

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Análisis técnico-económico comparativo de la  
capacidad sísmica entre 3 sistemas estructurales  
aplicados a un edificio multifamiliar – Huancayo 2021**

Alisson Maccol Aguilar Pocomucha  
Jhonatan Alejandro Ayala Farge  
David Alexander Bustios Garcia

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME N° 33 CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : Felipe Néstor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Enrique Eduardo Huaroto Casquillas  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 14 de agosto de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD SÍSMICA ENTRE 3 SISTEMAS ESTRUCTURALES APLICADOS A UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR – HUANCAYO 2021", perteneciente a los estudiantes Alisson Maccol Aguilar Pocomucha, Jhonatan Alejandro Ayala Farge y David Alexander Bustios García de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (N° de palabras excluidas: 20) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



---

Asesor de tesis

Cc.  
Facultad  
Oficina de Grados y Títulos  
Interesado(a)

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Alisson Aguilar Pocomucha , identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 73823940, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "ANÁLISIS TÉCNICO- ECONÓMICO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD SÍSMICA ENTRE 3 SISTEMAS ESTRUCTURALES APLICADOS A UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR – HUANCAYO 2021 ", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

12 de Agosto de 2023.



---

Alisson Aguilar Pocomucha

DNI. No. 73823940

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Jhonatan Alejandro Ayala Farge, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 71979657, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

5. La tesis titulada: "ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD SÍSMICA ENTRE 3 SISTEMAS ESTRUCTURALES APLICADOS A UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR – HUANCAYO 2021", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
6. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
7. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

12 de Agosto de 2023.



---

Jhonatan Alejandro Ayala Farge

DNI. No. 71979657

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, David Alexander Bustios Garcia, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 76079514, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

9. La tesis titulada: "ANÁLISIS TÉCNICO- ECONÓMICO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD SÍSMICA ENTRE 3 SISTEMAS ESTRUCTURALES APLICADOS A UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR – HUANCAYO 2021 ", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
10. La tesis no ha sido plagada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
11. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
12. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

12 de Agosto de 2023.

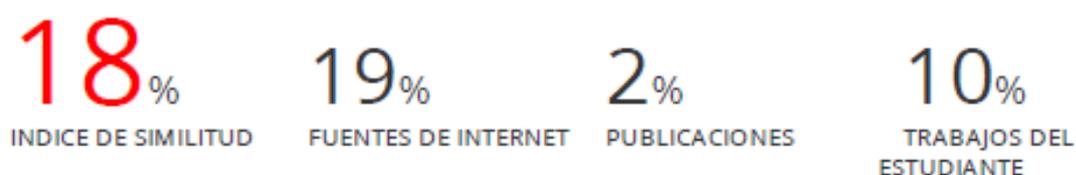


David Alexander Bustios Garcia

DNI. No. 76079514

# ANÁLISIS TÉCNICO- ECONÓMICO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD SÍSMICA ENTRE 3 SISTEMAS ESTRUCTURALES APLICADOS A UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR – HUANCAYO 2021

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.ucp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>tesis.ucsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

9	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Corporación Universitaria Remington Trabajo del estudiante	<1 %
12	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú Trabajo del estudiante	<1 %
13	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
14	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	<1 %
15	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
16	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
17	docslide.net Fuente de Internet	<1 %
18	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

20	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	repository.ucc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
22	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
23	investigacion.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.unica.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	noesis.uis.edu.co Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
27	la-respuesta.com Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.uprit.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	revistas.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Instituto de Educación Superior Tecnologico Privado de la Construccion CAPECO S.A.C. Trabajo del estudiante	<1 %

31	fr.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	scielo.conicyt.cl Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Activo

**DEDICATORIA:**

A nuestros padres por habernos apoyado incondicionalmente.

## RESUMEN

De acuerdo a una encuesta realizada el año 2019 por el Ministerio de Vivienda, existe una alta demanda de viviendas y una baja oferta de entidades técnicas en la ciudad de Huancayo. Parte de esta brecha se debe a que el “Nivel de inversiones que se debe ejecutar no puede ser asumido solo por el Estado y por tanto se requiere participación activa del sector privado” (Franco Soria, 2021); dejando así cierta responsabilidad a las constructoras e inmobiliarias de acortar este déficit. Por ello se realiza este estudio comparativo a nivel técnico y económico con finalidad de ver que estructura presenta beneficios para su vida útil.

Se determinó los costos y el comportamiento estructural frente a un sismo de un edificio multifamiliar empleando 3 sistemas estructurales, el sistema estructural dual, muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en la ciudad de Huancayo en el año 2021. Se tuvo como soporte “Los objetivos del diseño sismorresistente son evitar víctimas mortales, mantener los servicios básicos y reducir los daños materiales” [1]. El presupuesto valorativo que se realizó es a nivel estructural ya que es aquí donde existe la principal diferencia entre los tres sistemas propuestos. Se realizó un pre dimensionamiento de los componentes estructurales para posteriormente realizar un análisis estructural y diseño sismorresistente. Se emplearon programas estructurales como el SAP2000, ETABS, SAFE Y CSI COL, así mismo herramientas como las hojas de cálculo del Excel. Finalmente, se realizó un estudio comparación de costos y respuesta estructural de los tres sistemas ante un sismo.

Se concluye que la estructura que presenta un mejor comportamiento estructural ante un sismo es la de muros de ductilidad limitada frente a la estructura dual y de albañilería confinada, así mismo se determina que el sistema estructural más económico es el de la albañilería confinada con un presupuesto de S/. 397,507.11, la estructura dual con un costo directo S/. 466,417.63 y los muros de ductilidad limitada un costo directo que asciende a S/. 492, 115.87 soles, que se le atribuye a su distribución de muros por la arquitectura planteada.

## ABSTRACT

According to a survey carried out in 2019 by the Ministry of Housing, there is a high demand for housing and a low supply of technical entities in the city of Huancayo. Part of this gap is due to the fact that the "Investment level that must be carried out cannot be assumed only by the State and therefore the active participation of the private sector is required" (Franco Soria, 2021); thus leaving some responsibility to construction and real estate companies to reduce this deficit. For this reason, this comparative study is carried out at a technical and economic level in order to see which structure presents benefits for its useful life.

The costs and structural behavior in the face of an earthquake of a multi-family dwelling were determined using the dual structural system, limited ductility walls and confined masonry in the city of Huancayo in 2021. It was supported by "The objectives of the seismic resistant design are prevent fatalities, maintain basic services and reduce material damage" [1]. The valuation budget that was made is at a structural level since it is here where the main difference between the three proposed systems exists. A pre-dimensioning of the structural elements was carried out to later carry out a structural analysis and seismic resistant design. Structural programs such as SAP2000, ETABS, SAFE and CSI COL were used, as well as tools such as Excel spreadsheets. Finally, a cost comparison study and structural response of the three systems to an earthquake was carried out.

It is concluded that the structure that presents a better structural behavior in the face of an earthquake is that of limited ductility walls compared to the dual structure and confined masonry, likewise it is determined that the most economical structural system is that of confined masonry with a budget of S/. 397,507.11, the dual structure with a direct cost of S/. 466,417.63 and the limited ductility walls a direct cost that amounts to S/. 492, 115.87 soles, which is attributed to its distribution of walls due to the proposed architecture.

**KEYWORDS:** STRUCTURAL SYSTEMS SEISMIC ANALYSIS, LIMITED DUCTILITY WALLS, CONFINED MASONRY.

## INTRODUCCIÓN

La obtención de una vivienda es uno de los mayores sueños de todos los peruanos “Seguimos observando un interés real por la adquisición de viviendas debido a que la cantidad de familias que busca una propiedad siempre es mucho mayor que la oferta”, expresó Manuel Piñán, gerente de Negocio Inmobiliario BBVA (2021). Lamentablemente, no todos pueden acceder a una por múltiples factores.

Según Javier Piqué del Pozo (2021), ex ministro de vivienda, construcción y saneamiento nos dice “Actualmente hay 1,1 millones de viviendas desocupadas en Perú, y hay más de 1.300 ciudades en todo el país sin un plan de desarrollo urbano”, debido a que los costos de construcción han aumentado y las constructoras no se animan a desarrollar los proyectos de viviendas sociales; así mismo, en la ciudad incontrastable de Huancayo también se evidencia el desconocimiento de la existencia de otros sistemas estructurales como alternativas de construcción limitando así la capacidad de escoger. La siguiente investigación fue realizada con el propósito de determinar los costos y el comportamiento estructural frente a un sismo de un edificio multifamiliar utilizando el sistema estructural dual, muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en la ciudad de Huancayo en el año 2021. Se realizó un pre dimensionamiento de los elementos estructurales para después realizar un análisis estructural y diseño sismorresistente, con la ayuda de programas estructurales como el SAP2000, ETABS, SAFE Y CSI COL para determinar las derivas y cálculos estructurales. Posteriormente se realizó un metrado, análisis de precios unitarios y un presupuesto. Finalmente se realizó un análisis comparativo de los costos y la respuesta estructural ante un sismo de los tres sistemas estructurales. Esta investigación está dividida en cuatro capítulos.

En el capítulo I está el planteamiento y formulación del problema, el objetivo general y específicos, justificación e importancia, hipótesis general y específicas, así como la descripción de variables.

En el capítulo II están los antecedentes internacionales, nacionales y las bases teóricas.

En el capítulo III están los métodos y alcance de investigación, población, muestra, tipo de muestra, así como la recolección de datos y las técnicas de análisis de datos.

En el capítulo IV están los resultados y la discusión de resultados.

Finalmente, están las conclusiones y referencias bibliográficas.

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS:</b> .....	viii
<b>DEDICATORIA:</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xiii
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	19
1.1.1. Problema General.....	20
1.1.2. Problemas Específicos.....	20
1.2. Objetivos .....	20
1.2.1. Objetivo General.....	20
1.2.2. Objetivos Específicos .....	20
1.3. Justificación e importancia .....	21
1.3.1. Justificación .....	21
1.3.2. Importancia .....	21
1.4. Hipótesis y descripción de variables .....	22
1.4.1. Hipótesis General .....	22
1.4.2. Hipótesis Específicas .....	22
1.4.3. Variables.....	22
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	18
2.1. Antecedentes del Problema .....	18
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	18
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	20
2.2 Bases Teóricas .....	22
2.2.1. Sistema Estructural:.....	22
2.2.2. Análisis Técnico-Económico .....	24
2.2.4 Análisis Dinámico Tiempo – Historia .....	26
2.2.5. Presupuesto.....	26

2.2.6. Medrado.....	26
2.3. Definición de Términos Básicos .....	27
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>	<b>28</b>
3.1. Método y alcance de la investigación.....	28
3.2. Diseño de Investigación .....	28
3.3. Población, muestra y muestreo.....	29
3.3.1. Población: .....	29
3.3.2. Muestra:.....	29
3.3.3. Muestreo:.....	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	29
3.5. Procedimiento .....	30
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>31</b>
4.1. Descripción de la zona de estudio .....	31
4.2. Resultados del estudio de mecánica de suelos.....	31
4.3. Predimensionamiento, análisis y diseño .....	33
4.3.1. Sistema Dual.....	34
4.3.2. Sistema de muros de ductilidad limitada .....	62
4.3.3. Sistema de albañilería confinada .....	74
4.4. Resultados.....	88
4.4.1. Fuerzas Cortantes .....	88
4.4.2. Distorsiones Máximas de entrepiso.....	88
4.4.3. Presupuesto.....	88
4.5. Discusión de resultados .....	89
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>91</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>95</b>
ANEXO 1: Factores del Peligro Sísmico de acuerdo al Capítulo 2 de la Norma de Diseño Sismorresistente E-030.....	95

ANEXO 2: Categoría, Sistema Estructural y Regularidad de las edificaciones de acuerdo al Capítulo 3 de la Norma de Diseño Sismorresistente E-030.....	97
ANEXO 3: Periodo Fundamental de vibración de acuerdo al Capítulo 4 de la Norma de Diseño Sismorresistente E-030.....	99
ANEXO 4: Análisis de cimentaciones superficiales .....	100
ANEXO 5: Certificado de calibración – Laboratorio de Fuerza.....	101
ANEXO 6: Plano arquitectónico primera planta.....	102
ANEXO 7: Plano arquitectónico planta típica (2do al 5to) .....	103
ANEXO 8: Plano sistema estructural Dual .....	104
ANEXO 9: Plano sistema estructural Muros de Ductilidad Limitada .....	105
ANEXO 10: Plano sistema estructural Albañilería Confinada.....	106
ANEXO 11: Plano sistema estructural Dual – Cimentación.....	107
ANEXO 12: Plano sistema estructural Muros de Ductilidad Limitada – Cimentación .....	108
ANEXO 13: Plano sistema estructural Albañilería Confinada– Cimentación .....	109
ANEXO 14: Plano de losas – Dual.....	110
ANEXO 15: Plano de losas – Muros de Ductilidad Limitada.....	111
ANEXO 16: Plano de losas – Albañilería Confinada .....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Secciones de las columnas propuestas para el sistema dual.....	35
Figura 2: Vista en planta y 3D en el software ETABS de la edificación de 5 pisos tipo dual. .....	36
Figura 3: Fuerza cortante en la base en el eje “X” y “Y”, para la edificación dual .....	37
Figura 4: Espectro de diseño para la edificación dual .....	38
Figura 5: Fuerza cortante en la base en los ejes “X” y “Y” de la edificación tipo dual .....	38
Figura 6: Factor de escala para la edif. tipo dual.....	39
Figura 7: Máximo desplazamiento relativo de entrepiso en el eje “X” de la edif. Tipo dual .....	39
Figura 8: Máximo desplazamiento relativo de entrepiso en el eje “Y” de la edif. Tipo dual .....	40
Figura 9: Diseño de las vigas de la edificación tipo dual .....	40
Figura 10: Diagrama de momentos flectores para la losa aligerada de la edif. dual.....	41
Figura 11: Diseño de la losa aligerada de la edif. Dual .....	41
Figura 12:Detalle típico de aligerado $e=0.20$ m.....	41
Figura 13: Ingreso de datos en el programa ETABS .....	42
Figura 14: Diseño columna T con la carga más crítica .....	43
Figura 15: Diagrama de interacción de la columna T .....	44
Figura 16: Diseño columna L con la carga más crítica .....	45
Figura 17: Diagrama de interacción de la columna T .....	45
Figura 18: Diseño columna rectangular con la carga más crítica .....	46
Figura 19: Diseño columna rectangular con la carga más crítica .....	47
Figura 20: Diagrama de interacción de la placa “Y2” de la edif. Dual. ....	48
Figura 21: Modulo de Reacción del suelo. ....	58
Figura 22: Vista de la cimentación de la edif. Dual, en el programa SAFE.....	59
Figura 23: Diagrama de presiones en el suelo de la edif. Dual. ....	59
Figura 24: Diagrama de momentos flectores en las zapatas de la edif. Dual. ....	60
Figura 25: Diseño de zapatas de la edif. Dual.....	60
Figura 26: Presupuesto de la edif. Dual. ....	61
Figura 27: Vista en planta y 3D en el software ETABS de la edificación de 5 pisos de muros de ductilidad limitada. ....	62
Figura 28: Fuerzas de cortante basal en los ejes “X” y “Y” de la edificación de MDL. ....	63
Figura 29: Espectro de diseño de la edificación de MDL.....	64

Figura 30: Fuerza cortante en la base de la edificación de MDL.....	64
Figura 31: Factor de escala para la edificación de MDL.....	65
Figura 32: Máximo desplazamiento relativo en el eje “X” de la edificación de MDL. ....	65
Figura 33: Máximo desplazamiento relativo en el eje “Y” de la edificación de MDL. ....	66
Figura 34: Diagrama de interacción del muro Y15 de la edificación de MDL.....	67
Figura 35: Platea de cimentación para la edificación de MDL.....	70
Figura 36: Diagrama de Presiones en el suelo de la edificación de MDL.....	70
Figura 37: Capacidad portante máxima a soportar del suelo .....	71
Figura 38: Diagrama de Momentos flectores en el suelo de la edificación de MDL.....	71
Figura 39: Diseño de aceros de platea de cimentación de la edificación de MDL. ....	72
Figura 40: Diseño de aceros de platea de viga perimetral de la edificación de MDL.....	72
Figura 41: Presupuesto de la edificación de MDL.....	73
Figura 42: Verificación de esfuerzo axial máximo para los muros del eje “Y” .....	76
Figura 43: Verificación de esfuerzo axial máximo para los muros del eje “Y” .....	77
Figura 44: Vista en planta y 3D en el software ETABS de la edificación de albañilería confinada .....	78
Figura 45: Fuerza cortante en la base en el eje “X” y “Y” .....	79
Figura 46: Espectro de diseño .....	80
Figura 47: Fuerza cortante en la base en el eje “X” y “Y” .....	80
Figura 48: Factor de escala final.....	80
Figura 49: Desplazamientos relativos de entrepiso en el eje “X” para la edif. de albañilería confinada .....	81
Figura 50: Desplazamientos relativos de entrepiso en el eje “Y” para la edif. de albañilería confinada .....	81
Figura 51: Verificación de la resistencia al corte en el eje “Y” de la edif. de albañilería confinada .....	82
Figura 52: Diseño de la viga dintel de la edif. de alb. Conf.....	85
Figura 53: Presupuesto de la edificación de Albañilería Confinada.....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	13
TABLA N° 2: CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA: SUCS-AASHTO.....	32
TABLA N° 3: CAPACIDAD PORTANTE Y PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN.....	32
TABLA N° 4: CUADRO DE ASENTAMIENTO .....	32
TABLA N° 5: DATOS EMPLEADOS PARA EL MODELADO .....	36
TABLA N° 6: MOMENTOS Y FUEZAS AXIALES EN EL MURO DE CONCRETO “Y2” ...	47
TABLA N° 7: DATOS EMPLEADOS PARA EL MODELADO DEL SISTEMA M.D.L .....	62
TABLA N° 8: DATOS PARA LA VERIFICACIÓN DE DESNIDAD MÍNIMA DE MUROS ..	74
TABLA N° 9: DENSIDAD DE MUROS EN LA DIRECCIÓN “Y” .....	74
TABLA N° 10: DENSIDAD DE MUROS EN LA DIRECCIÓN “X” .....	75
TABLA N° 11: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES .....	77
TABLA N° 12: GEOMETRÍA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	78
TABLA N° 13: ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS COLUMNAS DE ARRIOSTRE.....	83
TABLA N° 14: DISEÑO DE ACEROS LONGITUDINALES .....	83
TABLA N° 15: ESPACIAMIENTO DE ESTRIBOS.....	84
TABLA N° 16: DISEÑO DE VIGA SOLERA .....	84
TABLA N° 17: FUERZAS CORTANTES EN LA BASE PARA CADA SISTEMA ESTRUCTURAL .....	88
TABLA N° 18: DERIVAS MÁXIMAS DE CADA SISTEMA ESTRUCTURAL .....	88
TABLA N° 19: PRESUPUESTO PARA CADA SISTEMA ESTRUCTURAL.....	89

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

Revisando la historia a nivel internacional y situándonos en cualquier época, siempre se observa que el ser humano tiene la necesidad de buscar un lugar donde vivir para su familia y a la vez brindar las comodidades que poco a poco han ido incrementando.

Según la Organización de las Naciones Unidas (2019), el crecimiento de la población anual asciende de un 4 a 7%, con ello la demanda de una vivienda también viene incrementado, proponiendo el reto de crear viviendas para todos los tipos de necesidades, en base a ello se diseñan las viviendas bajo distintos sistemas estructurales que presentan desempeños y costos de ejecución variados.

En el Perú, según Diego Abarca, gerente comercial de la Inmobiliaria Paz Centenario (2020) nos dice que “Se prevé que la economía peruana aumente hasta un 10% en 2021, pronosticamos que el sector se expandirá en dos dígitos”. Este crecimiento de viviendas multifamiliares trae como consecuencia que en algún momento de su diseño se plantee el mejor sistema estructural que otorgue mayor ventaja técnica – económica como parte de la factibilidad de su concretización. Debido a ello queda claro que es importante saber qué tipo de estructura tendrá mejor desempeño sísmico y estructural y a su vez cuánto costará realizarlo.

Nuestra sierra central en la región Junín no es ajena a este tipo de crecimiento inmobiliario ya que hoy en día se observa un auge en este tipo de edificaciones (viviendas multifamiliares) teniendo como resultado del último censo 2017 un 49.7% de viviendas con material noble proyectando así en un crecimiento anual de 4.5%, a lo que damos mayor énfasis a la promoción de las múltiples opciones de sistemas estructurales de construcción.

En la presente investigación, daremos fin a esas incertidumbres, diseñando un edificio de tipo multifamiliar de cinco niveles bajo tres tipos de sistemas estructurales (sistema dual, muros de ductilidad limitada y albañilería confinada), realizaremos la evaluación técnica que comprende el comportamiento estructural y el desempeño sísmico que presenta cada sistema para la zona sísmica de Huancayo y los parámetros propios del sitio, a su vez se evaluará económicamente cada tipo para concluir que sistema presenta mejor desempeño y a su vez resulta más económico.

### 1.1.1. Problema General

¿Cuál es el sistema estructural más económico y el de mejor capacidad sísmica entre albañilería confinada, dual y muros de ductilidad limitada utilizados en una vivienda multifamiliar de 5 pisos?

### 1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los parámetros de diseño sísmico del suelo donde se ubica la edificación multifamiliar?
- ¿Cuál es el desempeño sísmico de la edificación empleando un sistema estructural tipo dual?
- ¿Cuál es el desempeño sísmico de la edificación empleando muros de ductilidad limitada?
- ¿Cuál es el desempeño sísmico de la edificación empleando un sistema estructural tipo albañilería confinada?
- ¿Cómo es el diseño de los elementos estructurales de cada uno de los sistemas?

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo General

Establecer que sistema estructural es el más económico y el de mejor comportamiento sísmico entre albañilería confinada, dual y muros de ductilidad limitada utilizados en una vivienda multifamiliar de 5 pisos.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Establecer los parámetros del diseño sísmico del suelo donde se ubica la edificación multifamiliar.
- Realizar el análisis sísmico de la edificación empleando el sistema estructural tipo aporticado bajo los parámetros de la norma e 030.
- Realizar el análisis sísmico de la edificación empleando muros de ductilidad limitada bajo los parámetros de la norma e 030.
- Realizar el análisis sísmico de la edificación empleando el sistema estructural de albañilería confinada bajo los parámetros de la norma e 030.
- Diseñar los elementos estructurales de cada uno de los sistemas.

### 1.3. Justificación e importancia

#### 1.3.1. Justificación

##### **Social**

Hoy en día, la seguridad de todo ciudadano es una prioridad y más aún en su propia residencia, ante ello se debe garantizar una edificación con un sistema estructural que tenga un buen desempeño estructural, sísmico y que se adecue a la economía de las familias, con estos aspectos podemos decir que se brinda seguridad y resguardo para sus habitantes.

##### **Teórica**

Nos permite comparar componentes e indicadores de un análisis estructural y sísmico, tales como los desplazamientos laterales, distorsión admisible, espacios de separación entre edificios, entre otros; para los 3 sistemas estructurales propuestos (albañilería confinada, dual, muros de ductilidad limitada) para un edificio multifamiliar de 5 pisos en la ciudad de Huancayo.

##### **Práctica**

La presente investigación tendrá información relevante y útil para la sociedad en especial para la comuna de Huancayo, ya que en su mayoría las edificaciones de 5 pisos en promedio son realizadas bajo el sistema de albañilería confinada, ante ello brindamos promoción y análisis de otros dos sistemas estructurales (tipo albañilería confinada y muros de ductilidad limitada) con los que también se pueden suplir las solicitudes sísmicas y que se adecuan de mejor manera a la economía de la familias.

##### **Económico**

Esta investigación presenta un aspecto económico muy importante, ya que parte de la problemática es que muchas personas construyen con sistemas estructurales convencionales simplemente por considerarlos más económicos, realizando el análisis económico de otros sistemas estructurales adecuados para las edificaciones de 5 pisos en la ciudad de Huancayo podemos brindar la información de su costo para que así se pueda escoger la que mejor se adecue a sus necesidades y realidad económica.

#### 1.3.2. Importancia

La presente investigación cuenta con alta importancia, ya que es importante garantizar viviendas seguras sin dejar de lado su aspecto económico, así mismo el dar a conocer que

existen otros sistemas estructurales con los que se pueden construir que se desempeñará correctamente ante las sollicitaciones sísmicas de la zona de Huancayo, con esta investigación también se dejará precedente para futuras investigaciones ya que a nivel local son pocas las referencias respecto a este tema.

#### 1.4. Hipótesis y descripción de variables

##### 1.4.1. Hipótesis General

- El sistema estructural que presenta mejor capacidad sísmica y que cumple con los parámetros del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), entre los sistemas Albañilería Confinada, Dual y Muros de Ductilidad Limitada aplicados a un edificio multifamiliar de 5 pisos es el de Muros de Ductilidad Limitada; sin embargo, no es la más económica.

##### 1.4.2. Hipótesis Específicas

- Los parámetros de diseño sísmico del suelo donde se ubica la edificación multifamiliar influyen significativamente.
- La capacidad sísmica de la edificación empleando el sistema estructural tipo dual es Funcional.
- La capacidad sísmica de la edificación empleando el sistema estructural de muros de ductilidad limitada es Funcional
- La capacidad sísmica de la edificación empleando el sistema estructural tipo albañilería confinada es Funcional
- El diseño de los elementos estructurales de cada uno de los sistemas cumple con los requerimientos mínimos del reglamento nacional de edificaciones (RNE).

##### 1.4.3. Variables

- Variable Independiente: Sistemas estructurales
- Variable Dependiente: Análisis técnico - económico

TABLA N° 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
Sistemas Estructurales (Variable Independiente)	Es la colección de distintos elementos portantes interconectados que transfieren la carga de un edificio a sus apoyos asegurando el equilibrio, la estabilidad y que no se presenten deformaciones incompatibles.	La variable sistemas estructurales se operacionaliza mediante sus dimensiones: sistema dual, muros de ductilidad limitada y albañilería confinada; que vienen siendo sus tipos, a su vez cada una de sus dimensiones se dividen en dos indicadores.	D1: Sistema Dual	I1: Diseño	Hojas de Cálculo, Software S10	Razón
				I2: Costo de ejecución		
			D2: Muros de ductilidad limitada	I1: Diseño		
				I2: Costo de ejecución		
			D3: Albañilería confinada	I1: Diseño		
				I2: Costo de ejecución		
Análisis Técnico-Económico (Variable dependiente)	En el análisis técnico se evaluará las respuestas estructurales que presenta la edificación por medio de un análisis estático y dinámico; el segundo estudio corresponde a las diferencias económicas que presentará la ejecución del proyecto debido a los sistemas estructurales planteados.	La variable análisis Técnico-Económico se operacionaliza mediante sus dimensiones: análisis estático, análisis dinámico y aspecto económico; que vienen siendo sus tipos, a su vez cada dimensión presenta sus indicadores.	D1: Análisis Estático	I1: Fuerza cortante en la base	Hojas de Cálculo, Software Etabs	Razón
				I2: Derivas		
			D2: Análisis Dinámico	I1: Fuerza cortante en la base		
				I2: Derivas		
			D3: Aspecto Económico	I1: Metrado		
				I2: Presupuesto		

Fuente: Propia

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del Problema

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

**Balda Fuentes (2020)** en su tesis de pregrado “Análisis comparativo estructural y económico entre dos sistemas estructurales en edificios de concreto armado de mediana altura ubicados en zonas de alto riesgo sísmico”; el objetivo de este estudio fue analizar dos sistemas estructurales sismorresistentes, los pórticos especiales resistentes a momentos y su combinación con muros especiales con el fin de concluir sobre su viabilidad estructural y financiera. Es posible verificar que el segundo caso produjo un sistema estructural que presenta menores desplazamientos laterales y derivas entre pisos producto de las fuerzas inducidas por el sismo de diseño y períodos fundamentales de vibración más cortos que el edificio con marcos especiales resistentes a momentos y el edificio con un sistema combinado de muros especiales y marcos especiales resistentes a momentos. Esto demuestra el importante beneficio que supone añadir muros de corte a la estructura.

**Medina y Music (2018)** en el artículo de investigación titulado “Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena”, para llegar a determinar el nivel de desempeño tuvo como objetivos construir los espectros de capacidad (empleando un análisis estático no lineal pushover) y demanda sísmica, que serán superpuestos para posteriormente ser comparados con los resultados propuestos por el comité VISION 2000. Esta investigación cuenta con una metodología descriptiva. Realizando todo el modelado y análisis en el software ETABS (2015) se obtuvo como resultado que todos los puntos de desempeño no superan los límites establecidos por el comité, concluyendo que el edificio cumple con los criterios Vision 2000.

**Duarte y Martínez (2018)** para obtener el título de ingeniero civil. “Análisis estático no lineal (pushover) del edificio de la facultad de medicina de la universidad de El Salvador”; esta investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento y la funcionalidad estructural de la estructura de estudio, bajo la metodología de análisis no lineal. Dado que la similitud de los modelos estructurales utilizados en la etapa de análisis y diseño con la realidad determina el comportamiento que experimentará la estructura durante un evento sísmico, se descubrió que los criterios de estructuración sísmica durante el proceso de diseño conceptual del edificio son la clave para obtener un buen diseño estructural de los

componentes estructurales de un edificio específico; de lo contrario, se pueden descubrir resultados y comportamientos desfavorables que podrían llevar al colapso del edificio llegando a la conclusión que los elementos estructurales, y en su mayoría vigas, presentan agrietamiento de tipo estructural dado por Flexión o cortante, la dimensión del grosor de grieta es menor a los 0.41 mm, lo cual de acuerdo a lo descrito por el ACI 224 se encuentra dentro de los límites admisibles, en consecuencia no representa un peligro para la estructura; sin embargo se utilizaron los respectivos factores de rigidez efectiva debido al agrietamiento en el modelado, de acuerdo a FEMA 356, para disminuir la rigidez de las secciones y representar una condición y comportamiento más cercano a lo real.

**Barros y Peñafiel (2015)** en su tesis de pregrado. “Análisis comparativo económico – estructural entre un sistema aporticado, un sistema aporticado con muros estructurales y un sistema de paredes portantes, en un edificio de 10 pisos”; El objetivo de este estudio es analizar dos sistemas estructurales alternativos del sistema de puertas para demostrar que su comportamiento sísmico es mucho mejor utilizando métodos científicos aplicados. Los resultados muestran que el sistema de muro cortante y el sistema de muro de carga son las mejores opciones para la ejecución del proyecto, ya que se ha demostrado que tienen un mejor comportamiento sísmico a la vez que son económicamente viables. En conclusión, se puede concluir que según el análisis comparativo de costes directos. el edificio de muros pantalla es el más caro con un coste total de 1.676.900,00 \$, seguido del edificio de muros pantalla con un ahorro de 280.921,82 \$, un 16,75% de ahorro sobre el más caro.

**Campaña Guarderas (2015)** para obtener el título de ingeniero civil “Análisis comparativo de los sistemas estructurales: aporticado y muros portantes, edificio de 10 pisos en Quito”; El objetivo de este estudio es comparar los parámetros de estructuración generales a las dos alternativas estructuradas. Una es la estructura de tipo aporticado y la otra estructurada con muros portantes. Se concluyó que los resultados del edificio con muros portantes tienen el mayor valor de la cortante basal estática y dinámica, esto se debe al mayor peso de la estructura en comparación al otro sistema, lo que significa será más afectado ante un sismo. También se concluye que el edificio de estructura aporticada tienen un desplazamiento máximo mayor que los edificios de mampostería, lo que los hace menos rígidos y, al mismo tiempo, más susceptibles de sufrir daños. Estas derivas tienen lugar en el séptimo piso, mientras que los mayores desplazamientos tienen lugar en el décimo piso del edificio con muros.

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

**Mollehuara y Cordova (2020)** en la tesis titulada “Comportamiento sísmico de los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar , Jr. Mantaro, El Tambo, 2020”, fijaron como objetivos establecer diferencias en el comportamiento sísmico dinámico que estarían asociadas al tipo de sistema estructural, para ello determinaron los periodos de vibración, los desplazamientos y las derivas máximas, empleando una metodología inductiva de tipo aplicada con un nivel descriptivo, aplicando el modelamiento y análisis en el software ETABS. Se obtuvieron como resultados los periodos de vibración, en el eje “X” y “Y” respectivamente, resultando para el sistema estructural aporticado 0.43s y 0.392s. generando desplazamientos laterales de 0.051m. y 0.037 m. y para el sistema de albañilería 0.205s y 0.132s. con desplazamientos laterales de 0.013 m y 0.0079 m, tomando estos resultados se observó que las derivas son menores a las establecidas por la Norma E-030, concluyendo así que las edificaciones de 3 niveles de albañilería confinada presentan mejor comportamiento que las de tipo aporticadas.

