



# **UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

---

## **“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, EN EL DISTRITO DE PILLCO MARCA - HUÁNUCO”**

---

**TESISTA:**

**Bach. JHULINS JARSON CAMPOS CULQUI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

HUÁNUCO - PERÚ  
2018

## **DEDICATORIA**

A mi esposa, quien ha sido mi mano derecha durante todo este tiempo; te agradezco por tu desinteresada ayuda, por echarme una mano cuando siempre la necesité y por no permitir que me diera por vencido en culminar este proyecto. Te agradezco no solo por la ayuda brindada, sino por todos los buenos momentos en los que vivimos. Eres una persona maravillosa.

## AGRADECIMIENTO

- A Dios, por forjarme como persona, por iluminarme y darme la fuerza necesaria para poder llegar a este momento tan importante en mi vida, que es mi formación profesional.
- A mi madre y a mi esposa, por su invaluable apoyo y por ser formadoras de mi dedicación y persistencia en las metas que me he trazado y de las que me trazo día a día, y, a todos los miembros de mi familia, en especial a mis hijos, quienes son mi principal motivación. A mis suegros, por su constante aliento para lograr mi objetivo trazado.
- A la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, alma máter; a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil y sus docentes, por brindarme una sólida formación académica.
- Al **Ing. José Luis Villavicencio Guardia**, por el tiempo dedicado y por el apoyo brindado como Asesor de la presente tesis.
- A todas aquellas personas que directa o indirectamente contribuyeron en la ejecución de este proyecto.

## RESUMEN

Las edificaciones de MDL en su momento fueron propuestas como un sistema de construcción rápido, económico y seguro. Sin embargo, debido a la baja ductilidad de los muros y la alta rigidez de la estructura que fue advertida por los investigadores, se consideró que frente a eventos sísmicos estas estructuras podrían presentar fallas estructurales como fracturas por la baja capacidad de disipar la energía sísmica y efectos de resonancia que se encuentra asociadas al tipo de suelo. En este aspecto en el estudio se estableció, que dentro de la problemática planteada es necesario determinar el comportamiento estructural de una edificación de MDL en el distrito de Pillco Marca - Huánuco. Para lograr el objetivo propuesto se identificó los parámetros de zona, suelo y condiciones de diseño de la estructura con MDL, se realizó un predimensionamiento de acuerdo a la norma y su modelado matemático. Esta estructura se sometió a un análisis estático y dinámico mediante un espectro de respuesta para finalmente determinar las fuerzas cortantes, desplazamientos, derivas y periodo de la edificación con MDL de siete niveles. El estudio realizado es de tipo Aplicada, con un alcance descriptivo, con un diseño no experimental de tipo transversal. En el estudio se consideró como muestra a la estructura de siete niveles.

En la tesis se concluyó que el comportamiento estructural de la edificación, es apropiada, considerando el espectro de respuesta elaborado

para una Zona 2 con  $g=0.25$ . En lo que concierne a derivas y desplazamientos del centro de masa, en ningún diafragma sobrepasó el 5 ‰ definido en la norma. En lo que concierne a las cortantes dinámicas obtenidas, estas deben ser escaladas para alcanzar la cortante estática según indica la norma. La edificación no se verá afectado a efectos de resonancia, en vista que presenta un periodo bajo debido a las características del Suelo de la zona.

*Palabras clave: Muros de Ductilidad limitada, deriva, comportamiento estructural.*

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	
1.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
1.1.1. ANTECEDENTES.....	14
1.1.2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	23
1.1.2.1. SISTEMAS DE MDL.....	24
1.1.2.2. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE UNA EMDL.....	26
1.1.2.3. FALLAS EN UNA EMDL.....	34
1.1.2.4. DUCTILIDAD EN UNA EMDL.....	36
1.1.2.5. RESPUESTAS DE LAS EMDL.....	37
1.1.2.6. MATERIALES DE LAS EMDL.....	39
1.1.2.7. CRITERIOS PARA EL CONFINAMIENTO DE EMDL.....	39
1.1.2.8. ASPECTOS NORMATIVOS PARA LA EMDL.....	41
1.1.2.9. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE EMDL.....	50
1.2. OBJETIVOS: GENERALES Y ESPECÍFICOS .....	50
1.2.1. OBJETIVO GENERAL .....	50
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	51
1.3. HIPÓTESIS: GENERAL Y ESPECÍFICAS .....	51
1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	51

1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	52
1.4. VARIABLES.....	54
1.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	54
1.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	55
1.4.3. VARIABLE INTERVINIENTE .....	55
1.5. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES.....	56
1.6. POBLACIÓN.....	57
1.7. MUESTRA.....	58
1.8. UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	58
1.9. PLANTEAMIENTO ARQUITECTÓNICO DEL PROYECTO .....	59
1.9.1. SISTEMA ESTRUCTURAL DEL PROYECTO .....	63
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO	
2.1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	64
2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	64
2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	65
2.4. PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS.....	66
2.5. PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO.....	67
2.5.1. ESPECTRO DE RESPUESTA.....	68
2.6. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	71
2.6.1. PREDIMENSIONAMIENTO DE MUROS.....	72
2.6.2. COMPROBACIÓN DE MURO M1 .....	73
2.6.3. COMPROBACIÓN DE MURO M2 .....	75
2.7. PARÁMETROS DE MODELAMIENTO MATEMÁTICO .....	77
2.7.1. PARÁMETROS NORMATIVOS.....	77

2.7.2. ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	81
2.8. MODELADO DE LA EDIFICACIÓN.....	82
2.8.1. DEFINICIÓN DE MATERIALES EN EL SOFTWARE .....	83
2.8.2. DIAFRAGMA RÍGIDO.....	85
2.8.3. CASOS MODALES.....	86
2.8.4. OTRAS CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS.....	88
CAPÍTULO III:DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
3.1. ANÁLISIS ESTÁTICO.....	89
3.1.1. PERÍODO DE LA ESTRUCTURA.....	89
3.1.2. CORTANTE EN LA BASE .....	90
3.1.3. DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS.....	90
3.2 ANÁLISIS DINÁMICO .....	93
3.2.1. PERIODO DE LA ESTRUCTURA.....	93
3.2.2. DERIVAS DE LA EDIFICACIÓN.....	94
3.2.3. DESPLAZAMIENTOS DEL CENTRO DE MASA .....	97
3.2.4. FUERZAS CORTANTES.....	100
3.2.5. ACELERACIONES .....	101
3.3.DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	103
CONCLUSIONES .....	107
SUGERENCIAS .....	109
BIBLIOGRAFÍA.....	111
ANEXOS .....	113
NOTA BIOGRÁFICA.....	120
ACTA DE APROBACIÓN .....	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Edificación con Sistema Estructural de MDL.....	26
<b>Figura 2:</b> Platea y Uña de cimentación en un Sistema estructural de MDL.....	28
<b>Figura 3:</b> Diagrama Esfuerzo-Desplazamiento entre una malla electrosoldada y acero corrugado convencional .....	33
<b>Figura 4:</b> Fallas en muros .....	34
<b>Figura 5:</b> Mapa Sísmico del Perú.....	43
<b>Figura 6:</b> Ubicación de la Edificación con Sistema estructural de MDL .....	59
<b>Figura 7:</b> Configuración Arquitectónica de la Estructura - Primer Nivel .....	60
<b>Figura 8:</b> Planta Típica - Segundo a Séptimo Nivel.....	61
<b>Figura 9:</b> Corte Arquitectónico de la Edificación .....	62
<b>Figura 10:</b> Espectro de Pseudo Aceleraciones para Z2 .....	70
<b>Figura 11:</b> Áreas de Servicios y Cargas por Gravedad M1 y M2 .....	71
<b>Figura 12:</b> Modelo Matemático de la edificación con MDL.....	83
<b>Figura 13:</b> Ingreso de propiedades en el software de modelamiento .....	84
<b>Figura 14:</b> Diafragma rígido en cada nivel.....	86
<b>Figura 15:</b> Casos Modales de análisis .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Fluencia de las mallas electrosoldadas.....	33
<b>Tabla 2:</b> Tipo de Suelo y su clasificación .....	44
<b>Tabla 3:</b> Parámetro de amplificación por tipo de Suelo y Zona Sísmica.....	45
<b>Tabla 4:</b> Periodo del Suelo según su clasificación.....	46
<b>Tabla 5:</b> Parámetro de amplificación por Uso de la Edificación .....	47
<b>Tabla 6:</b> Factor de Reducción Sísmica $R_o$ .....	48
<b>Tabla 7:</b> Factores de Irregularidad que afectan a $R$ .....	49
<b>Tabla 8:</b> Cuadro de Variables de Estudio.....	56
<b>Tabla 9:</b> Niveles y altura de la Edificación.....	78
<b>Tabla 10:</b> Cuadro Resumen de los Parámetros normativos.....	80
<b>Tabla 11:</b> Elementos de concreto armado empleados en el modelamiento.....	81
<b>Tabla 12:</b> Cargas estructurales y Sobrecargas .....	82
<b>Tabla 13:</b> Cortante Estáticos por Nivel.....	92
<b>Tabla 14:</b> Periodo de la Estructura.....	93
<b>Tabla 15:</b> Derivas en la Dirección X considerando el espectro en XX.....	95
<b>Tabla 16:</b> Derivas en la Dirección Y considerando el espectro en XX.....	95
<b>Tabla 17:</b> Derivas en la Dirección X considerando el espectro en YY.....	96
<b>Tabla 18:</b> Derivas en la Dirección Y considerando el espectro en YY.....	96
<b>Tabla 19:</b> Desplazamientos del centro de Masa en dirección XX.....	98
<b>Tabla 20:</b> Desplazamientos del centro de Masa en dirección YY.....	99
<b>Tabla 21:</b> Cortantes de base en dirección XX.....	100
<b>Tabla 22:</b> Cortantes de base en dirección YY.....	101
<b>Tabla 23:</b> Amplificación de las Aceleraciones en Dirección XX.....	102
<b>Tabla 24:</b> Amplificación de las Aceleraciones en Dirección YY.....	102
<b>Tabla 25:</b> Derivas de la Edificación en su dos direcciones.....	103

