

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL****TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL****“ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE LA ESTRUCTURA DEL
MÓDULO I DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIXTO
INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY, CORACORA –
PARINACOCHAS – AYACUCHO”****PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL****PRESENTADO POR:****Bach. JUNIOR WILSON LIVIAS CAQUI****ASESOR****Dr. NESTOR ALEJANDRO CRUZ CALAPUJA****ORCID 0000-0002-0327-3579****HUÁNUCO – PERÚ****2022**

DEDICATORIA

En especial para
mi abuela **Julia**,
esté donde esté,
como una estrella que jamás
morirá y dejará de brillar; con la
que siempre contaré.

A mis padres,
José y Celedonia;
ejemplo de perseverancia y
constancia.

A mi **familia**;
fuente de motivación

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos a mis padres José Luis Livias Livias y Celedonia Conegunda Caqui Acosta al igual que a mi familia por su apoyo, paciencia y dedicación durante mi formación, por todas sus orientaciones e instrucciones para culminar mi carrera.

Agradecido también con todos mis amigos y personas que me animaron y apoyaron directa e indirectamente en mi formación académica.

“Aquel que recibe un beneficio, nunca debe olvidarlo; aquel que lo otorga, nunca debe recordarlo” (Pierre Charron).

RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo se sufiencia profesional denominado “ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO I DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY, CORACORA – PARINACOCHAS – AYACUCHO” Actualmente existe una preocupación por la protección que las instituciones educativas pueden brindar a toda la vida humana que pase permanentemente a estos locales en caso de movimientos sísmicos, a la luz de los recientes terremotos de gran magnitud ocurridos en las naciones vecinas y en nuestro país. Por lo que se llevó a cabo el análisis de la estructura del Módulo I de la Institución Educativa Mixto Industrial N°12 CRISTO REY la misma que cuenta con 10 módulos.

El presente análisis sísmico concierne al primer módulo escolar de la I.E Mixto Industrial N°12 CRISTO REY, con 191.45 m² de área, diseñado estructuralmente de concreto armado y albañilería, así como arquitectónicamente por 3 niveles que contiene 2 aulas por cada nivel. Como objetivo principal del estudio fue evaluar el comportamiento sismorresistente de la estructura institucional mediante el análisis computacional utilizando el software ETABS 2016 versión 16.2.1. teniendo en consideración las Normas Técnicas Peruanas E.020, E.030, E.060 y E.070 que son de Cargas, Diseño Sismorresistente, Albañilería y Concreto Armado respectivamente. Finalmente, los resultados del análisis verifican que la estructura cumple con los parámetros establecidos en las Normas consideradas, por lo cual se determina que la estructura es segura en caso de cualquier evento sísmico.

PALABRAS CLAVES: Comportamiento estructural, Análisis estático, Análisis dinámico.

ABSTRACT

The development of the present work of professional sufficiency called "SISMORRESISTANT ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF MODULE I OF THE MIXED INDUSTRIAL EDUCATIONAL INSTITUTION N°12 CRISTO REY, CORACORA - PARINACOCHAS - AYACUCHO" Currently there is a concern about the protection that educational institutions can provide to all human life that passes permanently to these premises in case of seismic movements, in light of recent earthquakes of great magnitude occurred in neighboring nations and in our country. Therefore, the analysis of the structure of Module I of the Mixed Industrial Educational Institution N° 12 CRISTO REY, which has 10 modules, was carried out.

The present seismic analysis concerns the first school module of the I.E. Mixto Industrial N°12 CRISTO REY, with 191.45 m² of area, designed structurally of reinforced concrete and masonry, as well as architecturally by 3 levels containing 2 classrooms per level. The main objective of the study was to evaluate the seismic-resistant behavior of the institutional structure through computational analysis using the ETABS 2016 software version 16.2.1. taking into consideration the Peruvian Technical Norms E.020, E.030, E.060 and E.070 which are of Loads, Seismic Resistant Design, Masonry and Reinforced Concrete respectively. Finally, the results of the analysis verify that the structure complies with the parameters established in the Standards considered, thus determining that the structure is safe in case of any seismic event.

KEY WORDS: Structural behavior, Static analysis, Dynamic analysis.

INTRODUCCIÓN

La seguridad que alcanzan ofrecer las edificaciones destinadas para educación, categorizada como edificaciones esenciales en nuestro país, es de constante preocupación en casos de que ocurra eventos sísmicos de moderada y severa intensidad ya que el Perú se encuentra ubicado en una zona de alta actividad sísmica, donde los sismos y terremotos son fenómenos frecuentes.

La ubicación de Perú la sitúa dentro de la esfera de influencia del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, amplia área que se extiende a lo largo de las costas americanas y asiáticas ribereñas al océano Pacífico, en donde se produce una actividad tectónica de colisión de placas que es directamente responsable del 80% de toda la actividad sísmica mundial. (Seiner, 2018, p.17)

Se decidió realizar el análisis sísmico de la estructura del Módulo I de la II.EE Industrial Mixta N° 12 Cristo Rey utilizando una herramienta altamente fiable y eficaz como es el software ETABS 2016 ya que nos encontramos en una zona altamente sísmica y nos preocupa proteger la vida y la integridad de toda la vida humana que pase permanentemente a estos locales, donde dicho software nos permitirá analizar el comportamiento sismorresistente empleando el análisis estático y análisis dinámico, aplicando y respetando lo estipulado en la N.T.E. correspondiente, para así poder obtener un apropiado diseño sismorresistente de una estructura educativa de tres niveles, centrándose en tres factores importantes, como la fuerza de corte basal, el periodo fundamental de vibración y las derivas entre pisos, logrando así como resultado un diseño que funcionará correctamente en caso de un evento sísmico que pueda ocurrir durante la etapa de funcionamiento del edificio.

Dado que se reconoce que los edificios pueden experimentar incursiones inelásticas ante los esfuerzos sísmicos, el análisis sísmico consiste en poner en práctica sus conceptos. (E.030, 2018).0020

El ingeniero Blanco (1994) menciona que el diseño sismo-resistente tiene como objetivo evitar que incluso los terremotos más potentes provoquen el frágil colapso de una estructura, pero reconociendo la posibilidad de que se produzcan daños estructurales. Este concepto supone un reto para los ingenieros de estructuras porque

les exige diseñar una estructura económica que sea vulnerable a los daños en un terremoto de gran magnitud, pero cuyo colapso esté controlado para evitar la pérdida de vidas humanas. Adicionalmente se debe tener en cuenta que “la función de los ingenieros para lograr dichos objetivos depende del diseño estructural, estudio de suelos, supervisión de los materiales utilizados y los procesos de construcción adecuados” (Blanco, 2012).

Con el fin de garantizar la seguridad de los diseños estructurales como futuro profesional graduado de la carrera, deseo aumentar mi comprensión de los temas relacionados con el análisis sísmico como autor del trabajo de investigación. Enfatizando lo crucial que es respetar las normativas de diseño con el fin de obtener los datos más precisos.

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN	vii
CAPITULO I ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PERFIL DEL PROYECTO	1
1.2.1 Nombre del proyecto.....	1
1.2.2 Ubicación del proyecto	1
1.2.3 Acceso al área de estudio	3
1.3 ACTIVIDADES PRINCIPALES	4
1.3.1 Misión.....	4
1.3.2 Visión	4
1.3.3 Objetivo.....	4
CAPITULO II REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	5
2.1 DESCRIPCIÓN.....	5
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
2.2.1 Problema General.....	6
2.2.2 Problemas Específicos	6
2.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	6
2.3.1 Objetivo General.....	6
2.3.2 Objetivos Específicos	6
2.4 VARIABLES	7
2.5 JUSTIFICACIÓN	7
2.6 INDICADORES.....	8
CAPITULO III MARCO TEÓRICO	9
3.1 ANTECEDENTES	9
3.1.1 A Nivel Internacional	9
3.1.2 A Nivel Nacional	10
3.1.3 A Nivel Regional	12
3.2 BASES TEÓRICAS	13
3.2.1 Sismología	13
3.2.2 Análisis sísmico estático.....	16
3.2.3 Análisis sísmico dinámico	16
3.2.4 Principios del Diseño Sismorresistente	19

3.2.5	Respuesta sísmica.....	19
3.2.6	Peligro sísmico.....	20
3.2.7	Zonificación sísmica.....	21
3.2.8	Perfiles de suelo.....	22
3.2.9	Fuerza cortante basal.....	24
3.2.10	Requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad.....	25
3.2.11	Concepción estructural de la edificación.....	26
3.3	DEFINICIONES DE TÉRMINOS.....	28
3.4	NORMATIVIDAD.....	32
3.4.1	RNE Norma E. 020 – Cargas.....	32
3.4.2	RNE Norma E. 030 – Diseño Sismorresistente.....	33
3.4.3	RNE Norma E. 060 – Concreto Armado.....	33
3.4.4	RNE Norma E.070 – Albañilería.....	33
CAPITULO IV DESARROLLO DEL PROYECTO.....		34
4.1	DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN:.....	34
4.2	ESTRUCTURACIÓN.....	36
4.3	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	37
4.4	PRE-DIMENSIONADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	38
4.5	DATOS ESTRUCTURALES.....	39
4.6	METRADO DE CARGAS.....	39
4.6.1	Carga muerta.....	39
4.6.2	Carga viva.....	40
4.6.3	Peso de la edificación.....	41
4.7	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS MATERIALES.....	41
4.8	MODELO ESTRUCTURAL.....	42
4.9	PERIDO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN.....	44
4.10	ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO.....	44
4.11	ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO.....	46
4.11.1	Consideraciones y parámetros sísmicos.....	46
4.11.2	criterios de combinación espectral.....	48
4.11.3	Fuerza Cortante Dinámica en la base.....	49
4.12	VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.....	49
4.13	VERIFICACIÓN DE DERIVAS DE ENTREPISO.....	50
4.14	VERIFICACIÓN DE TORSIÓN EN PLANTA.....	51
4.15	JUNTA SÍSMICA.....	52
CONCLUSIONES.....		54

RECOMENDACIONES	55
CAPITULO V DISEÑO METODOLÓGICO	55
5.1 Tipo de Investigación	56
5.2 Nivel de investigación	56
5.3 Diseño de la investigación	57
5.4 Población y Muestra	57
5.4.1 Población	57
5.4.2 Muestra	58
5.5 Técnica e Instrumentos para la recolección de la información	58
5.5.1 Técnicas	58
5.5.2 Instrumentos	58
5.6 Análisis y Procesamiento de datos	58
BIBLIOGRAFÍA	60
ÍNDICE DE FIGURAS	63
ÍNDICE DE TABLAS	64
CAPITULO VI ANEXOS.....	65

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES

Actualmente la II.EE Mixto Industrial N°12 Cristo Rey se encuentra en el Centro Poblado Coracora, Distrito de Coracora, Provincia de Parinacochas, Región de Ayacucho.

El proceso de creación de La Institución Educativa: La Institución Educativo Colegio Industrial N°12 Cristo Rey De Coracora, es según el siguiente detalle Cronológico:

- 1946: Mediante la Resolución Suprema N°1040 se creó el colegio Industrial N°12 Cristo Rey de Coracora, el 15 de mayo del año 1946.
- 1996: Mediante Resolución Directoral Sub - Regional de Educación Sarasara N°0359, se resuelve la creación en vías de regularización La Institución Educativa Colegio Estatal Mixto Industrial N°12 Cristo Rey De Coracora a partir del 16 de mayo de 1996.

1.2 PERFIL DEL PROYECTO

1.2.1 Nombre del proyecto

“MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA II.EE MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY, LOCALIDAD DE CORACORA, DISTRITO DE CORACORA, PROVINCIA DE PARINACOCHAS, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO”

1.2.2 Ubicación del proyecto

La institución educativa MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY DE CORACORA se encuentra ubicado en:

Tabla 1. Ubicación

DEPARTAMENTO	AYACUCHO
Provincia	Parinacochas
Distrito	Coracora
Localidad	Coracora
Altitud	3,181.798 msnm
Clima	13° C aprox.

FUENTE: Elaboración propia

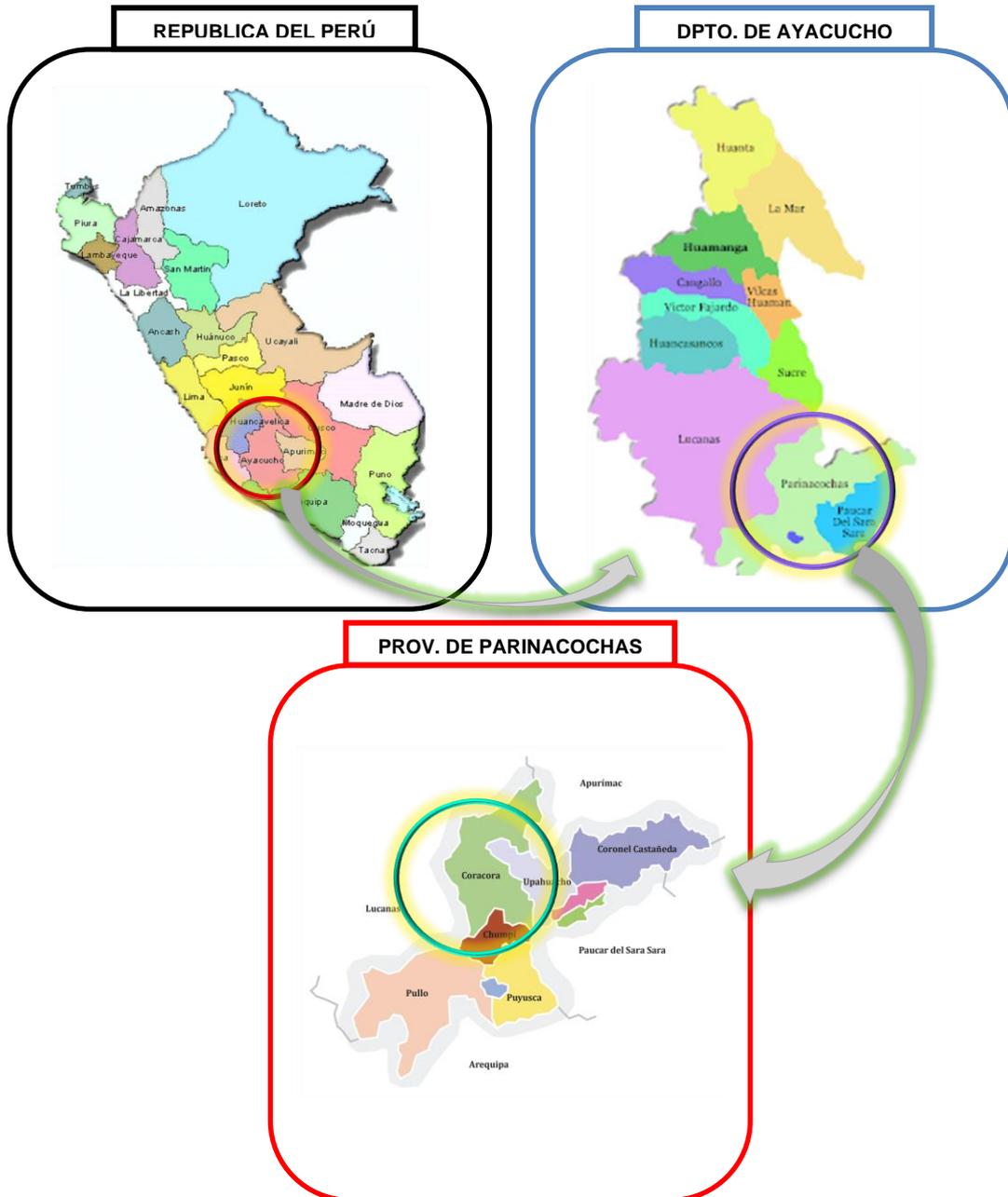


Figura 1. Macro Localización

FUENTE: Elaboración propia

Geográficamente el colegio se ubica entre las calles Jr. Redentor, Jr. Dos de mayo, Jr. José Olaya y Jr. Castilla y se localiza entre las coordenadas: E630690.00 m, N8385676.00 m contando con un área de terreno de 5,108.06 m².



