

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL BLOQUE B1 DE LA
“I.E. CRISTO REY FILA ALTA N° 16006”, PROVINCIA DE
JAEN – CAJAMARCA”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. ING. FRANK LUIS BUSTAMANTE TARRILLO

ASESOR:

MG. ING. HUGO MIRANDA TEJADA

CAJAMARCA - PERÚ

2022

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia, a Dios y al MG. ING. HUGO MIRANDA TEJADA, por el asesoramiento de la presente tesis.

Al Dr. Hugo Cieza Delgado, Director de la I.E. N° 16006” Cristo Rey” – Fila Alta - Jaén por brindarme el ingreso a dicha institución y proporcionarme el expediente técnico.

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la salud, paz, amor y la sabiduría y ganas de nunca rendirme en este duro camino.

A mi madre, Bisalida por su apoyo incondicional, por ser una buena amiga, consejera y fiel compañera que me ha demostrado que todo es posible en la vida y para nunca rendirme.

A mi padre, Santiago por ejemplo de ser humano, me enseñó el valor del trabajo honrado, cultivándome los valores y respeto con mis semejantes.

A mis hermanos, Elver y Rafaela por sus consejos y apoyo incondicional.

A mis sobrinos Lucas y Adriel que los quiero mucho.

A mis padrinos, Marco Antonio y Berbelina por estar siempre en los momentos que más lo necesitaba, por sus consejos y buenos deseos hacia mi persona.

A mi Pareja, Romina por sus consejos y estar presente en los momentos buenos y malos de mi vida.

A mi amigo y compañero de Universidad Ronald por su amistad y apoyo en el proceso de elaboración de mi tesis.

INDICE

	Contenido
AGRADECIMIENTO	2
DEDICATORIA	3
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Introducción	10
1.2 Planteamiento del Problema.....	10
1.3 Formulación del Problema	11
1.4 Hipótesis.....	11
1.5 Justificación de la Investigación	11
1.6 Alcances o Delimitaciones de la Investigación.....	11
1.7 Limitaciones.....	12
1.8 Objetivos	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Antecedentes del estudio.....	13
2.1.1 Antecedentes internacionales	13
2.1.2 Antecedentes nacionales	13
2.1.3 Antecedentes locales	14
2.2 Bases Teóricas.....	14
2.2.1 Análisis Estático	14
2.2.2 Análisis Dinámico	15
2.2.6 Parámetros de Análisis de la Norma Técnica E.030-2018	15
2.2.7 Verificación de los componentes estructurales	22
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1 Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio.....	33
3.2 Procedimiento	36
3.2.1 Recopilación y análisis de la información	36
3.2.2 Modelamiento estructural del Bloque B1 de la Institución Educativa Cristo Rey Fila Alta N° 16006.	37
A. Consideraciones para el modelamiento estructural:.....	38
B. Propiedades de los materiales usados	38
3.3 Tratamiento, análisis y presentación de resultados	48
3.3.1 Tipo y Diseño de la Investigación.....	48
3.3.2 Población.....	48
3.3.3 Muestra.....	49

3.3.4 Técnica e instrumento de recolección de datos.....	49
3.3.5 Diseño de la investigación	49
3.3.6 Presentación de resultados	49
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	82
4.1. Presentación de los resultados	82
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5.1 Conclusiones.....	83
5.2 Recomendaciones	83
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS	87
ANEXO 01: Autorización del Director de la Institución Educativa Cristo Rey de Fila Alta N° 16006.	87
ANEXO 02: Panel fotográfico de la Institución Educativa Cristo Rey de Fila Alta N° 16006.....	88
ANEXO 03: Ensayo de Esclerometría.	90
ANEXO 04: Planos de arquitectura y estructuras del Bloque “B1” obtenidos del expediente.	95

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factor de zona (Z)	15
Tabla 2. Resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo	16
Tabla 3. Factor de suelo.....	17
Tabla 4. De Periodos TL y Tp	17
Tabla 5. Categoría de las edificaciones y factor “U”	18
Tabla 6. Sistemas Estructurales	19
Tabla 7. Límites para la Distorsión del Entrepiso	22
Tabla 8. Cuantías mínimas por contracción y temperatura según la Norma E.060-2009.	25
Tabla 9: Resumen de cargas vivas	42
Tabla 10: Parámetros Sísmicos – Norma E.030 – 2018	45
Tabla 11: Aceleración espectral	47
Tabla 12: Peso de las cargas muertas para concreto armado en Columnas	50
Tabla 13: Peso de las cargas muertas de los Muros portantes	50
Tabla 14: Peso de las cargas muertas para concreto armado en Vigas de sección (0.25x0.40), (25x70cm) y (25x50cm)	51
Tabla 15: Peso de Cargas muertas según la Norma E.020 para losa de 0.20m de espesor	52
Tabla 16: Peso de cargas muertas para albañilería de ladrillos con huecos.....	52
Tabla 17: Peso de cargas muertas para Acabados.....	53
Tabla 18: Peso de cargas vivas	54
Tabla 19: Peso Sísmico	54
Tabla 20: Cálculo de desplazamientos en dirección X.	55
Tabla 21: Cálculo de desplazamientos en dirección Y.	55
Tabla 22: Cálculo de desplazamientos en dirección X.	57
Tabla 23: Cálculo de desplazamientos en dirección Y.	57
Tabla 24: Desplazamiento estático – dirección x	58
Tabla 25: Desplazamiento estático - muros	59
Tabla 26: Desplazamiento dinámico - dirección x.....	59
Tabla 27: Desplazamiento dinámico - muros.....	59
Tabla 28: Fuerza cortante en la base.....	59
Tabla 29: Momento negativo y positivo máximo	60
Tabla 30: Cortante negativo y positivo máximo.....	61
Tabla 31: Acero calculado.	61
Tabla 32: Acero calculado y acero del expediente técnico.	62
Tabla 33: Verificación del diseño por flexión de las vigas.....	64
Tabla 34: Fuerzas axiales y momentos flectores	67
Tabla 35: Combinación de carga Pu y Mu para la columna en estudio.....	67
Tabla 36: Fuerzas axiales y momentos flectores	70
Tabla 37: Combinación de carga Pu y Mu para la columna en estudio.....	70
Tabla 38: Fuerzas axiales y momentos flectores	74
Tabla 39: Fuerzas axiales y momentos flectores	74
Tabla 40: Resumen de resultados.....	80

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de zonas sísmicas dentro del territorio nacional.	16
Figura 2. Características geométricas de una losa aligerada.....	23
Figura 3. Ubicación en América del Sur.....	33
Figura 4. Ubicación en el Perú.....	33
Figura 5. Ubicación en la Región Cajamarca.....	34
Figura 6. Ubicación en la Provincia de Jaén.....	34
Figura 7. Imagen satelital de la Provincia de Jaén.	35
Figura 8. Imagen satelital del lugar de estudio – “I.E. Cristo Rey N°16006” Fila Alta.	35
Figura 14. Asignación de la cortante en la dirección X.	46
Figura 15. Asignación de la cortante en la dirección Y.	47
Figura 16. Formas como varía la aceración en un Sismo Teóricamente	48
Figura 17. Desplazamiento que nos da el etabs del Sismo en la Dirección X.....	55
Figura 18. Desplazamiento que nos da el etabs Del Sismo en la Dirección Y	55
Figura 19. Fuerza cortante en la base en la dirección X del análisis estático	56
Figura 20. Fuerza cortante en la base en la dirección y del análisis estático	56
Figura 21. Desplazamiento que nos da el etabs Del Sismo en la Dirección X	56
Figura 22. Desplazamiento que nos da el etabs Del Sismo en la Dirección Y	57
Figura 23. Fuerza cortante en la base en la dirección X del análisis dinámico	57
Figura 24. Fuerza cortante en la base en la dirección Y del análisis dinámico.....	58
Figura 25: Distribución de momentos flectores en el aligerado en primer nivel	60
Figura 26. Distribución de cortantes en el aligerado en primer nivel.....	60
Figura 27. Envolvente de diagrama de momentos flectores, vista frontal	61
Figura 28. Envolvente de diagrama de momentos flectores, vista lateral.....	63
Figura 29. Envolvente del diagrama de fuerza cortante, vista frontal	63
Figura 40. Peso vertical considerando carga muerta y 100% carga viva, para el primer muro denominado (Muro eje 1)	78
Figura 41. Peso vertical considerando carga muerta y 100% carga viva, para el segundo muro denominado (Muro eje 3)	79
Figura 42. Peso vertical considerando carga muerta y 100% carga viva, para el segundo muro denominado (muro eje 5)	79
Figura 43. Peso vertical considerando carga muerta y 100% carga viva, para el segundo muro denominado (Muro eje 7)	79

RESUMEN

Se llevó a cabo la presente investigación con el propósito de conocer el comportamiento estructural del bloque B1 de la I.E. Cristo Rey Fila Alta N° 16006 con la norma técnica E.030-2018, norma E.060-2009 y la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, teniendo como apoyo el expediente técnico de la Institución, por lo que se ha tomado las especificaciones técnicas del concreto acero de refuerzo y estudio de suelos, así también los planos estructurales para la óptima presentación de dicho estudio, también se estimó la resistencia del concreto usando un esclerómetro. Se calculó los desplazamientos laterales relativos admisibles para el análisis estático en la dirección X para el 1er piso 0.003388, 2do piso 0.002041; dirección Y para el 1er piso 0.0002720, 2do piso 0.0002043 y análisis dinámico en la dirección X para el 1er piso 0.0032777, 2do piso 0.0018588; dirección Y para el 1er piso 0.0003478, 2do piso 0.0007233 por lo que los desplazamientos admisibles calculados cumplen con los desplazamientos admisibles de la norma técnica E.030-2018 en concreto armado (0.007) y albañilería (0.005). También se calculó la fuerza cortante en la base con el software Etabs en ambas direcciones, estático X = 57.127 Tn, Y = 48.7458 Tn y dinámico X = 72.9578Tn , Y = 55.444 Tn; por lo que la fuerza cortante en la base del análisis dinámico es mayor que el 80% que la fuerza cortante del análisis estático cumpliendo con la norma técnica E.030-2018, las resistencias de los elementos estructurales cumplen la norma E.060-2009 y la resistencia de los muros de albañilería soportan la carga axial de la estructura cumplen con la norma E.070.

Palabra clave: Comportamiento Estructural, Análisis Estático – Dinámico, Desplazamientos, Vulnerabilidad Sísmica, Estimación del Peso.

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the purpose of knowing the structural behavior of block B1 of the I.E. Cristo Rey Fila Alta No. 16006 with the technical standard E.030-2018, standard E.060-2009 and standard E.070 of the National Building Regulations, having as support the technical file of the Institution, for which it has been Taking the technical specifications of the concrete reinforcement steel and soil study, as well as the structural plans for the optimal presentation of said study, the resistance of the concrete was also estimated using a sclerometer. The admissible relative lateral displacements were calculated for the static analysis in the X direction for the 1st floor 0.003388, 2nd floor 0.002041; Y direction for the 1st floor 0.0002720, 2nd floor 0.0002043 and dynamic analysis in the X direction for the 1st floor 0.0032777, 2nd floor 0.0018588; Y direction for the 1st floor 0.0003478, 2nd floor 0.0007233, so the calculated allowable displacements comply with the allowable displacements of the technical standard E.030-2018 in reinforced concrete (0.007) and masonry (0.005). The shear force at the base was also calculated with the Etabs software in both directions, static X = 57.127 Tn, Y = 48.7458 Tn and dynamic X = 72.9578 Tn, Y = 55.444 Tn; Therefore, the shear force at the base of the dynamic analysis is greater than 80% than the shear force of the static analysis, complying with technical standard E.030-2018, the resistance of the structural elements complies with standard E.060-2009 and the resistance of the masonry walls that support the axial load of the structure comply with the E.070 standard.

Keywords: Structural Behavior, Static-Dynamic Analysis, Displacements, Seismic Vulnerability, Weight Estimation.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

A nivel mundial, el Perú es uno de los países de mayor potencial sísmico debido a que forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, región donde la Tierra libera más del 85% de la energía acumulada en su interior debido a los procesos de convección del manto (Tavera, 2019). Todas las estructuras deben ser diseñadas para que, con una seguridad aceptable, sea capaz de soportar todas las acciones que la puedan solicitar durante la construcción y en el periodo de vida útil previsto en el proyecto, así como la agresividad del medio (López, 2003). La verificación estructural consiste en la determinación de los efectos originados por las acciones sobre la totalidad o parte de la estructura, con el objeto de efectuar comprobaciones en sus elementos resistentes y es por eso que esta investigación tiene como objetivo determinar el Comportamiento Estructural del bloque B1 de la “I.E. Cristo Rey – Fila Alta” de la provincia de Jaén - Cajamarca, para poder afrontar los movimientos sísmicos en las edificaciones como colegios, se diseña utilizando el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Esta investigación está dirigida a verificar que la estructura cumpla con la norma técnica E.030-2018, norma E.060-2009 y norma E.070.

1.2 Planteamiento del Problema

Jaén como en otras ciudades de nuestro país existen edificios que no han tenido un buen análisis, diseño y el asesoramiento técnico necesario que permita a los edificios soportar un sismo severo, el cual puede ocurrir en cualquier momento, esto nos lleva a estudiar estas edificaciones e investigar diferentes mecanismos para reducir un inapropiado comportamiento estructural.

Según la norma técnica E.030-2018, Jaén se encuentra en la zona sísmica 2, un factor Z de 0.25g, siendo una edificación esencial, cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo. La Institución Educativa Cristo Rey alberga una población aproximada de 1348 alumnos según el último censo educativo 2021, los cuales merecen estar estudiando en estructuras seguras. De acuerdo a MINEDU - ESCALE (Estadística de la Calidad Educativa) los últimos años el alumnado ha ido aumento considerablemente, ya que es la única institución educativa que cuenta la modalidad de primaria y secundaria en el sector de fila alta. El sismo ocurrido el 28 de noviembre del 2021 a 98 km al E de Sta. María De Nieva, Condorcanqui – Amazonas

con una magnitud 7.5 que se sintió fuerte en la región de Cajamarca, por lo que es necesario evaluar el comportamiento estructural del bloque B1 de la “Institución Educativa Cristo Rey Fila Alta N° 16006” para garantizar la seguridad estructural y tranquilidad del alumnado de dicha institución y verificar si cumple con las normas de estructuras vigentes.

1.3 Formulación del Problema

¿Cuál es el comportamiento estructural del bloque B1 de la “¿Institución Educativa Cristo Rey Fila Alta N° 16006”, Provincia de Jaén – Cajamarca”?

1.4 Hipótesis

El comportamiento estructural del bloque B1 de la Institución Educativa Cristo Rey – Fila Alta N° 16006 se comporta adecuadamente, cumpliendo con la norma técnica E.030-2018, norma E.060-2009 y norma E.070.

1.5 Justificación de la Investigación

La investigación se justifica porque surge de la misma necesidad de conocer y describir el comportamiento estructural de cualquier edificación ante acciones sísmicas. Basándose en parámetros normados y a su vez garantizar de este modo las bases de futuros proyectos e investigaciones que apliquen las variables en cuestión, con la ayuda del software Etabs y con los parámetros de la norma técnica E.030-2018, norma E.060-2009 y norma E.070.

La estructura de la “Institución Educativa Cristo Rey Fila Alta N° 16006” alberga una población aproximada de 1348 alumnos según el último censo educativo 2021, los cuales merecen estar estudiando en estructuras seguras. El sismo ocurrido el 28 de noviembre del 2021 a 98 km al E de Sta. María De Nieva, Condorcanqui – Amazonas con una magnitud 7.5 que se sintió fuerte en la región de Cajamarca, por lo que es necesario evaluar el comportamiento estructural del bloque B1 de la “Institución Educativa Cristo Rey Fila Alta N° 16006” para garantizar la seguridad estructural y tranquilidad del alumnado. Por lo tanto, al realizar esta investigación servirá para plantear recomendaciones y como base para futuros estudios.

1.6 Alcances o Delimitaciones de la Investigación

La presente investigación se realizó en el bloque B1 de la “Institución Educativa Cristo

Rey Fila Alta N° 16006”, ubicada en la provincia de Jaén, región Cajamarca. La que se evaluará con criterios de la norma técnica E.030-2018, norma E.060-2009 y norma E.070.

1.7 Limitaciones

En cuanto al estudio de suelos y planos se tomó los datos del expediente técnico brindado por el director de la Institución Educativa Cristo Rey Fila Alta N° 16006.

Las especificaciones técnicas del concreto, acero de refuerzo, capacidad portante del suelo y medidas geométricas del bloque “B1” a usar en el modelamiento estructural se tomó del expediente técnico.

1.8 Objetivos

Objetivo general

- Determinar el comportamiento estructural del bloque B1 de la “Institución Educativa Cristo Rey Fila Alta N° 16006” – Jaén - Cajamarca.

Objetivos específicos

- Realizar el análisis sísmico estático y dinámico y verificar si cumple con la rigidez mínima de la norma técnica E.030-2018.
- Verificar que los elementos estructurales cumplan con la norma E.060-2009.
- Verificar que la resistencia de los muros de albañilería cumpla con la norma E.070.
- Comprobar que el desplazamiento lateral relativo admisible no exceda la fracción de la altura de entrepiso de la norma técnica E.030-2018.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Antecedentes internacionales

Cruz (2013), en su estudio Diseño Sismo Resistente por Desempeño y sus Efectos en el Comportamiento Estructural, de la Universidad Técnica de Ambato – Ecuador, utilizando la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2011.

La edificación se diseñó con procedimientos de diseño establecidos en la mayoría de normas sismo resistentes en el mundo están orientados a evitar el colapso de las edificaciones ante sismos severos. Este caso la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2011, razón por la que se hace necesario estudiar el desempeño sísmico de las edificaciones ante diferentes niveles de amenaza sísmica; este último recomienda realizar estudios adoptando el criterio de interacción suelo – estructura, ya que los desplazamientos y derivas se verán disminuidas.

Jiménez (2014), realizó el Análisis de fragilidad sísmica de estructuras de hormigón armado mediante análisis estático no lineal, de la Universidad Politécnica de Catalunya - Barcelona, donde concluye que en los umbrales de estado de daño entran en juego numerosos parámetros que buscan reproducir apropiadamente el comportamiento estructural y que son necesarios tomar en cuenta para poder caracterizar el daño de una estructura.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Casas (2020), en su estudio sobre Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres, concluye que, conforme al análisis de vulnerabilidad y comportamiento sísmico, obtiene como resultado el colapso de la totalidad de edificaciones ante la presencia de un sismo severo, al estimar el riesgo sísmico en rango alto y determina valores excedentes de desplazamientos, según parámetros de diseño del método estático.

Choqueza & Molluni (2018) realizó la Investigación de la Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones públicas de concreto armado en la zona urbana del distrito

de Ocuiviri, Provincia de Lampa, Región Puno – 2017, donde concluye que el 88.89% de edificaciones públicas de concreto armado en la zona urbana del distrito de Ocuiviri exceden los valores máximos permitidos por la NTP – E.030 vigente, la cual establece como valor límite de deriva de entrepiso es 0.007, para una adecuada rigidez lateral de las estructuras, El valor de deriva de entrepiso ha sido calculado por medio del análisis dinámico por superposición modal y un análisis dinámico historia de respuesta en el tiempo, establecido en la norma NTP E.030 vigente.

2.1.3 Antecedentes locales

Aguirre (2013), en su Tesis Titulada “Evaluación de la vulnerabilidad estructural de los muros de albañilería de la I.E. N° 17524 de la localidad de San Agustín del distrito de Bellavista Jaén”, concluye que la vulnerabilidad estructural en los muros de albañilería confinada en la I.E N° 17524 de la localidad de san Agustín es de grado alto con un 56.41% de fallas de nivel severo porque los tipos de falla que se identificaron en la institución educativa fueron por esponjamiento del suelo en un 66.67% y asentamiento diferencial en un 33.33% de la cimentación, las causas de la presencia de estos tipos de fallas se deben a que el terreno en el que se cimentó la estructura tiene características de un suelo arcilloso con un alto índice de plasticidad.

Marín (2014), en su Tesis Titulado “Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica de los Pabellones 1 y 2 de la I.E. Estatal Ramón Castilla y Marquesado del Distrito de Jaén-Cajamarca”, concluye y recomienda que las características geométricas, constructivas y estructurales que más influyeron en la vulnerabilidad sísmica de los pabellones evaluados fueron: desplazamientos relativos de entrepiso, falla de columna corta, calidad de tipo de mampostería, calidad de líneas resistentes y usos de la normativa antisísmica por lo que el reforzamiento con vigas y muros de concreto armado o el reforzamiento con columnas T y L, mejoraría la resistencia y rigidez de ambos pabellones, disminuyendo los desplazamientos laterales de entrepiso y evitando la falla de columna corta.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Análisis Estático

Consiste en aplicar cargas estáticas en el centro de masa de cada uno de sus niveles para simular el efecto del sismo en cada dirección, esta fuerza estática de cada piso se calcula con la fuerza cortante en la base, para luego comparar las derivas.

Pueden realizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1. En las otras zonas sísmicas puede emplearse este procedimiento para las estructuras clasificadas como regulares, de no más de 30 m de altura, y para las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares. (Norma técnica E0.30-2018)

2.2.2 Análisis Dinámico

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral. (Norma técnica E0.30-2018).

2.2.3 Parámetros de Análisis de la Norma Técnica E.030-2018

A. Parámetros de sitio

A.1. Zonificación

La norma técnica E.030-2018 indica que el territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 01. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica, el parámetro de zonificación Z se muestra en la tabla N° 01.

Tabla 1. Factor de zona (Z)

Factor Zona	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma Técnica E.030-2018.

Figura 1. Distribución de zonas sísmicas dentro del territorio nacional.



Fuente: Norma Técnica E.030-2018.

A.2. Perfiles de Suelo

Los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (\bar{v}_s), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los \bar{N}_{60} obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada (\hat{s}_u) para suelos cohesivos. (Norma técnica E.030-2018).

Tabla 2. Resume valores típicos para los distintos tipos 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 - 1500 m/s	> 50	>100 KPa
S_2	180 m/s - 500 m/s	15 - 50	50 Kpa - 100 Kpa
S_3	< 180 m/s	<15	25 Kpa - 50 Kpa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma Técnica E.030-2018.

A.3. Parámetros de Sitio (S , T_L y T_p)

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los Períodos T_L y T_p dados en las Tablas N° 03 y N° 04. (Norma técnica E.030-2018).

Tabla 3. Factor de suelo

Factor de Suelo "S"				
Suelo Zona	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,0	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,0	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,0	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,0	1,60	2,00

Fuente: Norma Técnica E.030-2018.

Tabla 4. De Periodos T_L y T_p

Períodos T _p Y T _L				
	Perfil del suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma Técnica E.030-2018.

A.4. Factor de Amplificación Sísmica (C)

La norma técnica E.030-2018 define las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones.

$$T < T_p \quad C = 2,5 \quad (01)$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \left(\frac{T_p}{T}\right) \quad (02)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right) \quad (03)$$

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

Donde:

C: Facto de amplificación sísmica.

T_p: Periodo que define la plataforma del factor (C).

T_L: Periodo que el inicio de la zona del factor (C) con desplazamiento contante.

T: Periodo de vibración del edificio.

A.5. Período Fundamental de Vibración

La norma técnica E.030-2018 indica que el período fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (04)$$

Donde:

CT = 35 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arrastramiento.

CT = 45 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados.

CT = 60 Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

A.6. Categorías de Edificación y Factor “U”

La norma técnica E.030-2018 indica que cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 5. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N° 5 se usará según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar U = 1.

Tabla 5. Categoría de las edificaciones y factor “U”

Categoría de las Edificaciones y Factor “U”		
Categoría	Descripción	Factor
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	-
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:	1.5
	Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.	
	Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.	
	Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.	

A Edificaciones Esenciales	Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.	1.5
	Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	
	Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas	1.0
	También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	
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.	
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	-

Fuente: Norma Técnica E.030-2018

A. Requisitos Generales de Diseño Sismorresistente.

B.1. Sistemas Estructurales y Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R)

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración Sismorresistente en cada dirección de análisis. Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente R_0 que corresponda.