## INTRODUCCIÓN

Las edificaciones construidas con MDL, son consideradas como una alternativa económica al déficit de vivienda en los países Latinoamericanos; la utilización de este sistema es muy difundido en países como Perú, Ecuador, Chile, Venezuela y Colombia.

La respuesta estructural frente a un análisis Estático-Dinámico de una edificación con Muros de Ductilidad Limitada es variable por los parámetros que influyen en el análisis para determinar su comportamiento, siendo los principales aspectos a considerar: la geotecnia, la interacción suelo estructura, el sistema estructural conformado por muros, losas y el espectro de diseño determinado. En este aspecto las edificaciones con MDL son versátiles por su forma rápida y económica de construir, sin embargo, estudios posteriores a la edificación como el realizado por Delgado y Rodriguez (2006) demuestran que estas estructuras de cinco a siete niveles frente a sismos leves sufren daños hasta en un 15% del valor de la estructura, mientras que en sismos fuertes sufren daños hasta en un 50% y 60% lo que significa que se vuelven inhabitables. Asimismo, Zavaleta (2009) y su asesor Ph. D Genner Villareal realizaron un estudio comparativo de los comportamientos de una estructura de MDL y de una estructura de albañilería confinada, ambos de cuatro niveles. Concluyendo que para garantizar un comportamiento dentro de un rango elástico frente a sismos leves y fuertes es necesario determinar una densidad adecuada de muros en la estructuración y recomiendan

profundizar los estudios sobre el tema en vista que es un tema poco tratado a diferencia del sistema estructural de la albañilería confinada.

Teniendo en cuenta estos aspectos, la importancia del estudio radica en definir el comportamiento de una estructura con un Sistema Estructural de Muros de Ductilidad Limitada para las condiciones geotécnicas establecidas, el factor de zona determinado y la consideración de los parámetros según la E.020 (Cargas), E.030 – 2016 (Sismoresistente) y E.060 (Concreto armado) para las edificaciones de MDL en el distrito de Pillco Marca - Huánuco. Considerando además otros posibles factores como la esbeltez y geometría que puede afectar a la resistencia al corte de los muros de Ductilidad Limitada, asimismo el incremento de las cargas axiales debido al incremento de los niveles y a las cargas laterales cíclicas que podrían llevar a la estructura a un rango inelástico.

En lo social la presente investigación se justifica porque busca dar respuesta concreta a una problemática de vivienda, puesto que analiza el comportamiento sísmico de una EMDL, que puede servir tanto para las inmobiliarias que desean invertir en el distrito de Pillco Marca, así como para los usuarios quienes pueden verificar las condiciones de seguridad y confort que la edificación requiere, así mismo respecto a materiales, dimensiones y costos.

Considerando que el proyecto está referido al comportamiento estructural, no se tendrá en cuenta para el presente proyecto un diseño de cimentación u otro estudio posterior que permita la culminación del proyecto real. El proyecto se limita a verificar la validez de una estructura frente a fuerzas estáticas y dinámicas considerando los estudios geotécnicos correspondientes y el sistema estructural propuesto, mediante el análisis de su comportamiento.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. Fundamentos teóricos de la investigación**

##### **1.1.1. Antecedentes**

Los estudios realizados sobre el Comportamiento de los Sistemas de Muros de Ductilidad Limitada frente a fuerzas dinámicas han sido enfocados desde diversas perspectivas y metodologías, tanto a nivel experimental como teóricos. Dentro de los estudios experimentales resaltan las pruebas de laboratorio, donde muros de diversos espesores y cuantías a escala real son sometidas a cargas sísmicas y cargas de gravedad conjuntamente para evaluar su resistencia a compresión y flexo compresión, así como los agrietamientos sufridos por las demandas de ductilidad. Otro enfoque de estudio corresponde a los análisis realizados en estructuras ya construidas, específicamente en las décadas de los años '80 y '90, así como las edificaciones multifamiliares construidas bajo los criterios de la norma E030- 2003, se debe señalar que en estos estudios las edificaciones que han sido analizadas no tienen una respuesta favorable, tal como demuestran Delgado y Peña (2006) que llegan a la conclusión que las estructuras estudiadas tendrían un daño irreparable frente a sismos

de gran intensidad. También se ha verificado que las investigaciones a nivel nacional e internacional respecto a las edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada, son estudiadas de forma teórica mediante el modelamiento de las estructuras y sometidas a envolventes sísmicas, pudiendo predecir de esta manera la respuesta estructural de la edificación y el cumplimiento mínimo de las normas vigentes. Dentro de este último grupo de estudios se ha considerado, aquellas investigaciones relacionadas al modelamiento matemático y su análisis modal espectral correspondiente.