**Carnero (2019)** en la tesis titulada “Análisis lineal comparativo entre sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada, Lima - 2019” El objetivo principal de este estudio es determinar el comportamiento lineal de los sistemas estructurales: muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en relación con la peligrosidad sísmica. Durante el estudio se utilizó un enfoque descriptivo para proponer una tipología de sistemas MDL y Albañilería Confinada mediante observaciones y análisis posteriores. Los resultados del estudio muestran que, en la dirección "Y", el sistema MDL se desvía de la tensión axial máxima en un 57,43% y, del mismo modo, la mampostería confinada se desvía de la tensión axial máxima en un 55,03%. El sistema de mampostería comprimida en términos de deformación supera al sistema MDL en un 26,88% en la dirección "X" y en un 12,70% en la dirección "Y", debido a que las propiedades de resistencia y rigidez de los materiales utilizados en el sistema MDL son superiores a las del sistema de mampostería confinada. en ambas direcciones del cuerpo. Se concluyó que el sistema de Muros de ductilidad limitada presenta un mejor comportamiento lineal ante terremotos en comparación con la albañilería confinada debido a la menor tensión de compresión, la ausencia de pandeo, recibe menor fuerza cortante debido a menor peso y tiene menor distorsión.

**Tolentino (2019)** para la tesis titulada “Análisis comparativo entre muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada para un edificio de vivienda social de departamentos, Piura 2018”, aplicada a una edificación de 5 pisos y plantea objetivos como el diseño de los sistemas estructurales, analizar su desempeño y elaborar un presupuesto

de ambas alternativas. Se presenta una investigación aplicada con un diseño no experimental de tipo descriptiva; realizando el diseño, modelamiento y análisis en el software ETABS se obtuvo en los muros de ductilidad limitada derivas máximas en los sentidos X:0.00156 , Y: 0.0009; en la albañilería confinada en los sentidos X: 0.00169, Y: 0.00135, en ambos sistemas es menor a lo requerido por la norma de diseño sismorresistente E-030 y respecto a lo económico el metro cuadrado en cascarón estructural del sistema AC es 12.3% mayor al de MDL.

**Cáceres y Enriquez (2017)** en la tesis titulada “Análisis de costos, diseño sismo resistente- estructural comparativo entre los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería estructural de un edificio multifamiliar” tiene como objetivo principal comparar la respuesta sísmica de un edificio de albañilería estructural y un edificio de muros de concreto armado y determinar el sistema de construcción más económico comparando el análisis de costos unitarios. Los resultados muestran que el tiempo de construcción necesario para un edificio construido con un sistema de muros dúctiles confinados (MDL) es de 74 días naturales, frente a los 120 días naturales de un edificio típico construido con mampostería confinada (AC). También muestra que el costo directo total en el sistema MDL es de S/. 407 375,41 un AC ir S/. 464 515,57. Se observa que, en el caso de muros dúctiles limitados, dxx y dyy son 31.25% y 18% de los valores permitidos, respectivamente; asimismo, dxx y dyy en el caso de mampostería confinada son 33.75% y 27% de los valores permitidos, respectivamente.

**Van Ñaca (2017)** en la tesis titulada “Análisis Comparativo de costos para los sistemas estructurales aporticado dual y albañilería confinada de un edificio de departamentos en la ciudad de Puno”, presenta como objetivo principal determinar cuál de las dos alternativas es la menos costosa evaluando sus respectivos metrados y análisis de costos unitarios para ello se realizó un análisis descriptivo.

Primero se procedió a realizar el diseño para obtener las dimensiones de los distintos elementos estructurales para proceder a metrar, se hace mención de un área construida de 264.1 m<sup>2</sup>; se obtuvo que el presupuesto de estructuras mediante albañilería confinada es inferior en un 59.6% del presupuesto del sistema Dual que asciende a S/. 1, 057,0062.42 probando así una opción de ahorro si se opta por el sistema de albañilería confinada.

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1. Sistema Estructural:

Podemos definir como sistemas estructurales a la colección de distintos elementos portantes interconectados que transfieren la carga de un edificio a sus apoyos asegurando el equilibrio, la estabilidad y que no se presenten deformaciones incompatibles.

Las estructuras permiten la existencia de la arquitectura, por ello se cuenta con distintos tipos para que se adecuen mejor; estos varían en el material, forma, proceso constructivo, precio, desempeño, tiempo de ejecución, entre otros.

#### 2.2.1.1. Tipos de Sistemas Estructurales

En este apartado definiremos los 3 tipos de sistema estructural que se plantean en la presente investigación.

- Sistema Dual tipo I:

Actualmente este sistema es uno de los más aceptados en nuestro medio debido a su alta durabilidad. Estructuralmente está conformada por la combinación de pórticos y placas, los techos pueden ser aligerados o macizos. En cuanto a los aportes estructurales, los pórticos añaden la capacidad de desarrollar mayor ductilidad durante un sismo, mientras tanto las placas proporcionan una buena resistencia.

Según la norma E.060, los pórticos deberán de ser diseñados para tomar al menos el 25% de cortante en la base y a su vez para el sistema estructural dual de tipo I la cortante resultante en la base de la estructura inducida por las fuerzas del sismo en los muros debe ser mayor o igual al 60% del cortante total y menor o igual al 80%.

Para el presente proyecto de investigación, se optó inicialmente una estructura aporticada, pero esta al ser modelada y analizada se observa que no es suficiente para cumplir los parámetros mínimos en cuanto a desplazamientos exigidos por la norma E-030, a consecuencia se agregan placas que aportan una mejor resistencia a las fuerzas cortantes en la base inducida por el sismo.

- Muros de Ductilidad Limitada:

Son muros de espesores reducidos que aportan gran rigidez y resistencia, pero tienen una ductilidad limitada, por ello se limita su uso hasta 8 pisos. No necesitan confinamiento en los extremos y generalmente llevan una sola malla que puede ser electro soldada o de acero de grado 60. El  $f'c$  mínimo es de 175kg/cm<sup>2</sup>. Se considera un coeficiente básico de

reducción igual a 4 y un límite de distorsión de entrepiso de 0.005. La norma E.060 recomienda utilizar plateas de cimentación por la cantidad de muros, éstas plateas de cimentación son losas rígidas con acero en ambas direcciones que deben de llevar una viga perimetral con un peralte mínimo de 0.60cm, los anchos de éstas vigas perimetrales no deben de ser menor a 0.25cm. (Norma Técnica E-030, 2018, p.14)

- Albañilería confinada

“Los edificios de mampostería o albañilería confinada de hasta 5 pisos de altura son las construcciones más populares en las zonas urbanas del Perú para residencias, oficinas, hoteles, etc. Este tipo de construcción se caracteriza porque primero se construyen los muros portantes de albañilería, luego se vierten de concreto los elementos verticales de confinamiento y finalmente se construye la cubierta junto con las vigas. Esta secuencia de construcción asegura el comportamiento global de los materiales involucrados. El método de diseño actual en el Perú se encuentra especificados en el Código de Diseño de Mampostería del ININVI (1982). Sin embargo, de acuerdo a Sencico Sismo Resistencia (2003), el coeficiente sísmico utilizado está asociado a desórdenes de núcleo de 100 GAL en el suelo duro, y un sismo severo puede exceder cuatro veces el valor anterior. Por lo tanto, estos edificios deben ser desarrollados para considerar su invasión en un rango no-elástico, pero de esta manera se puede corregir mediante la reducción de la falla, cortándolo después de un terremoto severo, por ello se debe considerar un factor de seguridad del orden dos.

#### 2.2.1.2. Diseño Estructural

##### **Diseño de estructuras de concreto armado (Pórticos y muros de ductilidad limitada)**

“Las estructuras de concreto armado deben diseñarse utilizando el cálculo por resistencia. Todas las partes del elemento estructural deberán proporcionar una resistencia de cálculo adecuada ( $\phi R_n$ ) utilizando el factor de carga amplificado y el factor de reducción de resistencia  $\phi$  especificados en la Norma E.060. Debe comprobarse que la respuesta de los elementos estructurales en condiciones de servicio (flexión, agrietamiento, vibración, fatiga, etc.) se limita a valores de rendimiento satisfactorios”. (Norma Técnica E.060, 2020, p.60)

##### **Diseño para sistema de albañilería confinada**

Se realizará un diseño sísmico, ya que la edificación supera los 3 niveles y es menor a los 5 niveles o 15 m de altura, regirá el diseño por desempeño que busca que ante un sismo

moderado los muros no deben fisurarse y ante un sismo severo se debe evitar el colapso del muro manteniendo así su integridad.

El diseño cumple todos los requisitos generales y parámetros requeridos por la Norma Técnica Peruana E.070, para la presente investigación se diseñará empleando cálculos a mano y hojas de cálculo de Excel donde evaluaremos:

- Control de fisuración.
- Resistencia al agrietamiento diagonal.
- Verificación de la resistencia al corte que presenta el edificio.
- Diseño para cargas ortogonales al plano del muro.
- Diseño para cargas coplanares de flexo compresión.
- Verificación de la necesidad de colocar refuerzos horizontales en los muros.
- Verificación del agrietamiento diagonal en los entresijos superiores.
- Diseño de elementos de confinamiento (columnas y vigas)

Estos procedimientos que conllevan conceptos más profundos, fórmulas y ecuaciones se pueden observar en la Norma Técnica de Edificaciones E.070 Albañilería Confinada y en nuestro Capítulo IV Resultados y Discusión.

- “Los cimientos corridos y zapatas de las edificaciones de albañilería confinada deben realizarse de acuerdo con la NTE E.060, hormigón armado, cimientos de departamentos y hormigón de construcción simple.” (Norma Técnica E.070, 2006, p.34).

## 2.2.2. Análisis Técnico-Económico

### 2.2.2.1. Análisis Técnico

Se evaluarán las respuestas estructurales que presenta la edificación frente a estímulos externos provocados por fuerzas laterales (acción del suelo, fuerzas sísmicas) por medio de un análisis estático y dinámico.

#### **Análisis Estático**

Este método representa un conjunto de fuerzas de tensión sísmica que actúan sobre el centro de gravedad de cada planta del edificio. (Norma Técnica E.030, 2018, p.21).

Para emplear este método primero se deben definir parámetros básicos estipulados en la norma de diseño sismorresistente E- 030, como:

- Factor de zona (Z): Esta distribución de zonas en nuestro territorio peruano se basa básicamente en su sismicidad observada a lo largo del tiempo (Norma Técnica E.030, 2018, p.7). Anexo 1
- Parámetros de sitio (S, TP y TL): Basado en el perfil del suelo. (Anexo 1)
- Factor de Amplificación Sísmica (C): Definido por la Norma E-030. (Anexo 2)
- Periodo fundamental de vibración (T): Definido por la Norma E-030. (Anexo 3)
- Factor de Uso (U): Definido por la Norma E-030. (Anexo 2)
- Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R)

Se define de acuerdo a la siguiente figura:

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

- Peso de la Edificación (P)

Se define como la sumatoria de cargas muertas y vivas en cierto porcentaje dependiendo del uso.

redactarlo

- Fuerza cortante en la base

Se calcula con la siguiente expresión:

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

- Distribución de la fuerza sísmica en Altura

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel se calculan con la siguiente expresión:

$$F_i = \alpha_i \cdot V \quad \alpha = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

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:  $k=1,0$ .
- b) Para T mayor que 0,5 segundos:  $k=(0,75+0,5T) \leq 2,0$ .

#### 2.2.4 Análisis Dinámico Tiempo – Historia

En este tipo de análisis se utiliza un modelo matemático de la estructura que considere directamente el comportamiento histerético de los elementos, determinándose la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio (Norma Técnica E.030, 2018, p.25).

##### 2.2.4.1 Espectro de diseño

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por (Norma Técnica E.030, 2018, p.24):

$$S_{\alpha} = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

#### 2.2.5. Presupuesto

“La forma de determinar el coste total del proyecto consiste en preparar un presupuesto de valoración detallada. El presupuesto de valoración detallada es un presupuesto que desglosa cada concepto de obra, y el precio de cada elemento que lo compone puede examinarse y analizarse desde las perspectivas del rendimiento, desperdicio y el costo. Como su nombre indica, describe el valor de cada unidad de obra y los elementos que la componen. Es la mejor herramienta para analizar cada elemento para su optimización desde el punto de vista de la mejora del rendimiento y la reducción de costos. Detalla los costos directos, indirectos, utilidad y los impuestos de obra” (Beltrán, 2015, p.3).

#### 2.2.6. Metrado

“Se define como un conjunto ordenado de datos obtenidos preferentemente u obtenidos mediante lecturas dimensionales distintas de las lecturas a escala (es decir, utilizando un instrumento de medición graduado). Las medidas se toman para calcular la cantidad de trabajo que hay que realizar, y cuando se multiplican por el costo unitario y sumados obtenemos los costos directos” (CAPECO, p.10).

### 2.3. Definición de Términos Básicos

- Derivas: “Cociente entre la diferencia de desplazamientos laterales de dos niveles consecutivos de la estructura entre la altura de dicho entrepiso” (SINAPRED,2005, p.4).
- Cortante basal: “El cortante basal en una edificación es la acumulación progresiva de las fuerzas cortantes de cada piso, el cual se refleja en la base del mismo” (Saavedra, 2016, párr. 1).
- Envoltente: Es la representación gráfica de los distintos diagramas de momento obtenidos debido a combinaciones de cargas requeridos por la norma peruana E 030.
- Carga muerta: Son cargas de gravedad que están permanentemente en una estructura.
- Carga viva: Son cargas de gravedad que actúan esporádicamente en una estructura.
- Periodo fundamental de vibración: Es el tiempo que le lleva a la estructura terminar un ciclo de oscilación.
- Centro de masa: Es un punto de coordenadas donde se supone que están concentradas las masas.
- Modos de vibración: Es la posible forma o patrón en la que vibrara la estructura debido a fuerzas externas.
- Análisis de costos unitarios: Es el costo en base a la unidad métrica de cada partida de un presupuesto, comprendiendo la mano de obra, materiales, equipos y herramientas.
- Costo directo: “Son todos aquellos gastos que están directamente relacionados con la obra de construcción, es la parte más cuantiosa en los precios unitarios y por consiguiente del presupuesto de obra” (El precio unitario, s.f., párr.1).
- Gastos Generales: “Los gastos generales son todos aquellos gastos de un proyecto que no pueden ser considerados como costos directos de producción, pero que son necesarios para el funcionamiento del proyecto” (Edén, s.f., párr.2).

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. Método y alcance de la investigación

Según **Bedoya (2008)**, “el método de investigación es científico porque justifica, fundamenta y respalda las hipótesis planteadas con finalidad de aceptarlas o rechazarlas”.

La presente investigación se iniciará con la observación directa de la influencia que genera el cambio de sistema estructural en cada planteamiento de una estructura multifamiliar de 5 pisos. Se hará un análisis a cada sistema estructural planteado para notar las diferencias en la capacidad sísmica de cada una, así como la obtención de los costos de construcción a nivel de estructuras con cada sistema estructural.

Según **Bedoya (2008)** el tipo de investigación es aplicada. “Guardando estrecha relación con la básica se centra en la posibilidad práctica que entregan los conocimientos obtenidos de ella; para hacer, para actuar, para construir, para modificar.”

Existen trabajos de investigación relacionados al tema de la presente tesis.

### 3.2. Diseño de Investigación

Según el autor **Santa Palella y Feliberto Martins (2012)**, define: El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y por qué causa se produce o puede producirse un fenómeno. (p.86)

En esta categoría realizamos estudios experimentales en los que manipulamos al menos una variable para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, en nuestro estudio manipularemos diferentes tipos de sistemas estructurales y observaremos su efecto sobre la capacidad sísmica de un edificio multifamiliar de 5 pisos.

Según este análisis, el diseño a aplicar en la presente investigación será el ***diseño cuasi experimental***, veremos el efecto del tipo de sistema estructural en la capacidad sísmica.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población:

Según Tamayo (2005) indica que la población es la totalidad del fenómeno en estudio, comprende el conjunto de unidades analíticas que integran el fenómeno, y un determinado estudio se debe cuantificar integrando el conjunto de N entidades que participan de una determinada característica denominándolo población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a una investigación. Para este estudio, nuestro conjunto de fenómenos de investigación serán los edificios multifamiliares de 5 pisos en la ciudad de Huancayo.

#### 3.3.2. Muestra:

El autor Sabino (2014) Indica que la muestra es sólo una parte de la población total y tiene sus propias características. Por lo tanto, la homogeneidad del grupo significa que sus miembros tienen características similares. En este estudio, nuestra población muestra será un edificio multifamiliar de 5 pisos ubicado en la calle Javier Heraund, San Antonio, Huancayo.

#### 3.3.3. Muestreo:

Según Cuesta (2009) El muestreo no probabilístico es un método de muestreo en el que el proceso de muestreo no da a todos los individuos de la población las mismas posibilidades de ser seleccionados.

Para la investigación emplearemos un muestreo no probabilístico discrecional también llamado por conveniencia, para nuestros fines cogeremos un edificio de tipo multifamiliar de 5 pisos.

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

En opinión de Sabino citado por Méndez (1999), la observación es una técnica antiquísima, cuyos primeros aportes sería imposible rastrear. A través de sus sentidos, el hombre capta la realidad que lo rodea, que luego organiza intelectualmente. La observación puede definirse, como el uso sistemático de nuestros sentidos en la búsqueda de los datos que necesitamos para resolver un problema de investigación.

Para la obtención de la capacidad portante y desplante de la cimentación se utilizarán los formatos propios del laboratorio de mecánica de suelos.

Técnica: Observación directa.

### 3.5. Procedimiento

**Paso 1:** Descripción del área de estudio de la edificación proyectada

**Paso 2:** Obtención de la capacidad portante y desplante de la cimentación del informe técnico del laboratorio de mecánica de suelos.

**Paso 3:** Presentación del plano de Arquitectura.

**Paso 4:** Pre dimensionamiento de los elementos estructurales de cada sistema a emplear.

**Paso 5:** Modelamiento de la estructura por tipo de sistema estructural, donde se evaluó el comportamiento que presentan las estructuras ante la acción sísmica.

**Paso 6:** Análisis sísmico utilizando el software ETABS por tipo de sistema estructural.

**Paso 7:** Validación de las dimensiones de los elementos estructurales empleadas para el modelado estructural.

**Paso 8:** Diseño estructural utilizando el software CSI COL, SAFE y hojas de cálculo en el Software Excel, para los tres sistemas estructurales propuestos.

**Paso 9:** Metrados, costos unitarios y presupuesto.

**Paso 10:** Comparación técnico-económico de los tres sistemas estructurales.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Descripción de la zona de estudio

El predio donde se realizará el proyecto de investigación se ubica en el departamento de Junín, provincia y distrito de Huancayo, urbanización San Antonio, en la calle Javier Heraud; la superficie del terreno es relativamente plana sin curvaturas ni depresiones pronunciadas, la condición del drenaje es aceptable y presenta vegetación al ras propios de la zona (grama); a la fecha de visita solo presenta un edificación colindante en la parte lateral derecha de 3 pisos de uso habitacional quien no presenta indicios de un mal comportamiento estructural que se puede atribuir a la interacción suelo-estructuras (grietas, fisuras, etc.), el principal acceso se encuentra por la Av. San Carlos con un tránsito regular, la zona es de tipo residencial y la edificación a realizar es de tipo común ya que se desempeñará como vivienda multifamiliar abarcando 200 m<sup>2</sup> y no se considera la utilización de sótanos, la distribución para los tres sistemas estructurales consta de:

- Primer nivel: 01 Ingreso principal, 02 tiendas, 03 almacenes, 01 escalera, 01 departamento con 01 SS.HH., 01 cocina, 02 dormitorios, 01 sala comedor, 01 estudio.
- Del segundo al quinto nivel: se cuenta con 02 departamentos por nivel teniendo un total de 09 departamentos en el edificio; cada departamento tiene 02 dormitorios, 01 cocina, 01 sala comedor, 01 estudio.

El área techada por nivel es de 186.92 m<sup>2</sup>, con un perímetro de 69 m, las alturas de entrepiso son de 2,6 m obteniendo así una altura total de 13m.

### 4.2. Resultados del estudio de mecánica de suelos

El estudio de mecánica de suelos se relaciona con toda la información obtenida en base a las características del sitio y propias del entorno, se fija como objetivos obtener información de la condición estratigráfica del área de estudio, propiedades mecánicas, descartar la presencia de agua freáticas, con toda esta información se podrá determinar el tipo de cimentación y las características de las mismas. Se solicitó el estudio de mecánica de suelos al laboratorio Geosciences, quien nos expiden los certificados de calibración de sus equipos para tener mayor confiabilidad de los resultados mostrados a continuación:

- La profundidad máxima de exploración es de 3.50 metros por debajo del terreno natural.
- A la fecha de excavación NO se encontró la presencia del nivel freático.

- Se extrajo muestra alterada representativa de los estratos típicos en cantidad suficiente para la realización de ensayos estándar respectivos.
- La ubicación de la exploración estuvo a cargo de los solicitantes.
- La excavación de la exploración estuvo a cargo de los solicitantes.
- La extracción de la muestra estuvo a cargo de los solicitantes.
- Se descarta la presencia de suelos cohesivos, en vista que el suelo encontrado presenta limite liquido menor a 50.
- Se descarta la presencia de suelos licuables, en vista que no presentan las tres características indicadas en la norma E.050.
- Parámetro sísmico de diseño, se detalla a continuación: HUANCAYO y asume el valor de  $Z=0.35$
- Según la Norma E-030 Diseño Sismorresistente, el tipo de suelo es S2 cuya descripción es un suelo INTERMEDIO, entonces, se debe asumir un valor de  $T_p(S)=0.6$ ,  $T_L(S)=2.0$ . y  $S=1.15$ .
- En base a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y análisis efectuados se concluyó:

*TABLA N° 2: CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA: SUCS-AASHTO*

CALICATA	MUESTRA	CLASIFICACION		NOMBRE DEL GRUPO
		SUCS	AASHTO	
C-01	M-1	GP	A-1-a(0)	GRAVA MAL GRADUADA CON ARENA

*Fuente: Propia*

*TABLA N° 3: CAPACIDAD PORTANTE Y PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN*

CALICATA	MUESTRA	CAPACIDAD PORTANTE
C-01	M-1	1.46 kg/cm <sup>2</sup> para una Prof. De 1.50 m. 2.69 kg/cm <sup>2</sup> para una Prof. De 3.00 m.

*Fuente: Propia*

*TABLA N° 4: CUADRO DE ASENTAMIENTO*

CALICATA	MUESTRA	ASENTAMIENTO
C-01	M-1	0.7006 cm para una Prof. De 1.50 m.

*Fuente: Propia*

### 4.3. Predimensionamiento, análisis y diseño

Para tener un adecuado desarrollo del trabajo de debe tener una estructuración para los 3 sistemas, se tuvo en cuenta las distancias y áreas mínimas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, y también la distribución de un buen plano arquitectónico; las medidas fueron variando de acuerdo al posterior análisis estructural.

Se tuvo en cuenta los siguientes criterios para una buena estructuración:

a) Simplicidad:

La estructuración planteada busco simplicidad, debido a que esta característica tiene el fin de que la estructura presente un mejor comportamiento frente a sismos y también se puede predecir de manera más concisa su comportamiento frente a un sismo.

b) Simetría:

La estructuración planteada busco una simetría de elementos estructurales en ambas direcciones (x e y) para evitar problemas torsionales.

c) Resistencia:

La estructuración propuesta debe tener una resistencia adecuada en ambos ejes (x e y) garantizando estabilidad estructural.

d) Uniformidad y continuidad estructural:

De acuerdo a la arquitectura se observó que existía irregularidad por esquinas entrantes a lo largo del eje y-y debido a los ductos de iluminación debido a norma peruana E030.

En muchos proyectos, en los últimos pisos se opta por reducir las secciones de los elementos estructurales ya que la carga que reciben es menor que en los primeros pisos, para este proyecto de investigación se optó por no variar las dimensiones de los elementos verticales ni horizontales en ninguno de los 3 sistemas propuestos, manteniendo así una continuidad estructural en los 5 niveles

e) Rigidez lateral

Para poder controlar las derivas mínimas propuestas por la norma E030 se planteó placas de concreto de armado tanto en el eje x-x como en el eje y-y teniendo en cuenta siempre la simetría de estos elementos para no generar problemas

torsionales; el sistema cambio de aporticado a dual debido al porcentaje de fuerza cortante que se llevaban las placas.

#### 4.3.1. Sistema Dual

##### 4.3.1.1. Predimensionamiento

El Predimensionamiento realizado para este trabajo consistió en dar medidas a los elementos estructurales y luego verificarlas y si era el caso cambiarlas de acuerdo al análisis estructural.

#### **Losa aligerada**

Se consideró una losa aligerada unidireccional debido a que presentan menor peso debido a las bloquetas colocadas entre las viguetas.

Se direccionó en "Y" porque es el sentido más corto, teniendo como luz libre crítica igual a 3.33m

Para determinar el espesor del aligerado se dividió la luz libre entre 25.

e aligerado =  $L_n/25 = 3.33/25 = 0.133m$ .

Se consideró un espesor de aligerado igual a 0.20 m por la presencia de tuberías de instalaciones eléctricas y de desagüe

#### **Vigas**

Blanco (1994) recomienda que el peralte de las vigas se encuentre entre 1/12 a 1/10 de la luz libre y que la base se encuentre entre 0.3 y 0.5 el peralte.

- Vigas Principales eje "x"

$L_n = 4.13m$

$h = 4.13/12$  a  $4.13/10$ ;  $h = 0.35m$  a  $0.41m$ , se consideró un peralte igual a 0.40 m

$b = 0.3 \cdot 0.40$  a  $0.5 \cdot 0.40$ ;  $b = 0.12$  a  $0.20$  m, la NTP E.0.60 estipula una base mínima para vigas de 0.25 m. Por lo tanto, se considerará una base de 0.25m.

- Vigas Secundarias eje "y"

$L_n = 3.58m$

$h = 3.58/12$  a  $3.58/10$ ;  $h = 0.30m$  a  $0.358m$ , se consideró un peralte igual a 0.35 m

$b=0.3*0.35$  a  $0.5*0.35$ ;  $b= 0.11$  a  $0.175$  m, la NTP E.0.60 estipula una base mínima para vigas de  $0.25$  m. Por lo tanto, se considerará una base de  $0.25$ m.

## Columnas

Blanco (1994) recomienda un área de columnas centrales igual a  $P(\text{servicio})/(0.45f'c)$  , para esquineras y laterales igual a  $P(\text{servicio})/(0.35f'c)$ .

$P=\text{Área tributaria} \times 1000\text{kg/m}^2 \times \text{Número de pisos}$

Área columnas centrales= $70500/(0.45*210)=746.03\text{cm}^2$

Área columnas esquineras= $22800/(0.35*210)=310.20\text{cm}^2$

Área columnas laterales= $39700/(0.35*210)=540.14\text{cm}^2$

Sin embargo, Blanco (1994) recomienda utilizar áreas entre  $1000\text{cm}^2$  y  $2000\text{cm}^2$ . Por la ubicación del proyecto en una zona sísmica 3 y con un tipo de suelo S2, se consideraron columnas T, L, Rectangulares y placas de  $15\text{cm}$  de espesor.

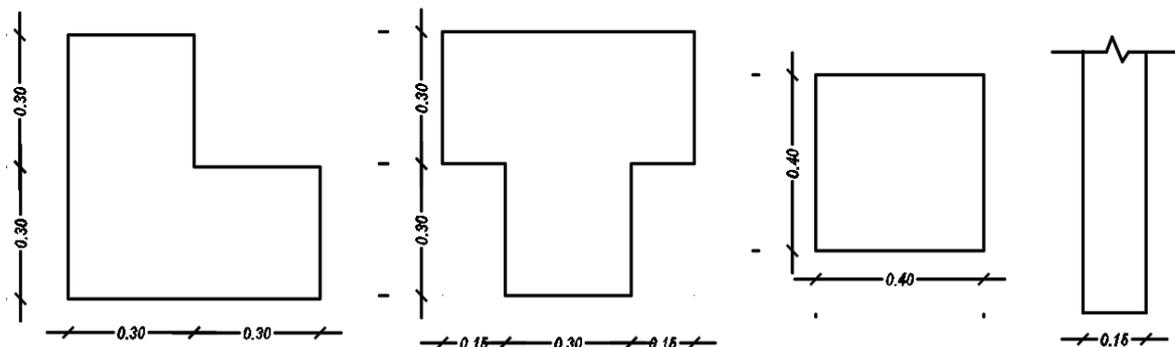


Figura 1: Secciones de las columnas propuestas para el sistema dual  
Fuente: Propia

- Columnas de arriostre:

Para el presente proyecto bajo el sistema dual se tiene tabiquería que solo cumple función de dividir espacios más no son estructurales, al presentar esta condición se deben de aislar de los elementos estructurales puesto que estos elementos no deben de tener restricciones para su desplazamiento lateral. Estos tabiques son aislados mediante un marco que comprende columna y viga de arriostre, dejando la respectiva junta sísmica entre placa o columna y la columna de confinamiento. Al realizar este arriostre estaremos evitado el efecto de columna corta, efectos de dilatación por temperatura, entre otros.

#### 4.3.1.2. Análisis sísmico

DE ACUERDO A LA NORMA E.060 CONCRETO ARMADO -8.1. MÉTODOS DE DISEÑO

“Para el diseño de estructuras de concreto armado se utilizará el Diseño por Resistencia.”.

Teniendo esto en cuenta no vimos la necesidad de diseñar por capacidad.

### Modelamiento estructural

TABLA N° 5: DATOS EMPLEADOS PARA EL MODELADO

Peso específico del concreto	2.4 ton/m <sup>3</sup>
Resistencia a la compresión (Fc') del concreto	210 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	2173706.51 ton/m <sup>2</sup>
Peralte de la losa aligerada	0.2 m.
Peralte de la losa maciza	0.2 m.
Peralte de las placas	0.15 m.
Sección de las vigas principales	0.25 x 0.40 m.
Sección de las vigas secundarias	0.24 x 0.35 m.

Fuente: Propia

Para realizar el modelamiento se empleó el software ETABS.

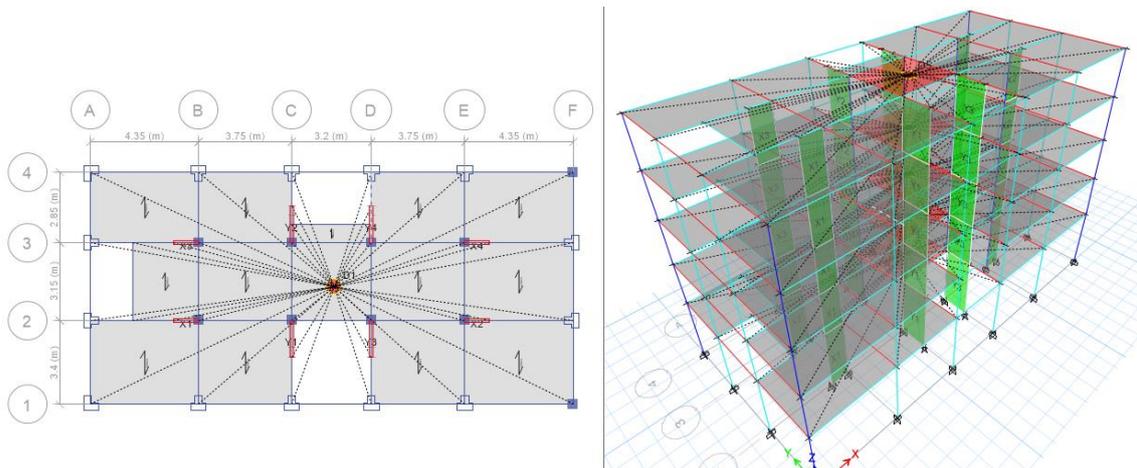


Figura 2: Vista en planta y 3D en el software ETABS de la edificación de 5 pisos tipo dual.

