

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS:**

**EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL MODULO  
DE SERVICIOS GENERALES Y HOSPITALIZACION DEL HOSPITAL  
REGIONAL DE HUACHO – 2019**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. PRINCIPE YACAS ANDRES ERNESTO**

**BACH. VENTOCILLA JIMENEZ RAUL EDUARD**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

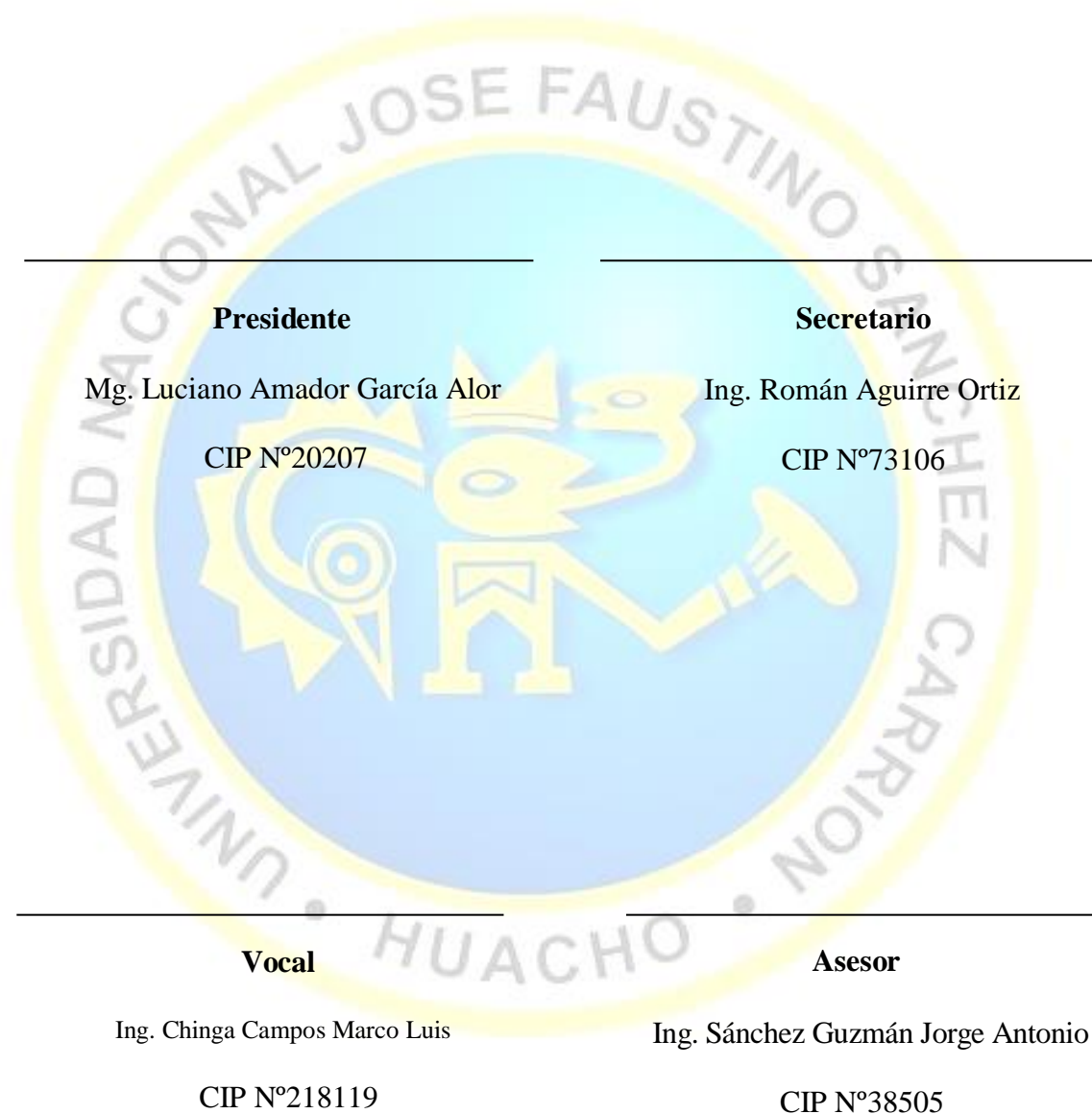
**ASESOR:**

**ING. JORGE ANTONIO SANCHEZ GUZMAN**

**HUACHO-PERU**

**2019**

“EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL MODULO DE  
SERVICIOS GENERALES Y HOSPITALIZACION DEL HOPSITAL REGIONAL DE  
HUACHO - 2019”



The logo of the Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrion Huacho is a circular emblem. It features a central yellow figure that is a stylized representation of a person or a deity, possibly a sun god, with a crown and a staff. The figure is set against a blue background. The text "UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION" is written in a circular path around the central figure, and "HUACHO" is written at the bottom of the circle.

---

<b>Presidente</b>	<b>Secretario</b>
Mg. Luciano Amador García Alor	Ing. Román Aguirre Ortiz
CIP N°20207	CIP N°73106
<b>Vocal</b>	<b>Asesor</b>
Ing. Chinga Campos Marco Luis	Ing. Sánchez Guzmán Jorge Antonio
CIP N°218119	CIP N°38505

---



### **DEDICATORIA**

La presente investigación lo dedico a mis padres, abuelos y demás familiares por brindarme los principios educativos, el amor y la perseverancia de superar las adversidades que se presentan en el camino de la vida.

**Andrés Ernesto Príncipe Yacas**



### **DEDICATORIA**

La presente investigación lo dedico a mis padres Raul e Irene, mis hermanos y tíos, quienes siempre me apoyaron lo largo de mi formación profesional. .

**Raul Eduard Ventocilla Jimenez**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por ser los principales protagonistas de mis sueños, por su amor incondicional, sus sacrificios que han hecho por mí, por confiar en mis decisiones, creer en mis ideales, por sus consejos, valores y principios que me han inculcado.

Gracias a mis abuelos paternos y maternos porque siempre me aconsejaron en todos los sentidos y por el gran amor de cobijo que he recibido de ellos cada día de mi existencia.

A esa persona especial que siempre confió en mí y me dio el impulso necesario para seguir cumpliendo mis objetivos.

A los amigos que me brindaron apoyo y aliento cuando lo necesitaba, así como también a Raul Eduard Ventocilla Jimenez por el esfuerzo que dedicamos a este proyecto de investigación.

A la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión y la Facultad de Ingeniería Civil, así como también a los docentes que me enseñaron a lo largo de formación profesional.

**Andrés Ernesto Príncipe Yacas**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por ser los principales protagonistas de mis sueños, por su amor incondicional, sus sacrificios que han hecho por mí, por confiar en mis decisiones, creer en mis ideales, por sus consejos, valores y principios que me han inculcado.

Gracias a mis abuelos paternos y maternos porque siempre me aconsejaron en todos los sentidos y por el gran amor de cobijo que he recibido de ellos cada día de mi existencia.

A esa persona especial que siempre confió en mí y me dio el impulso necesario para seguir cumpliendo mis objetivos.

A los amigos que me brindaron apoyo y aliento cuando lo necesitaba, así como también a Andrés Ernesto Príncipe Yacas por el esfuerzo que dedicamos a este proyecto de investigación.

A la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión y la Facultad de Ingeniería Civil, así como también a los docentes que me enseñaron a lo largo de formación profesional.

**Raul Eduard Ventocilla Jimenez**

# INDICE

RESUMEN .....	14
ABSTRACT .....	16
INTRODUCCION .....	18
CAPÍTULO I .....	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	20
1.2 Formulación del problema .....	22
1.2.1 Problema general .....	22
1.2.2 Problemas específicos .....	22
1.3 Objetivos de la investigación .....	23
1.3.1 Objetivo general .....	23
1.3.2 Objetivos específicos .....	23
1.4 Justificación de la investigación .....	24
1.4.1 Justificación por su conveniencia .....	24
1.4.2 Justificación práctica .....	24
1.4.3 Justificación teórica .....	24
1.4.4 Justificación Metodológica .....	24
CAPITULO II .....	25
MARCO TEORICO .....	25
2.1 Antecedentes de la investigación .....	25
2.1.1 Internacionales. ....	25
2.1.2 Nacionales. ....	27
2.2 Bases teóricas .....	29

2.3 Definiciones conceptuales.....	52
2.4 Formulación de hipótesis.....	55
2.4.1 Hipótesis general.....	55
2.4.2 Hipótesis específica.....	55
CAPITULO III.....	56
METODOLOGÍA.....	56
3.1 Diseño de metodológico.....	56
3.1.1 Nivel de Investigación.....	56
3.1.2 Diseño de Investigación.....	56
3.1.3 Tipo de Investigación.....	56
3.1.4 Enfoque.....	57
3.2 Población y muestra.....	57
3.3 Operacionalización de variables e indicadores.....	58
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	59
3.4.1 Técnicas a emplear.....	59
3.4.2 Descripción de instrumentos.....	59
3.5 Técnicas para el procesamiento de la información.....	61
CAPITULO IV.....	62
DIAGNOSTICO - RESULTADOS DE LA VULNERABILIDAD DEL MODULO DE SERVICIOS GENERALES Y HOSPITALIZACION DEL HOSPITAL REGIONAL DE HUACHO.....	62
4.1 Ubicación.....	62
4.2 Peligro Sísmico.....	63
4.3 Configuración Estructural.....	67
4.3.1 Configuración en planta.....	67
4.3.2 Configuración en altura.....	75



4.4 Análisis Estructural.....	79
4.4.1 Sector “E”.....	80
4.4.2 Sector “F”.....	86
4.4.3 Sector “K”.....	92
4.4 Daño sísmico.....	98
4.5 Riesgo sísmico.....	102
4.6 Filosofía y principios del diseño sismorresistente.....	103
4.6 Contrastación de hipótesis.....	104
4.6.1 Hipótesis general.....	104
4.6.2 Hipótesis específicas.....	104
CAPITULO V.....	106
DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
4.1 Discusión.....	106
4.2 Conclusiones.....	107
4.3 Recomendaciones.....	108
CAPITULO VI.....	109
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	109
5.1 Referencias Bibliográficas.....	109
CAPITULO VII.....	112
ANEXOS.....	112

## INDICE DE TABLAS

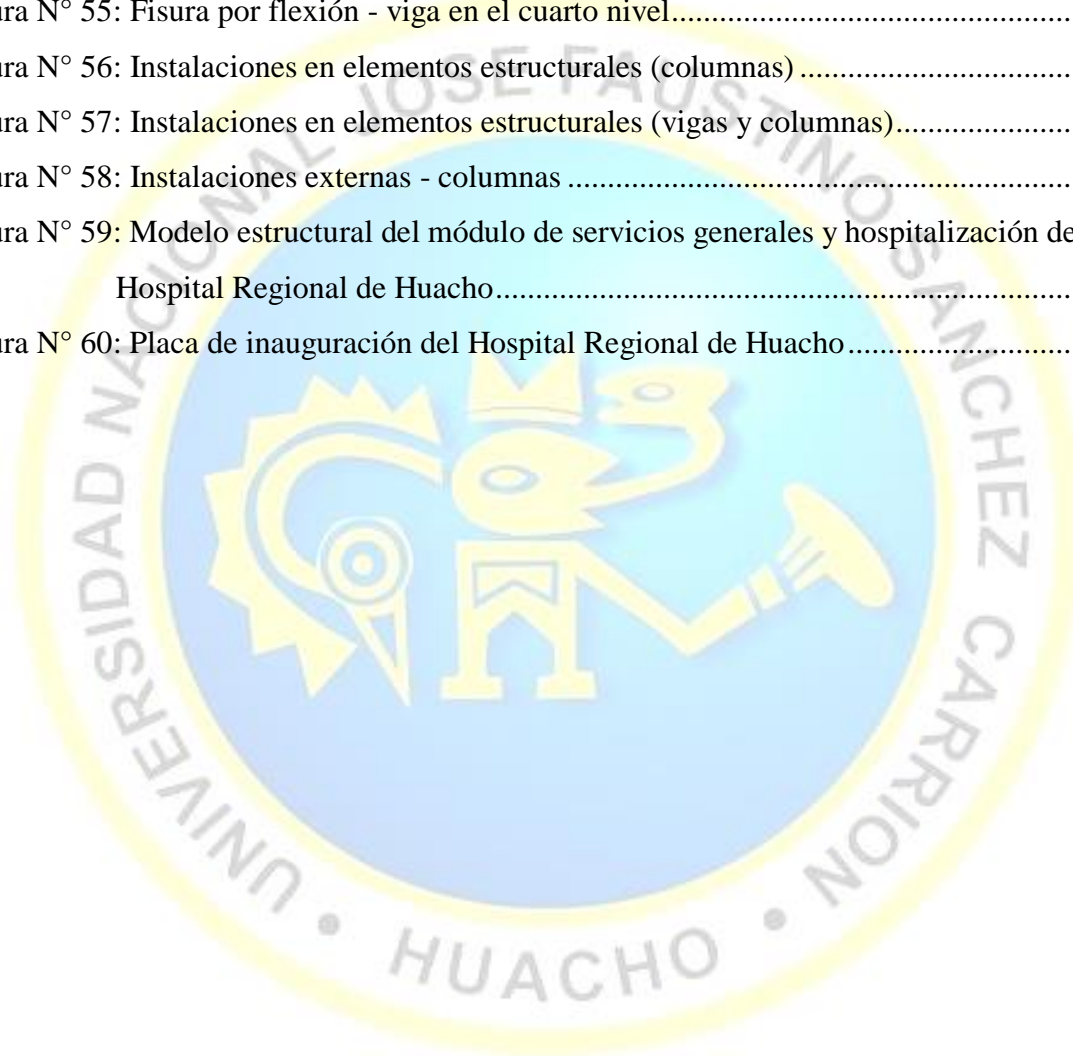
Tabla N° 1: Operacionalización de variables .....	58
Tabla N° 2: Factor de amplificación de suelo .....	65
Tabla N° 3: Periodos "Tp" y "TL" .....	65
Tabla N° 4: Categoría de las edificaciones y factor "U" .....	66
Tabla N° 5: Cortante estático del primer nivel en dirección "X" e "Y" - Sector "E" .....	81
Tabla N° 6: Modos de Vibración del Sector "E" .....	82
Tabla N° 7: Verificación de cortantes según Norma E.030 - Sector "E" .....	84
Tabla N° 8: Distorsiones de entrepiso del sector "E" en dirección "X" .....	85
Tabla N° 9: Distorsiones de entrepiso del sector "E" en dirección "Y" .....	85
Tabla N° 10: Cortante estático del primer nivel en dirección "X" e "Y" - Sector "F" .....	87
Tabla N° 11: Modos de Vibración del Sector "F" .....	88
Tabla N° 12: Verificación de cortantes según Norma E.030 - Sector "F" .....	90
Tabla N° 13: Distorsiones de entrepiso del sector "F" en dirección "X" .....	91
Tabla N° 14: Tabla N° 9: Distorsiones de entrepiso del sector "F" en dirección "Y" .....	91
Tabla N° 15: Cortante estático del primer nivel en dirección "X" e "Y" - Sector "K" .....	93
Tabla N° 16: Modos de Vibración del Sector "K" .....	94
Tabla N° 17: Verificación de cortantes según Norma E.030 - Sector "K" .....	96
Tabla N° 18: Distorsiones de entrepiso del sector "K" en dirección "X" .....	97
Tabla N° 19: Tabla N° 18: Distorsiones de entrepiso del sector "K" en dirección "Y" .....	97

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Cinturón de fuego en América del sur.....	20
Figura N° 2: Módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho .....	21
Figura N° 3: Deriva continental según Wegener.....	34
Figura N° 4: Principales placas tectónicas de la Tierra .....	36
Figura N° 5: Tipos de límites entre placas: a) Límite de transformación, b) Límite divergente, c) Límite convergente.....	36
Figura N° 6: Teoría de rebote elástico en terremotos.....	37
Figura N° 7: Ubicación del foco, epicentro y de las ondas sísmicas.....	39
Figura N° 8: Sismicidad histórica de Perú entre 1500-1959, parámetros epicentrales, magnitud y energía .....	41
Figura N° 9: Sismicidad histórica de Perú entre 1500-1959, distribución epicentral de los sismos .....	42
Figura N° 10: Distribución de cargas .....	45
Figura N° 11: Daño en esquina débil de una edificación .....	46
Figura N° 12: Ubicación de muros de corte para evitar volteo y torsión .....	46
Figura N° 13: Ejemplos de componentes no estructurales y contenidos de estructura .....	49
Figura N° 14: Variables que intervienen en el riesgo sísmico .....	50
Figura N° 15: Ubicación del módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho.....	62
Figura N° 16: Factor de Zonificación.....	63
Figura N° 17: Zona Sísmica del Hospital Regional de Huacho .....	64
Figura N° 18: Formulas para el cálculo del factor de amplificación sísmica (C) .....	65
Figura N° 19: Identificación del sistema estructural .....	68
Figura N° 20: Distribución de primer piso del módulo de servicios generales y hospitalización .....	69

Figura N° 21: Distribución de segundo piso del módulo de servicios generales y hospitalización .....	70
Figura N° 22: Distribución de tercer piso del módulo de servicios generales y hospitalización .....	71
Figura N° 23: Distribución de cuarto piso del módulo de servicios generales y hospitalización .....	72
Figura N° 24: Sectores del módulo de servicios generales y hospitalización .....	73
Figura N° 25: Junta de construcción - Vista exterior .....	73
Figura N° 26: Junta de construcción - Vista interior (columna-piso terminado) .....	74
Figura N° 27: Junta de construcción - Vista interior (columna-viga) .....	74
Figura N° 28: Vista frontal de la configuración en altura .....	75
Figura N° 29: Vista lateral de la configuración en altura .....	76
Figura N° 30: Columna corta en elevación principal .....	77
Figura N° 31: Columna corta en muros perimetrales internos .....	77
Figura N° 32: Columna corta en muros internos .....	78
Figura N° 33: Columna corta en muros perimetrales externos .....	78
Figura N° 34: Plano aligerado del sector "E" .....	80
Figura N° 35: Modelo estructural en 3D del sector "E" .....	80
Figura N° 36: Espectro de Diseño - Sector "E" .....	81
Figura N° 37: Primer modo de vibración del Sector "E" .....	82
Figura N° 38: Segundo modo de vibración del Sector "E" .....	83
Figura N° 39: Tercer modo de vibración del Sector "E" .....	83
Figura N° 40: Plano aligerado del sector "F" .....	86
Figura N° 41: Modelo estructural en 3D del sector "F" .....	86
Figura N° 42: Espectro de Diseño - Sector "F" .....	87
Figura N° 43: Primer modo de vibración del Sector "F" .....	88
Figura N° 44: Segundo modo de vibración del Sector "F" .....	89
Figura N° 45: Tercer modo de vibración del Sector "F" .....	89
Figura N° 46: Plano aligerado del sector "K" .....	92
Figura N° 47: Modelo estructural en 3D del sector "K" .....	92
Figura N° 48: Espectro de Diseño - Sector "K" .....	93

Figura N° 49: Primer modo de vibración del Sector "K" .....	94
Figura N° 50: Segundo modo de vibración del Sector "K" .....	95
Figura N° 51: Tercer modo de vibración del Sector "K" .....	95
Figura N° 52: Fisura por corte - elementos no estructurales .....	98
Figura N° 53: Fisura por corte - elementos estructurales .....	99
Figura N° 54: Fisura por flexión - viga en el segundo nivel .....	99
Figura N° 55: Fisura por flexión - viga en el cuarto nivel.....	100
Figura N° 56: Instalaciones en elementos estructurales (columnas) .....	100
Figura N° 57: Instalaciones en elementos estructurales (vigas y columnas).....	101
Figura N° 58: Instalaciones externas - columnas .....	101
Figura N° 59: Modelo estructural del módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho.....	102
Figura N° 60: Placa de inauguración del Hospital Regional de Huacho.....	103



## RESUMEN

En el presente trabajo se expone como tema principal la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho.

El diseño metodológico empleado es de enfoque cuantitativo y de tipo aplicada con un diseño de investigación no experimental, transversal y descriptiva.

La población y muestra es el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho.

El peligro sísmico de la edificación se determinó considerando la zona en donde se encuentra ubicada, según lo indica la norma E.030 de diseño sismorresistente. Dicha zona de estudio presenta alta sismicidad debido a sus características sismológicas.

Al ser avaluado el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho se identificó que tiene una mala distribución de los elementos estructurales, el cual implica que la estructura tenga un comportamiento sismorresistente inadecuado.

Se realizó el análisis dinámico modal espectral de los tres sectores que conforman la estructura en estudio, donde los resultados más desfavorables fueron obtenidos en el Sector "E" que está compuesta por pórticos de concreto armado, la cual no aportan la suficiente rigidez para cumplir con las distorsiones mínimas que se exige en la vigente norma E.030 de diseño sismorresistente.

Mediante la inspección técnica realizada a los ambientes del módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho se observó que existen fisuras en ciertos elementos estructurales, así como la presencia de posibles fallas por columnas cortas que puedan ocurrir ante un evento sísmico severo.

Se determinó también el riesgo sísmico que existe en la edificación, teniendo en cuenta el peligro sísmico, la vulnerabilidad estructural y los daños sísmicos que fueron analizados en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho.

Palabras claves: Vulnerabilidad sísmica, análisis estructural y diseño sismorresistente



## **ABSTRACT**

In the present work, the main subject is the evaluation of the seismic vulnerability of the general services and hospitalization module of the Regional Hospital of Huacho.

The methodological design used is of a quantitative and type approach applied with a non-experimental, transversal and descriptive research design.

The population and sample is the general services and hospitalization module of the Huacho Regional Hospital.

The seismic hazard of the building was determined considering the area where it is located, as indicated by the E.030 norm of seismic design. This study area has high seismicity due to its seismological characteristics.

When the general services and hospitalization module of the Huacho Regional Hospital was evaluated, it was identified that it has a bad distribution of the structural elements, which implies that the structure has an inadequate seismic behavior.

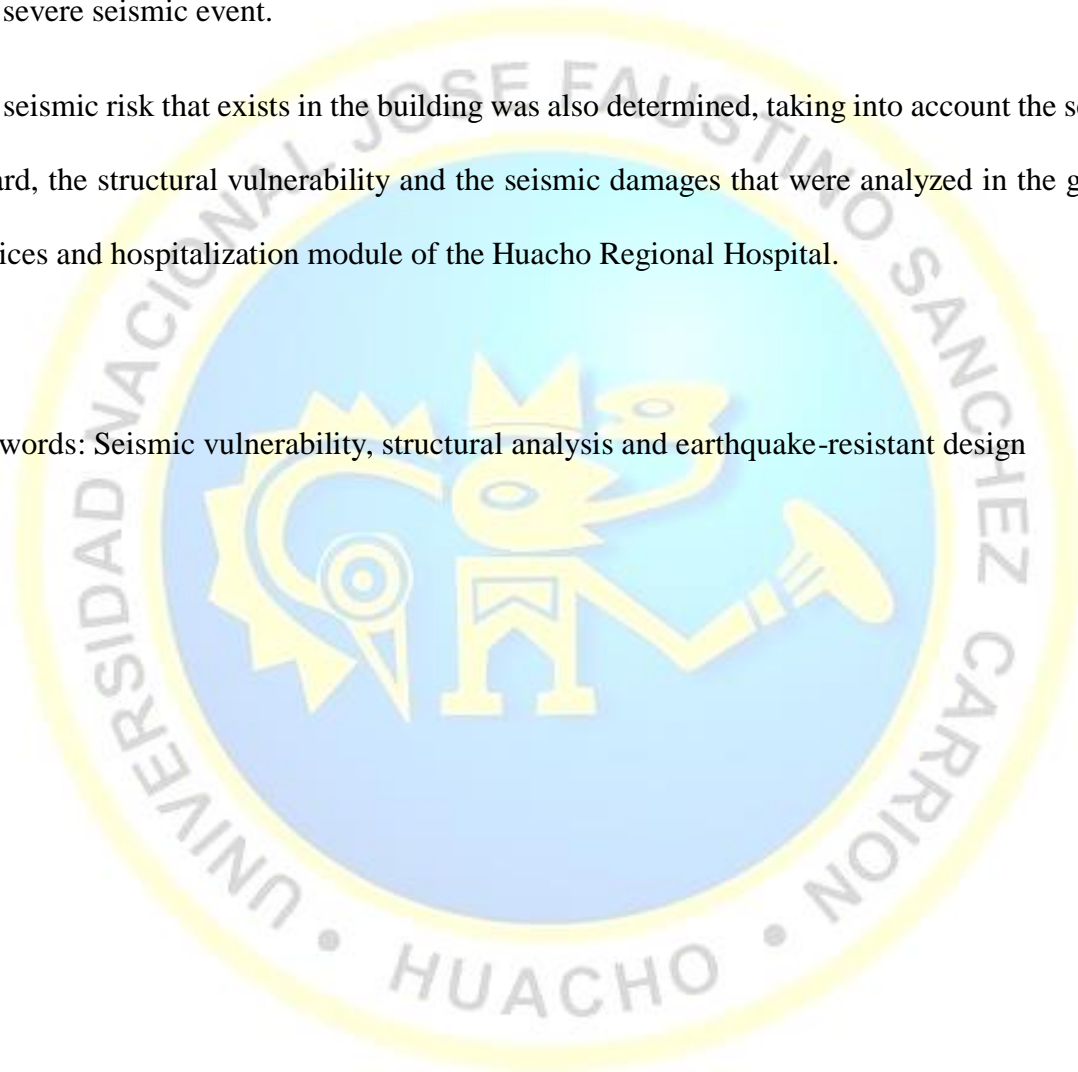
The spectral modal dynamical analysis of the three sectors that make up the structure under study was carried out, where the most unfavorable results were obtained in Sector "E" which is composed of reinforced concrete porticos, which do not provide sufficient rigidity to comply with the minimum distortions required in the current E.030 standard for earthquake-resistant design. .