Briceño y Carreras (2013) en la Tesis: “Análisis y diseño de muros estructurales de concreto, considerando las experiencias de los terremotos de Chile 2010 y Nueva Zelanda 2011.” Presentada en la Universidad Católica Andrés Bello, Caracas - Venezuela, para obtener el Título de Ing. Civil, realizan el análisis y diseño de muros estructurales de concreto reforzado, siguiendo los criterios vigentes del Instituto Americano del Concreto (ACI), así como las normativas chilena y venezolana, las cuales se guían por estos criterios. En el estudio realizado, se hace una recopilación de las fallas presentadas en edificaciones con muros delgados en sismos ocurridos, como el de Maule - Concepción en 2010 donde se verificó que las estructuras afectadas presentaron las siguientes

irregularidades: discontinuidad de muros en las líneas de fachada, condición de cambio notable (set back) entre las torres y sótano, suelo blando, rotura de losas pilares y muros, fisuras en frontis y errores de confinamiento. Tras el colapso de varias edificaciones, se resume que estas se debieron a fallas frágiles por exceso de compresión y giros, en los cuales no se realizó un adecuado confinamiento por tener muros delgados menores a los 20cm. En lo que concierne al terremoto de Chirstchurch de Nueva Zelanda ocurrida en febrero del 2011, se reveló que las principales causas de falla se debieron a deficiente configuración y dimensionado de muros, escaso confinamiento de los miembros de borde para restricción de pandeo, así como ausencia de estribos alrededor del refuerzo longitudinal a lo largo del muro y finalmente una excesiva carga axial por gravedad. Con estos antecedentes se procedió a la comparación de normas de Chile, Nueva Zelanda y Venezuela (Fondonorma) basada en la ACI 318 y Código UBC 97. En el estudio comparativo se concluyó que el confinamiento de bordes que exige la norma venezolana es adecuado, debiéndose los daños observados, en el sismo de Chile, a la inexistencia de confinamientos de bordes debido a las dificultades constructivas en muros delgados. También se concluye que, en los sistemas estructurales de muros delgados, se debe analizar la contribución

de las losas en el desempeño de sistemas con luces libres pequeñas, para decidir la conveniencia de su implementación en zonas de alto riesgo sísmico.

Vélez et al. (2017) en el Artículo “Ensayos cuasi-estáticos cíclicos de muros delgados de concreto reforzado en edificios colombianos” presentado en el VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica organizada por la Universidad del Norte en Barranquilla, Colombia, señalan que en países latinoamericanos como Colombia, Perú, Chile, Ecuador y Venezuela se ha industrializado la construcción con muros delgados de concreto reforzado con espesores variables entre 8 y 12 cm. Aspecto que ha sido reforzado por los bajos costos y rapidez de construcción. Según los autores, algunos estudios realizados sobre este tipo de edificaciones han indicado que la capacidad de deformación inelástica de estos muros podría ser limitada y el nivel de daños severo, aún para bajos niveles de deriva. Investigadores como Pérez (2014), González y López (2012) citados por los autores, cuestionan el comportamiento sísmico de estas edificaciones, en aspectos como la capacidad de deformación inelástica, la estabilidad lateral y los diferentes mecanismos de falla que pueden presentar. En una fase preliminar del proyecto, los autores

identifican las principales variables que controlan el comportamiento sísmico de los muros delgados, entre las cuales se destacan la esbeltez, el nivel de carga axial, el detallado y tipo de refuerzo, y la geometría del elemento. Con base en estos resultados se han ido definiendo muestras representativas de las condiciones más críticas, los cuales han sido evaluados experimentalmente. En la investigación realizada se presentan los resultados globales del ensayo de un Muro en forma de T con una sola capa de refuerzo convencional dúctil, centrándose en el estudio en el tipo de refuerzo de acero extraída de una base de datos obtenida de las edificaciones construidas en zonas de alta amenaza sísmica en Colombia. La capacidad del muro se evaluó experimentalmente mediante un ensayo de carga lateral cíclica cuasi-estática en el plano y con carga axial constante equivalente al 5% de la capacidad de la sección de concreto basada en la capacidad especificada a compresión del concreto.

Los resultados de los ensayos realizados demostraron que el muro delgado tuvo un comportamiento caracterizado por una capacidad limitada de disipación de energía, alcanzando una deriva máxima de 0.63% antes que el refuerzo del alma sufra de ruptura. Se pudo además verificar que la degradación de resistencia del muro se incrementó rápidamente comenzando en niveles de derivas bajos,

resultados que indican que los comportamientos de muros estructurales delgados pueden no satisfacer las expectativas de desempeño establecidas en la norma. Finalmente se concluye que, es necesario realizar ajustes al proceso de análisis y diseño para asegurar que, al utilizar muros delgados de concreto reforzado en zonas de amenaza sísmica alta, se puedan cumplir con los objetivos de desempeño esperados para edificaciones diseñadas de acuerdo a filosofías contemporáneas de comportamiento sismo resistente.}

Maco (2014), en la Tesis: “Análisis y Diseño de una edificación multifamiliar de siete pisos con Muros de Ductilidad Limitada” presentado en la Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú, para obtener el Título de Ing. Civil, realiza el diseño estructural de un edificio de concreto armado de siete pisos conformado por cuatro departamentos en cada nivel, ubicado en el distrito de Cercado de Lima. El autor define que el suelo para la cimentación corresponde a una grava arenosa medianamente densa a densa (GP) con una presión admisible de 4.00 kg/cm<sup>2</sup> a 1.20m de profundidad. La estructuración del edificio se realizó en base a Muros de Ductilidad Limitada (MDL) tanto en los ejes X-X e Y-Y con espesores de 10 y 15 cm. Los techos en todos los niveles

son losas macizas de 10 y 20 cm de espesor. Para la cimentación de la estructura, se considera un sistema de zapatas aisladas y zapatas continuas conectadas por medio de vigas de cimentación y cimientos corridos. Para el análisis sísmico y la respuesta estructural, se realizó un análisis estático y un análisis dinámico según lo estipulado en la NTE E.030 de Diseño Sismorresistente, análisis que permite comparar las derivas y los desplazamientos con los valores exigidos en la norma. Además, se consideró los requerimientos de las normas NTE E.020 para cargas y combinación de las mismas, NTE E.050 para Suelos y Cimentaciones y NTE E.060 para el Concreto Armado, también se consideró el Anexo 02 de la Norma "Especificaciones Normativas para Diseño Sismoresistente en el caso de Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL). En el estudio se llegó a las siguientes Conclusiones: en lo que corresponde a Estructuración los investigadores definen que con el cumplimiento de los parámetros establecidos en la norma se logra un adecuado comportamiento sismo resistente. Para los Pre dimensionamientos, se definió que la estructura requiere de losas macizas de 20 cm en el hall de ascensores, elementos estructurales que permiten que los esfuerzos provenientes de las losas de los departamentos sean de valores moderados. En lo concerniente a los muros, estos deben

de tener un espesor de 10cm a 15cm, puesto que se necesita confinamiento en los extremos, respecto a las cimentaciones se requiere de una platea de cimentación. Los resultados obtenidos del Análisis Sísmico, establecen que se cumplieron de manera amplia las derivas máximas en los pisos, índice adimensional de deformación que es uno de los requisitos más importantes, debido a la gran rigidez que aportan los muros en las dos direcciones, de manera que no fue necesario colocar vigas peraltadas. Respecto a los periodos fundamentales se obtuvieron periodos relativamente bajos que indica una gran rigidez en ambos sentidos; en la dirección XX, se obtuvo un periodo fundamental de 0.18 s., mientras que en el periodo YY se obtuvo 0.224 s. que significa menor rigidez del sistema estructural en esta dirección.

Granados y López (2012), en la Tesis: “Diseño de un edificio de Muros de Ductilidad Limitada de cinco niveles” presentado en la Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú, para obtener el Título de Ing. Civil, realizan el análisis y diseño estructural de una edificación multifamiliar en concreto armado de cinco niveles considerando los parámetros de Zona y Suelo para el Distrito de Chorrillos. Una característica particular del estudio constituye el terreno de edificación, que es un relleno controlado de ingeniería

con una capacidad portante de 10 ton/m<sup>2</sup>. La estructura además fue sometida a análisis complementarios, al estudiar la respuesta de la estructural frente a dos sismos peruanos: el primero registrado en La Molina el 9 de noviembre de 1974 y el de Pisco sucedido el 15 de agosto de 2007 que fueron escaladas a 0.24g con un periodo de retorno de 43 años. El sistema estructural se basa en muros de ductilidad limitada de 10cm de espesor. El sistema de diafragmas se constituye de losas macizas de 10 cm de espesor en todos los ambientes, con excepción de los baños y del hall de la escalera, en donde se utilizó espesores de 20 cm y 15 cm respectivamente. El análisis estructural realizado por cargas de gravedad y de sismo se desarrolló mediante un modelo tridimensional que toma en cuenta la interacción entre muros perpendiculares. Las solicitaciones sísmicas se obtuvieron de las normas técnicas E.020 (cargas) y E.030 (diseño sismo resistente). El diseño estructural de todos los elementos se realizó cumpliendo las especificaciones técnicas de la norma E.060.