Figura 2. Micro Localización, Vista de planta del área del proyecto.

FUENTE: Elaboración propia

1.2.3 Acceso al área de estudio

El acceso a Coracora, es mediante la carretera partiendo de Huamanga por la vía que va a la provincia de Huancasancos, carretera asfaltada de 140 km, luego carretera afirmada de 128 km hasta Puquio; de Puquio a Coracora 90 km, siendo un total de 358 km con un recorrido aproximado de 10 horas con 30 minutos con camioneta rural.

1.3 ACTIVIDADES PRINCIPALES

Empresa: Gobierno Regional de Ayacucho.

1.3.1 Misión

La misión institucional del Gobierno Regional está definida en la Ley N° 27867 Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, que en su Art. 5 establece que: "La misión de los gobiernos regionales es organizar y conducir la gestión pública regional de acuerdo a sus competencias exclusivas, compartidas y delegadas, en el marco de las políticas nacionales y sectoriales, para contribuir al desarrollo integral y sostenible de la región".

1.3.2 Visión

Su proyección hacia el futuro se basa en las capacidades humanas de mujeres y hombres, y la región de Ayacucho ha desarrollado una estructura productiva diversa, competitiva, ambientalmente sostenible y articulada al mercado nacional e internacional, asegurando un alto nivel de vida para todos. Un tejido social reforzado, instituciones contemporáneas y transparentes, un liderazgo eficaz y el uso de la participación ciudadana en la gestión pública constituyen la base del proceso de transformación regional.

1.3.3 Objetivo

-  Mejorar las condiciones de vida de la población, a través de los bienes y servicios que entrega mediante los Programas Presupuestales y los proyectos de Inversión.

-  Mejorar las condiciones internas del Gobierno Regional, mediante las Acciones Centrales y proyectos de Inversión.

CAPITULO II

REALIDAD PROBLEMÁTICA

2.1 DESCRIPCIÓN

La Institución Educativa Mixto Industrial N°12 “Cristo Rey”; cuenta con un área de terreno de 5,108.06 m² aprox., el colegio se ubica en una zona urbana, la cual se encuentra asignada al Ministerio de Educación.

En cuanto a la accesibilidad al local, este se encuentra dentro del sector céntrico del Distrito de Cora Cora; el acceso a la I.E. es por el Jirón Amargura, permitiendo la progresiva de la calle, el cruce con el Jirón Dos de Mayo; por el cual se accede al Parque Jorge Chávez; a espaldas colinda con el Jirón José Olaya; lateralmente colinda por vías en sus dos lados: con el Jirón Dos de Mayo y el Jirón Castilla; por tal razón: existen facilidades en cuanto a su accesibilidad, descartándose complicaciones para llegar a la Institución Educativa.

La Institución Educativa cuenta con infraestructuras de material noble de más de 50 años de antigüedad, por lo cual corre el riesgo de colapsar, representando un riesgo de consecuencias fatales para la comunidad educativa, debido a ello, esta edificación fue declarada de ALTO RIESGO por la Oficina de Defensa Civil del Gobierno Regional de Ayacucho.

Esto sumado a otras problemáticas afines que aquejan a la infraestructura existente, tales como la insalubridad, inseguridad, inadecuada accesibilidad física, inadecuadas condiciones térmicas y lumínicas de los ambientes educativos, hacen que como tal no se cumpla con los estándares y normas actuales establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones y las Normas Técnicas para el Diseño de Locales Escolares del Ministerio de Educación. Es por tanto que se viene desarrollando el Proyecto de: “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA II.EE MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY, LOCALIDAD DE CORACORA, DISTRITO DE CORACORA, PROVINCIA DE PARINACOCHAS, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO”

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1 Problema General

¿Cómo analizar el comportamiento sismorresistente de la estructura del módulo I de la II.EE MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY – Distrito de Coracora - Provincia de Parinacochas - Departamento de Ayacucho?

2.2.2 Problemas Específicos

- ¿Qué tanto es el periodo fundamental de vibración que se obtiene de la estructura modelada para analizar el comportamiento de la estructura del módulo I de la II.EE MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY?

- ¿Cuánto es la fuerza cortante basal estático que se obtienen del análisis estático para analizar el comportamiento de la estructura del módulo I de la II.EE MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY?

- ¿Cuál es el máximo desplazamiento relativo de entrepiso que se obtienen del análisis dinámico para analizar el comportamiento de la estructura del módulo I de la II.EE MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY?

2.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.3.1 Objetivo General

Determinar el análisis sismorresistente utilizando el software ETABS 2016 v.16.2.1 para analizar el comportamiento sismorresistente de la estructura del módulo I de la II.EE MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Calcular el periodo fundamental de vibración con la Norma E0.30 para analizar el comportamiento de la estructura del módulo I de la II.EE MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY.

- Determinar la fuerza cortante basal estático con la Norma E0.30 para analizar el comportamiento de la estructura del módulo I de la II.EE MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY.
- Evaluar la deriva de entrepiso con la Norma E0.30 para analizar el comportamiento de la estructura del módulo I de la II.EE MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY.

2.4 VARIABLES

Las variables definidas en el presente proyecto son las siguientes:

Vi: Análisis sismorresistente.

Vd: Comportamiento estructural del módulo I de la II.EE MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY

2.5 JUSTIFICACIÓN

La elaboración del presente trabajo se fundamenta su argumento en el valor de compartir información relevante a la hora de evaluar el nivel de seguridad que ofrecerá la II.EE Mixto Industrial N°12 Cristo Rey utilizando adecuadamente las actuales normas para Diseño sismorresistente E.030 y en albañilería E.070, interpretándolas y aplicándolas, aportando así al mejor entendimiento del estudio del análisis sísmico de la estructura escolar con contribución del software ETABS que nos permitirá evaluar la calidad de la edificación.

2.6 INDICADORES

Tabla 2. Variables, indicadores e instrumentos

VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTA
INDEPENDIENTE	Es el periodo de vibración de los entrepisos de la estructura.	Periodo fundamental de vibración	Software ETABS y EXCEL (hojas de cálculo).	RNE Norma E. 030 – 2018 - Diseño Sismorresistente
	es la acumulación progresiva de las fuerzas horizontales por cada piso actuando sobre cada uno de los puntos donde se concentra las masas.	Fuerza cortante basal estático	Software ETABS y EXCEL (hojas de cálculo).	RNE Norma E. 030 – 2018 - Diseño Sismorresistente
	Es el desplazamiento lateral sísmico, incluyendo el desplazamiento adicional debido a torsión actual y no intencionada.	Máximo desplazamiento relativo de entripiso	Software ETABS y EXCEL (hojas de cálculo).	RNE Norma E. 030 – 2018 - Diseño Sismorresistente
DEPENDIENTE	Es la forma de respuesta ante esfuerzos internos, deformaciones y vibraciones que actúan sobre la estructura.	Comportamiento estructural	Periodo fundamental de vibración. Fuerza cortante basal estático. Máximo desplazamiento relativo de entripiso. Software ETABS y EXCEL (hojas de cálculo).	RNE Norma E. 030 – 2018 - Diseño Sismorresistente

FUENTE: Elaboración propia

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES

3.1.1 A Nivel Internacional

Los antecedentes que se recopilaron son los siguientes:

Raagavi & Sidhardhan (2021) Revista Internacional de Investigación en Ingeniería y Ciencia titulada “A Study on Seismic Performance of Various Irregular Structures”. Este estudio se centra en el aprendizaje de los parámetros que deben ser analizados mientras se analiza distintos tipos de irregularidades posibles en los edificios y su comportamiento durante las fuerzas sísmicas, donde es necesario estudiar los distintos parámetros de comportamiento estructural, como el desplazamiento, el esfuerzo cortante de la base, la deriva de los pisos, la rigidez, la resistencia, etc. Llegando a la conclusión que el comportamiento de los edificios durante los terremotos depende de muchas condiciones como la rigidez, la resistencia, la ductilidad y de la configuración de la estructura; y que las irregularidades en los edificios provocan una excentricidad entre la masa del edificio y los centros de rigidez, lo que provoca un efecto perjudicial en el edificio, lo cual recomienda que las estructuras deben diseñarse teniendo en cuenta las cargas sísmicas y mejorar el comportamiento sísmico del edificio.

Al igual como Joseph & Kuruvilla (2021) Revista Internacional de Investigación en Ingeniería y Tecnología titulada “Effects of Irregularities on the Seismic Response of A High-Rise Structure in ETABS”. El estudio consiste en estudiar el efecto de la distribución irregular de la masa, la distribución asimétrica de la rigidez y las configuraciones irregulares de la planta y compararlo con la respuesta sísmica de una estructura regular haciendo uso del paquete de software ETABS que se utiliza para llevar a cabo todos los análisis estáticos y dinámicos, manteniendo estos modelos en diferentes zonas sísmicas; donde los resultados mostraron que el cizallamiento de la base y el desplazamiento lateral aumentaban con el incremento de la intensidad sísmica y también el cizallamiento de la base para la irregularidad de la masa se

encuentra más comparado con todas las demás irregularidades. Finalmente podemos apreciar que el comportamiento de los edificios asimétricos bajo excitación sísmica es muy malo y su comportamiento es muy complejo en comparación con el de los edificios regulares.

Avendaño (2016) Tesis denominada “Análisis Sismorresistente de un edificio de cinco niveles ubicado en la Comuna de Tomé” El objetivo de este proyecto es conocer el comportamiento real de la construcción de hormigón armado del edificio "Lord Cochrane Tipo A", situado en la comuna chilena de Tomé, en la zona de Biobo, en caso de terremoto. Se realizaron dos evaluaciones sísmicas del comportamiento de la estructura, una correspondiente al análisis estático equivalente y otra al análisis modal espectral aplicado a cada uno de los tres modelos estructurales. Se crearon tres modelos estructurales utilizando el programa ETABS. Finalmente, como resultados se obtuvieron que los desplazamientos de los puntos estudiados mostraron mayores valores de desplazamiento en el modelo con mayor masa sísmica en comparación con el modelo con menor masa sísmica, sin dejar de apegarse a la NCh 433 del 96 mod. 2009 y los decretos supremos 60 y 61 de análisis sismorresistente. Se puede decir que el diseño de la estructura de hormigón armado fue ideal y similar al que se dio en la memoria de cálculo del edificio, creando garantías de que esta región no colapsará.

3.1.2 A Nivel Nacional

Vega (2018) Tesis denominada "ANÁLISIS SISMORRESISTENTE EN FUNCIÓN A LA RESPUESTA SÍSMICA DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA GUILLERMO BILLINGHURST, PROVINCIA DE TAMBOPATA, REGIÓN MADRE DE DIOS – 2018". El objetivo de la presente investigación es determinar si las edificaciones incluidas en la población de estudio tienen una respuesta sísmica significativamente diferente a la encontrada con la Norma E.030 - 2006 y pueden ser consideradas más eficientes. La infraestructura actual de la Institución Educativa Guillermo Billinghurst de Tambopata ha sido estudiada mediante una técnica cuantitativa, con un diseño descriptivo, no experimental, y un nivel de

investigación aplicado. El objetivo general es conocer la respuesta de la infraestructura ante los sismos.

Para comparar estos resultados con los obtenidos teniendo en cuenta la norma anterior E.030 - 2006, se determinó la respuesta sísmica en base al análisis sísmico de los pabellones primarios C y A y de la infraestructura de los pabellones secundarios A mediante el procedimiento de análisis espectral dinámico utilizando el programa ETABS 2016 V16.2.0. La infraestructura existente de la institución educativa Guillermo Billinghurst de Tambopata tiene un comportamiento estructural notablemente diferente, y en esta tesis se ha encontrado que se percibe como más eficiente en comparación con lo encontrado con la norma E.030 - 2006.

Rizábal (2018). En su tesis denominada “ANÁLISIS SISMORRESISTENTE COMPARATIVO ENTRE LAS NORMAS E.030 – 2016 Y SU PREDECESORA APLICADO EN EL PROYECTO DE HOSPITAL HERMILIO VALDIZAN EN HUÁNUCO”. El objetivo de esta tesis es realizar un análisis estructural de los edificios representativos del proyecto del hospital Hermilio Valdizan. Para ello, se desarrollaron modelos tridimensionales con diafragmas en cada planta, y se añadieron acciones gravitatorias y tensiones sísmicas para contabilizar los efectos de cada norma a analizar. Debido a la naturaleza de estas consideraciones y a los requisitos de las normas a comparar, se utilizaron programas informáticos para facilitar este proceso. Por último, realizada los cálculos aceptamos la hipótesis planteada ya que la nueva norma modifica el espectro de respuesta de la estructura aumentando dicho espectro para el edificio irregular denominado “Sector B”, por presentar nuevos factores para la determinación del espectro de respuesta, y por presentar irregularidad torsional extrema, debido a la concentración de rigideces que aporta la caja de ascensores; mientras que el edificio regular denominado “Sector A”, no presenta incidencia en los análisis sismorresistente por tener un espectro de diseño con valores inferiores a la nueva norma.

Peña y Zeña, 2017. En su tesis denominada “ANÁLISIS SÍSMICO USANDO ETABS PARA EVALUAR LA EFECTIVIDAD DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA DE LA I.E. ROSA

FLORES DE OLIVA CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO LAMBAYEQUE”. El objetivo principal del estudio fue evaluar el comportamiento sismorresistente del cuarto módulo escolar de la I.E. Rosa Flores de Oliva en la ciudad de Chiclayo mediante el análisis computarizado con ayuda del programa ETABS 2015 V15.2.2 (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems o Análisis Tridimensional Extendido de Edificios). Una vez establecido el modelo estructural, se midieron las cargas verticales o el peso de la estructura de acuerdo con los requerimientos de las normas peruanas E.020 y E.030 para cargas y diseño sismorresistente, respectivamente, con especial atención a las normas E.060 para concreto armado. A continuación, se modeló la estructura en el ordenador, con los materiales componentes, las secciones y los elementos estructurales definidos. A continuación, se asignaron las cargas, se realizó el análisis estático y dinámico y, finalmente, se verificaron los resultados. Dado que la estructura cumple con los parámetros de distorsión y desplazamiento mínimos y máximos especificados en la NTE E030 y que los valores obtenidos del análisis incremental demuestran que tiene la resistencia requerida en ambas direcciones (X-X) e (Y-Y), se determina que es segura en todos los escenarios sísmicos y que no es necesario aumentar su rigidez ni su resistencia lateral.