Through the technical inspection carried out in the general service and hospitalization module of the Huacho Regional Hospital, it was observed that there are cracks in certain structural elements, as well as the presence of possible short column failures that may occur in the event of a severe seismic event.

The seismic risk that exists in the building was also determined, taking into account the seismic hazard, the structural vulnerability and the seismic damages that were analyzed in the general services and hospitalization module of the Huacho Regional Hospital.

Keywords: Seismic vulnerability, structural analysis and earthquake-resistant design



## INTRODUCCION

El Perú es una de las zonas con más actividad sísmica del planeta y según el historial sísmico de la ciudad de Huacho no ha sido afectado por un sismo de magnitud considerable, almacenando así energía que puede ser liberada en cualquier momento. Por lo que estaríamos cerca de un gran sismo que afectaría a todos los distritos de la provincia de Huaura, por lo que la presente tesis busca investigar la vulnerabilidad sísmica del módulo más importante del Hospital Regional de Huacho que viene a ser el módulo de servicios generales y hospitalización.

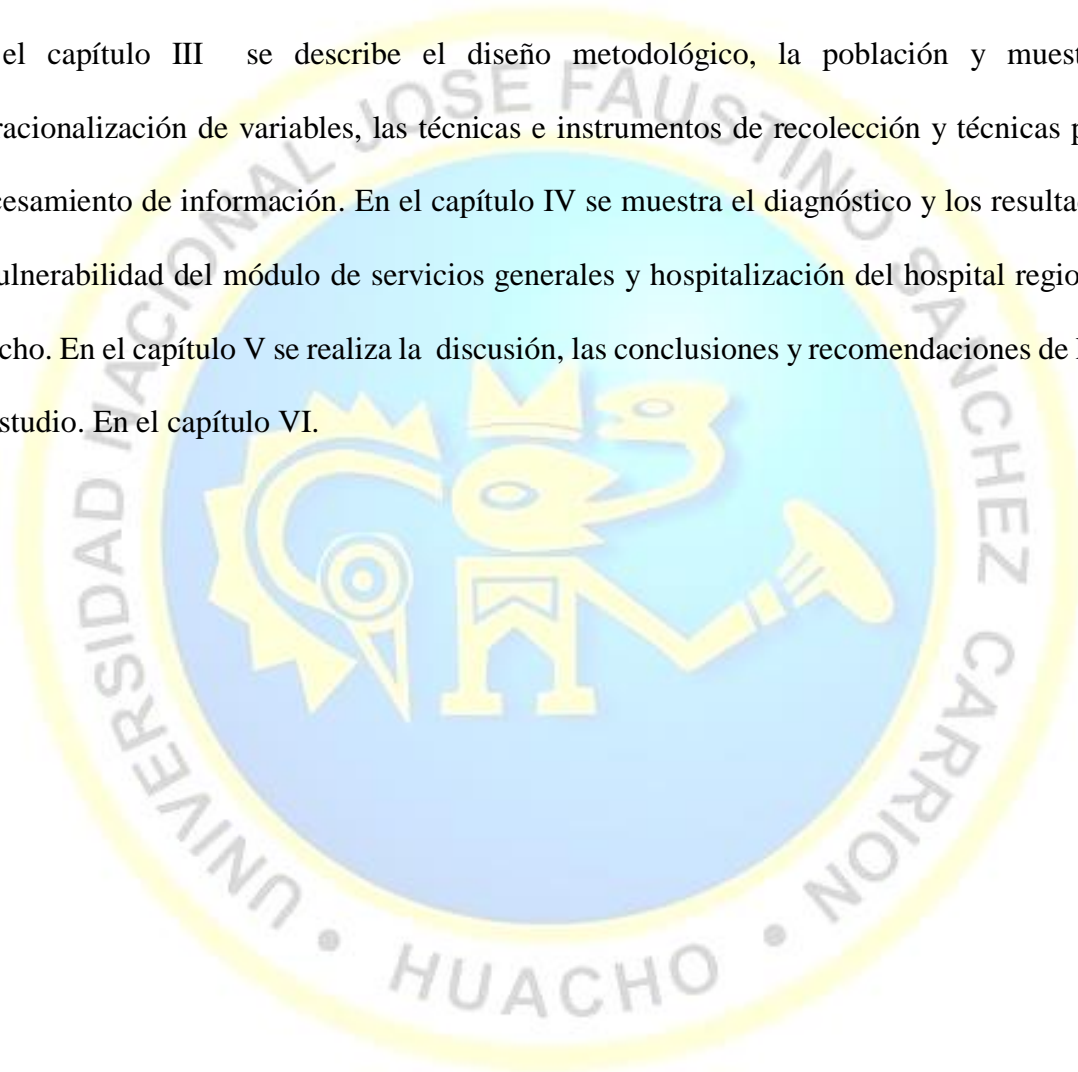
Dicho Hospital fue construido en el año 1970 con parámetros totalmente distinto a lo que indica la norma vigente E.030 de diseño sismorresistente. Al ser una edificación de tipo esencial tiene que cumplir seguir la continuidad funcional durante y después de un sismo severo, brindando atención médica ininterrumpida a la población.

Esta investigación tiene como objetivos generales y específicos: Determinar los indicadores obtenidos en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019. Así como también identificar la probabilidad de peligro sísmico que existe, determinar la vulnerabilidad estructural, los daños sísmicos, el riesgo sísmico y determinar si se cumple con la filosofía y principios del diseño sismorresistente.

En la siguiente investigación se expone en el capítulo I la descripción de la realidad problemática, la formulación del problema, los objetivos y la justificación de la investigación.

En el capítulo II se considera el Marco teórico como sustento académico para la tesis en estudio.

En el capítulo III se describe el diseño metodológico, la población y muestra, la operacionalización de variables, las técnicas e instrumentos de recolección y técnicas para el procesamiento de información. En el capítulo IV se muestra el diagnóstico y los resultados de la vulnerabilidad del módulo de servicios generales y hospitalización del hospital regional de Huacho. En el capítulo V se realiza la discusión, las conclusiones y recomendaciones de la tesis en estudio. En el capítulo VI.



# CAPÍTULO I

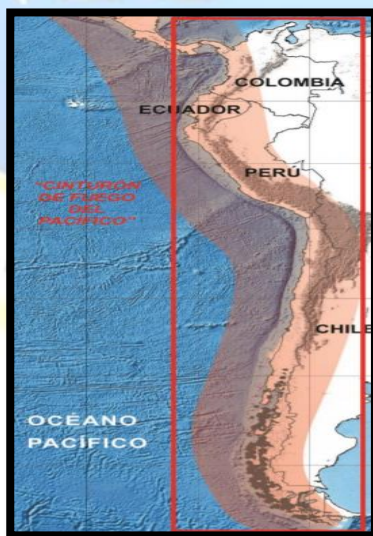
## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

Nuestro país se encuentra en las costas occidentales del continente de América, zona llamada “El cinturón de fuego” debido a que presenta ciertas características sismotectónicas y sismológicas, por lo que las edificaciones dentro de nuestro territorio están expuestas a sufrir graves daños en su infraestructura ante un evento sísmico de gran intensidad.

Según los sismicidad estudiada en el Perú y los reportes sísmicos que se han dado en los últimos años, en la región de Lima se estaría aproximando un sismo severo, la cual afectaría a la ciudad de Huacho que está dentro de dicha región, por lo que en ésta tesis se evaluará la vulnerabilidad sísmica que tendrá el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho que fue fundado en el año 1970, el cual tiene un diseño estandarizado que se aplicó para varios hospitales de la época y por la antigüedad que presenta es preocupante el estado actual de sus elementos estructurales y no estructurales, así como también que no se hayan aplicado ciertos criterios de diseño y construcción que toda edificación esencial debe tener.

*Figura N° 1: Cinturón de fuego en América del sur*



Fuente: Ramos, (2017, p. 6)

No obstante, al ser una edificación esencial que brinda servicios muy importantes para una ciudad, tiene que cumplir con la filosofía y principios de diseño sismorresistente con la finalidad que después de un sismo severo que pueda ocurrir en el distrito de Huacho o en la provincia de Huaura, se logre continuar con las funciones de asistencia médica a la población afectada por dicho evento sísmico y de esa forma evitar mayores pérdidas de vidas humanas.

Mediante la evaluación de su vulnerabilidad sísmica podremos verificar el comportamiento sismorresistente que tendrá el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho, así como también se podrá determinar el riesgo sísmico que presenta dicha edificación e identificar los daños que tendrá después de un sismo de gran intensidad.

*Figura N° 2: Módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho*



Fuente: Página web oficial del Hospital Regional de Huacho, (2019)

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuáles son los indicadores obtenidos en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho -2019?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es la probabilidad de peligro sísmico que existe en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019?
- ¿Cuál es la vulnerabilidad estructural que presenta el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho -2019?
- ¿Cuáles son los daños que causará un terremoto en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho -2019?
- ¿Cuál es el riesgo sísmico que existe en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019?
- ¿Se cumple con la filosofía y principios del diseño sismorresistente en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar los indicadores obtenidos en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar la probabilidad de peligro sísmico que existe en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.
- Determinar la vulnerabilidad estructural que presenta el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho -2019.
- Determinar los daños que causará un terremoto en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho -2019.
- Determinar el riesgo sísmico que existe en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019.
- Determinar si se cumple con la filosofía y principios del diseño sismorresistente en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.

## **1.4 Justificación de la investigación**

### **1.4.1 Justificación por su conveniencia**

La presente investigación busca dar a conocer la respuesta sísmica que tendría el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho en el transcurso de un sismo severo y después de su desarrollo, para que los funcionarios responsables tomen la precaución debida y las medidas correspondientes que puedan evitar situaciones lamentables y de gran caos ante dicho evento sísmico.

### **1.4.2 Justificación práctica**

La importancia de ésta investigación es saber si está preparada el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho para enfrentar un evento sísmico de gran intensidad y si podrá seguir cumpliendo sus funciones esenciales después de dicho sismo severo, por lo que se realiza una evaluación sísmica con la finalidad que se describa su realidad de vulnerabilidad respecto a éste acontecimiento sísmico de gran importancia que se aproxima.

### **1.4.3 Justificación teórica**

El tema de investigación se realiza para que a partir de las conclusiones que se obtengan, se analice si es necesario realizar un diseño de reforzamiento estructural o diversas propuestas con el fin de evitar pérdidas materiales, económicas y sobre todo de vidas humanas. Se puede emplear en diferentes edificaciones esenciales con el fin de tener precauciones ante la aproximación de un sismo de gran intensidad.

### **1.4.4 Justificación Metodológica**

Mediante la realización de la presente tesis acerca de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho, se busca transmitir información de las dimensiones que componen ésta investigación, con el fin de que se puedan realizar similares estudios a otras edificaciones esenciales en nuestro país.



## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Internacionales.

**Melendez & Santisteban, (2014)**. En su tesis “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del hospital San Ignacio y su rehabilitación basados en curvas de fragilidad”. En la Pontificia Universidad Javeriana para obtener el título profesional de ingeniero civil. Se planteó como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica de los módulos A, B y ampliación del 93 del hospital San Ignacio, apoyados en los resultados de las curvas de fragilidad del modelo estructural calibrado.

Su investigación es de enfoque cuantitativo y de tipo aplicativo, con un nivel de investigación descriptivo y un diseño no experimental - transversal.

El estudio se realizó en el hospital mencionado, recopilando planos y registros de información existente. Luego se elaboró fichas de inspección visual, y finalmente se llegó a las siguientes conclusiones:

- Es necesario mejorar la capacidad de la cimentación de la estructura, lo cual se realizó aumentando las dimensiones de las zapatas en planta, garantizando así que el esfuerzo solicitado sea menor a la capacidad portante del suelo.
- Se encontró la necesidad de aumentar la sección transversal de las columnas, debido al incremento producido por las fuerzas internas que se presentaron al implementar un sistema de arriostramiento lateral.
- Se estima que la rehabilitación que se determinó en forma preliminar tiene un costo directo aproximado de COP 547 millones y un tiempo estimado de 5 meses.

**Seijas, (2012)**. En su tesis “Evaluación del comportamiento sismorresistente del Módulo I del hospital central José Gregorio Hernández de Puerto Ayacucho, estado Amazonas”. En la Universidad Católica Andrés Bello para optar el título de especialista en ingeniería estructural. Se planteó como objetivo evaluar el comportamiento sismorresistente del Módulo I de hospital central “José Gregorio

Hernández” de la ciudad de Puerto Ayacucho, estado Amazonas; aplicando los criterios establecidos en la Norma COVENIN 1756-2001.

Su investigación es de enfoque evaluativo y de tipo aplicativo, con un nivel de investigación descriptivo y un diseño no experimental - documental.

El estudio se realizó en el módulo del hospital mencionado, recopilando trabajos previos e información divulgados por distintos medios de comunicación. Luego se elaboró una entrevista , y finalmente se llegó a las siguientes conclusiones:

- La revisión evidenció problemas de viga débil – columna fuerte, la mayoría de los casos se presentaron en las vigas de los últimos pisos, ameritando el reforzamiento de las columnas desde la base para darle continuidad al refuerzo .
- Los reforzamientos adoptados se corresponden con los más viables y menos invasivos posibles, tomando en consideración las particularidades de la zona así como su economía.
- El reforzamiento propuesto no modifica la funcionalidad ni estética del edificio.

**Llanos & Vidal, (2003).** En su tesis “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de escuelas públicas de Cali: Una propuesta metodológica”. En la Universidad del Valle para optar el título de ingeniero civil. Se planteó como objetivo evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica de una muestra representativa de escuelas públicas de la ciudad de Santiago de Cali.

Su investigación es de enfoque cualitativo y de tipo aplicativo, con un nivel de investigación descriptivo y un diseño no experimental - transversal.

El estudio se realizó en las escuelas públicas de Cali, recopilando información de ubicación y construcción. Luego se elaboró una encuesta de evaluación preliminar , y finalmente se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se determinó que un alto porcentaje de las 70 escuelas de la población estudiada son altamente vulnerables, indicando una necesidad de realizar evaluaciones analíticas a cada una de ellas para su posterior intervención.
- En la mayoría de las escuelas, existe una falta de capacitación del personal directivo y docente en el tema de la prevención, atención y mitigación de desastres.

### 2.1.2 Nacionales.

**Aranzabal & Arroyo, (2015).** En su tesis “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica para el diseño del reforzamiento estructural que mejora el comportamiento sismorresistente del hospital Casimiro Ulloa” . En la universidad Ricardo Palma para obtener el título profesional de ingeniero civil. Se planteó como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica para el diseño del reforzamiento estructural que mejora el comportamiento sismorresistente del hospital Casimiro Ulloa.

Su investigación es de enfoque cuantitativo y de tipo explicativa, con un nivel de investigación descriptivo y un diseño no experimental - transversal.

El estudio se realizó en el hospital mencionado, recopilando planos y registros de construcción. Luego se elaboró fichas de inspección visual, y finalmente se llegó a las siguientes conclusiones:

- La estructura del hospital Casimiro Ulloa, no cumple con los desplazamientos laterales máximos que exige la norma.
- Es conveniente aplicar un reforzamiento usando muros de corte que mejora el comportamiento sismorresistente en la estructura del hospital mencionado.

**Vizconde, (2004).** En su tesis “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio existente: Clínica San Miguel de Piura”. En la Universidad de Piura para optar el título profesional de ingeniero civil. Se planteó como objetivo descubrir los puntos débiles que fallarían al ocurrir un evento sísmico en la clínica San Miguel de Piura.

Su investigación es de enfoque cuantitativo y de tipo aplicativo, con un nivel de investigación descriptivo y un diseño no experimental - transversal.

El estudio se realizó en la clínica mencionada, recopilando planos, reportes y especificaciones técnicas. Luego se elaboró fichas de inspección visual, y finalmente se llegó a las siguientes conclusiones:

- El diseño sísmico de la clínica San Miguel de Piura, no es satisfactorio porque no cumple con los objetivos de un nivel de ocupación inmediata requerido para este tipo de edificaciones.

- El comportamiento sísmico del edificio Consultorios A cambia drásticamente de comportarse como un edificio de pórticos a uno con comportamiento dual, debido a que la tabiquería de albañilería no se aisló de los pórticos.
- Existen algunas vigas que fallan por flexión debido a su falta de resistencia y de ductilidad.

**Gómez & Loayza, (2014).** En su tesis “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de centros de salud del distrito de Ayacucho”. En la Universidad Nacional de Huancavelica para optar el título profesional de ingeniero civil. Se planteó como objetivo estimar la vulnerabilidad sísmica e índice de daño de los centros de salud del distrito de Ayacucho.

Su investigación es de enfoque cualitativa y de tipo aplicativo, con un nivel de investigación descriptivo y un diseño no experimental - transversal.

El estudio se realizó en los centros de salud del distrito de Ayacucho, visitándolos y tomando fotografías. Luego se elaboró un formato tipo encuesta, y finalmente se llegó a las siguientes conclusiones:

- Los centros de salud de Conchapata y Santa Elena tienen una vulnerabilidad sísmica baja, mientras que el centro de salud de Belén tiene una vulnerabilidad sísmica media .
- Es conveniente construir centros de salud con asesoría técnica para que éstos sean menos vulnerables ante eventos sísmicos.

## 2.2 Bases teóricas.

### 2.2.1 Evaluación de la vulnerabilidad sísmica

Según Alonso, (2014). “Es un proceso de gran complejidad que varía de acuerdo a las distintas edificaciones que se pueden encontrar, en la evaluación está incluido la tipificación, identificación y la determinación de las áreas críticas o puntos débiles de la edificación evaluada” (p.ii-4).

Según Alonso, (2014). La vulnerabilidad sísmica de una edificación depende de diversos factores como las que se mencionan a continuación:

- Factores geológicos:

Sismicidad, mecanismos de falla, características geotécnicas,etc. (p.1-40)

- Factores estructurales:

Configuración estructural, tipo de material, ductilidad, diseño estructural,etc. (p.1-41)

- Factores arquitectónicos:

Configuración geométrica, alturas, retiros, presencia excesivo de materiales inflamables, distribución de ambientes,etc. (p.1-41)

- Factores constructivos:

Encofrado deficiente, calidad de los materiales, calidad de mano de obra ,etc.(p.1-41)

- Factores socio-económicos:

Cambio de uso inesperadamente, falta de información, falta de criterios y educación, falta de recursos económicos, falta de planes de contingencia ante desastres, ineficiente trabajo en equipo,etc. (p.1-41)

Según Bonett, (2003). Las metodologías para analizar la vulnerabilidad sísmica se clasifican de la siguiente manera:

A) De acuerdo al tipo de resultado:

Son las técnicas con mayor uso en la actualidad debido a su gran alcance.

a) Técnicas directas: Estiman el daño sísmico con un solo paso a través de los métodos siguientes:

- Método tipológico: Mediante una observación, se considera los materiales y otros factores de la estructura que han sido afectados por sismos ya ocurridos. (p.11)

- Método Mecánicos: Se utilizan métodos analíticos basados en modelos simples (para análisis varias cosnrucciones en poco tiempo) , y también se utilizan métodos de análisis detallados ( para edificaciones individuales que tienen la posibilidad de ser representadas por modelos mecánicos, se considera un análisis profundo como análisis lineal estático, análisis lineal dinámico, análisis no lineal estático y análisis no lineal dinámico). (p.12)

b) Técnicas indirectas: Primeramente se hace la determinación de índices de vulnerabilidad para después establecer una relación entre el daño sísmico y la intensidad sísmica a través de estudios estadísticos y de terremotos ya ocurridos, se utilizan para edificaciones en estudios urbanísticos de gran escala y después de realizarse una inspección visual que considera características de la cosnrucción como la antigüedad, los niveles que se tiene, sus irregularidades,etc. (p.15)

c) Técnicas convencionales: En éste caso se toman en cuenta indicadores de vulnerabilidad que son independientes de lo daños que se estiman, se considera factores como la zonificación y resistencia sísmica. Existen dos métodos, en la primera consiste en la calificación empírica de acuerdo a las características físicas de las edificación, y en la segunda manera consiste en utilizar las normas de diseño sismorresistente con el análisis de capacidad / demanda y utilizando los cortantes basales que

se distribuyen como fuerzas horizontales equivalentes o mediante análisis modal.

En el caso de la metodología Hazus, se considera parámetros de acuerdo al tipo de edificación que son establecidas en las normas para determinar la capacidad estructural, las derivas máximas entre piso, desplazamientos y aceleraciones espectrales como la medición de una acción sísmica; los resultados de vulnerabilidad de la estructura se llegan a describir en estados de daños sísmicos. (p.16)

B) De acuerdo a los datos, métodos y resultados:

Son sugerencias de nuevos criterios para la evaluación de vulnerabilidad, en donde se estudia separadamente los datos, el método empleado y los resultados que se obtienen, para luego combinara según el enfoque que se desea.

a) Para los datos:

Se consideran los daños que se registran luego de un sismo, especificaciones geométricas y cualitativas de la estructura (altura, configuración estructural, antigüedad, etc), especificaciones mecánicas ( masa, rigidez, desplazamientos, etc), características del sismo y características geológicas y geotécnicas del área en estudio, teniendo en cuenta que se puede obtener a los datos través de ensayos de laboratorio o empíricamente. (p.17)

b) Para los métodos: Se considera los siguientes métodos.

- Métodos estadísticos: Mediante análisis estadísticos se determina la vulnerabilidad, considerándose como la probabilidad de que la estructura se afecte por daños ocasionados por un sismo. Se determina los daños mediante la observación y cuantificación de manera estadística, generalmente se utiliza formularios u otros tipos de informe de acuerdo al criterio profesional. (p.18)

- Métodos mecánicos o analíticos: Se utiliza para estructuras que se pueden representan por modelos mecánicos que estiman los daños

sísmicos, y el comportamiento de la estructura se representa a través de parámetros. (p.18)

- Métodos de juicio de expertos: Se determina por mediciones de expertos que realizan evaluaciones cualitativas y/o cuantitativas de diversos factores que están implicados en el comportamiento sísmico de una construcción. (p.18)

c) Para los resultados: Se consideran las siguientes clases.

- Vulnerabilidad absoluta: Se representa los resultados en base a los daños causados por la intensidad del sismo.

- Vulnerabilidad relativa: Se representa los resultados mediante índices de vulnerabilidad que se obtienen empíricamente o experimentalmente, no presenta correlación con el daño, ni se define por la intensidad sísmica. (p.19)

### **2.2.1.1 Peligro sísmico**

Según Castillo & Alva, (2011). “Es la probabilidad de que ocurra un movimiento sísmico de gran intensidad en un determinado lugar; considerando la magnitud, la aceleración máxima, el valor espectral de la velocidad y otras características de un sismo” (p.6).

#### **A) Análisis del Peligro Sísmico**

Según Bolaños & Monroy, (2004). El peligro sísmico se puede evaluar desde los siguientes enfoques:

##### **a) Análisis Determinístico del Peligro Sísmico:**

Evalúa y cuantifica considerando el evento sísmico de mayor intensidad que se pueda presentar en una obra o lugar determinado, teniendo presente la historia sísmica del área de estudio. Por lo tanto en éste enfoque, el peligro sísmico se define por el movimiento del suelo o la respuesta estructural que se pueda generar considerando dicho sismo. (p.25)



b) Análisis Probabilístico del Peligro Sísmico:

Evalúa y cuantifica considerando los distintos tipos de sismos que pueda ocurrir en el área de estudio durante la vida útil de la obra existente en dicho lugar. Utiliza la teoría de probabilidades, la cual en los últimos años ha permitido esclarecer distintas incertidumbres necesarias para la evaluación del peligro sísmico. Por lo tanto en éste enfoque, el peligro sísmico se representa por la actividad sísmica del área de estudio, la amplitud del movimiento del suelo o de la respuesta estructural, alguna medida de sismo y la distancia del foco con la distancia de interés. (p. 26)

B) Sismología

Según Tavera, (2012). La sismología es:

Una rama que pertenece a la geofísica, la cual estudia a los sismos y las propiedades elásticas de la tierra. También investiga el origen de los sismos, las ondas sísmicas que se propagan en la estructura interna de la tierra, la prevención de daños y otros aspectos relacionados a los sismos.

