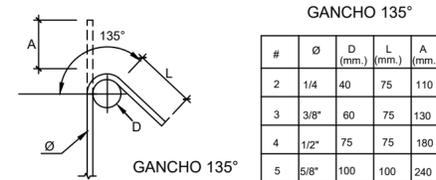
NO SE PERMITIRAN EMPALMES DEL REFUERZO SUPERIOR (NEGATIVO) EN UN TERCIO CENTRAL. NO SE EMPALMARAN MAS DEL 50% DE LA ARMADURA EN UNA MISMA SECCION.

LOS EMPALMES L SE UBICARAN EN EL TERCIO CENTRAL. NO SE EMPALMARAN MAS DEL 50% DE LA ARMADURA EN UNA MISMA SECCION.

Ø	L	Rmax
1/4"	10 cm	1.5 cm
3/8"	15 cm	2.0 cm

CUADRO DE GANCHOS STANDARD EN VARILLAS DE FIERRO CORRUGADAS	
#	G (cm)
1/4"	15
3/8"	20
1/2"	25
5/8"	35
3/4"	45

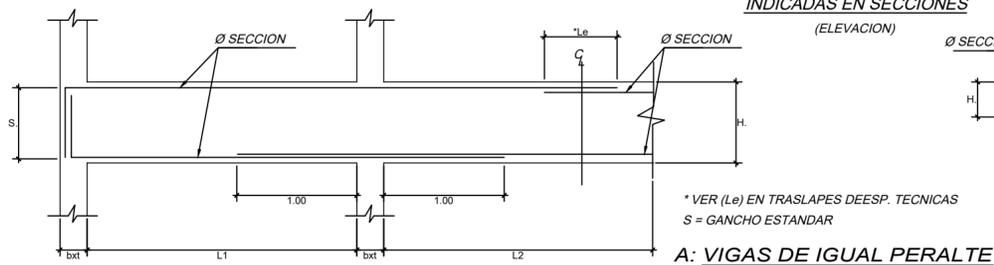
NOTA: EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN FORMA LONGITUDINAL EN VIGAS Y LOSA DE CIMENTACION, COLUMNA Y VIGAS, DEBERAN TERMINAR EN GANCHOS STANDARD, LOS CUALES SE ALOJARAN EN EL CONCRETO CON LAS DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN EL CUADRO MOSTRADO.



GANCHO 135°

#	Ø	D (mm.)	L (mm.)	A (mm.)
2	1/4"	40	75	110
3	3/8"	60	75	130
4	1/2"	75	75	180
5	5/8"	100	100	240

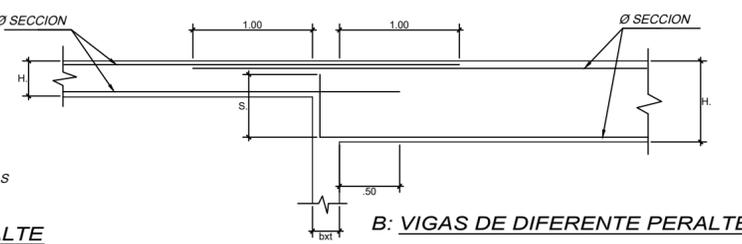
UNION LONGITUDINAL DE VIGAS INDICADAS EN SECCIONES (ELEVACION)