Fuente: Propia

### Parámetros sísmicos

Los parámetros sísmicos fueron los siguientes:

- El proyecto se encuentra ubicado en Huancayo zona sísmica 3. Teniendo un factor de zona  $Z= 0.35$
- Del estudio de mecánica de suelos realizado consideramos un Tipo de suelo S2. Y tenemos un factor de suelo  $S=1.15$ ,  $T_p=0.6$  y  $T_L=2$ .
- Del modelamiento con Etabs se obtuvo un  $T=0.498$  s
- Teniendo un  $T_p > T$ , se consideró un factor de amplificación sísmica  $C=2.5$
- Debido a que la categoría de la edificación es vivienda, se consideró un factor de uso  $U=1$ .
- Se consideró un factor de irregularidad en altura  $I_a=1$ .
- Se consideró un factor de irregularidad en planta por esquinas entrantes  $I_p=0.9$ .
- Utilizando el sistema estructural de muros de ductilidad limitada se consideró un coeficiente básico de reducción  $R_o=7$ .
- Se obtuvo un coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas  $R=R_o \cdot I_p \cdot I_a = 6.3$
- $K=1$ ,  $T < 0.5s$ .

### Estimación del peso

Debido a que la categoría de la edificación es vivienda, se consideró  $P=100\%CM + 25\%CV$

#### 4.3.1.2.1. Análisis estático

Se consideró una excentricidad accidental del 5%.

- ✓ Fuerza cortante en la base

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad \frac{C}{R} \geq 0,11$$

$$C/R = 2.5/6.3 = 0.397 > 0.11 \quad \text{ok cumple!}$$

Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf
SISMOESXX	-113.698	0
SISMOESYY	0	-113.698

Figura 3: Fuerza cortante en la base en el eje "X" y "Y", para la edificación dual  
Fuente: Propia

#### 4.3.1.2.2. Análisis dinámico

- ✓ Espectro de diseño

Period	Value	Period	Value	Period	Value
0	0.1398	0	0.1398	0	0.1398
0.02	0.1398	0.14	0.1398	0.4	0.1398
0.04	0.1398	0.16	0.1398	0.45	0.1398
0.06	0.1398	0.18	0.1398	0.5	0.1398
0.08	0.1398	0.2	0.1398	0.55	0.1398
0.1	0.1398	0.25	0.1398	0.6	0.1398
0.12	0.1398	0.3	0.1398	0.65	0.129
		0.35	0.1398	0.7	0.1198

Period	Value	Period	Value	Period	Value
0	0.1398	0	0.1398	0	0.1398
0.75	0.1118	1.9	0.0441	1.2	0.0699
0.8	0.1048	2	0.0419	1.3	0.0645
0.85	0.0987	2.2	0.0347	1.4	0.0599
0.9	0.0932	2.4	0.0291	1.5	0.0559
0.95	0.0883	2.6	0.0248	1.6	0.0524
1	0.0839	2.8	0.0214	1.7	0.0493
1.1	0.0762	3	0.0186	1.8	0.0466

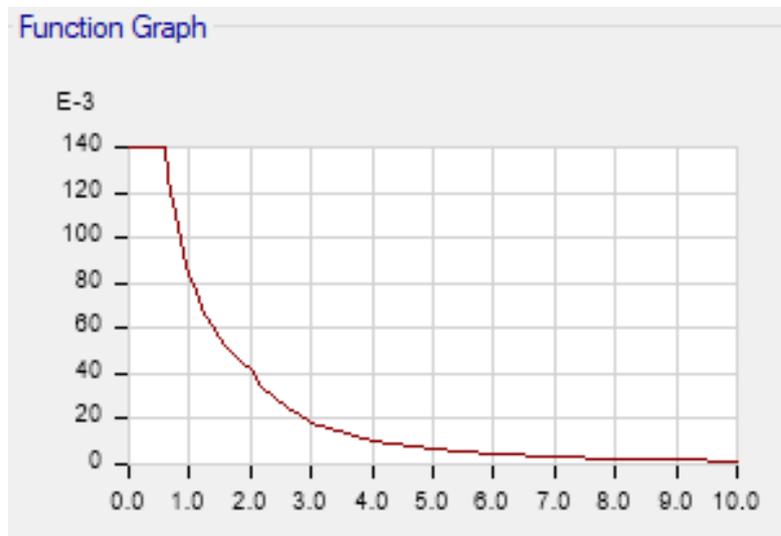


Figura 4: Espectro de diseño para la edificación dual  
Fuente: Propia

✓ Fuerza cortante en la base

Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf
SISMODINAMICOENXX ...	101.5767	29.5844
SISMODINAMICOYY Max	30.4968	98.5335

Figura 5: Fuerza cortante en la base en los ejes "X" y "Y" de la edificación tipo dual  
Fuente: Propia

✓ Factor de escala

La fuerza cortante dinámica no debe ser menor que el 90% de la cortante estática. Si se aumenta la fuerza cortante, se multiplicaran todos los resultados por un factor de escala F.e. a excepción de los desplazamientos.

<b>DUAL</b>		
Load Case/Combo	FX	FY
	tonf	tonf
SxE	-113.698	0
SyE	0	-113.698
SxD Max	101.5767	29.5844
SyD Max	30.4968	98.5335
	<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>Vestatico</b>	113.70	113.70
<b>Vdinamico</b>	101.58	98.53
<b>90%Vestatico</b>	102.33	102.33
<b>F.e.</b>	1.01	1.04
<b>F. escala real</b>	<b>1.01</b>	<b>1.04</b>
<b>V diseño</b>	102.33	102.33

Figura 6: Factor de escala para la edif. tipo dual  
Fuente: Propia

✓ Máximo desplazamiento relativo de entrepiso

Los desplazamientos laterales se multiplicaron por  $0.85R=0.85*1*0.9*7=5.355$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story5	COMBO DERIVA XX Max	X	0.003312
Story5	COMBO DERIVA XX Min	X	0.003312
Story4	COMBO DERIVA XX Max	X	0.004624
Story4	COMBO DERIVA XX Min	X	0.004624
Story3	COMBO DERIVA XX Max	X	0.005771
Story3	COMBO DERIVA XX Min	X	0.005771
Story2	COMBO DERIVA XX Max	X	0.006211
Story2	COMBO DERIVA XX Min	X	0.006211
Story1	COMBO DERIVA XX Max	X	0.003707
Story1	COMBO DERIVA XX Min	X	0.003707

Figura 7: Máximo desplazamiento relativo de entrepiso en el eje "X" de la edif. Tipo dual  
Fuente: Propia

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story5	COMBO DERIVA YY Max	Y	0.003647
Story5	COMBO DERIVA YY Min	Y	0.003647
Story4	COMBO DERIVA YY Max	Y	0.004635
Story4	COMBO DERIVA YY Min	Y	0.004635
Story3	COMBO DERIVA YY Max	Y	0.005386
Story3	COMBO DERIVA YY Min	Y	0.005386
Story2	COMBO DERIVA YY Max	Y	0.005437
Story2	COMBO DERIVA YY Min	Y	0.005437
Story1	COMBO DERIVA YY Max	Y	0.003221
Story1	COMBO DERIVA YY Min	Y	0.003221

Figura 8: Máximo desplazamiento relativo de entrepiso en el eje "Y" de la edif. Tipo dual  
Fuente: Propia

En las dos direcciones se cumple con el límite de distorsión de entrepiso de 0.007 para edificaciones de concreto armado que solicita la norma de diseño sismorresistente E.030.

#### 4.3.1.2. Diseño de elementos estructurales

##### Vigas

Las vigas fueron diseñadas bajo el criterio de resistencia ultima, con momentos y fuerzas cortantes resultantes de la envolvente de las combinaciones que están en la norma peruana E030, se utilizaron hojas de cálculo para el diseño respectivo, a continuación, se muestran las 2 vigas más esforzadas.

ELEMENTO	DATOS							RESULTADOS												
	MU (+)	f <sub>c</sub>	f <sub>y</sub>	h	b	d	w	P	P <sub>b</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>s min</sub>	A <sub>s dis</sub>	Cantidad de fierros a usar						Area efectiva a usar	
	tn-m (-)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm	cm	cm				cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 3/8"		
<b>VIGAS</b>																				
VP-101-501 25x40																				
TRAMO A-B	4.58 (-)	210.00	4200.00	40.00	25.00	34.00	0.088505	0.004425	OK	0.0159	3.76	2.05	3.76							3.96
	2.17 (+)	210.00	4200.00	40.00	25.00	34.00	0.040741	0.002037	OK	0.0159	1.73	2.05	2.05			2				3.96
	4.47 (-)	210.00	4200.00	40.00	25.00	34.00	0.086260	0.004313	OK	0.0159	3.67	2.05	3.67			2				3.96
VP-102-502 25x40																				
TRAMO A-B	5.65 (-)	210.00	4200.00	40.00	25.00	34.00	0.110703	0.005535	OK	0.0159	4.70	2.05	4.70			1	2			5.23
	4.23 (+)	210.00	4200.00	40.00	25.00	34.00	0.081383	0.004069	OK	0.0159	3.46	2.05	3.46			2				3.96
	7.90 (-)	210.00	4200.00	40.00	25.00	34.00	0.159716	0.007986	OK	0.0159	6.79	2.05	6.79			4				7.92

Figura 9: Diseño de las vigas de la edificación tipo dual  
Fuente: Propia

##### Losa aligerada

Para el diseño de losa aligerada se usó el programa SAP 2000 para la obtención de momentos de acuerdo a las luces y cargas de las losas; también se usaron hojas de cálculo para la obtención de aceros requeridos y mínimos.

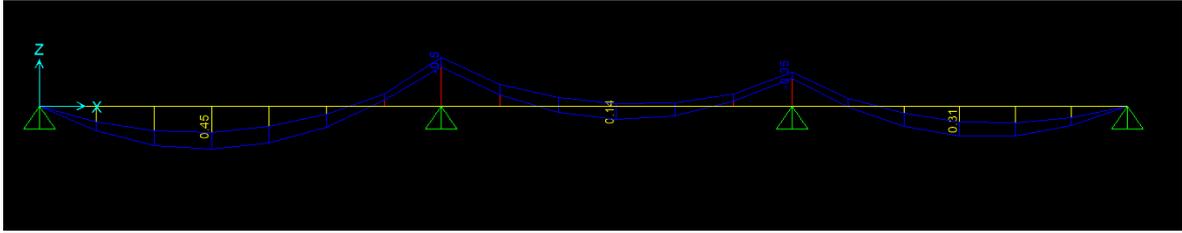


Figura 10: Diagrama de momentos flectores para la losa aligerada de la edif. dual  
Fuente: Propia

ELEMENTO	DATOS						RESULTADOS													
	MU (+)	fc	fy	h	b	d	$w'$	$F$	$F_b$	$A_s$	$A_{s\ min}$	$A_{s\ dis}$	Cantidad de fierros a usar						Area efectiva a usar	
	tn-m (-)	kg/cm2	kg/cm2	cm	cm	cm				cm2	cm2	cm2	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 3/8"		
DISEÑO DE ALIGERADO																				
ALIG TIPO1	0.49 (-)	210.00	4200.00	25.00	10.00	17.00	0.095075	0.004754	OK	0.0159	0.81	0.57	0.81		1					1.27
	0.45 (+)	210.00	4200.00	25.00	40.00	17.00	0.020887	0.001044	OK	0.0159	0.71	0.57	0.71	1						1.27
	0.50 (-)	210.00	4200.00	25.00	10.00	17.00	0.097140	0.004857	OK	0.0159	0.83	0.57	0.83	1						1.27
	0.15 (+)	210.00	4200.00	25.00	40.00	17.00	0.006927	0.000346	OK	0.0159	0.24	0.57	0.57	1						1.27
	0.35 (-)	210.00	4200.00	25.00	10.00	17.00	0.066739	0.003337	OK	0.0159	0.57	0.57	0.57	1						1.27
	0.31 (+)	210.00	4200.00	25.00	40.00	17.00	0.014343	0.000717	OK	0.0159	0.49	0.57	0.57	1						1.27
	0.34 (-)	210.00	4200.00	25.00	10.00	17.00	0.064754	0.003238	OK	0.0159	0.55	0.57	0.57	1						1.27
ALIG TIPO2	0.02 (-)	210.00	4200.00	25.00	10.00	17.00	0.003703	0.000185	OK	0.0159	0.03	0.57	0.57	1						1.27
	0.03 (+)	210.00	4200.00	25.00	40.00	17.00	0.001407	0.000070	OK	0.0159	0.05	0.57	0.57	1						1.27
	0.02 (-)	210.00	4200.00	25.00	10.00	17.00	0.003703	0.000185	OK	0.0159	0.03	0.57	0.57	1						1.27
ALIG TIPO3	0.31 (-)	210.00	4200.00	25.00	10.00	17.00	0.058830	0.002941	OK	0.0159	0.50	0.57	0.57	1						1.27
	0.46 (+)	210.00	4200.00	25.00	40.00	17.00	0.021356	0.001068	OK	0.0159	0.73	0.57	0.73	1						1.27
	0.31 (-)	210.00	4200.00	25.00	10.00	17.00	0.058830	0.002941	OK	0.0159	0.50	0.57	0.57	1						1.27
ALIG TIPO4	0.44 (-)	210.00	4200.00	25.00	10.00	17.00	0.084834	0.004242	OK	0.0159	0.72	0.57	0.72	1						1.27
	0.64 (+)	210.00	4200.00	25.00	40.00	17.00	0.029852	0.001493	OK	0.0159	1.01	0.57	1.01	1						1.27
	0.44 (-)	210.00	4200.00	25.00	10.00	17.00	0.084834	0.004242	OK	0.0159	0.72	0.57	0.72	1						1.27

Figura 11: Diseño de la losa aligerada de la edif. Dual  
Fuente: Propia

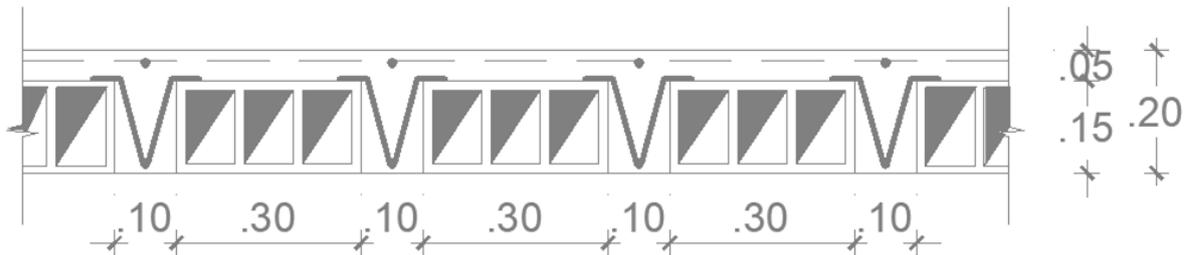


Figura 12:Detalle típico de aligerado e=0.20 m.  
Fuente: Propia

## Losa maciza

Para el diseño de losa maciza se diseñó a doble malla con criterio de acero mínimo.

Diseño losa maciza			As col
As. Min (+)	0.0018xbxh	3.6 cm <sup>2</sup>	3.6 cm <sup>2</sup>
As. Min (-)	0.0024xbxd	4.08 cm <sup>2</sup>	4.08 cm <sup>2</sup>

Los resultados del acero colocado se realizaron para 1 metro de losa.

## Columnas

Para el diseño de columnas se utilizó el software ETABS, utilizando valores de momento y axiales críticos obtenidos del análisis estructural realizado en software ETABS.

Para el diseño primero se cambiamos los valores de  $\phi$  de acuerdo a los estipulados por la norma peruana debido a que el programa ETABS trabaja con la norma americana ACI.

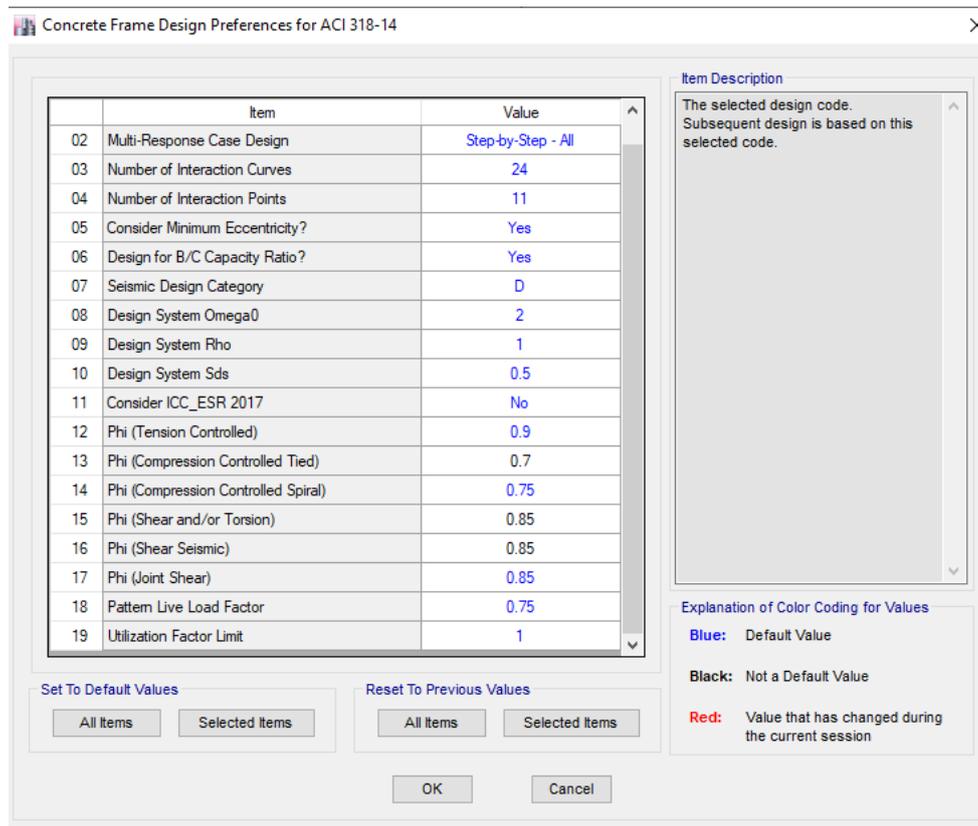


Figura 13: Ingreso de datos en el programa ETABS  
Fuente: Propia

Debido al cambio que se hizo en los valores de  $\phi$  acondicionándolos a los de la norma peruana, nuestros 5 valores más resaltantes en la curva de interacción:

- 1) Compresión pura
- 2) Figuración incipiente
- 3) Falla balanceada
- 4) Cambio de valor de  $\phi$  de 0.7 a 0.9
- 5) Flexión pura

Los resultados serán correctos.

En el caso de la columna Tee se procedió a sacar la carga Pu más crítica de todas las columnas Tee junto con el momento más crítico.

P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
-197.2327	-47.1642	-50.5242

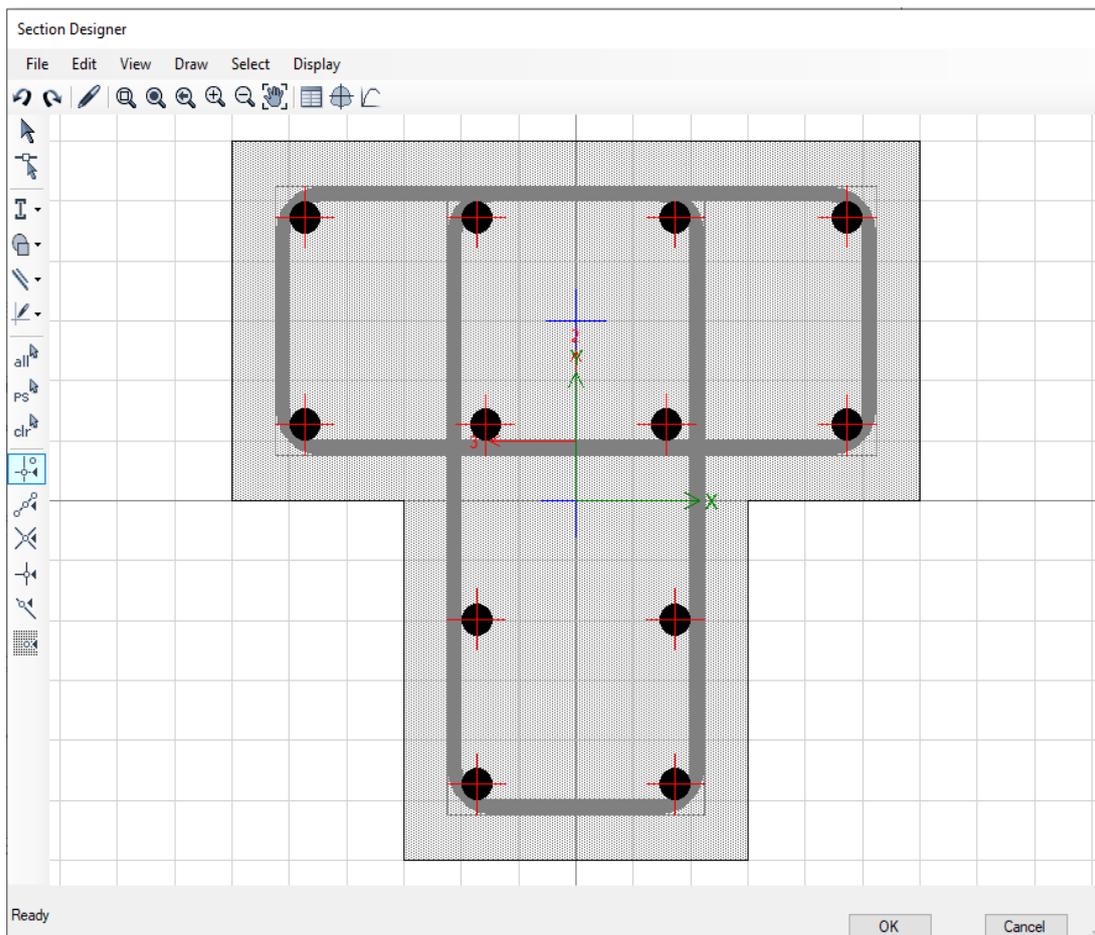


Figura 14: Diseño columna T con la carga más crítica  
Fuente: Propia

Para el siguiente diagrama de interacción, todos los aceros usados en el diseño de la columna son de 1”.

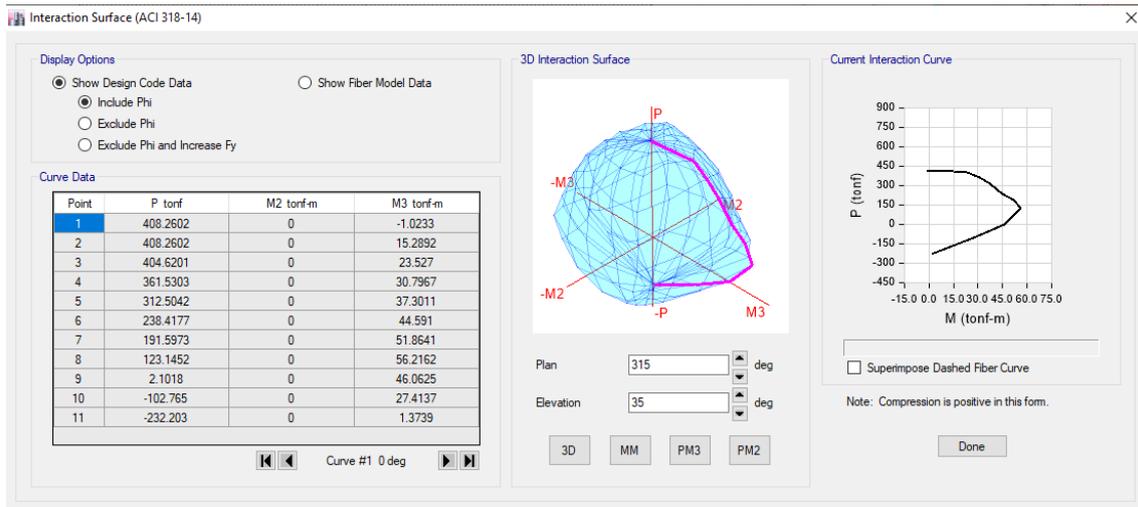


Figura 15: Diagrama de interacción de la columna T  
Fuente: Propia

Nuestros puntos más críticos de la columna con el axial y momentos máximos caen dentro de nuestro diagrama de interacción en este caso son 12 aceros de 1" que garantizan nuestro  $P_u$  máximo y  $M_u$  máximo dentro del diagrama de interacción.

En el caso de la columna en L, se procedió a sacar la carga  $P_u$  más crítica de todas las columnas en forma de L junto con el momento más crítico.

P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
-52.448	-51.1345	-49.0046

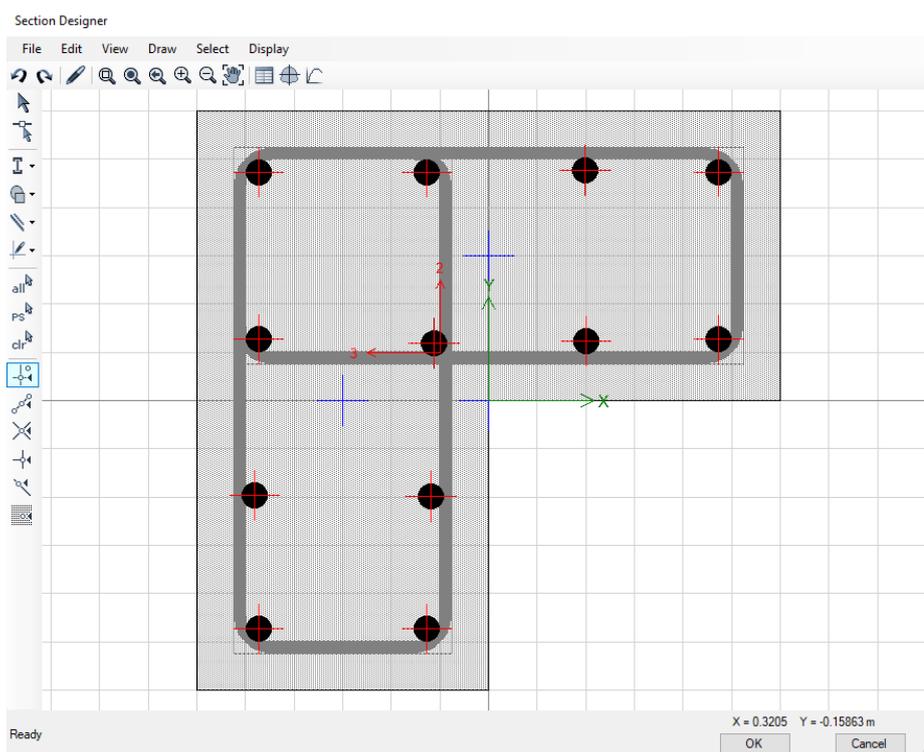


Figura 16: Diseño columna L con la carga más crítica  
Fuente: Propia

Para el siguiente diagrama de interacción todos los aceros usados en el diseño de la columna son de 1”.

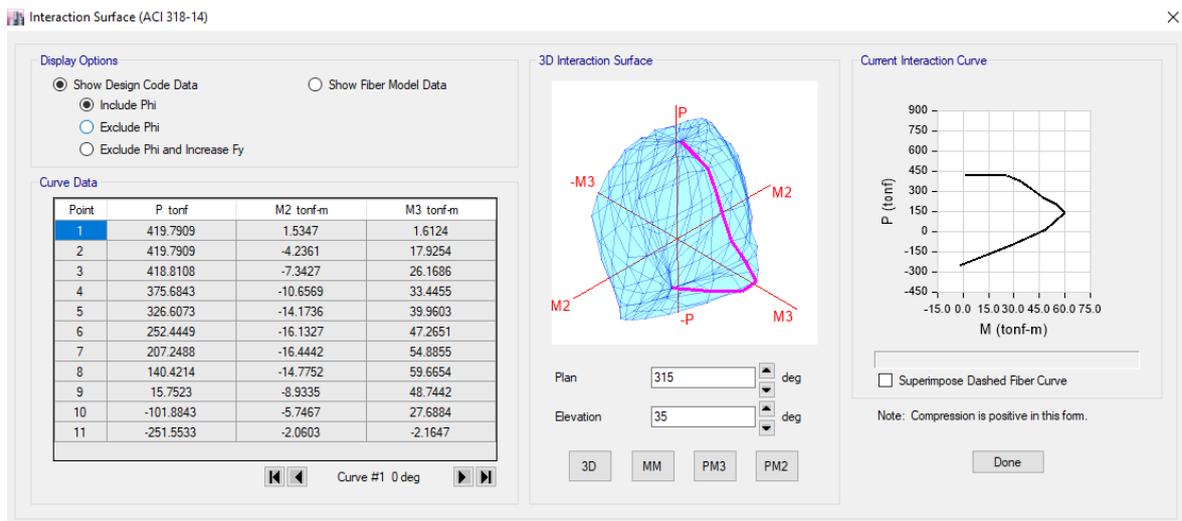


Figura 17: Diagrama de interacción de la columna T  
Fuente: Propia

Nuestros puntos más críticos de la columna con el axial y momentos máximos caen dentro de nuestro diagrama de interacción en este caso son 12 aceros de 1" que garantizan nuestro  $P_u$  máximo y  $M_u$  máximo dentro del diagrama de interacción.

En el caso de la columna cuadrada de 40 x 40 cm se procedió a sacar la carga  $P_u$  más crítica de todas las columnas con esta forma junto con el momento más crítico.

P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
-211.3028	-27.2218	-16.9651

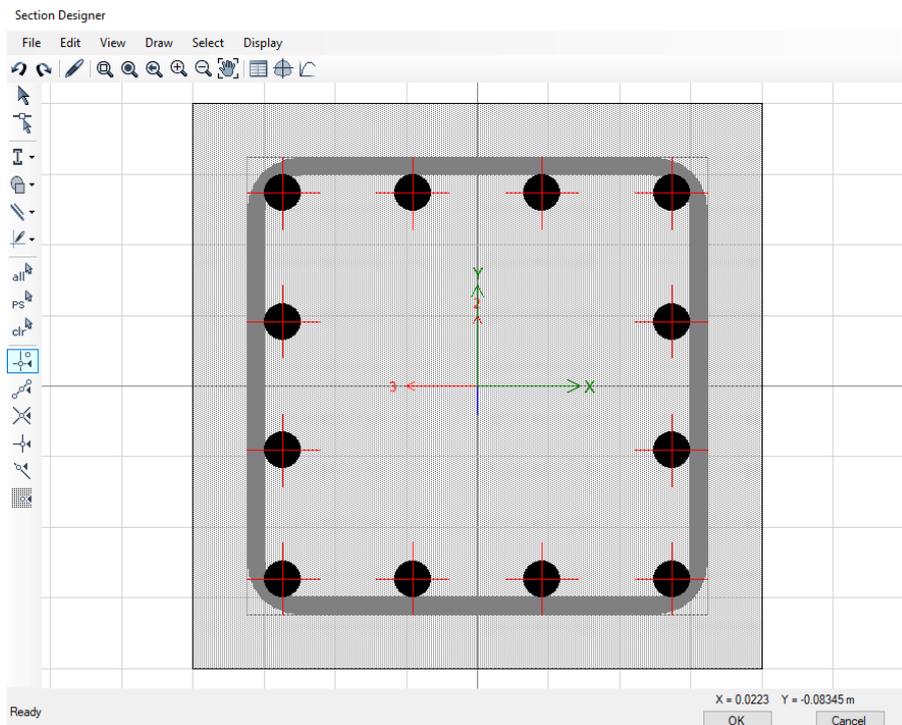


Figura 18: Diseño columna rectangular con la carga más crítica  
Fuente: Propia

Para el siguiente diagrama de interacción todos los aceros usados en el diseño de la columna son de 1", en este caso son 12 aceros de 1" que garantizan nuestro  $P_u$  máximo y  $M_u$  máximo dentro del diagrama de interacción.

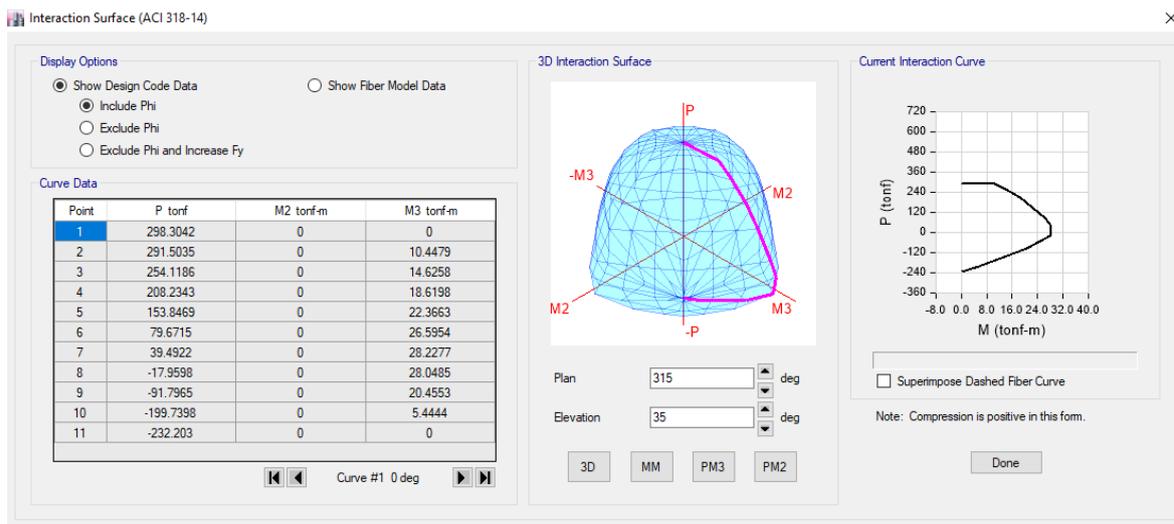


Figura 19: Diseño columna rectangular con la carga más crítica  
Fuente: Propia

Nuestros puntos más críticos de la columna con el axial y momentos máximos caen dentro de nuestro diagrama de interacción.