Por lo que en sismo se refiere, según Tavera, (2012). El sismo es “un proceso que genera y libera energía desde la estructura interna de la tierra hacia la superficie, propagándose a través de ondas que se registran en estaciones sísmicas. La población y las estructuras son afectadas cuando perciben éstas ondas”.

Según Turner, (2007). “Los sismos se originan por el desplazamiento de las placas tectónicas, específicamente en donde existen fallas” (p.28).

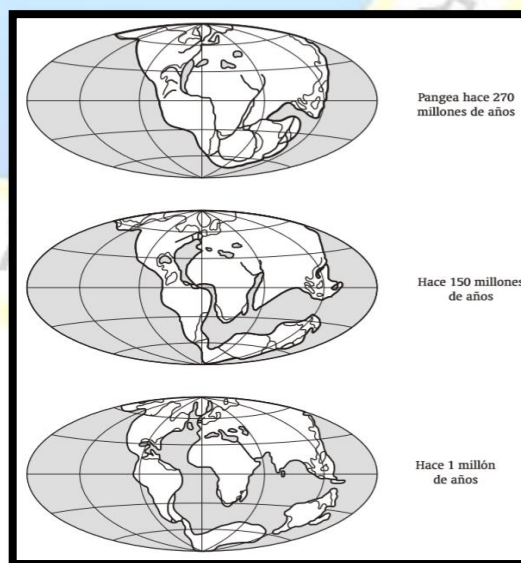
a) Deriva Continental:

Según Alonso, (2014). Respecto a la deriva continental se refiere en lo siguiente:

La superficie terrestre de nuestro planeta ha estado en constante cambio con el transcurso del tiempo, por lo que existe la hipótesis que hace aproximadamente 270 millones de años, en nuestro planeta existía una masa continental llamada pangea que se fragmentó en pequeñas masas y se fueron desplazando hasta originar los continentes que ahora conocemos. (p.1-4)

La teoría de la deriva continental anunciada por A. Wegener, fue la primera teoría en explicar dicho fenómeno generando ciertos incertidumbres, sin embargo en el siglo XX surgió la técnica del paleomagnetismo que ayudó a demostrar que los polos habían cambiado su posición respecto al eje de rotación del planeta, además de comprobar el desplazamiento de los continentes y de permitir el conocimiento del tiempo que la pangea existió. (p.1-5)

Figura N° 3: Deriva continental según Wegener



Fuente: Alonso, (2014, p.1-4)

b) Tectónica de placas:

Según Alonso, (2014). Respecto a la tectónica de placas se refiere en lo siguiente:

Es una teoría orogénica que explica los mecanismos de subducción y expansión del fondo oceánico, las cuales se desarrollan en la litósfera terrestre originando continentes y cuencas oceánicas. Las placas tectónicas son fragmentos de tamaños y formas cambiantes que conforman la litósfera terrestre, actualmente la corteza terrestre tiene 7 placas continentales(placa Africana, placa Sudamericana, placa Norteamericana, placa Euroasiática, placa Indo-Australiana, placa Antártica y la placa del Pacífico) y 14 placas que tienen tamaño intermedio. (p.1-6)

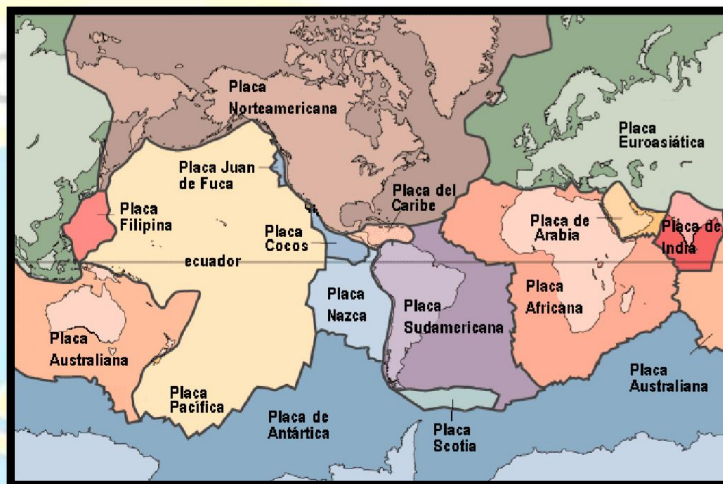
Las deformaciones sísmicas que se producen continuamente o bruscamente en los límites de las placas, se expresan a través de los terremotos. (p.1-7)

Los límites de las placas se clasifican de la siguiente manera:

- Límites divergentes: Se producen en los dorsales oceánicos generando fracturas que son rellenadas con rocas fundidas que provienen de astenosfera inferior, ocasiona la expansión y ascenso del fondo oceánico en dichos límites. generan terremotos con poca profundidad. (p.1-8)
- Límites de fallas de transformación: Es causada por el desplazamiento de dos placas entre sí, sin modificar la capa de la litósfera. Generalmente se ubican en las dorsales centro-oceánicas y algunas atraviesan los continentes, producen terremotos con poca profundidad. (p.1-8)
- Límites de Convergentes: Se produce cuando existe la colisión de dos placas modificando la corteza terrestre, se le llaman bordes subducción cuando una placa mas densa se hunde o subduce bajo la otra. El encuentro de placas

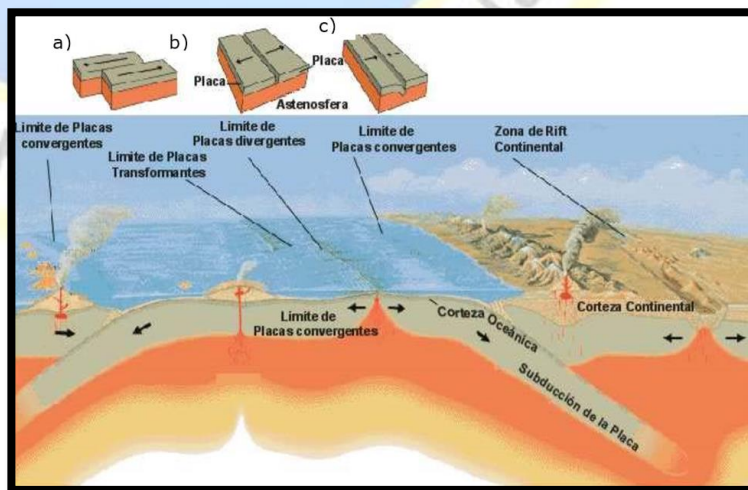
pueden ser de características continentales, oceánicas o continental -oceánica. Originan la formación de magma en la profundidad, volcanes, cordilleras montañosas y fosas oceánicas con presencia de intensas actividades sísmicas debido a la colisión de las placas litosféricas. (p.1-9)

Figura N° 4: Principales placas tectónicas de la Tierra



Fuente: Bolaños & Monroy, (2004, p.10)

Figura N° 5: Tipos de límites entre placas: a) Límite de transformación, b) Límite divergente, c) Límite convergente



Fuente: Bolaños & Monroy, (2004, p.12)

c) Fallas:

Según Alonso, (2014). Respecto a las fallas se refiere en lo siguiente:

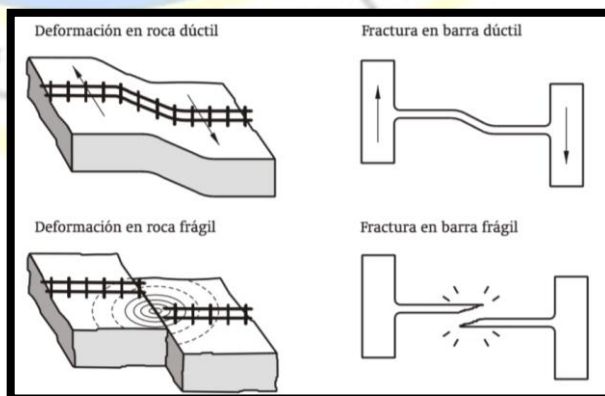
Una falla es consecuencia de la fractura de una masa rocosa en la corteza terrestre que con el pasar del tiempo se genera desplazamiento, liberando energía y causando terremotos. Su longitud y ancho pueden llegar a alcanzar kilómetros, según su geometría se clasifican en fallas normales, fallas inversas y fallas de desplazamiento horizontal. (p.1-10)

d) Rebote Elástico:

Según Alonso, (2014). Respecto al rebote elástico se refiere en lo siguiente:

Es el proceso en la que una roca se comienza a deformar por la interacción de una falla entre las placas, sufriendo esfuerzos considerables y liberando la energía elástica acumulada hasta que la roca deformada regrese a su estado original. El desplazamiento y rupturas de las rocas pueden ser lentas o regulares (dependiendo de su naturaleza), incluso durando muchos años y generando terremotos de gran magnitud a consecuencia de la gran cantidad de energía elástica que se retuvo. (p.1-12)

Figura N° 6: Teoría de rebote elástico en terremotos



Fuente: Alonso, (2014, p.1-13)

e) Ondas sísmicas, epicentro y foco:

Según Alonso, (2014). Respecto a las ondas sísmicas, epicentro y foco, se refiere en lo siguiente:

El foco o hipocentro es lugar específico en donde se produce la liberación de energía por causa de una ruptura de roca en la falla, se ubica mediante coordenadas de longitud, latitud y profundidad. (p.1-14)

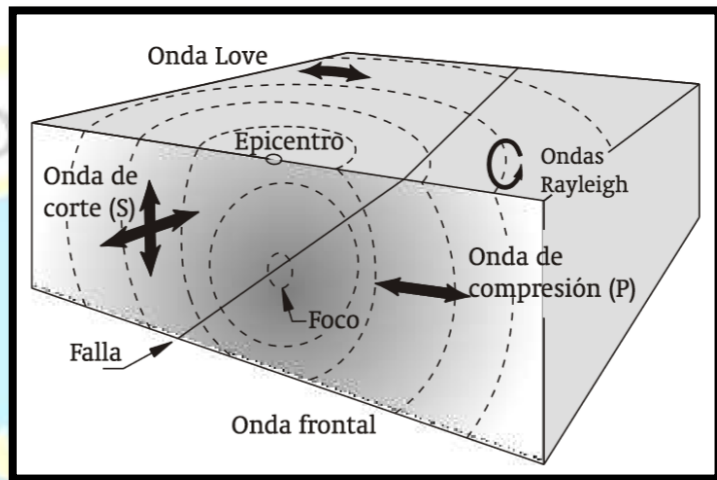
El epicentro es el lugar específico en la superficie de la corteza terrestre que se ubica perpendicularmente encima del hipocentro o foco. (p.1-14)

La energía que se libera en un sismo, se transporta a través de ondas que se clasifican de la siguiente manera:

- Ondas P: Son las ondas denominadas también primarias que se transportan ondulatoriamente de manera que comprime y expande las rocas por donde se propagan, las partículas del medio se comportan longitudinalmente a una gran velocidad en el interior de la tierra y en cualquier tipo de material. (p.1-15)
- Ondas S: Son las ondas denominadas también secundarias, en donde las partículas del medio se transportan transversalmente a la dirección de propagación. Generalmente se transportan a través de materiales sólidos en el interior de la tierra y a una velocidad menor que las ondas P, pero mayor que las ondas superficiales. (p.1-16)
- Ondas Love: Son ondas superficiales que se mueven horizontal y perpendicularmente a la dirección de la propagación. Causan daños en la población y estructuras en la superficie. (p.1-16)

- Ondas rayleigh: Son ondas que en la superficie terrestre que se mueven como si fueran las olas del mar, de manera retrógrada y elíptica. Su velocidad es la mas baja de todas las ondas. (p.1-16)

Figura N° 7: Ubicación del foco, epicentro y de las ondas sísmicas



Fuente: Alonso, (2014, p.1-15)

f) Magnitud e intensidad:

Según Alonso, (2014). Respecto a la magnitud e intensidad, se refiere en lo siguiente:

La magnitud de un sismo, es la forma de medir objetivamente la cantidad de energía liberada. Se mide a través de sismógrafos y acelerógrafos, habiendo tres tipos de medición que son las siguientes:

- Magnitud local Richter: Determina la magnitud de un sismo a través de estaciones, midiendo la máxima amplitud que las ondas sísmicas registran y calculando la ecuación logarítmica de la magnitud local. Es la escala de magnitud mas conocida por en el mundo, pero generalmente es útil solo para sismos de poca profundidad. (p.1-21)

- Magnitud de ondas de superficie: Se determina midiendo la amplitud de las ondas Rayleigh y se calcula con la ecuación logarítmica de la magnitud de ondas de superficie. Generalmente se utiliza para sismos superficiales y distantes, en terremotos con características moderadas y grandes. (p.1-22)

- Magnitud de ondas de cuerpo: Se determina midiendo la magnitud y periodo de las ondas P, y se calcula con la ecuación logarítmica de la magnitud de ondas de cuerpo. Generalmente se utiliza para sismos profundos. (p.1-23)

- Magnitud Momento: Se determina mediante los factores que generan el sismo y se calcula con la ecuación logarítmica de la magnitud de momento. En caso de sismos históricos, se evalúa en base a registros geológicos. (p.1-23)

También se puede medir la energía liberada, calculándolo en su ecuación logarítmica y considerando a la magnitud momento en dicha ecuación. Verificando que la magnitud momento es proporcional al momento sísmico. (p.1-23)

Respecto a la intensidad de un terremoto, se define como el nivel de afectación que ocasiona el sismo sobre un lugar que está cerca al epicentro. Su medida es subjetiva y lo determina muchos factores como la distancia epicentral, la profundidad del foco, la magnitud de un terremoto, condiciones geológicas del suelo, la proximidad a poblaciones y características de las construcciones que afectará. En la actualidad se puede medir en escalas de I al XII que el sismólogo Mercalli realizó mediante datos de poblaciones afectados por distintos sismos, así podemos identificar si un sismo es leve, moderado, severo o catastrófico. (p.1-24)



### C) Sismicidad

Según Bernal & Tavera, (2002). Respecto a la sismicidad en el Perú, se refiere en lo siguiente:

Es un país con mayor presencias de sismos en consecuencia que se encuentra justo en el límite de subducción entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana, originando sismos destructores de gran magnitud con relativa frecuencia. Por lo que su análisis se realiza mediante los siguientes enfoques:

#### a) Sismicidad Histórica:

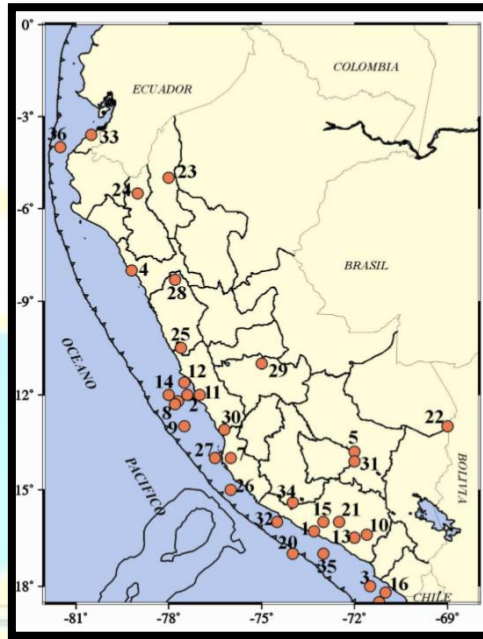
En éste caso se tiene conocimiento de sismos ocurridos en nuestro país entre los años 1513 y 1974, obtenemos la información estimada mediante obras literarias, manuscritos, crónicas, narraciones e informes administrativos de clérigos y gobernantes de la época. Silgado se encargó de reunir los datos históricos mientras que años después Dorbath corroboró las informaciones como las intensidades máximas, la estimación de magnitud y profundidades de los sismos, no obstante se tiene poca o nula información de sismos en lugares sin población o remotas sin acceso a comunicación en la época. (p.19)

Figura N° 8: Sismicidad histórica de Perú entre 1500-1959, parámetros epicentrales, magnitud y energía

N°	Fecha (a/m/d)	Lat. (°)	Long. (°)	Mag (Ms)	Energía (ergios)	N°	Fecha (a/m/d)	Lat. (°)	Long. (°)	Mag (Ms)	Energía (ergios)
1	1582/01/22	-16.3	-73.3	7.9	4.5E+23	19	1913/07/28	-17.0	-73.0	7.0	2.0E+22
2	1586/07/09	-12.2	-77.7	8.1	8.9E+23	20	1913/08/06	-17.0	-74.0	7.7	2.2E+23
3	1604/11/24	-18.0	-71.5	8.4	2.5E+24	21	1922/10/11	-16.0	-72.5	7.4	7.9E+22
4	1619/02/14	-08.0	-79.2	7.8	3.2E+23	22	1928/04/09	-13.0	-69.0	6.4	2.5E+21
5	1650/05/31	-13.8	-72.0	7.2	4.0E+22	23	1928/05/14	-05.0	-78.0	7.3	5.6E+22
6	1655/11/13	-12.0	-77.4	7.4	7.9E+22	24	1928/07/18	-05.5	-79.0	7.0	2.0E+22
7	1664/05/12	-14.0	-76.0	7.8	3.2E+23	25	1940/05/24	-10.5	-77.6	8.2	1.3E+24
8	1678/06/16	-12.3	-77.8	7.0	2.0E+22	26	1942/08/24	-15.0	-76.0	8.4	2.5E+24
9	1687/09/20	-13.0	-77.5	8.2	1.3E+24	27	1946/09/30	-14.0	-76.5	7.0	2.0E+22
10	1687/10/21	-16.4	-71.6	7.0	2.0E+22	28	1946/11/10	-08.3	-77.8	7.2	4.0E+22
11	1725/01/22	-12.0	-77.0	7.0	2.0E+22	29	1947/11/01	-11.0	-75.0	7.5	1.1E+23
12	1746/09/28	-11.6	-77.5	8.4	2.5E+24	30	1948/05/28	-13.1	-76.2	6.7	7.1E+21
13	1784/05/13	-16.5	-72.0	8.0	6.3E+23	31	1950/05/21	-14.1	-72.0	6.0	6.3E+20
14	1806/12/07	-12.0	-78.0	7.5	1.1E+23	32	1951/03/04	-16.0	-74.5	6.7	7.1E+21
15	1821/07/10	-16.0	-73.0	7.9	4.5E+23	33	1953/12/12	-03.6	-80.5	7.7	2.2E+23
16	1833/09/18	-18.2	-71.0	7.0	2.0E+22	34	1955/07/21	-15.4	-74.0	6.7	7.1E+21
17	1868/08/13	-18.5	-71.2	8.6	5.0E+24	35	1958/01/15	-16.5	-72.0	7.3	5.6E+22
18	1877/05/09	-19.5	-71.0	7.5	1.1E+23	36	1959/02/07	-04.0	-81.5	7.2	4.0E+22

Fuente: Bernal & Tavera, (2002, p. 21)

Figura N° 9: Sismicidad histórica de Perú entre 1500-1959, distribución epicentral de los sismos



Fuente: Bernal & Tavera, (2002, p. 21)

b) Sismicidad Instrumental:

En 1960 se instala en nuestro país la Red Sísmica Mundial con la que se comienza a analizar y evaluar la sismicidad indentificando las principales fuentes sismogénicas, utiliza datos telesísmicos de patrón regional o local para poder verificar las áreas con mayor deformación cortical en lo interno del continente. Se pudo verificar mediante la profundidad de los sismos que existen dos formas del proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, una es de forma subhorizontal (ubicada en regiones centro-norte) y la otra es de forma normal (ubicada en la región sur). (p.23)

La identificación de fuentes sismogénicas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Sismos con poca profundidad que se ubican a 60 km o menos de la superficie terrestre, se caracterizan por ser de mayor magnitud agrupándose en una fuente ubicada paralelamente a la cordillera y la otra fuente ubicada entre la fosa y el límite costero. (p.23)
- Sismos con profundidad intermedia que se ubican entre 60 km a 300 km de la superficie terrestre. Son agrupadas en una fuente que se ubica paralelamente a línea costera y al sur con 9 grados debajo, en otra fuente que se ubica en la parte subandina de la región norte y en otra fuente ubicada a lo largo de la región sur que tiene la presencia de gran cantidades de sismos. (p.23)
- Sismos profundos que se ubican a más de 300 km de la superficie terrestre. Son agrupadas en una fuente ubicada en la frontera de Brasil con nuestro país, y en otra fuente que se ubica en la frontera de Bolivia con nuestro país. (p.23)

### **2.2.1.2 Vulnerabilidad estructural**

Según Alonso, (2014). La vulnerabilidad estructural se define la siguiente manera:

Es el nivel de resistencia que tiene una edificación cuando es perturbada por un sismo, siendo de vital importancia para evitar las pérdidas de vidas humanas, materiales y económicas. La vulnerabilidad de una edificación va a influenciar en el riesgo sísmico que tendrá, se evalúa teniendo en cuenta la configuración estructural y el análisis estructural de la edificación. (p.1-39)

Se pueden observar probables daños estructurales y no estructurales debido al comportamiento estructural de una edificación o también debido a una inadecuada arquitectura e instalaciones. (p.1-40)

#### A) Configuración estructural

Según Canales, (1998). La configuración estructural implica los siguientes conceptos:

Es la forma general de una edificación y tiene importancia en su comportamiento sísmico, implica los siguientes factores:

##### a) Escala:

Es un factor fundamental para estudiar la configuración estructural de una edificación debido a que mientras mayor sea la escala, menor será las opciones de solución estructural. (p.3)

##### b) Altura:

Factores como la distribución de masas, los materiales, el sistema estructural y la relación entre la altura y el ancho de una edificación influyen en su periodo, en su nivel de respuesta y en las magnitudes de fuerzas que tendrá. (p.3)

##### c) Tamaño horizontal:

El tamaño en planta mientras mayor sea en longitud, habrá más dificultad para su respuesta como bloque ante fuerzas sísmicas y tendrá menor rigidez para la distribución de cargas sísmicas. (p.4)

##### d) Proporción:

La esbeltez de una edificación mientras mayor sea, serán mayor los esfuerzos en las columnas exteriores y los efectos de volteo que provoca un sismo. Por lo tanto se presentan inconvenientes cuando la edificación presenta formas largas y esbeltas. (p.5)

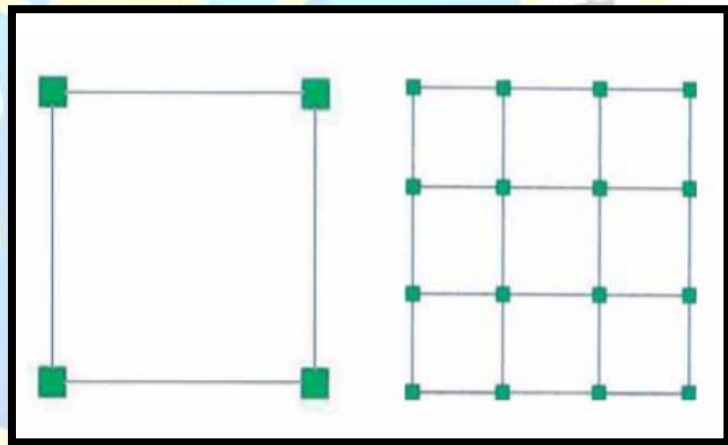
e) Simetría:

La simetría estructural existe cuando el centro de masas y el centro de rigidez llegan a coincidir, mientras mas simétrico sea la estructura habrá menor posibilidad de que sufra concentraciones de esfuerzo y torsión. Puede variar sus e realiza cambios pequeños en su geometría externa o en distribuciones internas de elementos estructurales y no estructurales. (p.5)

f) Distribución y concentración:

Una edificación mientras tenga una buena distribución, tendrá buena resistencia debido a que las cargas se compartirán equitativamente. (p.6)

Figura N° 10: Distribución de cargas



Fuente: Canales, (1998, p.7)

g) Densidad de la estructura en planta:

Está definida como el área total que está compuesta por los elementos estructurales verticales (columnas, muros y arriostres) dividida entre el área bruta del piso. (p.7)

h) Esquinas:

Las esquinas externas en una edificación, tienen problemas debido a que presentan mayores fuerzas sísmicas. Por lo que en dicho lugar, las columnas deben diseñarse conservadoramente. (p.8)

*Figura N° 11: Daño en esquina débil de una edificación*

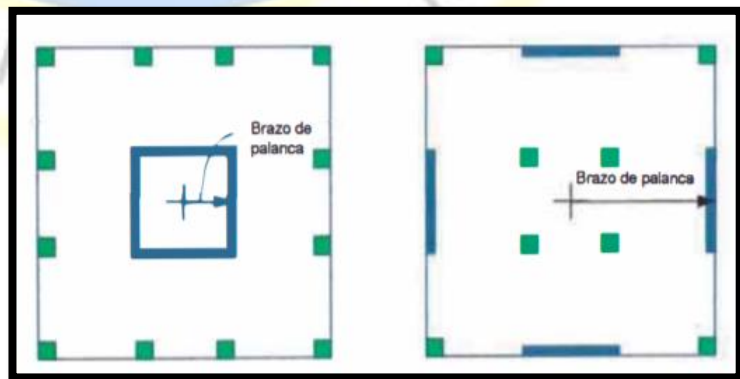


Fuente: Canales, (1998, p.8)

i) Resistencia perimetral:

La torsión y las fuerzas laterales en una edificación, se deben reducir con elementos resistentes en los lados perimetrales equitativamente y de ésta manera poder controlar el brazo de momento o palanca. (p.9)

*Figura N° 12: Ubicación de muros de corte para evitar volteo y torsión*



Fuente: Canales, (1998, p.9)

j) Redundancia:

La redundancia en un diseño sísmico es importante ya que de una manera sobreesforzada permiten dar mayor resistencia en una edificación. (p.9)

B) Análisis estructural

Según Wilson, (2004). En la mecánica estructural, se deben cumplir las siguientes condiciones:

En primer lugar se debe conocer las propiedades de los materiales y su relación de esfuerzo-deformación, en segundo lugar se debe conocer los elementos que se conformarán a partir de los materiales (considerando que exista un equilibrio de fuerzas en la zona de deformación), y por último debe cumplirse condiciones de compatibilidad de desplazamientos en la estructura formada por los elementos adecuados.