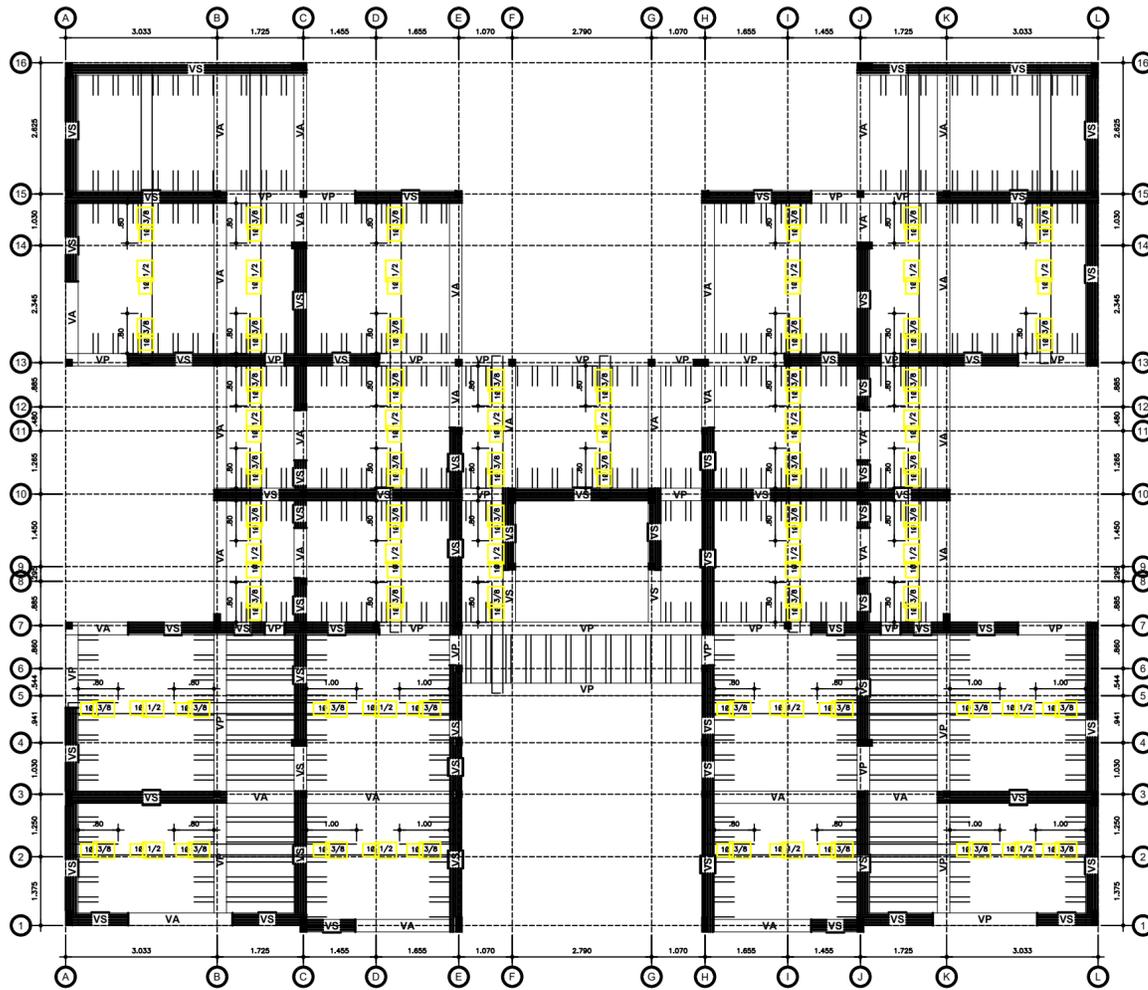
* VER (Le) EN TRASLAPES DEESP. TECNICAS
S = GANCHO ESTANDAR

A: VIGAS DE IGUAL PERALTE