Mediante el estudio realizado se llegó a las siguientes conclusiones: la estructuración de un edificio de pocos niveles mediante el sistema estructural de muros de ductilidad limitada resulta ventajoso desde el punto de vista de los desplazamientos laterales y de las cuantías de refuerzo. En el análisis de la

edificación se obtuvieron derivas del orden de 0.6/1000 en la dirección XX' y 0.5/1000 en la dirección YY'. Las cuantías de refuerzo fueron moderadas, lo que llevó a confirmar que los criterios de predimensionamiento fueron adecuados. Para el análisis de la estructura mediante los acelerogramas, se obtuvieron resultados adecuados de 0.30/1000 en la dirección XX' y 0.17/1000 en la dirección YY', por lo que se considera que para la envolvente y los sismos considerados las estructuras de muros de ductilidad limitada se mantendrían dentro del rango elástico.

### **1.1.2. Conceptos fundamentales**

El comportamiento estructural, es la respuesta de una edificación frente a cargas de gravedad y fuerzas de origen sísmico, que se evalúa mediante el análisis estructural con el objetivo de determinar los esfuerzos resultantes que causan la deformación de los elementos estructurales que componen la edificación. Kassimali (2015, p.6) señala que la función del análisis estructural es “la predicción del comportamiento de la estructura”, por lo que, mediante el análisis adecuado del comportamiento estructural de una edificación, es posible diseñar estructuras que puedan resistir a todas las posibles cargas que puedan afectar al edificio dentro de un periodo de vida. En este sentido el análisis del comportamiento

estructural de una edificación permite determinar un diseño estructural eficiente, buscando la mejor solución posible a la estructura y los parámetros dentro de los cuales debe de regirse, Morales (2006, p.9) añade que lograr una solución óptima absoluta, es imposible; pero sí es factible optimizar una estructura para que pueda responder dentro de límites aceptables, teniendo en cuenta que no existen soluciones únicas sino razonables.

#### **1.1.2.1. Sistemas de MDL**

Las edificaciones con sistemas de Muros de Ductilidad Limitada (MDL), son conocidos en Latinoamérica como edificaciones tipo túnel debido al encofrado que se utiliza para su edificación (*Tunnel form building*) (Gonzalo, 2010, p.50) y también son conocidos como edificaciones con muros delgados de concreto reforzado debido a los espesores mínimos con los que son diseñados. Se conocen en el Perú con el nombre de Edificaciones con Muros de Ductilidad Limitada (EMDL), desde la modificación de la norma E030 del 2003, donde se definió a este sistema de la siguiente manera: “Los edificios de MDL se caracterizan por ser un sistema estructural donde la resistencia sísmica y las cargas de gravedad en las dos direcciones está dado por muros de concreto armado que no pueden desarrollar desplazamientos

inelásticos importantes, se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola hilera”. Los sistemas de piso son losas macizas o aligeradas que cumplen con la función de diafragma rígido (Quintana y Caillaux, 2012).

En este sistema estructural, los muros de ductilidad limitada soportan las cargas sísmicas, las cargas de viento y cargas de gravedad, tienen espesores reducidos entre 10 cm a 15 cm, e incluso se realizan investigaciones para verificar su factibilidad de uso con muros de 8 cm. Esto debido a la gran permisividad que tiene la norma peruana NTP E030, sin embargo, no satisfacen códigos más exigentes como el ICC-2006 (International Code Council) conocido como el Código Internacional de la Edificación 2006 (Gonzales, 2010). Debido a los espesores mínimos no es posible confinar los extremos mediante el uso de estribos a corto espaciamiento, tampoco es factible el uso de doble malla de refuerzo porque se generaría congestión y dificultaría el paso del concreto en el proceso constructivo, aspecto que podría generar problemas como las cangrejas o fisuras por el deficiente colocado del concreto en espacios reducidos.

**Figura 1:** *Edificación con Sistema Estructural de MDL*



Fuente: Yáñez S. (2006)

Se caracterizan además por presentar una baja ductilidad en la respuesta sísmica, de donde proviene el nombre “Ductilidad Limitada” y que los puede llevar a un estado de fragilidad. Se caracterizan además por ser edificaciones de elevada rigidez en ambos sentidos por la alta densidad de muros portantes. El máximo número de pisos que se puede construir con este sistema, según el actual Reglamento Nacional de Edificaciones, NTP E.030 – 2016, es de ocho niveles.

#### **1.1.2.2. Elementos estructurales de una EMDL**

Los elementos característicos que componen una Edificación con Muros de Ductilidad Limitada (EMDL) son la

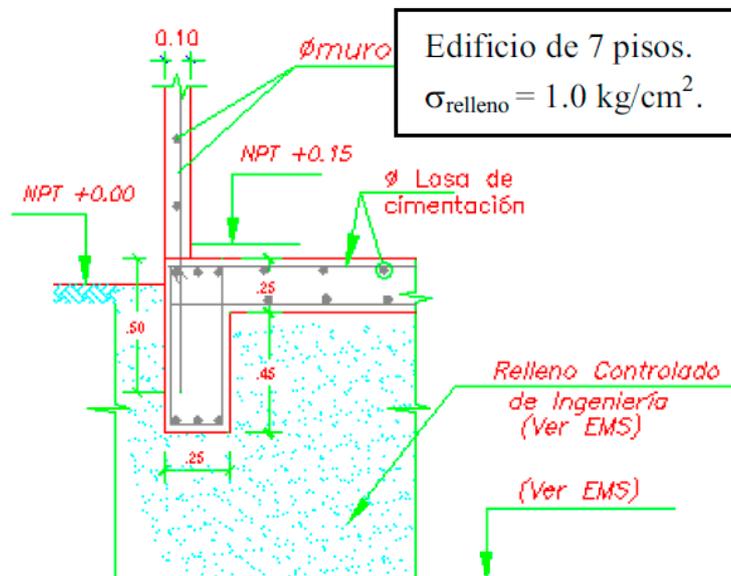
cimentación de la estructura, los muros portantes, las losas o diafragmas rígidos y los elementos de circulación como las escaleras y ascensores.

#### **a) Cimentación de la estructura**

Es un elemento estructural de concreto armado encargado de que transmitir las cargas axiales uniformemente al terreno de apoyo, además de proporcionar los anclajes o espigas de acero para el traslape del refuerzo vertical de los muros de soporte de la EMDL.

La cimentación más usada o frecuente es la losa maciza, o platea de cimentación con espesores de 20 a 30 cm. y que está empotrada al suelo mediante “Dientes de cimentación” que además de confinar el suelo, sirven como elemento de amarre para las espigas utilizadas en el refuerzo vertical del muro. Se debe señalar que la platea de cimentación es una cimentación superficial, construida en un suelo compactado de acuerdo al Estudio de Mecánica de Suelos. Delgado y Peña (2006) señalan respecto al terreno de edificación: que la profundidad de la capa de suelo tratada depende de la profundidad a la cual se encuentra un suelo competente (p.29).