Según Allauca & Oue, (2006). El análisis estático se define de la siguiente manera:

a) Análisis estático:

Se utiliza éste método para obtener la fuerza máxima resultante (la cortante basal), aplicando las fuerzas sísmicas en la estructura y considerando que vibrará de una sola forma representando el movimiento que tendrá en un evento sísmico. Las fuerzas se distribuyen proporcionalmente a su peso y altura, usando un factor que determine la deformada de su vibración. (p.50)

Según Wilson, (2004). El análisis dinámico se define de la siguiente manera:

b) Análisis dinámico:

Una estructura se comporta dinámicamente cuando se le aplica cargas o desplazamientos y según la segunda ley de Newton, las fuerzas de inercia que se adicionan son iguales a la aceleración multiplicada por la masa. En un concepto simplificado, el análisis dinámico es una extensión del análisis estático.

### 2.2.1.3 Daño sísmico

Según Bonett, (2003). Respecto al daño sísmico, se refiere en lo siguiente:

Es el grado en que una persona, un bien o un sistema (social,económico,etc) se degrada o destruye debido a un fenómeno peligroso. En el aspecto estructural se relaciona con las deformaciones que se generan en una edificación a causa de los sismos, pero existen otros elementos propensos al daño como los elementos arquitectónicos, las instalaciones y los contenidos (elementos que están dentro del edificio pero no cumplen ninguna función estructural y arquitectónica).

(p.20)

Los elementos estructurales suelen ser sensibles respecto a la deriva de entrepiso, en cambio los elementos no estructurales pueden ser sensibles respecto a la deriva de entrepiso pero también a la aceleración causada por el sismo. (p.20)



Figura N° 13: Ejemplos de componentes no estructurales y contenidos de estructura

Tipo	Item	Sensible a la deriva	Sensible a la aceleración
Arquitectónico	Particiones	●	○
	Parapetos		●
	Paneles exteriores	●	○
	Ornamentos		●
Mecánico y Electrico	Mecanismos generales		●
	Sistemas de tuberías	○	●
	Elevadores	○	●
	Electricidad en general	○	●
Contenido	Archivadores		●
	Equipo de oficina		●
	Equipos informáticos		●
	Equipo no permanente		●
	Objetos de arte y de valor		●

Los puntos sólidos indican la primera causa de daño, mientras que los vacíos corresponden a la causa secundaria.

Fuente: Bonett, (2003, p.21)

Mediante una clasificación combinada (daños estructurales, daños no estructurales, riesgo expuesto y tiempo no operativo), la escala de estados que pueden identificar los daños sísmicos son las siguientes:

- Sin daño. (p.24)
- Leve: Daños mínimos en elementos no estructurales y sigue existiendo funcionalidad. (p.24)
- Moderado: Daños considerables en elementos no estructurales y se presentan mínimos daños en elementos estructurales. La estructura estará inoperativa durante 3 meses y existe un mínimo riesgo que se presenten pérdidas de vidas humanas. (p.24)
- Severo: Daños considerables en elementos estructurales. La estructura estará inoperativa durante un largo tiempo y existe un alto riesgo que se presenten pérdidas de vidas humanas. (p.25)
- Total – Colapso o muy severo: Daños irreparables y existe un altísimo riesgo que se presenten pérdidas de vidas humanas. (p.25)

#### 2.2.1.4 Riesgo sísmico

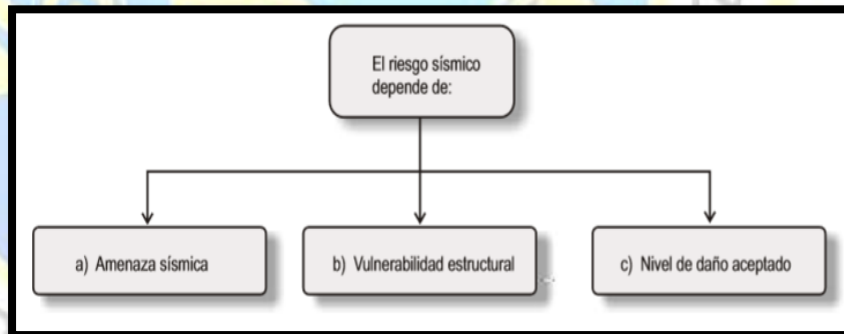
Según Alonso, (2014). El riesgo sísmico se define la siguiente manera:

Es la probabilidad que en un determinado lugar y durante el desarrollo de un fenómeno natural se produzcan pérdidas de vidas humanas, económicas y sociales que sean mayores de los valores aceptados. (p.1-38)

Se considera los siguientes aspectos:

- La ubicación de las edificaciones que se encuentran en el área de estudio. (p.1-39)
- Determinación del peligro sísmico en el área de estudios. (p.1-39)
- La vulnerabilidad estructural que presentan las edificaciones. (p.1-39)

Figura N° 14: Variables que intervienen en el riesgo sísmico



Fuente: Alonso, (2014, p.1-39).

El riesgo sísmico se puede reducir si es que una variable logra reducirse, la vulnerabilidad estructural es la variable más indicada para reducirla porque los ingenieros y arquitectos pueden manejarla para cumplir dicho objetivo. (p.1-39)

### 2.2.1.5 Filosofía y principios del diseño sismorresistente

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, (2018). La filosofía y principios del diseño sismorresistente consiste en lo siguiente:

a) Evitar pérdidas de vidas humanas:

La estructura de una edificación en un evento sísmico severo, puede presentar daños importantes e incluso colapsar pero nunca puede existir pérdidas de vidas humanas. (p.5)

b) Asegurar la continuidad de los servicios básicos:

La estructura de una edificación en un evento sísmico moderado, puede presentar daños reparables dentro de los límites aceptables respecto a los servicios básicos. (p.5)

c) Minimizar los daños a la propiedad:

La estructura de una edificación esencial, tendrá que considerarse que deben permanecer operativas después de un sismo severo para poder seguir cumpliendo sus funciones. (p.5)

### 2.3 Definiciones conceptuales.

**1. Astenosfera:**

Según Turner, (2007). Se define como: “la capa blanda ubicada en el manto superior del planeta Tierra”. (p.93)

**2. Colapsar**

Según la Real Academia Española, (2019). Se define como: “la acción que produce una caída a alguien o algo”.

**3. Colisión:**

Según la Real Academia Española, (2019). Se define como: “el choque o rozadura entre dos cosas o cuerpos”.

**4. Continente**

Según Turner, (2007). Se define como: “una gran superficie de tierra que se encuentra separada por océanos”. (p.93)

**5. Cordillera:**

Según la Real Academia Española, (2019). Se define como: “una cadena de montañas unidas entre sí, formadas por fenómenos orogénicos”.

**6. Corteza terrestre:**

Según Turner, (2007). Se define como: “la capa rocosa más externa y delgada de la superficie terrestre”. (p.93)

**7. Deformación:**

Según la Real Academia Española, (2019). Se define como: “la acción y efecto de hacer perder la forma regular o natural de algo”.

**8. Fosa:**

Según Turner, (2007). Se define como: “una cueva geológica hundida y formada cuando una placa oceánica subduce bajo una placa continental”. (p.19)

**9. Frontera:**

Según la Real Academia Española, (2019). Se define como: “el límite que tiene un lugar”.

**10. Geofísica:**

Según Tavera, (2012). Se define como: “la rama de la geología que estudia la forma del planeta Tierra y sus fenómenos físicos”.

**11. Geología:**

Según la Real Academia Española, (2019). Se define como: “la ciencia que estudia la naturaleza, origen, evolución y estado actual del planeta Tierra”.

**12. Inercia:**

Según la Real Academia Española, (2019). Se define como: “la propiedad que un cuerpo tiene respecto a mantenerse en su estado de reposo relativo o movimiento relativo debido a una fuerza ”.

**13. Ingeniero:**

Según la Real Academia Española, (2019). Se define como: “el profesional que mediante estudios universitarios está capacitado para ejercer la rama de la ingeniería en la que se especializa”.

**14. Litosfera:**

Según Turner, (2007). Se define como: “la capa rocosa externa del planeta Tierra que se comporta frágilmente”. (p.93)

**15. Placas tectónicas:**

Según Tavera, (2012). Se define como: “las divisiones que presenta la capa de la litosférica del planeta Tierra, tienen determinadas áreas que son extensas y rígidas que se mueven entre sí provocando ciertos fenómenos orogénicos”.

**16. Redundancia:**

Según la Real Academia Española, (2019). Se define como: “la repetición excesiva de algo innecesario”.

**17. Resistencia:**

Según Aranzabal & Arroyo, (2015). Se define como: “la capacidad que tiene un elemento o conjunto de elementos para soportar cargas o fuerzas sin llegar al colapso”. (p.11)

**18. Rigidez:**

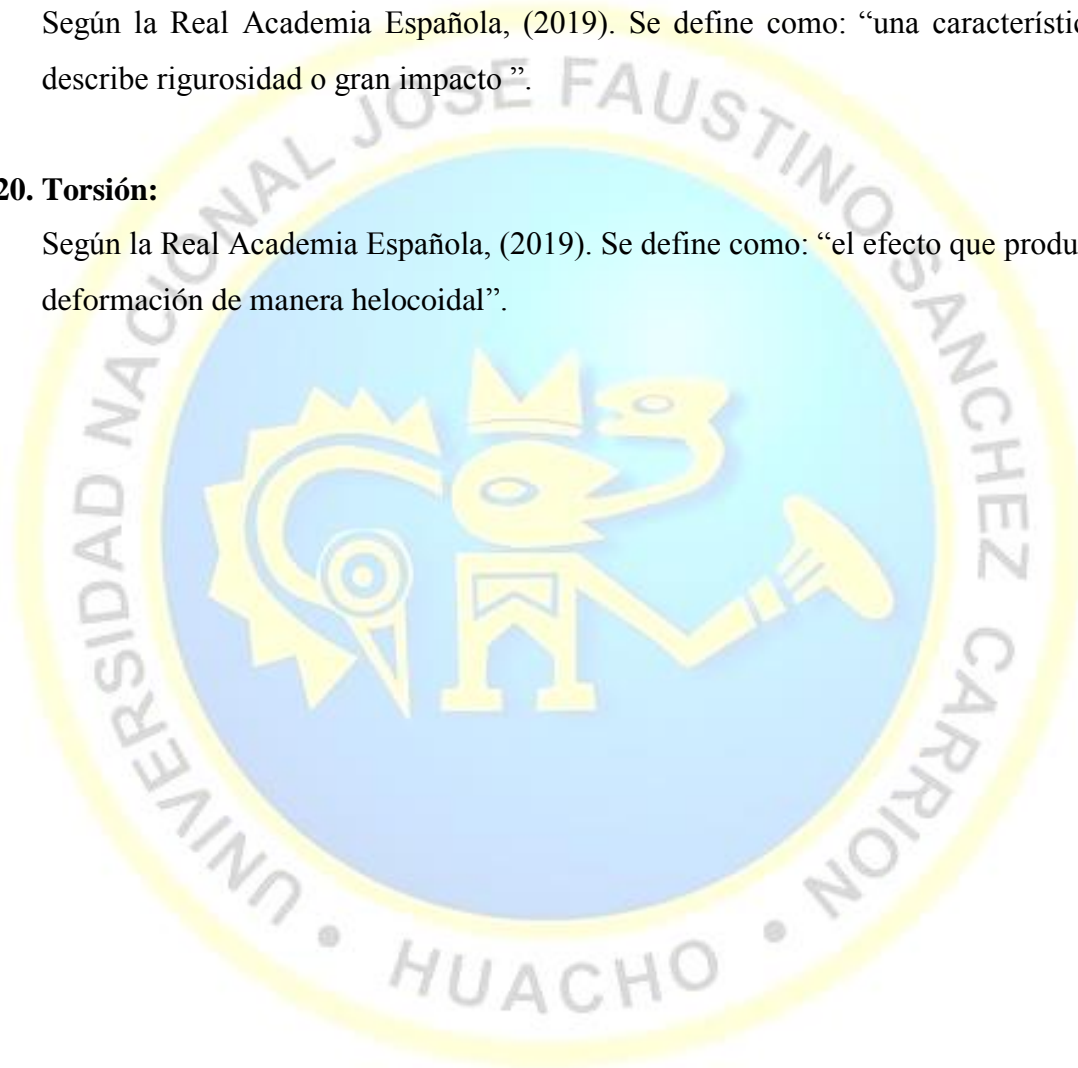
Según Aranzabal & Arroyo, (2015). Se define como: “la capacidad que tiene un elemento o conjunto de elementos para oponerse a deformaciones que se producen por la interacción de fuerzas”. (p.10)

**19. Severo:**

Según la Real Academia Española, (2019). Se define como: “una característica que describe rigurosidad o gran impacto”.

**20. Torsión:**

Según la Real Academia Española, (2019). Se define como: “el efecto que produce una deformación de manera helicoidal”.



## **2.4 Formulación de hipótesis.**

### **2.4.1 Hipótesis general.**

Los indicadores que se obtienen en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica son favorables en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019.

### **2.4.2 Hipótesis específica.**

- La probabilidad de peligro sísmico que existe es alta en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.
- La vulnerabilidad estructural que se presenta es baja en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.
- Los daños que causará un terremoto serán aceptables en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.
- El riesgo sísmico que existe es mínimo en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.
- La filosofía y principios del diseño sismorresistente se está cumpliendo en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Diseño de metodológico

La gestación del diseño del estudio representa el punto donde se conectan las etapas conceptuales del proceso de investigación como el planteamiento del problema, el desarrollo de la perspectiva teórica y las hipótesis con las fases subsecuentes cuyo carácter es más operativo.

##### 3.1.1 Nivel de Investigación.

Según Behar, (2008). “Mediante estudios descriptivos de que trata y como se manifiesta los componentes de un fenómeno, realizando la medición de sus atributos para detallar dicho fenómeno estudiado” (p.17).

La presente investigación es de nivel descriptivo, porque trata de responder a un problema de corte teórico y tiene por finalidad describir un fenómeno o una situación mediante el estudio del mismo en una circunstancia temporal–espacial determinada.

##### 3.1.2 Diseño de Investigación.

Según Palella & Martins, (2012). “Las variables que no se manipulan deliberadamente y que se observan en un tiempo determinado según se presentan en la realidad para luego analizarlos, se refiere al diseño no experimental” (p.87).

La presente investigación es de diseño no experimental-transversal, porque la variable no se manipula de forma deliberada y se observa en un determinado momento.

##### 3.1.3 Tipo de Investigación.

Según Behar, (2008). “Debido a la finalidad del estudio, la investigación aplicada es un tipo de investigación donde se utiliza los conocimientos adquiridos requiriendo un marco teórico para así poder buscar las consecuencias prácticas de algunas circunstancias determinadas” (p.20).

La presente investigación es de tipo aplicada porque se utiliza los conocimientos adquiridos, que a través del marco teórico se obtiene conclusiones y recomendaciones de las circunstancias que se encuentran.



### **3.1.4 Enfoque.**

Según Hernández, Fernández, & Baptista, (2014). “El enfoque cuantitativo a través de la variable encontrada en la realidad; recolecta datos para que con base en la medición numérica y métodos estadístico se podrá extraer diversas conclusiones” (p.4).

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, porque se recolecta datos con la que se analiza para poder establecer conclusiones.

### **3.2 Población y muestra**

Según Wigodski, (2010). “Cuando se realiza una investigación, se debe tener en cuenta las características del conjunto total de individuos, objetos o medidas a la cual se le denomina población. El subconjunto de la población es denominando muestra”.

La población de la presente investigación es el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho que está ubicado en el distrito de Huacho, por lo tanto de acuerdo a la definición anterior se concluye que la muestra coincide con la población.

### 3.3 Operacionalización de variables e indicadores.

Tabla N° 1: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	
<b>EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA</b>	Según Alonso, (2014). “Es un proceso de gran complejidad que varía de acuerdo a las distintas edificaciones que se pueden encontrar, en la evaluación está incluido la tipificación, identificación y la determinación de las áreas críticas o puntos débiles de la edificación evaluada” (p.ii-4).	Peligro sísmico	Análisis del peligro sísmico	19-20	
			-Análisis determinístico del peligro sísmico -Análisis probabilístico del peligro sísmico		
			Sismología	20-27	
			- Deriva continental - Tectónica de placas - Fallas - Rebote elástico - Ondas sísmicas, epicentro y foco - Magnitud e intensidad		
			Sismicidad		28-30
			- Sismicidad histórica - Sismicidad instrumental		
		Vulnerabilidad Estructural	Configuración estructural	31-34	
			- Escala, altura, tamaño horizontal y proporción - Simetría, distribución y concentración - Densidad de la estructura en planta y esquinas - Resistencia perimetral y redundancia		
			Análisis estructural		34-35
		- Análisis Estático - Análisis Dinámico			
		Daño sísmico	Leve	35-36	
			Moderado		
			Severo		
			Total - Colapso o muy severo		
Riesgo sísmico	Peligro sísmico	37			
	Vulnerabilidad Estructural				
	Daño sísmico				
Filosofía y principios del diseño sismorresistente	Evitar pérdidas de vidas humanas	38			
	Asegurar la continuidad de servicios básicos				
	Minimizar los daños a la propiedad				

Fuente: Elaboración propia

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

#### **3.4.1 Técnicas a emplear.**

- El permiso adecuado para la recolección de datos se realizará mediante una solicitud para la coordinación con el director ejecutivo del Hospital Regional de Huacho.
- Los datos iniciales se van a recolectar a partir de documentos, informes y planos que se puedan encontrar o proporcionar de parte del Hospital Regional de Huacho.
- La inspección visual será aplicada para verificar el estado actual del módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho.
- Cuando se termine de recopilar los datos, se realizará el análisis y procesamiento de la información.

#### **3.4.2 Descripción de instrumentos.**

##### **3.4.2.1 Documentos**

Los documentos que se puedan obtener, se utilizarán para conocer información específica de estudios realizados anteriormente o modificaciones que se han dado en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho.

##### **3.4.2.2 Informes**

Los informes que se puedan llegar a conocer, van a proporcionar toda la información posible de acontecimientos ocurridos que se puedan haber dado en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho.

### **3.4.2.3 Planos**

Los planos van a detallar la distribución arquitectónica y la configuración de los elementos estructurales, así como también la ubicación de las instalaciones sanitarias y eléctricas.

### **3.4.2.4 Fichas de inspección visual**

Se van a utilizar para obtener información in-situ de las características físicas de los elementos estructurales y no estructurales que se pueden verificar mediante la observación.



### 3.5 Técnicas para el procesamiento de la información.

El estudio va a comprender las siguientes etapas:

- La primera etapa consiste en la recolección de toda la información general que se pueda encontrar en libros, publicaciones oficiales, informes oficiales, estudios realizados que tengan que ver con el tema, tesis subidas en páginas webs oficiales de universidades y revistas o informes de instituciones nacionales que realizan estudios relacionados al tema. La presente etapa va a concluir con la aprobación del proyecto de Tesis por la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- La segunda etapa consiste en la solicitar el permiso adecuado a la institución y proceder con la recopilación de información que se pueda encontrar en documentos, informes y planos que las áreas administrativas correspondientes proporcionarán.
- La tercera etapa sigue consistiendo en la recolección de datos, pero ésta vez mediante una inspección visual y aplicando el instrumento diseñado.
- La cuarta etapa consiste en realizar técnicas y distintos procedimientos como la aplicación de softwares de ingeniería que permiten analizar y codificar los datos recopilados, para así poder obtener resultados que se van a evaluar teniendo en consideración el Reglamento Nacional de Edificaciones y de ésta manera determinar los indicadores que permitirán dar a conocer las conclusiones y recomendaciones finales de la presente investigación.

## CAPITULO IV

### DIAGNOSTICO - RESULTADOS DE LA VULNERABILIDAD DEL MODULO DE SERVICIOS GENERALES Y HOSPITALIZACION DEL HOSPITAL REGIONAL DE HUACHO

#### 4.1 Ubicación

El módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho, se ubica en la Avenida José Arámbulo La Rosa N° 251 del distrito de Huacho – Perú.

*Figura N° 15: Ubicación del módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho*



Fuente: Google LLC, (2019)

## 4.2 Peligro Sísmico

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, (2018). En la norma vigente E.030 establece que:

Habiéndose realizado el análisis probabilístico del peligro sísmico, a partir del estudio de sismicidad instrumental que se desarrolla en nuestro país. Se fueron obteniendo información sismogénica y sismológica, para las distintas zonas y tipos de suelo del territorio peruano.

Estableciéndose cuatro zonas con distintos factores que representan la aceleración máxima horizontal en un suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Figura N° 16: Factor de Zonificación



Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, (2018)

Figura N° 17: Zona Sísmica del Hospital Regional de Huacho

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA
LIMA	HUAURA	CHECRAS	3
		LEONCIO PRADO	
		PACCHO	
		SANTA LEONOR	
		ÁMBAR	4
		CALETA DE CARQUÍN	
		HUACHO	
		HUALMAY	
		HUAURA	
		SANTA MARÍA	
SAYÁN			
VEGUETA			

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, (2018)

Por lo mencionado, nuestro factor de zonificación (Z) según la norma E.030 de Diseño Sismorresistente será igual a 0.45 ( $Z=0.45$ ) debido a que el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho se encuentra en la zona 4.

Teniendo en cuenta que dicho factor de zonificación es el valor para el suelo rígido, el cual se encuentra a una profundidad mayor a 10 km aproximadamente. No obstante, se requiere la aceleración máxima en la estructura que se procederá a evaluar, por lo cual se usaran los siguientes factores sísmicos:

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, (2018). En la norma vigente E.030 establece lo siguiente:

- Factor de amplificación de suelo (S): Las características del suelo que se presenta son medianamente rígidos, con velocidad de propagación de onda de corte, se encuentra entre 180 m/s y 500 m/s. Por lo que se clasificaría como un tipo suelo S2, en consecuencia el valor del factor de amplificación de suelo que corresponde es igual a 1.05 ( $S=1.05$ ), como se indica en la siguiente tabla:



Tabla N° 2: Factor de amplificación de suelo

FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, (2018)

- Factor de amplificación Sísmica (C): Factor que amplifica la aceleración máxima hasta la estructura y se calcula teniendo en consideración el periodo de la estructura, se utilizará la siguiente tabla y las siguientes formulas:

Tabla N° 3: Periodos "Tp" y "TL"

	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub> (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T <sub>L</sub> (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, (2018)

Figura N° 18: Formulas para el cálculo del factor de amplificación sísmica (C)

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

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, (2018)

Donde:

- $T_p$ : Periodo que define la plataforma del factor “C”.
  - $T_L$ : Periodo que define el inicio de la zona del factor “C” con desplazamiento constante.
  - $T$ : Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo de un modo en el análisis dinámico.
- Factor de Uso (U): La edificación en estudio, está clasificada como esencial (Categoría “A”), por lo que debe mantenerse operativa durante y después de un sismo severo. Por lo que se debe considerar un factor de uso igual a 1.50 ( $U=1.50$ ).

Tabla N° 4: Categoría de las edificaciones y factor "U"

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, 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. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - 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.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	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
<p>Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U es como mínimo 1,5.</p> <p>Nota 2: En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.</p>		

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, (2018)

- Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmica ( $R_o$ ): El estructura en estudio, ha sido construida basado en un sistema estructural de pórticos de concreto. Por lo que le corresponde el valor de ocho ( $R_o=8$ ).
- Factores de irregularidad (“ $I_a$ ” y “ $I_p$ ”): La edificación en estudio, está clasificada como esencial (Categoría “A”). Por lo que no es permitido la irregularidad a nivel arquitectónico y estructuralmente, en consecuencia el factor de irregularidad en altura será igual a uno ( $I_a=1$ ) y el factor de irregularidad en planta ( $I_p=1$ ).
- Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas ( $R$ ): Es la multiplicación de los factores “ $R_o$ ”, “ $I_a$ ” y “ $I_p$ ”. En consecuencia el resultado de la interacción de dichos factores es ocho ( $R=8$ ).