Tabla 6. Sistemas Estructurales

Sistemas Estructurales	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos	6
Pórticos Especiales Concéntricamente	8
(SCBF)	6

Pórticos Ordinarios Concéntricamente	8
(OCBF)	
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: Norma Técnica E.030-2018

Estructuras Regulares son las que en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades, el factor I_a o I_p será igual a 1,0.

$$R = R_0 * I_a * I_p \quad (05)$$

B.2 Estimación del Peso (P)

La norma técnica E.030-2018 indica que el peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25% de la carga viva.
- c. En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

B. Análisis estático

La norma técnica E.030-2018 indica que podrán analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1, las estructuras clasificadas como regulares de no más de 30 m de altura y las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

C.1 Fuerza Cortante en la Base

La norma técnica E.030-2018 en el artículo 28.2.1 indica que la fuerza cortante en la base para cada dirección con la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot P \quad (06)$$

En el artículo 28.2.2 de la norma técnica E.030-2018 indica que el valor de C/R no deberá considerarse menor que altura

$$\frac{C}{R} \geq 0.125 \quad (07)$$

C.2 Distribución de la fuerza sísmica en altura

La norma técnica E.030-2018 en el artículo 28.3.1 indica que las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel (i), correspondientes a la dirección considerada, se calculan mediante:

$$F_i = a_i \cdot V \quad (08)$$

$$a_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k} \quad (09)$$

Donde (n) es el número de pisos del edificio, (k) es un exponente relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- a) Para T menor o igual a 0.5 segundos: $k = 1$
- b) Para T mayor que 0.5 segundos: $k = (0.75 + 0.5 T) \leq 2$

C. Análisis Dinámico Modal Espectral

La norma técnica E.030 en el artículo 29 indica que cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral.

D.1 Aceleración Espectral

La norma técnica E.030 en el artículo 29.2.1 indica que para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot g \quad (10)$$

D.2 Fuerza cortante mínima

La norma técnica E.030 en el artículo 29.4.1 indica que, para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá

ser menor que el 80 % del valor calculado según el análisis estático para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

La norma técnica E.030 en el artículo 29.4.2 indica que, si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

D. Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

La norma técnica E.030-2018 detalla que, para estructuras regulares los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de C/R.

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión).

Tabla 7. 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

Fuente: Norma Técnica E.030-2018.

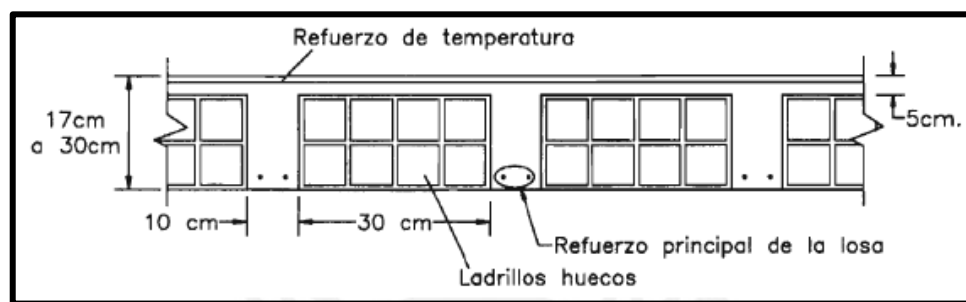
2.2.7 Verificación de los componentes estructurales

Las fórmulas que se muestran a continuación serán utilizadas con el objetivo de encontrar las cuantías de acero.

A. losas aligeradas

Las losas son los elementos que hacen factible la excentricidad de los pisos y techos de una edificación. Tienen dos funciones principales desde el punto de vista estructural: la primera, ligada a las cargas de gravedad, que es la transmisión hacia las vigas de las cargas propias de la losa, el piso terminado. La sobrecarga y eventualmente tabiquerías u otros elementos apoyados en ellos; y la segunda, ligada a las cargas de sismo, que es la obtención de la unidad de la estructura, de manera que esta tenga un comportamiento uniforme en cada piso, logrando que las columnas y muros se deformen una misma cantidad en cada nivel (Blasco, 2014).

Figura 2. Características geométricas de una losa aligerada.



Fuente: Harmsen-2015

a. Diseño de Loza por Flexión

Las viguetas se deberían diseñar como vigas T, comprobando que el bloque de compresión permanezca en el espesor de la losa (5 cm), pero prácticamente esta condición siempre se cumple. Es por esto que para los momentos positivos se asumirá una sección rectangular con 40 cm de ancho, y para los momentos negativos una sección con 10 cm de ancho (Blasco, 2014).

Para el cálculo de acero A_s se puede calcular con la siguiente fórmula según Roberto Morales.

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} \quad (11) \text{ (Morales, 2014)}$$

Además, para verificar la longitud del bloque de compresión “a” se usa la siguiente expresión:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (12) \text{ (Morales, 2014)}$$

Para secciones rectangulares, el área mínima de acero, la Norma E.060 brinda la siguiente expresión:

$$A_{s_{min}} = \frac{0.7\sqrt{f'_c}}{f_y} \cdot b_w \cdot d \quad (13)$$

Inicialmente se supone $a = d/5$, con el cual se sigue un proceso iterativo hasta encontrar el verdadero valor del área de acero (Oviedo 2019)

Cabe señalar que para el cálculo del acero mínimo en aligerados se considera sólo el ancho de alma b_w , ya sea para momentos positivos o negativos, y no el ancho asumido para el cálculo del acero por flexión (Blasco, 2014).

Para el acero máximo, la Norma E.060-2009 en su artículo 10.3.4 señala que la cuantía de acero en una sección debe ser como máximo el 75% de la cuantía balanceada.

$$A_{s_{max}} \leq \rho_{max} b d \quad (14)$$

En el capítulo 10.2.7.3 de la norma E.060 nos dice que el valor del factor β Donde:

$$\rho_b = \beta 0.85 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right) ; 0.65 \leq \beta \leq 0.85 \quad (15) \text{ (Blasco, 2014).}$$

El factor β deberá tomarse como 0.85 para resistencia de concreto f'_c de 280kg/cm² y para resistencias mayores disminuirá a razón de 0,05 cada 70kg/cm² de aumento (Norma E.060-2009).

b. Diseño por Cortante

La Norma E.060-2009 en el anexo II presenta la ecuación en el sistema métrico para el cálculo de la fuerza cortante que proporciona el concreto:

$$\phi \cdot V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d \quad (16)$$

A esta resistencia se tiene que multiplicar por su factor de reducción de resistencia que es $\phi = 0.85$, para diseño de corte.

La norma técnica en el artículo 8.11.8 permite incrementar en un 10% el cortante calculado anteriormente, quedando la siguiente ecuación.

$$1.1 * \phi * V_c = 1.1(0.85)0.53\sqrt{f'_c} b_w d$$

El cortante calculado que proporciona el concreto de las viguetas deberá ser mayor que el cortante actuante, de lo contrario tendrá que aumentarse el peralte de la losa o realizarse ensanches corridos o alterados.

c. Refuerzo por contracción y temperatura

La Norma E.060-2009 en su artículo 9.7.2, especifica que la armadura por retracción y temperatura en losas, deberán proporcionar las siguientes relaciones mínimas de área de la armadura a área de la sección total de concreto, según el tipo de acero de refuerzo que se use.

Tabla 8. Cuantías mínimas por contracción y temperatura según la Norma E.060-2009.

Tipo de barra	ρ
Barras lisas	0.0025
Barras corrugadas con $f_y < 4200 \text{ kg/cm}^2$	0.0020
Barras corrugadas o malla de alambre (liso o corrugado)	0.0018
De intersecciones soldadas, con $f_y \geq 4200 \text{ kg/cm}^2$	

Asimismo, la Norma E.060-2009 indica que para aligerados el espaciamiento de las barras no debe extenderse más de 5 veces el peralte de la losa, ni más de 40 cm. Cabe señalar que esta cuantía mínima se aplica al área bruta de la sección (bh).

Para aceros con resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm^2 es 0.0018, por lo tanto:

$$A_{Stemp} = 0.0018bh_f$$

Donde:

$$h_f = 5 \text{ cm (Espesor de losa)}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

El número de varillas será:

$$N^\circ \text{ varillas en } b = A_{Stemp} / A_{Svarillas}$$

Y el espaciamiento:

$$S = b / N^\circ \text{ varillas en } b.$$

El espaciamiento máximo según el artículo 9.7.3 de la norma E.060-2009 es 5 veces el espesor de la losa sin exceder 40 cm.

B. Vigas

Son usualmente miembros horizontales rectos usados principalmente para soportar cargas verticales, diseñadas principalmente para resistir el momento flexionante causadas por acción de las cargas (Hibberler, 2015).

a. Diseño de viga por Flexión

Para el cálculo del refuerzo por flexión se procede de forma similar que en el Capítulo 2.2.7.1-A, calculamos el acero mediante las siguientes formulas:

$$A_s = \frac{Mu}{\phi \cdot f_y (d - \frac{a}{2})} \quad (11) \text{ (Morales, 2014)}$$

Donde:

A_s = Área de acero

Mu = Momento Último

ϕ = Factor de reducción de resistencia (0.9 para diseño por flexión)

d = Peralte efectivo = h – 3m.

a = Distancia del bloque rectangular en compresión a la fibra más comprimida

Además, para verificar la longitud del bloque de compresión “a” se usa la siguiente expresión:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (12) \text{ (Morales, 2014)}$$

Inicialmente se considera a = d/5, con el cual se sigue un proceso iterativo hasta calcular el verdadero valor del área de acero (Sarmiento, 2019).

En el Anexo II de la norma E.060-2009 presenta la ecuación en el sistema métrico para el cálculo de acero mínimo, siendo esta:

$$A_{s_{\min}} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{f_y} \cdot b_w \cdot d \quad (13)$$

El área de acero máximo se calcula con la expresión:

$$A_{s_{\max}} \leq 0.75 \cdot \rho_b \cdot b_w \cdot d \quad (14)$$

Donde ρ_b es la cuantía balanceada que produce la falla balanceada, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

$$\beta_1 = 0.85 \text{ para } f'_c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_1 = 0.65 \text{ para } f'_c \geq 560 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_1 = 1.05 - 0.714 \left(\frac{f'_c}{1000} \right) \text{ para } 280 \text{ kg/cm}^2 \leq f'_c \leq 560 \text{ kg/cm}^2$$

b. Diseño de viga por Corte

El diseño de las secciones transversales de los elementos sujetos a fuerzas cortantes deberá basarse según lo indicado en la norma E.060-2009.

$$v_u \leq \phi \cdot v_n \quad (17)$$

$$v_n = v_c + v_s \quad (18)$$

$$v_u \leq \phi (v_c + v_s) \quad (19)$$

Donde:

v_u : Resistencia requerida por corte en la sección analizada

v_n : Resistencia nominal

v_c : Fuerza de corte que toma el concreto

v_s : Fuerza de corte que toma el acero

ϕ : Factor de reducción por cortante (0.85)

Para elementos conectados monolíticamente con otros, la fuerza de corte v_u se puede tomar a una distancia “d” de la cara de apoyo. La sección crítica para el diseño por tracción diagonal se encuentra a una distancia “d” de la cara de los apoyos (Blasco, 2014).

En el anexo II de la norma E.060-2009 presenta la ecuación en el sistema métrico para el cálculo de la fuerza cortante que proporciona el concreto:

$$v_c = 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad (20)$$

Donde:

v_c : Fuerza cortante que absorbe el concreto

b_w : Ancho de la sección rectangular

d: Peralte efectivo del elemento

f'_c : Esfuerzo máximo del concreto (kg/cm²)

Contribución del refuerzo en la resistencia al corte. Cuando la fuerza cortante última V_u exceda la resistencia al corte del concreto (ϕV_c) deberá proporcionarse refuerzo de manera que se cumpla:

Si $v_u > \phi \cdot v_c$, se diseñaran estribos con las siguientes ecuaciones.

$$v_s = v_u / \phi - v_c \quad (21) \text{ (Blasco, 2014).}$$

La Norma E.060-2009 en su artículo 11.5.7.2 especifica la siguiente expresión para el cálculo del aporte del refuerzo por corte perpendicular al eje de la viga.

$$v_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (22)$$

Donde:

v_s : Fuerza cortante que toma el acero

A_v : Área de la varilla (cm²)

f_y : Esfuerzo de fluencia del acero

d: Peralte efectivo del elemento

S: Espaciamiento

Según el artículo 11.5.7.9 de la Norma E.060-2009 la resistencia cortante no deberá ser

mayor y menor que:

$$v_s \leq 2.1\sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \quad (23)$$

Por consiguiente, las ecuaciones de diseño serán las siguientes:

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{v_s} \quad (24) \text{ (Morales, 2014)}$$

Por otro lado, la Norma E.060-2009 en sus artículos 11.5.5.1 y 11.5.5.3 limita la separación de los estribos a usarse con el fin de asegurar que las grietas formadas a 45° por la acción de las fuerzas cortantes sean tomadas por al menos un estribo.

$$S_{\max} = \frac{d}{2} \quad \text{ó} \quad 60\text{cm}; \quad \text{si } v_s \leq 1.1\sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \quad (25)$$

$$S_{\max} = \frac{d}{4} \quad \text{ó} \quad 30\text{cm}; \quad \text{si } v_s > 1.1\sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \quad (26)$$

En teoría, si $\emptyset V_c > V_u$ no se requerirían estribos, pero si $0.5\emptyset V_c < V_u$ entonces se requiere un área de refuerzo mínimo especificado en el artículo 11.5.6.2 de la Norma E.060-2009. Se toma el menor de los siguientes espaciamientos:

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot f_y}{0.2\sqrt{f'_c} \cdot b} \quad (27)$$

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot f_y}{3.5 \cdot b} \quad (28)$$

En ambos extremos del elemento deben disponerse estribos cerrados de confinamiento en longitudes iguales a dos veces el peralte del elemento medido desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz (norma E.060-2009).

El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 10 cm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder del menor de (norma E.060-2009):

- $d/4$, pero no es necesario que el espaciamiento sea menor de 15 cm;
- Diez veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro;
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento;
- 30 cm.

Los estribos deben estar espaciados a no más de 0.5 a lo largo de la longitud del elemento. En todo el elemento la separación de los estribos no deberá ser mayor que la requerida por fuerza cortante (numeral 21.4.4.5 E.060-2009).

C. Columnas

En una edificación, los elementos verticales que soportan carga axial y flexión (flexocompresión) se les conoce como columnas (Pasino, 2014). Estos elementos

además de soportar los esfuerzos provocados por el sismo, transmiten las cargas de su área tributaria según la ubicación que tenga en la edificación.

Las columnas deben ser diseñadas tomando en cuenta el esfuerzo axial y flexión. La aparición de momentos hará que las columnas se flexionen, produciendo esfuerzos de compresión a un lado y tracción en otro (Sarmiento, 2019).

Diseño de columna a flexocompresión

Con la sección definida del elemento estructural, estimamos inicialmente una distribución de refuerzo adecuada para la sección en análisis. Con la sección y el refuerzo colocado construimos el diagrama de interacción (ϕP_n , ϕM_n), en él debemos colocar los puntos correspondientes a las resistencias requeridas, los cuales deben estar dentro (Luna & García, 2017).

La norma E.060-2009 indica que en las columnas normalmente se presentan cargas axiales considerables, y por lo tanto importantes esfuerzos de compresión que afectan el comportamiento frente a solicitaciones de momento. A esta acción simultánea de momentos flectores y cargas axiales se la conoce como “flexocompresión”, a la curva que relaciona simultáneamente la resistencia a la compresión y a la flexión de una columna se la conoce como diagrama de interacción. Existen nomogramas para secciones con formas predeterminadas que son muy útiles para secciones no muy complejas; en caso contrario se puede recurrir a programas de computadora.

La carga axial máxima se puede hallar utilizando la ecuación, en el artículo 10.9.1, la norma E.060-2009 especifica los límites para las cuantías del refuerzo longitudinal en columnas: como mínimo 1%, para contrarrestar los efectos del flujo plástico en el concreto; y como máximo 6%, para evitar la congestión del refuerzo en el elemento. Estas cuantías se aplican al área total bruta de la sección.

Para encontrar la carga axial máxima se puede aplicar la siguiente fórmula especificado en el artículo 10.18 de la norma E.060-2009.

$$\phi P_{on} = 0.85f'_c(A_g - A_s) + f_y A_s$$

(29)

Donde:

P_o : Resistencia nominal en compresión pura

ϕ : Factor de reducción de resistencia = 0.70.

A_g : Área bruta de la sección transversal del elemento

A_s : Área del refuerzo de acero longitudinal

Evaluación de Diseño de columna a flexión biaxial

La norma E.060-2009 detalla que las columnas presentan momentos flectores importantes en ambas direcciones a la vez, se deberá realizar un análisis para verificar si la flexión biaxial es crítica. La norma E.060-2009 en su artículo 10.18 propone evaluar las siguientes expresiones, basándose en las ecuaciones de Bresler.

$$\text{Si } \frac{P_u}{\phi P_{on}} \geq 0.1: \quad \frac{1}{P_u} \geq \frac{1}{\phi P_{nx}} + \frac{1}{\phi P_{ny}} - \frac{1}{\phi P_{on}}$$

(30)

$$\text{Si } \frac{P_u}{\phi P_{on}} < 0.1: \quad \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{uy}} \leq 1$$

(31)

Donde:

P_u = Carga axial última de diseño

M_{ux} = Momento último de diseño respecto al eje X

M_{uy} = Momento último de diseño respecto a eje Y

ϕP_{nx} = Resistencia de diseño bajo la acción únicamente de momento en X ($e_y=0$)

ϕP_{ny} = Resistencia de diseño bajo la acción únicamente de momento en Y ($e_x=0$)

ϕP_{on} = Resistencia de diseño bajo la acción únicamente de carga axial ($e_x=e_y=0$)

M_{ux} = Resistencia de diseño respecto al eje X

M_{uy} = Resistencia de diseño respecto al eje Y

Evaluación de Diseño de columna a cortante

La norma E.060-2009 en su artículo 11.3.1.2 propone la siguiente expresión para estimar Conservadoramente el aporte del concreto a la resistencia en elementos sometidos a compresión.

$$v_c = 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \left(1 + \frac{N_u}{140A_g}\right) \cdot b \cdot d$$

(32)

Donde:

b: Ancho de la sección de la columna en la sección analizada.

d: peralte efectivo.

N_u : Carga axial última (kgf)

A_g : Área bruta de la sección (cm²)

Donde N_u es la carga axial en kg y positiva por ser de compresión. Al igual que las vigas, las columnas llevan estribos que sirven como refuerzo por corte. La resistencia requerida para el acero y el espaciamiento necesario se calcula mediante:

$$v_s = v_u / \phi - v_c \quad (21) \text{ (Blasco, 2014)}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{v_s} \quad (24) \text{ (Morales, 2014)}$$

Se deberá cumplir para todas las combinaciones que $\phi V_n > V_u$, donde $V_n = V_c + V_s$. Además, la norma E.060-2009 dispone consideraciones especiales para el diseño sísmico por corte en las columnas, con el fin de asegurar un comportamiento dúctil durante un evento sísmico.

Por otro lado, de acuerdo al artículo 21.4.5 de la norma E.060-2009, el espaciamiento de los estribos deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- El primer estribo debe ir a no más de 5 cm de la cara del nudo.
- En ambos extremos del elemento debe proporcionarse estribos cerrados de confinamiento con un espaciamiento S_o por una longitud L_o medida desde la cara del nudo. El espaciamiento S_o no debe exceder al menor entre:
 - Ocho veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro.
 - La mitad de la menor dimensión de la sección transversal del elemento.
 - 10 cm.

- La longitud L_o no debe ser menor que el mayor entre:
 - Una sexta parte de la luz libre del elemento.
 - La mayor dimensión de la sección transversal del elemento.
 - 50cm.

- Fuera de la longitud L_o , la separación no será mayor que:
 - La requerida por fuerza cortante.
 - La mitad del peralte efectivo
 - 16 veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro.
 - 48 veces el diámetro del estribo.
 - La menor dimensión de la sección transversal del elemento.
 - 30 cm.

- El espaciamiento del refuerzo transversal en el nudo no será mayor que el menor entre:
 - $S_{max} = A_v * f_y / 0.2 \sqrt{f'_c} b$ (27)
 - $S_{max} = A_v * f_y / 3.5 * b$
 - 15 cm.

D. Albañilería

Los muros estructurales conocidos también como placas, son muros de concreto armado que, dada su mayor dimensión, mucho mayor que su ancho, proporcionan en dicha dirección elevada rigidez y ductilidad que le permiten resistir de una manera eficiente las cargas debidas a las acciones sísmicas (Sarmiento, 2019).

El esfuerzo axial máximo (f_a) producido por la carga axial máxima incluyendo el 100% de la sobrecarga deberá estar entre estos valores dados en el artículo 19.1b de la norma E.070.

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0.2 \cdot f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15 \cdot f'_m \quad (33)$$

Donde:

P_m : Peso muerto vertical.

L : Longitud del muro.

t : Espesor del muro.

f'_m : resistencia del ladrillo.

h : altura del muro.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio

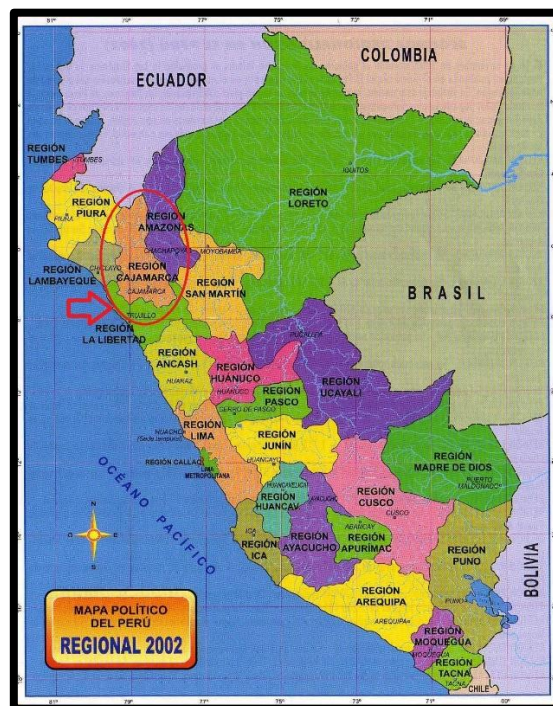
La zona de estudio se ubica en América del Sur, en el país de Perú.

Figura 3. Ubicación en América del Sur



Fuente: CIA – Central Intelligence Agency.

Figura 4. Ubicación en el Perú.



Fuente: Mapas Políticos del Perú Regional.

Figura 5. Ubicación en la Región Cajamarca



Fuente: Mapas Políticos del Departamento de Cajamarca.

Figura 6. Ubicación en la Provincia de Jaén



Fuente: Mapa de la provincia de Jaén.

En la figura 9 dentro del círculo blanco se encuentra ubicado el centro poblado de Fila Alta.

Figura 7. Imagen satelital de la Provincia de Jaén.



Fuente: Google Earth Pro.

En la figura 10 dentro del marco azul tenemos la I.E. Cristo Rey

Figura 8. Imagen satelital del lugar de estudio – “I.E. Cristo Rey N°16006” Fila



Alta.

Fuente: Google Earth Pro.

En la figura 11 se muestra la ubicación del bloque “B1” (objeto de estudios) en la I.E. Cristo Rey N° 16006 Fila alta.

Figura 9. Ubicación del bloque B1 – “I.E. Cristo Rey N°16006” Fila Alta



1

Fuente: Google Earth Pro.

3.1 Procedimiento

Se realizó una recopilación y análisis de la información, se conoció e inspeccionó visualmente la edificación y por último se realizó el modelamiento estructural de la edificación.

3.2.1 Recopilación y análisis de la información

Se reunió toda la información disponible de la edificación a estudiar: expediente técnico, estudio de mecánica de suelos y memoria de cálculo. Esta información me facilitó el trabajo en campo identificando rápidamente los ejes, dimensiones, geometrías; y en gabinete, propiedades de los materiales usados, normativa empleada en el diseño, parámetros sísmicos, parámetros del suelo de fundación.