**Figura 2:** Platea y Uña de cimentación en un Sistema Estructural de MDL



Fuente: Delgado y Peña (2006)

## b) Muros portantes

Los muros portantes en una EMDL son los elementos estructurales que tienen como función soportar las cargas por gravedad y cargas dinámicas, es decir se encargan de soportar las cargas estructurales y cargas vivas, además de soportar las fuerzas cortantes provocadas por los sismos. Los muros de una EMDL son placas de concreto delgadas con espesores entre los 10 cm y 15 cm, con una malla electrosoldada de refuerzo en el centro o alma del elemento estructural. En el aspecto normativo (E060, p.134) se determina que los espesores de muro, en una EMDL no

deben ser menores a los 10 cm, cumpliendo con la siguiente relación de altura y espesor:

$$e > \frac{1}{25}h$$

Donde:

$e$  = Espesor del muro

$h$  = Altura del muro portante

Además, en la norma también se establece que la resistencia axial de diseño  $\phi P_n$  debe calcularse usando la siguiente ecuación:

$$\phi P_n = 0.55 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot A_g \cdot \left[ 1 - \left( \frac{kl_c}{32h} \right)^2 \right]$$

Donde:

$\phi = 0.7$

$k$  = Factor de restricción (0,8 según E060)

$f'_c$  = Resistencia del concreto

$l_c$  : Distancia vertical entre apoyos

$A_g$  : Área bruta de la sección

$h$  : Espesor del muro

### c) Losas

En las EMDL se utilizan losas macizas en dos direcciones, la función principal de estos elementos es transmitir las cargas de entrepiso a los muros portantes, sirviendo a su vez de diafragmas rígidos. Blanco (2011, p.15) señala que las losas están encargadas de transmitir en primer lugar las cargas propias, piso terminado y sobrecarga hacia los elementos de sostén, y en segundo tiene como función obtener la unidad estructural para un comportamiento uniforme en cada nivel frente a las cargas ligadas al sismo. La segunda función establece un principio de deformación uniforme en cada piso y considerando que son elementos estructurales con dimensiones horizontales ampliamente superiores a la dimensión lateral (espesor de losa), se pueden considerar indeformables o de rigidez infinita, por lo que la losa llega a ser un diafragma rígido.

Las losas macizas son elementos de mayor resistencia e inercia(rigidez) en comparación a las losas aligeradas, sin embargo, su desventaja es el mayor costo respecto al aligerado. Los espesores de las losas macizas, son variables y dependen del diseño estructural de la edificación, Blanco (2011, p.25) añade que en ambientes pequeños (luces

menores a 4mts<sup>2</sup>) es posible usar losas de 12-13 cms. En general el autor establece las siguientes dimensiones para las losas macizas considerando las luces entre apoyos, (p. 38-39):

$$h = 12 - 13 \text{ cms (Luces menores o iguales a 4 mts)}$$

$$h = 15 \text{ cms (Luces menores o iguales a 5.5 mts)}$$

$$h = 20 \text{ cms (Luces menores o iguales a 6.5 mts)}$$

$$h = 25 \text{ cms (Luces menores o iguales a 7.5 mts)}$$

Respecto a los peraltes, Blasco (2011, p.39) señala que, debido a la resistencia y rigidez de las losas macizas, para determinar este valor se debe considerar la suma de los cuatro lados (perímetro) entre 180. Es decir, dividir el perímetro del paño entre 180 cuando se apoye en 4 lados y entre 140 cuando se apoye en 3 lados.

$$h \geq \frac{\textit{Perimetro}}{180}$$

$$h \geq \frac{\textit{Perimetro}}{140}$$

Blasco (2011) añade que el espesor de la losa puede ser incrementado, considerando un criterio acústico y vibraciones que pudieran transmitirse por las losas macizas delgadas a los departamentos inferiores o superiores.

#### d) Armaduras en EDML

La norma E060 en el acápite 21.10 señala que para las EMDL se puede utilizar mallas electrosoldadas de alambre corrugado como refuerzo repartido, considerando que se puede utilizar mallas electrosoldadas como refuerzo repartido en edificaciones de hasta tres niveles, en caso de niveles mayores sólo es permitido usar las mallas electrosoldadas en los últimos niveles. El valor de esfuerzo de fluencia para las mallas electrosoldadas, deberá ser máximo:

$$f'y = 420 \text{ Mpa}$$

La norma en el acápite 3.5.3. por tanto, señala que el refuerzo a utilizar en EMDL debe cumplir con las siguientes normas técnicas NTP 341.031 y NTP 339.186. y ajustarse a la norma ASTM A184M (*Standard Specification for Fabricated Welded Deformed Steel Bar Mats for Concrete Reinforcement*)

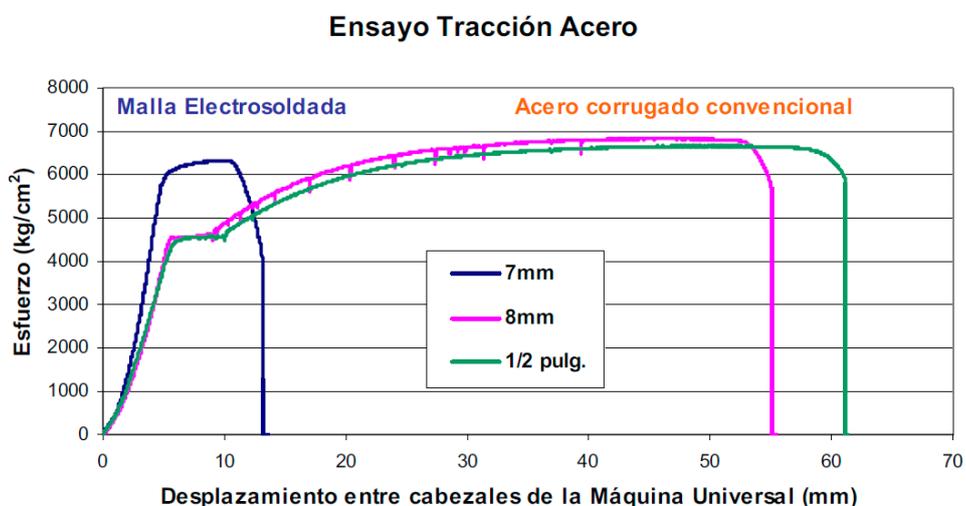
Delgado y Peña (2006, p.25) siguiendo la normativa, establecen que el alambre corrugado para la fabricación de las mallas electrosoldadas debe de cumplir la norma ASTM A496 donde se determina las siguientes características para el acero corrugado:

**Tabla 1:** Fluencia de las mallas electrosoldadas.

Característica	Valor
Límite de fluencia ( $f_y$ )	4,900 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia ( $f_u$ )	5600 kg/cm <sup>2</sup>
Elongación	No especificado

Fuente: Delgado y Peña (2006)

Los autores señalados muestran un Diagrama de esfuerzo desplazamiento obtenido de los resultados de ensayos a tracción de las varillas de acero corrugado convencionales (8.0 mm.) y las varillas de las mallas electrosoldadas (7 mm.).

**Figura 3:** Diagrama Esfuerzo - Desplazamiento entre una malla electrosoldada y acero corrugado convencional.

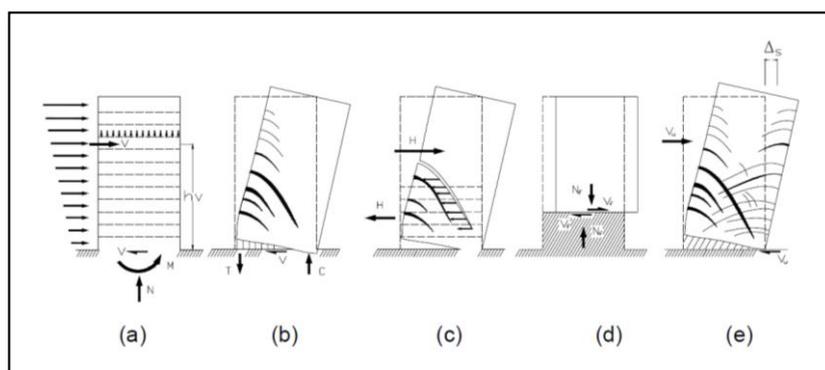
Fuente: Delgado y Peña (2006)

### 1.1.2.3. Fallas en una EMDL

Los muros portantes pueden fallar de diversas maneras y se han identificado distintas respuestas en muros de concreto armado. Estas incluyen estados de límite de flexión, tracción diagonal, compresión diagonal (aplastamiento del alma), compresión en los talones y pandeo del refuerzo, corte-deslizamiento y pandeo fuera del plano del muro.