### Muros de Concreto

Se decidió agregar placas a la estructuración del edificio debido a que al realizar un análisis estructural de un sistema aporticado (vigas y columnas) este no cumplía con la rigidez lateral adecuada, por lo tanto, se incluyeron placas en el análisis para cumplir con los requerimientos de la norma E030 en cuanto a derivas; las longitudes propuestas de las placas se calcularon de tal manera que la deriva máxima en la estructura no difiera demasiado en cuanto al límite de la norma que es 0.007.

Se diseñó el muro de concreto "Y2"

TABLA N° 6: MOMENTOS Y FUEZAS AXIALES EN EL MURO DE CONCRETO "Y2"

Story	Pier	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>M3</b>
		tonf	tonf	Tonf-m
Story 1	Y2	-42.1434	-19.7779	-51.69

<b>F.e. = 1.04</b>				
Story	Pier	<b>PU</b>	<b>VU</b>	<b>MU</b>

		<b>tonf</b>	<b>tonf</b>	<b>Tonf-m</b>
Story 1	Y2	43.829	20.569	53.758

Fuente: Propia

✓ Diseño por flexocompresión

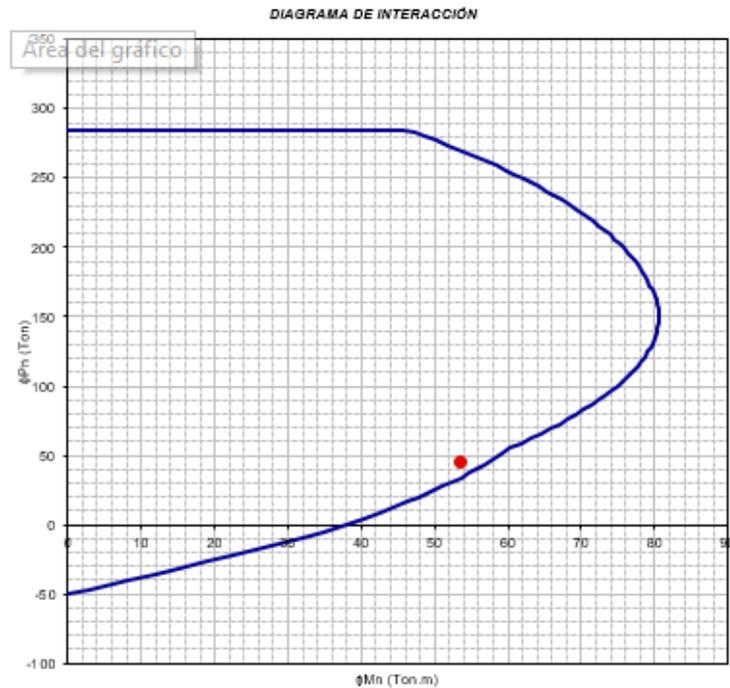


Figura 20: Diagrama de interacción de la placa "Y2" de la edif. Dual.  
Fuente: Propia

Se consideró 4Ø5/8 en cada núcleo de la placa y paso por flexo compresión

✓ Diseño por corte

<b>Vu</b>	<b>Pu</b>	<b>Mu</b>	<b>Mn para Pu</b>	<b>Mn/Mu</b>	<b>R</b>	<b>Mn/Mu &lt; R</b>
20.57	43.83	53.76	56.9	1.06	7	ok cumple!

$$\begin{array}{lcl}
 Vu * Mn / Mu & & \\
 Vu = & 21.77 & \text{ton} \\
 d = 0.8 * L = & 136 & \text{cm} \\
 h = & 15 & \text{cm} \\
 & & hm = 13.1 \text{ m} \\
 & & lm = 1.7 \text{ m}
 \end{array}$$

Máximo Admisible= 66.5893253 ton

$VU < \phi Vn$  ok cumple!

$Hm/hl = 7.74$ ,  $\alpha = 0.53$

$$V_c = A_c w (\alpha_c \sqrt{f_c})$$

$$V_c = 15.67 \text{ ton}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = 9.95 \text{ ton}$$

✓ Refuerzo horizontal

$$\rho_h = \frac{V_s}{A_{placa} \times f_y}$$

$$\rho_h = 9.95 / (136 \times 15 \times 4200) = 0.0000011$$

$$\rho_{h \text{ min}} = 0.0025$$

$$A_{sh} = 0.0025 \times 100 \times 15 = 3.75 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo:

sh=	lw/5	34	cm
	3h	45	cm
	45cm	45	cm

$$S = 0.71 \times 2 \times 100 / 3.75 = 37.87 \text{ cm}$$

Usaremos: 3/8" @35cm en 2 capas

✓ Refuerzo vertical

$$\rho_v = 0.0025 + 0.5 \left( 2.5 - \frac{h_m}{\ell_m} \right) (\rho_h - 0.0025) \geq 0.0025$$

$$\rho_v = 0.0025$$

$$\rho_{v \text{ min}} = 0.0025$$

$$A_{sv} = 3.75 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo:

sv=	lw/5	56.6666667	cm
	3h	45	cm
	45cm	45	cm

$$S=2*0.71*100/3.75=37.87\text{cm}$$

Usaremos: 3/8"@35cm en 2 capas

## Cimentación

Se realizó un diseño a mano y posteriormente se coteja con el programa SAFE.

Se diseña la zapata combinada para las columnas ubicadas en el eje B tramo 1-2, se recomienda la zapata combinada ya que la distancia de separación entre zapatas aisladas es menor a 1 metro, por esta razón se considera el diseño de zapatas combinadas. El uso de viga de cimentación se propone para poder evitar momentos de vo altos en los extremos de la cimentación planteada.

*Distancia de cimentacion combinada excentrica*  
*Distancia entre centros de columnas*

$$L_{cc} = 3.65 \text{ m}$$

Datos:

Lateral			Central		
Columna 1	(40 x40)	cm	Columna 20	(40 x40)	cm
bc1 =	0.6	m	bc2 =	0.4	
xcol1	0.35	m	Lc2 =	0.4	
LC TOTAL	0.6				
<i>Cargas</i>			<i>Cargas</i>		
Pm =	21.21	tn	Pm =	22.31	tn
Pv =	8.69	tn	Pv =	9.73	tn
Pt1 =	29.9	tn	Pt2 =	32.04	tn

*Direccion Longitudinal*

Mmx1 =	0.08	tnxm	M1 =	0.11	tn.m
Mvx1 =	0.03	tnxm			
Psx1 =	1.08	tn			
Msx1 =	2.82	tnxm			

*Direccion Longitudinal*

Mmx2 =	0.005	tnxm	M2 =	0.007	tn.m
Mvx2 =	0.002	tnxm			
Psx2 =	22.45	tn			
Msx2 =	1.83	tnxm			

*Direccion Transversal*

Mmy1 =	0.03	tnxm	M1t =	0.04	tn.m
Mvy1 =	0.01	tnxm			
Psy1 =	3.75	tn			
Msy1 =	1.29	tnxm			

*Direccion Transversal*

Mmy2 =	0.02	tnxm	M2t =	0.02	tn.m
Mvy2 =	0	tnxm			
Psy2 =	1.33	tn			
Msy2 =	0.6	tnxm			

## DIMENSIONAMIENTO:

### 1. 1ra Verificacion - gravedad Longitudinal

Xcg	At1 = 10.15 m <sup>2</sup> (min)	La = 4.50 m ↓	Vol Der. 0.4 m
	↓ Xac = 1.89 m	L = 4.50 m ↓	vol. Transv 0.95 m
	↓ Xcc1 = 1.90 m	A = L x B	
		B = 2.26 m ↓	
		B = 2.30 m	

<b>At = 10.35 m<sup>2</sup></b>	> 10.15 m <sup>2</sup>
---------------------------------	------------------------

### 2. Verificacion Gravedad Transversal

$$\sigma_{act T} = 7.20 \text{ tn/m}^2 < \sigma'_s = 14.5 \text{ tn/m}^2$$

### 3. Verificacion Gravedad Biaxial

$$\sigma_{act B} = 7.21 \text{ tn/m}^2 < \sigma'_s = 14.5 \text{ tn/m}^2$$

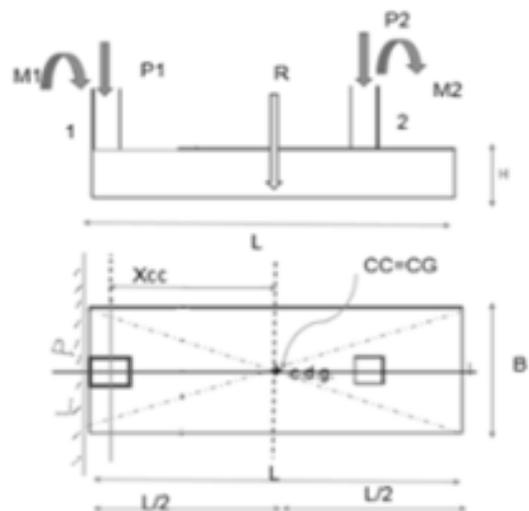
### 4. Verificacion Gravedad Biaxial con 50% Carga Viva en C1

Pv1m = 4.345 tn	Pv2m = 4.865 tn
Pt1m = 25.555 tn	Pt2m = 27.175 tn
Mvx1m = 0.095 tn.m	

Xc1m = 2.0323 m	Centro de gravedad estatico
e1m = 0.13 m	

$$\sigma_{act 50\%} = 7.67 \text{ tn/m}^2 < \sigma'_s = 14.5 \text{ tn/m}^2$$

↑	$\sigma'_s = 1.45 \text{ Kg/cm}^2$	
	14.5 tn/m <sup>2</sup>	
	$\sigma'_{sacc} = 18.85 \text{ tn/m}^2$	
	Hf = 1.6 m	
	F'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	
	fy = 4200 kg/cm <sup>2</sup>	
	S/c = 200 Kg/m <sup>2</sup>	
	Pz = 1.20	
	<b>Pz</b>	Suelo Bueno 1.10
		S. Intermedio 1.15
	Suelo Malo 1.20	



**5. Verificación Gravedad Biaxial con 50% Carga Viva en C2**

<p><b>Pv1m</b> = 4.345 tn</p> <p><b>Pt1m</b> = 25.555 tn</p> <p><b>Mvx1m</b> = 0.095 tn.m</p>		<p><b>Pv2m</b> = 4.865 tn</p> <p><b>Pt2m</b> = 27.175 tn</p> <p><b>Mvx2m</b> = 0.006 tn.m</p>
		<p><b>Xc2m</b> = 1.7399 m</p> <p><b>e2m</b> = -0.16 m</p>
<p><b>σ<sub>act</sub> 50%</b> = 5.46 tn/m<sup>2</sup></p> <p style="padding-left: 20px;">+ 7.81 tn/m<sup>2</sup></p>	<	<p><b>σ<sub>s</sub></b> = 14.5 tn/m<sup>2</sup></p>

**6. Verificación Biaxial de Sismo Sentido Horario Longitudinal**

<p><b>Ps1</b> = 30.98 tn</p> <p><b>Ms1</b> = 2.93 tn.m</p>		<p><b>Ps2</b> = 54.49 tn</p> <p><b>Ms2</b> = 1.837 tn.m</p>
		<p><b>Xccsp</b> = 2.38 m</p> <p><b>e2s</b> = 0.48 m</p>
<p><b>σ<sub>act</sub> s1p</b> = 15.24 tn/m<sup>2</sup></p> <p style="padding-left: 20px;">+ 4.61 tn/m<sup>2</sup></p>	<	<p><b>σ<sub>s</sub></b> = 18.85 tn/m<sup>2</sup></p>

**7. Verificación Biaxial de Sismo Sentido Antihorario Longitudinal**

<p><b>Ps1</b> = 28.82 tn</p> <p><b>Ms1</b> = -2.71 tn.m</p>		<p><b>Ps2</b> = 9.59 tn</p> <p><b>Ms2</b> = -1.823 tn.m</p>
		<p><b>Xccsm</b> = 0.79 m</p> <p><b>e2sn</b> = -1.11 m</p>
<p><b>σ<sub>act</sub> s1n</b> = -1.01 tn/m<sup>2</sup></p> <p style="padding-left: 20px;">+ 9.94 tn/m<sup>2</sup></p>	<	<p><b>σ<sub>s</sub></b> = 18.85 tn/m<sup>2</sup></p>

**8. Verificación Biaxial de Sismo Sentido horario - transversal**

$$\begin{array}{llll} \text{Ps1t} = & 33.65 & \text{tn} & \\ \text{O}^{\text{act}} \text{ s1pt} = & 8.28 & \text{tn/m}^2 & < \text{O}^{\text{s}} = 18.85 \text{ tn/m}^2 \end{array}$$

**9. Verificación Biaxial de Sismo Sentido Antihorario - transversal**

$$\begin{array}{llll} \text{Ps1t} = & 26.15 & \text{tn} & \\ \text{O}^{\text{act}} \text{ s1nt} = & 6.15 & \text{tn/m}^2 & < \text{O}^{\text{s}} = 18.85 \text{ tn/m}^2 \end{array}$$

**10.1. Verificación Biaxial de Sismo Sentido Horario Longitudinal 50% C1**

$$\begin{array}{llll} \text{Ps1} & 26.635 & \text{tn} & \\ \text{Ms1} & 2.915 & \text{tn.m} & \\ & & & \\ & \text{Xccsp} = & 2.51 & \text{m} \\ & \text{e2s} = & 0.61 & \text{m} \\ & & & \\ \text{O}^{\text{act}} \text{ s1p} = & 16.98 & \text{tn/m}^2 & < \text{O}^{\text{s}} = 18.85 \text{ tn/m}^2 \\ + & 4.23 & \text{tn/m}^2 & \end{array}$$

**10.2 Verificación Biaxial de Sismo Sentido antiHorario Longitudinal 50% C1**

$$\begin{array}{llll} \text{Ps1} & 24.475 & \text{tn} & \\ \text{Ms1} & -2.725 & \text{tn.m} & \\ & & & \\ & \text{Xccsp} = & 0.89 & \text{m} \\ & \text{e2s} = & -1.01 & \text{m} \\ & & & \\ \text{O}^{\text{act}} \text{ s1p} = & -1.61 & \text{tn/m}^2 & < \text{O}^{\text{s}} = 18.85 \text{ tn/m}^2 \\ + & 7.22 & \text{tn/m}^2 & \end{array}$$

**11.1. Verificación Biaxial de Sismo Sentido Horario Longitudinal 50% C2**

$$\begin{array}{llll} \text{Ps1} & 30.98 & \text{tn} & \\ \text{Ms1} & 2.93 & \text{tn.m} & \\ & & & \\ & \text{Xccsp} = & 2.31 & \text{m} \\ & \text{e2s} = & 0.41 & \text{m} \\ & & & \\ \text{O}^{\text{act}} \text{ s1p} = & 14.77 & \text{tn/m}^2 & < \text{O}^{\text{s}} = 18.85 \text{ tn/m}^2 \\ + & 6.33 & \text{tn/m}^2 & \end{array}$$

**11.2 Verificación Biaxial de Sismo Sentido AntiHorario Longitudinal 50% C2**

$$\begin{array}{llll} \text{Ps1} & 28.82 & \text{tn} & \\ \text{Ms1} & -2.71 & \text{tn.m} & \\ & & & \\ & \text{Xccsp} = & 0.38 & \text{m} \\ & \text{e2s} = & -1.52 & \text{m} \\ & & & \\ \text{O}^{\text{act}} \text{ s1p} = & -3.83 & \text{tn/m}^2 & < \text{O}^{\text{s}} = 18.85 \text{ tn/m}^2 \\ + & 4.23 & \text{tn/m}^2 & \end{array}$$

**12.1 Verificación Biaxial de Sismo Sentido Horario transversal 50% C1**

<b>Ps1</b>	29.305	tn		<b>Ps2 =</b>	33.37	tn
<b>Ms1</b>	1.325	tn.m		<b>Ms2 =</b>	0.62	tn.m
	<b>Xccsp =</b>	1.97	m			
	<b>e2s =</b>	0.07	m			
<b>σ<sub>act s1p</sub> =</b>	8.36	tn/m <sup>2</sup>	<	<b>σ<sub>s</sub> =</b>	18.85	tn/m <sup>2</sup>
<b>+</b>	7.16	tn/m <sup>2</sup>				

**12.2 Verificación Biaxial de Sismo Sentido AntiHorario transversal 50% C1**

<b>Ps1</b>	21.805	tn		<b>Ps2 =</b>	30.71	tn
<b>Ms1</b>	-1.255	tn.m		<b>Ms2 =</b>	-0.58	tn.m
	<b>Xccsp =</b>	2.10	m			
	<b>e2s =</b>	0.20	m			
<b>σ<sub>act s1p</sub> =</b>	6.98	tn/m <sup>2</sup>	<	<b>σ<sub>s</sub> =</b>	18.85	tn/m <sup>2</sup>
<b>+</b>	4.28	tn/m <sup>2</sup>				

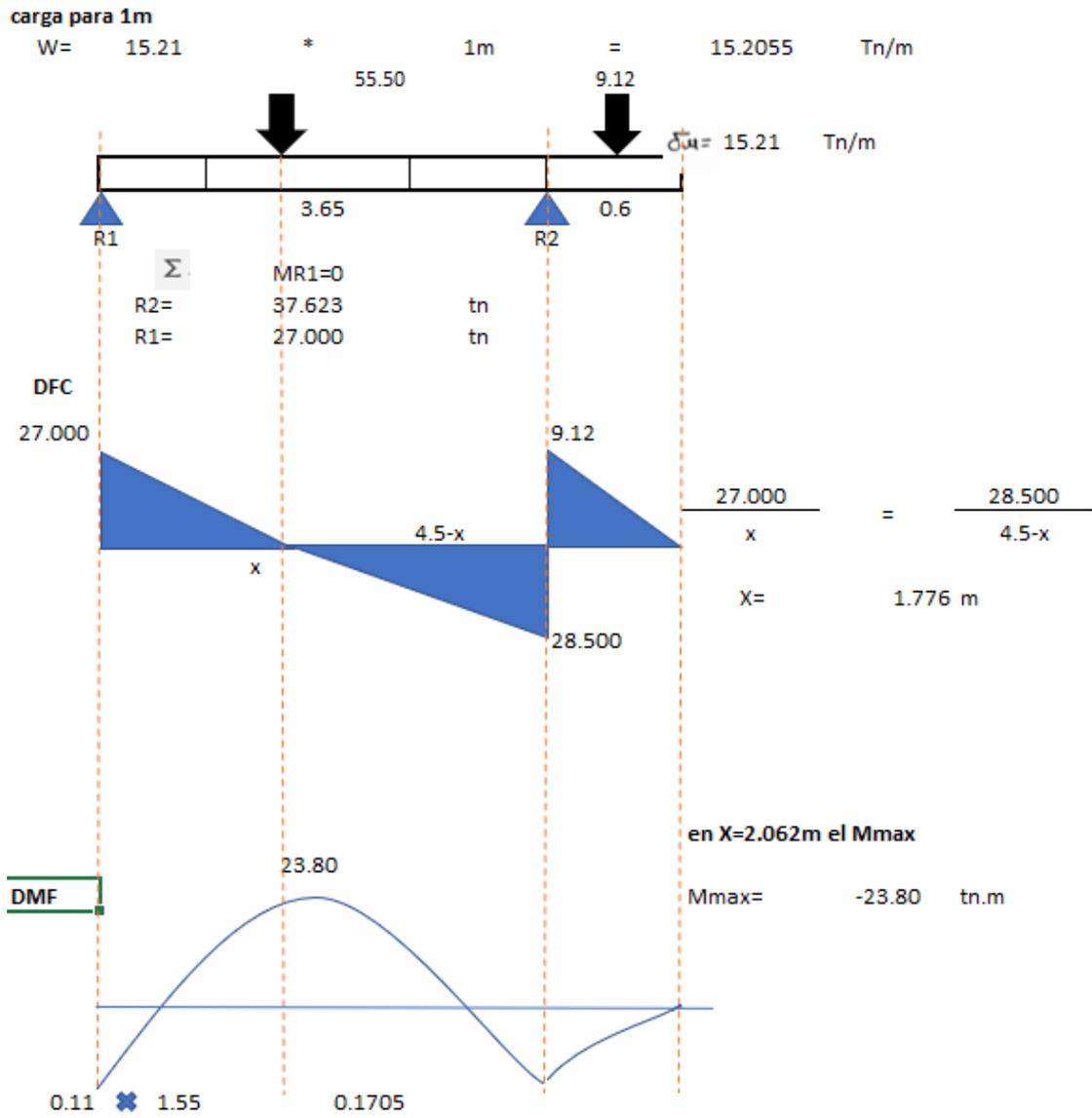
**13.1 Verificación Biaxial de Sismo Sentido AntiHorario Transversal 50% C2**

<b>Ps1</b>	26.15	tn		<b>Ps2 =</b>	25.845	tn
<b>Ms1</b>	-1.25	tn.m		<b>Ms2 =</b>	-0.58	tn.m
	<b>Xccsp =</b>	1.78	m			
	<b>e2s =</b>	-0.12	m			
<b>σ<sub>act s1p</sub> =</b>	4.76	tn/m <sup>2</sup>	<	<b>σ<sub>s</sub> =</b>	18.85	tn/m <sup>2</sup>
<b>+</b>	6.38	tn/m <sup>2</sup>				

**13.2 Verificación Biaxial de Sismo Sentido Horario Transversal 50% C2**

<b>Ps1</b>	33.65	tn		<b>Ps2 =</b>	28.505	tn
<b>Ms1</b>	1.33	tn.m		<b>Ms2 =</b>	0.62	tn.m
	<b>Xccsp =</b>	1.71	m			
	<b>e2s =</b>	-0.19	m			
<b>σ<sub>act s1p</sub> =</b>	6.14	tn/m <sup>2</sup>	<	<b>σ<sub>s</sub> =</b>	18.85	tn/m <sup>2</sup>
<b>+</b>	9.26	tn/m <sup>2</sup>				

# DIAGRAMAS



## DISEÑO ZAPATA 1:

### DISEÑO POR PUNZONAMIENTO

ZAPATA 1

<b>Asume</b>	H =	0.6	m	B =	2.30
	d =	0.5	m	L =	2.026
	d/2 =	0.25	m		

$$V_{up} < \phi * V_{cp} \quad \phi = 0.85$$

bo =	2.8	m
Ao =	0.935	m <sup>2</sup>
At =	4.66	m <sup>2</sup>

$$V_{up} = \sigma_u * (At - Ao)$$

$$V_{up} = 56.63 \text{ tn}$$

$$V_{cp} = \left( 0.53 + \frac{1.1}{B_c} \right) * (\sqrt{f'c}) * bo * d$$

$$B_c = \frac{\text{Longitud mayor C1}}{\text{Longitud menor de C1}}$$

Bc =	1.00
Vcp =	330693.22 kg
$\phi V_{cp}$ =	281.09 tn

$$V_{cp} = (1.1) * (\sqrt{f'c}) * bo * d$$

Vcplim =	223167.20 kg
$\phi V_{cplim}$ =	189.69 tn

**En conclusion :**

Vup	<	$\phi V_{cp}$	
56.63		189.69	<b>Ok</b>

### DISEÑO POR CORTE LONGITUDINAL

<b>Asume</b>	H =	0.6	m
	d =	0.5	m
	$\phi$ =	0.85	
	X =	0.926	m
	Vu =	32.37	tn
	$\phi V_c$ =	75.08	tn

Vu	<	$\phi V_c$	
32.37		75.08	<b>Ok</b>

### DISEÑO POR CORTE TRANSVERSAL

**Asume**

H =	0.6	m
d =	0.5	m
$\emptyset$ =	0.85	
X =	0.35	m
Vu =	10.78	tn
$\emptyset Vc$ =	66.12	tn

Vu	<	$\emptyset Vc$	
10.78		66.12	<b>Ok</b>

### DISEÑO POR FLEXION TRANSVERSAL

XL =	1.676	m
Mu =	49.10	ton.m
b =	2.30	m
d =	0.5	m
Ku =	8.54	

$g = 0.00235$

Asmin =	27.025	cm <sup>2</sup>	3/4" =	2.840	cm <sup>2</sup>
Cantidad de aceros =	10				
Distancia entre aceros =	0.23	;->	0.20m		

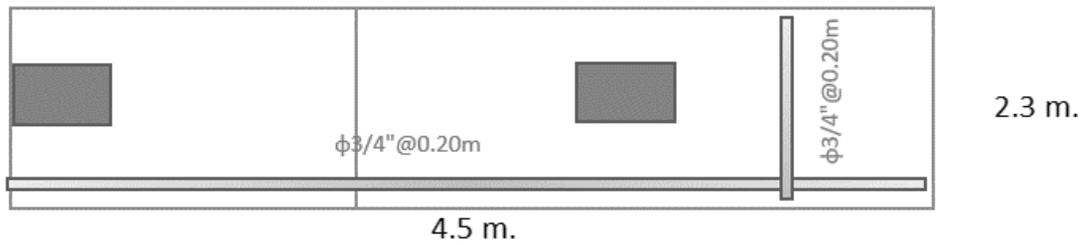
### DISEÑO POR FLEXION LONGITUDINAL

x =	0.85	m
Mu =	11.13	ton.m
b =	2.026	m
d =	0.5	m
Ku =	2.20	

$g = 0.0024$

Asmin =	24.3082192	cm <sup>2</sup>	3/4" =	2.840	cm <sup>2</sup>
Cantidad de aceros =	9				
Distancia entre aceros =	0.2250761	;->	0.20 m		

Se realizó el mismo diseño para la zapata 2, obteniendo así:



Para el contraste del diseño mediante el programa SAFE se emplearon los módulos de reacción del suelo; para este valor se empleó la tabla resumen correspondiente a los distintos ensayos en mecánica de suelos realizados por el Prof. Terzaghi y reafirmado por otros cinco colegas.

La tabla de autoría de Nelson Morrison para tesis de post grado en la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona 1993, titulada "Interacción Suelo-Estructuras: Semi-espacio de Winkler"

Esf Adm (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Winkler (Kg/Cm <sup>3</sup> )	Esf Adm (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Winkler (Kg/Cm <sup>3</sup> )	Esf Adm (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Winkler (Kg/Cm <sup>3</sup> )
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		

Figura 21: Modulo de Reacción del suelo.  
Fuente: Nelson Morrison

Para el proyecto se tiene una capacidad portante del suelo de 1.45 kg/cm<sup>2</sup> por lo que se procedió a emplear un coeficiente de Winkler de 3.01 Kg/cm<sup>3</sup>.

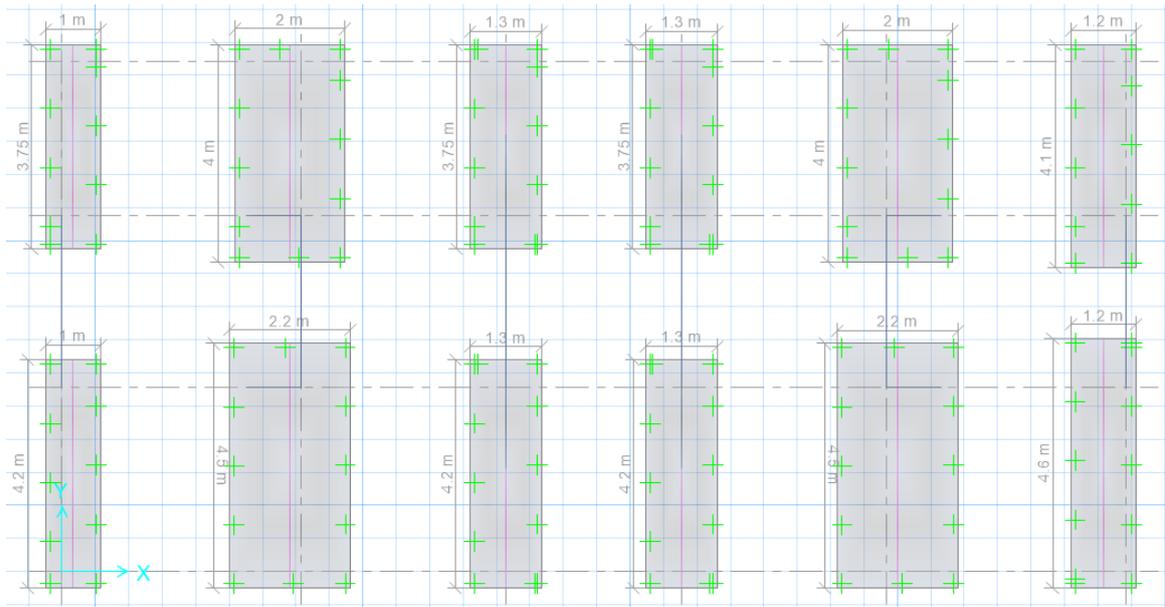


Figura 22: Vista de la cimentación de la edif. Dual, en el programa SAFE.  
Fuente: Propia

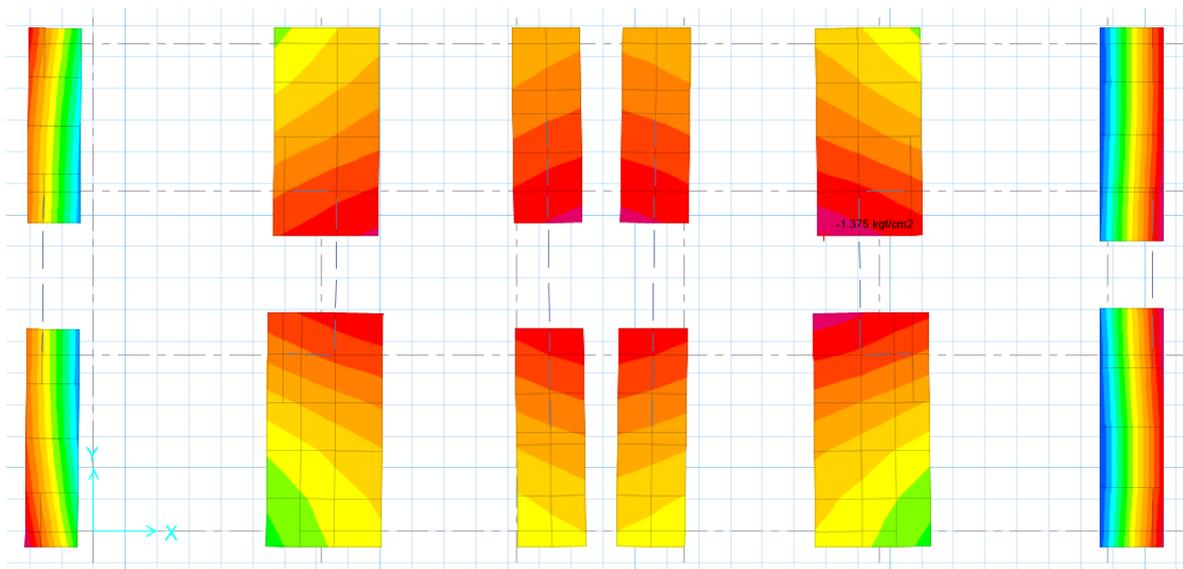


Figura 23: Diagrama de presiones en el suelo de la edif. Dual.  
Fuente: Propia

Con las secciones propuestas la cimentación cumplió con las verificaciones de capacidad portante y punzonamiento.

Con los momentos obtenidos se utilizaron hojas de cálculo para el diseño a flexión de cada zapata y viga de cimentación.