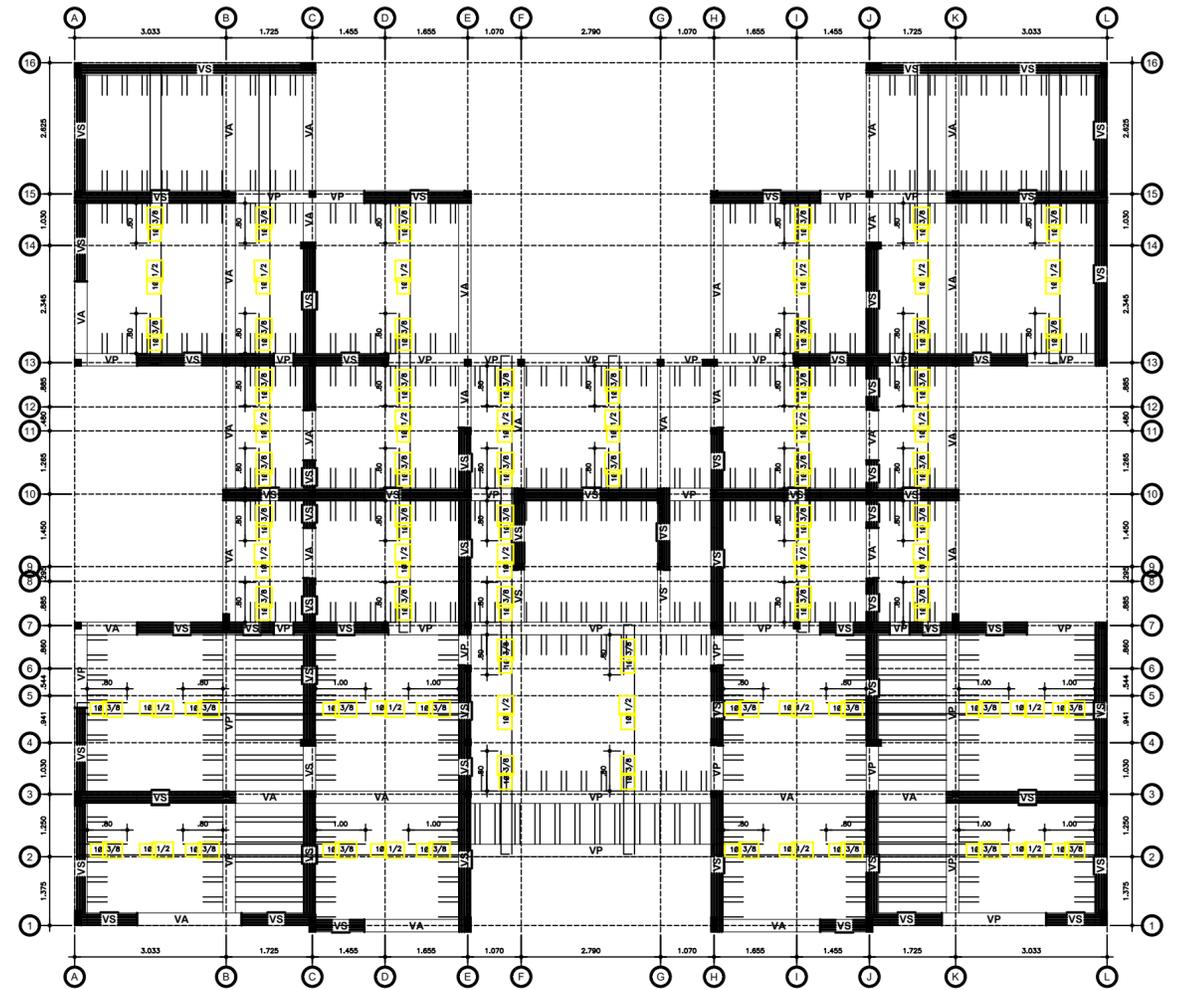
DETALLES DE REFUERZO (DIAMETRO DE DOBLEZ Y GANCHOS ESTANDAR)