En la siguiente figura se pueden apreciar diversos tipos de falla donde las acciones sobre el muro, (a), generan diversas fallas: (b) flexión, (c) tracción diagonal, (d) corte-deslizamiento y (e) deslizamiento en la base. (Figura 4)

**Figura 4:** Fallas en muros



**Fuente:** Delgado y Peña (2006)

La respuesta de los muros puede ser dúctil o frágil. En general, se busca que la falla que se genere en estos muros, a manera de coincidir con el espíritu de la norma

Sismoresistente, sea controlada por flexión. Si gobierna la flexión se forma una rótula plástica en la base, fluye el acero longitudinal, disipa energía debido a la deformación plástica de las barras longitudinales, por lo tanto, es muy posible que se requiera confinamiento en el borde para proveer la ductilidad requerida al permitir un nivel adecuado de deformación en compresión en el concreto.

Cuando la respuesta es frágil, los mecanismos de disipación son diferentes, son por deslizamiento en la base y por degradación del concreto, esto implica menores capacidades de ductilidad, pero también importantes disminuciones de rigidez y, por lo tanto, para respuestas basadas en resistencia, importantes reducciones en la demanda.

Según el FEMA 306, que es una norma encargada de evaluar los daños a los que son sometidas las estructuras de concreto en los muros o paredes de los edificios, se identifican 5 tipos de componentes de muros a través de una combinación de análisis teórico y daños observados. La asignación del tipo de componente se basa en la identificación del estado límite que gobierna para deformaciones laterales no-lineales. De esta forma se han agrupado dos tipos

principales de falla, las respuestas con alta capacidad de ductilidad y las respuestas con ductilidad limitada.

#### **1.1.2.4. Ductilidad en una EMDL**

Ductilidad se denomina a la capacidad de una estructura y de sus componentes o de sus materiales, para lograr deformaciones que excedan el límite elástico sin fallar, o que excedan el punto a partir del cual las relaciones esfuerzo vs. deformación dejan de ser lineales. Es importante que cuando el material dúctil excede el límite elástico, tenga una deformación importante en el rango inelástico sin reducir su capacidad resistente.

El concepto de ductilidad es sumamente importante en zonas sísmicas debido a que minimiza daños y asegura la conservación de los edificios (dentro de las solicitaciones en las que incurriría el edificio durante su vida útil); brindando así la seguridad y el tiempo necesario para minimizar pérdidas humanas y materiales en caso de sismo.

Dependiendo del parámetro usado, existen diferentes definiciones de ductilidad. Existen los siguientes tipos de ductilidad: de curvatura, de rotación, de desplazamiento y de deformación  $\mu_\epsilon > \mu_\phi > \mu_\theta > \mu_\delta$ .

Por ejemplo, para que los muros desarrollen ductilidad los extremos deben ser confinados siguiendo los siguientes criterios, esto según FEMA 306. Cabe resaltar que el objetivo del confinamiento es el de dar una capacidad de deformación al muro: ductilidad para disipar energía.

- Muros con  $c \leq 0.15 l_w$  y  $\rho_l \leq 400 / f_y$ : No es necesario confinamiento
- Muros con  $c \leq 0.15 l_w$  y  $\rho_l > 400 / f_y$ : Confinamiento es necesario
- Muros con  $c > 0.15 l_w$ : Confinamiento es necesario

Los muros que no cumplen con los criterios antes mencionados para desarrollo de ductilidad pero que tienen algún refuerzo en los extremos en la zona de la rótula plástica, espaciadas a no más de  $10d_b$  y con dimensiones  $c \leq 0.20 l_w$ , pueden ser considerados como de ductilidad limitada ( $2 \leq \mu \Delta \leq 5$ ); donde  $c$  es la distancia al eje neutro.

#### **1.1.2.5. Respuesta de las EMDL**

Para las edificaciones con muros de ductilidad limitada, la respuesta estructural puede darse en dos estados: corte elástico y corte inelástico.

- **Corte elástico**

El corte elástico se desarrolla cuando la demanda Sísmica es menor a la capacidad de corte en la sección, pero además esta capacidad es menor que el cortante inherente a la capacidad de flexión. En estos casos se podría presentar fallas por aplastamiento en la base de los muros, el deslizamiento en la base y por ende la rotura del acero de refuerzo. Sin embargo, el diseño de la edificación debe considerar márgenes de seguridad para cargas de gravedad y laterales, considerando que debido a la rigidez la estructura podría pasar a un estado frágil por la exigencia de disipación de la energía a través de los muros.

- **Corte Inelástico**

Es el corte súbito o frágil, que implicaría fallas por tracción en el alma o aplastamiento por corte del alma. En ambas situaciones, en las edificaciones con muros de ductilidad limitada los resultados por aplastamiento o falla frágil no deben presentarse para evitar la inoperabilidad de la estructura después del evento sísmico.

### 1.1.2.6. Materiales de las EMDL

En la Norma Técnica E060, en el acápite 21.10 se establece que las edificaciones con muros de ductilidad limitada deberán ser construidas con un concreto con una resistencia a la compresión mínima de 17 Mpa, o su equivalente  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ . En lo que concierne al acero de refuerzo, este material deberá ser dúctil, de grado 60 siguiendo las especificaciones ASTM A615 y ASTM A497.

### 1.1.2.7. Criterios para el confinamiento de MDL

Si se usa malla electrosoldada para el diseño deberá emplearse como esfuerzo de fluencia el valor máximo de  $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ .

- La profundidad del eje neutro "c", de los muros de ductilidad limitada deberá satisfacer la siguiente relación:

$$c < \frac{l_m}{600x \left( \frac{\Delta_m}{h_m} \right)}$$

Dónde:

$l_m$  = es la longitud del muro en el plano horizontal.

$h_m$  = es la altura total del muro

$\Delta_m$  = es el desplazamiento del nivel más alto del muro, correspondiente a  $h_m$  y de debe ser calculado de acuerdo al artículo 16.4 de la NTE E.030 diseño sismorresistente.

Para el cálculo de “c”, se deberá considerar el aporte de los muros perpendiculares (aletas) usando como longitud de la aleta contribuyente a cada lado del alma el menor valor entre 10 % de la altura total de muro y la mitad de la distancia al muro adyacente paralelo. Deberá usarse el mayor valor de “c”, que se obtenga de considerar compresión a cada lado del muro.

Cuando el valor de “c” no cumpla con lo indicado en el artículo 2.6, los extremos del muro deberán confinarse con estribos cerrados, para lo cual deberá incrementarse el espesor del muro a un mínimo de 0.15 m. los estribos de confinamiento deberán tener un diámetro mínimo de 8 mm. Y un espaciamiento máximo de 12 veces el diámetro de la barra vertical, pero no mayor a 0.20 m.

La fuerza cortante ultima de diseño ( $V_u$ ) debe ser mayor o igual que el cortante último proveniente del análisis ( $V_{ua}$ ) amplificado por el cociente entre el momento nominal asociado al acero colocado ( $M_n$ ) y el momento proveniente del análisis ( $M_{ua}$ ), es decir:

$$V_u \geq V_{ua} \left( \frac{M_n}{M_{ua}} \right)$$

Para el cálculo de  $M_n$  se debe considerar como esfuerzo de fluencia efectivo  $1.25 f_y$ .

En la mitad superior del edificio podrá usarse 1.5 como valor máximo del cociente ( $M_n / M_{ua}$ )

Lo recomendable en las edificaciones de MDL es tener muros de longitudes similares, de tal manera que no haya concentraciones de esfuerzos en algunos muros, en algunos casos se recomienda hacer juntas en muros largos ( $\geq 4.00\text{m}$ ) para tener longitudes similares.

Cuando se tienen edificios alargados, es conveniente hacer juntas de separación, las que también ayudan a disminuir los efectos de contracción y temperatura.