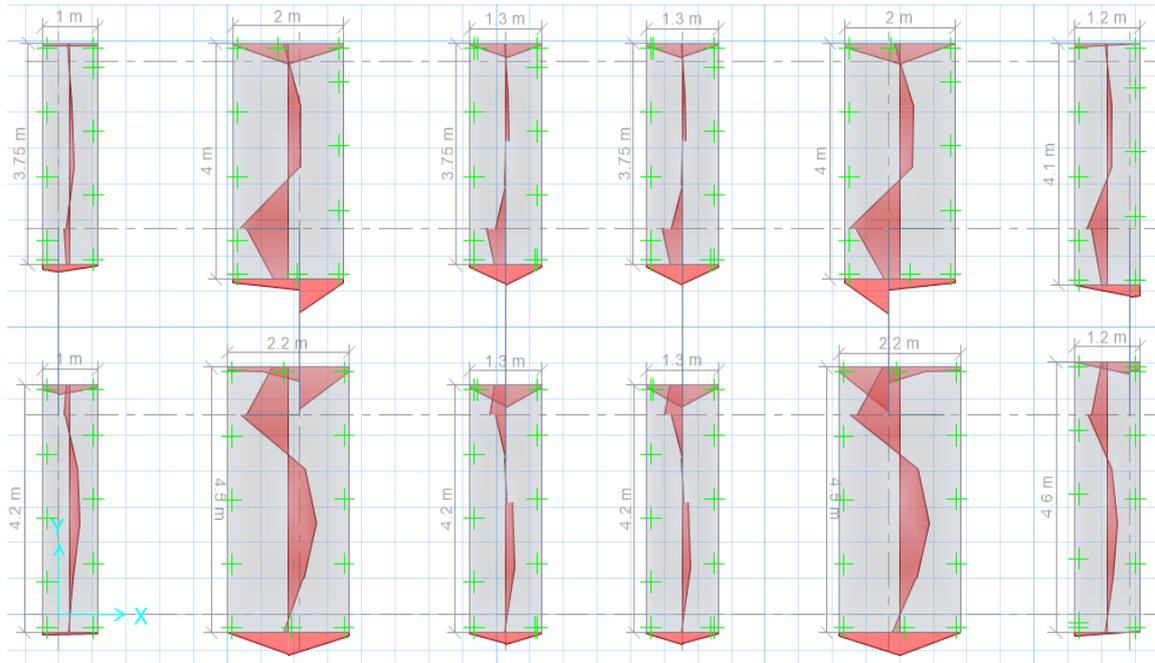


Figura 24: Diagrama de momentos flectores en las zapatas de la edif. Dual.  
Fuente: Propia

ELEMENTO	DATOS							RESULTADOS												
	MU (+)	$f_c$	$f_y$	h	b	d	$w$	$F$	$F_b$	$A_s$	$A_{s\ min}$	$A_{s\ dis}$	Cantidad de fierros a usar						Area efectiva a usar	
	tn-m (-)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm	cm	cm				cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 3/8"		
Z-1 1 X 3.75M																				
AC.TRANSV. INFERIOR	3.10 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.006620	0.000331	OK	0.0159	1.65	12.08	12.08						5	14.25
AC.TRANSV. SUPERIOR	0.00 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.000033	0.000002	OK	0.0159	0.01	12.08	12.08						5	14.25
AC. LONG. SUPERIOR	2.55 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.005448	0.000272	OK	0.0159	1.36	12.08	12.08						5	14.25
AC. LONG. INFERIOR	1.80 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.003851	0.000193	OK	0.0159	0.96	12.08	12.08						5	14.25
Z-2 2 X 4M																				
AC.TRANSV. INFERIOR	12.65 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.027244	0.001362	OK	0.0159	6.81	12.08	12.08						5	14.25
AC.TRANSV. SUPERIOR	0.00 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.000033	0.000002	OK	0.0159	0.01	12.08	12.08						5	14.25
AC. LONG. SUPERIOR	19.40 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.042139	0.002107	OK	0.0159	10.53	12.08	12.08						5	14.25
AC. LONG. INFERIOR	6.00 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.012829	0.000641	OK	0.0159	3.21	12.08	12.08						5	14.25
Z-3 1.3 X 3.75M																				
AC.TRANSV. INFERIOR	7.75 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.016598	0.000830	OK	0.0159	4.15	12.08	12.08						5	14.25
AC.TRANSV. SUPERIOR	0.00 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.000033	0.000002	OK	0.0159	0.01	12.08	12.08						5	14.25
AC. LONG. SUPERIOR	8.00 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.017138	0.000857	OK	0.0159	4.28	12.08	12.08						5	14.25
AC. LONG. INFERIOR	2.00 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.004277	0.000214	OK	0.0159	1.07	12.08	12.08						5	14.25
Z-4 1.3 X 3.75M																				
AC.TRANSV. INFERIOR	7.75 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.016598	0.000830	OK	0.0159	4.15	12.08	12.08						5	14.25
AC.TRANSV. SUPERIOR	0.00 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.000033	0.000002	OK	0.0159	0.01	12.08	12.08						5	14.25
AC. LONG. SUPERIOR	8.00 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.017138	0.000857	OK	0.0159	4.28	12.08	12.08						5	14.25
AC. LONG. INFERIOR	2.00 (-)	210.00	4200.00	60.00	100.00	50.00	0.004277	0.000214	OK	0.0159	1.07	12.08	12.08						5	14.25

Figura 25: Diseño de zapatas de la edif. Dual.  
Fuente: Propia

Se verificó que el diseño manual y mediante el programa Safe concuerda.

### 4.3.1.3. Presupuesto

<b>Presupuesto</b>						
Presupuesto	<b>DUAL</b>					
Lugar	<b>JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO</b>					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>01</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>					<b>399,221.63</b>
<b>01.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>					<b>7,142.96</b>
01.02.01	<b>EXCAVACIONES</b>					<b>5,729.44</b>
01.02.01.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA ZAPATAS	m3	119.78	34.84		4,173.14
01.02.01.02	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS Y VIGAS DE	m3	44.67	34.84		1,556.30
01.02.02	<b>RELLENOS</b>					<b>1,413.52</b>
01.02.02.01	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	71.21	19.85		1,413.52
<b>01.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					<b>6,356.52</b>
01.03.01	CIMIENTO CORRIDO, CONCRETO 1:10 + 30% P. G.	m3	18.71	186.60		3,491.29
01.03.02	RELLENO DE CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACION	m3	3.09	199.30		615.84
01.03.03	SOLADO PARA ZAPATAS E=4"	m2	74.86	27.76		2,078.11
01.03.04	SOLADO PARA VIGAS DE CIMENTACION E=4"	m2	6.17	27.76		171.28
<b>01.04</b>	<b>SOBRECIMIENTO</b>					<b>3,065.69</b>
01.04.01	CONCRETO - C/H (1:8)+25% P. M.	m3	3.57	286.55		1,022.98
01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	47.66	42.86		2,042.71
<b>01.05</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					<b>382,656.47</b>
01.05.01	<b>ZAPATAS</b>					<b>25,374.39</b>
01.05.01.01	ZAPATAS CONCRETO F'C=210 KG/CM2.	m3	44.92	336.66		15,122.77
01.05.01.02	ZAPATAS ACERO F'Y=4200 KG/CM2	kg	1,853.82	5.53		10,251.62
01.05.02	<b>VIGAS DE CIMENTACION</b>					<b>4,601.25</b>
01.05.02.01	VIGAS DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	m3	3.09	319.00		985.71
01.05.02.02	VIGAS DE CIMENTACION, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	23.73	74.24		1,761.72
01.05.02.03	VIGAS DE CIMENTACION, ACERO GRADO 60	kg	335.23	5.53		1,853.82
01.05.03	<b>COLUMNAS</b>					<b>141,497.03</b>
01.05.03.01	COLUMNAS CONCRETO F'C=210 KG/CM2.	m3	98.80	379.41		37,485.71
01.05.03.02	COLUMNAS ACERO F'Y=4200KG/CM2	kg	11,347.30	5.53		62,750.57
01.05.03.03	COLUMNAS ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	644.80	63.99		41,260.75
01.05.04	<b>PLACAS</b>					<b>9,133.93</b>
01.05.04.01	PLACAS CONCRETO F'C=210 KG/CM2.	m3	2.81	379.41		1,066.14
01.05.04.02	PLACAS ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	46.87	63.99		2,999.21
01.05.04.03	PLACAS ACERO F'Y=4200KG/CM2	kg	916.56	5.53		5,068.58
01.05.05	<b>VIGAS</b>					<b>87,887.26</b>
01.05.05.01	VIGAS CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	44.13	347.53		15,336.50
01.05.05.02	VIGAS ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	324.80	67.88		22,047.42
01.05.05.03	VIGAS ACERO F'Y=4200 KG/CM2	kg	9,132.61	5.53		50,503.33
01.05.06	<b>LOSAS ALIGERADA</b>					<b>105,103.21</b>
01.05.06.01	LOSA ALIGERADA CONCRETO F'C= 210 KG/CM2 E=0.20 M.	m3	58.59	378.36		22,168.11
01.05.06.02	LOSA ALIGERADA ENCOFRADO Y DESENCOFRADO E=0.20 M.	m2	669.62	59.32		39,721.86
01.05.06.03	LOSA ALIGERADA ACERO F'Y=4200 KG/CM2 E=0.20	kg	4,122.66	5.53		22,798.31
01.05.06.04	LOSA ALIGERADA BLOQUETA 15X30X30	und	5,577.85	3.66		20,414.93
01.05.06.05	<b>LOSA MACIZA</b>					<b>9,059.40</b>
01.05.06.05.01	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 LOSA ARMADA	m3	7.27	359.59		2,614.22
01.05.06.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO LOSA ARMADA	m2	42.78	74.28		3,177.70
01.05.06.05.03	ACERO F'Y=4200 KG/CM2 LOSA ARMADA	kg	593.01	5.51		3,267.49
<b>02</b>	<b>ARQUITECTURA</b>					<b>67,196.00</b>
<b>2.01</b>	<b>MUROS</b>					<b>67,196.00</b>
02.01.01	MUROSS DE LADRILLO KING KONG 18 HUECOS DE ARCILLA Tipo IV,SOGA CON MEZCLA 1:1:4 PARA TARRAJEO	m2	856.00	78.50		67,196.00
<b>COSTO DIRECTO</b>						<b>466,417.63</b>

Figura 26: Presupuesto de la edif. Dual.

Fuente: Propia

### 4.3.2. Sistema de muros de ductilidad limitada

#### 4.3.2.1. Predimensionamiento:

La norma técnica peruana E.060 dispone un espesor mínimo de 0.10m. Se consideró un espesor de 0.10 m. para los muros de ductilidad limitada, un peralte para losa maciza de 0.12 m. y de 0.30 m. para la platea de cimentación.

#### 4.3.2.2. Análisis sísmico:

### Modelamiento estructural

TABLA N° 7: DATOS EMPLEADOS PARA EL MODELADO DEL SISTEMA M.D.L

Peso específico del concreto	2.4 ton/m <sup>3</sup>
Resistencia a la compresión (F <sub>c</sub> ') del concreto	175 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo de elasticidad del concreto (E <sub>c</sub> )	1984313.48 ton/m <sup>2</sup>
Espesor de los muros	0.10 m.
Peralte de la losa maciza	0.12 m.

Fuente: Propia

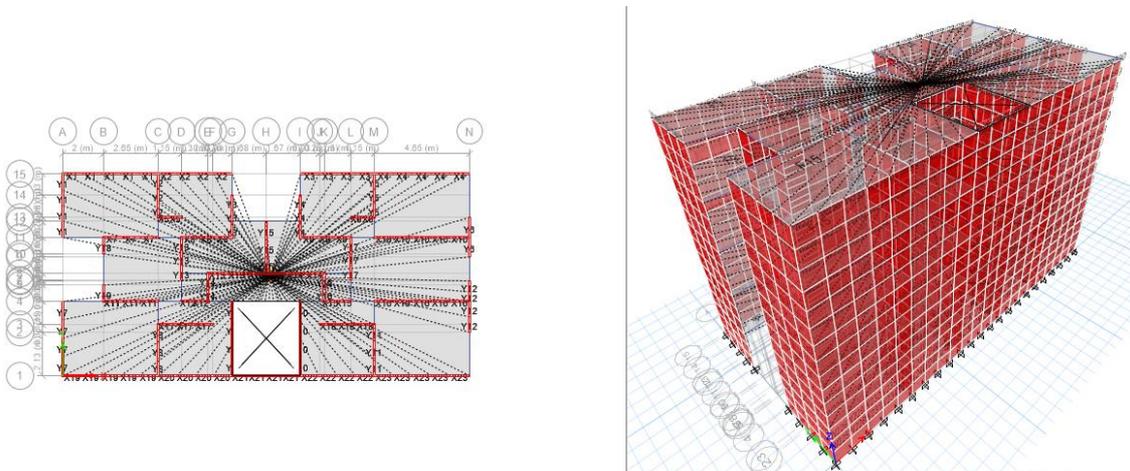


Figura 27: Vista en planta y 3D en el software ETABS de la edificación de 5 pisos de muros de ductilidad limitada.

Fuente: Propia

### Parámetros sísmicos

Los parámetros sísmicos fueron los siguientes:

- El proyecto se encuentra ubicado en Huancayo zona sísmica 3. Teniendo un factor de zona  $Z= 0.35$

- Del estudio de mecánica de suelos realizado consideramos un Tipo de suelo S2. Y tenemos un factor de suelo  $S=1.15$ ,  $T_p=0.6$  y  $T_L=2$ .
- Del modelamiento con Etabs se obtuvo un  $T=0.163$  s
- Teniendo un  $T_p > T$ , se consideró un factor de amplificación sísmica  $C=2.5$
- Debido a que la categoría de la edificación es vivienda, se consideró un factor de uso  $U=1$ .
- Se consideró un factor de irregularidad en altura  $I_a=1$ .
- Se consideró un factor de irregularidad en planta por esquinas entrantes  $I_p=0.9$ .
- Utilizando el sistema estructural de muros de ductilidad limitada se consideró un coeficiente básico de reducción  $R_o=4$ .
- Se obtuvo un coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas  $R=R_o \cdot I_p \cdot I_a = 3.6$
- $K=1$ ,  $T < 0.5$ s

### Estimación del peso

Debido a que la categoría de la edificación es vivienda, se consideró  $P=100\%CM + 25\%CV$

#### 4.3.2.2.1. Análisis estático

Se consideró una excentricidad accidental del 5%.

- ✓ Fuerza cortante en la base

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad \frac{C}{R} \geq 0,11$$

$C/R=2.5/3.6= 0.694 > 0.11$  ok cumple!

Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf
SxE	-188.6239	0
SyE	0	-188.6239

Figura 28: Fuerzas de cortante basal en los ejes "X" y "Y" de la edificación de MDL.  
Fuente: Propia

#### 4.3.2.2.2. Análisis dinámico

##### ✓ Espectro de diseño

Period	Value	Period	Value	Period	Value
0	0.2795	0	0.2795	0	0.2795
0.1	0.2795	0.7	0.2396	2	0.0839
0.2	0.2795	0.8	0.2096	2.5	0.0537
0.3	0.2795	0.9	0.1863	3	0.0373
0.4	0.2795	1	0.1677	3.5	0.0274
0.5	0.2795	1.2	0.1398	4	0.021
0.6	0.2795	1.5	0.1118	5	0.0134
		1.7	0.0987	8	5.241E-03

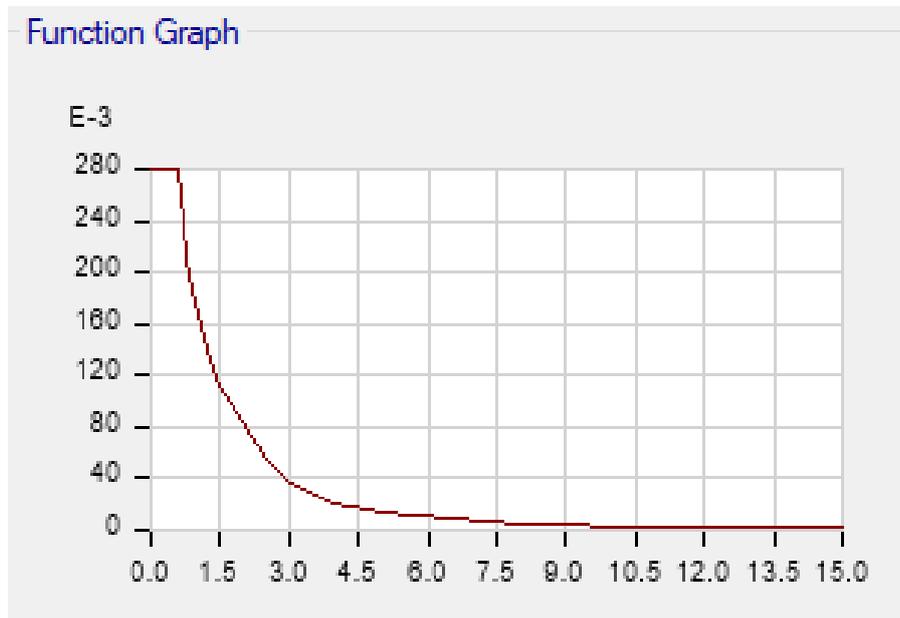


Figura 29: Espectro de diseño de la edificación de MDL.  
Fuente: Propia

##### ✓ Fuerza cortante en la base

Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf
SxD Max	131.0691	53.7698
SyD Max	49.6942	144.6544

Figura 30: Fuerza cortante en la base de la edificación de MDL.  
Fuente: Propia

✓ Factor de escala

La fuerza cortante dinámica no debe ser menor que el 90% de la cortante estática. Si se aumenta la fuerza cortante, se multiplicarían todos los resultados por un factor de escala F.e. a excepción de los desplazamientos.

<b>MDL 10cm</b>		
<b>Load Case/Combo</b>	<b>FX</b>	<b>FY</b>
	<b>tonf</b>	<b>tonf</b>
SxE	-188.6239	0
SyE	0	-188.6239
SxD Max	131.0691	53.7698
SyD Max	49.6942	144.6544
	<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>Vestatico</b>	188.62	188.62
<b>Vdinamico</b>	131.07	144.65
<b>90%Vestatico</b>	169.76	169.76
<b>F escala</b>	1.30	1.17
<b>F. escala real</b>	<b>1.30</b>	<b>1.17</b>
<b>V diseño</b>	169.76	169.76

Figura 31: Factor de escala para la edificación de MDL.  
Fuente: Propia

✓ Máximo desplazamiento relativo de entrepiso

Se desplazamientos laterales se multiplicaron por  $0.85R=0.85*1*0.9^4=3.06$ ,

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story5	Deriva SDx Max	X	0.000206
Story5	Deriva SDx Min	X	0.000206
Story4	Deriva SDx Max	X	0.000231
Story4	Deriva SDx Min	X	0.000231
Story3	Deriva SDx Max	X	0.000234
Story3	Deriva SDx Min	X	0.000234
Story2	Deriva SDx Max	X	0.000204
Story2	Deriva SDx Min	X	0.000204
Story1	Deriva SDx Max	X	0.000151
Story1	Deriva SDx Min	X	0.000151

Figura 32: Máximo desplazamiento relativo en el eje "X" de la edificación de MDL.  
Fuente: Propia

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story5	Deriva SDy Max	Y	0.000878
Story5	Deriva SDy Min	Y	0.000878
Story4	Deriva SDy Max	Y	0.000988
Story4	Deriva SDy Min	Y	0.000988
Story3	Deriva SDy Max	Y	0.001009
Story3	Deriva SDy Min	Y	0.001009
Story2	Deriva SDy Max	Y	0.000884
Story2	Deriva SDy Min	Y	0.000884
Story1	Deriva SDy Max	Y	0.000519
Story1	Deriva SDy Min	Y	0.000519

Figura 33: Máximo desplazamiento relativo en el eje "Y" de la edificación de MDL.  
Fuente: Propia

En las dos direcciones se cumple con el límite de distorsión de entrepiso de 0.005 para muros de ductilidad limitada.

#### 4.3.2.3. Diseño

##### Muros

Se diseñó el muro más crítico "Y15"

Story	Pier	P	V2	V3	M2	M3
		tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m
Story1	Y15	21.0089	9.0633	0.0389	0.0385	21.5466

##### Dimensiones placa

		F.e. = 1.17		
lm=	2.6 m		P=	24.58 ton
hm=	13 m		C=	1.30 m
em=	0.10 m		l=	0.15 m4
d=	2.08 m		M=	25.21 ton.m
A=	0.208 m		fc=	175.00 kg/cm2

##### Verificar si requiere elementos de borde

$$\sigma_c = 344.85$$

$$0.2 \cdot f'_c = 350$$

$\sigma_c < 0.2 \cdot f'_c$  No necesita elementos de borde

✓ Diseño por flexocompresión:

Se consideró la cuantía mínima =0.0025

$$A_{sv} = 0.0025 \cdot 100 \cdot 10 = 2.5 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento

$$s = \begin{matrix} l_w/5 = & 52 \text{ cm} \\ 3h = & 30 \text{ cm} \\ 45 \text{ cm} = & 45 \text{ cm} \end{matrix}$$

$$S = 0.71 \cdot 100 / 2.5 = 28.4 = 25 \text{ cm}$$

Se usó 3/8" @25cm en 1 capa

<b>Pu</b>	<b>Mu</b>
24.58	25.21

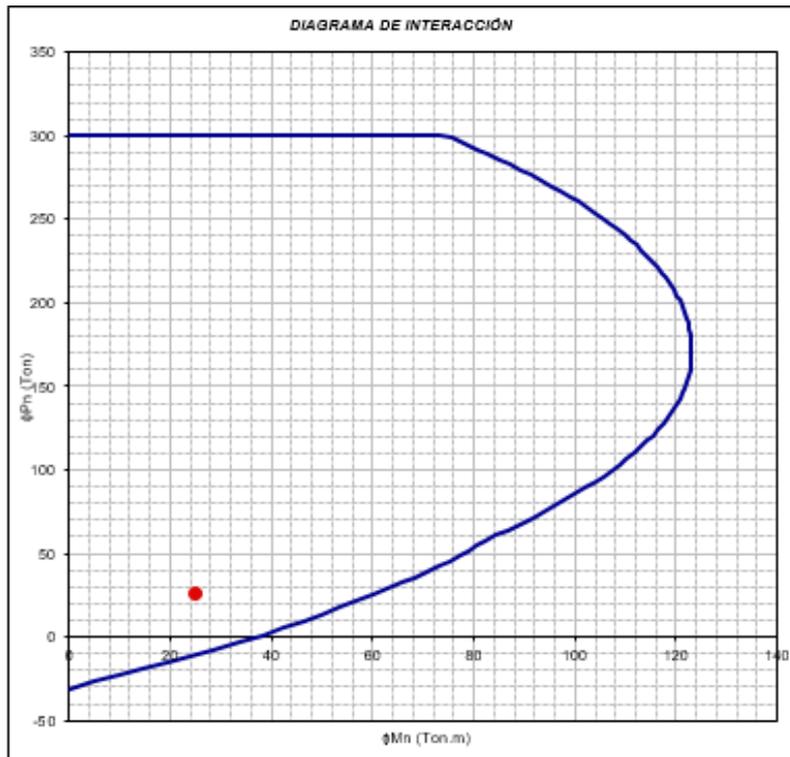


Figura 34: Diagrama de interacción del muro Y15 de la edificación de MDL.  
Fuente: Propia

✓ Diseño por corte:

<b>Pu</b>	<b>Mu</b>	<b>Mn para Pu</b>	<b>Mn/Mu</b>	<b>R</b>	<b>Mn/Mu &lt; R</b>
24.58	25.21	59.34	2.35	4	OK CUMPLE

	$VU \cdot F.e. \cdot Mn / Mu$				
VUdiseño=	24.98	ton	hm=	13	m
d=0.8*L=	208	cm	lm=	2.6	m
h=	10	cm			
Máximo Admisible=		61.98	ton		
$VU < \phi Vn$	ok cumple!				

Hm/hl=5 , alpha=0.53

$$Vc = Acw (\alpha \sqrt{f'c})$$

$$Vc = 14.58 \text{ ton}$$

$$Vs = \frac{Vu}{\phi} - Vc$$

$$Vs = 14.800 \text{ ton}$$

✓ Refuerzo horizontal:

$$\rho_h = \frac{Vs}{A_{placa} \cdot f_y}$$

$$\rho_h = 14.80 / (208 \cdot 10 \cdot 4200) = 0.0000069$$

$$\rho_{h \text{ min}} = 0.0025$$

$$A_{sh} = 0.0025 \cdot 100 \cdot 10 = 2.5 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo:

s=	lw/5 =	52 cm
	3h =	30 cm
	45cm =	45 cm

$$S = 0.71 \cdot 100 / 2.5 = 28.4 \text{ cm}$$

Usaremos: 3/8" @25cm en 1 capa

✓ Refuerzo vertical:

$$\rho_v = 0.0025 + 0.5 \left( 2.5 - \frac{hm}{lm} \right) (\rho_h - 0.0025) \geq 0.0025$$

$$\rho_v = 0.0025$$

$$\rho_{v \text{ min}} = 0.0025$$

$$A_{sv} = 2.5 \text{ cm}^2$$

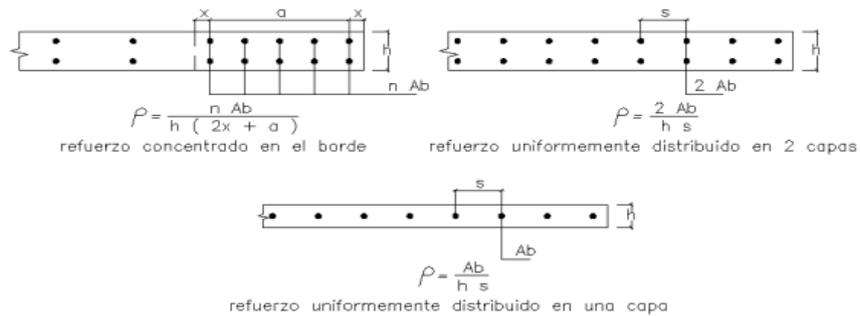
✓ Espaciamiento máximo:

sh=	lw/5	86.6666667	cm
	3h	30	cm
	45cm	45	cm

$$S = 0.71 \cdot 100 / 2.5 = 28.4 \text{ cm}$$

Usaremos: 3/8" @ 25cm en 1 capa

Cuantía máxima en el área que se distribuye:



$$p = 0.71 / (10 \cdot 25) = 0.00284 < 0.01 \text{ ok cumple!}$$

### Losa maciza

Diseño de losa maciza			As. Col.
As. Min (+)	0.0018xbxh	2.16 cm <sup>2</sup>	2.16 cm <sup>2</sup>
As. Min (-)	0.0024xbxd	2.16 cm <sup>2</sup>	2.16 cm <sup>2</sup>
Los resultados del acero colocado se realizaron para 1 metro de losa.			
		Ø 8mm @ 25 cm arriba y abajo	

### Cimentación

Para la cimentación se optó por una platea de cimentación ( $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ) debido al sistema estructural planteado. Se utilizó el software SAFE y hojas de cálculo Excel para los respectivos diseños y verificaciones.

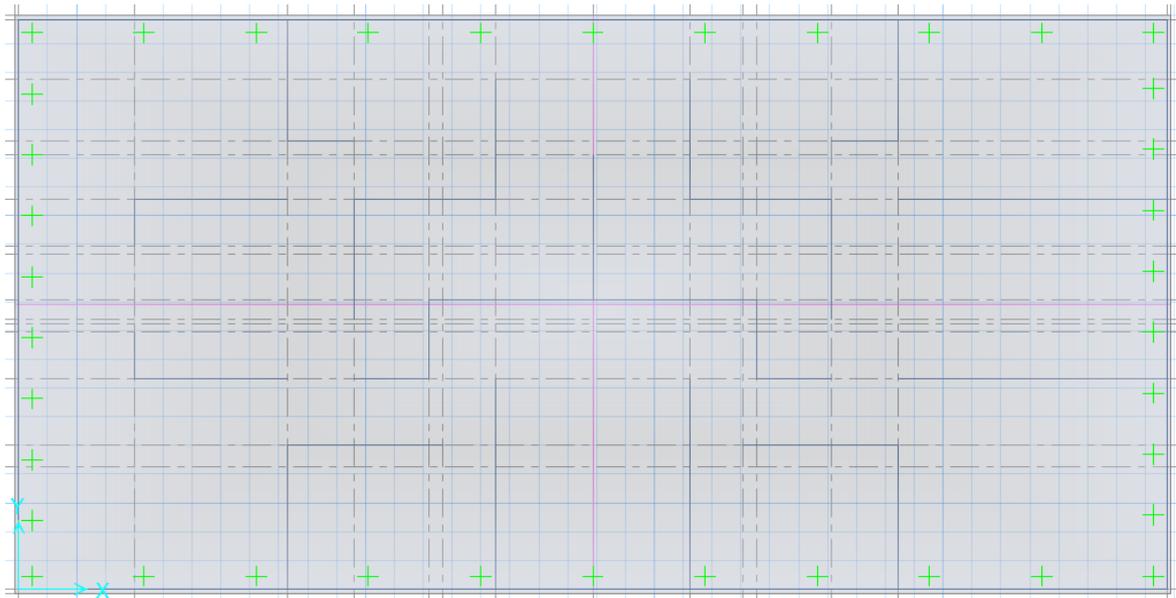


Figura 35: Planteamiento de la placa de cimentación para la edificación de MDL.  
Fuente: Propia

En la figura 41, se ilustra el modelamiento de la placa de cimentación mediante el programa SAFE, los puntos de presión de acuerdo a cada color calculado por el programa SAFE se deben a la exportación de cargas del programa ETABS después del análisis estructural correspondiente.

✓ Verificación por capacidad portante

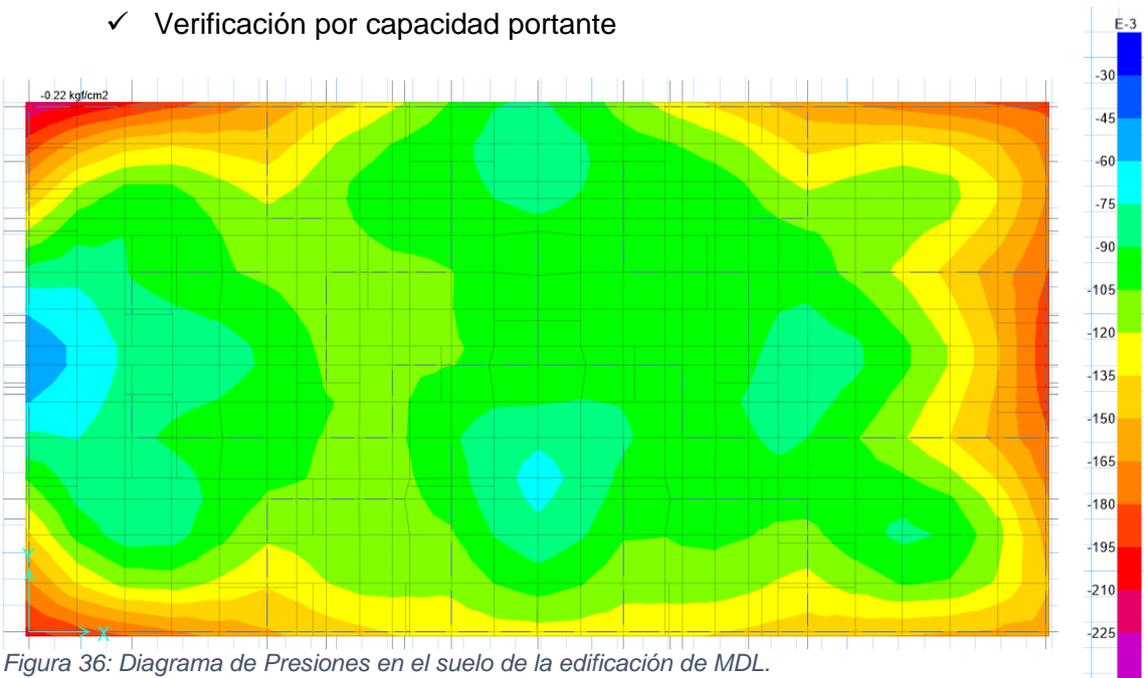


Figura 36: Diagrama de Presiones en el suelo de la edificación de MDL.  
Fuente: Propia

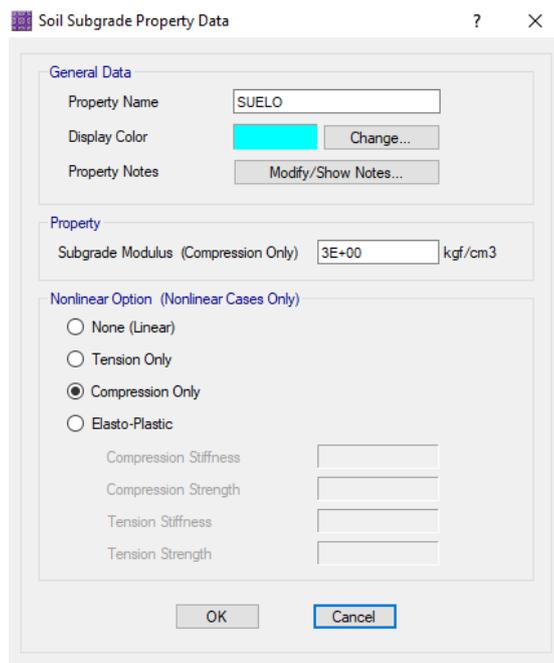


Figura 37: Capacidad portante máxima a soportar del suelo  
Fuente: Propia

Planteando una platea de cimentación de 30 cm de espesor se cumple con la verificación de capacidad portante siendo la que se muestra menor a nuestra capacidad del suelo ( $0.22 \text{ kg/cm}^2$ ), siendo la capacidad portante máxima a soportar de nuestro suelo  $3 \text{ kg/cm}^2$ ; por otro lado, no se planteó añadir una capa de subrasante en la cimentación del sistema debido a que el suelo no es de tan mala calidad.