De la documentación existente (expediente técnico y estudio de mecánica de suelos), se extrae lo siguiente para la evaluación y diseño:

Propiedades de los materiales usados:

Concreto: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, peso específico = 2400 kg/m^3 .

Albañilería: $f'm = 65 \text{ kg/cm}^2$.

Acero: 4200 kg/cm^2 .

Normativa empleada en el análisis y diseño:

Las cargas de gravedad y de sismo que se utilizó para el análisis estructural del edificio y en el diseño de los diferentes elementos estructurales, deberán cumplir con lo señalado en el Reglamento Nacional De Edificaciones.

Norma E.020 “Cargas”

Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”

Norma E.050 “Suelos y Cimentaciones”

Norma E.060 “Concreto armado”

Norma E.070 “Albañilería Confinada”

Parámetros sísmicos:

$Z = 0.25$ (Zona 2)

$U = 1.5$ (Edificación esencial)

$S = 1.2$ (Suelo tipo S2 y $T_p(s) = 0.60$)

$R_y = 6$ (Muros estructurales)

$R_x = 8$ (Pórticos)

$C = 2.5$ (Factor de amplificación sísmica)

Parámetros del suelo de fundación:

Presión admisible del terreno: 1.20 kg/cm^2

Profundidad de cimentación mín. = 1.5 m .

Tipo de suelo S2.

Sobrecargas y pesos adicionales:

Aulas: 250 kg/m^2 .

Corredores y escaleras: 400 kg/m^2 .

Acabados: 100 kg/cm^2 .

3.2.2 Modelamiento estructural del Bloque B1 de la Institución Educativa Cristo Rey Fila Alta N° 16006.

Con los parámetros sísmicos que proporciona la norma técnica E.030-2018, la geometría de la estructura y las características de los materiales especificados en el expediente

técnico de la institución educativa, se realizó un modelamiento estructural ayudándose para ello de un programa computacional, en este caso Etabs v.16.2.1, obteniéndose resultados que son analizados y comparados con valores correspondientes del expediente técnico.

- El análisis estático y dinámico con el programa Etabs v.16.2.1.
- Se obtuvo los resultados obtenidos del programa Etabs v.16.2.1
- Por último se comparó dichos resultados obtenidos con el expediente técnico.

A. Consideraciones para el modelamiento estructural:

Se ha establecido una estructura regular que va a tener el uso específico de Centro Educativo, el cual consta con 2 niveles, siendo el techo del último piso de ningún uso exclusivo.

Para cumplir con los objetivos propuestos en la presente investigación se reunió toda la información disponible del bloque a evaluar: expediente técnico, estudio de mecánica de suelos, memoria de cálculo y se utilizará el programa Etabs v.16.2.1, donde se realizará un modelo matemático pseudotridimensional de la estructura a evaluar, los métodos de solución de las ecuaciones involucradas se concentran en aquellas más apropiadas, según las características numéricas de un problema que viene a ser típico.

El procedimiento realizado se detallará a continuación.

En este ítem se indican los criterios y recomendaciones tomados para la evaluación de los elementos estructurales, basados en la experiencia de otros proyectos y los requerimientos del Reglamento Nacional de Edificaciones actual.

B. Propiedades de los materiales usados

La resistencia a compresión del concreto en todos los elementos de concreto armado y el esfuerzo de fluencia del acero para el modelamiento estructural se tomó del expediente técnico.

Concreto Armado

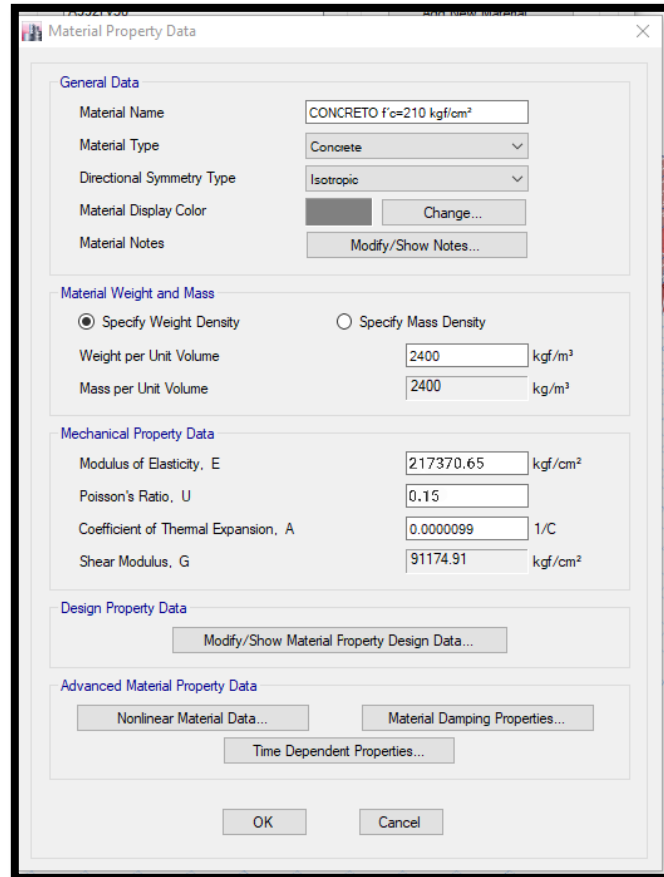
Peso unitario:	2400 kg/m ³
Resistencia a compresión:	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de Elasticidad:	$E'_c = 217370.65 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de Poisson:	0.15

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c} \text{ [Kgf/cm}^2\text{]}$$

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c} = 217370.65 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 2173706.5 \text{ tonf/m}^2$$

EL módulo de elasticidad como el módulo de corte es determinado automáticamente por el programa Etabs v.16.2.1.

Figura 10. Definición del concreto $f'_c = 210\text{kg/cm}^2$ en el programa Etabs.



Fuente: Etabs v.16.2.1.

Acero

Peso unitario:

$$\gamma_m = 7850 \text{ kgf/m}^3 = 7.85 \text{ tonf/m}^3$$

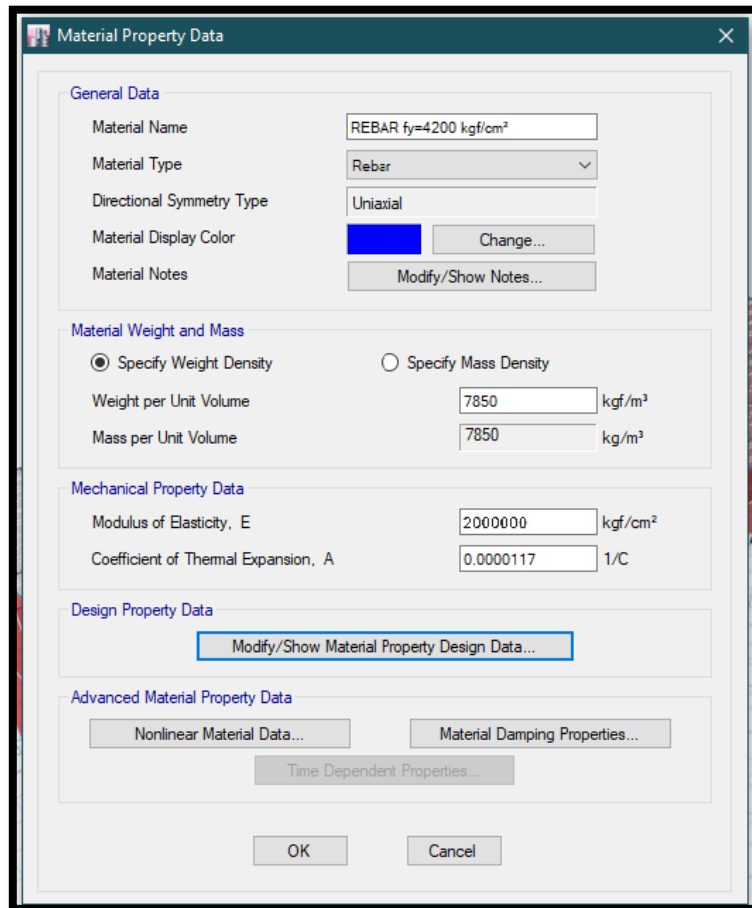
Módulo de Elasticidad Acero:

$$E'_c = 2000000 \text{ kgf/cm}^2 = 20000000 \text{ tonf/m}^2$$

Resistencia a tracción:

$$f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2 = 42000 \text{ tonf/m}^2$$

Figura 11. Definición del acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ en Etabs.



Fuente: Etabs v.16.2.1.

Albañilería

Material estructural conformado por unidades de albañilería de características definidas asentadas con morteros especificados en el expediente técnico.

Resistencia a la compresión: $f_m = 65 \text{ kg/cm}^2$

Peso unitario: $P_u = 1800 \text{ kg/m}^3$

Módulo de Poisson: $\nu = 0.25$

Módulo de Elasticidad: $E_m = 500 f'_m = 32500 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 12. Característica de la unidad de albañilería

Material Property Data

General Data

Material Name: Albañilería f'm=65 kgf/cm²

Material Type: Masonry

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 1800 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 1800 kg/m³

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 32500 kgf/cm²

Poisson's Ratio, U: 0.25

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000081 1/C

Shear Modulus, G: 13541.67 kgf/cm²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Fuente: Etabs v.16.2.1.

Estructuración del bloque B1 del pabellón B

Presentamos una vista en planta del esquema estructural del bloque B1, este dibujo de arquitectura se pudo obtener de los planos de la Institución, esto nos facilitó el trabajo en campo, identificando sus ejes y dimensiones de los elementos de la estructura.

Figura 13. Esquema estructural de la planta primer piso de la Institución Educativa Cristo Rey Fila Alta N° 16006



■ Columnas □ Vigas

Fuente: Expediente técnico.

A. Cargas a ingresar en el modelamiento estructural:

Carga viva: De acuerdo con la norma E.020, tenemos las siguientes cargas vivas mínimas repartidas para centros educativos:

Aulas: 250 kgf/m²

Corredores y escaleras: 400 kgf/m²

La carga viva de techo es 100 kgf/m².

Tabla 9: Resumen de cargas vivas

Ocupación o uso	Carga viva kgf/m ² (tonf/m ²)
Aulas	250 (0.250)
Corredores	400 (0.400)
Techo	100 (0.100)

Fuente: Elaboración propia.

A. Parámetros sísmicos de la norma E.030-2018 para el análisis estático y dinámico:

La norma técnica E.030-2018 proporciona los parámetros necesarios para realizar el análisis sísmico estático y dinámico, los cuales son:

• **Zonificación – Factor de zona (Z):** La Institución educativa en estudio se encuentra en la provincia de Jaén, perteneciente a la zona sísmica 2, por lo que le corresponde:

$$Z = 0.25$$

• **Perfil de suelo:** Según el expediente es un suelo con perfil tipo S2.

• **Parámetros de sitio (S, TP y TL):** Con la zona sísmica y el perfil de suelo se obtuvo para este estudio de la tabla N°3 de la norma E.030-2018 el factor de suelo $S = 1.20$. Los períodos TP y TL se obtienen de la tabla N°4 de la norma E.030-2018 siendo estos:

$$T_p = 0.6$$

$$T_L = 2$$

• **Factor de amplificación sísmica (C):** De acuerdo a la norma técnica E.030-2018 las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C), por lo que se calculó el periodo con la siguiente fórmula:

$$T = \frac{hm}{CT}$$

hm= Altura del edificio = 6.40 m

CT= Coeficiente para estimar el periodo predominante de un edificio.

En la dirección X-X

CT = 35 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

Luego reemplazamos en la ecuación N°04

$$T (\text{dirección X}) = \frac{6.40}{35} = 0.183$$

Se cumple la primera ecuación $T < T_p$ por lo tanto se adopta el valor de amplificación sísmica de $C=2.50$

En la dirección Y-Y

CT = 60 Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Luego reemplazamos en la ecuación N°04

$$T(\text{dirección Y}) = \frac{6.40}{60} = 0.107$$

Se cumple la primera ecuación $T < T_p$ por lo tanto se adopta el valor de amplificación sísmica de $C=2.50$

- **Factor de uso (U).** En el artículo 15 de la norma técnica E.030-2018 la categoría de las edificaciones y factor uso en la tabla N° 5 a las instituciones educativas le corresponde $U = 1.5$
- **Configuración estructural y Coeficiente de Reducción Sísmica (R).** El Artículo 11 de la norma técnica E.030-2018 define la regularidad del edificio de acuerdo a la influencia de sus características arquitectónicas en su comportamiento sísmico.

En la dirección X-X: Se trata de un sistema de pórticos toma un valor de reducción inicial de $R = 8$ según la tabla N°06.

En la dirección Y-Y: Se trata de un sistema dual toma un valor de reducción inicial de $R = 6$ según la tabla N°06.

Para ser consecuentes con el análisis lineal elástico utilizamos $R=6$.

- **Irregularidad.** Según el expediente técnico la estructura es regular, cumpliendo esta con la exigencia de la norma para centros educativos por ser de categoría A2. Según la norma técnica E.030 el coeficiente de reducción para una estructura regular, las fuerzas sísmicas se determinarán como el producto del coeficiente R_0 determinado en la tabla N°7 y de los factores I_a, I_p que por ser una estructura regular toman un valor de (1):

$$R_0 X - X = 8$$

$$R_0 Y - Y = 6$$

$$I_a = 1$$

$$I_p = 1$$

Reemplazamos en la ecuación N°05 y N°06:

$$R X - X = 8 * 1 * 1 = 8$$

$$R Y - Y = 6 * 1 * 1 = 6$$

Tabla 10: Parámetros Sísmicos – Norma E.030 – 2018

Parámetros/ Norma	Norma Técnica E.030-2018
Factor de Zona (Z)	$Z = 0.25$
Factor de uso (U)	$U = 1.5$
Factor de ampliación del suelo	$S = 1.2$
Factor de ampliación sísmica	$T_p = 0.6$ $T_L = 2$
Factor de reducción de fuerza	$R_x = 8$ $R_y = 6$

Fuente: Elaboración propia.

B. Análisis estático

Para aplicar este método tenemos que calcular la fuerza cortante en la base y luego distribuir dicha fuerza sísmica en la altura. El programa Etabs permite el ingreso de un coeficiente basal, ya que este calcula automáticamente el peso sísmico.

Fuerza Cortante en la Base en la dirección X

Encontramos la fuerza cortante en la base reemplazamos en la ecuación N°06, con la excepción del peso sísmico ya que el programa etabs lo calculara:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Dónde:

$$Z = 0.25 \quad S = 1.2$$

$$U = 1.5 \quad R = 8$$

$$C = 2.5$$

Los parámetros sísmicos ya son conocidos, faltaría determinar el peso sísmico (P), para lo cual según lo que indica el artículo 26 de la norma E.030 sería la carga permanente más el 50% de la carga viva, más el 25% de la carga viva de techo, esto ya que la edificación en estudio pertenece a la categoría A.

El valor de C/R no deberá considerarse menor que 0.125, reemplazamos en la ecuación N°07.

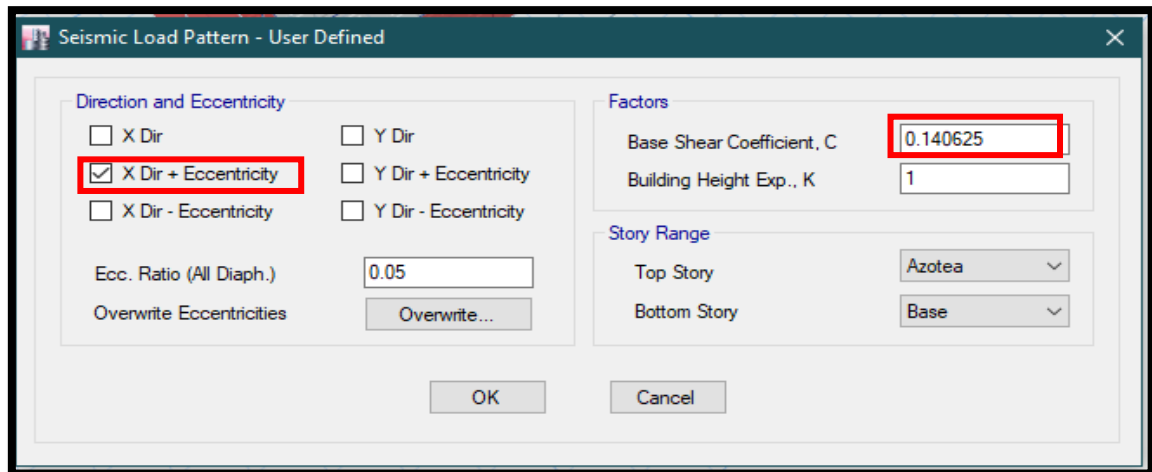
$$\frac{2.5}{8} \geq 0.125$$

$$0.3125 \geq 0.125 \quad OK$$

$$V = \frac{(0.25)(1.5)(2.5)(1.2)}{8} * P$$

$$V = 0.140625 * P$$

Figura 9. Asignación de la cortante en la dirección X.



Fuente: Etabs 16.2.1.

Fuerza Cortante en la Base en la dirección Y

Encontramos la fuerza cortante en la base reemplazamos en la ecuación N°06, con la acepción del peso sísmico ya que el programa etabs lo calculará:

Dónde:

$$Z = 0.25 \quad S = 1.2$$

$$U = 1.5 \quad R = 6$$

$$C = 2.5$$

El valor de C/R no deberá considerarse menor que 0.125, reemplazamos en la ecuación N°07.

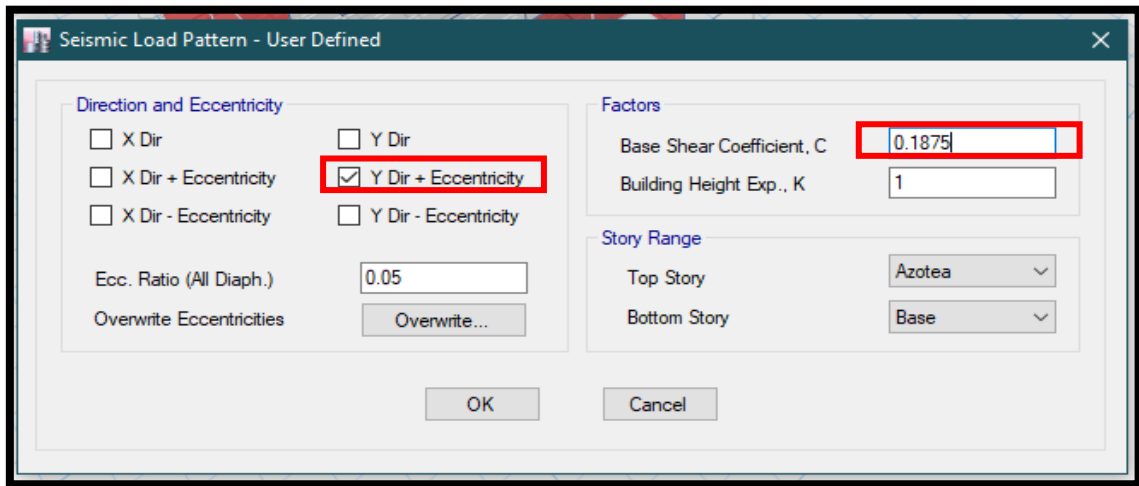
$$\frac{2.5}{6} \geq 0.125$$

$$0.357 \geq 0.125 \quad \text{OK}$$

$$V = \frac{(0.25)(1.5)(2.5)(1.2)}{6} * P$$

$$V = 0.1875 * P$$

Figura 10. Asignación de la cortante en la dirección Y.



Fuente: Etabs v.16.2.1.

B. Análisis dinámico (Modal espectral)

La norma E.030-2018 indica que cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral.

Aceleración espectral

La norma técnica E.030-2018 indica lo siguiente, donde se calculó el espectro inelástico de pseudoaceleraciones definido por la ecuación N°10, para diferentes periodos, pero sin considerar en la gravedad porque será adicionada al momento de cargar el programa etabs:

$$ZUS/R = 0.064$$

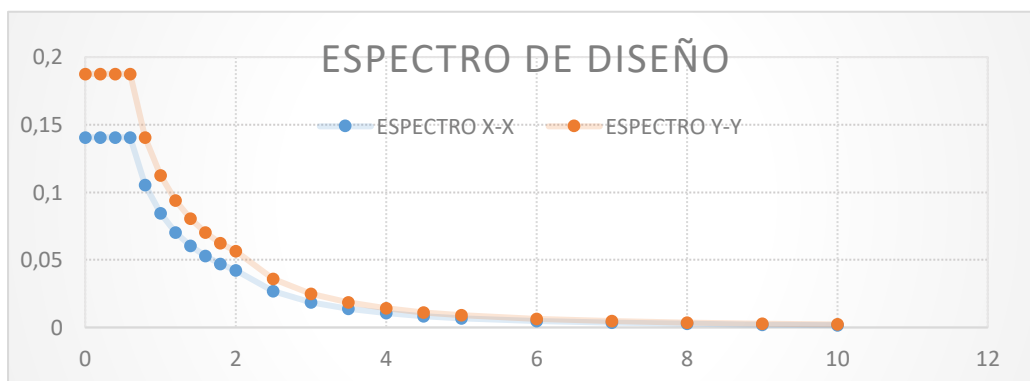
Tabla 11: Aceleración espectral

Espectro de aceleración			
Periodo	A. Sísmica	X	Y
T	C	ZUCS/R	ZUCS/R
0	2.5	0.14063	0.18750
0.2	2.5	0.14063	0.18750
0.4	2.5	0.14063	0.18750
0.6	2.5	0.14063	0.18750
0.8	1.875	0.10547	0.14063
1	1.5	0.08438	0.11250
1.2	1.25	0.07031	0.09375
1.4	1.07142857	0.06027	0.08036
1.6	0.9375	0.05273	0.07031
1.8	0.83333333	0.04688	0.06250

2	0.75	0.04219	0.05625
2.5	0.48	0.02700	0.03600
3	0.33333333	0.01875	0.02500
3.5	0.24489796	0.01378	0.01837
4	0.1875	0.01055	0.01406
4.5	0.14814815	0.00833	0.01111
5	0.12	0.00675	0.00900
6	0.08333333	0.00469	0.00625
7	0.06122449	0.00344	0.00459
8	0.046875	0.00264	0.00352
9	0.03703704	0.00208	0.00278
10	0.03	0.00169	0.00225

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Formas como varía la aceración en un Sismo Teóricamente



Fuente: Elaboración propia.

3.2 Tratamiento, análisis y presentación de resultados

3.3.1 Tipo y Diseño de la Investigación

Según en nivel de investigación, esta es del tipo descriptiva.

Descriptiva: la investigación está dirigida a describir el comportamiento de una estructura de sistema Dual de 2 niveles, de uso educativo; sometida a cargas Muertas, Vivas y de sismo, las cuales se analizaron el efecto que producen en la estructura, en cuanto a desplazamientos y comportamiento estructural.

3.3.2 Población

La población viene hacer los bloques construidos dentro de la Institución educativa Cristo Rey de Fila Alta N° 16006.

3.3.3 Muestra

La muestra viene hacer el bloque “B1” de la Institución Educativa Cristo Rey N° 16006 de Fila alta.

3.3.4 Técnica e instrumento de recolección de datos

Técnicas:

Observación. Se observó in situ para saber el estado actual del bloque.

Mediciones. Se realizó la medición del bloque para determinar sus dimensiones como de los elementos estructurales.

Análisis documental y bibliográfico: Los planos de arquitectura, estructurales más el expediente técnico son los documentos de consulta para el modelamiento estructural.

Ensayo no destructivo: Se realizó el ensayo no destructivo de Esclerometría, para obtener una estimación de la resistencia de los elementos estructurales.

Instrumentos:

Wincha de mano y 50 metros.

Planos estructurales y arquitectura.

Expediente técnico de la Institución educativa.

Esclerómetro.

3.3.5 Diseño de la investigación

En el presente proyecto de investigación se estudió y se evaluó el comportamiento estructural del Bloque B1 de la Institución Educativa Cristo Rey Fila Alta N° 16006, recolectando datos a través del tiempo en periodos especificados. Todo esto relacionándose con la normativa vigente en el país y otras características precisas que defienden la elaboración de la propuesta.