#### **1.1.2.8. Aspectos normativos para la EMDL**

Al igual que otras edificaciones en concreto reforzado, las edificaciones estructuradas con MDL deben de cumplir con los parámetros mínimos establecidos en la Norma Técnica E030 vigente para diseño sismo resistente. Con la finalidad de cumplir con la filosofía y criterios de la sismoresistencia que se determinan en el acápite 1.3, que busca evitar la pérdida de vidas humanas, asegurar la continuidad de los

servicios básicos y minimizar los daños de la propiedad. El peligro sísmico al que está expuesta una edificación tiene que ver con la zona donde se ubica la estructura, el suelo y sus características, el sistema estructural usado y el diseño arquitectónico que tiene que ver con aspectos de irregularidad y simetría de la edificación.

#### **a) Zona Sísmica**

La zona sísmica es una demarcación física y territorial para definir la aceleración sísmica que puede afectar a la edificación, considerando su cercanía a las fuentes sísmicas y probabilidades de eventos sísmicos a suceder.

El valor de medida es el factor  $Z$ , que se considera como una fracción de la aceleración de la gravedad "g", y se interpreta como la aceleración horizontal máxima en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en un periodo de 50 años.

Figura 5: Mapa Sísmico del Perú



Fuente: Norma Técnica Peruana E030

Estos factores, pueden variar si es que en la zona existen otros fenómenos que pudieran alterar o incrementar la aceleración sísmica, por lo que se establece que son requeridos estudios de microzonificación sísmica.

## b) Perfil de Suelo

Las condiciones geotécnicas del sitio o lugar donde se ha proyectado la edificación, se convierten en un elemento importante para definir la fuerza cortante que afectará a la estructura. En la **Tabla 2** se aprecia la tipificación normativa de la NTE E030.

**Tabla 2:** Tipo de Suelo y su clasificación

<b>Clasificación de Perfiles de Suelos</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Perfil</b>	<b>Vs</b>
Roca Dura	S <sub>0</sub>	> 1500 m/s
Roca o suelos muy rígidos	S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s
Suelos Intermedios	S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s
Suelos Blandos	S <sub>3</sub>	< 180 m/s
Condiciones excepcionales	S <sub>4</sub>	Según EMS

Fuente: Norma Técnica Peruana E030

En este aspecto se ha clasificado los diversos tipos de Suelo teniendo en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $\bar{V}_s$ ) y para suelo granulares se considera el promedio ponderado de los  $\bar{N}_{60}$  que se obtienen de la prueba de penetración estándar (E030).

Considerando esta clasificación de perfiles de suelo, es posible considerar un parámetro de amplificación que se

puede ver incrementada según la zona sísmica donde se ha realizado el estudio de mecánica de suelos.

### c) Parámetros de Sitio ( $S$ , $T_P$ y $T_L$ )

Son factores de amplificación utilizados para representar con mayor rigurosidad las condiciones locales, que se pueden apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 3:** Parámetro de amplificación por tipo de Suelo y Zona Sísmica

Factor de Suelo "S"				
Zona	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0.8	1	1.05	1.1
Z <sub>3</sub>	0.8	1	1.15	1.2
Z <sub>2</sub>	0.8	1	1.2	1.4
Z <sub>1</sub>	0.8	1	1.6	2

Fuente: Norma Técnica Peruana E030

Las propiedades y perfil de suelo, también está relacionado al periodo de la edificación, estableciéndose la siguiente tabla que define el periodo mínimo  $T_P(S)$  y máximo  $T_L(S)$  para determinar el coeficiente de amplificación sísmica. Estos valores se pueden apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 4:** Periodo del Suelo según su clasificación

Períodos				
	Perfil de Suelo			
	<b>S<sub>0</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>	<b>S<sub>2</sub></b>	<b>S<sub>3</sub></b>
<b><i>T<sub>P</sub></i> (S)</b>	0.3	0.4	0.6	1.0
<b><i>T<sub>L</sub></i> (S)</b>	3	2.5	2	1.6

**Fuente:** Norma Técnica Peruana E030

#### **d) Amplificación Sísmica (C)**

La norma E030 establece que de acuerdo a las características geotécnicas y de aceleración del sitio, se considera un factor de amplificación sísmica considerando el periodo fundamental ( $T$ ) de la edificación, por tanto es posible determinar el coeficiente sísmico al evaluar las inecuaciones siguientes:

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

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

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

Donde:

$T$ : Período Fundamental de la edificación

$T_P$  : Período en la meseta del espectro de respuesta

$T_L$  : Período en la zona de desplazamiento constante

### e) Uso de la edificación (*U*)

Mediante este parámetro se categoriza a la edificación de acuerdo al grado de importancia, para luego considerar un factor de amplificación que se puede estimar en la siguiente tabla:

**Tabla 5:** *Parámetro de amplificación por Uso de la Edificación*

<b>Factor de Importancia de la Edificación “U”</b>	
<b>Categorías</b>	<b>Factor</b>
Edificaciones Esenciales (A)	1.5
Edificaciones Importantes (B)	1.3
Edificaciones Comunes (C)	1.0
Edificaciones Temporales	A criterio

**Fuente:** Norma Técnica Peruana E030

Las edificaciones con MDL son edificaciones dedicadas a vivienda por tanto se catalogan como edificaciones comunes (C).

### f) Factor de Reducción Sísmica (*R<sub>o</sub>*)

Las edificaciones con MDL son edificaciones son estructuras de concreto reforzado, y debido a su característica principal de ductilidad limitada tienen un coeficiente de reducción menor, por ende, la estructura debe ser verificada con un 25% de la aceleración del espectro de respuesta.

Es necesario (Ver **Tabla 6**) señalar que este coeficiente será afectado por las características arquitectónicas de la edificación tanto en planta como en altura que permitan irregularidades por discontinuidad, esquinas entrantes, discontinuidad de diafragma y otros.

**Tabla 6:** Factor de Reducción Sísmica  $R_o$

<b>Reducción por Sistemas Estructurales “<math>R_o</math>”</b>	
<b>Sistemas de Concreto Armado</b>	<b>Coeficiente básico de Reducción</b>
Pórticos	8
Dual	7
De muros Estructurales	6
Muros de Ductilidad Limitada	4

**Fuente:** Norma Técnica Peruana E030

### **g) Factores de Irregularidad ( $I$ )**

Las estructuras se verán afectadas por aspectos de regularidad estructural y de configuración arquitectónica frente a un sismo, presentando esfuerzos mayores en las zonas donde se presenta discontinuidades y asimetrías que pueden ser controlables incrementando las dimensiones de los elementos estructurales. Por lo que según la norma E030 deben estas estructuras evaluarse con un mayor grado de seguridad, en ese sentido se aplican coeficientes que incrementan el porcentaje de aceleración del espectro de respuesta. Además, que la

norma restringe las irregularidades extremas en edificaciones comunes que se encuentren en zonas sísmicas 3 y 4.

Para cada una de las posibilidades de irregularidad en una estructura, la norma E030 establece el siguiente cuadro, con diferentes coeficientes que se aplicarán considerando las características de configuración de la estructura:

**Tabla 7:** Factores de Irregularidad que afectan a R

<b>Irregularidades estructurales en altura</b>	<b>Factor de irregularidad</b>
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	0.75
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	0.75
Irregularidad Extrema de Rigidez	0.5
Irregularidad Extrema de Resistencia	0.5
Irregularidad de Masa o Peso	0.9
Irregularidad Geométrica Vertical	0.9
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.8
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	0.6
<b>Irregularidades estructurales en planta</b>	<b>Factor de Irregularidad</b>
Irregularidad Torsional	0.75
Irregularidad Torsional extrema	0.6
Esquinas Entrantes	0.9
Discontinuidad del Diafragma	0.85
Sistemas no Paralelos	0.9

**Fuente:** Norma Técnica E030

El coeficiente de reducción “R” de las aceleraciones del espectro finalmente se obtendrá mediante el coeficiente básico de reducción sísmica  $R_0$  y su multiplicación por los factores de irregularidad en altura  $I_a$  y planta  $I_p$ .