3.1.3 A Nivel Regional

Ochante, 2016. Tesis denominada “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN EDIFICIO DE 5 PISOS DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA EN LA CIUDAD DE AYACUCHO, APLICANDO LA NTE E-030 – 2016” Este trabajo consistió en el estudio y diseño estructural en hormigón armado de una estructura multifamiliar de cinco pisos en el barrio de Ayacucho. Se realizó el análisis sísmico, el análisis estático y el análisis dinámico de acuerdo a la NTE E-030-2016 Diseño Sismorresistente para comparar las derivas y desplazamientos obtenidos del análisis con los límites de la norma. El sistema estructural está formado por muros con ductilidad limitada. La mayor deriva entre pisos medida fue de 0,000669, que es inferior a lo que exige la norma actual. Se compararon los espectros de pseudoaceleración de la NTE E-030-2016 y de la NTE E-030 2006. Con la ayuda de los programas SAFE 2014 y ETABS 2015 se analizó el edificio y se diseñaron los componentes estructurales, para la redacción de la tesis se empleó el programa de composición de textos LATEX.

3.2 BASES TEÓRICAS

3.2.1 Sismología

La sismología es la ciencia encargada de estudiar el comportamiento de los movimientos telúricos, precisando entonces que el sismo es una vibración o movimiento de la corteza terrestre la cual es generada por varios fenómenos entre los cuales puede estar los siguientes:

- Origen tectónico
- Erupción de volcanes
- Desplome de cavernas, taludes
- Explosiones

Donde los movimientos más devastadores son los de origen tectónico a causa de la liberación brusca de enormes cantidades de energía.

Los sismos de origen tectónico se producen por desplazamientos de las grandes placas que dividen a la corteza de la tierra. Esto se debe a que las corrientes de convección en la astenosfera superan la fricción entre los bordes de las placas, liberando tensiones que se traducen en energía liberada en forma de calor y ondas de vibración que viajan a través de las rocas de la corteza. El Perú es un país sísmico por encontrarse en el cinturón de fuego del pacífico, la geodinámica de las placas genera una zona de subducción entre la placa oceánica de nazca y la placa continental de Sudamérica, generándose una zona de subducción (ver Fig. 3).

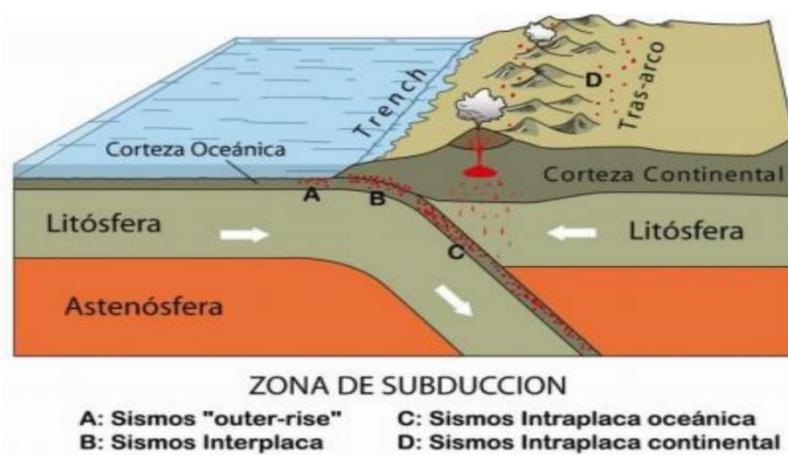


Figura 3. Zona de subducción y tipos de sismos que ocurren en ella

FUENTE: Centro Sismológico Nacional Universidad de Chile.

Las ondas sísmicas se dividen en dos (ver fig. 4); a aquellas que viajan en el interior de la tierra y los que se producen en la superficie de la tierra, donde las de interiores se les conoce como ondas de cuerpo y dependiente del movimiento que produce en relación a su dirección se denomina ondas primarias y secundarias; y las de superficie denominadas ondas de superficie y son las ondas Love y Rayleigh que también se caracterizan por el movimiento que producen en relación a su dirección.

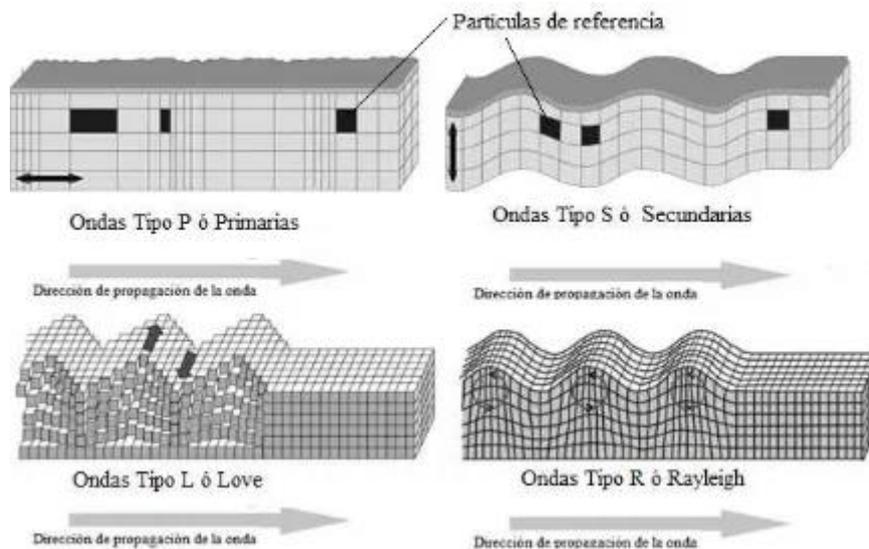


Figura 4. Diagrama de flujo del movimiento sísmico según el tipo de onda

FUENTE: Fema 454, 2014

Para caracterizar un movimiento sísmico se necesita determinar el tamaño del sismo al que se le denomina magnitud, termino introducido por Richter en 1935 para comparar la energía liberada en el foco por diferentes sismos.

Richter sostiene que la energía gastada por otros fenómenos, principalmente el calor, y la energía transportada como ondas sísmicas constituyen la energía total liberada por un terremoto. La proporción de la energía total que se pierde por el movimiento de las olas oscila entre el 1% y el 10%. Además, la magnitud describe la energía total de los terremotos basándose en los datos sísmicos.

No existe un límite matemático para el valor de la magnitud tal y como se especifica, pero hay un límite físico establecido por las propiedades de los materiales que componen la Tierra. El grado 9 de la escala de Richter es el más alto que ha tenido esta restricción hasta ahora. Más tarde, Gutenberg y Richler introdujeron expresiones para evaluar la magnitud tanto de las ondas internas (mb) como de las superficiales (MS).

Por ultimo para caracterizar el movimiento es necesario también conocer la severidad de la vibración sísmica con relación a un sitio específico a este concepto lo denominamos como intensidad sísmica, ya que un mismo sismo decrecerá su intensidad mientras más alejados estemos del epicentro; para cuantificar la intensidad tampoco existe una escala universal, las escalas más precisas son del tipo instrumental que definen la intensidad del terreno en función a su aceleración máxima, sin embargo no siempre es posible contar con un instrumento en cada sitio por lo que también es aceptado utilizar escalas más cualitativas como la escala de Mercalli Modificada aunque no tome en cuenta la calidad sismorresistente de los edificios, siendo característica más importante y la que concierne a ingenieros civiles, por lo que se desarrolló instrumentos de medición como sismógrafos los cuales determinan los epicentros, y los acelerógrafos los cuales proporcionan las aceleraciones el movimiento sísmico con el tiempo en el lugar donde se encuentran.

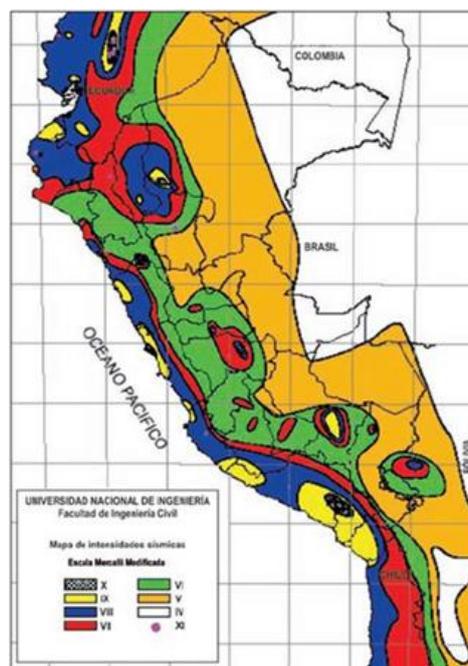


Figura 5. Mapa de intensidades sísmicas a nivel nacional.

FUENTE: CISMID/FIC-UNI

3.2.2 Análisis sísmico estático

El análisis sísmico estático equivalente consiste en colocar una fuerza lineal equivalente a los efectos inerciales de cada entrepiso por acción sísmica, esta fuerza se aplica en el centro de masas de cada piso. El presente análisis puede dar valores aproximados a análisis más elaborados como los análisis dinámicos para edificios regulares y de baja altura

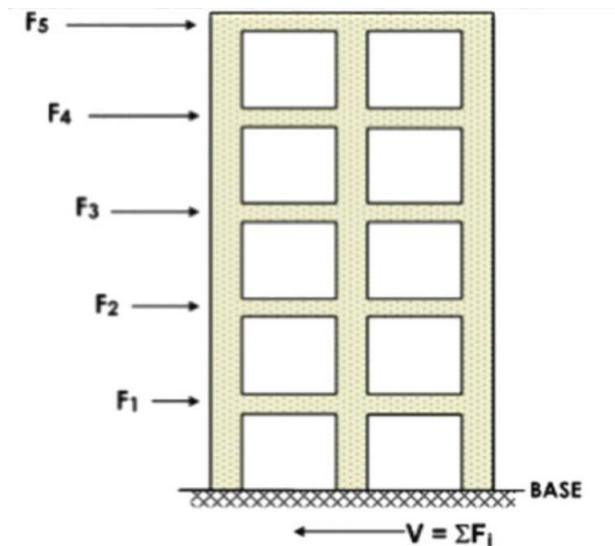


Figura 6. Distribución de fuerzas estáticas sísmicas

FUENTE: Elbio, 2002

Además, la fuerza cortante basal es igual al coeficiente sísmico reducido multiplicado por el peso de la estructura, independientemente del periodo fundamental de la estructura, asumiendo un periodo fundamental aproximado. En nuestro país se limita este análisis a edificaciones de 30m de altura.

3.2.3 Análisis sísmico dinámico

Como se indica en el "Artículo 28" de la norma E.030, sólo es posible realizar un análisis sísmico estático si cumple alguna de las siguientes condiciones. La norma E.030 (SENCICO, 2020) demuestra que el análisis dinámico no tiene restricciones, puede aplicarse a cualquier tipo de estructura y es significativamente más preciso que un análisis estático, es posible efectuar un análisis sísmico estático solo si cumple

cualquiera de los siguientes requisitos: cuando la edificación se encuentre en la zona “Z1”, una edificación hasta 30 metros de altura y que sea regular. También, en una edificación de hasta 15 metros regular o irregular de albañilería confinada.

Este tipo de análisis se fundamenta en que cualquier estructura se comporta dinámicamente cuando en esta se aplican desplazamientos y cargas. Aplicando la segunda ley de Newton, las fuerzas de inercia generadas, son equivalentes a multiplicar la masa por la aceleración, si los desplazamientos o las cargas se aplican paulatinamente lenta, las fuerzas inerciales pueden llegar a no ser consideradas, por lo que se justifica el análisis sísmico estático; por lo que el análisis dinámico es una extensión.

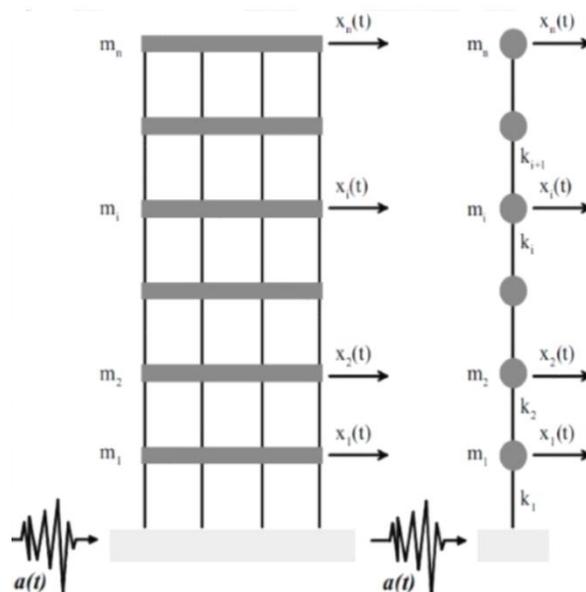


Figura 7. Diagrama de cuerpo libre con carácter dinámico

FUENTE: Elbio, 2002

Cualquier estructura tendrá un número infinito de desplazamientos, por lo que el análisis estructural implica modelar la estructura con una cantidad de desplazamiento finito en un esfuerzo por simular cómo se comportaría realmente la estructura, adicionalmente se concentra las masas en los nudos y se calcula las rigidez de los elementos; estos dos últimos se pueden calcular con un alto grado de confiabilidad, sin embargo aún quedarían valores de difícil estimación tal es el caso como la disipación de energía, la carga dinámica, condiciones de borde (cimentaciones).

Existen dos tipos de análisis dinámico elástico de estructuras estas son: el análisis modal espectral, y el análisis tiempo historia; El análisis modal espectral considera los espectros de diseño generado a partir de coeficientes sísmicos locales y propiedades dinámicas de la estructura para determinar las reacciones estructurales. Por otro lado, al resolver la ecuación de movimiento en cada instante de tiempo, el análisis tiempo-historia considera el comportamiento de la estructura bajo la influencia de un determinado acelerograma siendo esta el método más preciso para simular la reacción sísmica de estructuras con comportamiento no lineal.

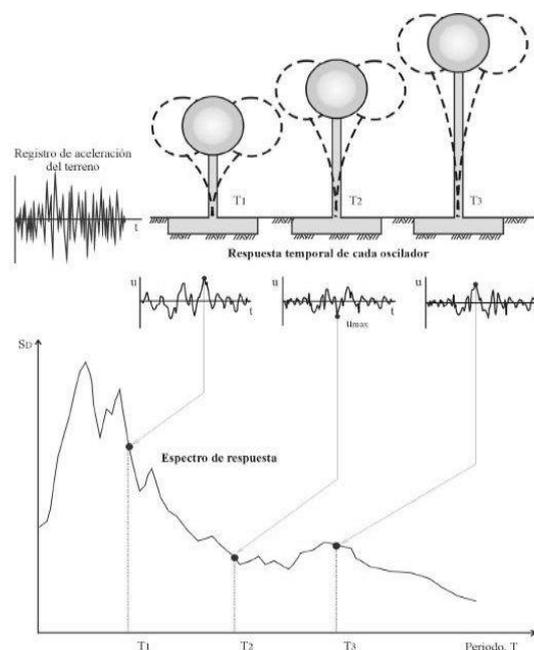


Figura 8. determinación de espectros de diseño

FUENTE: Elbio, 2002

El espectro de respuesta de la estructura es un gráfico de la respuesta máxima (expresada en términos de velocidad, desplazamiento o aceleración) que produce una acción sísmica o dinámica determinada en una estructura de un grado de libertad.