3.3.6 Presentación de resultados

A. Resultados del modelamiento estructural

El bloque “B1” de la Institución Educativa Cristo Rey N° 16006 de fila alta en estudio no presenta irregularidades estructurales en altura ni en planta, por lo que se está cumpliendo con la tabla N° 10 de la norma técnica E.030-2018, en la cual nos indica que para edificaciones de la categoría A que se encuentren en la zona 2 no se permiten irregularidades.

Estimación del Peso (P)

En el artículo 26 de la norma técnica E.030-2018 detalla que el peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará para una edificación de categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.

- Carga Muerta

Tabla 12: Peso de las cargas muertas para concreto armado en Columnas

Tipo	# Repeticiones	Área m ²	Altura	Volumen M ³	Peso Especifico	Peso kgf
Columnas primer piso						
C-1	4.00	0.175	3.20	3.115	2400	7476.00
C-2	4.00	0.10	3.20	1.78	2400	4272.00
C-3	10.00	0.2375	3.20	10.569	2400	25365.00
Peso primer piso						37113.00
Columnas segundo piso						
C-1	4.00	0.175	3.20	2.275	2400	5460.00
C-2	4.00	0.100	3.20	1.30	2400	3120.00
C-3	10.00	0.2375	3.20	7.719	2400	18525.60
Peso segundo piso						27105.60
Total peso en kilos de columnas (kgf)						64218.60
Total peso en toneladas de columnas (Tnf)						64.219

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Peso de las cargas muertas de los Muros portantes

Tipo	# Repeticiones	Área m ²	Altura	Volumen m ³	Peso Especifico	Peso kg
Muro portante primer piso						
M1	1.00	1.586	3.00	6.185	1800	11133.72
M3	1.00	1.586	3.00	6.185	1800	11133.72
M5	1.00	1.586	3.00	6.185	1800	11133.72
M7	1.00	1.586	3.00	6.185	1800	11133.72
Peso muro portante primer piso						44534.88
Muro portante (segundo piso)						
M1	1.00	1.586	3.00	4.52	1800	8136.18
M3	1.00	1.586	3.00	4.52	1800	8136.18
M5	1.00	1.586	3.00	4.52	1800	8136.18

M7	1.00	1.586	3.00	4.52	1800	8136.18
Peso muro portante segundo piso						32544.72
Total peso en kilos de muros de albañilería (Kgf)						77079.6
Total peso en toneladas de los muros portantes (Tnf)						77.08

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Peso de las cargas muertas para concreto armado en Vigas de sección (0.25x0.40), (25x70cm) y (25x50cm)

Tipo	# Repeticiones	Área m2	Longitud	Volumen m3	Peso Especifico	Peso kg
Vigas primer piso						
VP-101 Eje 1y Eje 7	2	0.10	6.34	1.268	2400	3043.20
VP-101 Eje 2	1	0.10	6.74	0.674	2400	1617.60
VP-101 Eje 3 y Eje 5	2	0.10	6.34	1.268	2400	3043.20
VP-102 Eje 4 y Eje 6	2	0.175	6.74	2.659	2400	5661.60
VS-101 EJE A Y EJE B	2	0.125	16.85	4.2125	2400	10110.00
V-A(25x20cm)EJE B	1	0.05	19.85	0.9925	2400	2382.00
Volados 25x50cm	7	0.125	1.80	1.575	2400	3780.00
Volados 25x20cm	1	0.05	19.84	.992	2400	2380.8
Peso primer piso						32018.40
Peso segundo piso						
VP-101 Eje 1y Eje 7	2	0.10	6.34	1.268	2400	3043.20
VP-101 Eje 2	1	0.10	6.74	0.674	2400	1617.60
VP-101 Eje 3 y Eje 5	2	0.10	6.34	1.268	2400	3043.20
VP-102 Eje 4 y Eje 6	2	0.175	6.74	2.659	2400	5661.60
VS-101 EJE A Y EJE B	2	0.125	16.85	4.2125	2400	10110.00

V- A(25x20cm)EJE B	1	0.05	19.85	0.9925	2400	2382.00
Volados 25x50cm	7	0.125	1.80	1.575	2400	3780.00
Volados 25x20cm	1	0.05	19.84	.992	2400	2380.8
Peso segundo piso						32018.40
Total peso en kilos de vigas (Kgf)						64036.80
Total peso en toneladas de vigas (Tnf)						64.04

Fuente: Elaboración propia

Según la norma E.020 la losa aligerada de 20 cm tiene un peso propio de 300 kgf/m², por lo que se calculó para los 2 niveles del bloque B1.

Tabla 15: Peso de Cargas muertas según la Norma E.020 para losa de 0.20m de espesor

Tipo	# Repeticiones	Área m²	kg/m²	Peso KG
Losa primer piso				
Losa	1	137.273	300	41181.90
Alero	1	31.758	300	9527.40
Peso primer piso				50709.3
Losa azotea				
Techo	1	169.031	300	50709.30
Losa azotea				50709.30
Total peso de losa en kilos (kg)				101418.60
Total peso de losa en toneladas (Tn)				101.419

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Peso de cargas muertas para albañilería de ladrillos con huecos.

Tipo	# Repeticiones	Longitud	Espeso	Altura	Volumen m³	Densidad kg/m³	Peso kg
Muros primer piso							
Muro Alto Frontal	1	13.37	0.15	2.60	5.214	1350	7039.305

Muro Alto Posterior	1	16.62	0.15	2.60	6.482	1350	8750.43
Peso primer piso							15789.735
Muros segundo piso							
Muro Alto Frontal	1	13.37	0.15	2.40	4.8132	1350	6497.82
Muro Alto Posterior	1	16.62	0.15	2.40	5.983	1350	8077.32
Parapeto	1	25.099	0.15	1.05	3.953	1350	5336.675
Peso segundo piso							19911.815
Total peso en kilos (kgf)							35701.55
Total peso en toneladas (Tnf)							35.702

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Peso de cargas muertas para Acabados.

Tipo	# Repeticiones	Área m2	Peso Unitario kg/m2	Peso kg
Primer nivel				
Acabados	1	185.8612	100	18586.12
				18586.12
Segundo piso				
Acabados	1	203.894	100	20389.40
Total peso en kilos (kg)				38975.52
Total peso en toneladas (Tn)				38.976

Fuente: Elaboración propia

Peso muerto del primer piso (Diafragma 01) = 198.751 Tn

Peso muerto de AZOTEA (Diafragmada 02) = 182.679 Tn

Peso total de carga muerta = 381.431 Tn

- **Carga Viva**

La carga viva se calculó en aulas, corredores y azotea, de acuerdo a la norma E.020 para centros educativos se tiene las siguientes cargas vivas:

Aulas = 250 kgf/m²

Corredores = 400 kgf/m²

Carga viva de techo = 100 kgf/m²

Tabla 18: Peso de cargas vivas

Tipo	# Repeticiones	Área m2	Peso Unitario kg/m2	Peso kg
Primer piso				
Aulas de centros educativos	1	137.273	250	34318.25
Corredores	1	31.758	400	12703.20
Peso primer piso				47021.45
Azotea				
Techo de modulo I	1	169.031	100	16903.10
Peso segundo piso				16903.10
Total peso en kilos (kg)				63924.55
Total peso en toneladas (Tn)				63.925

Fuente: Elaboración propia

Carga total en la estructura = CM(381. 431) + CV(63. 925) = 445. 355Tn

Tabla 19: Peso Sísmico

Piso	Carga muerta	50%(Carga viva)	Peso sísmico Tn
1	198.751	23.511	222.262
2	182.679	8.456	191.131
Peso sísmico total			413.393

Fuente: Elaboración propia.

Desplazamientos para el análisis estático

La norma técnica E.030-2018 en el artículo 32 desplazamientos laterales relativos admisibles detalla que el máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculando según el artículo 31, no excede la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) dónde:

Desplazamiento Lateral = 0.75*R*Desplazamiento.

Límite para Desplazamiento de Entrepiso = 0.007, para concreto armado.

Límite para Desplazamiento de Entrepiso = 0.005, para albañilería.

Figura 12. Desplazamiento que nos da el etabs del Sismo en la Dirección X

Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum mm	Average mm	Ratio
Azotea	Sx estatico	X	3.622	3.618	1.001
Piso 01	Sx estatico	X	2.513	2.509	1.002

Fuente: Etabs 16.2.1.

Tabla 20: Cálculo de desplazamientos en dirección X.

Derivas para sismo en dirección (X)								
Piso	Hi piso(mm)	D.ABS (mm)	D.RELA (mm)	Deriva= D.REL/Hi	R	Desplazamiento calculado = $0.75 \cdot R \cdot DERI$	Desplazamiento norma técnica E.030	desplazamiento calculado < Desplazamiento norma técnica E.030
2	3260	3.622	1.109	0.00034018404	8	0.0020411042	0.007	OK
1	4450	2.513	2.513	0.00056471910	8	0.0033883146	0.007	OK

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Desplazamiento que nos da el etabs Del Sismo en la Dirección Y

Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum mm	Average mm	Ratio
Azotea	Sy estatico	Y	0.417	0.353	1.182
Piso 01	Sy estatico	Y	0.269	0.228	1.182

Fuente: Etabs 16.2.1.

Tabla 21: Cálculo de desplazamientos en dirección Y.

Derivas para sismo en dirección (Y)								
Piso	Hi piso(mm)	D.ABS (mm)	D.RELA (mm)	Deriva= D.REL/Hi	R	Rigidez= $0.75 \cdot R \cdot DERI$	Desplazamiento norma técnica E.030	desplazamiento calculado < Desplazamiento norma técnica E.030
2	3260	0.417	0.148	0.00004539877	6	0.00020429447	0.005	OK
1	4450	0.269	0.269	0.00006044943	6	0.000272022471	0.005	OK

Fuente: Elaboración propia.

Cortante en la base para el análisis estático

La fuerza cortante en la base para el análisis estático es:

Figura 14. Fuerza cortante en la base en la dirección X del análisis estático

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m
Piso 01	Sx estatico	Bottom	0	-57.124	0	195.8202

Fuente: Etabs 16.2.1.

Cortante en dirección X: 57.124 Tn.

Figura 15. Fuerza cortante en la base en la dirección y del análisis estático

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m
Piso 01	Sy estatico	Bottom	0	0	-48.7458	-574.1354

Fuente: Etabs 16.2.1.

Cortante en dirección Y: 48.7458 Tn.

Desplazamientos para el análisis dinámico

La norma técnica E.030-2018 en el artículo 32 desplazamientos laterales relativos admisibles detalla que el máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculando según el artículo 31, no excede la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) donde:

Desplazamiento Lateral = $0.75 \cdot R \cdot \text{Desplazamiento}$.

Límite para Desplazamiento de Entrepiso = 0.007, para concreto armado.

Límite para Desplazamiento de Entrepiso = 0.005, para albañilería.

Figura 16. Desplazamiento que nos da el etabs Del Sismo en la Dirección X

Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum mm	Average mm	Ratio
Azotea	SXX DINAMICO ...	X	3.441	3.424	1.005
Piso 01	SXX DINAMICO ...	X	2.431	2.416	1.006

Fuente: Etabs 16.2.1.

Tabla 22: Cálculo de desplazamientos en dirección X.

Derivas para sismo en dirección (X)								
Piso	Hi piso(mm)	D.ABS (mm)	D.RELA (mm)	Deriva= D.REL/Hi	R	Rigidez= 0.75*R*DERI	Desplazamiento norma técnica E.030	desplazamiento calculado< Desplazamientos norma técnica E.030
2	3260	3.441	1.01	0.0003098159	8	0.001858895	0.007	OK
1	4450	2.431	2.431	0.0005462921	8	0.003277752	0.007	OK

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Desplazamiento que nos da el etabs Del Sismo en la Dirección Y

Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum mm	Average mm	Ratio
Azotea	SYD DINAMICO ...	Y	0.524	0.517	1.012
Piso 01	SYD DINAMICO ...	Y	0.344	0.339	1.014

Fuente: Etabs 16.2.1.

Tabla 23: Cálculo de desplazamientos en dirección Y.

Derivas para sismo en dirección (Y)								
Piso	Hi piso(mm)	D.ABS (mm)	D.RELA (mm)	Deriva= D.REL/Hi	R	Rigidez= 0.75*R*DERI	Desplazamiento norma técnica E.030	desplazamiento calculado< Desplazamiento norma técnica E.030
2	3260	0.524	0.524	0.0001607361	6	0.000723312	0.005	OK
1	4450	0.344	0.344	0.0000773037	6	0.0003478651	0.005	OK

Fuente: Elaboración propia.

Cortante en la base para el análisis dinámico

Fuerza cortante en la base para el análisis dinámico es:

Figura 18. Fuerza cortante en la base en la dirección X del análisis dinámico

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m
Piso 01	SXX DINAMICO ...	Bottom	0	55.444	0.0137	161.0108

Fuente: Etabs 16.2.1.

La fuerza cortante en la base para el análisis dinámico en la dirección X es = 55.444 Tn.

Figura 19. Fuerza cortante en la base en la dirección Y del análisis dinámico

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m
Piso 01	SYX DINAMICO ...	Bottom	0	0.0183	72.9578	786.1759

Fuente: Etabs 16.2.1.

La fuerza cortante en la base para el análisis dinámico en la dirección Y es = 72.9578 Tn

La fuerza cortante en la base para el análisis dinámico tiene que ser mayor al 80% de la fuerza cortante del análisis estático, para cumplir con la rigidez mínima que nos especifica la norma técnica E.030-2018:

La fuerza cortante en la base:

Cortante en dirección X: FC. dinámico > 80%F.C. estático.... ok

Cortante en dirección Y: FC. dinámico > 80%F.C. estático.... ok

Cortante en dirección X: 55.444 Tn > 57.124 x 0.8

Cortante en dirección X: 55.444 Tn > 45.699 (ok)

Cortante en dirección Y: 72.9578 > 48.7458 x 0.8

Cortante en dirección Y: 72.9578 > 38.9966 (ok)

Tabla 24: Desplazamiento estático – dirección x

Nivel	calculo	Norma técnica E.030-2018	cumple
Piso 1	0.003388	0.007	Si
Piso 2	0.002041	0.007	si

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Desplazamiento estático - muros

Nivel	calculo	Norma técnica E.030-2018	cumple
Piso 1	0.0002720	0.005	Si
Piso 2	0.0002043	0.005	Si

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Desplazamiento dinámico - dirección x

Nivel	calculo	Norma técnica E.030-2018	cumple
Piso 1	0.0032777	0.007	Si
Piso 2	0.0018588	0.007	Si

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Desplazamiento dinámico - muros

Nivel	calculo	Norma técnica E.030-2018	cumple
Piso 1	0.0003478	0.005	Si
Piso 2	0.0007233	0.005	Si

Fuente: Elaboración propia

La norma E.030-2018 en su artículo 29.4 indica que el cortante dinámico debe ser al menos el 80% del cortante estático para estructuras regulares.

Tabla 28: Fuerza cortante en la base

Cortante en base	fc. dinámico >	80%f.c.estatico	Cumple
Dirección X	55.444 tn >	45.699	Si
Dirección Y	72.9578 >	38.9966	Si

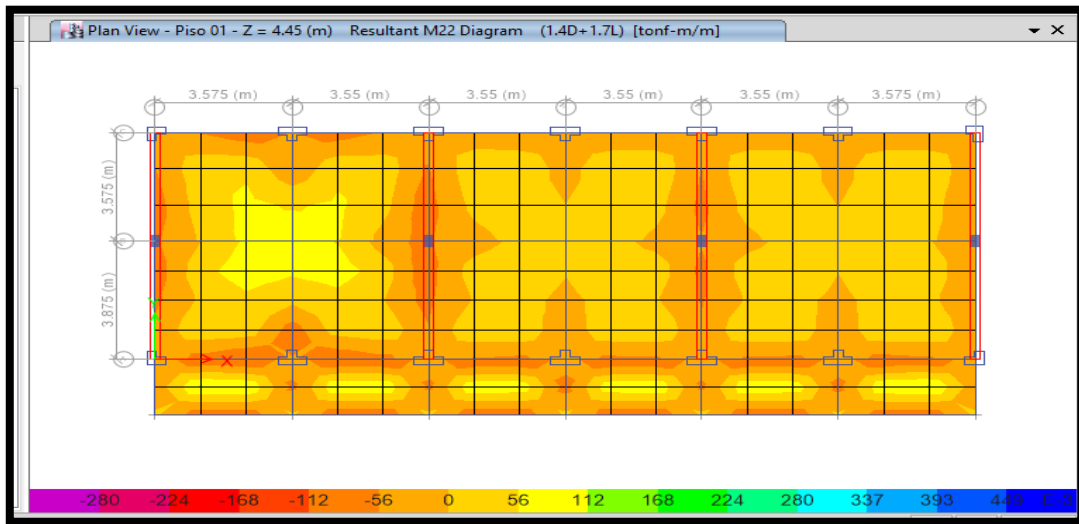
Fuente: Elaboración propia

B. Verificación del diseño de elementos de concreto armado

Verificación del diseño de losa aligerada:

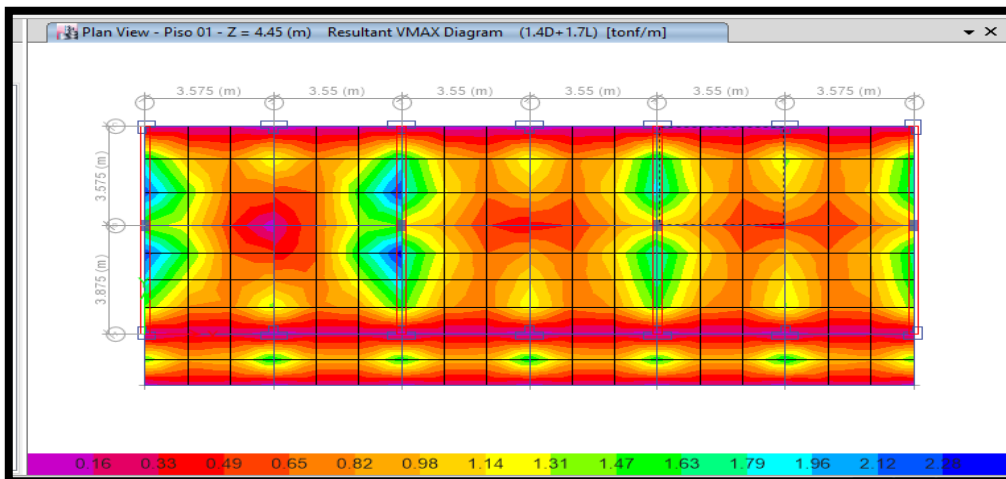
Las losas no deben presentar cambios en su diseño porque solo actúan cargas muertas y vivas sobre ella y se tomara la combinación de 1.4CM + 1.7CV se muestran en la figura N° 13, para el análisis estructural se realizó una alternancia de carga viva, obteniendo los valores de momentos negativos y positivos de cada caso.

Figura 20: Distribución de momentos flectores en el aligerado en primer nivel



Fuente: Etabs v.16.2.1.

Figura 21. Distribución de cortantes en el aligerado en primer nivel



Fuente: Etabs v.16.2.1.

De las figuras 25 y 26 podemos obtener el valor del momento y cortante positivo máximo y negativo máximo, siendo estos:

Tabla 29: Momento negativo y positivo máximo

$M_{u(+)}$	0.4633 tnf - m
$M_{u(-)}$	0.3016 tnf - m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Cortante negativo y positivo máximo

$M_{v(+)}$	0.000163 tnf - m
$M_{v(-)}$	2.369 tnf - m

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31 se muestra el acero calculado con las ecuaciones presentadas en el capítulo II de esta investigación, y se muestra el resumen del resultado en la tabla N°32.

Para el cálculo de acero A_s se calcula con la siguiente formula según Roberto Morales.

$$A_s = \frac{Mu}{\phi \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})}$$

Además, para verificar la longitud del bloque de compresión “a” se usa la siguiente expresión:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

Para secciones rectangulares, el área mínima de acero, la Norma E.060 brinda la siguiente expresión:

$$A_{s_{min}} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{f_y} \cdot b_w \cdot d$$

Inicialmente se supone $a = d/5$, con el cual se sigue un proceso iterativo hasta encontrar el verdadero valor del área de acero (Oviedo 2019).

$$A_{s_{máx}} = 0.75 \rho_b \cdot b_w \cdot d$$

Donde ρ_b es una cuantía balanceada que produce la falla balanceada, y se calculó con la siguiente ecuación:

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

$$\beta_1 = 0.85 \text{ para } f'_c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_1 = 0.65 \text{ para } f'_c \geq 560 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_1 = 1.05 - 0.714 \left(\frac{f'_c}{1000} \right) \text{ para } 280 \text{ kg/cm}^2 \leq f'_c \leq 560 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 31: Acero calculado.

	Mu	b	d	f'c	fy	As	As máx.	As min
positivo	0.4633	10	17	210	4200	0.761	2.76	0.57
negativo	0.46	10	17	210	4200	0.486	2.76	0.57

Fuente: Elaboración propia.

Acero del expediente técnico

Acero positivo: $1 \text{ } \phi \text{ } 3/8'' = 0.71 \text{ cm}^2$

Acero negativo: $1 \text{ } \phi \text{ } 3/8'' = 0.71 \text{ cm}^2$

El acero de temperatura

Para acero corrugado la cuantía es $\rho = 0.002$, reemplazando en la formula N°13.

$A_s = 0.002 \times 20 \times 10 = 0.4$

Acero temperatura: $\phi \text{ } 1/4''$

Tabla 32: Acero calculado y acero del expediente técnico.

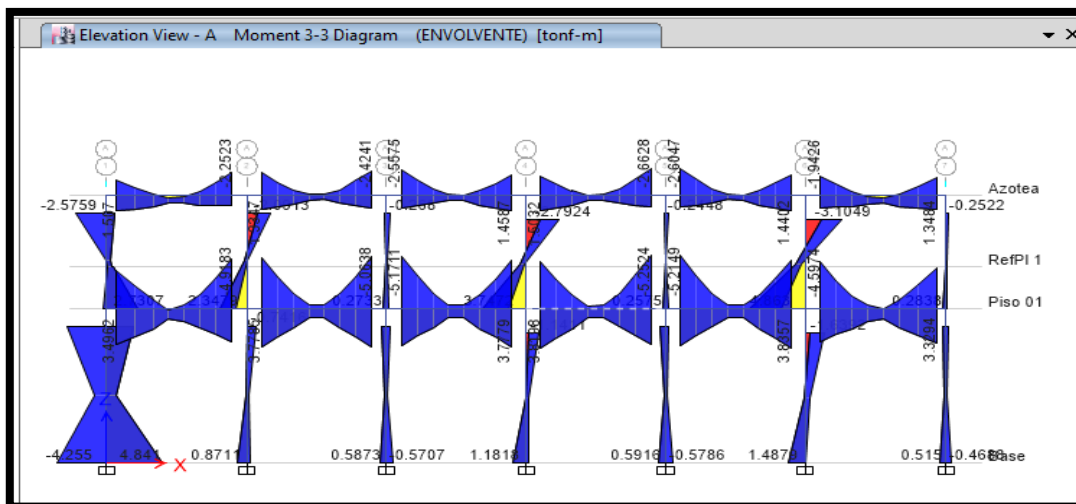
Mu	As calculado (cm2).	As expediente técnico (cm2)
$M_u(+)$	0.57	0.71
$M_u(-)$	0.57	0.71

Fuente: Elaboración propia.