### **4.3 Configuración Estructural**

Luego de haberse realizado la inspección técnica en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho, se recopiló información necesaria para poder describir las características de configuración estructural de dicho módulo.

#### **4.3.1 Configuración en planta**

- En los planos de distribución que se nos facilitaron, se observó que los elementos estructurales predominantes son columnas (placas presentes en cajas de ascensor y escaleras) y su configuración de la estructura califica como regular, debido a que cuenta con una distribución simétrica de los elementos estructurales resistentes (columnas y placas) y no existen discontinuidades considerables en los diafragmas rígidos.

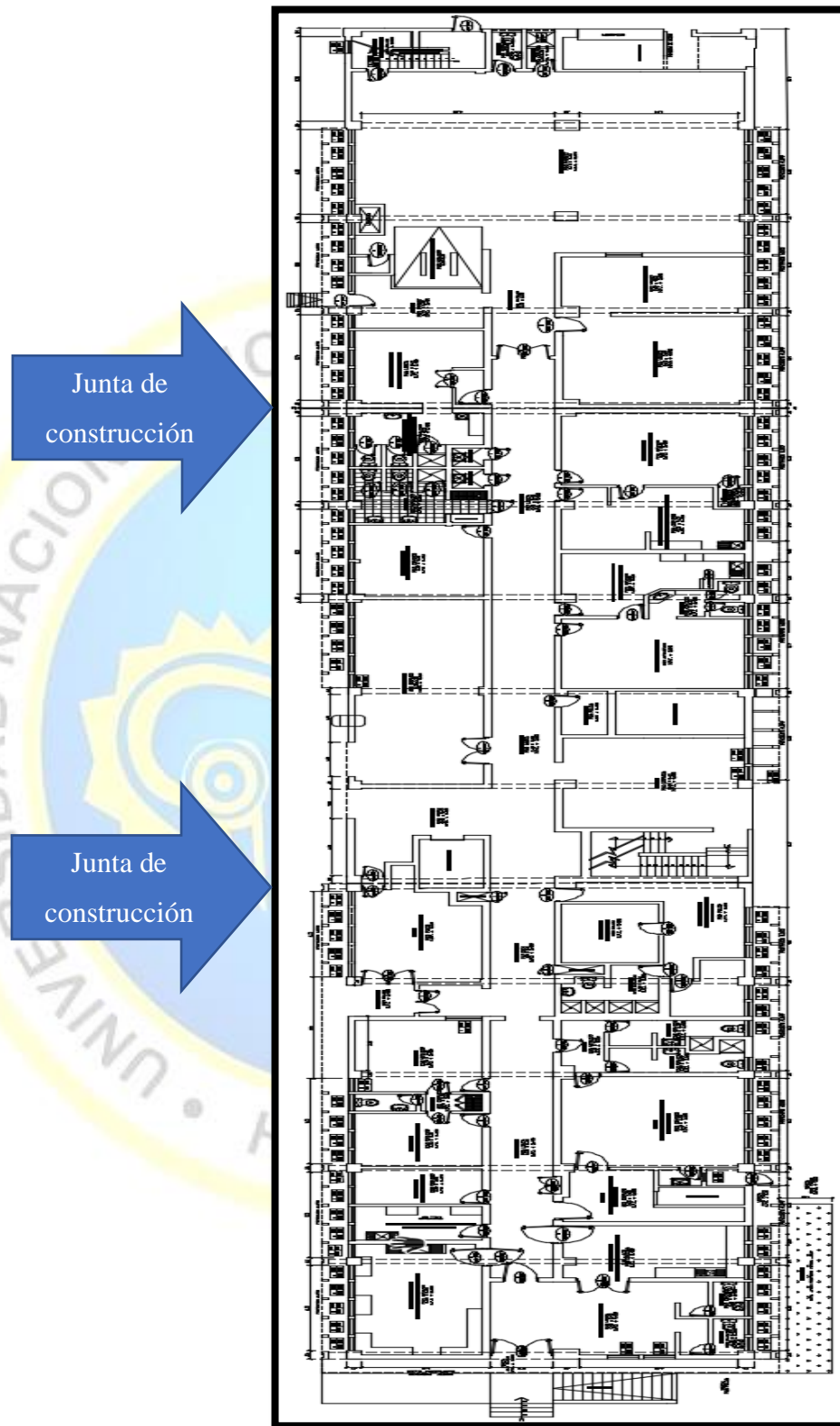
Figura N° 19: Identificación del sistema estructural



Fuente: Elaboración propia

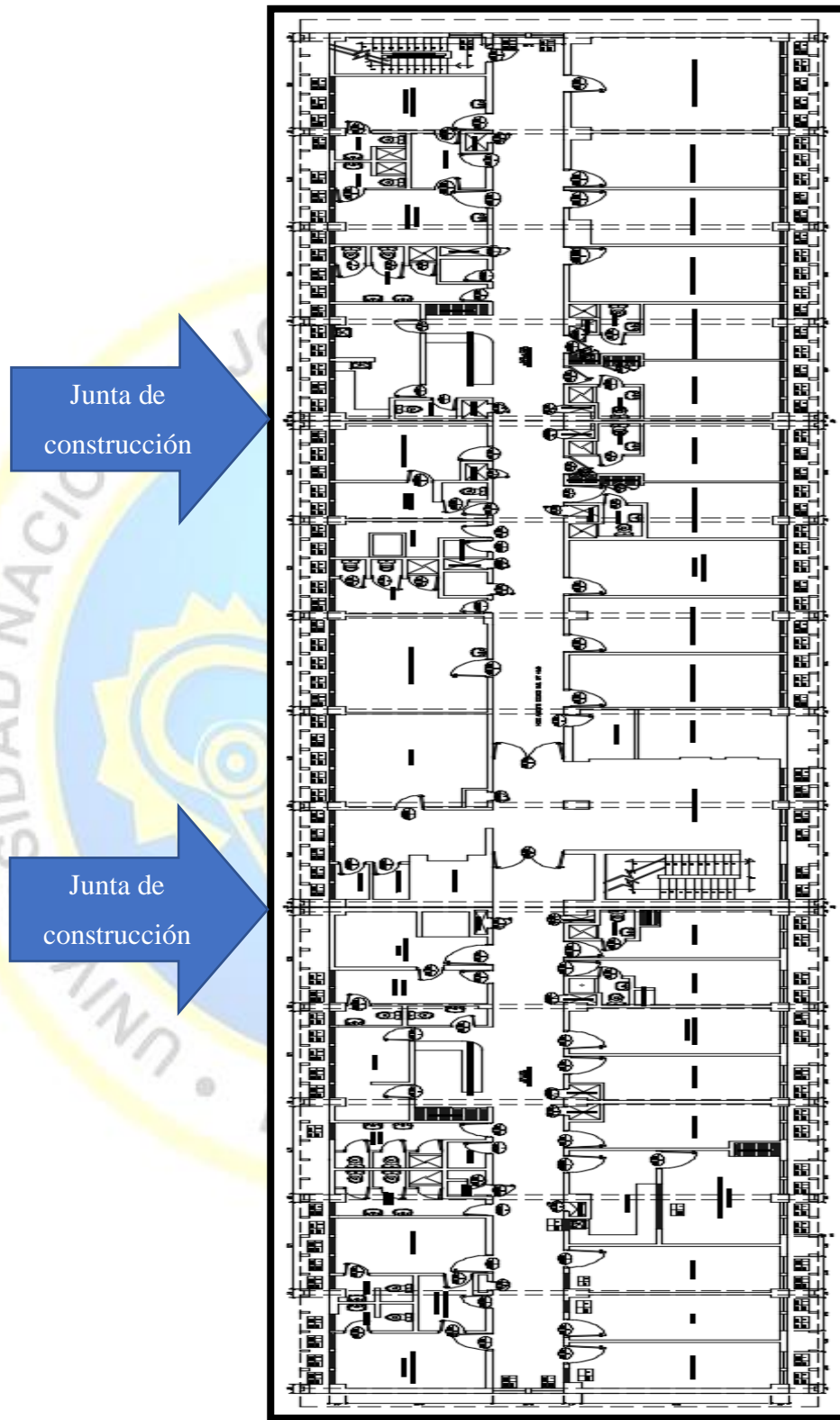
- El módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho, está conformado por tres estructuras de concreto armado que se encuentran continuamente y separados por juntas de construcción. Por lo tanto cada estructura que conforma dicho módulo, tendrá un mejor comportamiento debido a que al ser de menores dimensiones, presentará menores variaciones de vibración.

Figura N° 20: Distribución de primer piso del módulo de servicios generales y hospitalización



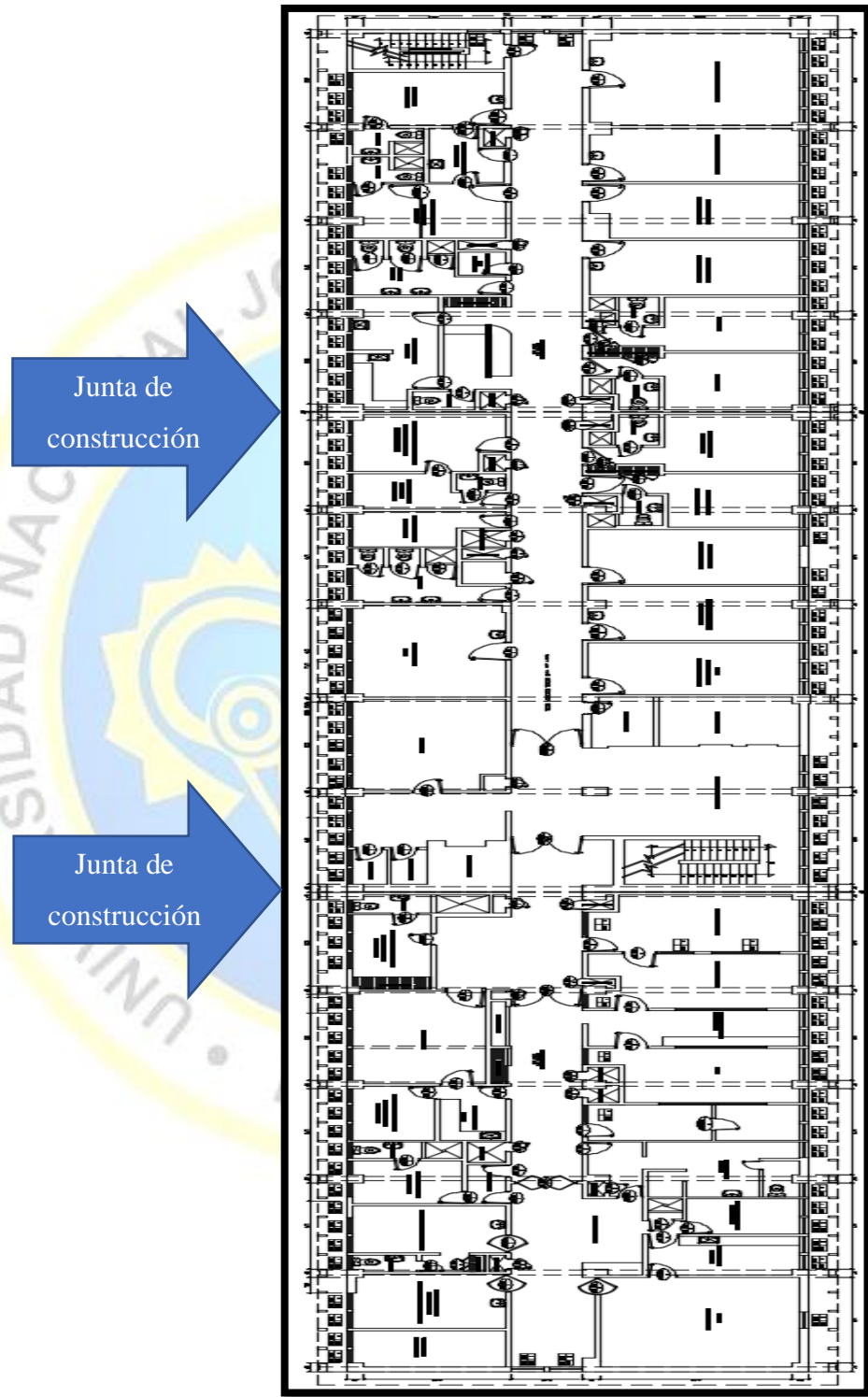
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 21: Distribución de segundo piso del módulo de servicios generales y hospitalización



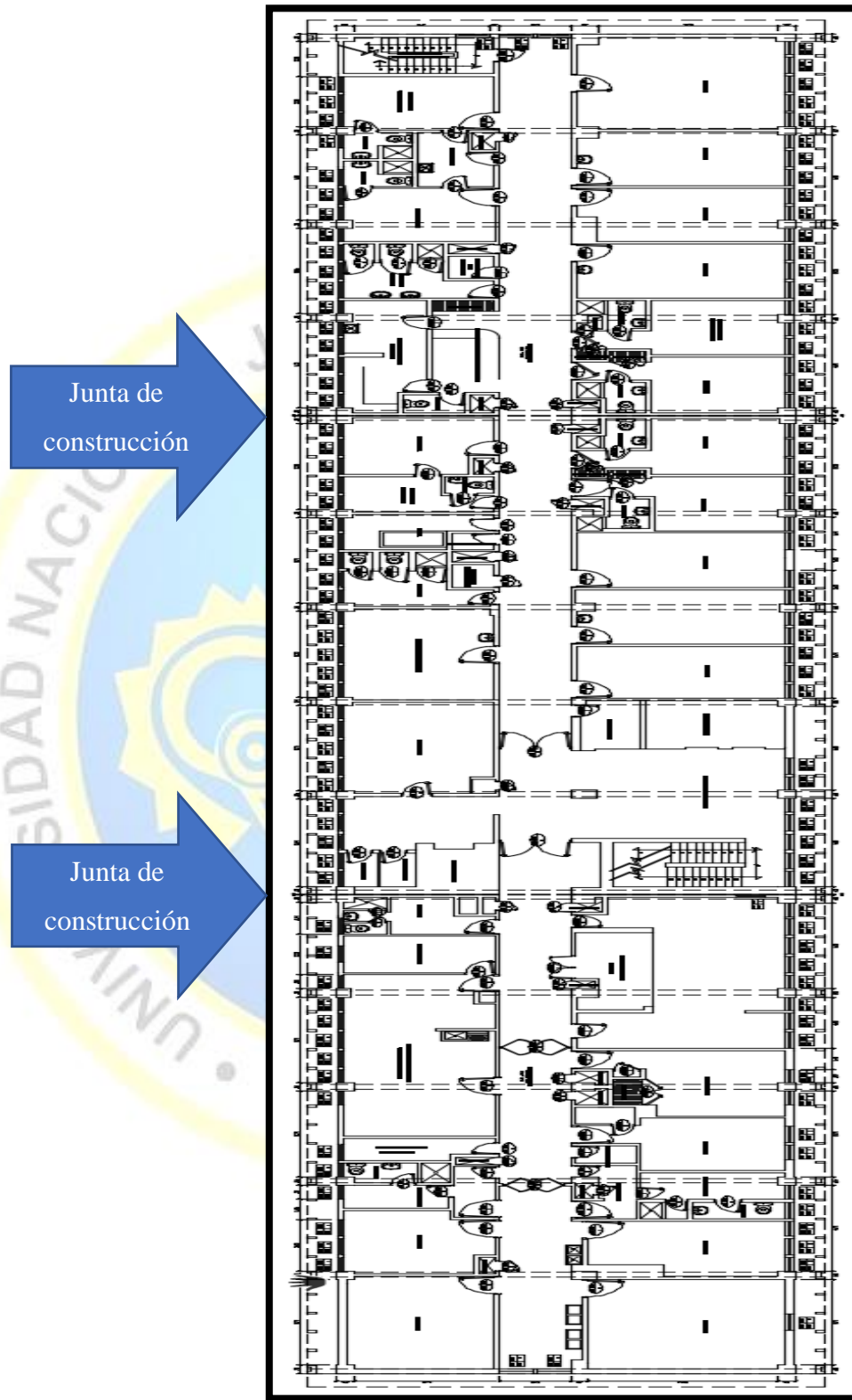
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 22: Distribución de tercer piso del módulo de servicios generales y hospitalización



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 23: Distribución de cuarto piso del módulo de servicios generales y hospitalización

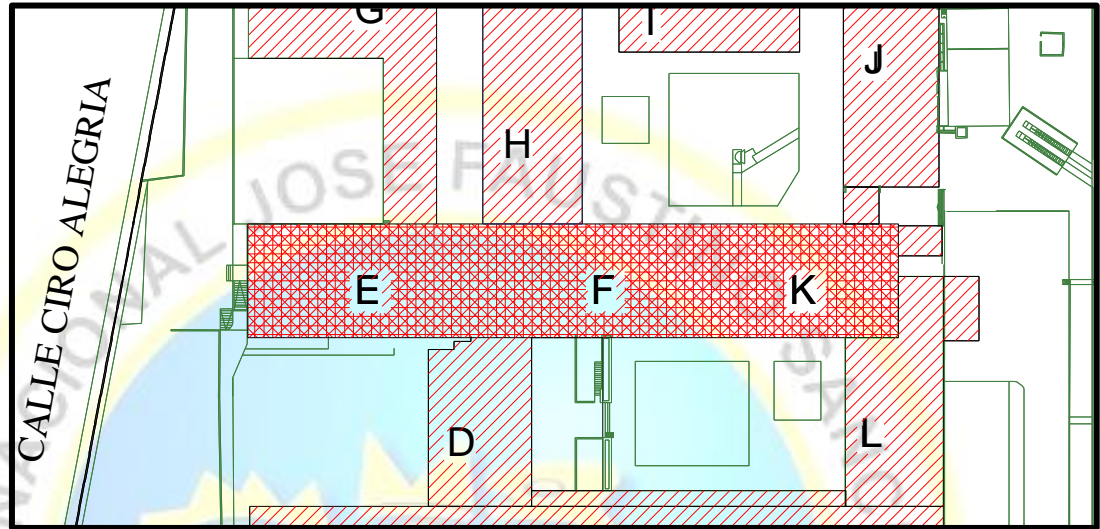


Fuente: Elaboración propia



- Por lo tanto el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho, está particionado en tres sectores (E, F, K) propiamente clasificados por el mismo hospital.

Figura N° 24: Sectores del módulo de servicios generales y hospitalización



Fuente: Hospital Regional de Huacho, (2019)

Figura N° 25: Junta de construcción - Vista exterior



Fuente: Elaboración propia

*Figura N° 26: Junta de construcción - Vista interior (columna-piso terminado)*



Fuente: Elaboración propia

*Figura N° 27: Junta de construcción - Vista interior (columna-viga)*

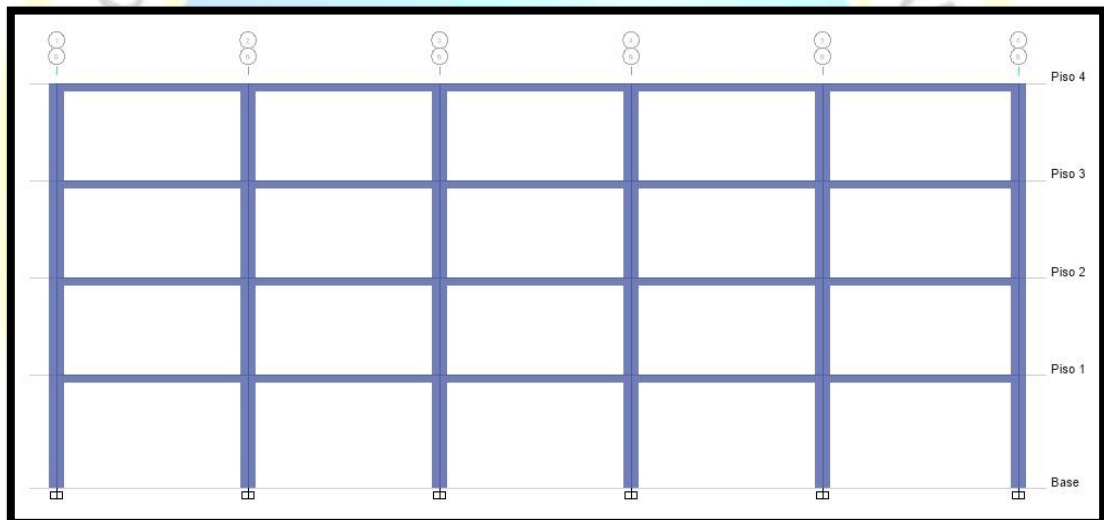


Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2 Configuración en altura

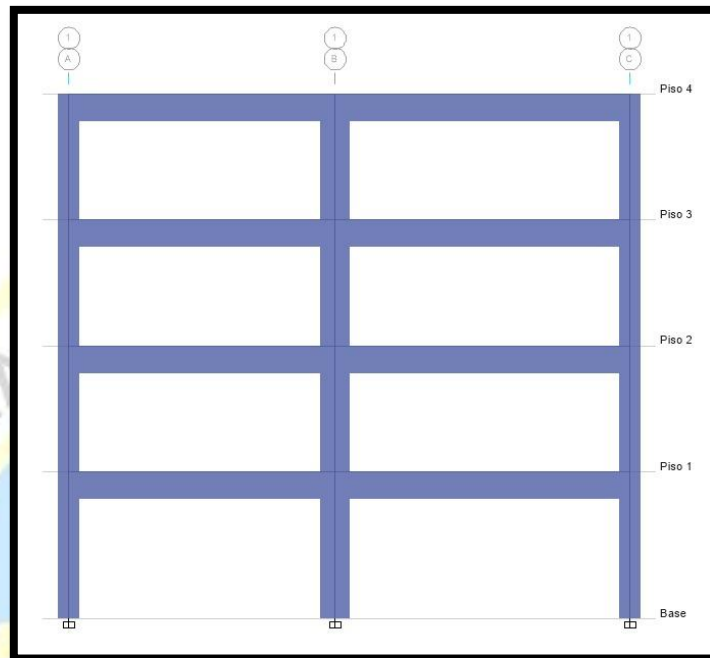
- La estructura en estudio presenta alturas típicas en sus niveles según los planos encontrados y como se verificó en la inspección técnica. Por lo que no existe variaciones considerables de rigideces de un piso al otro.
- Por lo que según nuestra norma vigente E.030, se considera como una estructura regular en altura.

Figura N° 28: Vista frontal de la configuración en altura



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 29: Vista lateral de la configuración en altura



Fuente: Elaboración propia

- Sin embargo, tanto en la elevación principal como en los muros internos y perimetrales, los alfeizares de las ventanas que se asignaron por motivos arquitectónicos y de funcionalidad, no fueron debidamente aislados de los elementos estructurales de concreto armado. En consecuencia, en el desarrollo de un sismo se presentarán fallas por “**columnas cortas**” debido a que el desplazamiento lateral de las columnas serán restringidas por los elementos de albañilería.

*Figura N° 30: Columna corta en elevación principal*



Fuente: Elaboración propia

*Figura N° 31: Columna corta en muros perimetrales internos*



Fuente: Elaboración propia

*Figura N° 32: Columna corta en muros internos*



Fuente: Elaboración propia

*Figura N° 33: Columna corta en muros perimetrales externos*



Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Análisis Estructural

Utilizando los métodos de elementos finitos, análisis matricial y el programa Etabs; se modeló las estructuras de cada sector que conforman el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho. Las dimensiones de los elementos estructurales se obtuvieron de la inspección técnica y recolección de datos (planos, informes, etc.)

En el metrado de cargas se consideró la carga muerta producida por el peso propio de los elementos, la carga viva producida por una sobrecarga de 300 kg/m<sup>2</sup> en los tres primeros niveles y de 100 kg/m<sup>2</sup> en la azotea.

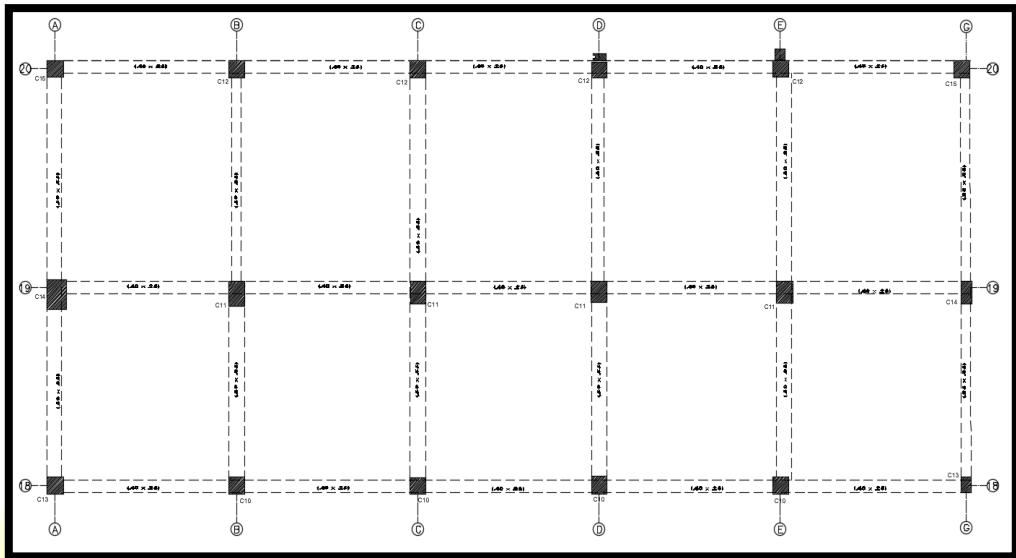
Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, (2018). “Por ser una estructura de tipo esencial (categoría A), se considerará el peso sísmico como el total de la carga muerta o permanente, más el 50% de la carga viva”.