Para el diseño por flexión se usaron momentos obtenidos por el software SAFE y hojas de cálculo para la obtención de aceros.

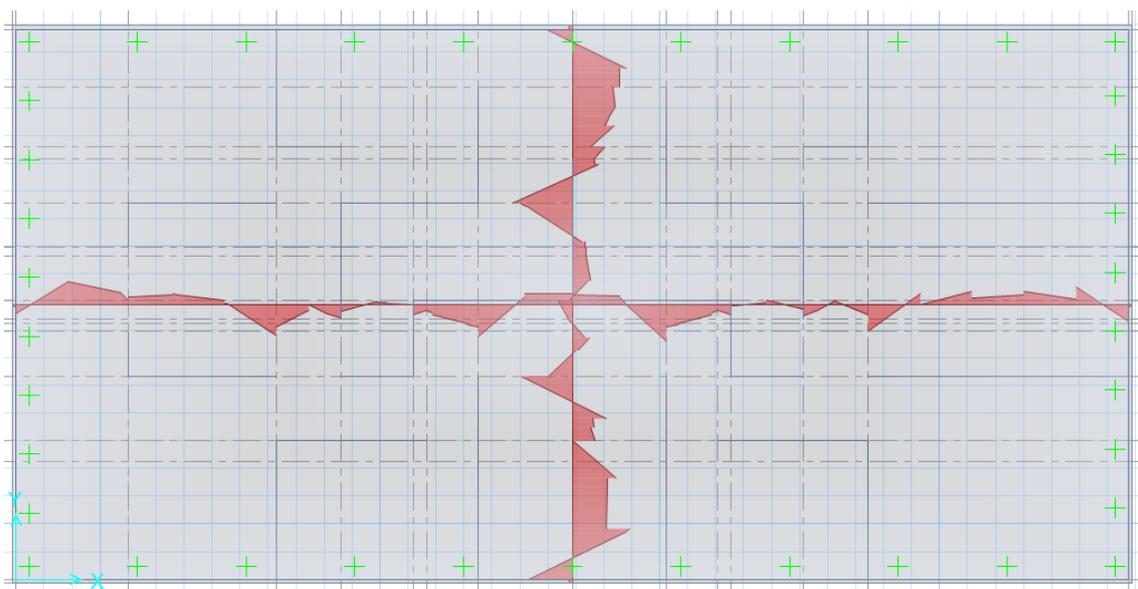


Figura 38: Diagrama de Momentos flectores en el suelo de la edificación de MDL.  
Fuente: Propia

En la figura 38, se calculó los momentos más críticos a lo largo de la platea de cimentación en la dirección x-x y y-y para su posterior diseño.

ELEMENTO	DATOS						RESULTADOS													
	MU (+)	f <sub>c</sub>	f <sub>y</sub>	h	b	d	w	P	P <sub>b</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>s min</sub>	A <sub>s dis</sub>	Cantidad de fierros a usar						Area efectiva	
	tn-m (-)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm	cm	cm				cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 3/8"	a usar	
DISEÑO DE PLATEA																				
PLATEA 20X10M																				
AC.VERTICAL. INFERIOR	26.00 (-)	210.00	4200.00	30.00	1000.00	20.00	0.035154	0.001758	OK	0.0159	35.15	48.30	48.30	40						
AC.VERTICAL. SUPERIOR	26.00 (-)	210.00	4200.00	30.00	1000.00	20.00	0.035154	0.001758	OK	0.0159	35.15	48.30	48.30	40						
AC. HORIZONTAL. SUPERIOR	11.00 (-)	210.00	4200.00	30.00	2000.00	20.00	0.007340	0.000367	OK	0.0159	14.68	96.61	96.61	77						
AC. HORIZONTAL. INFERIOR	16.50 (-)	210.00	4200.00	30.00	2000.00	20.00	0.011017	0.000551	OK	0.0159	22.03	96.61	96.61	77						

Figura 39: Diseño de aceros de platea de cimentación de la edificación de MDL.  
Fuente: Propia

También se realizó el diseño de la viga perimetral (f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>), esta viga impedirá el punzonamiento de las columnas esquineras y laterales.

ELEMENTO	DATOS						RESULTADOS													
	MU (+)	f <sub>c</sub>	f <sub>y</sub>	h	b	d	w	P	P <sub>b</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>s min</sub>	A <sub>s dis</sub>	Cantidad de fierros a usar						Area efectiva	
	tn-m (-)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm	cm	cm				cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 3/8"	a usar	
VIGA PERIMETRAL 30X80																				
ARRIBA	21.00 (-)	210.00	4200.00	60.00	30.00	50.00	0.164061	0.008203	OK	0.0159	12.30	3.62	12.30				1	2		
	2.00 (+)	210.00	4200.00	60.00	30.00	50.00	0.014263	0.000713	OK	0.0159	1.07	3.62	3.62				2			
ABAJO	5.00 (-)	210.00	4200.00	60.00	30.00	50.00	0.036074	0.001804	OK	0.0159	2.71	3.62	3.62				2			
	6.00 (+)	210.00	4200.00	60.00	30.00	50.00	0.043476	0.002174	OK	0.0159	3.26	3.62	3.62				2			
DERECHA	6.00 (-)	210.00	4200.00	60.00	30.00	50.00	0.043476	0.002174	OK	0.0159	3.26	3.62	3.62				2			
	3.00 (+)	210.00	4200.00	60.00	30.00	50.00	0.021469	0.001073	OK	0.0159	1.61	3.62	3.62				2			
IZQUIERDA	3.00 (-)	210.00	4200.00	60.00	30.00	50.00	0.021469	0.001073	OK	0.0159	1.61	3.62	3.62				2			
	3.00 (+)	210.00	4200.00	60.00	30.00	50.00	0.021469	0.001073	OK	0.0159	1.61	3.62	3.62				2			

Figura 40: Diseño de aceros de platea de viga perimetral de la edificación de MDL.  
Fuente: Propia

### 4.2.3.3. Presupuesto

#### Presupuesto

Presupuesto Lugar	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO		Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>ESTRUCTURAS</b>					<b>492,115.87</b>
<b>1.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>					<b>18,051.08</b>
01.01.01	<b>EXCAVACIONES</b>					<b>12,763.63</b>
01.01.01.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA PLATEA DE CIMENTACION	m3	360.00	34.84		12,542.40
01.01.01.02	EXCAVACION DE ZANJAS PARA VIGA PERIMETRAL	m3	6.35	34.84		221.23
01.01.02	<b>RELLENOS</b>					<b>5,287.44</b>
01.01.02.01	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	266.37	19.85		5,287.44
<b>1.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					<b>5,552.00</b>
01.02.01	SOLADO PARA PLATEA DE CIMENTACION	m2	182.36	27.76		5,062.31
01.02.02	SOLADO PARA VIGA PERIMETRAL	m2	17.64	27.76		489.69
<b>1.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					<b>468,512.79</b>
01.03.01	<b>PLATEA DE CIMENTACION</b>					<b>38,756.84</b>
01.03.01.01	PLATEA DE CIMENTACION CONCRETO F'C=210 KG/CM2.	m3	60.00	336.66		20,199.60
01.03.01.02	PLATEA DE CIMENTACION FY=4200 KG/CM2	kg	3,355.74	5.53		18,557.24
01.03.02	<b>VIGA PERIMETRAL</b>					<b>18,180.61</b>
01.03.02.01	VIGA PERIMETRAL F'C = 210 KG/CM2	m3	5.30	319.00		1,690.70
01.03.02.02	VIGA PERIMETRAL, ACERO GRADO 60	kg	2,981.90	5.53		16,489.91
01.03.03	<b>PLACAS</b>					<b>301,698.27</b>
01.03.03.01	PLACAS CONCRETO F'C=175 KG/CM2.	m3	159.82	321.00		51,302.22
01.03.03.02	PLACAS ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	3,912.22	52.05		203,631.05
01.03.03.03	PLACAS ACERO FY=4200KG/CM2	kg	8,456.60	5.53		46,765.00
01.03.04	<b>LOSA MACIZA</b>					<b>109,877.08</b>
01.03.04.01	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 LOSA ARMADA	m3	120.00	321.00		38,520.00
01.03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO LOSA ARMADA	m2	831.60	42.10		35,010.36
01.03.04.03	ACERO FY=4200 KG/CM2 LOSA ARMADA	kg	6,596.50	5.51		36,346.72
	<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>492,115.87</b>

Figura 41: Presupuesto de la edificación de MDL.

Fuente: Propia

### 4.3.3. Sistema de albañilería confinada

#### 4.3.3.1. Predimensionamiento

#### Muros Portantes

Espesor mínimo para zona sísmica 3:  $t = h/20 = 2.60/20 = 0.13\text{m}$

Se consideró un espesor mínimo efectivo de 0.13m para muros portantes.

✓ **Verificación de densidad mínima de muros portantes**

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56} \quad (6)$$

TABLA N° 8: DATOS PARA LA VERIFICACIÓN DE DENSIDAD MÍNIMA DE MUROS

Z (Huancayo)	0.35
U (vivienda)	1
S (intermedio)	1.15
N	5 pisos
Ap.	186.43 m <sup>2</sup>

Fuente: Propia

TABLA N° 9: DENSIDAD DE MUROS EN LA DIRECCIÓN "Y"

Muro	L(M)	Espesor (m)	Área de Muro (m <sup>2</sup> )
Y1	3.25	0.13	0.42
Y2	2.25	0.13	0.29
Y3	2.15	0.24	0.52
Y4	2.15	0.24	0.52
Y5	2.25	0.13	0.29
Y6	1.93	0.13	0.25
Y7	3.80	0.13	0.49
Y8	2.65	0.13	0.34
Y9	3.80	0.13	0.49
Y10	3.80	0.13	0.49
Y11	2.65	0.13	0.34
Y12	2.48	0.13	0.32
Y13	2.15	0.24	0.52
Y14	1.50	0.24	0.36

Y15	2.60	0.13	0.34
Y16	1.50	0.24	0.36
Y17	2.15	0.24	0.52

$\Sigma Lt$       6.87 m<sup>2</sup>

Fuente: Propia

$$\frac{Z*U*S*N}{56} = 0.036$$

$$0.037 \geq 0.036$$

TABLA N° 10: DENSIDAD DE MUROS EN LA DIRECCIÓN "X"

Muro	L(M)	Espesor (m)	Area de Muro (m <sup>2</sup> )
X1	4.73	0.13	0.61
X2	3.67	0.13	0.48
X3	3.68	0.13	0.48
X4	4.72	0.13	0.61
X5	1.30	0.13	0.17
X6	1.30	0.13	0.17
X7	2.80	0.13	0.36
X8	2.60	0.13	0.34
X9	2.60	0.13	0.34
X10	4.80	0.13	0.62
X11	2.80	0.13	0.36
X12	1.45	0.13	0.19
X13	2.90	0.13	0.38
X14	2.90	0.13	0.38
X15	1.45	0.13	0.19
X16	4.80	0.13	0.62
X17	2.75	0.13	0.36
X18	2.75	0.13	0.36
X19	4.73	0.13	0.61
X20	3.60	0.13	0.47
X21	3.35	0.13	0.44
X22	3.60	0.13	0.47
X23	4.72	0.13	0.61

$\Sigma Lt$       9.62 m<sup>2</sup>

Fuente: Propia

$$\frac{\sum Lt}{\text{Area Total}} = 0.05$$

$$\frac{Z*U*S*N}{56} = 0.04$$

$$0.052 \geq 0.036$$

Se cumple con la densidad mínima de muros en ambas direcciones, cabe resaltar que se aumentaron los espesores de los muros Y3,Y4,Y13,Y14,Y16,Y17 a 0.24m.

✓ **Esfuerzo axial máximo**

El esfuerzo axial máximo producido por el peso de servicio debe ser menor a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L.t} \leq 0,2 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35 t} \right)^2 \right] \leq 0,15 f'_m \quad (7)$$

Muro	L(M)	Espesor (m)	Area de Muro (m2)	H (m)	Total Muro P.D + P.L (Ton)	Proz de Comp σ (Ton/m2)	0,2*f'm*(1-(h/35e)^2) (Ton/m2)	0,15*f'm (Ton/m2)	Esfuerzo Máximo σ máx.
Y1	3.25	0.13	0.42	2.60	20.57	48.68	87.55	97.50	conforme
Y2	2.25	0.13	0.29	2.60	15.41	52.70	87.55	97.50	conforme
Y3	2.15	0.24	0.52	2.60	27.71	53.70	117.55	97.50	conforme
Y4	2.15	0.24	0.52	2.60	27.75	53.79	117.55	97.50	conforme
Y5	2.25	0.13	0.29	2.60	15.48	52.93	87.55	97.50	conforme
Y6	1.93	0.13	0.25	2.60	17.46	69.57	87.55	97.50	conforme
Y7	3.80	0.13	0.49	2.60	24.69	49.98	87.55	97.50	conforme
Y8	2.65	0.13	0.34	2.60	18.27	53.02	87.55	97.50	conforme
Y9	3.80	0.13	0.49	2.60	23.90	48.37	87.55	97.50	conforme
Y10	3.80	0.13	0.49	2.60	23.92	48.43	87.55	97.50	conforme
Y11	2.65	0.13	0.34	2.60	18.26	53.00	87.55	97.50	conforme
Y12	2.48	0.13	0.32	2.60	22.09	68.50	87.55	97.50	conforme
Y13	2.15	0.24	0.52	2.60	28.84	55.89	117.55	97.50	conforme
Y14	1.50	0.24	0.36	2.60	17.86	49.60	117.55	97.50	conforme
Y15	2.60	0.13	0.34	2.60	18.68	55.28	87.55	97.50	conforme
Y16	1.50	0.24	0.36	2.60	17.76	49.34	117.55	97.50	conforme
Y17	2.15	0.24	0.52	2.60	28.61	55.44	117.55	97.50	conforme
			Σ Lt	6.87 m2	m2	367.25			

Figura 42: Verificación de esfuerzo axial máximo para los muros del eje "Y"

Fuente: Propia

Muro	L(M)	Espesor (m)	Area de Muro (m2)	H (m)	Total Muro P.D+P.L (Ton)	Esfuerzo de Comp $\sigma$ (Ton/m2)	$0.2 \cdot f' \cdot m \cdot (1 - (h/35e)^2)$ (Ton/m2)	$0.15 \cdot f' \cdot m$ (Ton/m2)	Esfuerzo Máximo $\sigma$ máx.
X1	4.73	0.13	0.61	2.60	32.42	52.72	87.55	97.50	conforme
X2	3.67	0.13	0.48	2.60	25.04	52.47	87.55	97.50	conforme
X3	3.68	0.13	0.48	2.60	25.42	53.13	87.55	97.50	conforme
X4	4.72	0.13	0.61	2.60	33.41	54.44	87.55	97.50	conforme
X5	1.30	0.13	0.17	2.60	8.85	52.38	87.55	97.50	conforme
X6	1.30	0.13	0.17	2.60	8.86	52.42	87.55	97.50	conforme
X7	2.80	0.13	0.36	2.60	25.24	69.33	87.55	97.50	conforme
X8	2.60	0.13	0.34	2.60	18.15	53.70	87.55	97.50	conforme
X9	2.60	0.13	0.34	2.60	18.10	53.54	87.55	97.50	conforme
X10	4.80	0.13	0.62	2.60	43.29	69.38	87.55	97.50	conforme
X11	2.80	0.13	0.36	2.60	25.95	71.30	87.55	97.50	conforme
X12	1.45	0.13	0.19	2.60	9.22	48.91	87.55	97.50	conforme
X13	2.90	0.13	0.38	2.60	20.89	55.41	87.55	97.50	conforme
X14	2.90	0.13	0.38	2.60	20.76	55.07	87.55	97.50	conforme
X15	1.45	0.13	0.19	2.60	9.15	48.55	87.55	97.50	conforme
X16	4.80	0.13	0.62	2.60	44.09	70.66	87.55	97.50	conforme
X17	2.75	0.13	0.36	2.60	20.83	58.25	87.55	97.50	conforme
X18	2.75	0.13	0.36	2.60	20.80	58.18	87.55	97.50	conforme
X19	4.73	0.13	0.61	2.60	31.70	51.56	87.55	97.50	conforme
X20	3.60	0.13	0.47	2.60	23.90	51.08	87.55	97.50	conforme
X21	3.35	0.13	0.44	2.60	20.76	47.67	87.55	97.50	conforme
X22	3.60	0.13	0.47	2.60	24.01	51.30	87.55	97.50	conforme
X23	4.72	0.13	0.61	2.60	32.63	53.17	87.55	97.50	conforme
		$\Sigma Lt$	9,62 m2	m2	543,45				

Figura 43: Verificación de esfuerzo axial máximo para los muros del eje "Y"

Fuente: Propia

Los muros en ambas direcciones cumplen lo requerido por la norma de E.070 Albañilería.

#### 4.3.3.2. Análisis sísmico

#### Modelamiento estructural

La ejecución del modelamiento se realiza en el software ETABS, previamente se identifica las características de los materiales y la geometría los elementos estructurales que se emplean en este sistema estructural.

TABLA N° 11: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Peso específico de los muros de albañilería	2.1 ton/m3
Resistencia característica de la albañilería en pilas de arcilla clase IV-Industrial (F'm)	650 ton/m2
Módulo de elasticidad unidades de arcilla (Em)	325000 ton/m2
Peso específico del concreto	2.4 ton/m3
Resistencia a la compresión (Fc') del concreto empleado en la losa maciza y viga dintel	210 kg/cm2
Modulo de elasticidad del concreto (Ec)	2173706.51 ton/m2

Fuente: Propia

TABLA N° 12: GEOMETRÍA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Espesor de muro tipo soga	0.13 m.
Espesor de muro tipo cabeza	0.24 m.
Sección de Vigas Dintel	0.13 x 0.3m. 0.24 x 0.3m.
Peralte losa maciza	0.12 m.

Fuente: Propia

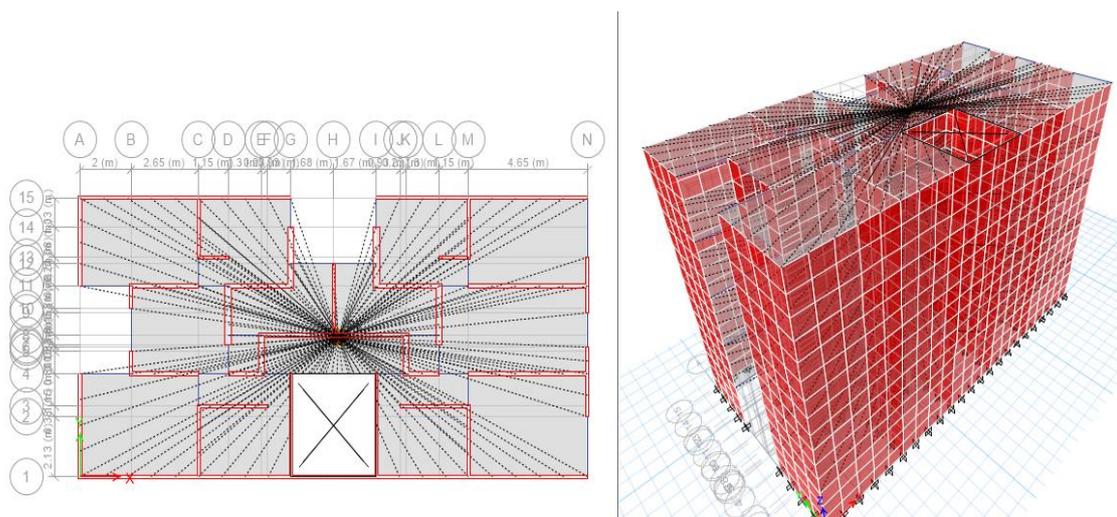


Figura 44: Vista en planta y 3D en el software ETABS de la edificación de albañilería confinada  
Fuente: Propia

### Parámetros sísmicos

Los parámetros sísmicos basados en la Norma de Diseño sismorresistente E.030, fueron los siguientes:

- El proyecto se encuentra ubicado en Huancayo zona sísmica 3. Teniendo un factor de zona  $Z=0.35$
- Del estudio de mecánica de suelos realizado consideramos un Tipo de suelo S2. Y tenemos un factor de suelo  $S=1.15$ ,  $T_p=0.6$  y  $T_L=2$ .
- Del modelamiento con Etabs se obtuvo un  $T=0.281$  s
- Teniendo un  $T_p > T$ , se consideró un factor de amplificación sísmica  $C=2.5$
- Debido a que la categoría de la edificación es vivienda, se consideró un factor de uso  $U=1$ .
- Se consideró un factor de irregularidad en altura  $I_a=1$ .
- Se consideró un factor de irregularidad en planta por esquinas entrantes  $I_p=0.9$ .
- Utilizando el sistema estructural de albañilería confinada se consideró un coeficiente básico de reducción  $R_o=6$  por sismo moderado.

- Se obtuvo un coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas  $R=R_o \cdot I_p \cdot I_a = 5.4$
- $K=1, T < 0.5s$

### Estimación del peso

Debido a que la categoría de la edificación es vivienda, se consideró  $P=100\%CM + 25\%CV$

#### 4.3.3.2.1. Análisis estático

Se consideró una excentricidad accidental del 5%.

- ✓ Fuerza cortante en la base

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad \frac{C}{R} \geq 0,11 \quad (8)$$

$$C/R = 2.5/5.4 = 0.463 > 0.11 \quad \text{ok cumple!}$$

Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf
SxE	-142.9962	0
SyE	0	-142.9962

Figura 45: Fuerza cortante en la base en el eje "X" y "Y"  
Fuente: Propia

#### 4.3.3.2.2. Análisis dinámico

- ✓ Espectro de diseño

Period	Value	Period	Value	Period	Value
0	0.1863	0	0.1863	0	0.1863
0.1	0.1863	0.7	0.1597	2.5	0.0358
0.2	0.1863	0.8	0.1398	3	0.0248
0.3	0.1863	0.9	0.1242	3.5	0.0183
0.4	0.1863	1	0.1118	4	0.014
0.5	0.1863	1.2	0.0932	5	8.944E-03
0.6	0.1863	1.5	0.0745	8	3.494E-03
		1.7	0.0658	11	1.848E-03

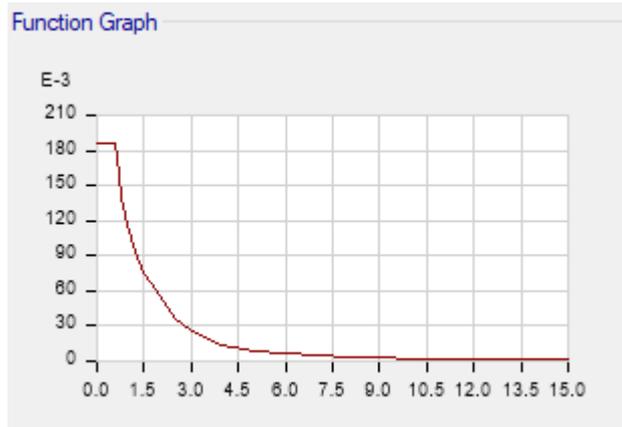


Figura 46: Espectro de diseño  
Fuente: Propia

✓ Fuerza cortante en la base

Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf
SxD Max	105.6808	40.866
SyD Max	38.1861	114.6139

Figura 47: Fuerza cortante en la base en el eje "X" y "Y"  
Fuente: Propia

✓ Factor de escala

La fuerza cortante dinámica no debe ser menor que el 90% de la cortante estática. Si se aumenta la fuerza cortante, se multiplicaran todos los resultados por un factor de escala F.e. a excepción de los desplazamientos.

<b>ALBAÑILERIA</b>		
Load Case/Combo	VX	VY
	tonf	tonf
SxE	-142.9962	0
SyE	0	-142.9962
SxD Max	105.6808	40.866
SyD Max	38.1861	114.6139
	<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>Vestatico (ton)</b>	143.00	143.00
<b>Vdinamico (ton)</b>	105.68	114.61
<b>90% Vestatico</b>	128.70	128.70
<b>F escala</b>	1.22	1.12
<b>F. escala final</b>	<b>1.22</b>	<b>1.12</b>
<b>V diseño (ton)</b>	128.70	128.70

Figura 48: Factor de escala final  
Fuente: Propia

- ✓ Máximo desplazamiento relativo de entrepiso

Sus desplazamientos laterales se multiplicaron por  $0.85R=0.85*1*0.9*6=4.59$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story5	Deriva SDx Max	X	0.00066
Story5	Deriva SDx Min	X	0.00066
Story4	Deriva SDx Max	X	0.000816
Story4	Deriva SDx Min	X	0.000816
Story3	Deriva SDx Max	X	0.000889
Story3	Deriva SDx Min	X	0.000889
Story2	Deriva SDx Max	X	0.000939
Story2	Deriva SDx Min	X	0.000939
Story1	Deriva SDx Max	X	0.000791
Story1	Deriva SDx Min	X	0.000791

Figura 49: Desplazamientos relativos de entrepiso en el eje "X" para la edif. de albañilería confinada  
Fuente: Propia

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story5	Deriva SDy Max	Y	0.001924
Story5	Deriva SDy Min	Y	0.001924
Story4	Deriva SDy Max	Y	0.002577
Story4	Deriva SDy Min	Y	0.002577
Story3	Deriva SDy Max	Y	0.003006
Story3	Deriva SDy Min	Y	0.003006
Story2	Deriva SDy Max	Y	0.00299
Story2	Deriva SDy Min	Y	0.00299
Story1	Deriva SDy Max	Y	0.002081
Story1	Deriva SDy Min	Y	0.002081

Figura 50: Desplazamientos relativos de entrepiso en el eje "Y" para la edif. de albañilería confinada  
Fuente: Propia

En las dos direcciones se cumple con el límite de distorsión de entrepiso de 0.005 para albañilería confinada.

### 4.3.3.3. Diseño

#### Muro Portante

Diseño del muro de que toma mayor momento: Muro "Y7"

- ✓ Control de fisuración

$$V_e \leq 0,55 V_m = \text{Fuerza Cortante Admisible}$$

- ✓ Resistencia al agrietamiento diagonal

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1$$

- ✓ Verificación de la resistencia al corte del edificio

$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$$

1ER PISO	SISMO MODERADO (Ve, Me)				SISMO SEVERO				1/3α<1 REDUCTOR <span style="color:red">de2a3</span>								
	R=6	R=3															
MURO	L(cm)	t (cm)	V total (t)	M (t.m)	V total (t)	M (t.m)	Vm (t/m2)	Ve L/Me	αfinal	Pg = Pd + 0.25 Pl	Vm	0.55Vm	Ve < 0.55Vm	Vm1/Ve1	(Vm1/Ve1)final	Vu	Mu
Y1	325.00	13.00	7.17	20.77	14.34	41.55	81.00	1.12	1.00	20.49	21.82	12.00	conforme	3.04	3.00	21.52	62.32
Y2	225.00	13.00	6.32	7.29	12.64	14.58	81.00	1.95	1.00	15.11	15.32	8.43	conforme	2.42	2.42	15.32	17.67
Y3	215.00	24.00	7.34	15.31	14.69	30.62	81.00	1.03	1.00	27.36	27.19	14.96	conforme	3.70	3.00	22.03	45.93
Y4	215.00	24.00	8.43	16.88	16.86	33.77	81.00	1.07	1.00	27.39	27.20	14.96	conforme	3.23	3.00	25.30	50.65
Y5	225.00	13.00	8.42	9.64	16.85	19.29	81.00	1.97	1.00	15.16	15.33	8.43	conforme	1.82	2.00	16.85	19.29
Y6	193.00	13.00	5.38	12.44	10.76	24.89	81.00	0.83	0.83	16.77	12.34	6.78	conforme	2.29	2.29	12.34	28.54
Y7	380.00	13.00	9.52	29.55	19.05	59.10	81.00	1.22	1.00	24.52	25.65	14.11	conforme	2.69	2.69	25.65	79.58
Y8	265.00	13.00	7.95	10.46	15.91	20.92	81.00	2.02	1.00	17.90	18.07	9.94	conforme	2.27	2.27	18.07	23.76
Y9	380.00	13.00	11.26	26.42	22.52	52.83	81.00	1.62	1.00	23.89	25.50	14.03	conforme	2.26	2.26	25.50	59.83
Y10	380.00	13.00	12.85	28.84	25.70	57.68	81.00	1.69	1.00	23.92	25.51	14.03	conforme	1.99	2.00	25.70	57.68
Y11	265.00	24.00	10.77	13.62	21.53	27.25	81.00	2.09	1.00	17.89	29.87	16.43	conforme	2.77	2.77	29.87	37.80
Y12	248.00	13.00	7.64	20.70	15.28	41.40	81.00	0.92	0.92	21.20	16.83	9.25	conforme	2.20	2.20	16.83	45.60
Y13	215.00	24.00	8.04	15.42	16.08	30.83	81.00	1.12	1.00	28.31	27.41	15.07	conforme	3.41	3.00	24.12	46.25
Y14	150.00	24.00	5.19	6.03	10.38	12.06	81.00	1.29	1.00	17.65	18.64	10.25	conforme	3.59	3.00	15.57	18.08
Y15	260.00	13.00	7.08	12.33	14.16	24.65	81.00	1.49	1.00	18.40	17.92	9.86	conforme	2.53	2.53	17.92	31.21
Y16	150.00	24.00	6.18	7.13	12.37	14.26	81.00	1.30	1.00	17.56	18.62	10.24	conforme	3.01	3.00	18.55	21.40
Y17	215.00	24.00	10.50	19.15	21.00	38.29	81.00	1.18	1.00	28.09	27.36	15.05	conforme	2.61	2.61	27.36	49.89
Y18	88.00	13.00	1.03	1.04	2.05	2.09	81.00	0.87	0.87	7.44	5.72	3.15	conforme	5.57	3.00	3.08	3.13
Y19	88.00	13.00	1.08	1.01	2.16	2.01	81.00	0.95	0.95	7.85	6.19	3.41	conforme	5.72	3.00	3.25	3.02
			V <sub>E</sub>		284.334						Vm		382.5	210.37			

Figura 51: Verificación de la resistencia al corte en el eje "Y" de la edif. de albañilería confinada  
Fuente: Propio

Los muros cumplen con los requisitos de control de figuración, resistencia al agrietamiento diagonal y resistencia al corte del edificio

- ✓ Cortante y Momento de diseño

$$V_{ui} = V_{ei} \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \qquad M_{ui} = M_{ei} \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \qquad (8)$$

## Columnas de arriostre

TABLA N° 13: ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS COLUMNAS DE ARRIOSTRE

ACERO LONGITUDINAL			
$f_c=$	175	kg/cm <sup>2</sup>	Coeficiente de junta Factor de reducción de resistencia Factor depende uso estribo: cerrado o zuncho Factor reducción corte-fricción
$f_y=$	4200	kg/cm <sup>2</sup>	
$u=$	1		
$\phi=$	0.85		
$\phi=$	0.7		
$\phi=$	0.85		
ESTRIBOS			
$A_v=$	0.64	cm <sup>2</sup>	Área de estribo doble rama
$F_y=$	4200	kg/cm <sup>2</sup>	
$T_n$	9	cm	espesor de núcleo confinado
$d=$	35	cm	peralte de columna

Fuente: Propia

TABLA N° 14: DISEÑO DE ACEROS LONGITUDINALES

MURO	MURO Y7		
COLUMNA	C1		C2
POSICION	EXTREMA	INTERNA	EXTREMA
Pg(kg)	21891.5		
Vm (kg)	25042.0		
Mu (kg-cm)	7215990.00		
L(cm)	380		
Lm(cm)	380		
h(cm)	260		
Nc	2		
M(kg-cm)	3960524.15		
F(kg)	10422.43197		
Pc (Kg)	10945.75		
Pt (Kg)	0		7015
T(kg)	-523.3180263		-7538.318026
C (kg)	21368.18197		28383.18197
Vc (kg)	12521.0225		12521.0225
As req(cm <sup>2</sup> )	3.51		3.51

As a usar	2Ø1/2+2Ø3/8		2Ø1/2+2Ø3/8
As colocado (cm <sup>2</sup> )	4		4
δ	0.8		1
An (cm <sup>2</sup> )	119.34		163.65
An+ rec. (cm <sup>2</sup> )	400.00		400.00
Acf (cm <sup>2</sup> )	420.87		420.87
Ac min (cm <sup>2</sup> )	195.00		195.00
Usar	13x35		13x35
Ac (cm <sup>2</sup> )	455		455
An (cm <sup>2</sup> )	279		279
Asmin	1.90		1.90

Fuente: Propia

TABLA N° 15: ESPACIAMIENTO DE ESTRIBOS

S1	9.02	9.02
S2	14.22	14.22
S3	8.75	8.75
S4	10.00	10.00
Zona C	52.50	52.50
Estribo de 1/4	1@5cm, 7@7.5,r@25cm	1@5cm, 7@7.5,r@25cm

Fuente: Propia

## Vigas soleras

TABLA N° 16: DISEÑO DE VIGA SOLERA

base(cm)	13
peralte(cm)	20
Ts(kg)	12521.0225
As(cm <sup>2</sup> )	3.31
As min(cm <sup>2</sup> )	1.08
As min(cm <sup>2</sup> )	4Ø8mm=2cm <sup>2</sup>
Usar	2Ø1/2+2Ø3/8
Estribo de 1/4	1@5cm, 4@10,r@25cm

Fuente: Propia

## Vigas dintel

ELEMENTO	DATOS							RESULTADOS												
	MU (+)	f'c	f <sub>y</sub>	h	b	d	w	P	P <sub>b</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>s min</sub>	A <sub>s dis</sub>	Cantidad de fierros a usar						Area efectiva	
	tn-m (-)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm	cm	cm				cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 3/8"	a usar	
VIGA DINTEL	1.47	(-)	210.00	4200.00	30.00	13.00	26.00	0.093720	0.004686	OK	0.0159	1.58	0.82	1.58	2					2.54

Figura 52: Diseño de la viga dintel de la edif. de alb. Conf.