Verificación del diseño de vigas (0.25m x 0.40m)

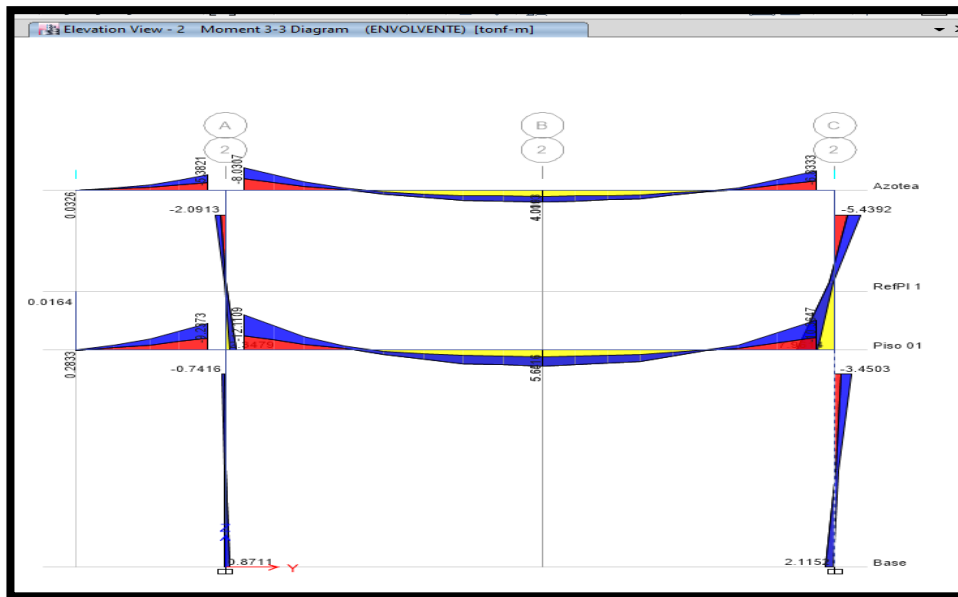
La norma E.060-2009 establece que el momento último y la cortante última (M_u , V_u), para cargas muertas (CM), vivas (CV) y de sismo (CS) se obtendrá de la combinación más crítica, las cuales se establecen por la envolvente calculada por el software Etabs 16.2.1.

Figura 22. Envolvente de diagrama de momentos flectores, vista frontal



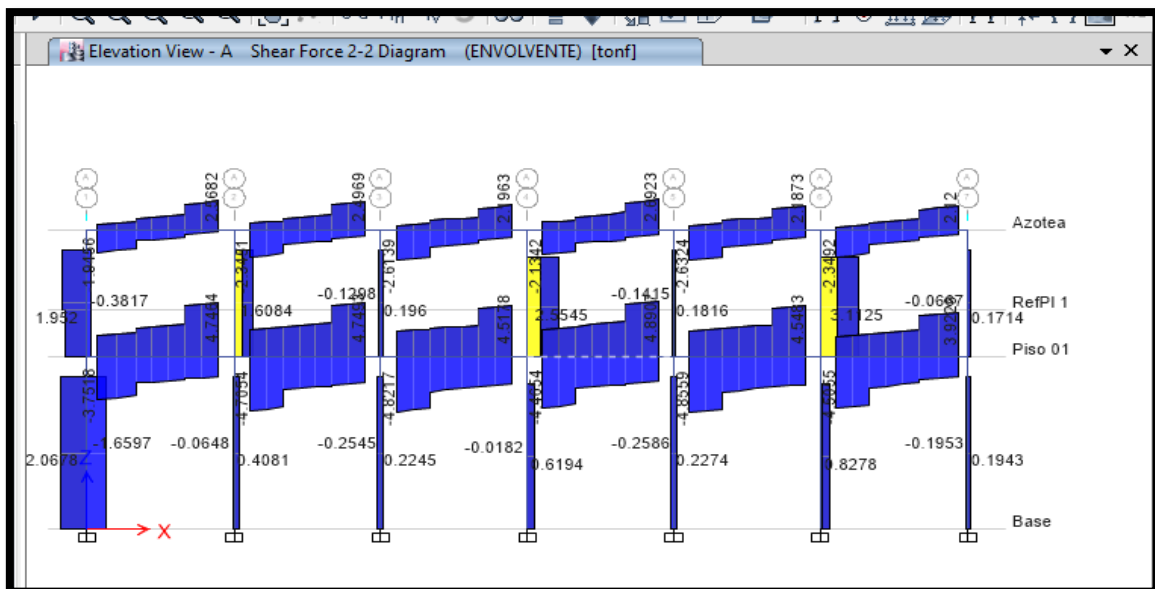
Fuente: Etabs 16.2.1.

Figura 23. Envoltente de diagrama de momentos flectores, vista lateral



Fuente: Etabs 16.2.1.

Figura 24. Envoltente del diagrama de fuerza cortante, vista frontal



Fuente: Etabs 16.2.1.

El cálculo del acero correspondiente se realizó con las ecuaciones presentadas en el capítulo II de esta investigación, y se muestran en la tabla N°33.

Para el cálculo de acero A_s de refuerzo se utilizó la siguiente formula:

$$A_s = \frac{Mu}{\phi \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

Además, se verificó la longitud del bloque de compresión “a” y se usó la siguiente

expresión:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_{rc} \cdot b}$$

Para secciones rectangulares, el área mínima de acero, la Norma E.060 brinda la siguiente expresión:

$$A_{s_{\min}} = \frac{0.7 \sqrt{f'_{rc}}}{f_y} \cdot b_w \cdot d$$

Inicialmente se supone $a = d/5$, con el cual se sigue un proceso iterativo hasta encontrar el verdadero valor del área de acero (Oviedo 2019).

$$\rho_{\max} = 0.50 \rho_b$$

Por lo que el área de acero máximo queda:

$$A_{s_{\max}} = 0.50 \rho_b \cdot b_w \cdot d$$

Tabla 33: Verificación del diseño por flexión de las vigas.

Mu (Tn-m)	b	d	f'c	fy	As	As máx.	As min
+5.642	25	34.50	210	4200	4.62	14.01	2.875
-12.11	25	34.5	210	4200	10.91	14.02	2.875
-10.365	25	34.5	210	4200	9.07	14.02	2.875

Fuente: Elaboración propia.

Acero colocado según expediente para cada caso:

$$3 \text{ } \emptyset \text{ } 5/8" = 5.94 \text{ cm}^2$$

$$6 \text{ } \emptyset \text{ } 5/8" = 11.88 \text{ cm}^2$$

$$3 \text{ } \emptyset \text{ } 5/8" = 5.94 \text{ cm}^2$$

Mayor a la cuantía solicitada, por lo que se concluyó que el diseño es correcto, ver Anexo N°03.

Verificación de la viga 0.25mx 0.40m por corte:

$$V_u = 9.23 \text{ tonf} \quad \emptyset V_c = 5.63$$

$$V_s = 3.60 \quad S = 57.155 \text{ cm}$$

$$S = 17.50 \text{ cm, estribos cada } 20 \text{ cm}$$

El área de acero en los estribos especificados en los planos del expediente son los requeridos ver anexo N°3.

Verificación del diseño de Columnas

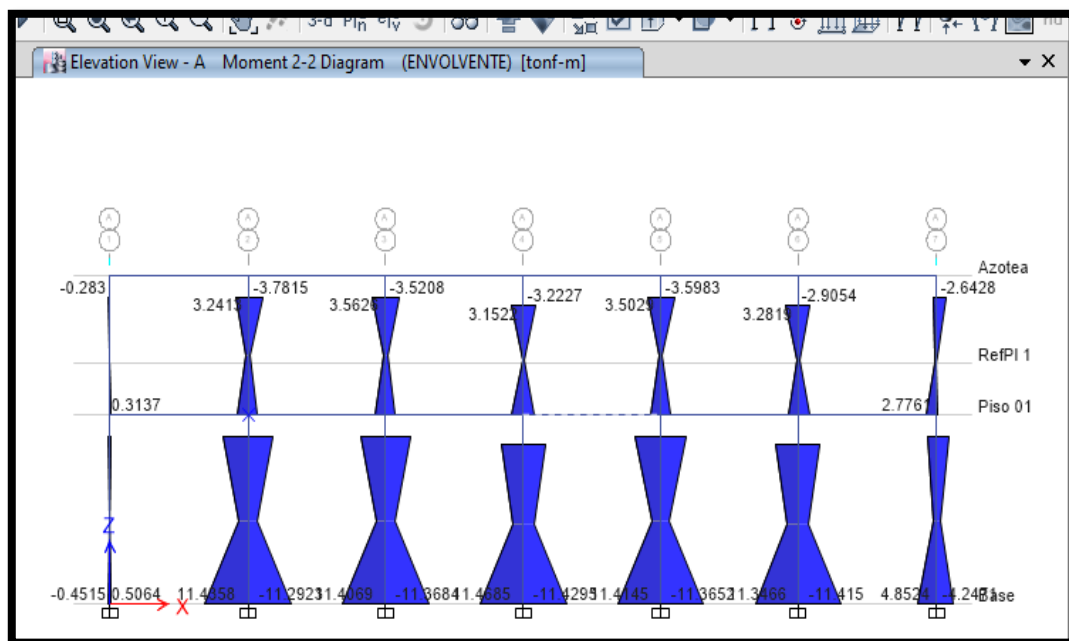
Se muestran el resumen de cargas en las tablas N°34, 36 y 38, para las columnas tipo T, L y rectangulares; con los que se realizó la verificación del diseño mediante sus diagramas de iteración y combinaciones de carga establecidas en la norma E.060-2009.

La norma técnica E.030-2018 en el artículo 16.1 detalla que por lo menos el 80% de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos.

En el artículo 16.2 de la norma técnica E.030-2018 detalla que las columnas son diseñadas para tener una resistencia mayor que las vigas cuando éstas incursionan en la zona de endurecimiento por deformación.

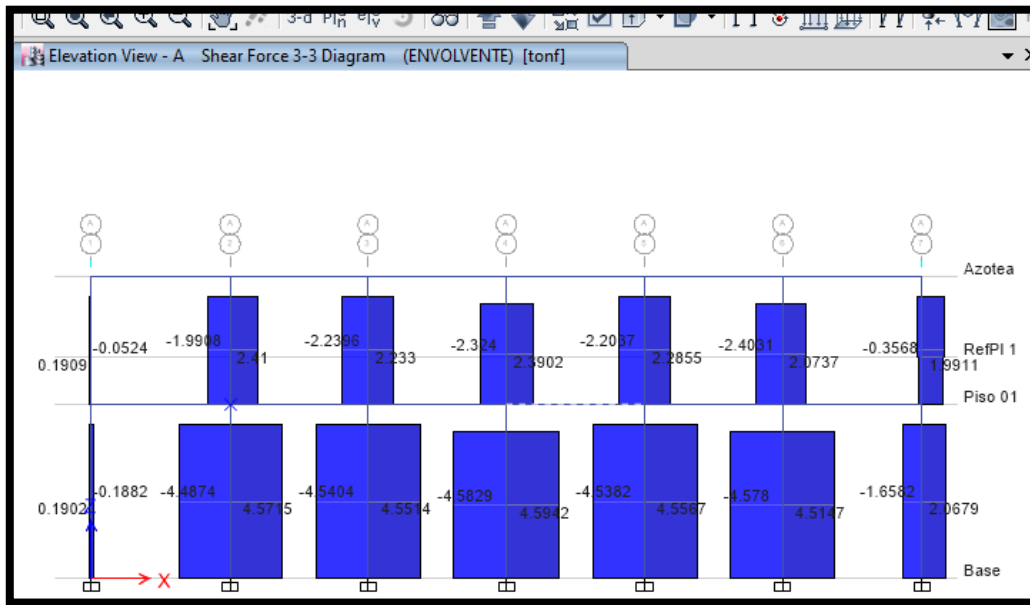
Por lo que se calculó las fuerzas en las columnas debido a la carga máximas envolventes generadas por el programa etabs 16.2.1.

Figura 30. Momentos flectores debido a la combinación envolvente



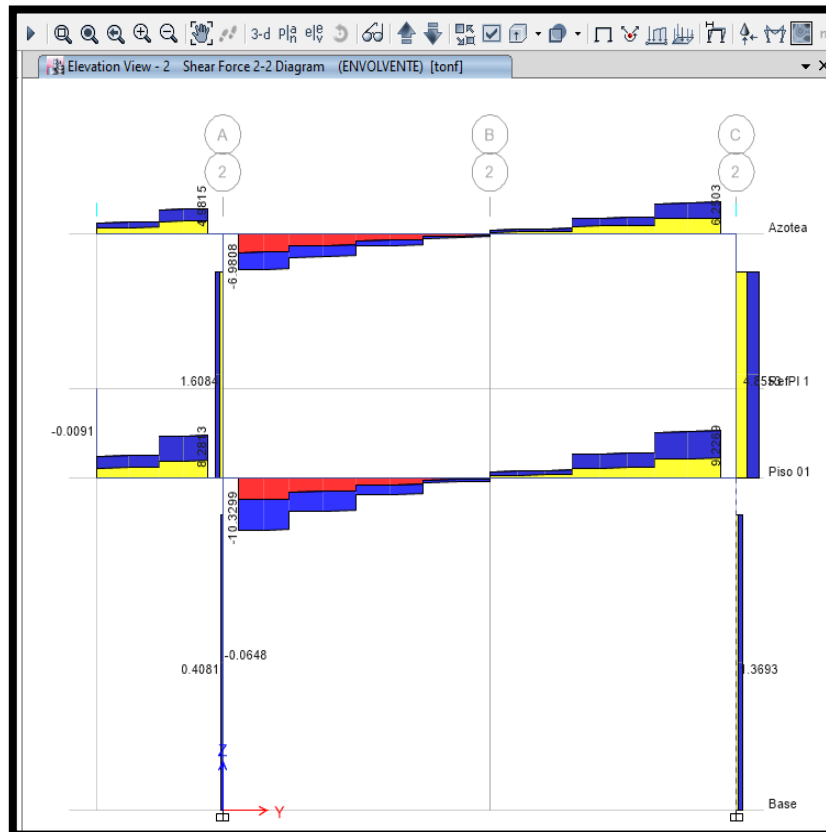
Fuente: Etabs 16.2.1.

Figura 31. Fuerzas cortantes debido a la combinación envolvente.



Fuente: Etabs 16.2.1.

Figura 32. Envoltura del diagrama de fuerza cortante, vista lateral



Fuente: Etabs 16.2.1.

Verificación de diseño de columna (T)

Tabla N°29: Fuerzas axiales y momentos flectores para la columna T, por cargas de gravedad y el análisis modal espectral.

Tabla 34: Fuerzas axiales y momentos flectores

Tipo de carga	P (Tn)	M22 (Tn-m)	M33 (Tn-m)
Muerta	16.36	0.047	-1.522
Viva	3.302	0.0302	-0.776
Sismo en X	0.66	11.16	0.0208
Sismo en Y	0.7734	0.0127	0.4854

Fuente: elaboración propia con datos de Etabs 16.2.1.

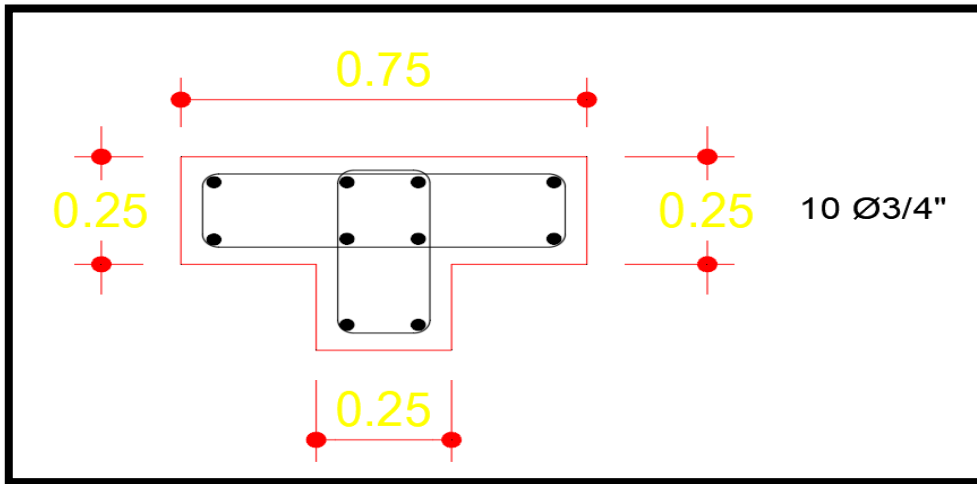
Tabla 35: Combinación de carga Pu y Mu para la columna en estudio

Combinación de carga	P (Tn)	Mx (Tn-m)	My (Tn-m)
1.4CM+1.7CV	28.52	0.117	-3.45
1.25(CM+CV)+SX	23.92	11.09	-2.87
1.25(CM+CV)-SX	25.24	-11.23	-2.87
0.9CM+SX	14.06	11.13	-1.36
0.9CM-SX	15.38	-11.19	-1.37
1.25(CM+CV)+SY	23.80	0.104	-2.68
1.25(CM+CV)-SY	25.35	0.10	-3.07
0.9CM+SY	13.95	0.05	1.26
0.9CM-SY	15.49	-0.0143	-1.57

Fuente: elaboración propia con datos de tabla N°28.

Para la sección T de área bruta de 2375 cm², la cuantía mínima de 1% obtenemos 23.75 cm² de acero y el área de acero especificado en los planos es de 28.50 cm²; por lo que se empezara la iteración con 10 barras de $\varnothing 3/4''$.

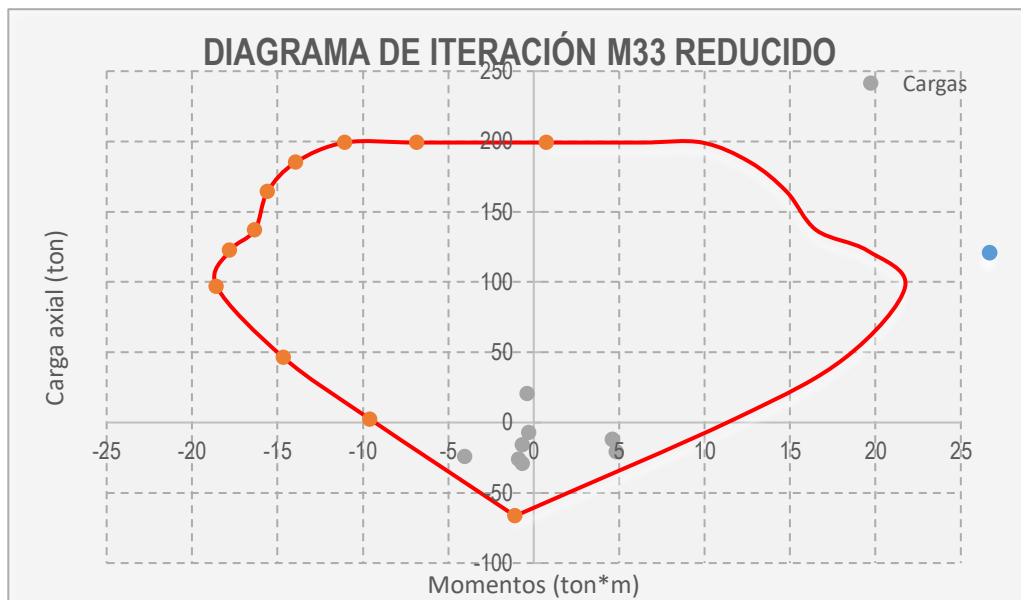
Figura 33. Columna T, especificado en planos de estructuras del expediente técnico (ver anexo N°4)

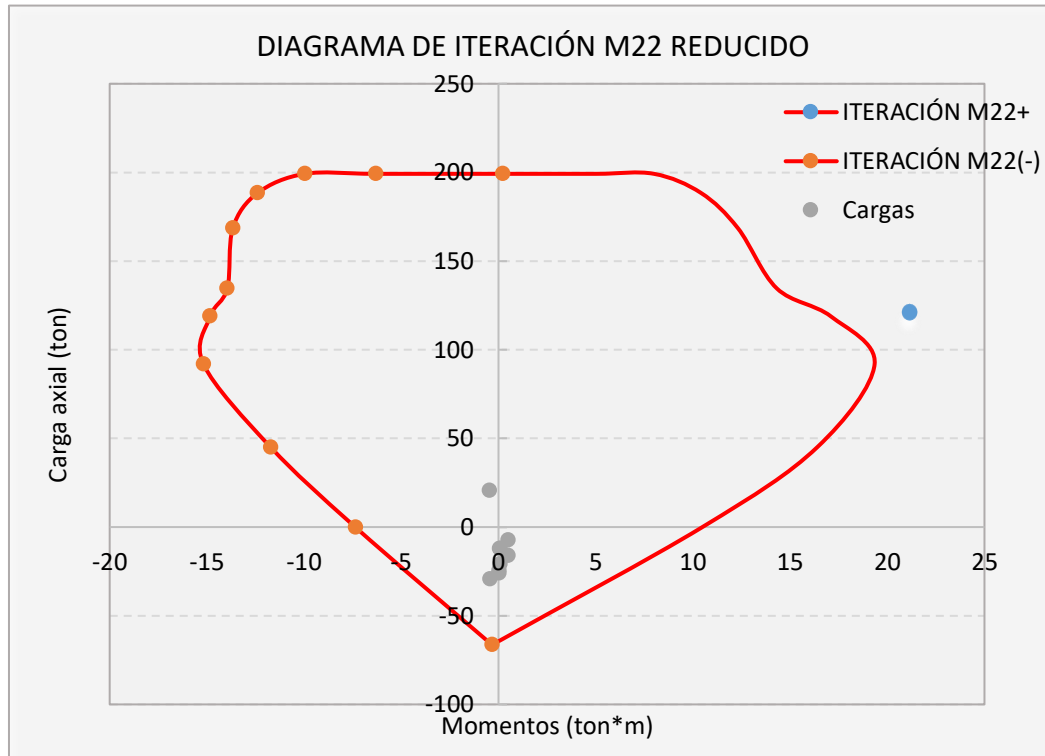


Fuente: Planos del expediente técnico.

Elaborando el diagrama de iteración para ambas direcciones y ubicados los puntos (M_u , P_u).

Figura 34. Puntos (M_u , P_u) ubicados en los diagramas de interacción para cada dirección





Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura N°34 del diagrama de iteración para la columna T para las combinaciones de carga $P_u - M_u$ se ubica por debajo de las curvas de resistencia con un margen razonable; por lo que los aceros especificados en los planos del expediente cumplen para el diseño.

Para el cálculo se tomó el V_u máximo obtenido para la combinación mayor 1.25 (CM+CV) +CS, en la dirección Y, por lo que se analizara solo en la dirección Siendo la carga ultima de 28.51 Tn reemplazamos en la fórmula.

$$v_c = 0.53 * \sqrt{210} \left(1 + \frac{28.51}{140 * 2375} \right) 75 * 50 = 34.41 \text{ Tn}$$

$$\phi v_c = 0.85 * 34.41 = 32.64 \text{ Tn}$$

Observamos que $V_u < \phi v_c$ como la resistencia del concreto es mayor que la carga ultima se requiere diseñar estribos mínimos que estarán dados por los requerimientos mínimos de la norma, se proveerá de estribos dobles de $\phi 3/8$ " en cada espaciamiento, $A_v = 2 * 0.71 = 1.42 \text{ cm}^2$.

- El espaciamiento S_o dentro de esta zona de confinamiento L_o no será mayor que:
8 diámetro barra = $8 * 1.91 * 1 = 15.28 \text{ cm}$
- La mitad de la menor dimensión: $50/2 = 25 \text{ cm}$

- 10 cm.

Por tanto, el menor espaciamiento es $S_o = 10\text{cm}$ en zona de confinamiento.

- La longitud L_o debe ser mayor que estos valores:
 - $L_n/6 = 450/6 = 75\text{cm}$
 - La mayor dimensión 100.
 - 50cm.

Por tanto, el mayor espaciamiento es $L_o = 100\text{cm}$.

- Fuera de la longitud L_o , la separación no será mayor que:
 - La menor dimensión 25 cm.
 - 30 cm.

Por tanto, la distribución del refuerzo transversal final será:

Estribos de $\emptyset 3/8''$: 1@0.05, 10@0.10, Resto@0.25 a cada extremo.

El acero del estribo especificado en los planos del expediente cumple con los estribos calculados en esta investigación.

Verificación de diseño de columna rectangular (25x40 cm)

Fuerzas axiales y momentos flectores para la columna rectangular, por cargas de gravedad y el análisis modal espectral.

Tabla 36: Fuerzas axiales y momentos flectores

Tipo de carga	P (Tn)	M22 (Tn-M)	M33 (Tn-M)
Muerta	8.23	-0.015	0.52
Viva	1.17	-0.0059	0.26
Sismo X	0.6797	0.025	0.62
Sismo Y	0.084	0.245	0.004

Fuente: Etabs 16.2.1.