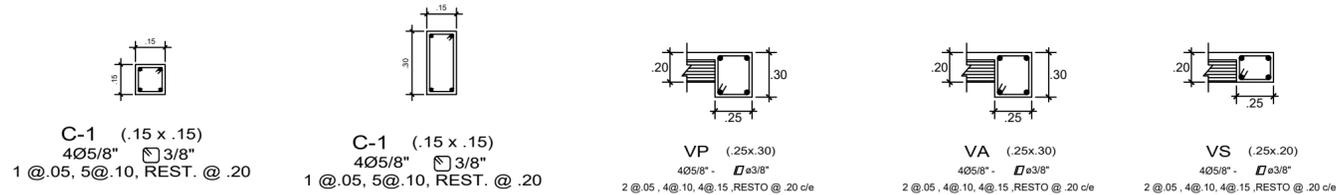
B: VIGAS DE DIFERENTE PERALTE



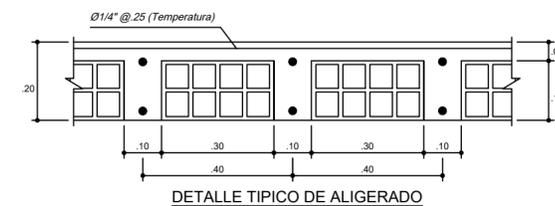
1er- 2do NIVEL



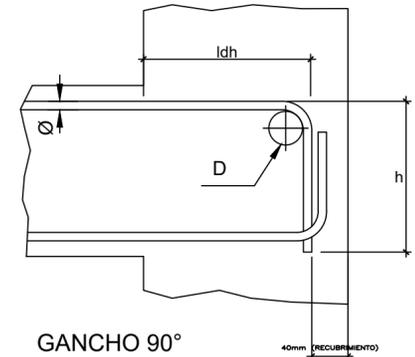
3er - 5to NIVEL



DETALLES ESTANDARES



DETALLE TÍPICO DE ALIGERADO



GANCHO 90°

#	Ø	D (mm.)	ldh (mm.)	h (mm.)
3	3/8"	60	210	150
4	1/2"	75	280	200
5	5/8"	100	350	250
6	3/4"	115	420	300
8	1"	155	550	400
11	1.3/8"	280	750	550

TRASLAPES Y EMPALMES			ESTRIBOS		
Ø	LOSAS VIGAS (cm)	COLUM (cm)	LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS	
6 mm	30	-			
8 mm 3/8"	40	30			
1/2"	50	40			
5/8"	60	50			

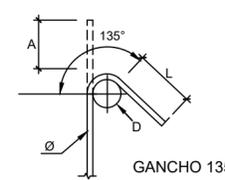
NO SE PERMITIRAN EMPALMES DEL REFUERZO SUPERIOR (NEGATIVO) EN UNA LONGITUD DE 1/4 DE LUZ DE LA LOSA O VIGA A CADA LADO DE LA COLUMNA O APOYO

LOS EMPALMES L SE UBICARAN EN EL TERCIO CENTRAL. NO SE EMPALMARAN MAS DEL 50% DE LA ARMADURA EN UNA MISMA SECCION

Ø	L	Rmax
1/4"	10 cm	1.5 cm
3/8"	15 cm	2.0 cm

CUADRO DE GANCHOS STANDARD EN VARILLAS DE FIERRO CORRUGADAS	
#	G (cm)
1/4"	15
3/8"	20
1/2"	25
5/8"	35
3/4"	45

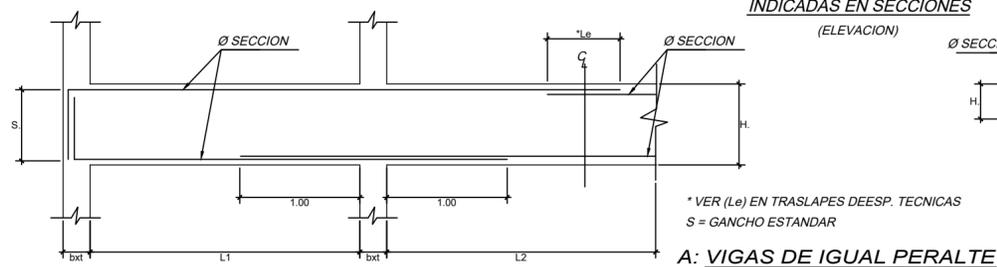
NOTA: EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN FORMA LONGITUDINAL EN VIGAS Y LOSA DE CIMENTACION, COLUMNA Y VIGAS, DEBERAN TERMINAR EN GANCHOS STANDARD, LOS CUALES SE ALOJARAN EN EL CONCRETO CON LAS DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN EL CUADRO MOSTRADO.