Para el análisis estático y dinámico de los sectores “E, F, K” que conforman el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho, se consideraron los siguientes parámetros sísmicos:

$Z=0.45$ ,  $U=1.5$ ,  $S=1.05$ ,  $T_p=0.6$  seg.,  $R=8$  (Edificación regular y de pórticos de concreto armado),  $C_x=1.14$  y  $C_y=1.15$  (“ $C_x$ ” y “ $C_y$ ”, calculados en función al periodo fundamental obtenido del software).

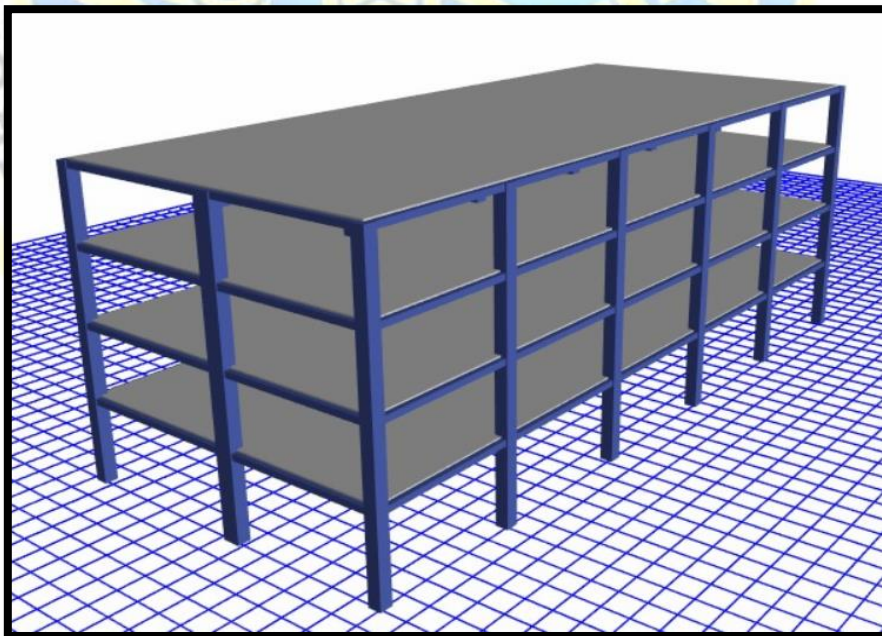
#### 4.4.1 Sector "E"

Figura N° 34: Plano aligerado del sector "E"



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 35: Modelo estructural en 3D del sector "E"



Fuente: Elaboración propia



- **Análisis estático**

Luego de realizarse el análisis estático, se obtuvo las cortantes basales del primer nivel de la estructura en la dirección “X” y “Y” como se muestra a continuación.

Tabla N° 5: Cortante estático del primer nivel en dirección "X" e "Y" - Sector "E"

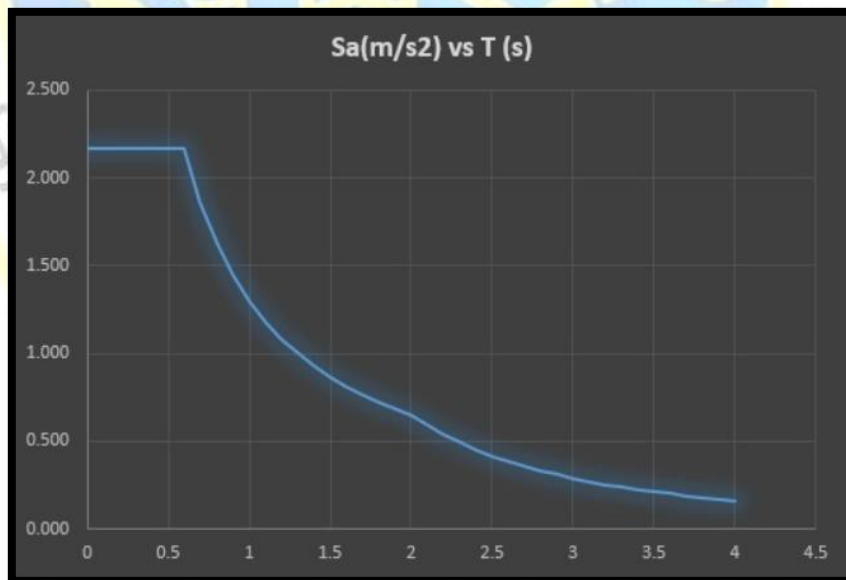
Cortante estático			
nivel	carga	Vx	Vy
1	Sx	156.3703 Tonf	157.9992 Tonf

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis dinámico modal espectral**

Según los parámetros sísmicos mencionados anteriormente, se obtiene el siguiente espectro de diseño que se utiliza para el análisis dinámico modal espectral.

Figura N° 36: Espectro de Diseño - Sector "E"



Fuente: Elaboración propia

Mediante el análisis modal espectral se obtuvo los modos de vibración de la estructura, la cual se consideró los 7 primeros debido a que fueron suficientes para que la suma de sus masas efectivas sean más del 90% de la masa total de la estructura.

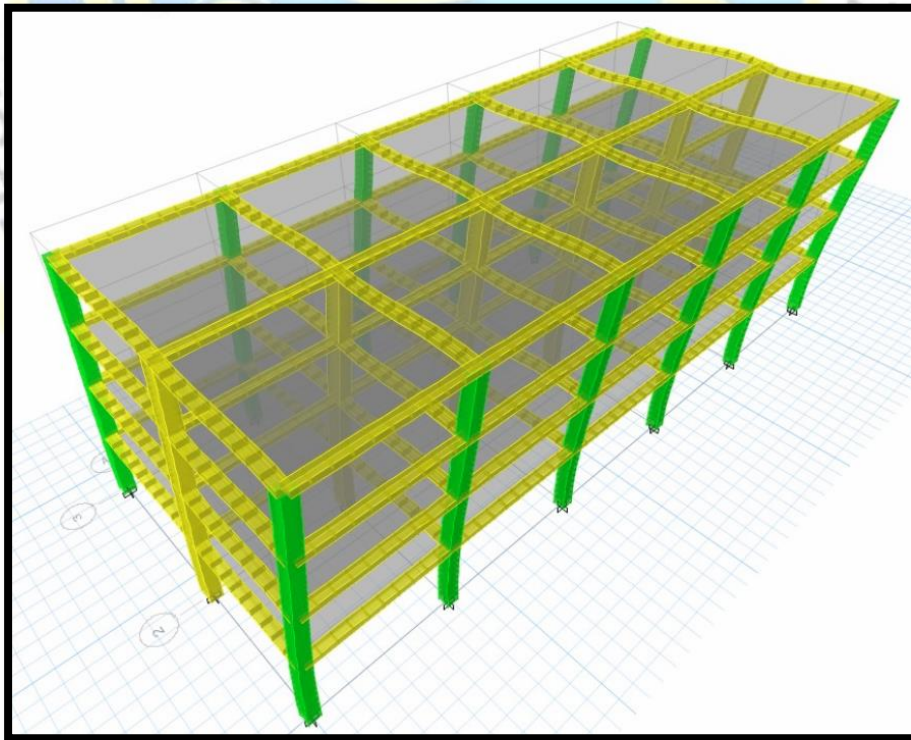
Tabla N° 6: Modos de Vibración del Sector "E"

Tabla de Modos de Vibración					
Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY
1	1.32	0.000041	0.7641	0.000041	0.7641
2	1.301	0.7856	0.00004668	0.7857	0.7641
3	1.119	0.0007	0.0003	0.7864	0.7644
4	0.326	0.1523	0	0.9387	0.7644
5	0.302	6.173E-07	0.1704	0.9387	0.9348
6	0.27	0.0001	0.0002	0.9387	0.935
7	0.137	0.0496	0	<b>0.9884</b>	<b>0.935</b>

Fuente: Elaboración propia

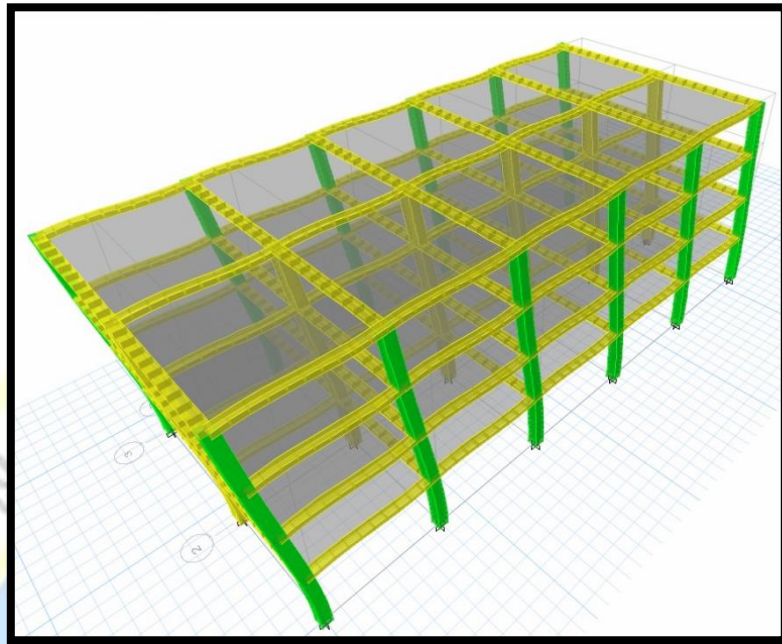
Las figuras que se muestran a continuación, representan las formas de modo de la estructura en estudio.

Figura N° 37: Primer modo de vibración del Sector "E"



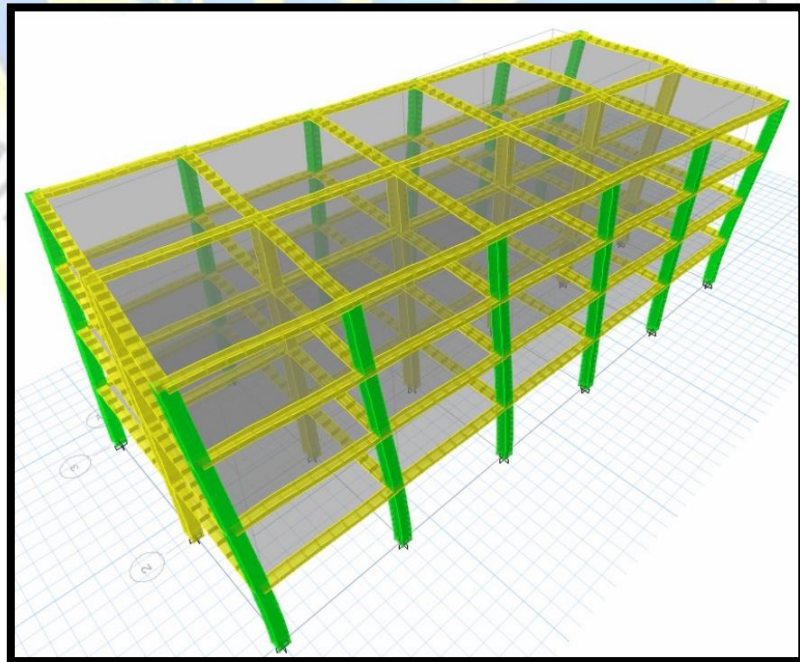
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 38: Segundo modo de vibración del Sector "E"



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 39: Tercer modo de vibración del Sector "E"



Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el análisis estático y dinámico, se verifica que la cortante dinámica en estructuras regulares sea por lo menos el 80% de la cortante estática según lo menciona la norma E.030, ésta condición se cumple tal cual se muestra a continuación.

Tabla N° 7: Verificación de cortantes según Norma E.030 - Sector "E"

Cortante estático			
nivel	carga	Vx	Vy
1	Sx	156.3703 Tonf	157.9992 Tonf

80% de la cortante estática	
125.09624 Tonf	126.39936 Tonf

Cortante dinámico			
nivel	carga	Vx	Vy
1	Sx	144.7387 Tonf	142.6581 Tonf
		CUMPLE	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

- **Desplazamientos laterales de entrepiso**

Se calculó las distorsiones de entrepiso en la dirección "x" e "Y" después de haberse realizado el análisis estructural, considerando que la norma E.030 indica que el máximo valor de distorsión de entrepiso que puede existir en edificaciones de concreto armado es 0.007. En éste caso los desplazamientos verticales serán despreciables.

Tabla N° 8: Distorsiones de entepiso del sector "E" en dirección "X"

Tabla de distorsiones de entepiso				
Nivel	Dirección	Deriva	Limite	Deriva < 0.007
1	X	0.018474	0.007	NO CUMPLE
2	X	0.033874	0.007	NO CUMPLE
3	X	0.034683	0.007	NO CUMPLE
4	X	0.030118	0.007	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

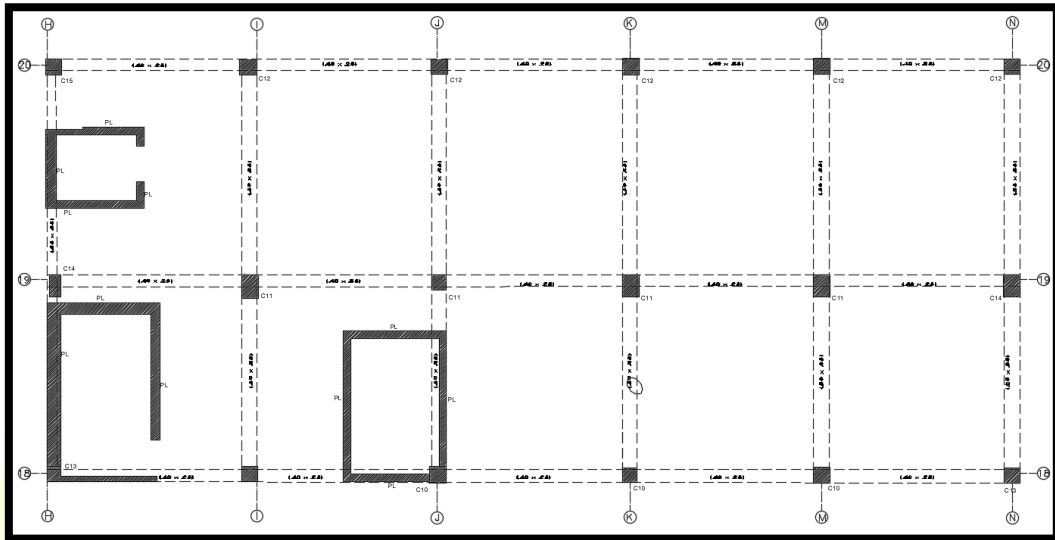
Tabla N° 9: Distorsiones de entepiso del sector "E" en dirección "Y"

Tabla de distorsiones de entepiso				
Nivel	Dirección	Deriva	Limite	Deriva < 0.007
1	Y	0.016869	0.007	NO CUMPLE
2	Y	0.033262	0.007	NO CUMPLE
3	Y	0.036699	0.007	NO CUMPLE
4	Y	0.034608	0.007	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

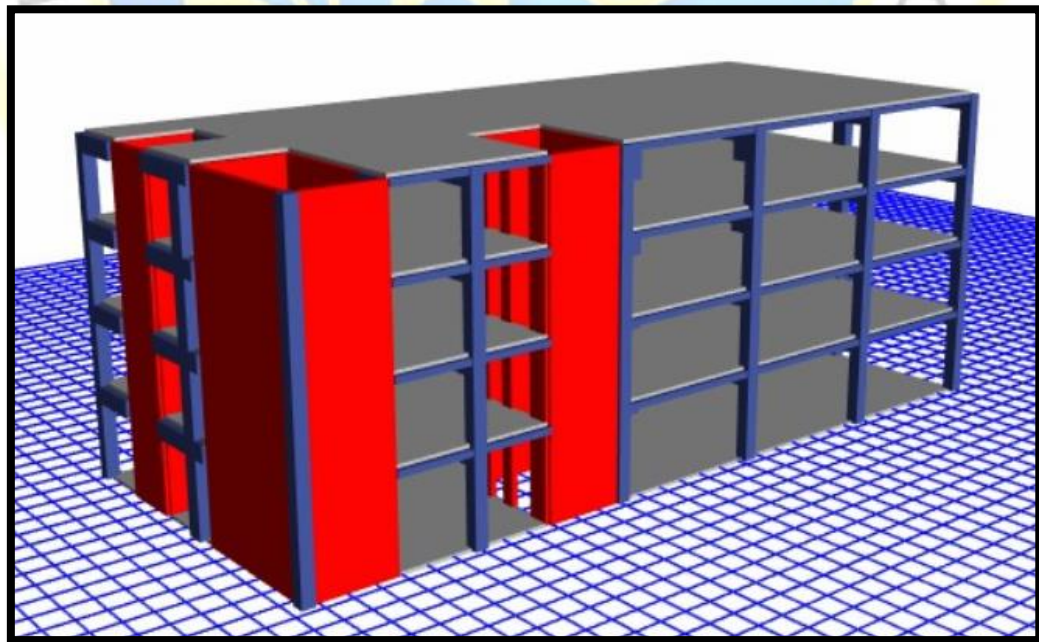
#### 4.4.2 Sector "F"

Figura N° 40: Plano aligerado del sector "F"



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 41: Modelo estructural en 3D del sector "F"



Fuente: Elaboración propia

- **Análisis estático**

Luego de realizarse el análisis estático, se obtuvo las cortantes basales del primer nivel de la estructura en la dirección “X” y “Y” como se muestra a continuación

*Tabla N° 10: Cortante estático del primer nivel en dirección "X" e "Y" - Sector "F"*

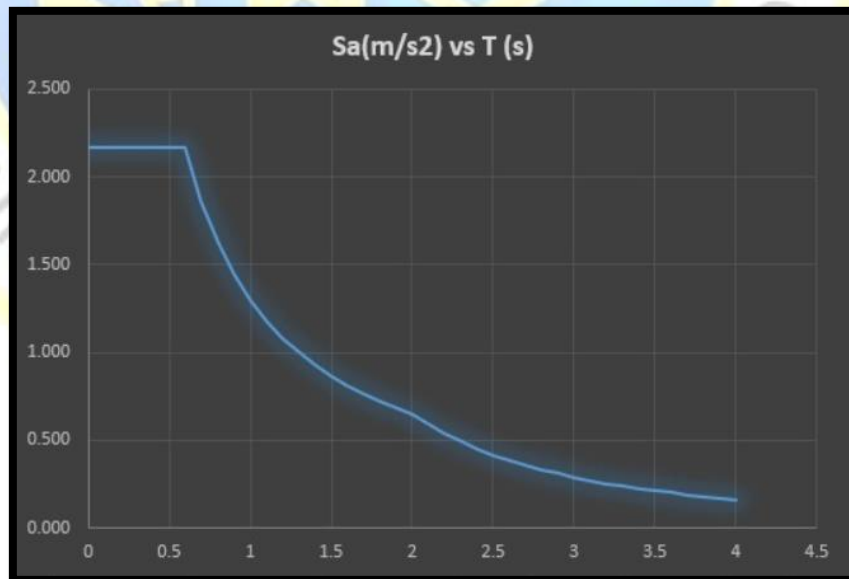
Cortante estático			
nivel	carga	Vx	Vy
1	Sx	256.262287 Tonf	244.6667079 Tonf

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis dinámico modal espectral**

Según los parámetros sísmicos mencionados anteriormente, se obtiene el siguiente espectro de diseño que se utiliza para el análisis dinámico modal espectral.

*Figura N° 42: Espectro de Diseño - Sector "F"*



Fuente: Elaboración propia

Mediante el análisis modal espectral se obtuvo los modos de vibración de la estructura, la cual se consideró los 9 primeros debido a que fueron suficientes para que la suma de sus masas efectivas sean más del 90% de la masa total de la estructura.

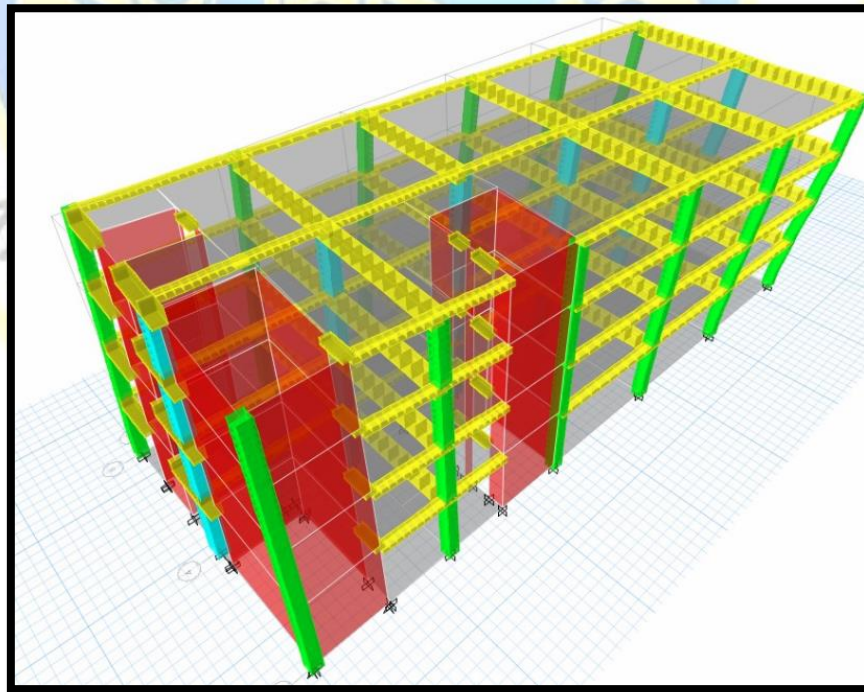
Tabla N° 11: Modos de Vibración del Sector "F"

Tablas de Modos de Vibración					
Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY
1	0.276	0.025	0.4279	0.025	0.4279
2	0.192	0.7109	0.0299	0.7359	0.4578
3	0.104	0.0025	0.2289	0.7384	0.6867
4	0.102	0.0105	0.1545	0.7489	0.8411
5	0.064	0.000009948	0.0092	0.749	0.8504
6	0.058	0.1755	0.0032	0.9244	0.8536
7	0.049	0.0004	0.0163	0.9249	0.8699
8	0.046	0.0001	0.0027	0.9249	0.8726
9	0.045	0	0.0685	<b>0.9249</b>	<b>0.9411</b>

Fuente: Elaboración propia

Las figuras que se muestran a continuación, representan las formas de modo de la estructura en estudio.

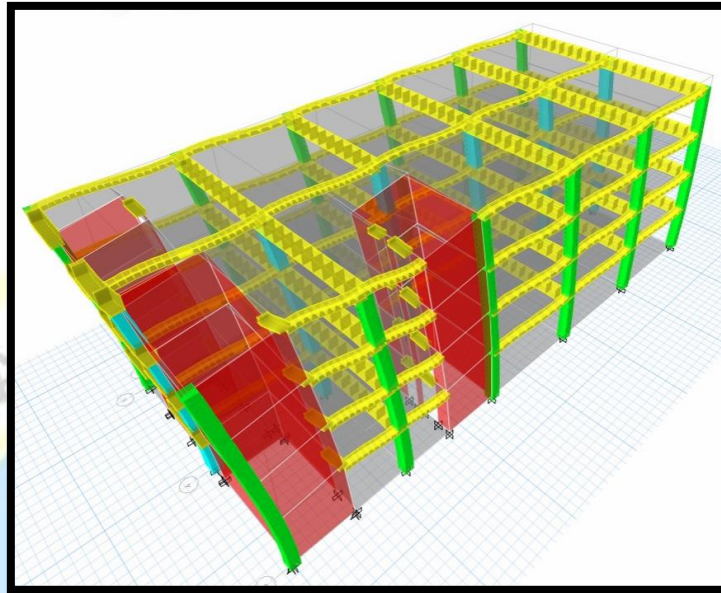
Figura N° 43: Primer modo de vibración del Sector "F"



Fuente: Elaboración propia

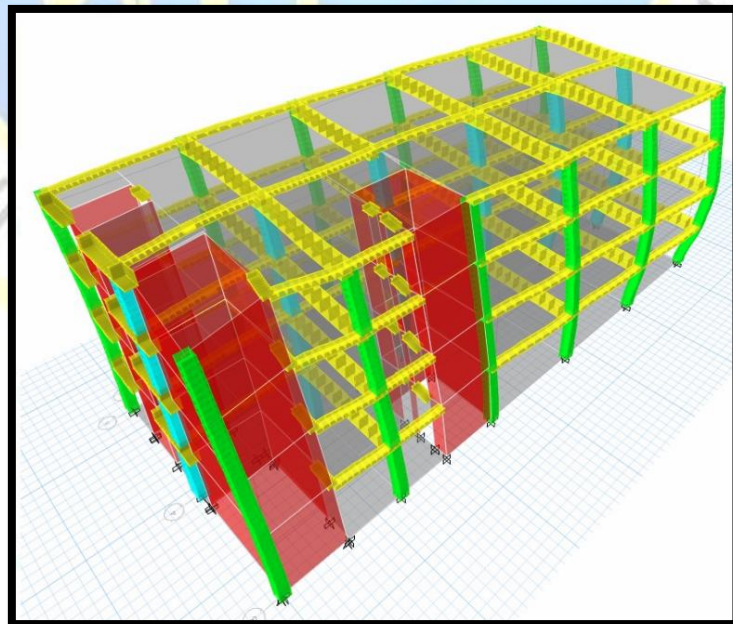


Figura N° 44: Segundo modo de vibración del Sector "F"



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 45: Tercer modo de vibración del Sector "F"



Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el análisis estático y dinámico, se verifica que la cortante dinámica en estructuras regulares sea por lo menos el 80% de la cortante estática según lo menciona la norma E.030, ésta condición se cumple tal cual se muestra a continuación.