Sin embargo, este análisis al ser mucho más complejo que el análisis estático también presenta una alta probabilidad de encontrar errores por tener mayor número y complejidad de operaciones; además de generar mayor cantidad de incertidumbres en el cálculo de propiedades dinámicas de la estructura, por último si es que se

modelase estructuras secundarias (tanques, equipo electromecánico, antenas, etc.) que se apoyan en cualquier parte de la estructura, con características dinámicas muy diferentes a la estructura, ocurrirían problemas numéricos ya que predominarían los desplazamientos locales alrededor de estos dándonos un comportamiento dinámico de la estructura totalmente incoherente.

3.2.4 Principios del Diseño Sismorresistente

La Norma referida Técnica “Diseño Sismorresistente” E.030 se sustenta en los siguientes principios:

Se reconoce que los edificios presentan incursiones inelásticas en presencia de tensiones sísmicas extremadamente altas, pero que la estructura debe resistir movimientos sísmicos clasificados como moderados, aunque pueda sufrir daños reparables. Esto significa que la estructura no debería derrumbarse ni dañar gravemente a las personas. En consecuencia, la Norma estipula que las estructuras esenciales y las que pueden actuar como refugios no deben dejar de interrumpir su funcionamiento tras un fuerte terremoto, como es el caso de las instituciones educativas.

3.2.5 Respuesta sísmica

La Norma Técnica “Diseño Sismorresistente” E.030 sugiere que para encontrar las acciones sísmicas que sirvan para el diseño estructural se siga un determinado procedimiento, la determinación de la peligrosidad sísmica es el primer paso, que depende de las características del terreno y de la ubicación de la obra; la segunda etapa es la caracterización del edificio, cuyos valores están determinados por ciertos parámetros del proyecto; la tercera etapa es el análisis estructural, que se realiza mediante un modelo matemático creado con los datos del edificio; el análisis puede ser estático o dinámico; y, por último, la cuarta etapa es la verificación de la estructura, donde se examinarán los desplazamientos laterales y la distorsión admisible, entre otras restricciones.

Según Oviedo y Duque (2006) La resistencia, la rigidez y la capacidad de disipación de energía de la estructura en el rango inelástico, tomando como condición su

ductilidad, son factores que se combinan de forma tradicional para controlar la respuesta sísmica de un edificio.

La segunda ley de Newton, también conocida como ecuación de equilibrio dinámico, establece que toda estructura reacciona dinámicamente a la acción de cargas o deformaciones produciendo fuerzas de inercia iguales a su masa por la aceleración. Las fuerzas de inercia pueden omitirse para las cargas o deformaciones aplicadas gradualmente, como es el caso de las cargas vivas y muertas no dinámicas, lo que permite un análisis estático de la estructura. Cuando una estructura está sometida a cargas dinámicas o deformaciones rápidas, como las provocadas por el viento, la actividad sísmica y las cargas vivas, dinámicas o de impacto, esta simplificación no es válida y se requiere un análisis dinámico.

3.2.6 Peligro sísmico

La Norma Técnica “Diseño Sismorresistente” E.030 menciona que el peligro sísmico está determinado por la zonificación y las características del terreno la cual será evaluado según los siguientes parámetros:

- Factor de zona (Z), se define como la aceleración máxima horizontal del suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.
- Perfil del suelo, se definen los perfiles de suelo de acuerdo a los resultados de estudios de mecánica de suelos.
- Parámetros de sitio (S, TP y TL), Utilizando los valores pertinentes del factor de amplificación del suelo (S) y los periodos (TP y TL) proporcionados en la Norma Sismorresistente, debe tenerse en cuenta el tipo de suelo que capta con mayor precisión las condiciones locales.
- Factor de amplificación sísmica (C), este parámetro es el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto a la aceleración del suelo.

Según H. Tavera y otros (2014) La probabilidad de que un terremoto de una magnitud determinada produzca una aceleración igual o superior a un valor dado durante un tiempo determinado en un lugar concreto equivale a la peligrosidad sísmica. Teniendo en cuenta que los terremotos siguen una distribución de Poisson, hay que tener en cuenta los siguientes factores.:

- El número de sucesos sísmicos que se producen en un intervalo de tiempo es independiente de los que se producen en otro.
- La probabilidad de que ocurra durante un periodo de tiempo muy corto es proporcional a la longitud del intervalo de tiempo.
- La probabilidad de que se produzca más de un evento sísmico durante un intervalo de tiempo muy corto es insignificante.

3.2.7 Zonificación sísmica

En la Norma Técnica “Diseño Sismorresistente” E.030 se considera que las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica así como la zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, Por la cual se divide en cuatro zonas, como se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Zonas sísmicas del Perú

FUENTE: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE (SENCICO 2020)

Al igual que en cada zona se establece un factor Z que se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. FACTORES DE ZONA “Z”

FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

FUENTE: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE (SENCICO 2020)

3.2.8 Perfiles de suelo

Para los efectos de la Norma Técnica “Diseño Sismorresistente” E.030 En el caso de los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (V_s) o alternativamente, en el caso de los suelos granulares, la media ponderada del N60 obtenida mediante una prueba de penetración estándar (SPT) o la media ponderada de la resistencia al cizallamiento en condiciones no drenadas (SU) para los suelos cohesivos.

Los diferentes tipos de perfiles de suelo son:

- Perfil Tipo S0: Las mediciones deben coincidir con el lugar del proyecto o con perfiles de la misma roca en la misma formación con meteorización o grietas equivalentes o mayores. Los datos de la velocidad de las ondas de corte en superficie pueden utilizarse para determinar el valor de V_s cuando se sabe que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m.
- Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte V_s entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:
 - Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
 - Arena muy densa o grava arenosa densa, con N60 mayor que 50.

- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada S_u mayor que 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

- Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:
 - Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N_{60} , entre 15 y 50.
 - Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada S_u , entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

- Perfil Tipo S3: Suelos Blandos Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte V_s , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:
 - Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT N_{60} menor que 15.
 - Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada S_u , entre 25 kPa (0,25 kg/cm²) y 50 kPa (0,5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
 - Cualquier perfil que no correspondan al tipo S4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad PI mayor que 20, contenido de humedad ω mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada S_u menor que 25 kPa.

- Perfil Tipo S4: Esta clase corresponde a suelos excepcionalmente flexibles y a lugares con circunstancias geológicas y/o topográficas adversas que exigen una investigación específica del lugar. Sólo cuando el Estudio de la Mecánica del Suelo (EMS) lo considere imprescindible habrá que tener en cuenta un perfil de tipo S4.

La Tabla siguiente resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo:

Tabla 4. Clasificación de perfiles de suelo

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO

Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S_0	> 1500 m/s	--	--
S_1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

FUENTE: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE (SENCICO 2020)

3.2.9 Fuerza cortante basal

La Norma Técnica “Diseño Sismorresistente” El cizallamiento basal o resistencia lateral de un edificio se define en E.030 para calcular la fuerza lateral total causada por las fuerzas de inercia inducidas en un sistema con N grados de libertad, y luego distribuirla entre las distintas alturas de la estructura. Esta definición se utiliza de forma simplificada para calcular los parámetros correspondientes a la resistencia convencional incluidos en el índice de vulnerabilidad.

La fuerza cortante total en la base de la estructura (V), correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZxUxCxS}{R} xP$$

Donde:

Z : Factor de zona;

U : Factor de uso;

C : Factor de amplificación sísmica;

S : Parámetro de suelo;

R : Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica;

P : Peso total de la estructura.

El valor de C/R no deberá considerarse menor que: $C/R \geq 0.125$

3.2.10 Requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad

La Norma Técnica “Diseño Sismorresistente” E.030 indica que los desplazamientos obtenidos en el análisis lineal-elástico, se multiplicará por 0.75R para estructuras regulares, en caso de estructuras irregulares por 0.85R para pasar de un desplazamiento absoluto elástico a un desplazamiento absoluto inelástico.

El desplazamiento relativo de entrepiso máximo no debe ser mayor que el porcentaje de la altura del espacio del suelo (distorsión) representado en la tabla siguiente.

Tabla 5. Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material predominante	(Δ_i/h_{ei})
Concreto armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada.	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta Tabla.

FUENTE: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE (SENCICO 2020)

3.2.11 Concepción estructural de la edificación

Acorde a lo dispuesto por la NTE E.030, la elección del sistema estructural de la edificación está en función de la categoría de las edificaciones y la zonificación sísmica.

Tabla 6. Categoría de las Edificaciones y Factor “U”

CATEGORIA	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: <ul style="list-style-type: none"> - 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

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.

Nota 2 : En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

FUENTE: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE (SENCICO 2020)

Tabla 7. Categoría de la Edificación e Irregularidad

CATEGORIA Y ESTRUCTURA DE LAS EDIFICACIONES (*)			
Categoría de la Edificación	Regularidad Estructural	Zona	Sistema Estructural
A1	Regular	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
		2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (**)	Regular	4,3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
		1	Cualquier sistema.
B	Regular o Irregular	3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
		1	Cualquier sistema
C	Regular o Irregular	4, 3,2, y 1	Cualquier sistema

(*) Para edificaciones con cobertura liviana se podrá usar cualquier sistema estructural.

(**) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se podrá usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

FUENTE: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE (SENCICO 2020)

De acuerdo con estas disposiciones nuestro proyecto clasifica como de categoría A y al estar ubicada en la zona símica 2, el sistema estructural que se elige corresponde al sistema tipo 2, es decir pórticos con albañilería confinada.

3.3 DEFINICIONES DE TÉRMINOS

Las siguientes definiciones de los términos más utilizados para

TÉRMINOS REFERENTE A ESTRUCTURAS:

- **EDIFICACIÓN:** Es una construcción destinada principalmente a la residencia u ocupación humana.
- **ELEMENTOS ESTRUCTURALES:** Son partes de una estructura conocidas como componentes estructurales las cuales son diseñado a resistir los esfuerzos horizontales y a soportar las cargas gravitatorias.
- **HABITABILIDAD:** Un edificio habitable puede caracterizarse en teoría como aquel que satisface las normas de seguridad y confort que permiten considerar que el edificio es operable.
- **SOLICITACIONES:** Se trata de las fuerzas u otras acciones a las que está sometida la estructura como consecuencia de su propio peso, del peso de las personas y sus posesiones, y de factores externos como el viento o los terremotos.
- **AMENAZA:** Fenómeno de origen natural, socio-natural o antropogénico que puede aparecer de manera que pueda tener impactos negativos sobre las personas, las infraestructuras, la industria, los bienes y servicios, y/o el medio ambiente que está expuesto.
- **CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE:** Es el tipo de edificio que, a través de su planificación y construcción, cumple con los requisitos establecidos por una norma o especificación que pretende crear edificios con un nivel justo de seguridad vital.
- **DAÑOS ESTRUCTURALES:** El fallo de una sola pieza o de un grupo de elementos con ductilidad o resistencia inadecuadas suele ser la causa directa

de daños graves o del colapso de varias estructuras durante los terremotos. Los pilares suelen sufrir daños estructurales durante los terremotos muy potentes, incluyendo grietas verticales, separación del revestimiento, aplastamiento del hormigón y pandeo de los componentes longitudinales debido a las excesivas cargas de flexocompresión. También son frecuentes las fracturas diagonales inducidas por el cizallamiento o la torsión.

- **RIESGO ESTRUCTURAL:** Según algunas normas, se acepta generalmente que los edificios deben construirse para resistir terremotos, sin derrumbarse, aunque sufran daños estructurales importantes.
- **VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL:** Está directamente relacionado con la capacidad del edificio para soportar las presiones y desplazamientos que uno o varios terremotos pueden crear a lo largo de su vida útil.

TÉRMINOS REFERENTE A LA SISMICIDAD:

- **GESTIÓN DE RIESGOS:** Proceso social que da lugar a una planificación destinada a proteger a las personas y/o las infraestructuras de las consecuencias nocivas de los fenómenos peligrosos mediante la prevención, la mitigación y la gestión de dichos efectos.
- **INTENSIDAD:** Una medida cuantitativa y cualitativa de la gravedad de un fenómeno en un lugar determinado.
- **PRONÓSTICO:** Cuando se utiliza en relación con los fenómenos físicos, alude a la estimación de la probabilidad de que un fenómeno se materialice basándose en la investigación de su proceso físico generador, la observación del sistema perturbador y/o la grabación de eventos en el tiempo.
- **SISMO:** Se trata de una transformación energética brusca, ya que la energía de deformación acumulada en la litosfera se transforma rápidamente en energía cinética, que se manifiesta en forma de movimientos ondulatorios que se desplazan tanto dentro como fuera de la tierra.

- **SUBDUCCIÓN:** Proceso de hundimiento de una placa litosférica bajo el borde de otra placa.
- **SISMOLOGÍA:** Es el área de la geofísica que examina los terremotos y el movimiento de las ondas elásticas producidas en el interior y la superficie de la Tierra.
- **SISMICIDAD:** Es el número de terremotos que se producen cada año por kilómetro cuadrado en una zona determinada. Dado que esta definición se aplica con frecuencia de forma incorrecta, se define más genéricamente como "la actividad sísmica de una determinada región", lo que implica que la sismicidad se relaciona con la cantidad de energía generada en un lugar concreto.
- **AMENAZA SÍSMICA:** Es la aceleración horizontal del suelo esperada, con una cierta probabilidad de superarla en un periodo de tiempo determinado, que representa el valor estimado de la actividad sísmica inminente en el lugar de interés.
- **ONDAS SÍSMICAS:** La liberación brusca de energía en el foco, que hace que las vibraciones se propaguen por la corteza terrestre.
- **ACELEROGRAMA:** Descripción temporal de las aceleraciones que experimenta el suelo durante un terremoto real.
- **SISMOGRAMA:** Es registro del movimiento del suelo y mide la magnitud de los sismos.
- **EPICENTRO:** Es el punto superficial de la Tierra que se localiza sobre la proyección vertical del hipocentro o foco.

- **HIPOCENTRO:** Es el punto o grupo de puntos subterráneos donde se origina el terremoto.