Tabla 37: Combinación de carga P_u y M_u para la columna en estudio

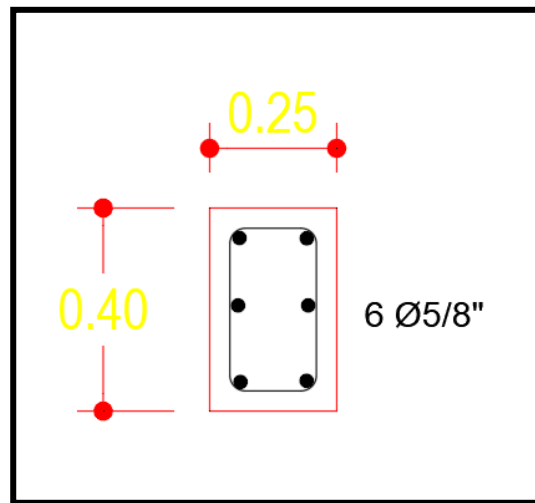
Combinación de carga	P (Tn)	M_x (Tn-M)	M_y (Tn-M)
1.4CM+1.7CV	13.52	0.03	1.164
1.25(CM+CV)+SX	11.08	0.014	-0.142
1.25(CM+CV)-SX	12.44	-0.05	-1.18
0.9CM+SX	6.73	-0.14	0.078
0.9CM-SX	8.09	-0.04	-0.90
1.25(CM+CV)+SY	11.67	0.22	0.97

1.25(CM+CV)-SY	11.84	-0.219	-0.97
0.9CM+SY	6.73	0.014	0.79
0.9CM-SY	7.49	0.232	0.26

Fuente: elaboración propia.

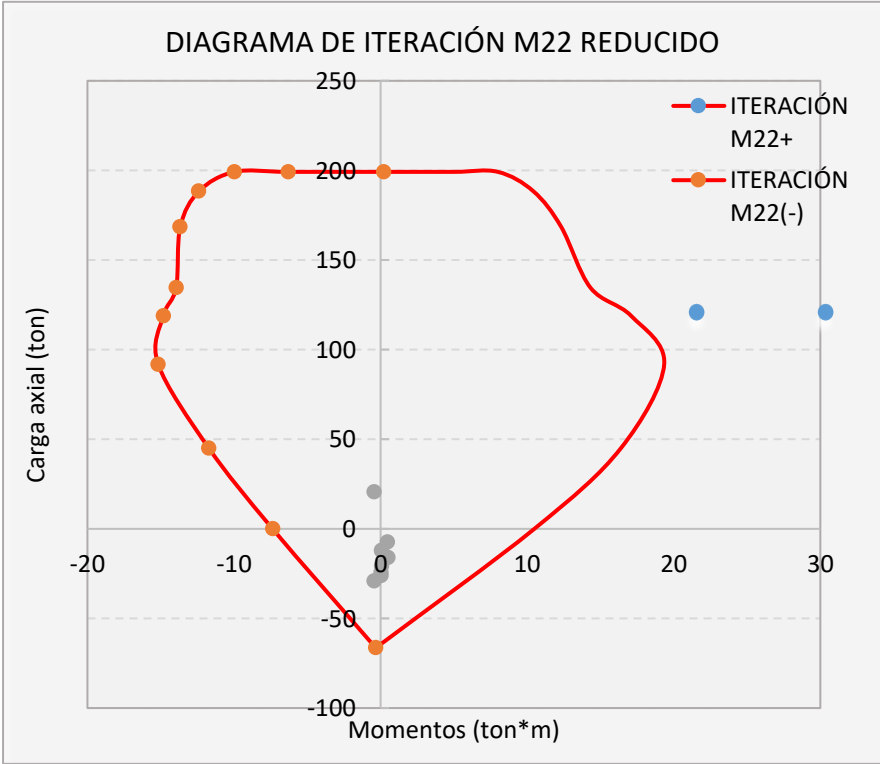
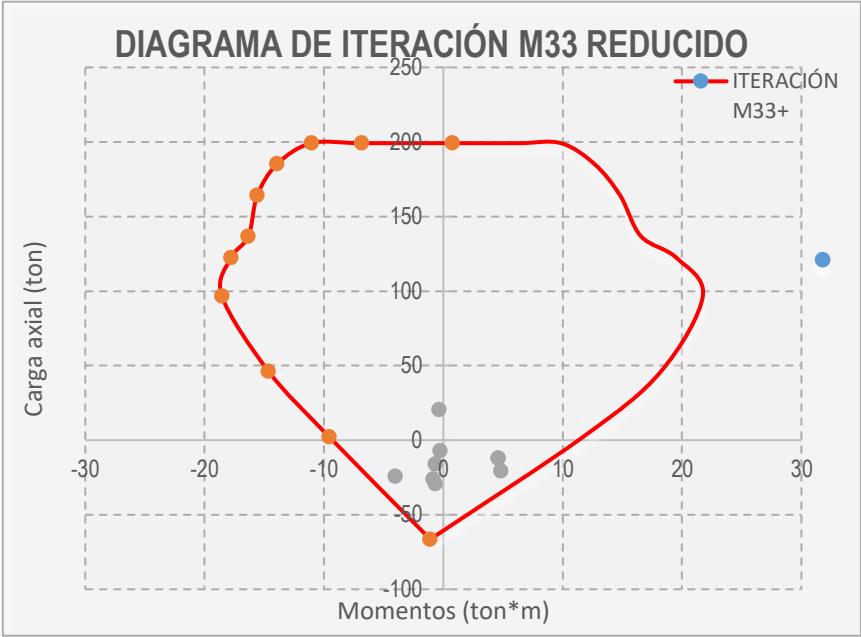
Para la sección rectangular de área bruta de $25 \times 40 = 1000 \text{ cm}^2$, la cuantía mínima de 1% obtenemos 10 cm^2 de acero y el área de acero especificado en los planos es de 11.88 cm^2 ; por lo que se empezara la iteración con 6 barras de $\varnothing 5/8''$.

Figura 35. Columna 25x40cm, especificado en planos de estructuras (ver anexo N°4)



Fuente: Planos del expediente técnico.

Elaborando el diagrama de interacción para ambas direcciones y ubicados los puntos (M_u , P_u).



con un margen razonable; por lo que los aceros especificados en los planos del expediente cumplen para el diseño.

Como se vio en los diagramas de interacción los momentos flectores en ambas direcciones son muy bajos por lo que no es necesario hacer el análisis por flexión biaxial.

Para el cálculo se tomará el V_u máximo obtenido para la combinación mayor 1.4 CM+ 1.7CV en la dirección X, por lo que se analizó solo en la dirección, siendo la carga última de 13.52 Tn reemplazamos en la fórmula 32.

$$v_c = 0.53 * \sqrt{210} \left(1 + \frac{13.52}{140 * 1000} \right) 25 * 36 = 6.913 \text{ Tn}$$

$$\phi v_c = 0.85 * 6.913 = 5.88 \text{ Tn}$$

Observamos que $V_u < \phi v_c$ como la resistencia del concreto es mayor que la carga última se requiere diseñar estribos mínimos que estarán dados por los requerimientos mínimos de la norma, se provee de estribos dobles de $\phi 3/8$ " en cada espaciamiento, $A_v = 2 * 0.71 = 1.42 \text{ cm}^2$.

- El espaciamiento S_o dentro de esta zona de confinamiento L_o no será mayor que:
 - 8 diámetro barra = $8 * 1.58 = 12.70 \text{ cm}$
 - La mitad de la menor dimensión: $25/2 = 12.5$
 - 10 cm.

Por tanto, el menor espaciamiento es $S_o = 10 \text{ cm}$ en zona de confinamiento.

- La longitud L_o debe ser mayor que estos valores:
 - $L_n/6 = 4.45/6 = 0.74 \text{ cm}$
 - La mayor dimensión = 40cm
 - 50cm

Por tanto, el mayor espaciamiento es $L_o = 75 \text{ cm}$.

- Fuera de la longitud L_o , la separación no será mayor que:
 - La menor dimensión 25 cm.
 - 30 cm.

Por tanto, la distribución del refuerzo transversal final será:

Estribos de $\phi 3/8$ " : 1@0.05, 8@0.10, Resto@0.25 a cada extremo.

El acero del estribo especificado en los planos del expediente cumple con los estribos calculados en esta investigación.

Verificación de diseño de columna (L)

Tabla N°32: Fuerzas axiales y momentos flectores para la columna L, por cargas de gravedad y el análisis modal espectral.

Tabla 38: Fuerzas axiales y momentos flectores

Tipo de carga	P (Tn)	M22 (Tn-M)	M33 (Tn-M)
Muerta	15.46	0.021	-0.3564
Viva	2.62	0.01	-0.21
Sismo X	7.76	8.32	0.2
Sismo Y	6.65	0.47	0.03

Fuente: elaboración propia con datos de Etabs 16.2.1.

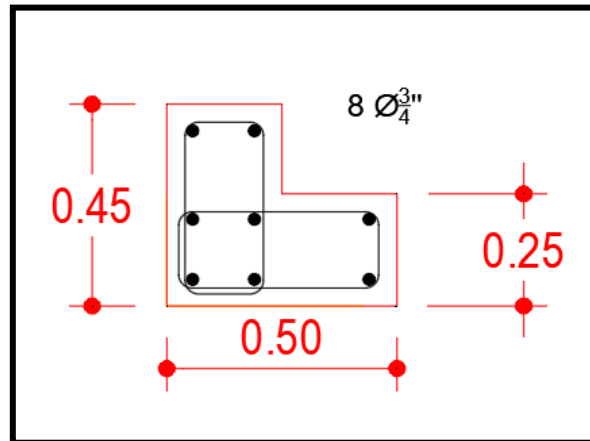
Tabla 39: Fuerzas axiales y momentos flectores

Combinación de carga	P (Tn)	Mx (Tn-M)	My (Tn-M)
1.4CM+1.7CV	26.09	0.045	-0.854
1.25(CM+CV)+SX	20.76	0.09	4.84
1.25(CM+CV)-SX	24.43	0.03	-4.03
0.9CM+SX	12.08	0.074	4.62
0.9CM-SX	12.08	0.08	4.62
1.25(CM+CV)+SY	15.95	0.51	-0.66
1.25(CM+CV)-SY	29.24	-0.433	-0.65
0.9CM+SY	7.27	0.49	-0.27
0.9CM-SY	-20.56	-0.45	-0.37

Fuente: elaboración propia con datos de tabla N°32.

Para la sección L de área bruta de 1750 cm², la cuantía mínima de 1% obtenemos 17.5 cm² de acero y el área de acero especificado en los planos es de 22.80 cm²; por lo que se empezara la iteración con 8 barras de Ø 3/4”.

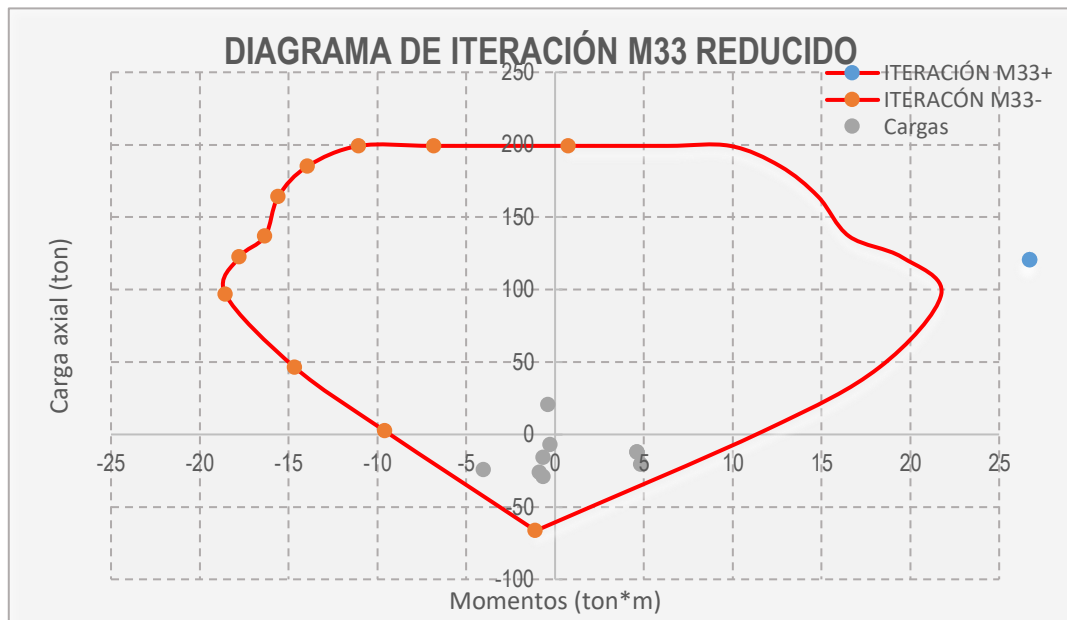
**Figura 37. Columna L, especificado en planos de estructuras del expediente técnico
(ver anexo N°3)**

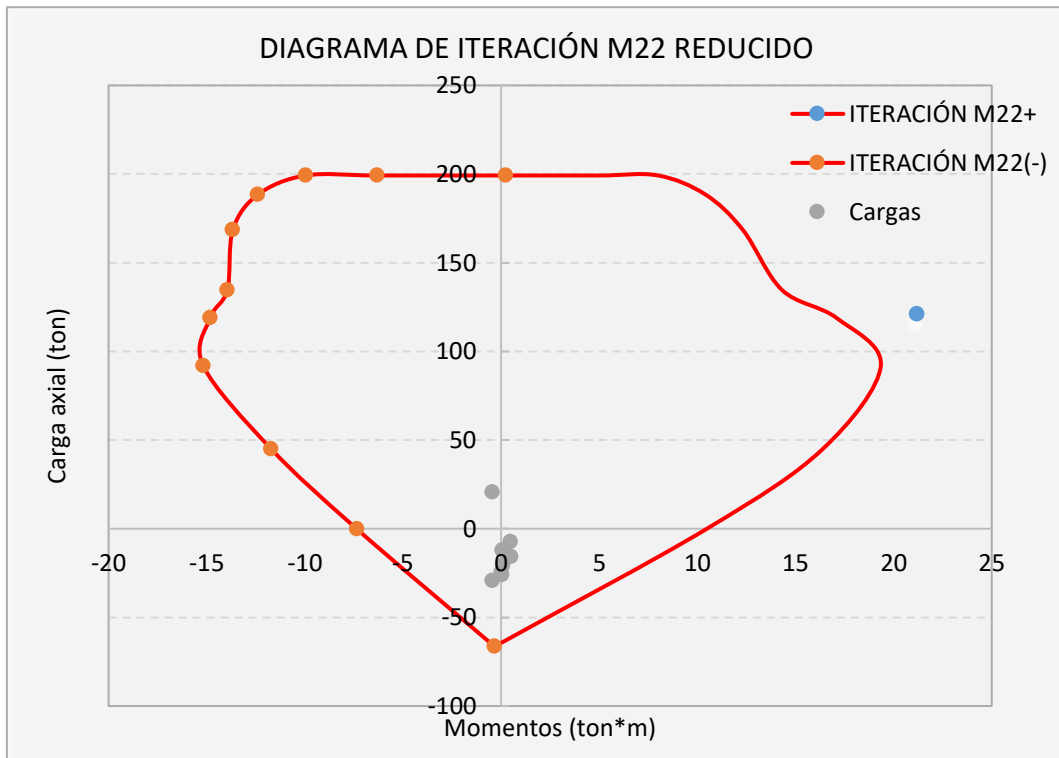


Fuente: Planos del expediente técnico.

Elaborando el diagrama de iteración para ambas direcciones y ubicados los puntos (M_u , P_u).

Figura 38. Puntos (M_u , P_u) ubicados en los diagramas de interacción para cada dirección





Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura N°38 del diagrama de iteración para la columna L para las combinaciones de carga $P_u - M_u$ se ubican por debajo de las curvas de resistencia con un margen razonable; por lo que el acero especificado en los planos del expediente cumple para el diseño.

Como se vio en los diagramas de interacción los momentos flectores en ambas direcciones son muy bajos por lo que no es necesario hacer el análisis por flexión biaxial.

Para el cálculo se tomó el V_u máximo obtenido para la combinación mayor $1.4 CM + 1.7 CV$, en la dirección X, por lo que se analizó solo en la dirección. Siendo la carga última de 29.24 Tn reemplazamos en la fórmula 32.

$$v_c = 0.53 * \sqrt{210} \left(1 + \frac{29.24}{140 * 2750} \right) 45 * 45 = 15.55 \text{ Tn}$$

$$\phi v_c = 0.85 * 15.55 = 13.220 \text{ Tn}$$

Observamos que $V_u < \phi v_c$ como la resistencia del concreto es mayor que la carga última de diseño, se diseñó estribos mínimos que estarán dados por los requerimientos mínimos de la norma, se provee de estribos dobles de $\phi 3/8$ " en cada espaciamiento, $A_v = 2 * 0.71 = 1.42 \text{ cm}^2$.

- El espaciamiento S_o dentro de esta zona de confinamiento L_o no será mayor que:
 - $8 \text{diámetro barra} = 8 \times 1.91 \times 1 = 15.28 \text{cm}$
 - La mitad de la menor dimensión: $50/2 = 25 \text{cm}$
 - 10 cm.

Por tanto, el menor espaciamiento es $S_o = 10 \text{cm}$ en zona de confinamiento.

- La longitud L_o debe ser mayor que estos valores:
 - $L_n/6 = 445/6 = 74.16 \text{cm}$
 - La mayor dimensión 50cm
 - 50cm.

Por tanto, el mayor espaciamiento es $L_o = 75 \text{cm}$.

- Fuera de la longitud L_o , la separación no será mayor que:
 - La menor dimensión 25 cm.
 - 30 cm.

Por tanto, la distribución del refuerzo transversal final será:

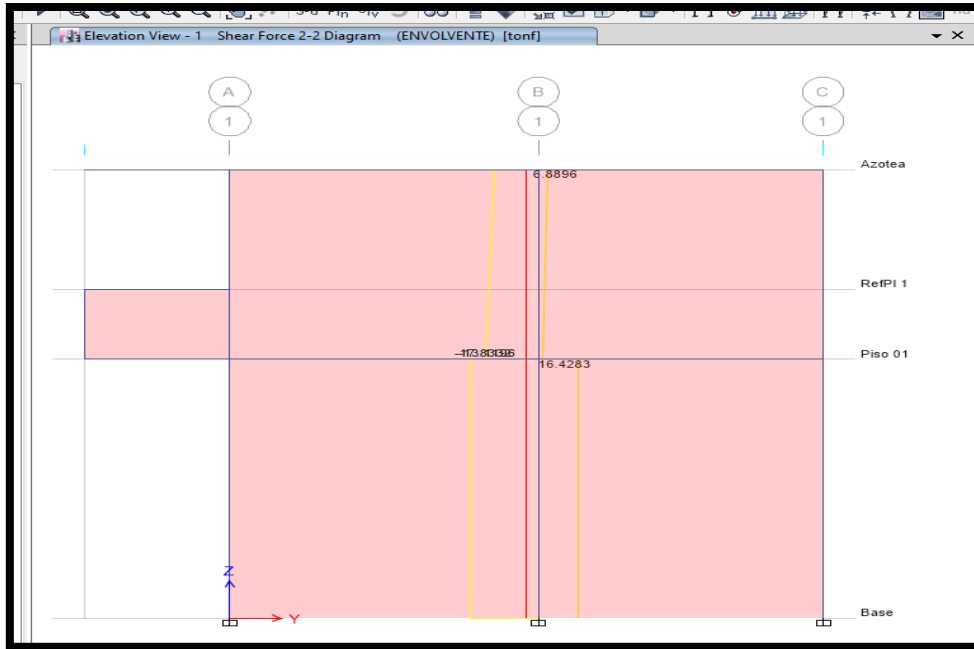
Estribos de $\emptyset 3/8''$: $1@0.05$, $8@0.10$, Resto@0.25 a cada extremo.

El acero del estribo especificado en los planos del expediente cumple con los estribos calculados en esta investigación.

Verificación del diseño de muro de albañilería

Se muestra el muro de albañilería en la figura 39, las cargas actuantes en los muros son las cargas axiales verticales incluyendo 100% de la sobrecarga.

Figura 39. Fuerzas axiales en muro portante



Fuente: Etabs 16.2.1.

El esfuerzo máximo f_a , considerando la suma de la carga muerta y 100% de la carga viva, la cual nos da un peso vertical verificado en la siguiente figura.

Figura 25. Peso vertical considerando carga muerta y 100% carga viva, para el primer muro denominado (Muro eje 1)

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m
Azotea	MURO EJE 1	D+100%L	Bottom	-13.8922	-4.1592	1.5795	-0.1552
Piso 01	MURO EJE 1	D+100%L	Bottom	-29.584	-0.759	0.4254	-0.0004

Fuente: Datos de Etabs

Para verificar el esfuerzo axial máximo con la fórmula 33.

$$f_a = \frac{29584.0}{764 \times 25} \leq 0.2 \times 65 \left[1 - \left(\frac{390}{35 \times 25} \right)^2 \right] \leq 0.15 \times 65$$

$$f_a = 1.55 \leq 8.92 \leq 9.75$$

Por lo cual se verificó que el espesor y la resistencia del ladrillo son suficientes para cumplir con el esfuerzo axial que genera la estructura.

Figura 26. Peso vertical considerando carga muerta y 100% carga viva, para el segundo muro denominado (Muro eje 3)

	Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m
▶	Azotea	MURO EJE 3	D+100%L	Bottom	-17.0165	-1.4873	-0.3626	-0.0198
	Piso 01	MURO EJE 3	D+100%L	Bottom	-37.529	-0.3283	-0.1126	-0.006

Fuente: Datos de Etabs 16.2.1.

Se verificó el esfuerzo axial máximo con la fórmula 33.

$$f_a = \frac{37529}{764 \times 25} \leq 0.2 \times 65 \left[1 - \left(\frac{390}{35 \times 25} \right)^2 \right] \leq 0.15 \times 65$$

$$f_a = 1.96 \leq 8.92 \leq 9.75$$

Por lo cual se comprobó que el espesor y la resistencia del ladrillo son suficientes para cumplir con el esfuerzo axial que genera la estructura.

Figura 27. Peso vertical considerando carga muerta y 100% carga viva, para el segundo muro denominado (muro eje 5)

	Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m
▶	Azotea	MURO EJE 5	D+100%L	Bottom	-16.5678	-1.3723	-0.0027	0.0032
	Piso 01	MURO EJE 5	D+100%L	Bottom	-36.3849	-0.3111	0.001	0.0009

Fuente: Datos de Etabs 16.2.1.

Se verificó el esfuerzo axial máximo con la fórmula 33.

$$f_a = \frac{36384.90}{764 \times 25} \leq 0.2 \times 65 \left[1 - \left(\frac{390}{35 \times 25} \right)^2 \right] \leq 0.15 \times 65$$

$$f_a = 1.90 \leq 8.92 \leq 9.75$$

Por lo cual se verificó que el espesor y la resistencia del ladrillo son suficientes para cumplir con el esfuerzo axial que genera la estructura.

Figura 28. Peso vertical considerando carga muerta y 100% carga viva, para el segundo muro denominado (Muro eje 7)

	Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m
	Azotea	MURO EJE 7	D+100%L	Bottom	-13.4589	-3.5696	-1.1424	0.1752
▶	Piso 01	MURO EJE 7	D+100%L	Bottom	-28.5003	-0.6452	-0.2927	0.0025

Fuente: Datos de Etabs 16.2.1.

Se verificó el esfuerzo axial máximo con la fórmula 33.

$$f_a = \frac{28500.3}{764 \times 25} \leq 0.2 \times 65 \left[1 - \left(\frac{390}{35 \times 25} \right)^2 \right] \leq 0.15 \times 65$$

$$f_a = 1.49 \leq 8.92 \leq 9.75$$

Por lo cual se verificó que el espesor y la resistencia del ladrillo son suficientes para cumplir con el esfuerzo axial que genera la estructura.