Tabla N° 12: Verificación de cortantes según Norma E.030 - Sector "F"

Cortante estático			
nivel	carga	Vx	Vy
1	Sx	256.262287 Tonf	244.6667079 Tonf

80% de la cortante estática	
205.009829 Tonf	195.7333663 Tonf

Cortante dinámico			
nivel	carga	Vx	Vy
1	Sx	271.343217 Tonf	219.2877606 Tonf
		CUMPLE	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

- **Desplazamientos laterales de entrepiso**

Se calculó las distorsiones de entrepiso en la dirección "x" e "Y" después de haberse realizado el análisis estructural, considerando que la norma E.030 indica que el máximo valor de distorsión de entrepiso que puede existir en edificaciones de concreto armado es 0.007. En éste caso los desplazamientos verticales serán despreciables.

Tabla N° 13: Distorsiones de entepiso del sector "F" en dirección "X"

Tabla de distorsiones de entepiso				
Nivel	Dirección	Deriva	Limite	Deriva < 0.007
1	X	0.000771	0.007	CUMPLE
2	X	0.001464	0.007	CUMPLE
3	X	0.001736	0.007	CUMPLE
4	X	0.001769	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

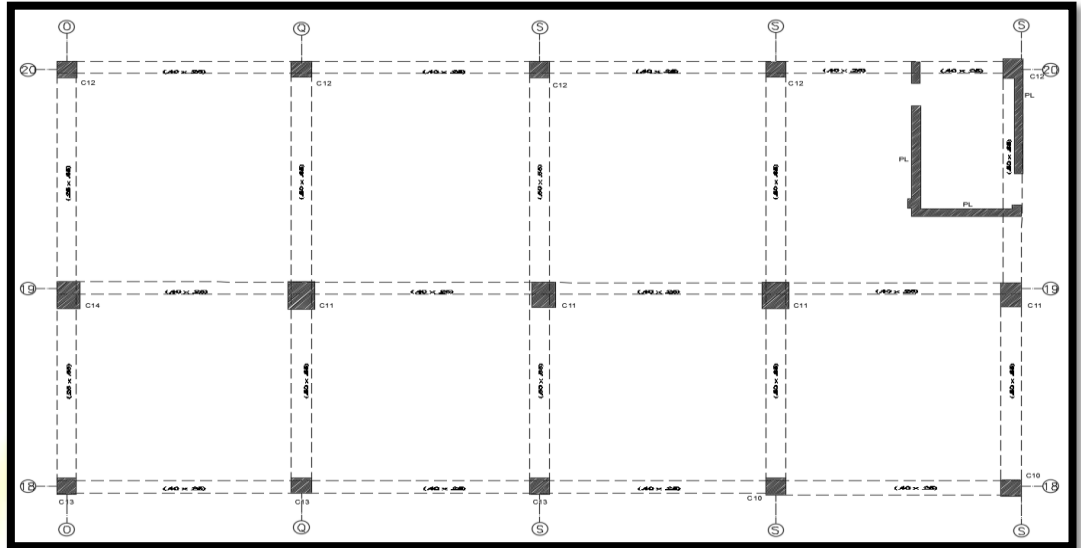
Tabla N° 14: Tabla N° 9: Distorsiones de entepiso del sector "F" en dirección "Y"

Tabla de distorsiones de entepiso				
Nivel	Dirección	Deriva	Limite	Deriva < 0.007
1	Y	0.00315	0.007	CUMPLE
2	Y	0.00417	0.007	CUMPLE
3	Y	0.00383	0.007	CUMPLE
4	Y	0.00265	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

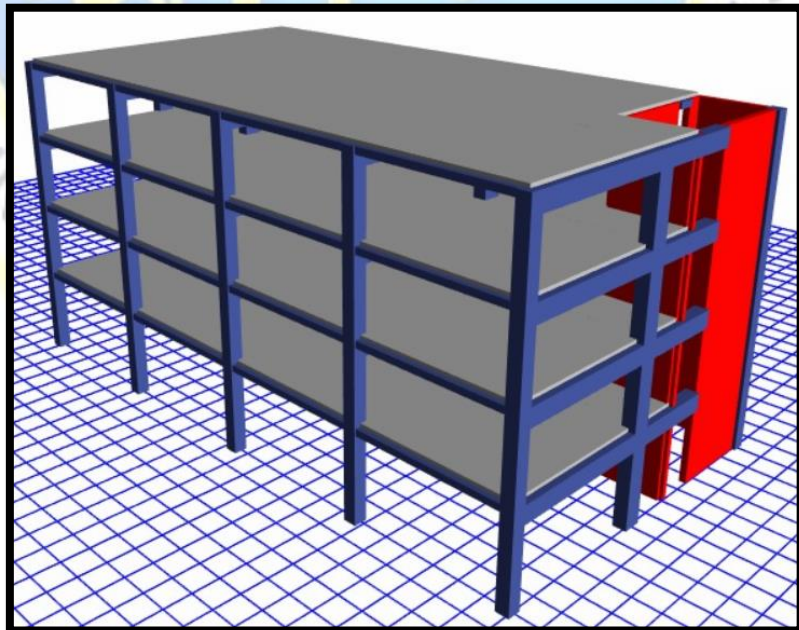
### 4.4.3 Sector "K"

Figura N° 46: Plano aligerado del sector "K"



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 47: Modelo estructural en 3D del sector "K"



Fuente: Elaboración propia

- **Análisis estático**

Luego de realizarse el análisis estático, se obtuvo las cortantes basales del primer nivel de la estructura en la dirección “X” y “Y” como se muestra a continuación

*Tabla N° 15: Cortante estático del primer nivel en dirección "X" e "Y" - Sector "K"*

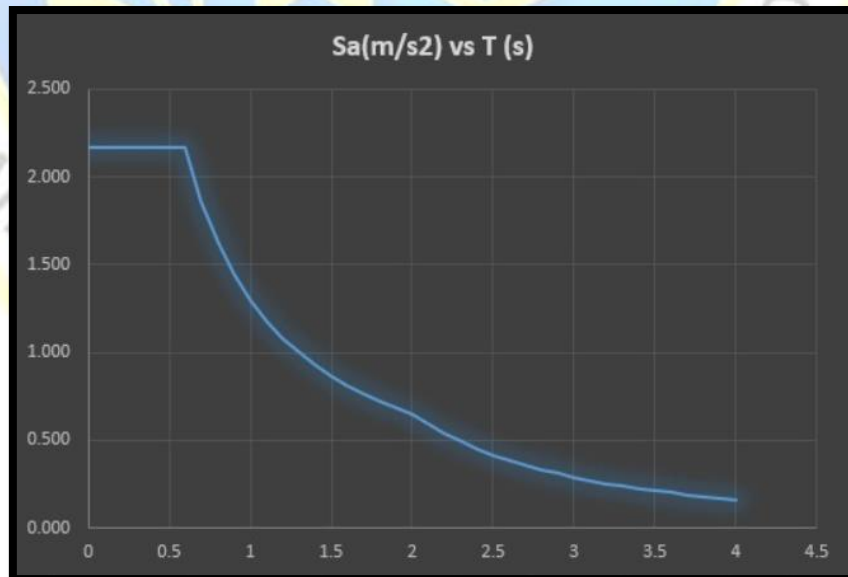
Cortante estático			
nivel	carga	Vx	Vy
1	Sx	186.8366 Tonf	178.3825 Tonf

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis dinámico modal espectral**

Según los parámetros sísmicos mencionados anteriormente, se obtiene el siguiente espectro de diseño que se utiliza para el análisis dinámico modal espectral.

*Figura N° 48: Espectro de Diseño - Sector "K"*



Fuente: Elaboración propia

Mediante el análisis modal espectral se obtuvo los modos de vibración de la estructura, la cual se consideró los 5 primeros debido a que fueron suficientes para que la suma de sus masas efectivas sean más del 90% de la masa total de la estructura.

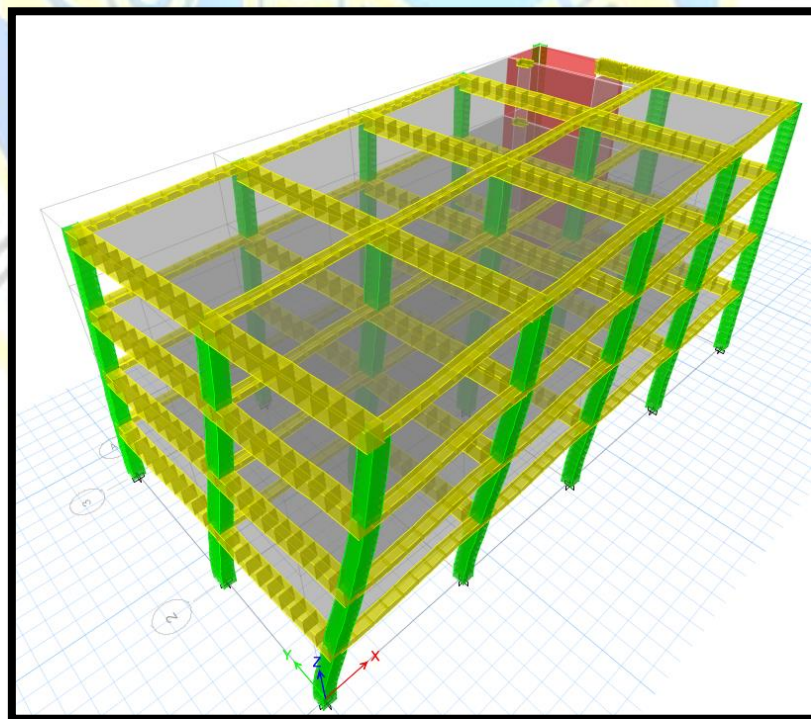
Tabla N° 16: Modos de Vibración del Sector "K"

Tablas de Modos de Vibración					
Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY
1	0.372	0.2169	0.342	0.2169	0.342
2	0.28	0.532	0.1916	0.7489	0.5336
3	0.126	0.0044	0.2561	0.7533	0.7897
4	0.113	0.0292	0.0928	0.7825	0.8825
5	0.068	0.1538	0.0218	<b>0.9363</b>	<b>0.9043</b>

Fuente: Elaboración propia

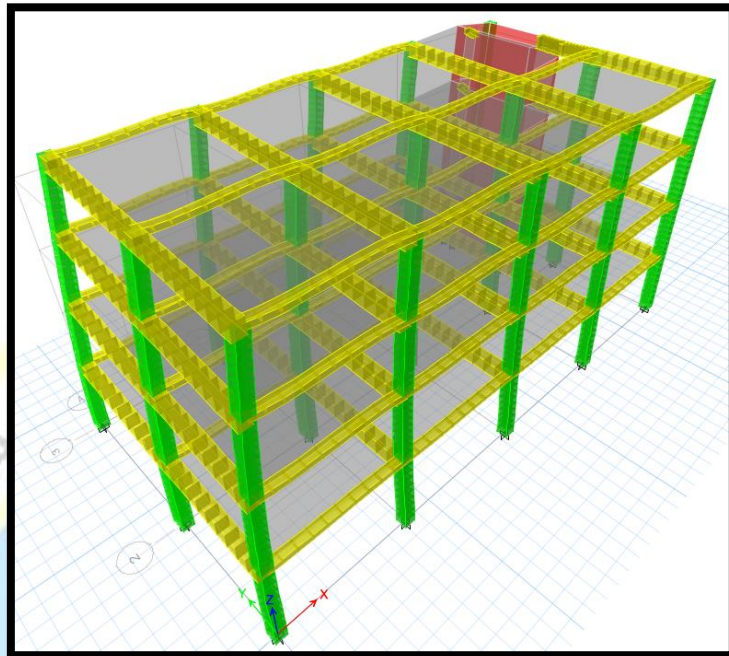
Las figuras que se muestran a continuación, representan las formas de modo de la estructura en estudio.

Figura N° 49: Primer modo de vibración del Sector "K"



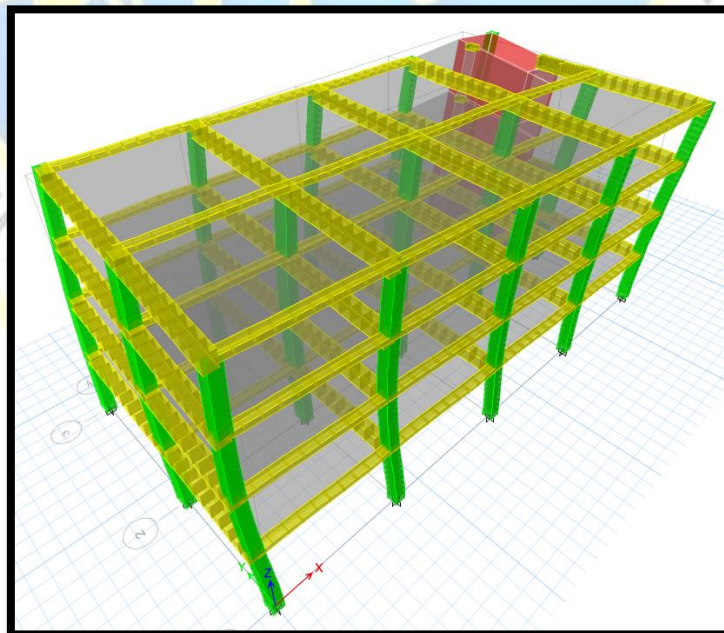
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 50: Segundo modo de vibración del Sector "K"



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 51: Tercer modo de vibración del Sector "K"



Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el análisis estático y dinámico, se verifica que la cortante dinámica en estructuras regulares sea por lo menos el 80% de la cortante estática según lo menciona la norma E.030, ésta condición se cumple tal cual se muestra a continuación.

Tabla N° 17: Verificación de cortantes según Norma E.030 - Sector "K"

Cortante estático			
nivel	carga	Vx	Vy
1	Sx	186.8366 Tonf	178.3825 Tonf

80% de la cortante estática	
149.46928 Tonf	142.706 Tonf

Cortante dinámico			
nivel	carga	Vx	Vy
1	Sx	168.2432 Tonf	159.1908 Tonf
		CUMPLE	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

- **Desplazamientos laterales de entrepiso**

Se calculó las distorsiones de entrepiso en la dirección "x" e "Y" después de haberse realizado el análisis estructural, considerando que la norma E.030 indica que el máximo valor de distorsión de entrepiso que puede existir en edificaciones de concreto armado es 0.007. En éste caso los desplazamientos verticales serán despreciables.



Tabla N° 18: Distorsiones de entrepiso del sector "K" en dirección "X"

Tabla de distorsiones de entrepiso				
Nivel	Dirección	Deriva	Limite	Deriva < 0.007
1	X	0.002179	0.007	CUMPLE
2	X	0.003414	0.007	CUMPLE
3	X	0.003542	0.007	CUMPLE
4	X	0.003247	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 19: Tabla N° 18: Distorsiones de entrepiso del sector "K" en dirección "Y"

Tabla de distorsiones de entrepiso				
Nivel	Dirección	Deriva	Limite	Deriva < 0.007
1	Y	0.004724	0.007	CUMPLE
2	Y	0.00568	0.007	CUMPLE
3	Y	0.004583	0.007	CUMPLE
4	Y	0.002898	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

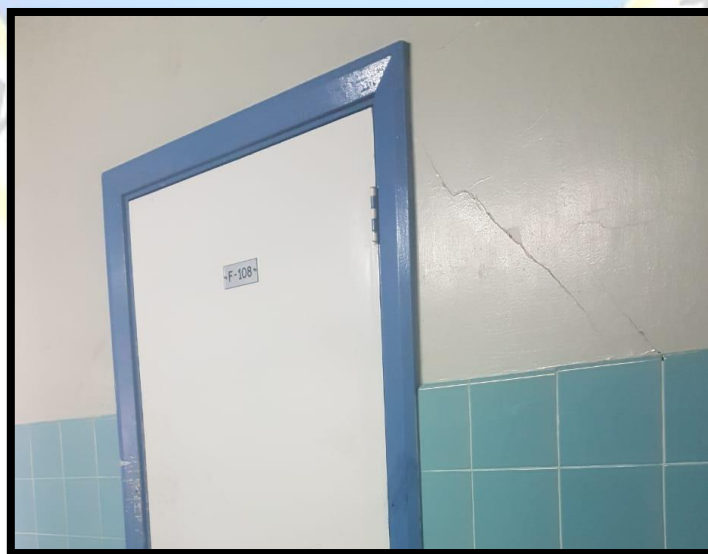
#### 4.4 Daño sísmico

Mediante la inspección técnica realizada en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho, se pudo observar que la edificación tiene un buen estado de conservación. Considerando que desde su construcción ha experimentado fuerzas sísmicas considerables como el terremoto de Ancash (1970) con una magnitud 7.9 grados en la escala de Richter, el terremoto de Lima (1974) con una magnitud de 7.6 grados en la escala de Richter y otros movimientos sísmicos que han afectado a la estructura en estudio con intensidades severas según la escala de Mercalli.

Por lo que se podría decir que en términos generales y probabilísticos, la estructura del módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho está cumpliendo correctamente su tiempo de vida útil debido a que el ingeniero estructural que la diseñó consideró la continuidad de elementos verticales, tal cual la norma E.030 actualizada considera como criterios de diseño sismorresistente en edificaciones.

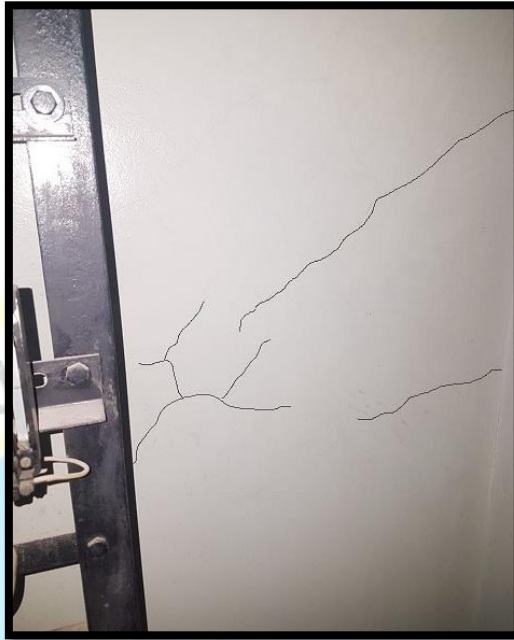
Sin embargo, se encontraron ciertas fisuras en elementos estructurales y no estructurales que pueden deberse a esfuerzos por corte a los que el material puede soportar o por existencia de asentamientos.

*Figura N° 52: Fisura por corte - elementos no estructurales*



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 53: Fisura por corte - elementos estructurales



Fuente: Elaboración propia

Las fisuras encontradas en las vigas de la estructura, generalmente se producen debido a que sus esfuerzos a flexión son mayores a los esfuerzos con los cuales fueron diseñadas, específicamente a que la armadura de tracción no es suficiente para el momento actuante en el elemento estructural.

Figura N° 54: Fisura por flexión - viga en el segundo nivel



Fuente: Elaboración propia

*Figura N° 55: Fisura por flexión - viga en el cuarto nivel*



Fuente: Elaboración propia

Se encontraron también daños causados por instalaciones inadecuadas que afectarán al comportamiento sismorresistente del módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho, así como también pueda afectar la funcionalidad que toda edificación esencial debe tener para brindar sus servicios adecuadamente.

*Figura N° 56: Instalaciones en elementos estructurales (columnas)*



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 57: Instalaciones en elementos estructurales (vigas y columnas)



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 58: Instalaciones externas - columnas



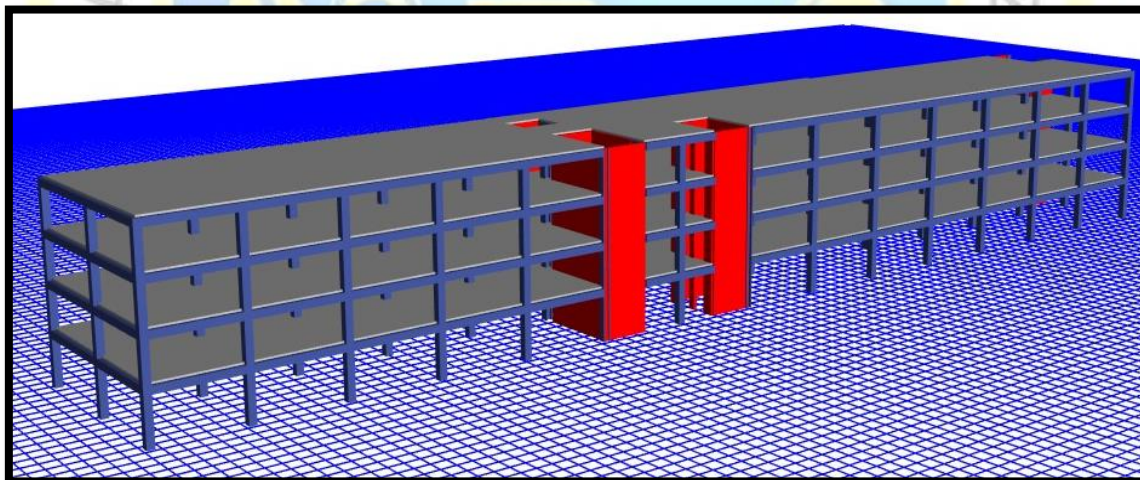
Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 Riesgo sísmico

Considerando que el riesgo sísmico de una edificación existente depende del peligro sísmico, la vulnerabilidad estructural y de los daños sísmicos encontrados en el área en estudio. Existen condiciones de naturaleza que no se pueden evitar, por lo que después de subsanarse los daños sísmicos encontrados, la única manera de reducir la vulnerabilidad sísmica es manipulando la vulnerabilidad estructural del módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho.

Los resultados obtenidos en el análisis estructural se deben analizar adecuadamente para mejorar el comportamiento sismorresistente de dicha edificación, evitando grandes desplazamientos de entrepisos y fenómenos encontrados como torsión.

*Figura N° 59: Modelo estructural del módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho*



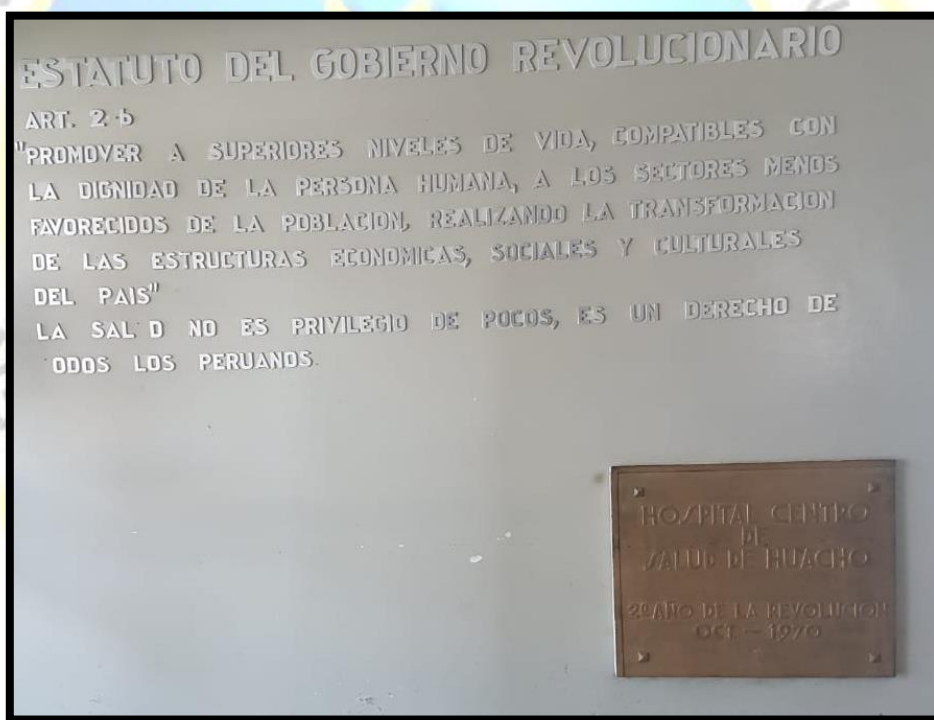
Fuente: Elaboración propia

#### 4.6 Filosofía y principios del diseño sismorresistente

El Hospital Regional de Huacho se inauguró en 1970 y con la finalidad de brindar atención médica, en donde el módulo de servicios generales y hospitalización alberga cientos de pacientes médicos. Por lo tanto al ser una edificación esencial, debe cumplir ciertos criterios y principios de diseño sismorresistente.