GANCHO 135°

#	Ø	D (mm.)	L (mm.)	A (mm.)
2	1/4"	40	75	110
3	3/8"	60	75	130
4	1/2"	75	75	180
5	5/8"	100	100	240

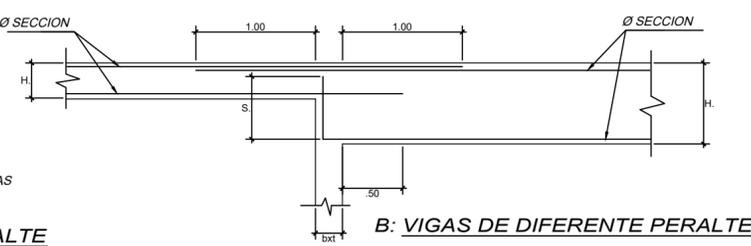
UNION LONGITUDINAL DE VIGAS INDICADAS EN SECCIONES (ELEVACION)



* VER (Le) EN TRASLAPES DEESP. TECNICAS
S = GANCHO ESTANDAR

A: VIGAS DE IGUAL PERALTE

DETALLES DE REFUERZO (DIAMETRO DE DOBLEZ Y GANCHOS ESTANDAR)



B: VIGAS DE DIFERENTE PERALTE

Disparo / Punto	Elementos Estructurales de esclerometría (a)									
	Columna							Vigas		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	V1	V2	V3
01	33	35	33	36	33	33	46	45	47	43
02	39	34	33	32	32	28	43	43	39	42
03	43	33	35	35	32	30	48	43	42	43
04	38	35	35	30	32	29	47	34	40	40
05	35	33	36	38	34	32	47	43	43	41
06	34	33	33	32	33	30	47	43	48	42
07	38	32	34	30	34	31	45	43	48	45
08	37	37	36	30	33	32	50	40	45	46
09	39	32	33	23	32	30	49	42	40	43
10	38	32	35	29	34	27	48	44	44	35
Valor Promedio	37	34	34	31	33	30	47	42	43	42
Minimo Admisible	31	28	28	25	27	24	41	36	37	36
Maximo Admisible	43	40	40	37	39	36	53	48	49	48
Dirección										
Indice de Rebote	21.14	21.89	21.82	21.82	21.89	21.95	22.13	22.2	22.38	22.38
Resistencia Probable	197	211	210	210	211	212	216	217	220	220
N =	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Media =	38	33	35	31	33	30	47	43	44	43
Dispersión Experimental =	2.77	1.65	1.18	4.14	0.82	1.85	1.9	3.08	3.29	3.02
Desviación Tipica =	1.66	1.28	1.09	2.03	0.91	1.36	1.38	1.75	1.81	1.74
T Student =	0.99	0.04	1.23	0.59	0.29	0.84	1.09	0.06	0.3	1.15
Condición de la medida =	Apta	Apta	Apta	Apta	Apta	Apta	Apta	Apta	Apta	Apta
Error probable máximo =	0.88	0.52	0.37	1.31	0.26	0.59	0.60	0.97	1.04	0.96
Intervalo de Validez	198	212	210	211	211	213	217	218	221	221
	196	210	210	209	211	211	215	216	219	219

Datos válidos para toda la estructura

N =	10
Media =	212 kg/cm ²
Dispersión Experimental =	6.69
Desviación Tipica =	2.59
T student =	0.10
Condición de la medida =	Apta
Error probable máximo =	2.12 kg/cm ²
Intervalo de Validez	214 kg/cm ²
	209 kg/cm ²