Fuente: Propio

Usar: 2Ø1/2 superior e inferior

Estribos minimo: 1@5cm, 2@10cm, r@20cm

## Losa maciza

Diseño de losa maciza			As. Col.
As. Min (+)	0.0018xbxh	2.16 cm <sup>2</sup>	2.16 cm <sup>2</sup>
As. Min (-)	0.0024xbxd	2.16 cm <sup>2</sup>	2.16 cm <sup>2</sup>
Los resultados del acero colocado se realizaron para 1 metro de losa.			Ø 8mm@25 cm arriba y abajo

## Cimientos Corridos

Datos:

qadm suelo=	1.73 kgf/cm <sup>2</sup>		
t muro =	0.13 m		
Pm+Pv =	7050.00 kgf/m		
f.s.=	1.07		
fc=	100.00 kg/cm <sup>2</sup>		
Ancho B =	0.4360 m		
Ancho B real =	0.90 m		
Asumiendo h=	1.3 m		
h/4=	0.325 m		
c=	0.8025 m	> h/4	ok cumple!

### Verificar resistencia por flexion

Para 1m de longitud:

Pu=1.4Pm+1.7pv=	10173.68 kgf/m	
qu=Pu/B*1m=	11304.09 kg/m <sup>2</sup>	
Mu=qu*c*c/2=	3639.95 kg.m	
Mr=0.111*raiz(fc)*100*h*h =	18759 kg.m	Verificar Mu<Mr , ok cumple!

### Verificar resistencia por corte

$$V_n = 0,35 \sqrt{f'_c} b w h$$

Ø=0.50		
Vn=0.35*raiz(fc)*bw*h =	45500 kg	
ØVn=0.5Vn=	38675 kg	Vu<ØVn ok cumple!
Vu=	12848 kg	

Usaremos cimiento corrido de base 0.90m por 1.30m de altura, concreto ciclópeo  
f'c=100kg/cm<sup>2</sup>

### Sobrecimiento

Se considera un h=0.40 y b=0.13 para muros de e=0.13m, b=0.24m para muros de e=0.24m.

#### 4.3.3.4. Presupuesto

#### Presupuesto

Presupuesto	ALBAÑILERÍA CONFINADA		Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
Lugar	JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO					
Item	Descripción					
01	ESTRUCTURAS					299,352.21
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRA					5,475.57
01.02.01	EXCAVACIONES					5,228.44
01.02.01.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS		m3	150.07	34.84	5,228.44
01.02.02	RELLENOS					247.13
01.02.02.01	RELLENO CON MATERIAL PROPIO		m3	12.45	19.85	247.13
01.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					21,035.42
01.03.01	CIMIENTO CORRIDO, CONCRETO 1:10 + 30% P. G.		m3	112.73	186.60	21,035.42
01.04	SOBRECIMIENTO					4,708.16
01.04.01	CONCRETO - C/H (1:8)+25% P. M.		m3	6.11	286.55	1,750.82
01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		m2	69.00	42.86	2,957.34
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					268,133.06
01.05.03	COLUMNETAS					122,304.03
01.05.03.01	COLUMNETAS CONCRETO F'C=175 KG/CM2.		m3	64.61	325.10	21,004.71
01.05.03.02	COLUMNAS ACERO FY=4200KG/CM2		kg	5,621.97	5.53	31,089.49
01.05.03.03	COLUMNAS ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		m2	1,097.20	63.99	70,209.83
01.05.05	VIGAS SOLERAS					32,335.32
01.05.05.01	VIGAS SOLERAS CONCRETO F'C=175 KG/CM2		m3	9.10	347.53	3,162.52
01.05.05.02	VIGAS SOLERAS ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		m2	246.92	67.88	16,760.93
01.05.05.03	VIGAS SOLERAS ACERO FY=4200 KG/CM2		kg	2,244.46	5.53	12,411.86
01.05.06	VIGAS DINTEL					10,297.48
01.05.06.01	VIGAS DINTEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2		m3	6.33	347.56	2,200.05
01.05.06.02	VIGAS DINTEL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		m2	85.14	59.32	5,050.50
01.05.06.03	VIGAS DINTEL ACERO FY=4200 KG/CM2		kg	550.98	5.53	3,046.92
01.05.06.05	LOSA MACIZA					103,196.23
01.05.06.05.01	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 LOSA ARMADA		m3	107.74	359.59	38,740.43
01.05.06.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO LOSA ARMADA		m2	831.60	42.10	35,010.36
01.05.06.05.03	ACERO FY=4200 KG/CM2 LOSA ARMADA		kg	5,344.00	5.51	29,445.44
02	ARQUITECTURA					98,154.90
2.01	MIROS					98,154.90
02.01.01	MUROSS DE LADRILLO KING KONG 18 HUECOS DE ARCILLA Tipo IV, SOGA CON MEZCLA 1:1:4 PARA TARRAJEO		m2	756.00	78.50	59,346.00
02.01.02	MUROSS DE LADRILLO KING KONG 18 HUECOS DE ARCILLA Tipo IV, DE CABEZA CON MEZCLA 1:1:4 PARA TARRAJEO		m2	279.00	139.10	38,808.90
<b>COSTO DIRECTO</b>						<b>397,507.11</b>

Figura 53: Presupuesto de la edificación de Albañilería Confinada.  
Fuente: Propio

## 4.4. Resultados

### 4.4.1. Fuerzas Cortantes

TABLA N° 17: FUERZAS CORTANTES EN LA BASE PARA CADA SISTEMA ESTRUCTURAL

Sistema Estructural	Análisis estático		Análisis dinámico	
	FX (Tonf.)	FY (Tonf.)	FX (Tonf.)	FY (Tonf.)
Dual	113.698	113.698	101.577	98.534
Muros de ductilidad limitada	188.624	188.624	131.069	144.654
Albañilería Confinada	142.996	142.996	105.6808	114.614

Fuente: Propio

Para ambos análisis, se observa una mayor fuerza cortante en la base en ambos ejes para el sistema de muros de ductilidad limitada; ya que las características del suelo son las mismas en los 3 sistemas podemos atribuir la variación de estas fuerzas al peso propio de la estructura y al coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas ( $R_0$ ) que es distinto para cada sistema debido a las características de los materiales empleados en los elementos estructurales.

### 4.4.2. Distorsiones Máximas de entrepiso

TABLA N° 18: DERIVAS MÁXIMAS DE CADA SISTEMA ESTRUCTURAL

Sistema Estructural	Eje X	Eje Y	Limite
Dual	0.00621	0.00547	0.007
Muros de ductilidad limitada	0.00023	0.00100	0.005
Albañilería Confinada	0.00094	0.00301	0.005

Fuente: Propio

Los tres sistemas tienen distorsiones menores a las que exige la norma de diseño sismorresistente E.030 para cada sistema, sin embargo, el sistema estructural que se aleja más del límite establecido es la edificación con muros de ductilidad limitada.

### 4.4.3. Presupuesto

Se realizó un presupuesto en base al armazón estructural ya que es lo que estamos comparando, para ello se empleó el software S10 y las hojas de cálculo de Excel.

TABLA N° 19: PRESUPUESTO PARA CADA SISTEMA ESTRUCTURAL

Sistema estructural	Presupuesto
Dual	S/. 466,417.63
Muros de ductilidad limitada	S/. 492, 115.87
Albañilería Confinada	S/. 397,507.11

Fuente: Propio

#### 4.5. Discusión de resultados

##### Discusión 1:

Los parámetros fueron debidamente definidos bajo los conceptos que establece la norma de diseño sismorresistente E-030, resultando en un factor de zona  $Z=0.35$ , factor de suelo  $S=1.15$  y un factor de uso  $U=1$ . Del modelamiento con Etabs se obtuvo un  $T=0.281$  s. Cabe resaltar que todos estos parámetros están directamente relacionados con el lugar del proyecto y sus características físicas y mecánicas.

Al respecto se difiere con los autores tomados como antecedentes ya que los lugares donde realizaron sus investigaciones son ciudades distintas a la nuestra.

##### Discusión 2:

En la tabla N°16, se muestra que las fuerzas cortantes en la base tanto estáticas como dinámicas son mayores para la estructura de muros de ductilidad limitada presentando una variación de 35.85% en promedio respecto a las fuerzas cortantes menores que se presenta en la estructura dual.

Al respecto Calsina y Mamani (2021) tomado como antecedente nacional, presenta de la misma forma la mayor cortante basal se presenta en su estructura de muros de ductilidad limitada con una variación de 34.8% en promedio respecto a las fuerzas cortantes menor que se presenta en la estructura aporticado.

##### Discusión 3:

Para la presente investigación, se obtiene derivas máximas dentro los límites establecidos para cada sistema, pero la que se aleja más del límite establecido por la norma es la del sistema de muros de ductilidad limitada; según la norma la deriva máxima permisible es de

0.005 y la estructura presenta una deriva de 0.00023 para el eje "X" y 0.001 para el eje "Y", que vienen siendo el 5% y 20% respecto de la deriva máxima.

Según Cáceres y Enríquez (2017) citado como antecedente nacional, obtiene valores de 31.28% y 18% para los ejes "X" y "Y" respecto a la deriva máxima permisible, también concluye gracias a estos resultados que este sistema presenta mayor rigidez lateral de muros que la albañilería confinada, teniendo así mejor comportamiento estructural.

#### Discusión 4:

Realizando el análisis económico se determina que el sistema estructural más económico es el de albañilería confinada y es 19.22% más económico que el sistema de mejor comportamiento estructural que es el de muros de ductilidad limitada que a su vez viene siendo el más caro con un costo directo de S/. 492, 115.87 nuevos soles, que se le atribuye a su distribución de muros por la arquitectura planteada.

Al respecto se difiere de Cáceres y Enríquez (2017) citado como antecedente nacional, que concluyen que el costo de la estructura de Albañilería confinada es 12.30% mayor que el sistema de muros de ductilidad limitada; presentamos esta diferencia en las conclusiones a causa de la densidad de muros que planteamos para nuestro sistema de muros de ductilidad limitada, también se atribuye esta variación al análisis completo que realizó el antecedente y como el tema de acabados incide de acuerdo a la arquitectura resultante ya que en el sistema de albañilería confinada se tendrán que hacer más acabados por las secciones de los elementos como las columnas, vigas, espesores de muros, entre otros; a diferencia del sistema de muros de ductilidad limitada que tiene una sección reducida.

## CONCLUSIONES

- Los tres sistemas tienen distorsiones menores a las que se exige en la norma de diseño sismorresistente E.030 para cada sistema, sin embargo, el sistema estructural que se aleja más de la deriva máxima permitida es la de muros de ductilidad limitada presentando en el eje X una diferencia entre la deriva máxima y la deriva máxima permitida de 0.0048 y en el eje Y de 0.004; en referencia al análisis económico recomendamos que es mejor la inversión en el sistema de albañilería confinada ya que existe un ahorro del 19.68% en comparación con el sistema de muros de ductilidad limitada que cuenta con un costo directo de S/. 528, 249.95 nuevos soles debido a que los muros portantes en albañilería confinada presentan menor costo unitario que las de ductilidad limitada por la naturaleza propia del material.
- Se valida la hipótesis específica de que los parámetros de diseño sísmico del suelo influyen significativamente ya que están directamente relacionados con el lugar del proyecto y sus características físicas y mecánicas, son definidos bajo los conceptos que establece la norma de diseño sismorresistente E-030, se emplea para el proyecto en un factor de zona  $Z= 0.35$ , factor de suelo  $S=1.15$  y un factor de uso  $U=1$ .
- Se realizó el análisis sísmico para el sistema estructural de tipo dual donde se obtuvo como deriva máxima para el eje X = 0.006, para Y= 0.005; concluyendo así que se encuentra dentro de los límites establecidos por la Norma de Diseño Sismorresistente E-030 que especifica una deriva máxima para este sistema de 0.007.
- Se realizó el análisis sísmico para el sistema estructural de muros de ductilidad limitada donde se obtuvo como deriva máxima para el eje X = 0.0002, para Y= 0.001; concluyendo así que se encuentra dentro de los límites establecidos por la Norma de Diseño Sismorresistente E-030 que especifica una deriva máxima para este sistema de 0.005.
- Se realizó el análisis sísmico para el sistema estructural de albañilería confinada donde se obtuvo como deriva máxima para el eje X = 0.001, para Y= 0.003; concluyendo así que se encuentra dentro de los límites establecidos por la Norma de Diseño Sismorresistente E-030 que especifica una deriva máxima para este sistema de 0.005.
- Para los tres sistemas estructurales se diseñó los elementos estructurales bajo los requerimientos mínimos que establece el Reglamento Nacional de Edificaciones

(RNE), resultando en tres estructuras que se desempeñan óptimamente gracias a una buena estructuración y diseño.

## REFERENCIAS

**Arias, Fideas G.** *El Proyecto de Investigación*. Caracas : Episteme, 2012. 980-07-8529-9.

**Bedoya Jenny.** *Métodos y técnicas de investigación*. Bogotá : Escuela superior de administración pública, 2008.

**Blanco Antonio.** *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado*. Lima, 1994.

**Caceres Caceres, Angel Ernesto y Enriquez Ranilla, Luis Alberto.** *Análisis de costos, diseño sismorresistente-estructural comparativo entre los sistemas de muro de ductilidad limitada y albañilería estructural de un edificio multifamiliar*. Arequipa : Universidad Nacional San Agustín, 2017. I.

**Calsina Calcina, William Edsel y Mamani Quenta, Giovana.** *Análisis comparativo estructural entre una vivienda multifamiliar bajo el sistema de muros de ductilidad limitada y aporricado en Tacna 2020*. Tacna : Universidad Privada de Tacna, 2021.

**Duarte Bonila, Cesar Eduardo, Martinez Chavarria, Marlon Exequias y Santamaria Diaz, Jose Jonathan.** *Análisis estático no lineal (pushover) del cuerpo central del edificio de la facultad de medicina de la Universidad de El Salvador*. El Salvador : Universidad de El Salvador, 2017.

*Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena.* **Medina, Ricardo y Music, Juan.** 23, Antofagasta : Universidad Católica del Norte, 2018, Obras y Proyectos.

**Ministerio Nacional de Vivienda, Construcción y Saneamiento.** *Reglamento Nacional de Edificaciones- Norma E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima : s.n., 2018.

**Ministerio Nacional de Vivienda, Construcción y Saneamiento.** *Reglamento Nacional de Edificaciones- Norma E.050 Suelos y Cimentaciones*. Lima : s.n., 2018.

**Ministerio Nacional de Vivienda, Construcción y Saneamiento.** *Reglamento Nacional de Edificaciones- Norma E.060 Concreto Armado*. Lima : s.n., 2020.

**Ministerio Nacional de Vivienda, Construcción y Saneamiento.** *Reglamento Nacional de Edificaciones- Norma E.070 Albañilería*. Lima : s.n., 2005.

**Mollehuara Esteban , Katerin y Cordova Landa, Coco Jimmy.** *Comportamiento sísmico de los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro, El Tambo, 2020.* Huancayo : Universidad Continental, 2020.

**Morrison Nelson.** *Interacción Suelo-Estructuras: Semi-Espacio de Winkler.* España 1993: Universidad Politécnica de Cataluña, 1993.

**Parella Stracuzzi, Santa y Martins Pestana, Feliberto.** *Metodología de la Investigación Cuantitativa.* Caracas : Fedupel, 2012. 980-273-445-4.

**Van Ñaca Davis,** *Análisis comparativo de costos para los sistemas estructurales aporticado dual y albañilería confinada de un edificio de departamentos en la ciudad de Puno.* Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017.

## ANEXOS

ANEXO 1: Factores del Peligro Sísmico de acuerdo al Capítulo 2 de la Norma de Diseño Sismorresistente E-030.

- ZONIFICACIÓN



**FIGURA N° 1**

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

- PARAMETROS DE SITIO

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

Tabla N° 4 PERÍODOS "T <sub>p</sub> " Y "T <sub>L</sub> "				
	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>p</sub> (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T <sub>L</sub> (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

- PERIODO DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot (T_p / T)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot ((T_p \cdot T_L) / T^2)$$

ANEXO 2: Categoría, Sistema Estructural y Regularidad de las edificaciones de acuerdo al Capítulo 3 de la Norma de Diseño Sismorresistente E-030.

- FACTOR DE USO

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

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas 1 y 2, el valor de U será como mínimo de 1.5.

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

- SISTEMAS ESTRUCTURALES

Tabla N°7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R0(*)
ACERO:	
Pórticos Especiales resistentes a momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios resistentes a momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios resistentes a momentos (IMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7 (**)

ANEXO 3: Periodo Fundamental de vibración de acuerdo al Capítulo 4 de la Norma de Diseño Sismorresistente E-030.

$$T=h_n/C_T$$

Se define en base a la siguiente expresión:

Donde:

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

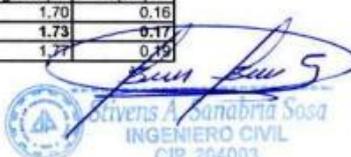
- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

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.

ANEXO 4: Análisis de cimentaciones superficiales

	<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>	Informe N° : 199 Fecha de Emisión : 10/09/2021 Realizado por : H.C.S. Revisado por : S.S.S.																																
<b>ANALISIS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES</b>																																		
<b>PROYECTO: "PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS TÉCNICO- ECONÓMICO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD SÍSMICA ENTRE 3 SISTEMAS ESTRUCTURALES APLICADOS A UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR – HUANCAYO 2021"</b>																																		
<b>CIMENTACION Df. 1.50m</b>																																		
<b>CAPACIDAD DE CARGA</b> (Terzaghi 1943 y modificado por Vesic 1975) $q_u = c N_c S_c + q N_q S_q + \frac{\gamma B}{2} N_\gamma S_\gamma$	<b>ASENTAMIENTO INICIAL</b> Teoría Elástica $S = C_s q B \left( \frac{1-\nu^2}{E_s} \right)$																																	
<b>FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA</b> $N_c = \cot \phi (N_q - 1)$ $N_q = e^{-\tan \phi} \tan^2 \left( \frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi \right)$ $N_\gamma = 2 (1 + N_q) \tan \phi \tan \left( \frac{1}{4} \pi + \frac{1}{5} \phi \right)$	<b>FACTORES DE FORMA (Vesic)</b> $S_c = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$ $S_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$ $S_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \quad \geq 0.6$																																	
Peso unitario suelo encima NNF $\gamma = 1.60$ ton/m <sup>3</sup> Peso unitario suelo debajo NNF $\gamma' = 1.60$ ton/m <sup>3</sup> Profundidad de cimentación $D = 1.50$ m Factor de seguridad = 3.00	Relación de Poisson $\nu = 0.35$ Módulo de elasticidad del suelo $E_s = 3000.00$ kg/cm <sup>2</sup> Factor de forma y rigidez cimentación corrida $C_s = 224.00$ cm/m Factor de forma y rigidez cimentación cuadrada $C_s = 82.00$ cm/m Factor de forma y rigidez cimentación rectangular $C_s = 112.00$ cm/m	Sobre carga en la base de la cimentación $q = \gamma D = 2.40$ ton/m <sup>2</sup>																																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Angulo de fricción <math>\phi</math></th> <th>cohesión c (kg/cm<sup>2</sup>)</th> <th><math>N_c</math></th> <th><math>N_q</math></th> <th><math>N_\gamma</math> (Vesic)</th> <th><math>N_q/N_c</math></th> <th>Tan <math>\phi</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>26.70</td> <td>0.02</td> <td>23.419</td> <td>12.778</td> <td>13.860</td> <td>0.546</td> <td>0.503</td> </tr> </tbody> </table>	Angulo de fricción $\phi$	cohesión c (kg/cm <sup>2</sup> )	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$ (Vesic)	$N_q/N_c$	Tan $\phi$	26.70	0.02	23.419	12.778	13.860	0.546	0.503																				
Angulo de fricción $\phi$	cohesión c (kg/cm <sup>2</sup> )	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$ (Vesic)	$N_q/N_c$	Tan $\phi$																												
26.70	0.02	23.419	12.778	13.860	0.546	0.503																												
B = Ancho de la cimentación L = Longitud de cimentación																																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>B (m)</th> <th>L (m)</th> <th><math>S_c</math></th> <th><math>S_q</math></th> <th><math>S_\gamma</math></th> <th><math>q_u</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</th> <th><math>q_{ad}</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</th> <th>S (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.40</td> <td></td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>5.09</td> <td>1.70</td> <td>0.16</td> </tr> <tr> <td>1.50</td> <td></td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>5.20</td> <td>1.73</td> <td>0.17</td> </tr> <tr> <td>1.60</td> <td></td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>5.31</td> <td>1.77</td> <td>0.19</td> </tr> </tbody> </table>			B (m)	L (m)	$S_c$	$S_q$	$S_\gamma$	$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$q_{ad}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	S (cm)	1.40		1.00	1.00	1.00	5.09	1.70	0.16	1.50		1.00	1.00	1.00	5.20	1.73	0.17	1.60		1.00	1.00	1.00	5.31	1.77	0.19
B (m)	L (m)	$S_c$	$S_q$	$S_\gamma$	$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$q_{ad}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	S (cm)																											
1.40		1.00	1.00	1.00	5.09	1.70	0.16																											
1.50		1.00	1.00	1.00	5.20	1.73	0.17																											
1.60		1.00	1.00	1.00	5.31	1.77	0.19																											
 Stevens A. Sanabria Sosa INGENIERO CIVIL CIP. 204003																																		
 geosciencesac@Outlook.com Jr. Arequipa Ms. 50 Lot. 05 A.H. La Victoria - Huancayo - El Tumbado																																		

ANEXO 5: Certificado de calibración – Laboratorio de Fuerza



# PINZU

LABORATORIO DE METROLOGIA



ACREDITADO  
**ONAC**  
INSTITUTO VENEZOLANO  
DE NORMALIZACIÓN



ACREDITADO  
**ONAC**  
ISO/IEC 17025:2017  
11-LAC-004

**F-23473-005 R0**

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**  
Calibration Certificate - Laboratory of Force

Página / Page 1 de 3

<b>Equipo</b> <small>Instrument</small>	EQUIPO AUTOMÁTICO PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO	<p>Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p>The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</p> <p>This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>
<b>Fabricante</b> <small>Manufacturer</small>	PINZUAR S.A.S.	
<b>Modelo</b> <small>Model</small>	PS-107-2	
<b>Número de Serie</b> <small>Serial Number</small>	115	
<b>Identificación Interna</b> <small>Internal Identification</small>	NO INDICA	
<b>Capacidad Máxima</b> <small>Maximum Capacity</small>	2500 N	
<b>Solicitante</b> <small>Customer</small>	GEOSCIENCIAS SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA - GEOSCIENCIAS S.A.C.	
<b>Dirección</b> <small>Address</small>	JR. AREQUIPA MZA. 50 LOTE. 05 A.H. LA VICTORIA (COSTADO DE UNCP) JUNIN - HUANCAYO - EL TAMBO	
<b>Ciudad</b> <small>City</small>	HUANCAYO - EL TAMBO	
<b>Fecha de Calibración</b> <small>Date of calibration</small>	2021 - 05 - 19	
<b>Fecha de Emisión</b> <small>Date of issue</small>	2021 - 05 - 02	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <small>Number of pages of the certificate and documents attached</small>	05	

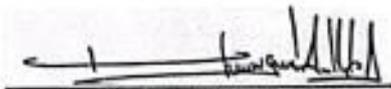
Sin la autorización del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que los partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración en físico no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unoriginal calibration certificates are not valid.

**Firmas que Autorizan el Certificado**  
Signatures Authorizing the Certificate



Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

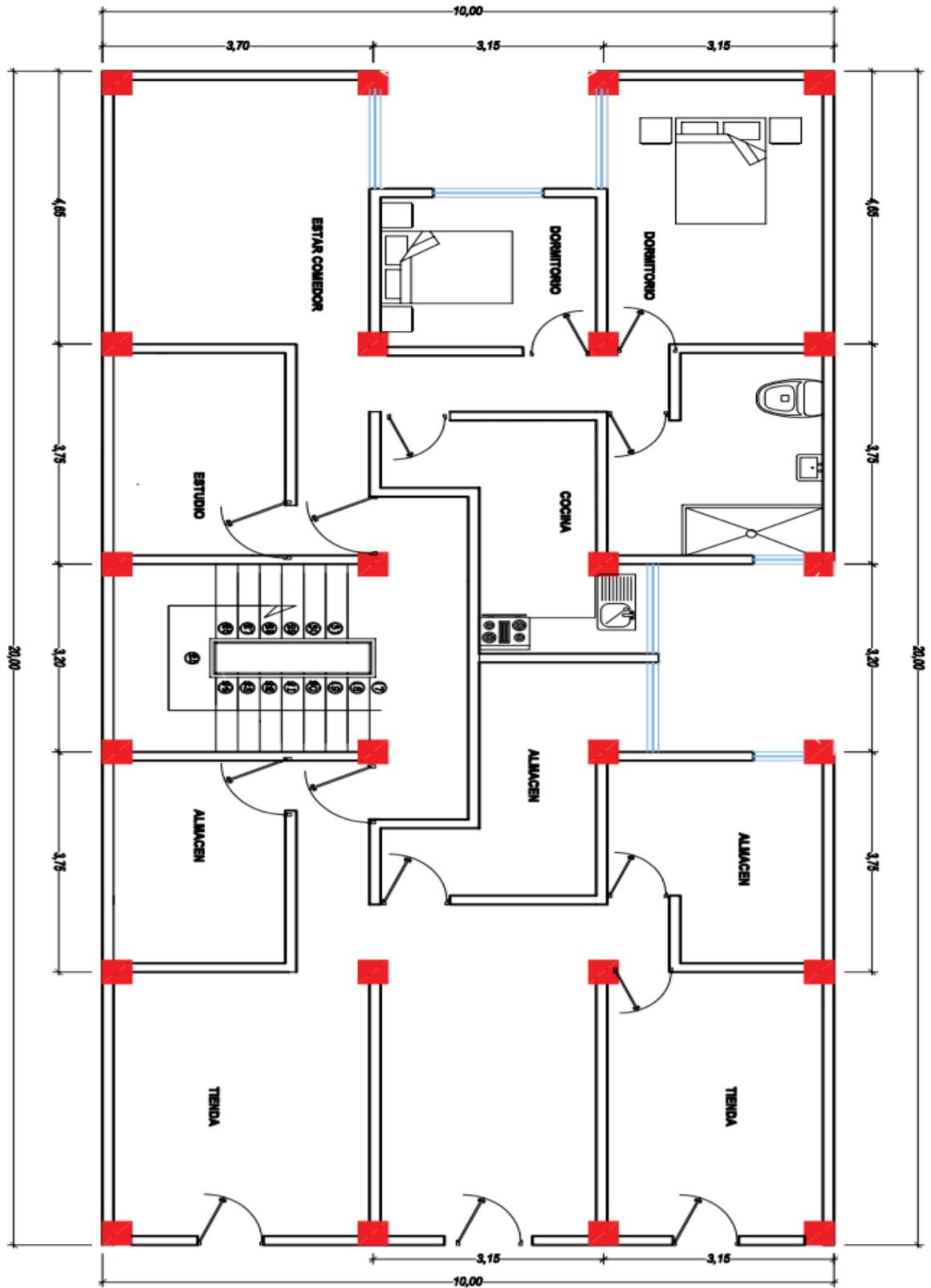


Ing. Miguel Andrés Vela Aveñaneda  
Metólogo Laboratorio de Metrología

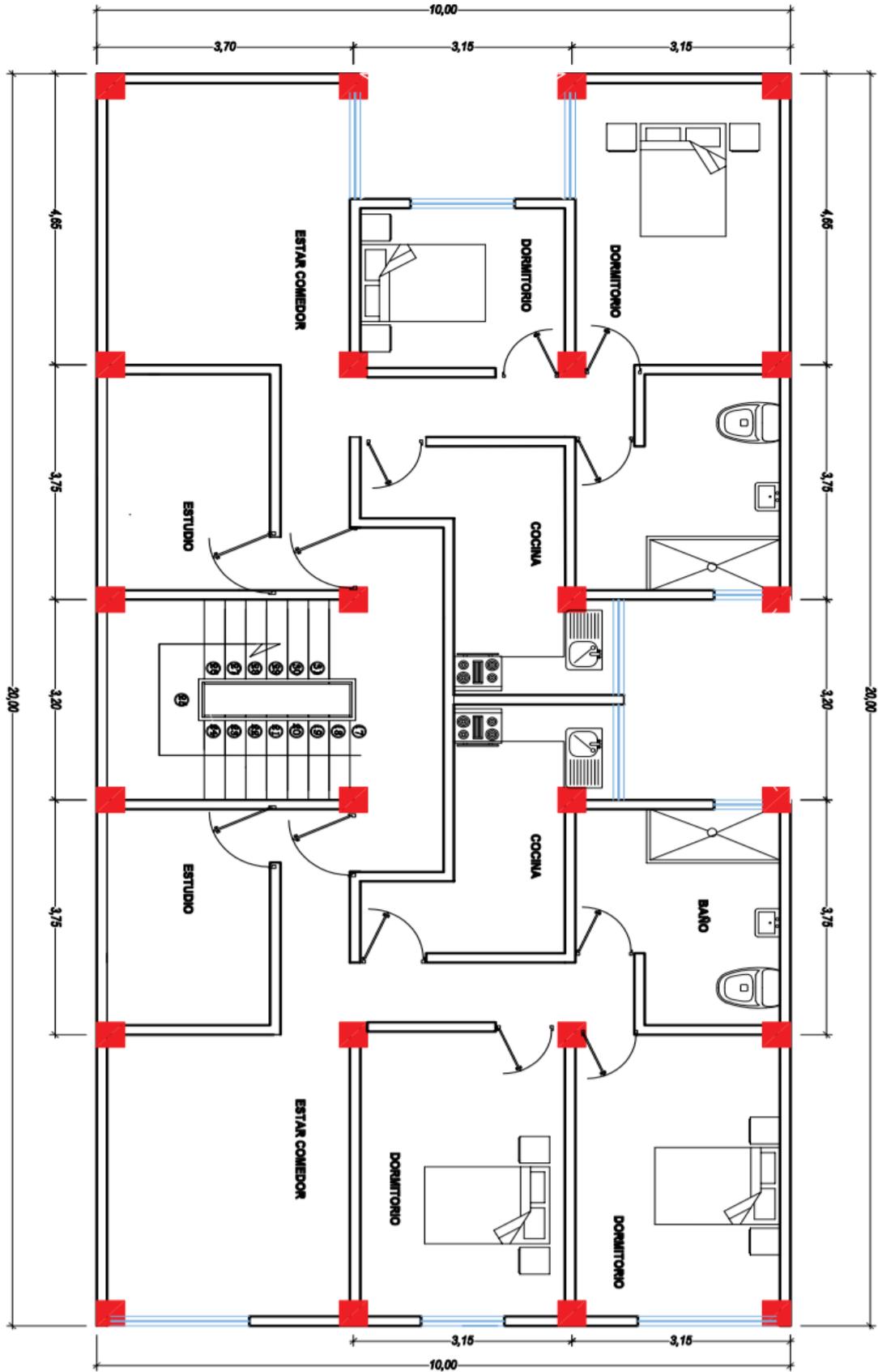
**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO**