La estructura en estudio, luego de haberse evaluado su vulnerabilidad sísmica se obtuvo resultados discutibles que indicarían si es que cumple con dichas condiciones que la norma E.030 de diseño sismorresistente establece.

Figura N° 60: Placa de inauguración del Hospital Regional de Huacho



Fuente: Elaboración propia

## **4.6 Contrastación de hipótesis**

### **4.6.1 Hipótesis general**

- Los indicadores que se obtienen en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica son favorables en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019.
  - Dicha hipótesis no fue aceptada, debido a que los indicadores que se obtuvieron de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho no fueron favorables.

### **4.6.2 Hipótesis específicas**

- La probabilidad de peligro sísmico que existe es alta en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.
  - Dicha hipótesis si es aceptada debido a que la edificación en estudio se encuentra específicamente en las costas peruanas, zona con características sismológicas que dan consecuencia a que se presente alta sismicidad.
- La vulnerabilidad estructural que se presenta es baja en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.
  - Dicha hipótesis no es aceptada debido a que luego de realizar el análisis estructural de la edificación en estudio, los resultados no cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.030 de diseño sismorresistente.
- Los daños que causará un terremoto serán aceptables en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.
  - Dicha hipótesis no es aceptada debido a que luego de haberse realizado la inspección técnica y el análisis estructural de la edificación en estudio, se constató que existe déficits en el comportamiento sísmico de la estructura en estudio que causaran daños sísmicos severos.



- El riesgo sísmico que existe es mínimo en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.
  - Dicha hipótesis no es aceptada porque la estructura en estudio se encuentra en una zona de alto peligro sísmico y presenta elevada vulnerabilidad estructural, por lo que se produciría daños sísmicos severos que determinen el gran riesgo sísmico que existe.
- La filosofía y principios del diseño sismorresistente se está cumpliendo en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.
  - Dicha hipótesis no es aceptada ya que después de la evaluación de vulnerabilidad sísmica que se realizó en la edificación en estudio, se verificó que la estructura no cumpliría con la filosofía y principios de diseño sismorresistente según lo estipula la norma E.030.

## CAPITULO V

### DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Discusión

El objetivo de ésta investigación fue: Determinar los indicadores obtenidos en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019.

- Se logró cumplir con el objetivo principal de ésta tesis, ya que se determinó los indicadores obtenidos en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019.

- **Validez interna**

En la inspección técnica se tuvo limitaciones debido a que en ciertos ambientes, solo tenía acceso el personal autorizado, por lo que se tuvo inconvenientes al momento de verificar la distribución de los elementos estructurales y no estructurales que estaban indicados en los planos. Sin embargo, hubo facilidades del personal técnico y administrativo en la recolección de datos y permisos respectivos.

- **Validez externa**

Esta investigación no debería generalizarse porque cada edificación tiene un comportamiento estructural diferente en función a los distintos parámetros sísmicos, configuración y sistema estructural.

- **Comparación con la bibliografía**

En ésta investigación se obtuvo resultados parecidos a las tesis que se consideraron como referencia bibliográfica, ya que es importante determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones esenciales, y en función estos estudios se pueda proponer si es necesario un reforzamiento estructural que mejore el comportamiento sismorresistente de la estructura.

## 4.2 Conclusiones

De la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, se puede afirmar lo siguiente:

- Se evaluó el módulo de servicios generales y hospitalización de Huacho, llegando a la conclusión que presenta una gran vulnerabilidad sísmica porque se encuentra en una zona de alta sismicidad, no cumple con los parámetros sísmicos exigidos por la norma vigente de diseño sismorresistente y algunos elementos estructurales presenta daños que aumentan el riesgo sísmico de la edificación en estudio.
- La probabilidad de peligro sísmico que existe en el módulo de servicios generales y hospitalización de Huacho es alta, debido a que se encuentra en una zona donde las aceleraciones picos del suelo (PGA) son las más altas a comparación de las otras zonas.
- Al realizarse el análisis estructural se verificó que la edificación en estudio es muy vulnerable estructuralmente debido a que presenta un periodo fundamental muy elevada, no cumple con los desplazamientos laterales de entrepiso (derivas o distorsiones) mínimos exigidos en la norma E.030 de diseño sismorresistente, y porque presenta una inadecuada configuración estructural que genera comportamientos desfavorables (fallas por torsión, fallas por columna corta, etc) para la estructura ante un sismo severo.
- Durante la inspección técnica y el análisis estructural realizado se pudo concluir que la estructura presentaría daños severos antes eventos sísmicos de gran intensidad, considerando también que hay daños existentes producidas por lo eventos sísmicos ocurridos después de su construcción.
- Teniendo en cuenta el peligro sísmico, la vulnerabilidad estructural y los daños sísmicos analizados se concluye que la edificación en estudio presenta un gran riesgo sísmico.
- Se llegó a la conclusión que el módulo de servicios generales y hospitalización de Huacho no cumpliría con la filosofía y principios de diseño sismorresistente, porque no cumple las exigencias que toda edificación esencial debe tener según lo establece la norma E.030.

### 4.3 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un diseño de refuerzo estructural con la finalidad de rigidizar la estructura y reducir los desplazamientos laterales de entrepiso, mejorando así el comportamiento sismorresistente de la edificación.
- Respecto a las fallas por columna corta se recomienda aislar los muros de los elementos estructurales con una junta de construcción y se deberá implementar columnetas como elementos de confinamiento a los muros aislados.
- Para mejorar el comportamiento estructural ante un evento sísmico, se recomienda reparar los daños y replantear las instalaciones inadecuadas que atraviesan los elementos estructurales observados durante la inspección técnica.
- Se recomienda realizar estudios de suelos, la esclerometría y rotura de probetas y de cada uno de los elementos estructurales para determinar con mayor precisión y detalle los lugares de posibles fallas mediante un análisis estructural.
- Al ser una estructura de tipo esencial, se debería considerar la posibilidad de implementar aisladores sísmicos en la base como lo establece la norma E.030 de diseño sismorresistente.
- Para tener un mayor control de la información referente a la distribución y estructuras del hospital en mención, se debería contar con profesionales técnicos adecuados que tengan conocimientos de arquitectura e ingeniería civil.

## CAPITULO VI

### FUENTES DE INFORMACIÓN

#### 5.1 Referencias Bibliográficas

- Allauca, L., & Oue, T. (2006). *Desempeño sísmico de un edificio aporticado de cinco pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones*(Tesis). Lima.
- Alonso, J. (2014). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones*. Venezuela: Pag Marketing Soluciones C.A.
- Aranzabal, W., & Arroyo, J. (2015). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica para el reforzamiento estructural que mejora el comportamiento sísmico resistente del hospital Casimiro Ulloa* (Tesis). Lima.
- Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Santiago de Cuba: Editorial Shalom 2008.
- Bernal, I., & Tavera, H. (2002). *Geodinámica, sismicidad y energía sísmica en el Perú*(Monografía). Lima: Instituto Geofísico del Perú.
- Bolaños, A., & Monroy, O. (2004). *Espectros de peligro sísmico uniforme*(Tesis). Lima.
- Bonett, R. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*(Tesis). Barcelona.
- Canales, H. (1998). *La configuración estructural como variable en la respuesta sísmica de edificaciones* (Tesis). Lima.
- Castillo, J., & Alva, J. (2011). *Peligro Sísmico en el Perú* . Lima: Guzlop editoras.
- Gómez, W., & Loayza, A. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de centros de salud del distrito de Ayacucho*(Tesis). Huancavelica.

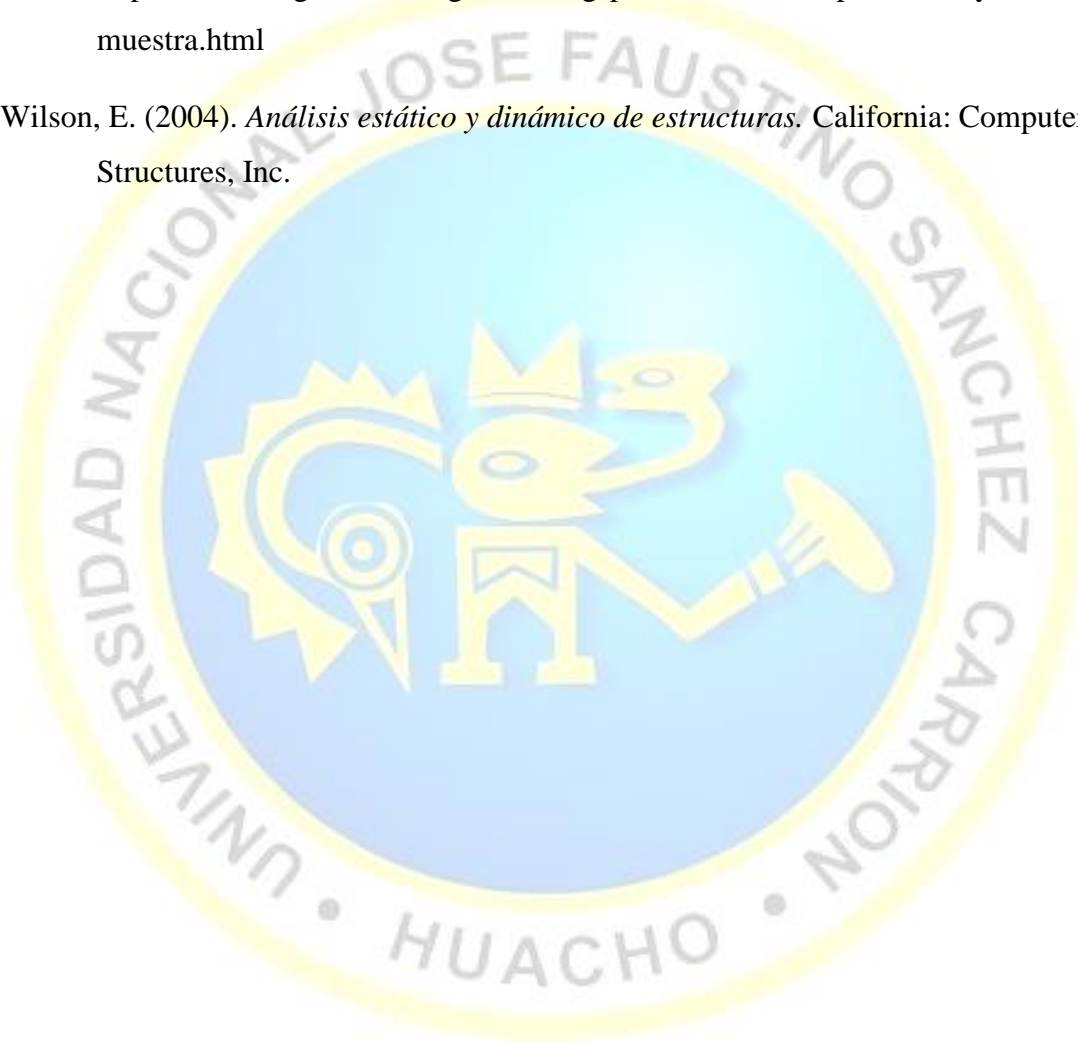
- Google LLC. (03 de Mayo de 2019). *Google Earth*. Obtenido de <https://earth.google.com/web/@-11.1158988,-77.60766488,37.02620081a,500d,35y,0h,0t,0r>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.
- Hospital Regional de Huacho. (2019). *Galería*. Obtenido de <http://www.hdhuacho.gob.pe/index.html#>
- Llanos, L., & Vidal, L. (2003). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de escuelas públicas de Cali: Una propuesta metodológica(Tesis)*. Santiago de Cali.
- Melendez, H., & Santisteban, E. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del hospital San Ignacio y su rehabilitación basados en curvas de fragilidad(Tesis)*. Bogotá.
- Palella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Ramos, S. (2017). *Análisis y evaluación de la distribución espacial de la sismicidad y lagunas sísmicas presentes en el borde occidental de sudamérica(Tesis)*. Arequipa.
- Real Academia Española. (22 de Marzo de 2019). Obtenido de <https://dle.rae.es/?id=IWF4mid>
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2018). *Norma E. 030 Diseño sismorresistente*. Lima.
- Seijas, Y. (2012). *Evaluación del comportamiento sismorresistente del Módulo I del hospital central "José Gregorio Hernández" de Puerto Ayacucho, estado Amazonas(Tesis)*. Puerto Ayacucho.
- Tavera, H. (28 de Febrero de 2012). *Instituto Geofísico del Perú*. Obtenido de Conceptos básicos: <https://portal.igp.gob.pe/conceptos-basicos>

Turner, M. (2007). *e.explora Tierra*. Londres: Dorling Kindersley Limited; Editorial Cordillera de los Andes.

Vizconde, A. (2004). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio existente: Clínica San Miguel de Piura*(Tesis). Piura.

Wigodski, J. (14 de Julio de 2010). *Metodología de la investigación*. Obtenido de <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/poblacion-y-muestra.html>

Wilson, E. (2004). *Análisis estático y dinámico de estructuras*. California: Computers and Structures, Inc.








## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

### TITULO: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL MODULO DE SERVICIOS GENERALES Y HOSPITALIZACIÓN DEL HOSPITAL REGIONAL DE HUACHO-2019

	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
PRINCIPAL	¿Cuáles son los indicadores obtenidos en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho -2019?	Determinar los indicadores de obtenidos en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019.	Los indicadores que se obtienen en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica son favorables en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019.	<b>VARIABLE:</b>  <b>EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA</b>	✓ Peligro sísmico.  ✓ Vulnerabilidad estructural.  ✓ Daño sísmico.  ✓ Riesgo sísmico.  ✓ Filosofía y principios del diseño sismo-resistente.	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Enfoque de la Investigación:</b> Cuantitativo</li> <li><b>2. Tipo de Investigación:</b> Aplicada</li> <li><b>3. Diseño de Investigación:</b> No experimental transversal</li> <li><b>4. Nivel de Investigación:</b> Descriptivo</li> <li><b>5. Población:</b> Módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho <b>Muestra:</b> Módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho</li> <li><b>6. Técnicas de recolección de datos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Documentos</li> <li>- Informes</li> <li>- Planos</li> <li>- Fichas de inspección visual</li> </ul> </li> <li><b>7. Análisis e interpretación de información:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Softwares de ingeniería</li> <li>- Reglamento Nacional de Edificaciones</li> <li>- Indicadores</li> </ul> </li> </ol>
ESPECÍFICOS	¿Cuál es la probabilidad de peligro sísmico que existe en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019?	Identificar la probabilidad de peligro sísmico que existe en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.	La probabilidad de peligro sísmico que existe es alta en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.			
	¿Cuál es la vulnerabilidad estructural que presenta el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho -2019?	Determinar la vulnerabilidad estructural que presenta el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho -2019.	La vulnerabilidad estructural que se presenta es baja en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.			
	¿Cuáles son los daños que causará un terremoto en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho -2019?	Determinar los daños que causará un terremoto en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho -2019.	Los daños que causará un terremoto serán aceptables en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.			
	¿Cuál es el riesgo sísmico que existe en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019?	Determinar el riesgo sísmico que existe en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019.	El riesgo sísmico que existe es mínimo en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.			
	¿Se cumple con la filosofía y principios del diseño sismo-resistente en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019?	Determinar si se cumple con la filosofía y principios del diseño sismo-resistente en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.	La filosofía y principios del diseño sismo-resistente se está cumpliendo en el módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho – 2019.			

## ANEXO 2: FICHA DE INSPECCION VISUAL

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FASUTINO SÁNCHEZ CARRIÓN		
<b>FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL</b>		
<b>INVESTIGADORES</b>	Andrés Ernesto Príncipe Yacas Raul Eduard Ventocilla Jimenez	
<b>Tesis : Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del módulo de servicios generales y hospitalización del Hospital Regional de Huacho - 2019</b>		
Sistema estructural:	Material predominante:	
Número de niveles:	Nivel de inspección:	
<b>CAMPOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
Fecha de inspección		
Ambiente / Área de inspección		
Especificaciones arquitectónicas		
Daños no Estructurales encontrados		
Especificaciones estructurales		
Daños estructurales encontrados		
Especificaciones de instalaciones observables		
Especificaciones de funcionalidad y servicios		

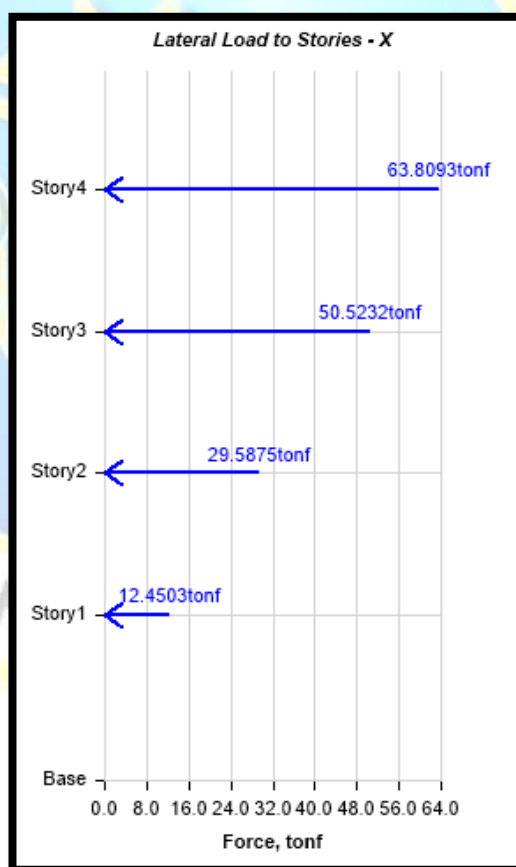
**ANEXO 3: CARGAS UTILIZADAS PARA DETERMINAR LA CORTANTE ESTATICA DEL MODULO DE SERVICIOS GENERALES Y HOSPITALIZACION DEL HOSPITAL REGIONAL DE HUACHO**

- **SECTOR "E"**
  - Dirección = X

**CORTANTE EN LA BASE**

Dirección	W (tonf)	V (tonf)
X	1628.85726	156.3703

**APLICACION DE CARGAS**



- Dirección = Y

### CORTANTE EN LA BASE

Dirección	W (tonf)	V (tonf)
Y	1628.85726	157.9992

### APLICACIÓN DE CARGAS

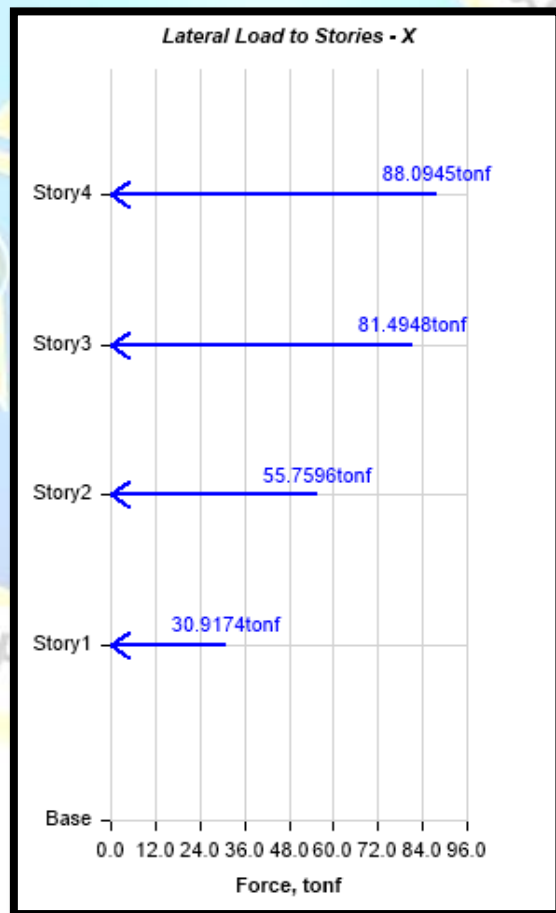


- SECTOR "F"
- Dirección = X

**CORTANTE EN LA BASE**

Dirección	W (tonf)	V (tonf)
X	1159.57627	256.2664

**APLICACION DE CARGAS**

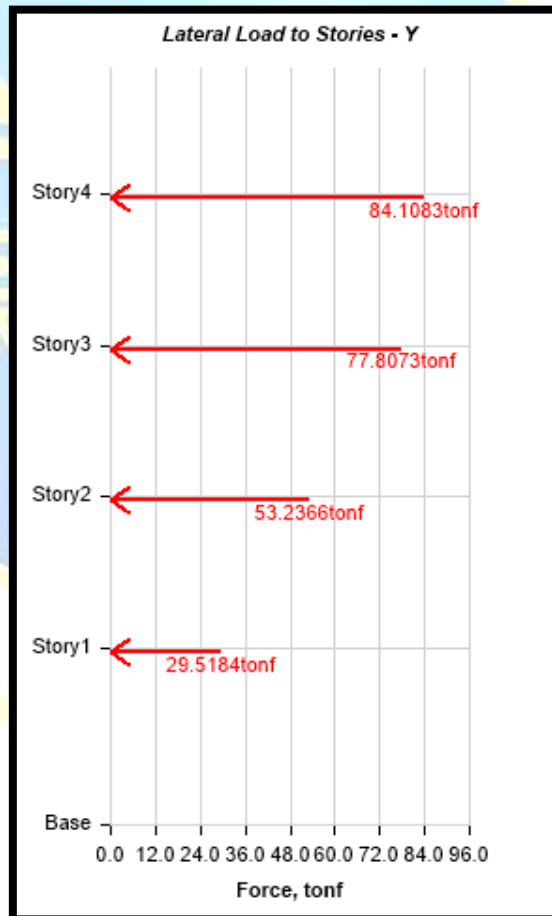


- Dirección = Y

### CORTANTE EN LA BASE

Dirección	W (tonf)	V (tonf)
Y	1159.57627	244.6706

### APLICACION DE CARGAS

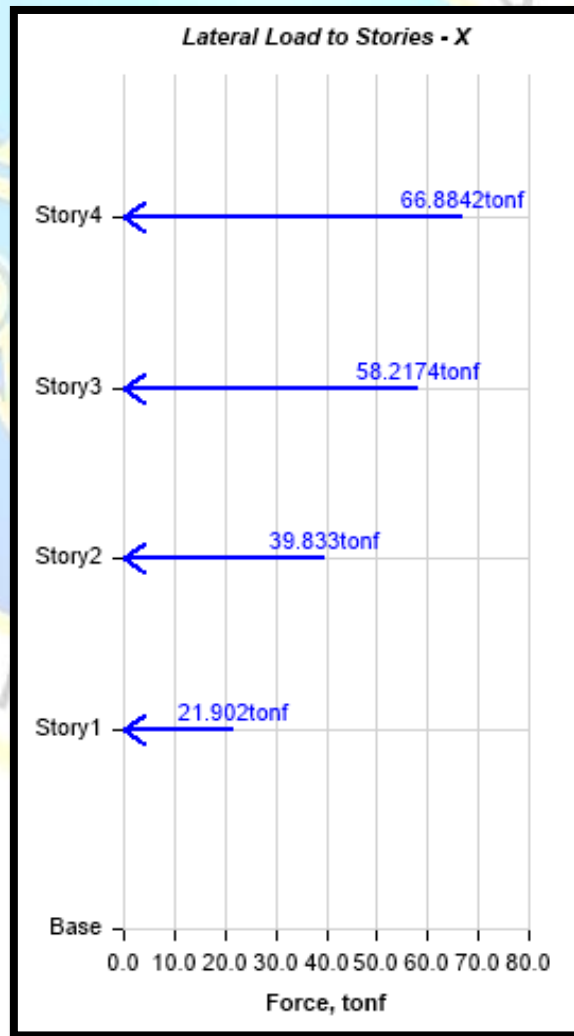


- SECTOR "K"
- Dirección = X

CORTANTE EN LA BASE

Dirección	W (tonf)	V (tonf)
X	845.4147	186.8366

APLICACION DE CARGAS



- Dirección = Y

CORTANTE EN LA BASE

Dirección	W (tonf)	V (tonf)
Y	845.4147	178.3825

APLICACION DE CARGAS