TÉRMINOS REFERENTE AL ANALISIS SISMICO:

- **GRADOS DE LIBERTAD:** El grado de libertad es definido como número de movimientos posibles de un sistema estructural requerido para describir desplazamientos y giros en un punto de nudo.
- **RIGIDEZ:** La suma de la rigidez de los elementos resistentes y la rigidez torsional del suelo, que depende de la ubicación de los elementos resistentes verticales, determina los desplazamientos laterales, de traslación y de rotación. Por razones estructurales, para salvaguardar los elementos no estructurales y para garantizar el confort de los ocupantes, los desplazamientos deben ser mínimos. La adición de muros estructurales es un método muy eficaz para aumentar la rigidez de una estructura.
- **CENTRO DE RIGIDEZ:** Es el punto en medio de los componentes verticales de un sistema que resiste las fuerzas laterales, también conocido como punto de resistencia.
- **CENTRO DE MASA:** El punto geométrico de un sistema discreto o continuo que responde dinámicamente como si se le aplicaran las fuerzas externas del sistema se dice que es el centro de masa del sistema.
- **AMORTIGUAMIENTO:** Es la capacidad de un sistema o cuerpo para disipar la energía sísmica. La vibración libre puede amortiguarse reduciendo su amplitud; durante este proceso, la energía del sistema vibratorio se desperdicia a través de varios mecanismos simultáneos.
- **DUCTILIDAD:** Al permitir que algunos elementos entren en el rango inelástico, o que sean capaces de disipar la energía sísmica a través de la fricción interna

y la deformación plástica, se consigue una economía en el diseño en la mayoría de las estructuras de edificios formados por pórticos, con o sin muros de corte, cuya característica estructural común es la hiperestabilidad y la redundancia. Además de la resistencia, la capacidad de una estructura para dispersar la energía de las vibraciones desde el punto en que sus deformaciones superan el límite elástico es necesaria para un comportamiento sísmico eficaz.

3.4 NORMATIVIDAD

Mediante Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, se aprobó el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones, en adelante RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones, como instrumento técnico–normativo que rige a nivel nacional, y por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, se aprobaron sesenta y seis (66) Normas Técnicas del RNE, y se constituyó la Comisión Permanente de Actualización del RNE, a fin que se encargue de analizar y formular las propuestas para su actualización.

Donde para el presente trabajo se hará uso de las siguientes normativas:

3.4.1 RNE Norma E. 020 – Cargas

La Norma E.020 trata de las cargas que actúan en las edificaciones (cargas vivas, cargas muertas y otras cargas.

Esta Norma se complementa con la NTE E.030 Diseño Sismorresistente y con las Normas propias de diseño de los diversos materiales estructurales.

Las cargas mínimas establecidas en esta Norma, están dadas en condiciones de servicio. Las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. Estas actuarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan los señalados para cada material estructural en su Norma de diseño específica.

3.4.2 RNE Norma E. 030 – Diseño Sismorresistente

Modificación de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Numeral III.2 Estructuras, del Título III Edificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006- VIVIENDA, modificada por los Decretos Supremos N° 002-2014-VIVIENDA y N° 003-2016-VIVIENDA.

La presente Norma de Diseño Sismorresistente contienen procedimientos para estimar la demanda sísmica y la respuesta estructural y establecen la resistencia y rigidez que deben tener las edificaciones según su importancia, ubicación y sistema estructural.

3.4.3 RNE Norma E. 060 – Concreto Armado

Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, preesforzado y simple.

3.4.4 RNE Norma E.070 – Albañilería

Esta Norma establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados.

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo se analizará la infraestructura del Módulo I de la Institución Educativa Industrial Mixta N° 12 Cristo Rey de la localidad de Coracora, Departamento de Ayacucho.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN:

El proyecto cuenta con 3 pisos que cuenta con dos Aulas Funcionales, Servicios Higiénicos tanto para mujeres como para varones por cada piso y la caja de escaleras que estará separada estructuralmente por una junta sísmica. Los servicios higiénicos se separarán con tabiques de unidades de albañilería huecas, con un peso específico de 1400 kg/m³, donde también es considerado el tarrajeo del muro según la Norma E.020 (SENCICO, 2006).

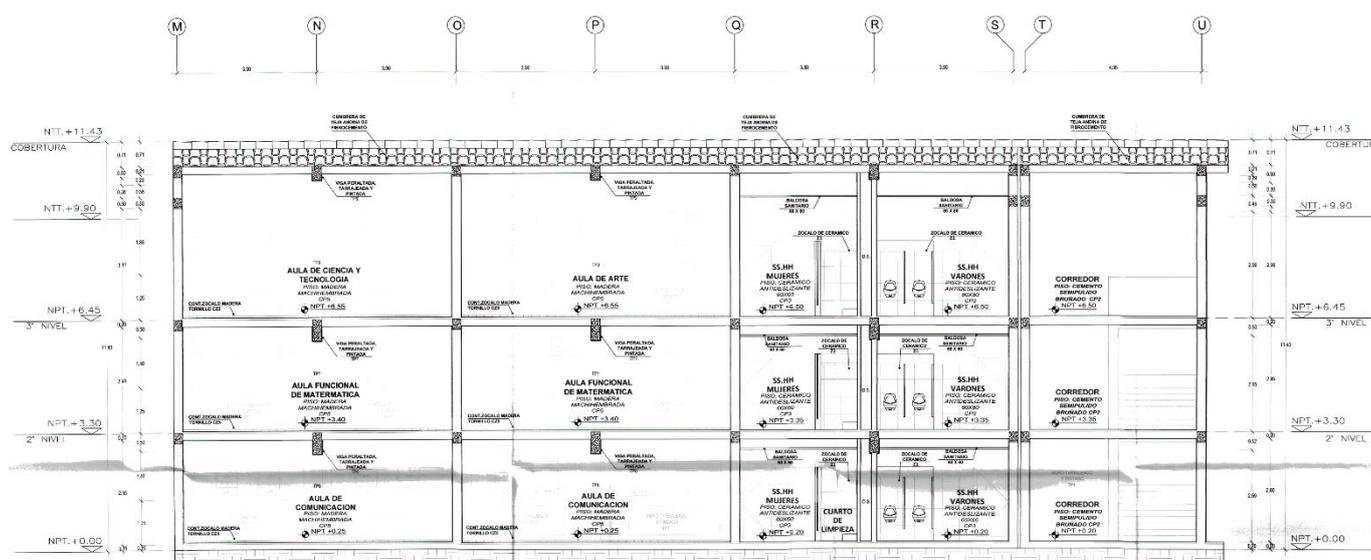


Figura 10. Elevación principal

FUENTE: Expediente Técnico de Obra – Gobierno Regional de Ayacucho

Los Pórticos conforman el sistema estructural considerado en la dirección X-X, mientras que la Albañilería Confinada lo hace en la dirección Y-Y.

La estructura esta categorizada como una Edificación Esencial – A, estipulada en la Norma E.030 (SENCICO, 2020), donde se cuenta con un área de terreno de la I.E. de 5,108.06 m².

Detalles arquitectónicos: Las entradas están situadas en la dirección del pasillo longitudinal, que conecta con la escalera que da acceso al segundo y tercer nivel, y las ventanas están situadas en las fachadas longitudinales (Figura 11). Los alféizares de las ventanas son tabiques que se conectan a las columnas mediante juntas separadas por una pulgada aproximadamente, mientras que la pendiente del tejado es de 20°. (Figura 12).

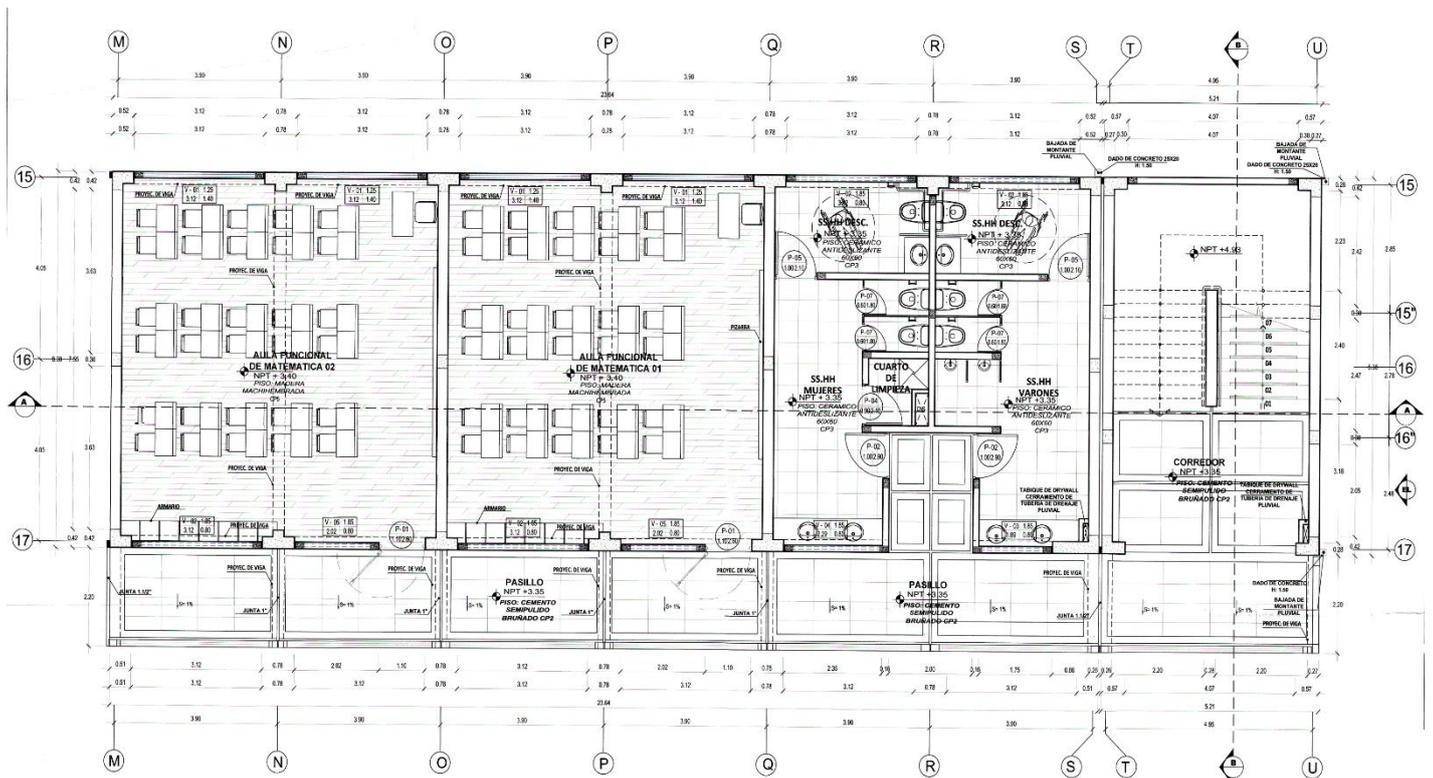


Figura 11. Planta típica del 1er al 3er piso

FUENTE: Expediente Técnico de Obra – Gobierno Regional de Ayacucho

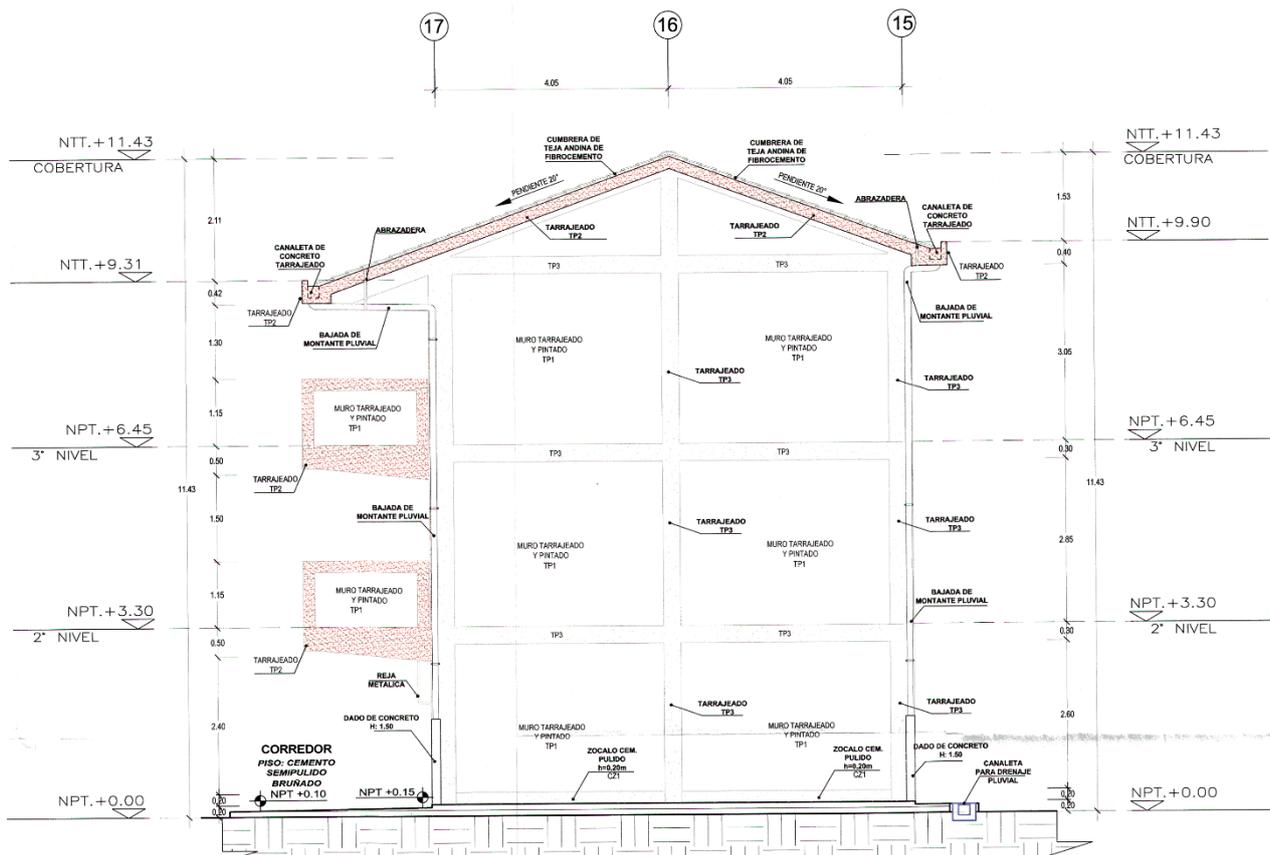


Figura 12. elevación lateral

FUENTE: Expediente Técnico de Obra – Gobierno Regional de Ayacucho

4.2 ESTRUCTURACIÓN

En esta parte el Expediente Técnico menciona que se basó a los criterios de estructuración del "Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.030 modificada en 2018: Diseño sismorresistente" y los criterios de estructuración (capítulo 5) del libro "Diseño sísmico de edificios" - Bazán/Meli. Las características clave del edificio para el comportamiento sísmico se destacan en las fuentes mencionadas, incluyendo el peso, la forma del edificio en planta y elevación, y la distancia entre las estructuras vecinas.

Se suelen establecer los siguientes requisitos para los sistemas estructurales de los edificios en zonas sísmicas:

- Los edificios se diseñan con componentes estructurales que proporcionan resistencia y rigidez a las cargas laterales en cualquier dirección. Esto se logra generalmente proporcionando sistemas resistentes en dos direcciones ortogonales.

- La configuración de los elementos estructurales permite un flujo continuo, regular y eficiente de las fuerzas sísmicas desde el punto en que estas se generan (o sea, de todo punto donde haya una masa que produzca fuerza de inercia) hasta el terreno. Evitando las ampliaciones de las vibraciones, las concentraciones de sollicitaciones y las vibraciones torsionales que pueden producirse por la distribución irregular de masas o rigideces en planta o en elevación.