C. Resumen de resultados

En la siguiente tabla se muestra el resumen de resultados del modelamiento estructural y resumen de resultados de la verificación del diseño de elementos de concreto armado.

Tabla 40: Resumen de resultados

Desplazamiento estático - dirección X		
Nivel	calculo	Norma técnica E.030-2018
Piso 1	0.003388	0.007
Piso 2	0.002041	0.007
Desplazamiento estático - muros		
Nivel	calculo	Norma técnica E.030-2018
Piso 1	0.0002720	0.005
Piso 2	0.0002043	0.005
Desplazamiento dinámico - dirección x		
Nivel	calculo	Norma técnica E.030-2018
Piso 1	0.0032777	0.007
Piso 2	0.0018588	0.007
Desplazamiento dinámico - muros		
Nivel	calculo	Norma técnica E.030-2018
Piso 1	0.0003478	0.005
Piso 2	0.0007233	0.005
Fuerza cortante en la base		
Cortante en base	fc. dinámico >	80% f.c. estatico
Dirección X	55.444 tn >	45.699
Dirección Y	72.9578 >	38.9966
Albañilería	n.t.e0.70	

Muro eje 1	$fa=1.55 \leq 8.92 \leq 9.75$	cumple
Muro eje 3	$fa=1.96 \leq 8.92 \leq 9.75$	cumple
Muro eje 5	$fa=1.90 \leq 8.92 \leq 9.75$	cumple
Muro eje 7	$fa=1.49 \leq 8.92 \leq 9.75$	cumple
	acero-expediente	acero-calculado
Columna T	as= 28.50 cm ²	as= 27.5 cm ²
Columna rect.l	as= 11.88 cm ²	as= 10.25 cm ²
Columna L	as= 22.80 cm ³	as= 20.15 cm ³

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de los resultados

De acuerdo con los objetivos de la investigación, se ha evaluado los desplazamientos en la estructura y las fuerzas internas en sus componentes estructurales.

4.2. Modelamiento estructural

4.2.1. Distorsión de entrepiso

Se tiene una edificación rígida, presenta distorsiones de entrepiso incluso menores al 50% permisible por la norma técnica E.030-2018. De la tabla 22 los desplazamientos laterales relativos admisibles para el análisis estático en la dirección X para el 1er piso 0.003388, 2do piso 0.002041, de la tabla 23 los desplazamientos laterales relativos admisibles para el análisis estático en la dirección Y para el 1er piso 0.0002720, 2do piso 0.0002043 y para el análisis dinámico en la tabla 24 los desplazamientos laterales relativos admisibles en la dirección X para el 1er piso 0.0032777, 2do piso 0.0018588; en la tabla 25 los desplazamientos laterales relativos admisibles en la dirección Y para el 1er piso 0.0003478, 2do piso 0.0007233 por lo que los desplazamientos admisibles calculados cumplen con los desplazamientos admisibles de la norma técnica E.030-2018 en concreto armado (0.007) y albañilería (0.005).

4.2.2. Cortante basal

La fuerza cortante en la base se calculó cumpliendo con la norma técnica E.030-2018, en ambas direcciones, estático $X = 57.127 \text{ Tn}$; $Y = 48.7458 \text{ Tn}$ y dinámico $X = 72.9578 \text{ Tn}$; $Y = 55.444 \text{ Tn}$, por lo que la fuerza cortante en la base del análisis dinámico es mayor que el 80% que la fuerza cortante del análisis estático.

4.2.3. Verificación del diseño de elementos de concreto armado

Las losas aligeradas, han sido revisadas por flexión y cortante, cumpliendo con los lineamientos de la norma E.060 de concreto armado, presentando cuantías de refuerzo dentro de los límites de mínimo y máximo y con un peralte adecuado para resistir la fuerza cortante actuante.

Las vigas, se verificaron para flexión y cortante, presentando un adecuado comportamiento, cumpliendo con cuantías mínimas y máximas según norma E.060.

En columnas se verificó el diseño por flexocompresión y diseño por corte, cumpliendo con los lineamientos de la norma E.060.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El Bloque BI de la Institución Educativa Cristo Rey de Fila Alta N° 16006 se comporta adecuadamente ante el análisis sísmico estático y dinámico modal espectral aplicado en ambas direcciones X y Y, cumpliendo con la norma técnica E.030-2018.
- Se pudo observar que los elementos estructurales satisfacen las condiciones de diseño $\phi R_n < R_u$ cumpliendo con la norma E.060-2009.
- Los elementos de albañilería confinada (muros portantes) cumple con los requisitos de resistencia de la norma E-070.
- Los desplazamientos laterales relativos admisibles para el análisis estático en la dirección X para el 1er piso 0.003388, 2do piso 0.002041; dirección Y para el 1er piso 0.0002720, 2do piso 0.0002043 y análisis dinámico en la dirección X para el 1er piso 0.0032777, 2do piso 0.0018588; dirección Y para el 1er piso 0.0003478, 2do piso 0.0007233 por lo que los desplazamientos admisibles calculados cumplen con los desplazamientos admisibles de la norma técnica E.030-2018 en concreto armado (0.007) y albañilería (0.005).
- La fuerza cortante en la base con el software Etabs en ambas direcciones, estático X = 57.127 Tn, Y = 48.7458 Tn y dinámico X = 72.9578Tn, Y = 55.444 Tn; por lo que la fuerza cortante en la base del análisis dinámico es mayor que el 80% que la fuerza cortante del análisis estático cumpliendo con la norma técnica E.030-2018.

5.2 Recomendaciones

- Al momento de diseñar una estructura en un programa asistido por computadora se recomienda tener un buen criterio estructural y es diseñador no debe confiar totalmente de los resultados que arroja el programa especialmente de datos incoherentes o erróneos para tener como producto una edificación eficiente y de menor costo.
- Para reducir los desplazamientos de una edificación ante movimientos sísmicos se recomienda diseñar con muros portantes o placas ya que estas reducen los desplazamientos porque absorben las fuerzas cortantes producidas.
- También al momento de ejecutar el diseño las personas encargadas de la supervisión y construcción de estas estructuras esenciales, lleven con responsabilidad y

cumplimientos de las normas y especificaciones técnicas dispuestas para su ejecución y así lograr plasmas correctamente lo diseñado.

- Tener en cuenta realizar un buen estudio de suelos, ya que es un factor muy importante al momento de diseñar.

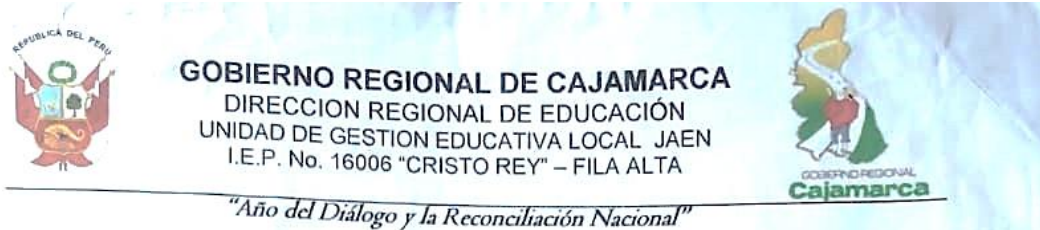
BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, P. Q. (2013). *Evaluación de la vulnerabilidad estructural de los muros de albañilería de la I.E. N° 17524 de la localidad de San Agustín del distrito de Bellavista Jaén* [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Blasco, A. B. (2014). *Estructura y diseño de edificaciones de concreto armado* (6° edición). Editorial Magueños.
- Casas, A. A. (2020). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres* [Tesis para optar el título de Ingeniero]. Universidad de Ciencias Aplicadas. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/648665/ArevaloC_A.pdf?sequence=3
- Choqueza, W., & Molluni, J. (2018). *Evaluación de la vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones públicas de concreto armado de la zona urbana del distrito de Ocuvi, provincia de Lampa, región Puno* [Tesis para optar Título]. Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Obtenido de <https://vriunap.pe/repositor/docs/d00003841-Borr.pdf>
- Cruz, J. L. (2013). *Diseño sismo resistente por desempeño y sus efectos en el comportamiento estructural* [Tesis para optar el título profesional]. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6524E0.30>, n. t. (s.f.).
- Hibberler, R. (2015). *Análisis estructural* (14° ed.). Pearson Education.
- Jiménez, C. M. (2014). *Calibración de umbrales de daño sísmico para el análisis de fragilidad sísmicas de estructuras de hormigón armado mediante análisis estático no lineal "Push Over"* [Tesis para optar el grado de Máster]. Universitat Politècnica de Catalunya. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/21138/Tesis%20Celio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, P. M. (2003). *Guía para Análisis y Diseño Estructural de Edificios de Hormigón Armado*. Obtenido de <https://www.freelibros.me/manual/guia-para-analisis-y-diseno-estructural-de-edificios-de-hormigon-armado>
- Luna, D., & García, J. (2017). *Diseño de un edificio de viviendas en San Isidro* [tesis para optar título profesional]. Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de https://up-pe.libguides.com/ld.php?content_id=55976859
- Marín, F. M. (2014). *Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica de los Pabellones 1 y 2 de la I.E. Estatal Ramón Castilla y Marquesado del Distrito de Jaén-Cajamarca* [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional de Cajamarca.

- Morales, R. M. (2014). *Diseño en concreto armado* (5° ed.). Garcia Maroto Editores.
- Pasino, G. O. (2014). *Diseño en concreto armado* (2° ed.). Aci Perú.
- Sarmiento, R. O. (2019). *Diseño sismoresistente de edificaciones de concreto armado 2* (2° ed.). Oviedo Ingenieria EIRL.
- Tavera, H. (2019). *Peligro Sismico*. Obtenido de Sociedad Geológica del Perú:
<https://www.sgp.org.pe/alerta-peru-un-pais-altamente-sismico/#:~:text=A%20nivel%20mundial%2C%20el%20Per%C3%BA,procesos%20de%20convecci%C3%B3n%20del%20manto>.
- VMCS. (2009). *DECRETO SUPREMO 010-2009-VIVIENDA. E.060*. Lima. Obtenido de
http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf
- VMCS. (2018). *Resolución Ministerial N° 043-2009-VIVIENDA - Norma Técnica E.030*.
Lima. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/299950/d289856_opt.pdf
- VMCS. (2019). *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) - E.070 Albañilería*. Lima. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

ANEXOS

ANEXO 01: Autorización del Director de la Institución Educativa Cristo Rey de Fila Alta N° 16006.



Fila Alta, 05 de diciembre de 2018

OFICIO N° 143-2018/RECAJ/JUGEL-J/I.E.P.N°16006 "CR"FAJ/D

Señor:
Dr. JOSE A. CORONEL DELGADO
COORDINADOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL -UNC-FILIAL - JAÉN
Ciudad.

Asunto : Autorización para realizar Plan de Tesis

Ref. : Oficio N° 406-2018-FI-EAPIC-UNC-FJ

Tengo el honor de dirigirme al despacho de su digno cargo, para saludarle a nombre de la Comunidad Educativa "Cristo Rey" de Fila Alta, a la vez hacer de su conocimiento que la Dirección de la Institución educativa, autoriza la ejecución del Plan de Tesis al alumno: **FRANK LUIS BUSTAMANTE TARRILLO**, de conformidad al oficio de la referencia. Por lo que se solicita que al término de la ejecución nos informe los resultados de la investigación.

Con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente,

Dr. A. Hugo Cieza Delgado
DIRECTOR

AHCD/O
Vigo/Sec.
C. c: Arch.

ANEXO 02: Panel fotográfico de la Institución Educativa Cristo Rey de Fila Alta N° 16006.

Fotografía N°01: Vista del Bloque B1 de la “I.E. Cristo Rey Fila Alta N° 16006.



Fotografía N°02: Vista del ingreso de la “I.E. Cristo Rey Fila Alta N° 16006.



Fotografía N°03: Junta de espaciamiento entre bloques 7cm.



Fotografía N°04: Vista de la viga.

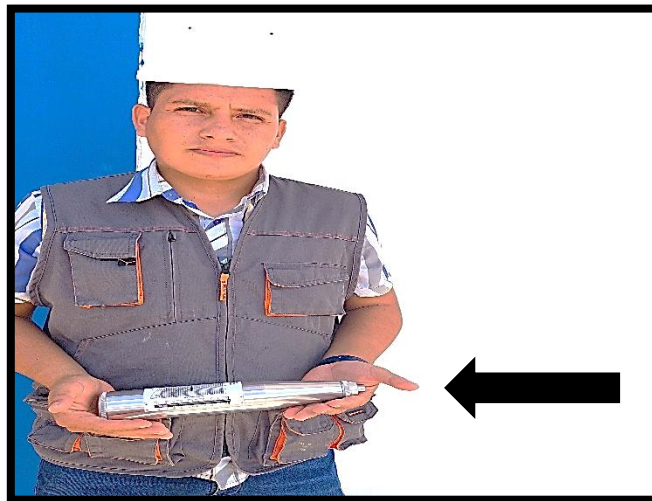


ANEXO 03: Ensayo de Esclerometría.

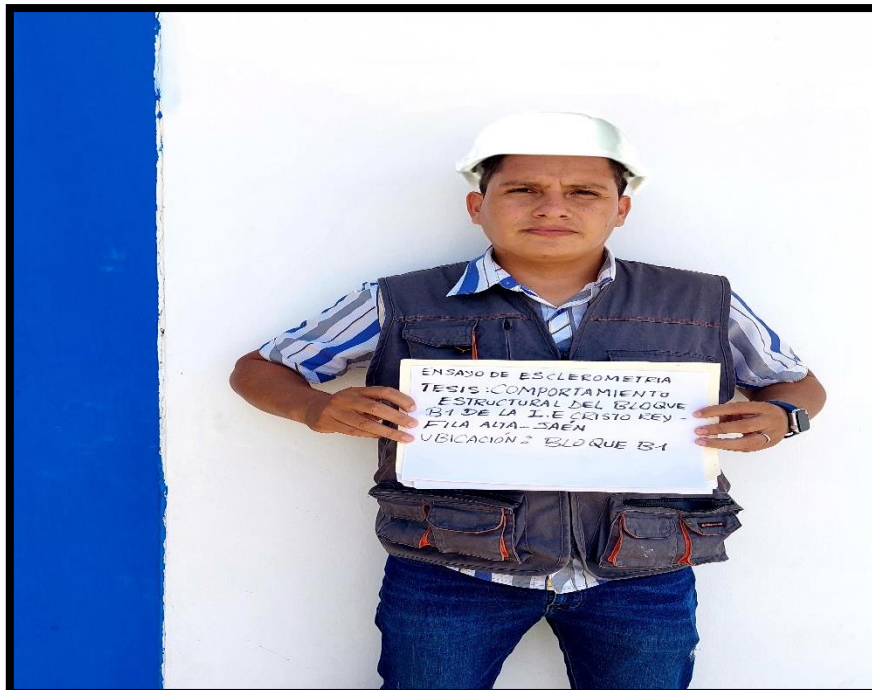
Se realizó el ensayo en el Bloque B1 de la Institución los días viernes 1 y sábado 2 de abril del presente año.

Primero se delimitó las regiones y se procedió con el ensayo de Esclerometría, para luego obtener los datos (número de rebote del concreto) para calcular la resistencia del concreto con el ábaco del esclerómetro usado en el ensayo.

Fotografía N°01: Esclerómetro usado en el ensayo.



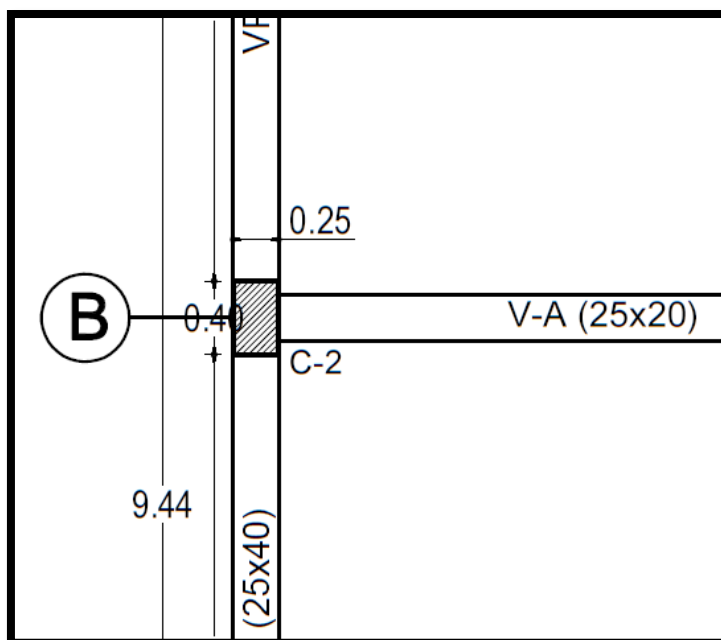
Fotografía N°02: ensayo de Esclerometría en el bloque B1.



Fotografía N°03: Ensayo de Esclerometría en la columna de (0.25m x 0.40m) del 1er nivel del Eje 1 – 1.



Ubicación en el plano del expediente técnico la columna que se realizó los ensayos

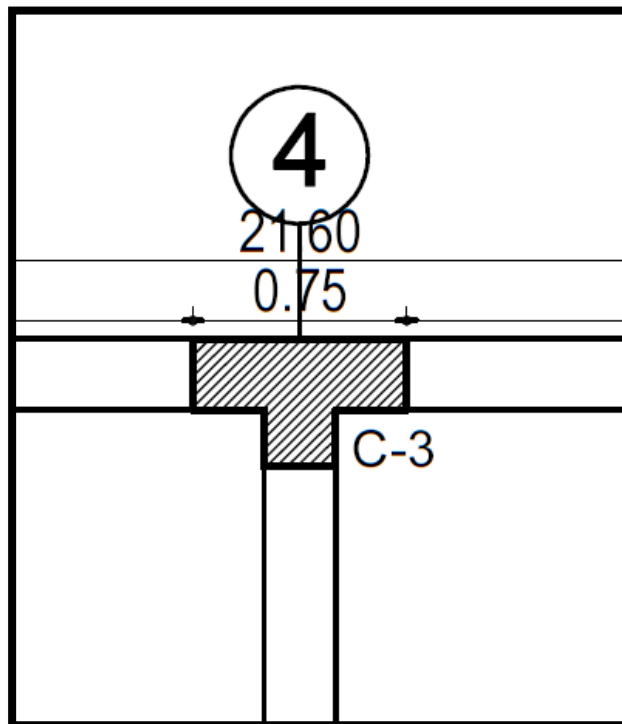


Fotografía N°04: Ensayo de Esclerometría en la columna del 2er nivel del Eje 4 –

4.



Ubicación en el plano del expediente técnico la columna que se realizó los ensayos.



Fotografía N°05: Ensayo de Esclerometría en el muro del 1er nivel del Eje 1--1.



Ubicación en el plano del expediente técnico el muro que se realizó los ensayos.

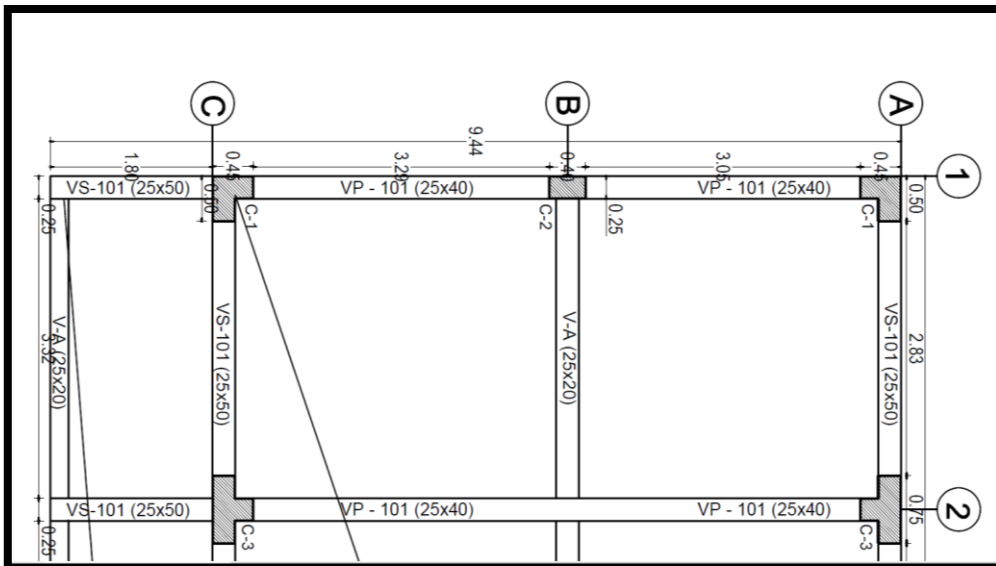
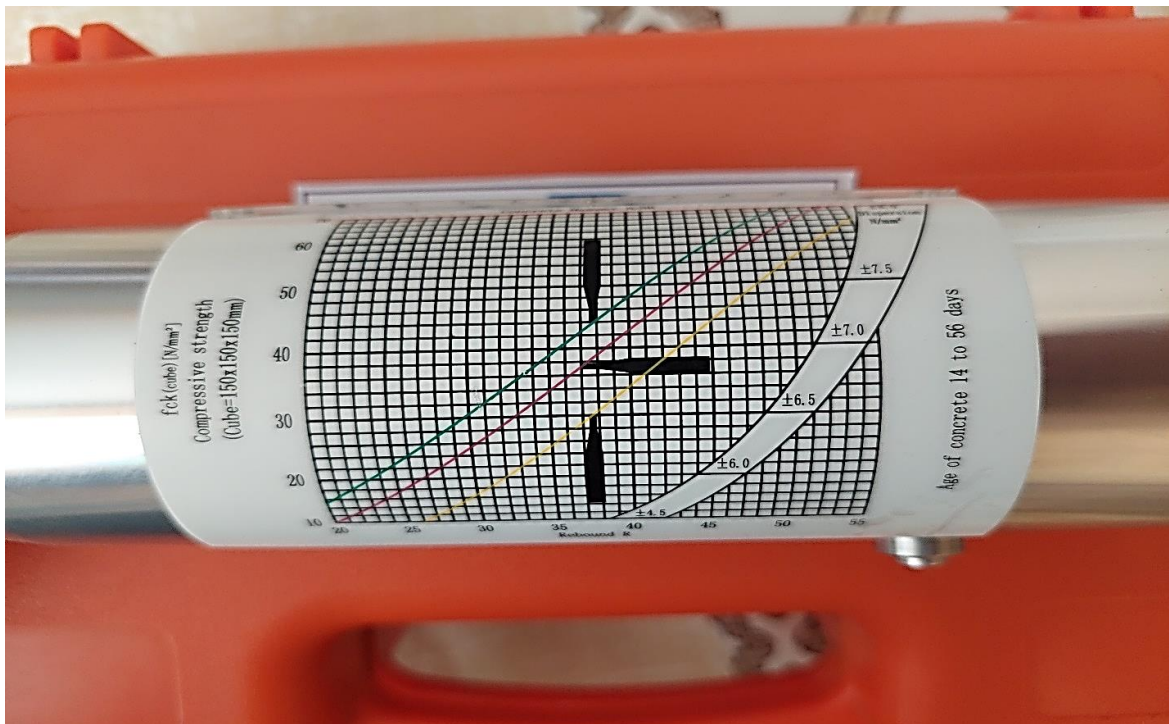


Foto N°6: Esclerómetro usado en el ensayo del bloque B1.

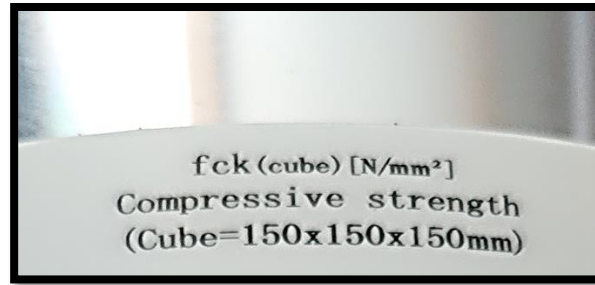


Foto N°7: Ábaco del Esclerómetro usado en el ensayo.