VIA ALICANTE 1800 - PUNTO 11 - BOGOTÁ - COLOMBIA | TEL: +57 (0) 201 4524 43 | FAX: +57 (0) 201 4524 43 | WWW.PINZUAR.COM.CO

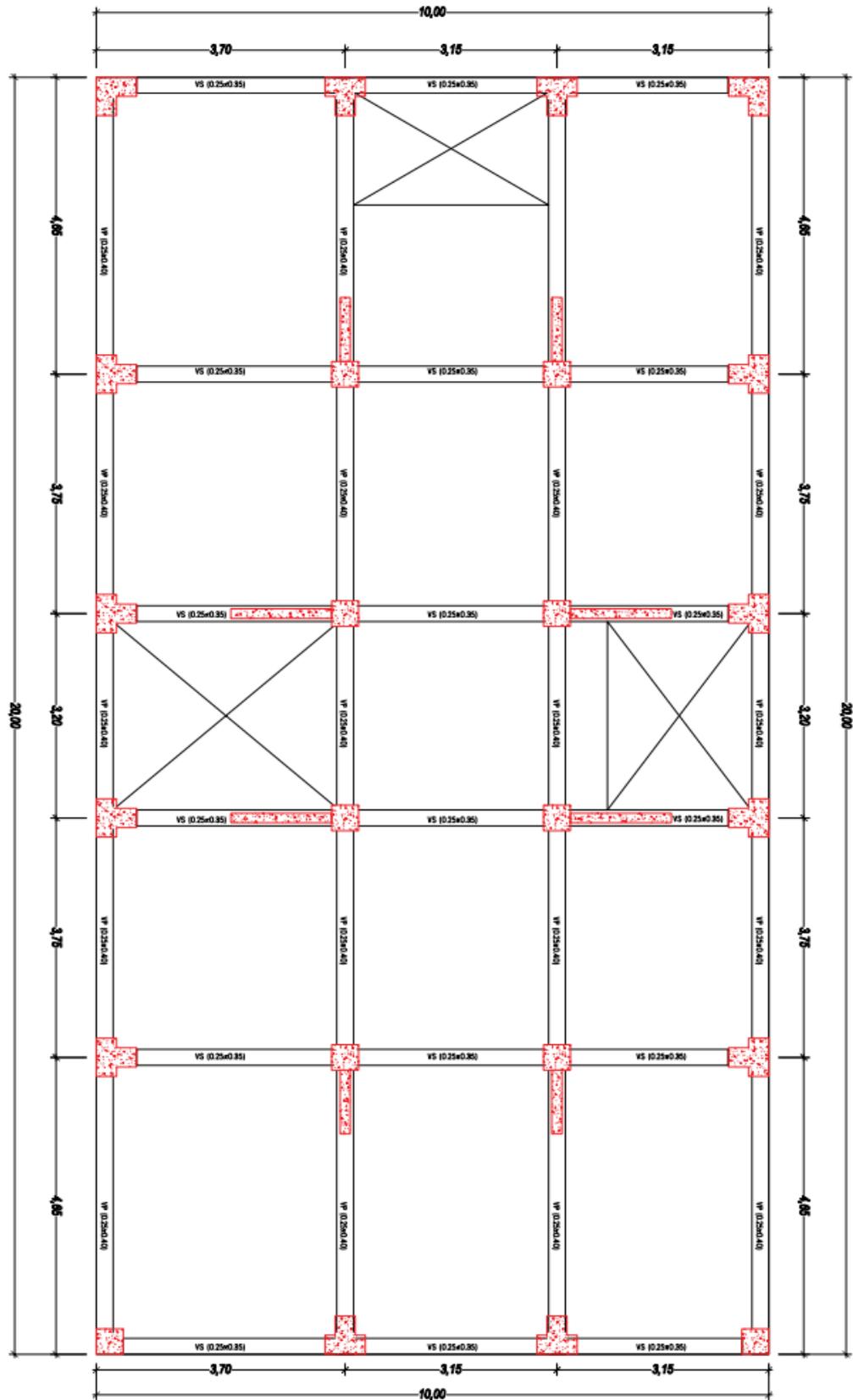
ANEXO 6: Plano arquitectónico primera planta



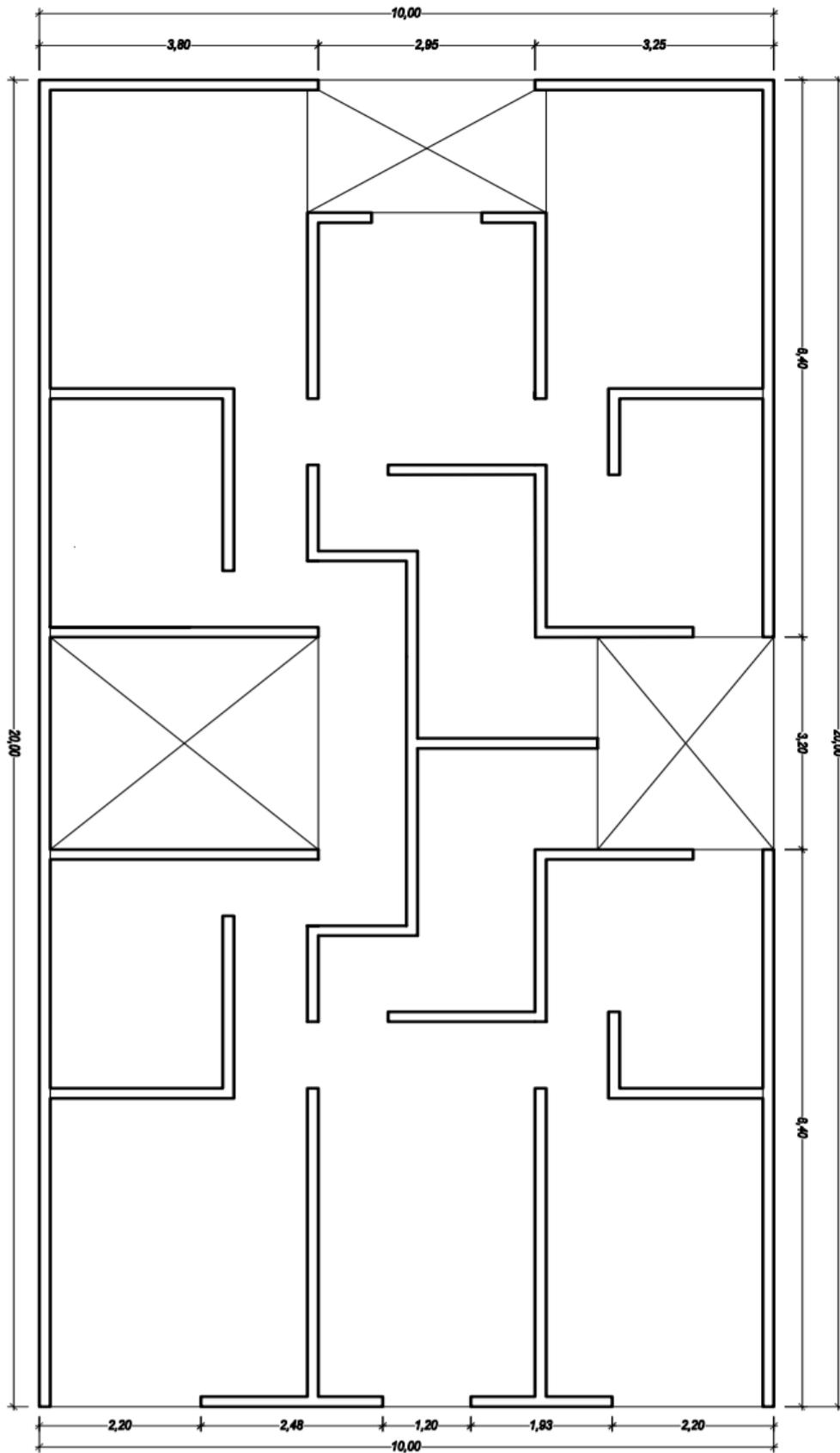
ANEXO 7: Plano arquitectónico planta típica (2do al 5to)



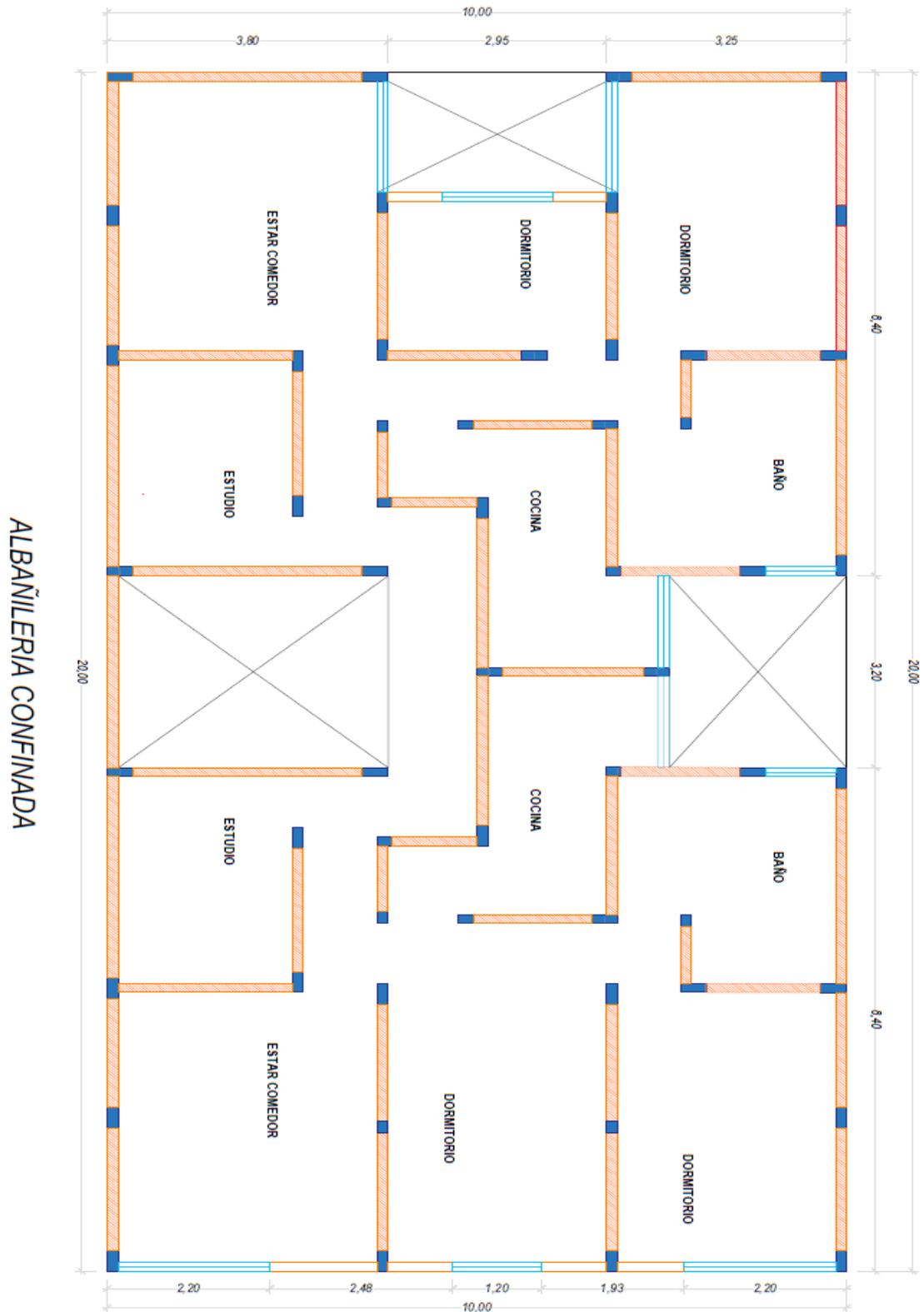
## ANEXO 8: Plano sistema estructural Dual



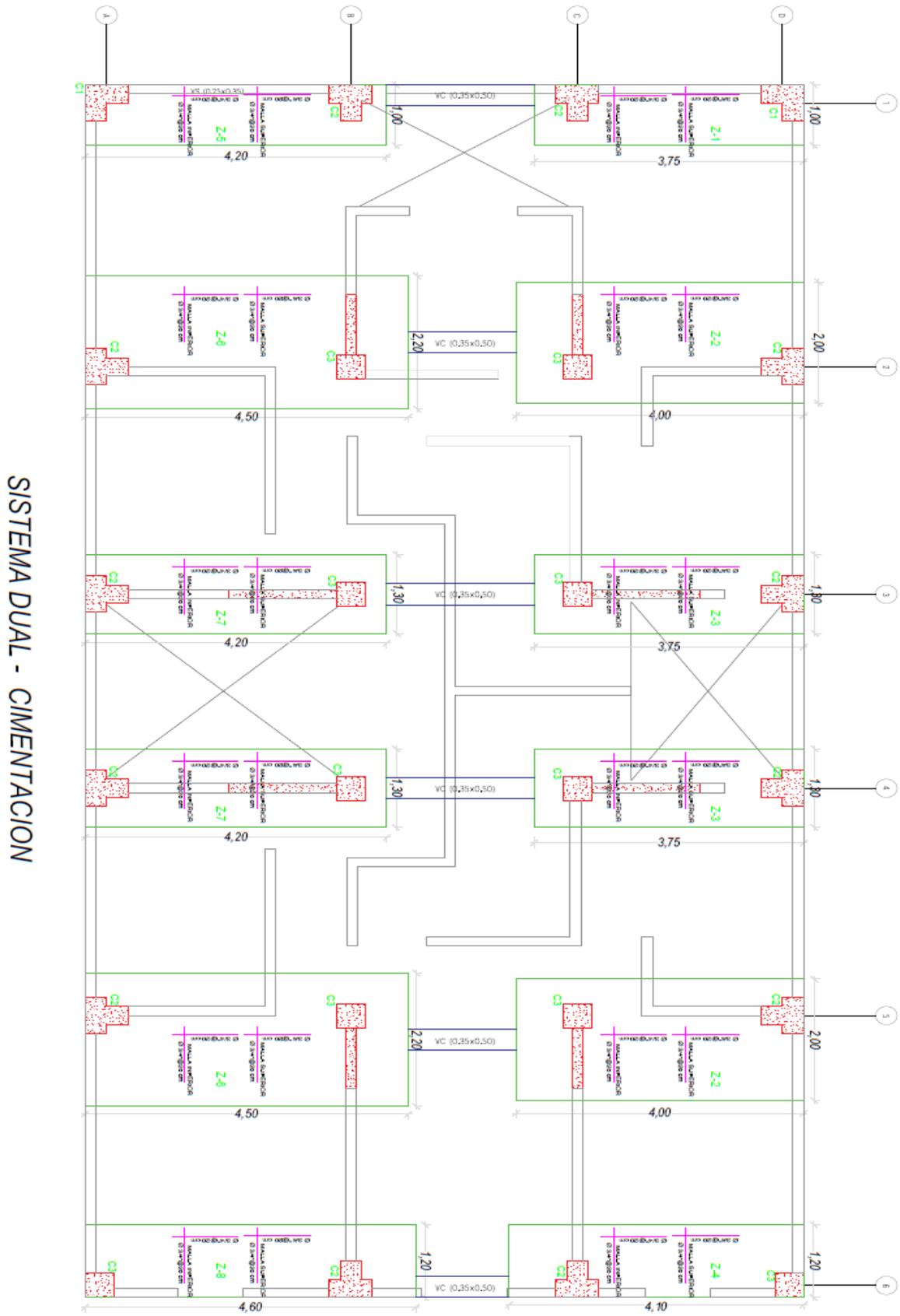
ANEXO 9: Plano sistema estructural Muros de Ductilidad Limitada



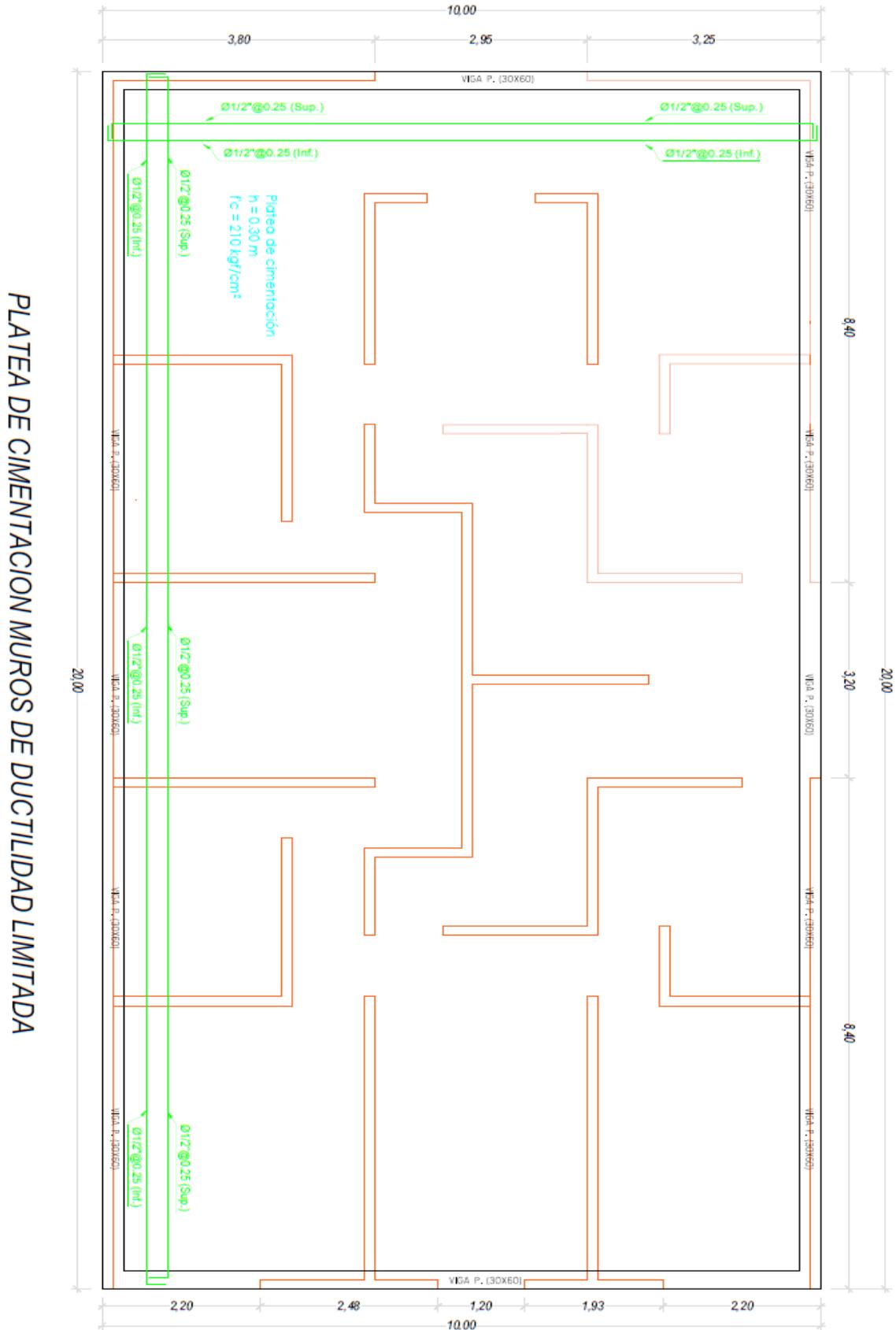
ANEXO 10: Plano sistema estructural Albañilería Confinada



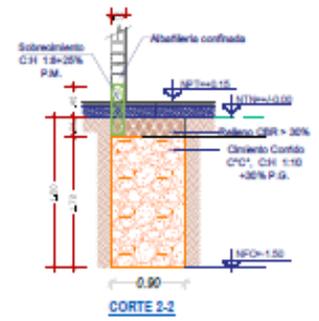
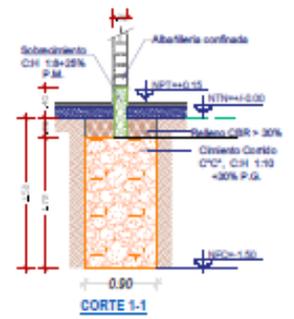
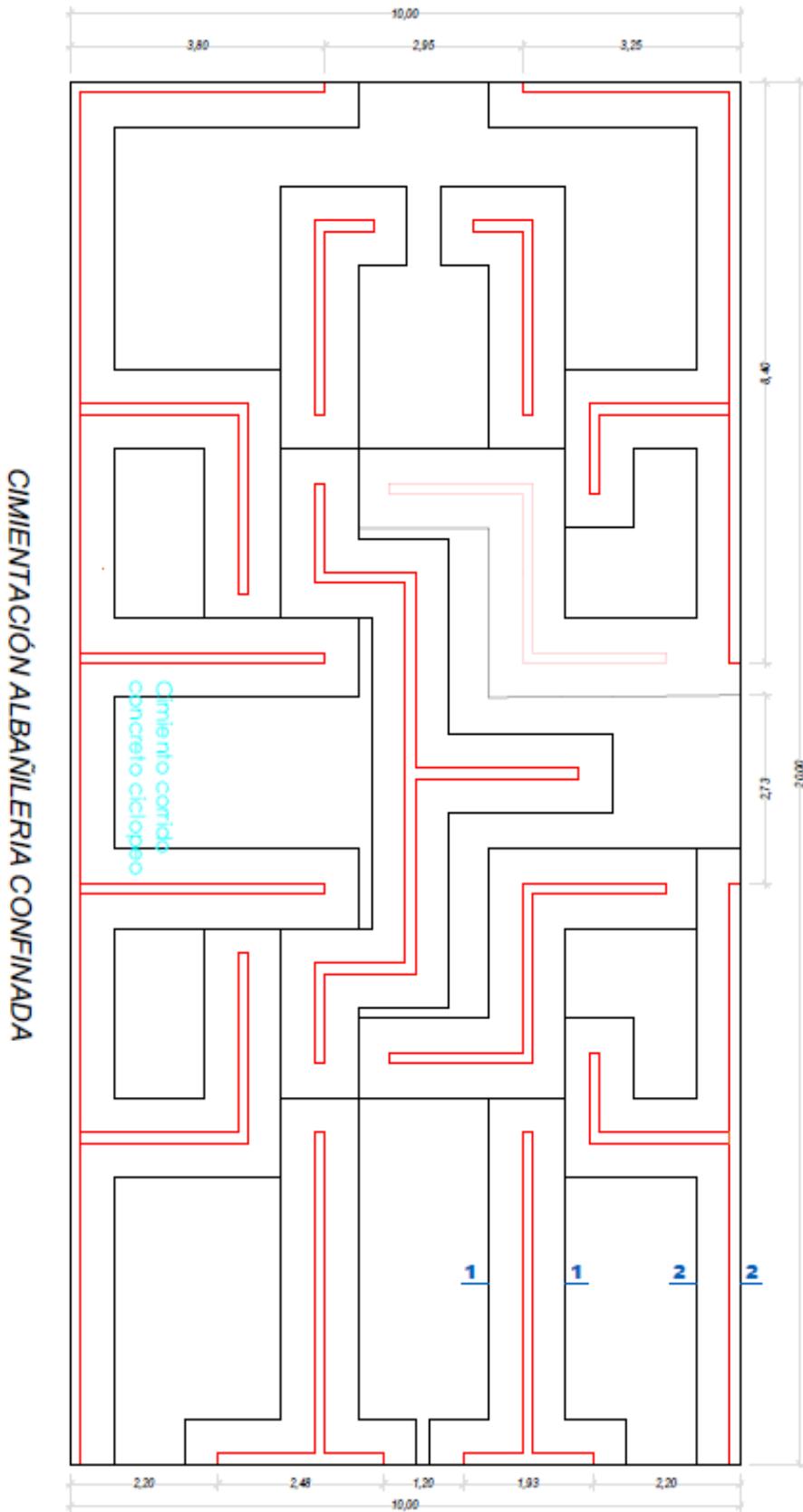
# ANEXO 11: Plano sistema estructural Dual – Cimentación



ANEXO 12: Plano sistema estructural Muros de Ductilidad Limitada – Cimentación

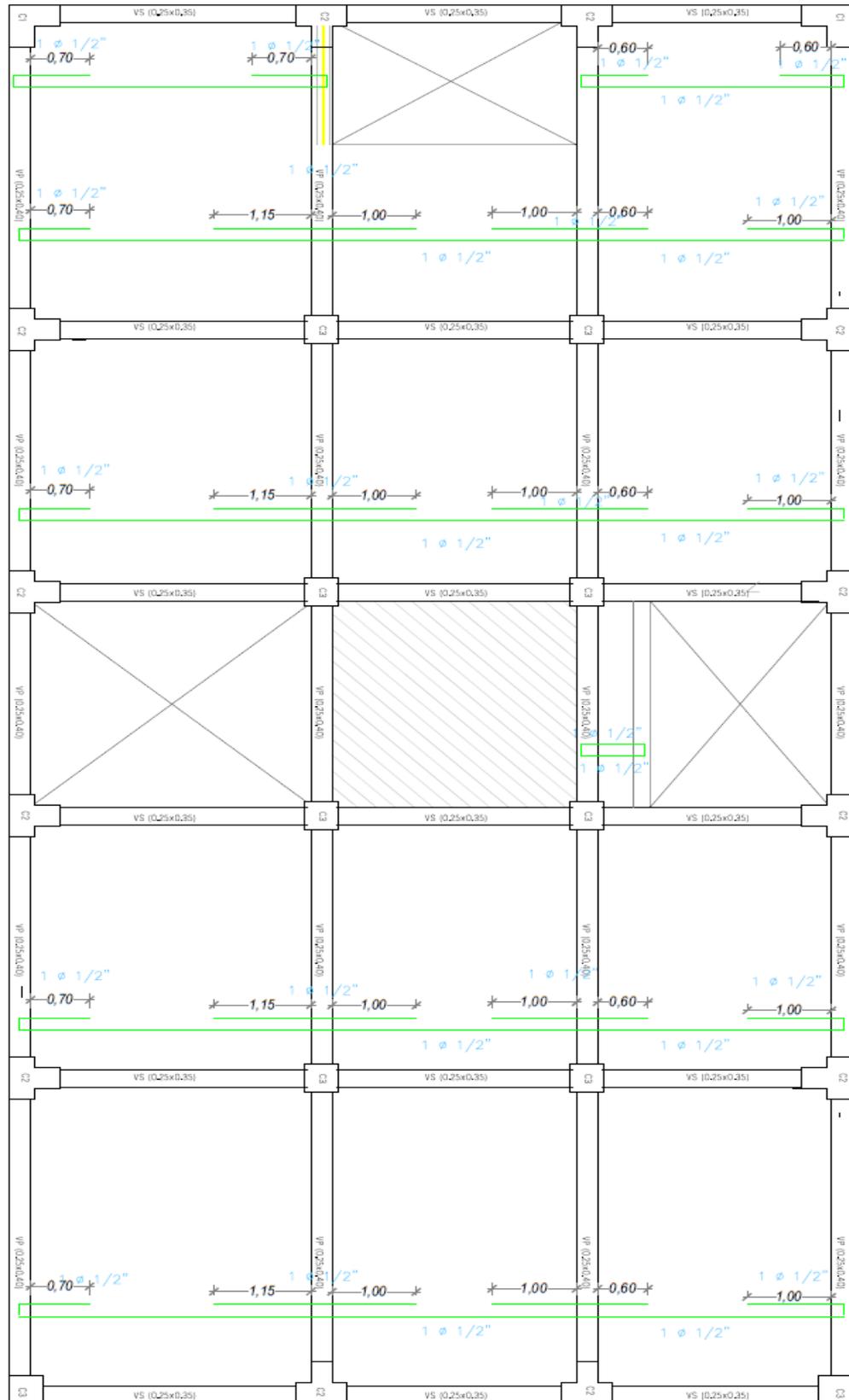


ANEXO 13: Plano sistema estructural Albañilería Confinada– Cimentación

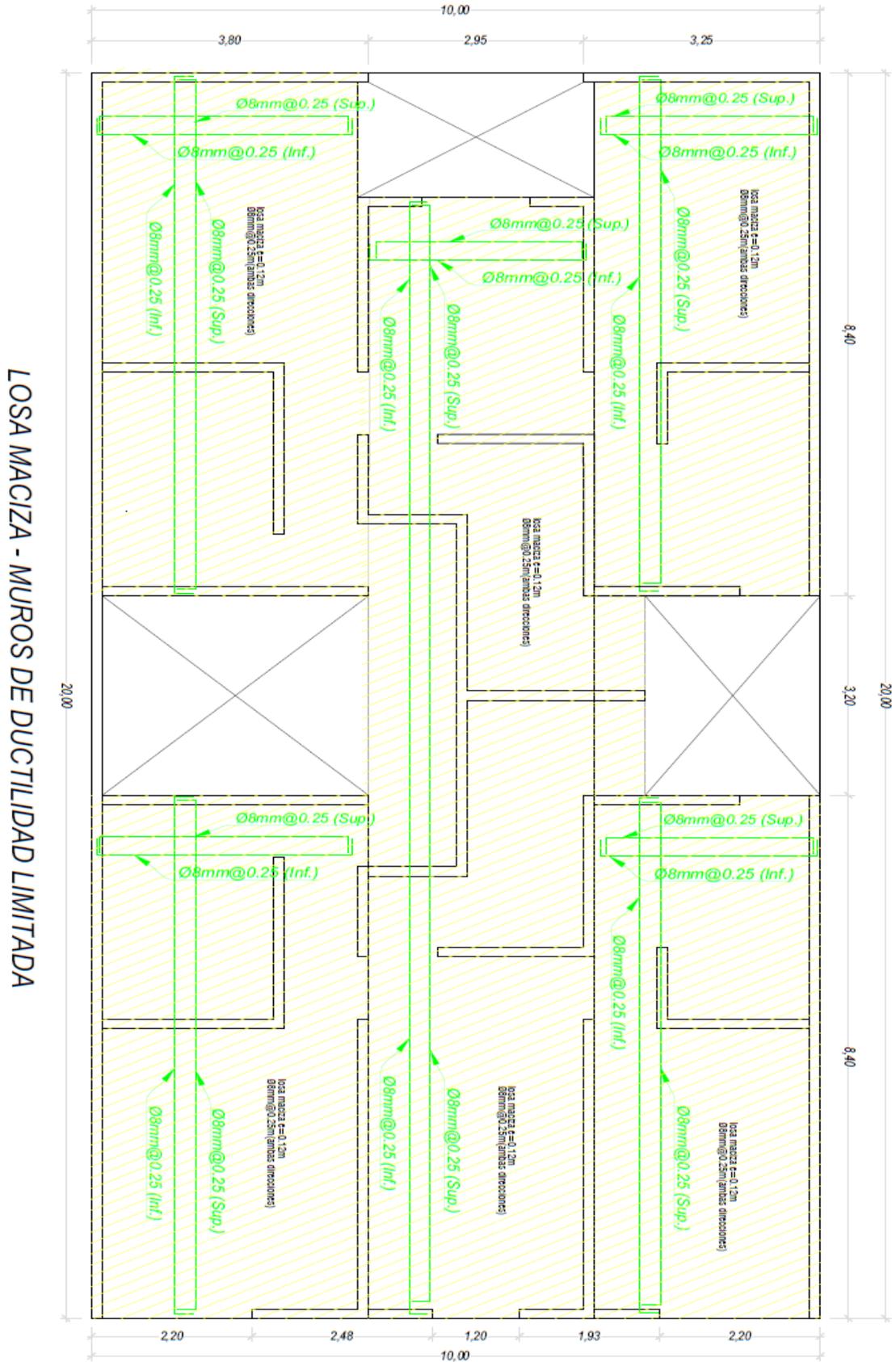


# ANEXO 14: Plano de losas – Dual

## SISTEMA DUAL - LOSAS



ANEXO 15: Plano de losas – Muros de Ductilidad Limitada



ANEXO 16: Plano de losas – Albañilería Confinada