La estructura debe estar lo más cerca posible de los siguientes casos:

- Sencilla
- Regular
- Simétrica
- Continua

Los sistemas estructurales disponen de redundancia y de capacidad de deformación inelástica que les permitan disipar la energía introducida por los sismos de excepcional intensidad, mediante elevado amortiguamiento inelástico y sin la presencia de fallas frágiles locales y globales.

4.3 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Según el estudio de suelos con fines de cimentación del Expediente Técnico, desarrollado por un especialista, se encontraron los siguientes parámetros de diseño recomendados.

- El especialista recomienda el uso de zapatas aisladas conectadas con vigas de cimentación.
- La profundidad mínima de cimentación a nivel de zapatas es $D_f=0.80\text{m}$, adicional es este, se realizará el mejoramiento del terreno según las especificaciones del especialista hasta llegar una profundidad de 2.50m.
- Capacidad portante admisible mínima $q_{adm}= 1.00 \text{ kg/cm}^2$
- Coeficiente de balasto vertical $K_v= 2.20 \text{ kg/cm}^3$
- No se espera problemas de asentamiento.

Lo cual indica que estamos ante presencia de Suelos Blandos según la Norma E-030 (2018 modificada) es de Perfil Tipo S3.

4.4 PRE-DIMENSIONADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El predimensionamiento es el proceso de establecer valores especulativos para las dimensiones de los distintos componentes estructurales basándose en el anteproyecto arquitectónico, la experiencia o la práctica de la ingeniería y la Norma E.060. Es importante aproximarse lo más posible a los valores finales para no realizar un proceso extenso de cambios de dimensiones, ya que en la etapa de análisis y diseño se comprobará la validez de estos.

La Norma E-060 indica que los elementos sometidos a flexión pura (vigas, losas) sus peraltes o espesores mínimos para no verificar deflexiones, que se señalan en la tabla 8 puede servir de guía para los componentes reforzados unidireccionales (losas macizas aligeradas y vigas) que están acoplados o no soportan elementos no estructurales que podrían verse perjudicados por deflexiones excesivas del elemento estructural. Si el cálculo de la deflexión indica que es posible utilizar un material más delgado sin que se produzcan impactos negativos, entonces se pueden obviar estas restricciones.

Tabla 8. Peraltes o espesores mínimos

ELEMENTOS	AMBOS EXTREMOS CONTINUOS	EN VOLADIZO
Losa aligerada en una dirección	L/25	L/10
Vigas	L/10-L/14	L/8

FUENTE: Expediente Técnico de Obra – Gobierno Regional de Ayacucho

4.5 DATOS ESTRUCTURALES

Todos los factores que se utilizarán para el análisis sísmico se identificarán como consideraciones generales para el estudio, teniendo en cuenta las normas existentes; a continuación, se describen los siguientes datos de la infraestructura a efectos de cálculo representativo:

- Categoría de la Edificación : Esencial Categoría "A".
- Forma Geométrica : Regular.
- Ejes en el sentido X-X : 15, 16, 17
- Ejes en el sentido Y-Y : M, N, O, P, Q, R, S, T, U
- Estructura de Diseño : Modulo I (06 Aulas)
- Número de Pisos : 03
- Altura de Edificio : 11.43 m
- Dimensión Menor : 8.38 m
- Dimensión Mayor : 23.64 m

4.6 METRADO DE CARGAS

4.6.1 Carga muerta

La estructura está compuesta por elementos viga, columna, losas macizas y aligeradas, muros de concreto armado y de albañilería según la estructuración, dichos elementos son modelados a través de elementos frame (línea) o Shell (área), el programa de cálculo estructural utilizado ETABS determina el peso de estos elementos según el material y dimensiones asignadas; por tanto, no requiere realizar otro metrado.

Para el metrado de losa aligerada de acuerdo a la tabla 9,10 y 11.

Tabla 9. Peso de losa aligerada por espesor

Espesor de losa (cm)	Peso de losa (kg/m ²)	Peso de Tecnopor (kg/m ²)
20 (1D)	228.00	1.575
20 (2D)	303.60	1.1025

FUENTE: Expediente Técnico de Obra – Gobierno Regional de Ayacucho

Tabla 10. Carga muerta losa aligerada

CARGAS - TECHO

CARGA MUERTA: CM			
Tecnopor para techo:	1.575 kg/m ²	101.575 kg/m ²	251.575 kg/m ²
Acabados:	100 kg/m ²		
Tabiquería:	150 kg/m ²		
Peso losa concreto/m ² : e=5cm		0.05m ³	120.00 kg
Peso de viguetas/m ² : e=15cm, a=10cm		0.045m ³	108.00 kg
			228.00 kg

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 11. Carga muerta losa inclinada

CARGA PARA TECHO INCLINADO

CARGA MUERTA: CM		
Tecnopor para techo:	1.575 kg/m ²	12.075 kg/m ²
Teja andina:	10.50 kg/m ²	

FUENTE: Elaboración propia

4.6.2 Carga viva

Las sobrecargas utilizadas que están de acuerdo a la norma E.020 (Cargas) son las cargas mostradas en el cuadro 12 y 13.

Tabla 12. Sobrecargas para diferentes ambientes

Descripción	Cargas repartidas(kg/m ²)
Aulas	250
Corredores y escaleras	400
Techos inclinados	50

FUENTE: Expediente Técnico de Obra – Gobierno Regional de Ayacucho

Tabla 13. Sobrecarga para losa inclinada

CARGA VIVA: CV

Si la $m \leq 3^\circ$ entonces la carga es 100 kg/m ²	
Si la $m > 3^\circ$ entonces la carga se reducirá 5 kg/m ² por cada grado de pendiente, la carga mínima será de 50 kg/m ² .	
100 - 5($\alpha^\circ - 3^\circ$) \geq 50 kg/m²	
	15 kg/m²
Para nuestro caso:	50.00 kg/m ²

FUENTE: Elaboración propia

4.6.3 Peso de la edificación

Debido a que los edificios del proyecto corresponden a edificaciones de categoría “A”, el peso (P), se calculó adicionando a la carga permanente y total de la edificación un 50% de la carga viva o sobrecarga.

4.7 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Las características mecánicas de los materiales se muestran en los cuadros 14 y 15.

Tabla 14. Características mecánicas del concreto armado

VALOR	DESCRIPCIÓN
$\gamma_{concreto} = 2,400 \text{ kg/m}^3$	Peso específico de concreto
$\gamma_c = 210 \text{ kg/m}^3$ (a menos que se especifique lo contrario en planos)	Resistencia de concreto a la compresión
$E = 1500\sqrt{f'_c} = 217,370.65 \text{ kg/m}^2$	Módulo de elasticidad de concreto
$G = 90,571.10 \text{ kg/m}^2$	Módulo de corte del concreto
$f_y = 4,200 \text{ kg/m}^2$	Resistencia de acero a fluencia
$\mu = 0.15$	Coefficiente de poisson

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 15. Características mecánicas y geométricas de albañilería

VALOR	DESCRIPCIÓN
$\gamma_{albañilería} = 1,800 \text{ kg/m}^3$	Peso específico de albañilería
$f'_m = 65 \text{ kg/cm}^2$	Resistencia de la albañilería a compresión
$E_m = 500 f'_m = 32,500 \text{ kg/cm}^2$	Módulo de elasticidad de albañilería
$G_m = 0.40 E_m = 13,000 \text{ kg/cm}^2$	Módulo de corte de albañilería
$\mu = 0.25$	Coefficiente de poisson

FUENTE: Elaboración propia

4.8 MODELO ESTRUCTURAL

Para realizar el análisis sísmico de la estructura y obtener resultados como los desplazamientos, las deformaciones, las fuerzas internas, etc., se creó un modelo del edificio a construir en el software ETABS. El edificio se concibió como pórticos planos formados por vigas y columnas; y por muros de albañilería confinada conectados por losas idealizado como diafragmas rígidos en cada entrepiso.

Cada uno de estos diafragmas tiene tres grados de libertad, es decir, dos traslaciones horizontales y una rotación perpendicular a la losa. El edificio tiene 3 plantas, lo que supone un total de 9 modos.

En el modelo se consideró como elementos sismorresistentes a las vigas sísmicas, columnas y muros portantes, estos elementos serán los que cumplan la función más importante en la edificación. En los encuentros de las vigas con las columnas o muros portantes, donde no haya una suficiente longitud de desarrollo del acero, debido a un espesor o ancho muy delgado, se deberá liberar los momentos generando articulaciones en los encuentros.

Por otra parte, los brazos rígidos se colocaron en los nodos de las vigas, los pilares, las columnas y muros de albañilería confinada, y todos los soportes de la base se consideraron empotrados.

Una vez modelada la edificación se procede a asignar las cargas de piso terminado, tabiquería y sobrecarga. Los pesos de cada elemento modelada se obtienen automáticamente en el programa ETABS, por lo que se obtendrá las masas de cada piso y el peso total de la edificación fácilmente, para eso se considera la Norma E.030 (SENCICO, 2020) la cual menciona que se debe obtener el 100% de la carga muerta y el 50% de la carga viva para edificaciones esenciales.

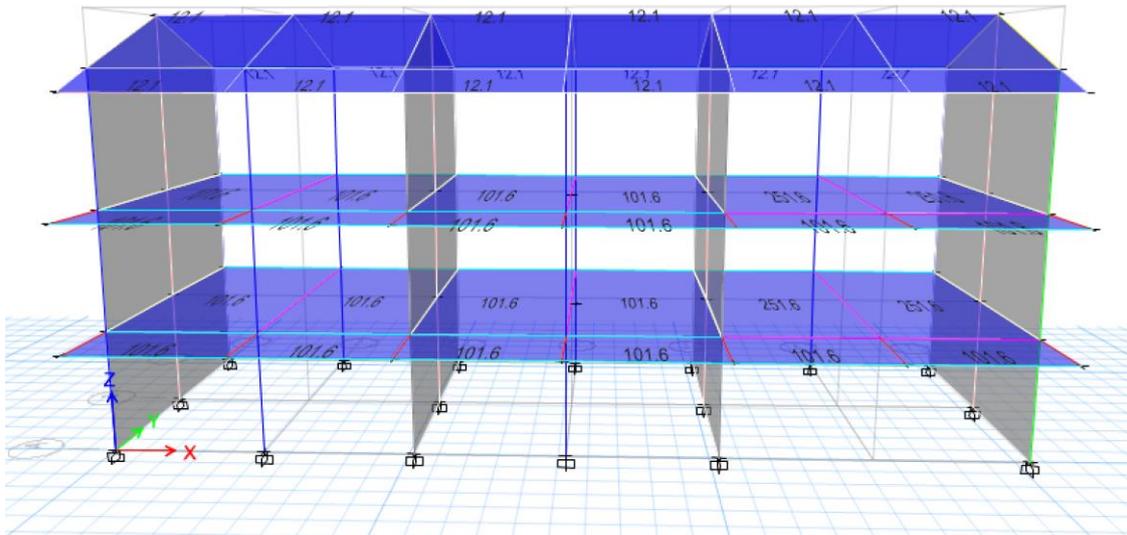


Figura 15. Asignación de cargas en losa

FUENTE: Elaboración propia

4.9 PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN

Para conseguir un total del 90% de la masa participante en ambas direcciones, se muestran los modos y periodos fundamentales. En este caso se definió cinco modos, los cuales son suficientes para alcanzar lo requerido.

Tabla 16. Periodo fundamental de vibración

Modo	Periodo	% Masa participante en X	% Masa participante en Y
1	0.301	84.19	0.74
2	0.285	1.06	89.41
3	0.247	2.47	1.37
4	0.092	0.19	6.59
5	0.09	8.36	0.17
		96.26	98.27

FUENTE: Elaboración propia

4.10 ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

La Norma E.030(SENCICO, 2020) en este análisis no recomienda realizar a toda estructura regular que superen los 30 metros de altura, pues los resultados obtenidos tendrán una menor precisión mientras más elevado es el edificio. El edificio examinado es una estructura de 3 pisos, que no alcanza la altura requerida, pero este

análisis estático debe realizarse para escalar el sismo y determinar el cortante de diseño. El esfuerzo cortante basal estático (V) se calcula con el mismo método, y se distribuye por niveles.

Para calcular "V" se usa la siguiente fórmula:

$$V = \frac{ZxUxCxS}{R} x P$$

Para las estructuras de tipo "A", el peso sísmico de la estructura debe calcularse utilizando el 100% de la carga muerta y el 50% de la carga viva. En la tabla 17 se muestra el peso sísmico total de la estructura, así como los pesos en cada nivel.

Tabla 17. Peso sísmico

NIVEL	100%CM+50%CV	PESO X (ton)	PESO Y (ton)
PISO 3	100%CM+50%CV	200.622	200.622
PISO 2	100%CM+50%CV	249.225	249.225
PISO 1	100%CM+50%CV	250.403	250.403
	PESO TOTAL	700.250	700.250

FUENTE: Elaboración propia

Por último, una vez reunidos todos los parámetros y calculado el peso global de la estructura, se calcula el cortante basal estático mediante el método mencionado.

Resolviendo la expresión:

$$\text{Vest X-X} = 137.86\text{ton}$$

$$\text{Vest Y-Y} = 367.63\text{ton}$$

Tabla 18. Cortante basal estática

	Dirección X-X	Dirección Y-Y
T (s)	0.301	0.285
C	2.5	2.5
Ro	8	3
La	1	1
Lp	1	1
C/R	0.3125	0.8333
P (ton)	700.250	700.250
V (ton)	137.86	367.63

FUENTE: Elaboración propia

4.11 ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO

4.11.1 Consideraciones y parámetros sísmicos

Para el análisis dinámico por el método de superposición modal espectral, de acuerdo a la Norma Técnica E.030 de Diseño sismorresistente (modificada 2018), identifica seis parámetros que deben derivarse de los atributos del edificio que se va a estudiar, como su ubicación, el tipo de suelo, la configuración estructural, el tipo de uso y las posibles irregularidades que puedan existir.

La tabla 19 muestra los parámetros sísmicos del edificio. La generación del espectro de respuesta sísmica presenta en el capítulo Diseño sismorresistente NORMA E.030 - 2018.

Tabla 19. Parámetros sísmicos

NOMINACIÓN	ESTRUCTURA (PÓRTICOS)	DESCRIPCIÓN
$Z = Z_3$	0.35	Factor de zona
T_p	1.00	Periodo que define la plataforma del espectro
T_L	1.60	Periodo que define el inicio de la zona del espectro con desplazamiento
$S = S_3$	1.20	Factor del suelo
R_o	8.00 para pórticos	3.00 para muros de albañilería confinada y 6.00 para muros estructurales.
U	1.50	Factor de uso e importancia

FUENTE: Expediente Técnico de Obra – Gobierno Regional de Ayacucho

<i>Parámetros</i>	<i>Factores</i>
Z	0.35
U	1.5
S	1.2
TP	1
TL	1.6
Rx	8
Ry	3

El análisis dinámico es mucho más preciso que el análisis estático, según la norma E.030 (SENCICO, 2020), porque no tiene limitaciones y puede utilizarse en cualquier tipo de construcción.