La línea verde, roja y amarilla indica la posición que se ha agarrado el Esclerómetro al momento de realizar el ensayo. En nuestro caso hemos utilizado la línea roja para el cálculo de la resistencia $f'c$. las unidades del ábaco están en (N/mm²), por lo que debemos realizar la conversión a (kg/cm²).

Foto N°8: Conversión de unidades del ábaco del Esclerómetro utilizado en los ensayos realizados.



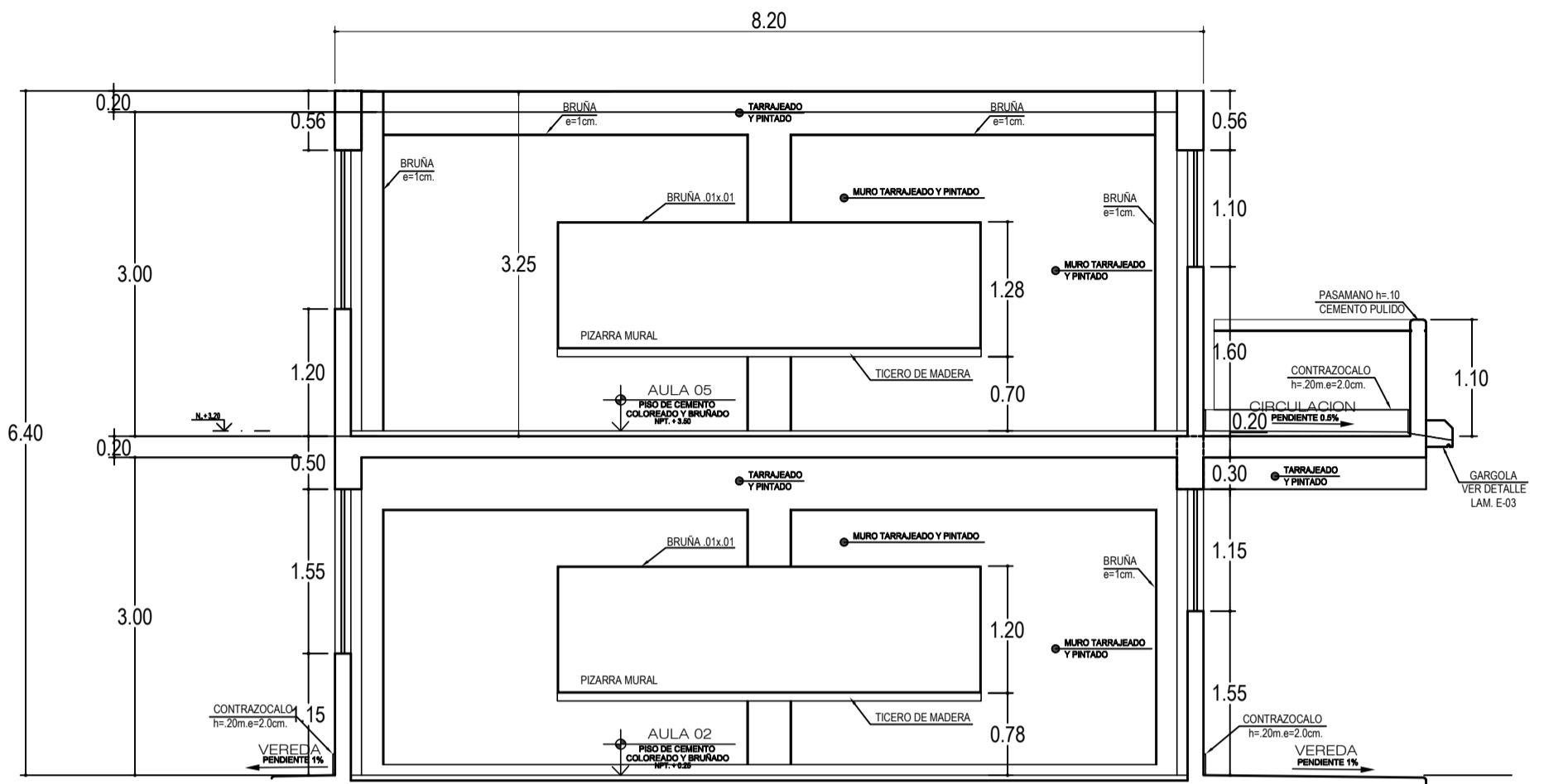
$$N = 0.102 \text{ kg}$$

$$\frac{N}{\text{mm}^2} = \frac{10.2\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 41: Registro del número de rebotes del Esclerómetro y conversión a las unidades (kg/cm²) y obtención del f'c.

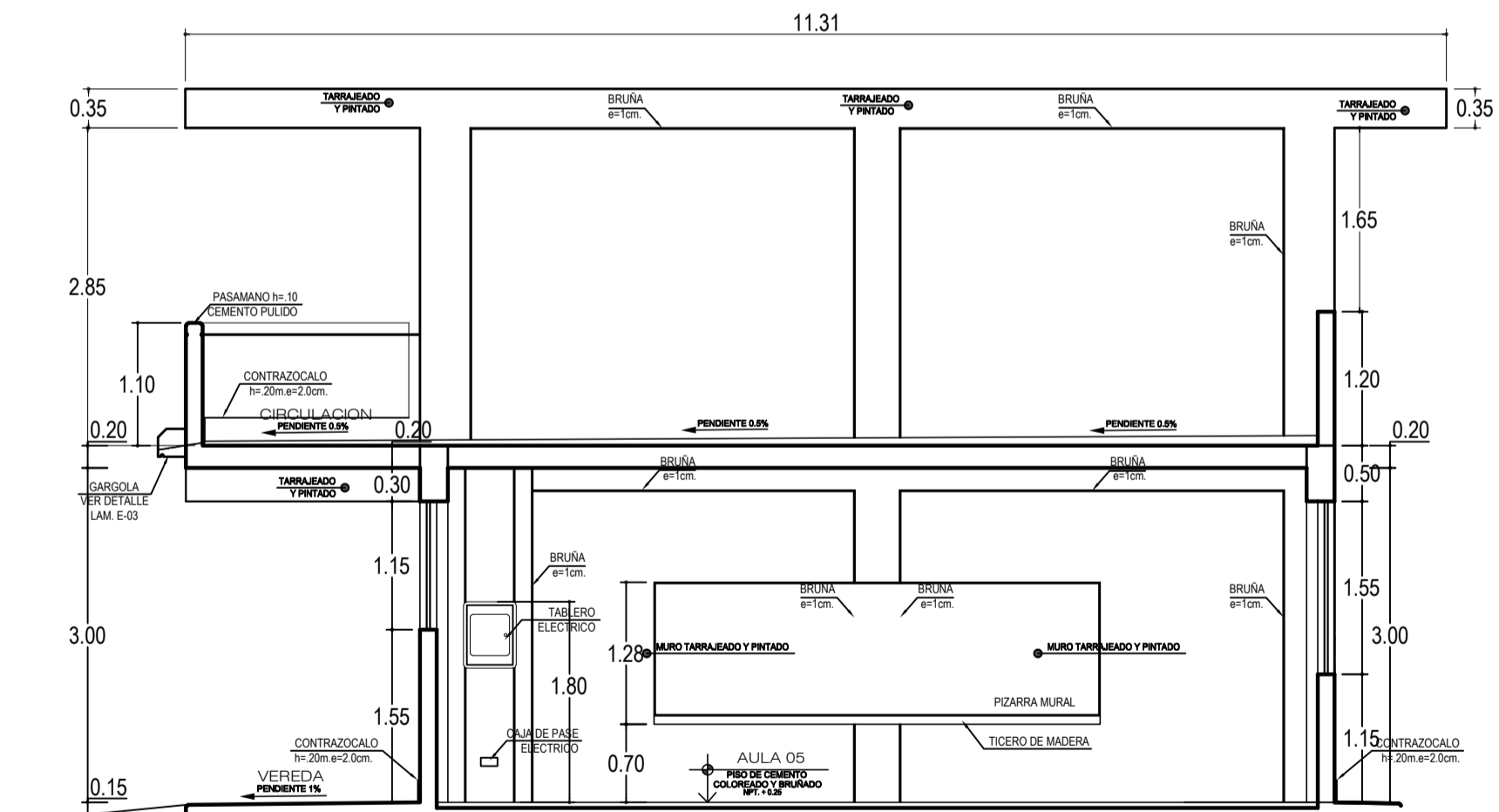
Ensayo no destructivo - Esclerómetro															
Responsable: Frank Luis Bustamante Tarrillo										Fecha: 01 y 02 de abril del 2022					
Esclerómetro procedencia: China															
Modelo: ZC3-A Código: ACC-063															
Nivel	Elemento	Ejes	Número de golpes, Número de rebote										Prom. rebotes	Ábaco Escl. (N/mm ²)	f'c (kg/cm ²)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1er	Columna	Eje 1-1 con B-B	36	37	38	36	37	35	37	39	36	37	37	36	360
1er	Columna	Eje 2-2 con A-A	38	39	37	39	36	36	38	40	37	38	38	39	397
1er	Columna	Eje 4-4 con C-C	35	34	37	36	39	35	37	36	35	36	36	34	350
1er	Muro	Eje 1-1	29	27	28	30	26	29	27	26	30	28	28	22	225
2do	Muro	Eje 7-7	25	28	26	28	30	26	28	25	28	26	27	20	204
2do	Columna	Eje 4-4 con A-A	40	39	41	42	39	41	38	39	40	41	40	42	425
2do	Columna	Eje 6-6 con C-C	38	40	41	39	37	40	36	41	39	39	39	40	408
2do	Columna	Eje 2-2 con C-C	37	35	38	36	39	35	37	36	39	38	37	36	360

ANEXO 04: Planos de arquitectura y estructuras del Bloque “B1” obtenidos del expediente.





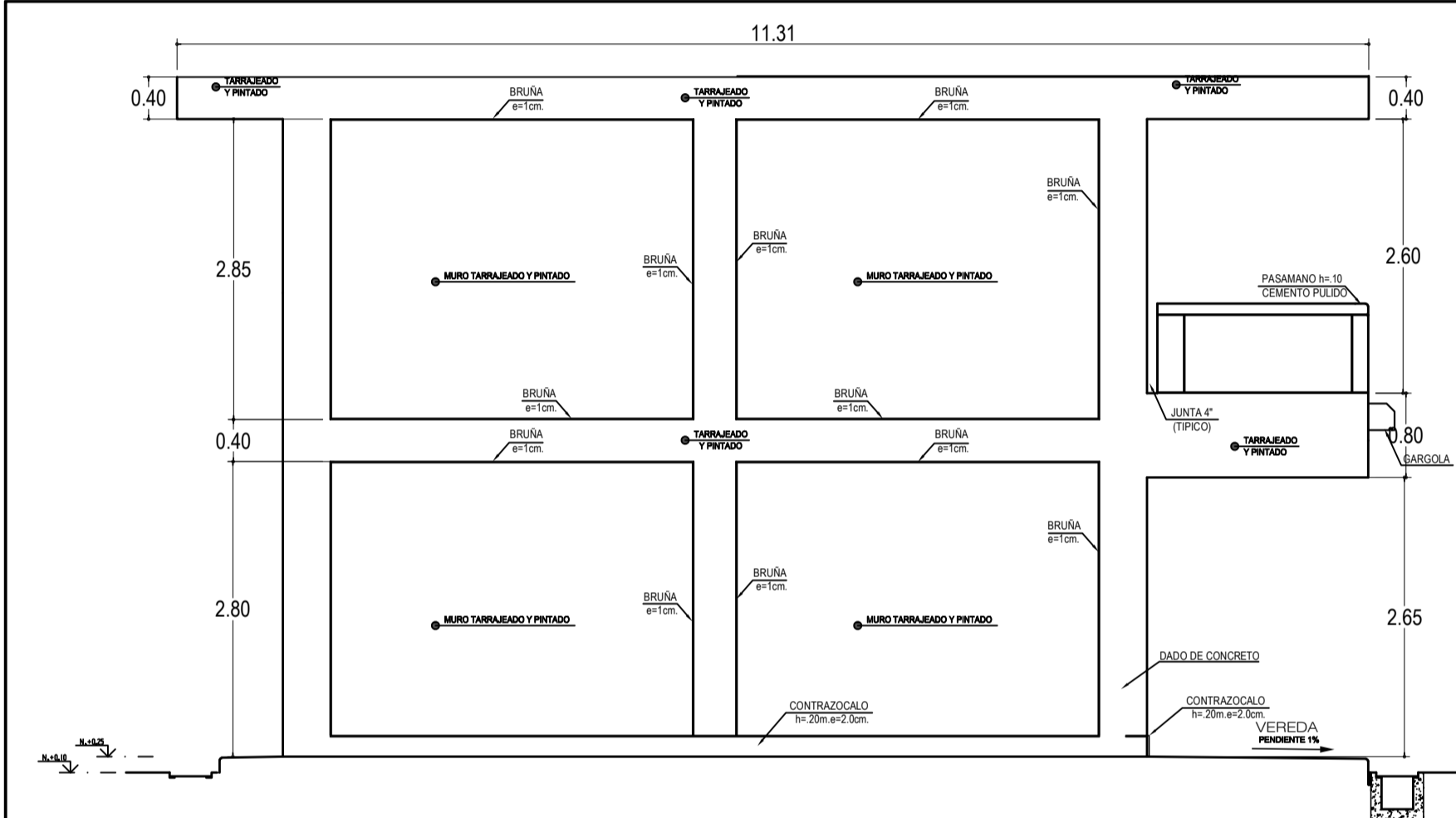
CORTE A-A PABELLON B1
ESCALA 1:50

Desplante df=1.50m



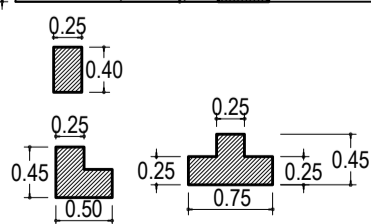
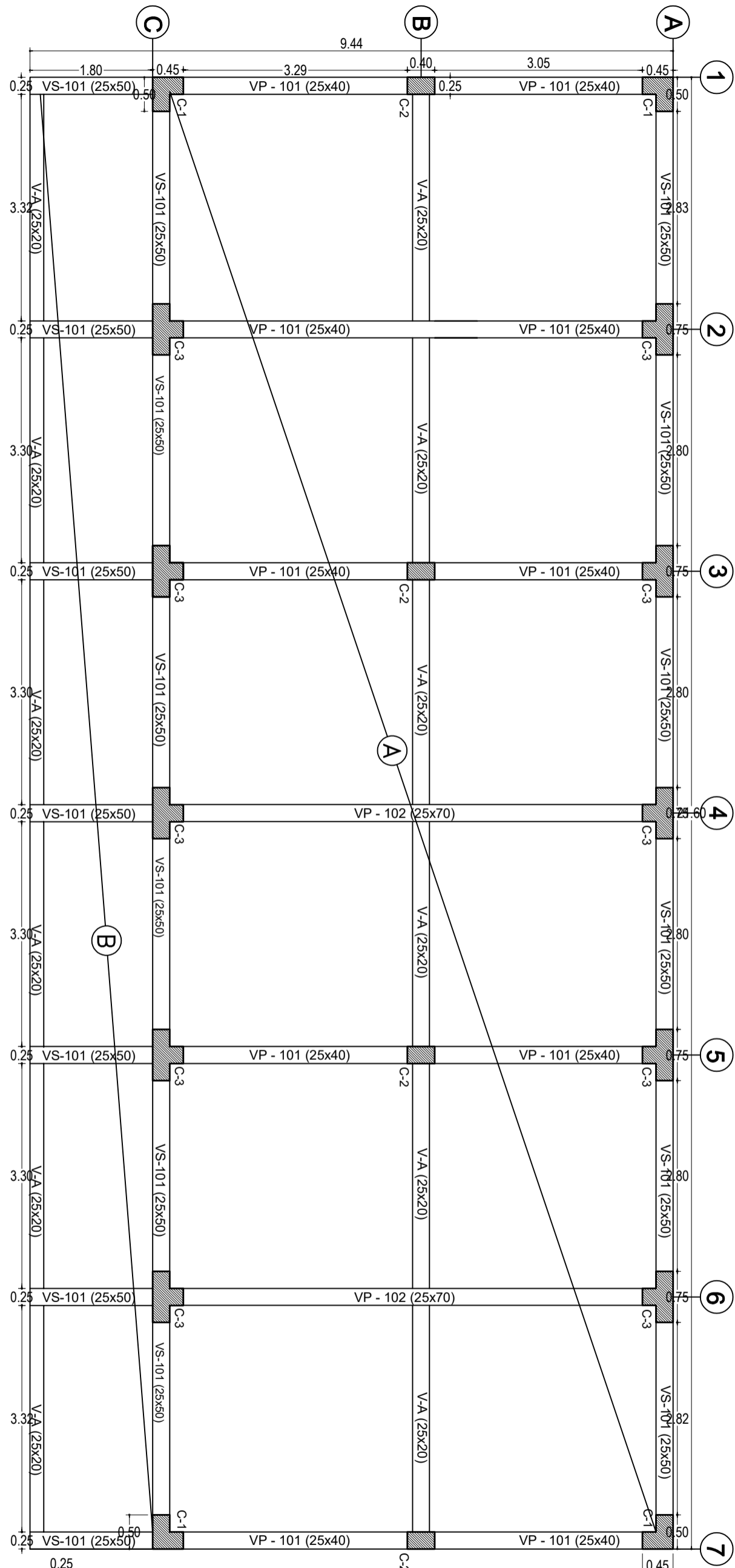
CORTE B-B PABELLON B1
ESCALA 1:50



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA <small>FACULTA DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</small>		
<small>TESIS:</small> COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL BLOQUE B1 DE LA "I.E. CRISTO REY FILA ALTA N° 16006", PROVINCIA DE JAEN - CAJAMARCA		
<small>PLANO:</small> CORTE A-A y B-B		<h1>A-01</h1>
<small>TESISTA:</small> FRANK LUIS BUSTAMANTE TARRILLO		
<small>ACESOR:</small> MG. ING. HUGO MIRANDA TEJADA		
<small>UBICACION:</small> C.P.FILA ALTA - JAEN - CAJAMARCA		
<small>ESCALA:</small> INDICADA	<small>FECHA:</small> 2022	

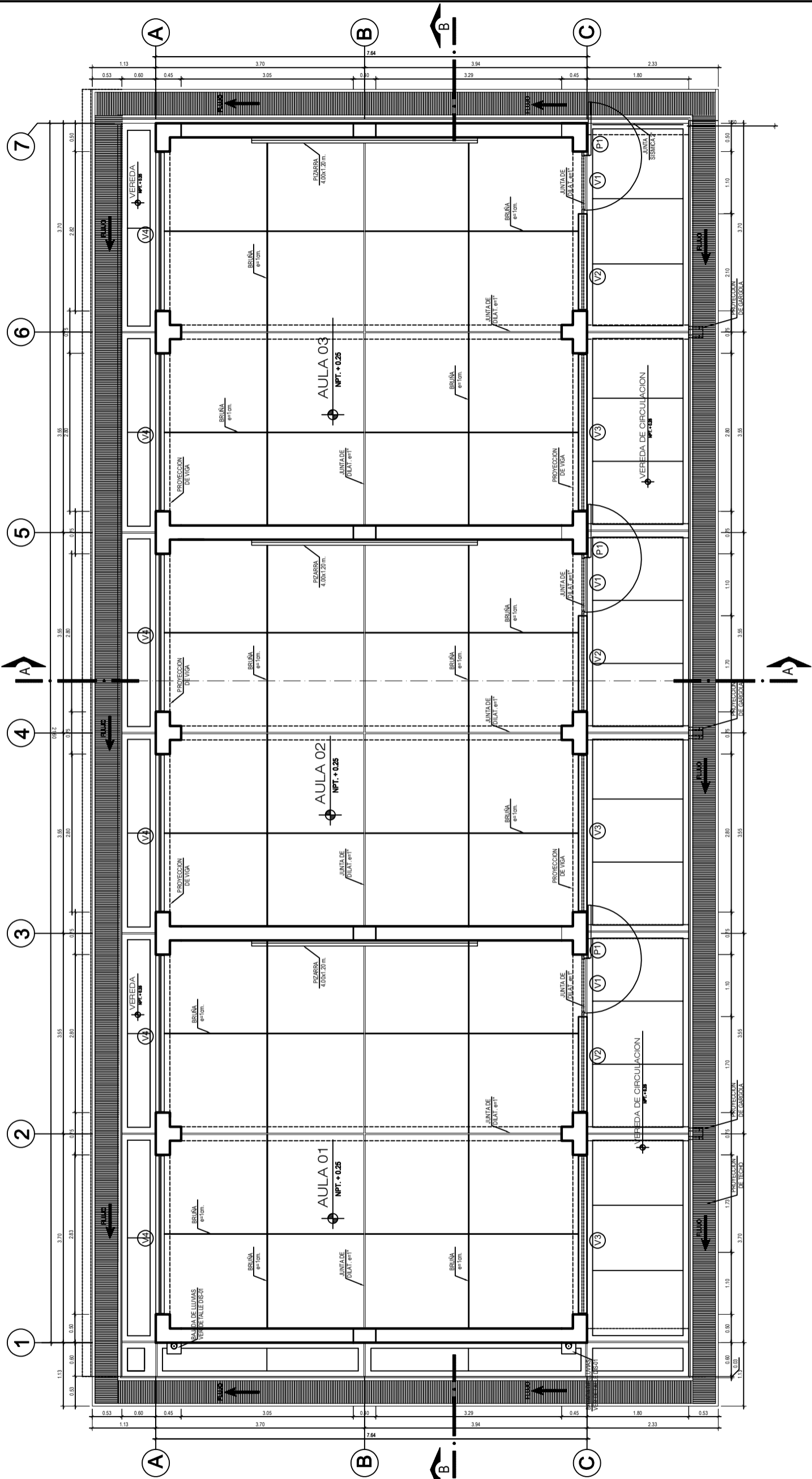


ELEVACION LATERAL PABELLON B1
 ESCALA: 1/50

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA <small>FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</small>		
<small>TEMA:</small> COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL BLOQUE B1 DE LA "I.E. CRISTO REY FILA ALTA N° 16008", PROVINCIA DE JAEN - CAJAMARCA		
<small>PLANO:</small> CORTE A-A y B-B	<small>LAMINA:</small>	
<small>TESISTA:</small> FRANK LUIS BUSTAMANTE TARRILLO	<h1 style="font-size: 2em;">A-02</h1>	
<small>ACESOR:</small> MG. ING. HUGO MIRANDA TEJADA		
<small>UBICACION:</small> C.P.FILA ALTA - JAEN - CAJAMARCA		
<small>ESCALA:</small> INDICADA	<small>FECHA:</small> 2022	



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA <small>FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</small>		
<small>TEMA:</small> COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL BLOQUE B1 DE LA "I.E. CRISTO REY FILA ALTA N° 16006", PROVINCIA DE JAEN - CAJAMARCA"		
<small>PLANO:</small> VIGAS Y COLUMNAS	<small>LAMINA:</small>	
<small>TESISTA:</small> FRANK LUIS BUSTAMANTE TARRILLO	E-01	
<small>ACESOR:</small> MG. ING. HUGO MIRANDA TEJADA		
<small>UBICACION:</small> C.P. FILA ALTA - JAEN - CAJAMARCA		
<small>ESCALA:</small> INDICADA		
<small>FECHA:</small> MARZO - 2022		



PLANTA PRIMER NIVEL PABELLON B1

ESCALA: 1/50

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA <small>FAACULTAD DE INGENIERIA</small> <small>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</small>		
<small>TEMA:</small> COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL BLOQUE B1 DE LA "LA CRISTO REY FILA ALTA N° 1688", PROVINCIA DE JAEN - CAJAMARCA -		
<small>PLANO:</small>	PLANTA TÍPICA DE ARQUITECTURA	
<small>TESISTA:</small>	FRANK LUIS BUSTAMANTE TARRILLO	
<small>ACESOR:</small>	MG. ING. HUGO MIRANDA TEJADA	
<small>UBICACION:</small>	C.P.FILA ALTA - JAEN - CAJAMARCA	
<small>ESCALA:</small>	INDICADA	<small>FECHA:</small> MARZO - 2022
		<small>LAMINA:</small> A-01