Dado que en este proyecto se desarrollará un edificio de tres pisos, se realizó un análisis dinámico modal espectral, lo cual este estudio está definido por la Norma E.030 (SENCICO, 2020) de la siguiente manera:

$$S_a = \frac{ZxUxCxS}{R} xg$$

Los valores de Z, U, S y R se han establecido anteriormente y se muestran en la tabla de parámetros sísmicos. En función del periodo T, el factor de amplificación sísmica "C" cambiará. El espectro de pseudo-aceleración $S_a(g)$ vs T de la Norma E.030 (SENCICO, 2020) se creará utilizando los datos mencionados y resolviendo la fórmula anterior lo cual se obtendrá los valores de "Sa" para cada valor de "C" en sus distintos periodos.

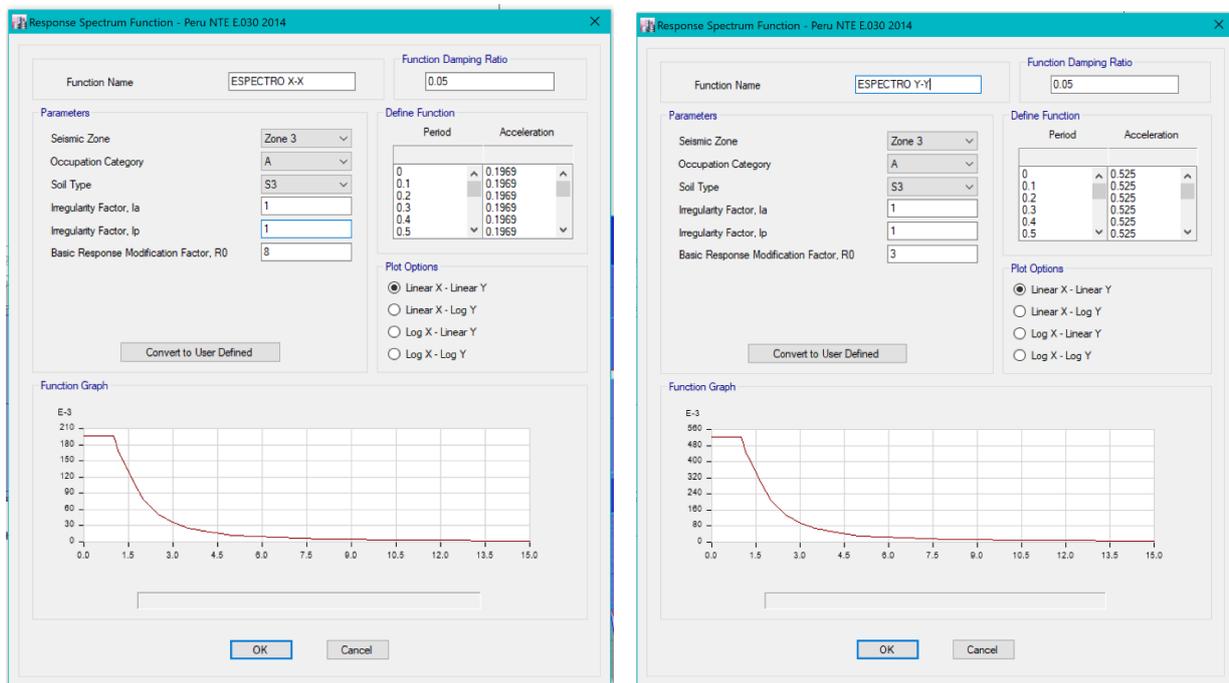


Figura 16. Espectro de aceleraciones

FUENTE: Elaboración propia

4.11.2 criterios de combinación espectral

Para la respuesta máxima elástica esperada (r) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados (r_i) podrá usar alternativamente la combinación cuadrática completa CCQ. Por tal razón en este proyecto aplicamos esta combinación de acuerdo a la norma E-030 Diseño Sismorresistente, y esta es la ecuación que aplica el programa ETABS.

$$r = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij} r_i r_j$$

$$p = \frac{\sqrt[8]{\xi_i \xi_j} (\xi_i + a \xi_j) a^{1.5}}{(1 - a^2)^2 + 4 \xi_i \xi_j a (1 + a^2) + 4(\xi_i^2 + \xi_j^2) a^2}$$

$$a = \frac{W_{nj}}{W_{ni}}$$

W_{ni}, W_{nj} : son las frecuencias naturales de los modos i, j .

ξ : es el porcentaje de amortiguamiento para cada modo de vibración.

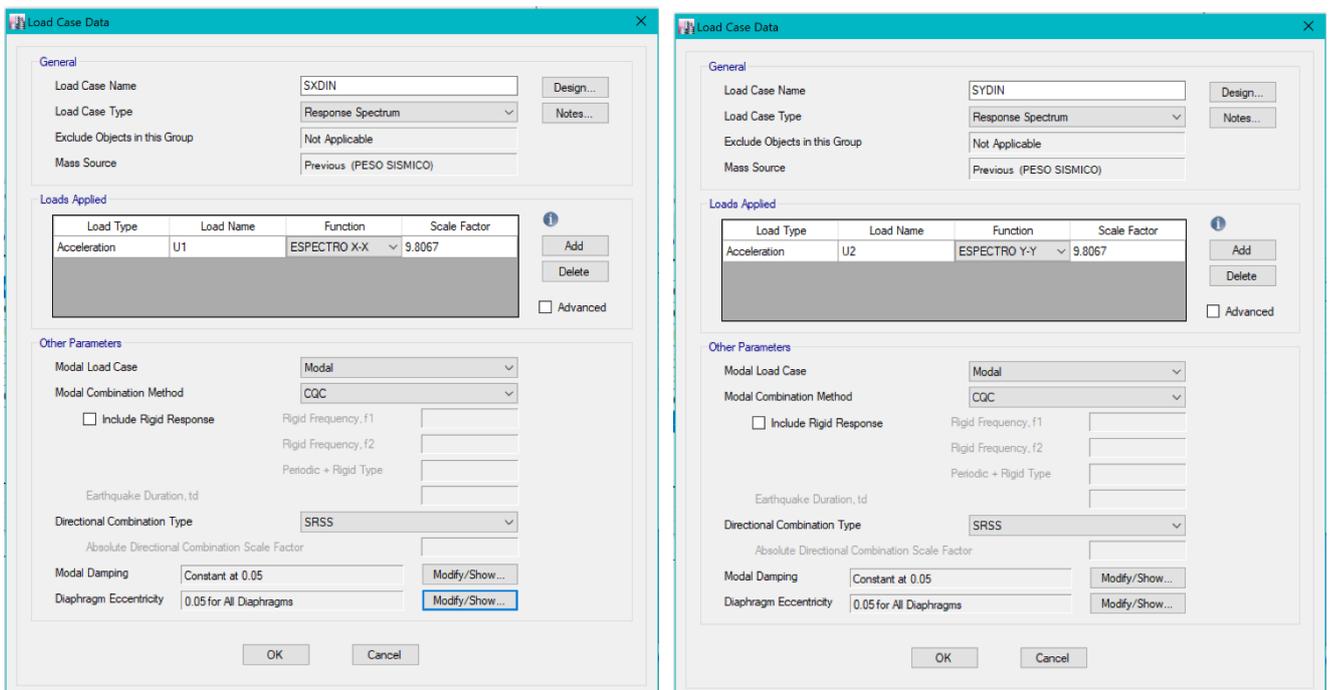


Figura 17. Asignación para el análisis modal mediante la combinación CQC

FUENTE: Elaboración propia

4.11.3 Fuerza Cortante Dinámica en la base

Para las estructuras regulares, la Norma E.030 (SENCICO, 2020) establece que el esfuerzo cortante basal de la estructura no debe ser inferior al 80% del esfuerzo cortante basal estático previamente establecido, en cambio si la estructura es irregular, debe ser al menos del 90%, si en caso no se cumpla con lo descrito en la Norma E.030 (SENCICO, 2020) se deberá escalar el sismo de manera proporcional. La verificación de los desplazamientos no forma parte de esta técnica; sólo se utiliza para obtener la cortante de diseño.

Tabla 20. Fuerza cortante dinámica

	SISMO X-X	SISMO Y-Y
Fuerza cortante V (ton)	112.0838	314.9722

FUERZA CORTANTE DE DISEÑO XX-YY					
	V estático (ton)	V dinámico (ton)	80%Vest.	Factor de escala	V DISEÑO (ton)
DIRECCIÓN X-X	137.862	112.08	110.29	0.983990	110.289
DIRECCIÓN Y-Y	367.631	314.97	294.10	0.933749	294.105

FUENTE: Elaboración propia

4.12 VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

En los parámetros sísmicos definidos, se asumió la estructura como pórticos en sentido longitudinal y albañilería confinada en sentido transversal, por la cantidad de estos elementos distribuidos en la edificación.

Esta consideración debe ser justificada mediante resultados, es por ello que se verificará con la cortante dinámica obtenida anteriormente. La Norma E.030 (SENCICO, 2020) indica que para que una estructura se clasifique como pórticos, estos deben predominar como elementos de resistencia sísmica y sobre los que actúa al menos el 80% de la fuerza cortante basal sobre las columnas de los pórticos.

VDXX=	112.086	VDYY=	314.958
	VDXX (TON)		VDYY (TON)
VMURO	0.7133	VMURO	266.93
VCOLUMNA	111.3749	VCOLUMNA	48.41
%MURO	0.636	%MURO	84.751
%COLUMNA	99.365	%COLUMNA	15.370

Finalmente se observa que en la dirección longitudinal (X-X) las columnas toman más del 80% de la cortante basal, mientras que en la dirección transversal (Y-Y) denominan los muros confinados por lo que lo asumido inicialmente es correcto.

4.13 VERIFICACIÓN DE DERIVAS DE ENTREPISO

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso no debe exceder a la fracción de la altura de entrepiso según la Norma E.030 (SENCICO, 2020). Estas restricciones están determinadas por el tipo de material predominante en la estructura, en este caso la edificación es de concreto armado en el sentido X – X y de albañilería confinada en el sentido Y – Y, lo cual presenta una deriva máxima permitida de 0.007 y 0.005 respectivamente.

Los desplazamientos laterales para las estructuras regulares se determinan multiplicando los resultados de los análisis lineales y elásticos (resultados de ETABS) por 0,75R con las solicitaciones sísmicas reducidas. Los desplazamientos laterales para las estructuras irregulares se determinarán multiplicando los resultados del análisis elástico lineal por 0,85R.

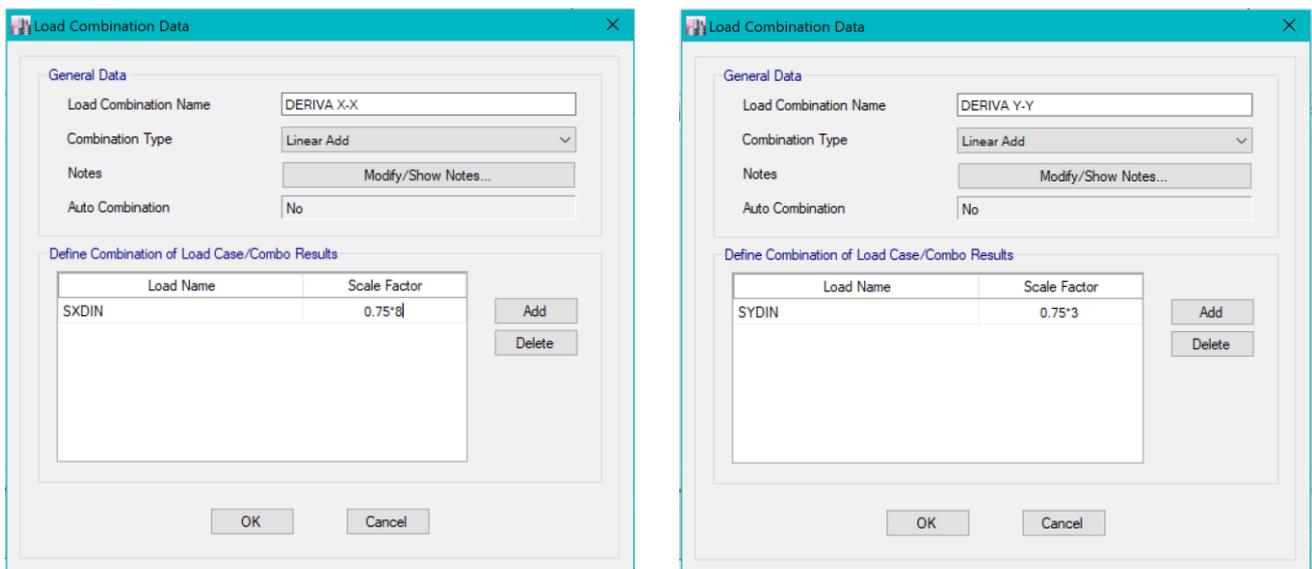


Figura 18. Combinaciones para obtener los desplazamientos inelásticos.

FUENTE: Elaboración propia

Los valores mínimos de C/R y el esfuerzo cortante mínimo de la base no se tienen en cuenta en el cálculo de los desplazamientos laterales. Los desplazamientos

relativos laterales permitidos o las derivas no pueden ser superiores a los indicados en la tabla 21.

Tabla 21. Límites para la distorsión del entrepiso

Material predominante	(Δ_i/h_{ei})
Concreto armado	0.007
Albañilería confinada	0.005

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 22. Desplazamiento relativo de entrepiso

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m	DMAX=0.007
PISO 3	DERIVA X-X Max	X	0.001841	7	23.405	4.05	11.33	CUMPLE
PISO 2	DERIVA X-X Max	X	0.00522	25	23.405	-2.225	6.35	CUMPLE
PISO 1	DERIVA X-X Max	X	0.00418	17	23.405	0	3.2	CUMPLE

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m	DMAX=0.005
PISO 3	DERIVA Y-Y Max	Y	0.001167	7	23.405	4.05	11.33	CUMPLE
PISO 2	DERIVA Y-Y Max	Y	0.004506	7	23.405	4.05	6.35	CUMPLE
PISO 1	DERIVA Y-Y Max	Y	0.004884	7	23.405	4.05	3.2	CUMPLE

FUENTE: Elaboración propia

Se observa que la deriva se ajusta a los criterios establecidos en la Norma dado que la deriva del entrepiso en ambas direcciones es menor que la deriva máxima permitida por la Norma E.030 (SENCICO, 2020).

4.14 VERIFICACIÓN DE TORSIÓN EN PLANTA

La torsión es una irregularidad en planta que debe ser verificada, si en caso exista este efecto en la estructura deberá multiplicarse por un factor que reducirá el factor R

y, en consecuencia, aumentará la fuerza cortante de diseño. En este caso al ser una edificación esencial no debe de existir irregularidades.

Si la relación es superior a 1.3 se considerará una irregularidad torsional. La verificación se realizará en ambas direcciones como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23. Torsión en planta

Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc	Max Loc	Max Loc
							X	Y	Z
							m	m	m
PISO 2	DERIVA X-X Max	Diaph LOSA 02 X	0.00522	0.004773	1.09	25	23.405	-2.225	6.35
PISO 1	DERIVA X-X Max	Diaph LOSA 01 X	0.00418	0.003865	1.08	17	23.405	0	3.2

Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc	Max Loc	Max Loc
							X	Y	Z
							m	m	m
PISO 2	DERIVA Y-Y Max	Diaph LOSA 02 Y	0.004706	0.004213	1.12	7	23.405	4.05	6.35
PISO 1	DERIVA Y-Y Max	Diaph LOSA 01 Y	0.005084	0.004538	1.12	7	23.405	4.05	3.2

Verificando los resultados se puede deducir que no presenta irregularidad torsional, por condiciones de simetría en el edificio, tanto en masa como en rigidez. Además, cumple con lo asumido que la estructura es regular.

4.15 JUNTA SÍSMICA

Para evitar el contacto entre estructuras durante un sismo, toda estructura debe estar alejada desde el nivel de terreno natural. Según la norma E.030 (SENCICO, 2020), debe haber una separación mínima de "s".

La distancia mínima de separación entre estructuras se calculó con la siguiente formula, las cuales se detallan los diseños sismo resistentes de las diferentes estructuras.

$$s \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 2/3 D_{max} \\ S/2 \end{array} \right.$$

JUNTA SÍSMICA				
Dirección	D max (cm)	2/3 D max (cm)	S/2 (cm)	Junta Sísmica (cm)
Dirección X-X	2.98	1.98	3.40	5.00
Dirección Y-Y	7.33	4.89	3.40	5.00

Se debe colocar una junta sísmica de 5 cm en los ejes X e Y, como se indica en la tabla.

CONCLUSIONES

El objetivo principal de este estudio fue investigar el comportamiento sismorresistente del Módulo I de la Institución Educativa MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY – Distrito de Coracora - Provincia de Parinacochas - Departamento de Ayacucho, haciendo uso del software ETABS versión 16.2.1.

De acuerdo con el análisis del presente estudio, la estructura de tres pisos del Módulo I de la Institución Educativa MIXTA INDUSTRIAL N° 12 CRISTO REY es una estructura mixta y regular conformada por muros de albañilería confinada en la dirección transversal y pórticos de concreto armado en la dirección longitudinal (X-X) (Y-Y).

Los resultados del análisis modal, mostraron que la estructura tiene un periodo de 0.301 en la dirección X-X, y un periodo de 0.285 en la dirección Y-Y.

De acuerdo al análisis del modelo estructural del edificio los resultados de la fuerza cortante estática en la dirección X es de 137.862 ton y en la dirección Y es de 367.631 ton, además el resultado de la fuerza cortante dinámica es superior al 80% del esfuerzo cortante basal estático lo cual no es necesario escalar el sismo según lo establecido en la Norma E.030.

También se observa que las derivas máximas fueron de 0.00522 en la dirección X valor que es menor de 0.007 establecido en la norma para pórticos de concreto y en la dirección Y la deriva máxima es de 0.004884 lo cual también está dentro del límite permitido, que para sistemas de albañilería debe ser menor que 0.005.

Prosiguiendo con la verificación de torsión en planta lo cual muestra que es menor al ratio máximo permitido que significa que la estructura no presenta irregularidades torsionales en ningún sentido.

Finalizado el análisis se determina que la Infraestructura Educativa MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY – Distrito de Coracora - Provincia de Parinacochas - Departamento de Ayacucho, cumple con los requerimientos mínimos estipulados en la norma Sismorresistente E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

RECOMENDACIONES

Dado que las instituciones educativas y los hospitales son edificios esenciales, es importante evaluar su comportamiento sismorresistente y garantizar la continuidad del servicio después de producirse el evento sísmico. Este tipo de análisis es muy útil para determinar los desplazamientos y derivas de las estructuras.

Se recomienda respetar las directrices establecidas en la Norma de Diseño Sismorresistente E.030, como los desplazamientos laterales relativos, que muestran que las fuerzas que actúan sobre los elementos estructurales son admisibles y están relacionadas con la gravedad potencial de los daños que puede sufrir una estructura.

Igualmente, al diseñar una estructura, se recomienda intentar que sea lo más ligera posible para reducir la cantidad de vibraciones que se producen.

También se recomienda comprobar la irregularidad de la rigidez antes de diseñar una estructura para evitar fallos de suelo blando durante la fase de funcionamiento.

Finalmente se recomienda verificar que el muro de albañilería por sí solo sea capaz de soportar las fuerzas sísmicas.

CAPITULO V

DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 Tipo de Investigación

En la etapa del proceso de investigación conllevó al diseño de los procedimientos y métodos que fueron utilizados para evaluar el problema.

Por lo que la investigación realizada según el propósito es aplicada, porque se va utilizar teorías existentes como la norma E.030. Para dar soluciones a problemas prácticos de desplazamiento, periodo, etc. La investigación aplicada según Sánchez y Reyes (2002):

Se distingue por su preocupación en la aplicación del conocimiento teórico o de una circunstancia particular propia y las repercusiones prácticas que se generan a partir de ella. También se conoce como constructiva o utilitaria. La investigación aplicada se centra en la aplicación inmediata en una circunstancia particular más que en la creación de información que tenga valor para todas las personas. Pretende conocer para hacer, actuar, construir y modificar. (p. 18)

Según su naturaleza es una investigación es tanto cuantitativa como cualitativa, porque la toma de datos es de forma cuantitativa y de forma cualitativa nos dará los resultados de fuerza cortante, periodo y desplazamiento.

De acuerdo al tipo es Descriptivo, Porque describe la realidad y sin alteración de la fuerza cortante, periodo y desplazamiento de la estructura.

5.2 Nivel de investigación

El nivel de esta investigación es Descriptivo, porque se va a describir, observar y se mide la variable independiente sin alterar la variable, lo cual se mide los indicadores individualmente y relacionarlas entre sí. "Los estudios descriptivos buscan especificar

las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Por otro lado, miden o evalúan con la precisión posible diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar” (Hernández, et al., 1998).

5.3 Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación es No Experimental, Porque se realiza la investigación sin manipular y alterar deliberadamente la variable independiente, lo que se hace es observar, medir y analizar los desplazamientos, periodo y fuerza cortante de la estructura, para su comportamiento estructural.

De acuerdo con el alcance temporal del estudio es Transversal, Porque se recolectan y/o miden los datos en un momento puntual de la variable, e inmediatamente se procede al análisis de los indicadores.

De acuerdo con la secuencia temporal es Prospectiva, por que registra la información según van ocurriendo los fenómenos, siguen una línea presente - futuro. Lo cual se presenta cuando se mide y/o analiza en el presente las causas de los desplazamientos, periodo y fuerza cortante. Y su efecto en el futuro para la obtención de resultados.

5.4 Población y Muestra

5.4.1 Población

Esta se constituye de 10 módulos independientes e integrados según la funcionalidad de la Infraestructura de la II.EE MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY – Distrito de Coracora - Provincia de Parinacochas - Departamento de Ayacucho.

5.4.2 Muestra

Está formada por el MÓDULO I de la referida institución educativa, la cual se eligió considerando la accesibilidad a la información técnica y por la distribución funcional de los ambientes que simplifica su análisis.

5.5 Técnica e Instrumentos para la recolección de la información

5.5.1 Técnicas

El método principal empleado para este estudio de investigación es el análisis documental, lo cual incluye la revisión de bases de datos tales como la memoria descriptiva y la memoria de cálculo del expediente técnico, normativas del Reglamento Nacional de Edificaciones e información obtenida de bibliografías disponible.

5.5.2 Instrumentos

Los Instrumentos de obtención de datos para el propósito de la presente investigación asociamos los siguientes instrumentos:

- Observación: Se refiere al registro sistemático de las situaciones y comportamientos de las estructuras, además de obtener información de forma concreta, como la visualización de la Norma E. 030 – Diseño Sismorresistente.
- Recopilación: Se refiera a la búsqueda de la información básica para realizar y definir el correcto modelo matemático como sus condiciones de contorno, como son el expediente técnico, los planos, estudio de suelos, evaluaciones estructurales, etc.
- Formatos: Se refiere a definir de manera secuencial la obtención de datos para luego procesarlos ante un instrumento electrónico e interpretar los datos de salida.

5.6 Análisis y Procesamiento de datos

La información generada, evaluada y validada se presentará mediante gráficos y cuadros independientemente de cada indicador con ayuda de programas computacionales, en la cual se aplicará la norma sísmica peruana y se describirá el

comportamiento estructural del MÓDULO I DE LA II.EE MIXTO INDUSTRIAL N°12 CRISTO REY.

Para el procesamiento de datos se utilizará dos programas de cómputo, uno de ellos es el ETABS desarrollado por CSI la cual nos permitirá calcular las deformaciones y fuerzas en las estructuras, y el otro programa es el EXCEL desarrollado por Microsoft donde se podrá elaborar hojas de cálculo, cuadros y gráficos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad Falla, D. M., y Guivar Molina, N. (2019). Comportamiento Estructural Sismorresistente Mediante el Análisis Estático Aplicando la Nueva Norma E-030- 2018 en la I. E. Sagrado Corazón, Jaén 2019. *Universidad Nacional de Jaén*. <http://localhost/jspui/handle/UNJ/253>
- Avendaño Medina, J. E. (2016). *Análisis sismorresistente de un edificio de cinco niveles ubicado en la Comuna de Tomé* [Thesis, Universidad Católica de la Santísima Concepción]. <http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/1037>
- Blanco, M. (2012). Criterios fundamentales para el diseño sismorresistente. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 27(3), 071-084. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0798-40652012000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Chaudhary, K. P., & Mahajan, A. (2021). Response spectrum analysis of irregular shaped high rise buildings under combined effect of plan and vertical irregularity using csi etabs. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 889(1), 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/889/1/012055>
- Joseph, P., & Kuruvilla, R. (2021). Effects of Irregularities on the Seismic Response of A High-Rise Structure in ETABS. *International Journal of Engineering Research*, 9(9), 5.
- Lizardo Seiner, L. (2018). *Historia de los sismos en el Peru*. Fondo Editorial Universidad de Lima.
- Mendoza Roque, G., y Fernandez Cornejo, J. A. (2021). Análisis sísmico comparativo de edificaciones; aplicando la normativa sismorresistente de Perú, Nueva Zelanda, México y México DF. *Universidad Nacional de San*

Agustín de Arequipa.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/13692>

Molina, D. S., y Digo, R. G. (2015). *Cálculo de elementos estructurales*. Universitat Politècnica de Catalunya.

<https://elibro.net/es/ereader/unheval/52176?page=13>

Moreno Fajardo, M. J. (2022). Análisis sísmico para determinar la efectividad del diseño sismorresistente de edificaciones tipo vivienda comercio de Ica, 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/88862>

Ochante Tineo, A. M. (2016). Análisis y diseño de un edificio de 5 pisos de muros de ductilidad limitada en la ciudad de Ayacucho, aplicando la NTE E-030—2016. *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*.

<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1954>

Ortega García, J. E. (2016). *Diseño de estructuras de concreto armado Tomo II* (Primera edición). Macro.

Peña Rodríguez, M. A., y Zeña Coico, M. A. (2017). Análisis sísmico usando Etabs para evaluar la efectividad del comportamiento sismorresistente de la infraestructura educativa de la I.E. Rosa Flores de Oliva—Chiclayo—Provincia de Chiclayo—Lambayeque. *Universidad César Vallejo*.

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/16539>

Quispe Cartolin, P. J. (2021). *Comparación entre análisis dinámico tiempo-historia en sismos frecuentes y análisis espectral para un edificio de vivienda de 14 pisos*. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18648>

Raagavi, M. T., & Sidhardhan, D. S. (s. f.). *A Study on Seismic Performance of Various Irregular Structures*. 8.

- Rizábal Gamarra, L. A. (2018). Análisis sismorresistente comparativo entre las normas E.030—2016 y su predecesora aplicado en el proyecto de Hospital Hermilio Valdizan en Huánuco. *Universidad Nacional Hermilio Valdizán*.
<http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/3496>
- Rodríguez Cuevas, D. A. (2016). *Análisis sismorresistente mediante el método modal espectral de un edificio habitacional ubicado en la Comuna de Tomé* [Thesis, Universidad Católica de la Santísima Concepción].
<http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/1044>
- Tacuche Paredes, J. (2019). *Análisis comparativo del diseño estructural de un edificio de concreto armado (dual) aplicando las normas E.030 2006 y la E.030 2018 diseño sismorresistente, 2019*. Universidad César Vallejo.
- Vega Vidarte, W. (2018). *Análisis sismorresistente en función a la respuesta sísmica de la infraestructuras de la institución educativa Guillermo Billinghurst, provincia de Tambopata, región Madre de Dios—2018*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12990/8714>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Macro Localización.....	2
Figura 2.	Micro Localización, Vista de planta del área del proyecto.	3
Figura 3.	Zona de subducción y tipos de sismos que ocurren en ella.....	14
Figura 4.	Diagrama de flujo del movimiento sísmico según el tipo de onda.....	14
Figura 5.	Mapa de intensidades sísmicas a nivel nacional.....	16
Figura 6.	Distribución de fuerzas estáticas sísmicas	16
Figura 7.	Diagrama de cuerpo libre con carácter dinámico	17
Figura 8.	determinación de espectros de diseño.....	18
Figura 9.	Zonas sísmicas del Perú.....	21
Figura 10.	Elevación principal	34
Figura 11.	Planta típica del 1er al 3er piso	35
Figura 12.	elevación lateral.....	36
Figura 13.	Modelo Estructural	43
Figura 14.	Asignación de cargas distribuidas debido a tabiquería	43
Figura 15.	Asignación de cargas en losa	44
Figura 16.	Espectro de aceleraciones	47
Figura 17.	Asignación para el análisis modal mediante la combinación CQC.....	48
Figura 18.	Combinaciones para obtener los desplazamientos inelásticos.	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ubicación	2
Tabla 2.	VARIABLES, indicadores e instrumentos	8
Tabla 3.	FACTORES DE ZONA “Z”	22
Tabla 4.	Clasificación de perfiles de suelo	24
Tabla 5.	Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles	25
Tabla 6.	Categoría de las Edificaciones y Factor “U”	26
Tabla 7.	Categoría de la Edificación e Irregularidad	27
Tabla 8.	Peraltes o espesores mínimos	38
Tabla 9.	Peso de losa aligerada por espesor	39
Tabla 10.	Carga muerta losa aligerada	40
Tabla 11.	Carga muerta losa inclinada	40
Tabla 12.	Sobrecargas para diferentes ambientes	40
Tabla 13.	Sobrecarga para losa inclinada	40
Tabla 14.	Características mecánicas del concreto armado	41
Tabla 15.	Características mecánicas y geométricas de albañilería	41
Tabla 16.	Periodo fundamental de vibración	44
Tabla 17.	Peso sísmico	45
Tabla 18.	Cortante basal estática	45
Tabla 19.	Parámetros sísmicos	46
Tabla 20.	Fuerza cortante dinámica	49
Tabla 21.	Límites para la distorsión del entrepiso	51
Tabla 22.	Desplazamiento relativo de entrepiso	51
Tabla 23.	Torsión en planta	52

CAPITULO VI
ANEXOS