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

Donde:

$R_0$  : Coeficiente básico de Reducción

$I_a$  : Irregularidad estructural en altura

$I_p$  : Irregularidad estructural en planta

#### **1.1.2.9. Analisis estructural de EMDL**

En el aspecto normativo se establece que las estructuras de concreto reforzado deben ser evaluadas mediante un análisis estático y dinámico de tipo modal espectral.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Analizar el comportamiento estructural de una edificación con Muros de Ductilidad Limitada en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Identificar los parámetros de zona, suelo y condiciones de diseño de la estructura con MDL en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco.
- Determinar las dimensiones de los elementos estructurales, cargas y combinaciones a utilizar en la edificación con el sistema de MDL propuesto en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco.
- Identificar la función de espectro a utilizar, así como el método de análisis adecuado a utilizar para una edificación con MDL en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco.
- Determinar las fuerzas cortantes, desplazamientos, derivas y periodo de la edificación con MDL de siete niveles en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco.

## **1.3. Hipótesis**

### **1.3.1. Hipótesis general**

Hi: El comportamiento estructural de una edificación con Muros de Ductilidad Limitada en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco es favorable, al presentar desplazamientos, derivas y fuerzas cortantes que están dentro de los parámetros establecidos frente a un análisis dinámico espectral; esto permite a la estructura mantenerse en un rango elástico de respuesta.

Ho: El comportamiento estructural de una edificación con Muros de Ductilidad Limitada en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco no es favorable, al presentar desplazamientos, derivas y fuerzas cortantes que no están dentro de los parámetros establecidos frente a un análisis dinámico espectral; esto no permite a la estructura mantenerse en un rango elástico de respuesta.

### **1.3.2. Hipótesis específicas**

- $H_{i1}$ : Los parámetros de zona, suelo y condiciones de diseño de la estructura con MDL en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco, son adecuados para construir una edificación con MDL.
- $H_{o1}$ : Los parámetros de zona, suelo y condiciones de diseño de la estructura con MDL en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco, no son adecuados para construir una edificación con MDL.
- $H_{i2}$ : Si determinamos que las dimensiones de los elementos estructurales son de 10 cm para muros, 10 cm para losas macizas y 20 cm para losas en zona de baños, y además que, las cargas y combinaciones de cargas utilizadas, son cargas estructurales impuestas por la norma, entonces, aseguramos que la estructura con MDL en el distrito de Pillco Marca – Huánuco tenga un desempeño estructural adecuado.

- Ho<sub>2</sub>: Si determinamos que las dimensiones de los elementos estructurales son de 10 cm para muros, 10 cm para losas macizas y 20 cm para losas en zona de baños, y además que, las cargas y combinaciones de carga utilizadas, son cargas estructurales impuestas por la norma, entonces, no aseguramos que la estructura con MDL en el distrito de Pillco Marca – Huánuco tenga un desempeño estructural adecuado.
- Hi<sub>3</sub>: La función de espectro utilizado corresponde al ZUCS/R, así como el método de análisis adecuado es el análisis modal espectral, así mismo, debe considerarse que se debe discretizar por elementos finitos la edificación proyectada con MDL en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco.
- Ho<sub>3</sub>: La función de espectro utilizado no corresponde al ZUCS/R, así como el método de análisis adecuado no es el análisis modal espectral, así mismo, no debe considerarse que se debe discretizar por elementos finitos la edificación proyectada con MDL en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco.
- Hi<sub>4</sub>: Si determinamos que las fuerzas cortantes, desplazamientos y derivas se encuentran dentro de los parámetros

establecidos en la normativa peruana, entonces aseguramos un óptimo comportamiento estructural en una edificación con MDL de siete niveles en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco.

- $H_{04}$ : Si determinamos que las fuerzas cortantes, desplazamientos y derivas no se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa peruana, entonces no aseguramos un óptimo comportamiento estructural en una edificación con MDL de siete niveles en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco.

#### **1.4. Variables**

##### **1.4.1. Variable independiente: Edificación con muros de ductilidad limitada**

Sistema de unidades de vivienda superpuestas por niveles en forma vertical que albergan un número determinado de familias, con parte de servicios y bienes compartidos.

Propiedades:

- Sistema constructivo.
- Espesor de muro.
- Altura.
- Geometría en Planta (Factor de irregularidad en planta).
- Geometría en Altura (Factor de irregularidad en altura).

#### **1.4.2. Variable dependiente: Comportamiento estructural de la edificación**

Atributo relacionado a los parámetros que involucran estabilidad, desplazamientos y ductilidad global de la estructura en respuesta frente a un análisis por cargas estáticas y dinámicas.

Indicadores:

- Deriva.
- Periodo.
- Desplazamiento.
- Fuerza cortante

#### **1.4.3. Variable interviniente:**

##### **Parámetros normativos**

Coeficientes de amplificación y normativos establecidos que permiten obtener un espectro de aceleraciones sísmicas, la estructura debe ser sometida a este espectro y evaluar el comportamiento. Las aceleraciones obtenidas variaran de acuerdo a la zona de peligro sísmico donde su ubica la estructura, el coeficiente por las características del suelo, el uso que se le proporcionará a la edificación y el sistema estructural que define el grado de ductilidad.

Propiedades:

- Factor de Uso

- Factor de Zona
- Factor de Suelo
- Coeficiente de reducción

### 1.5. Definición operacional de variables

La definición operacional de variables permite descomponer deductivamente las variables que componen el problema de investigación, dividiéndolas en dimensiones e indicadores. Por lo tanto, se ha establecido los siguientes cuadros:

*Tabla 8: Cuadros de Variables de estudio.*

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	HERRAMIENTA
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN	Atributo relacionado a los parámetros que involucran estabilidad, desplazamientos y ductilidad global de la estructura en respuesta frente a un análisis por cargas estáticas y dinámicas.	Deriva	Índice adimensional
		Periodo	Periodo Fundamental de la estructura
		Desplazamiento	Desplazamientos centro de masa
		Fuerzas Cortantes	Ecuación de fuerza cortante Basal estática y dinámica

**Fuente:** Elaboración Propia

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	HERRAMIENTA
EDIFICACION CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	Sistema de unidades de vivienda superpuestas por niveles en forma vertical que albergan un número determinado de familias, con parte de servicios y bienes compartidos	Sistema Constructivo	Criterio constructivo
		Espesor de Muro	Comprobación por Resistencia Axial de diseño $\phi P_n$
		Altura	Niveles de la edificación
		Geometría	Factor de Irregularidad en planta y altura

Fuente: Elaboración Propia

VARIABLE INTERV.	DIMENSIONES	INDICADORES	HERRAMIENTA
PARÁMETROS NORMATIVOS	Coeficientes establecidos que permiten obtener un espectro de aceleraciones sísmicas y evaluar el comportamiento de una estructura.	Factor de uso	Importancia
		Factor de Zona	Parámetros de Sitio
		Factor de Suelo	Parámetros de Suelo
		Coeficiente de Reducción	Reducción por sistema estructural y ductilidad

Fuente: Elaboración Propia

## 1.6. Población

La población está compuesta por las Edificaciones de Departamentos de Vivienda, construidas bajo un sistema de Muros de Ductilidad Limitada en el Distrito de Pillco Marca, Huánuco.

### **1.7. Muestra**

Para el estudio se determinó como muestra una edificación de siete niveles la cual fue sometida a un análisis estático y dinámico, esta edificación fue diseñada considerando el sistema de Muros de Ductilidad Limitada. El tipo de muestra es No probabilística, de tipo dirigida en vista que se ha sido seleccionada considerando las facilidades para obtener la información correspondiente a los parámetros geotécnicos, estructurales y arquitectónicos.

### **1.8. Ubicación del proyecto**

La edificación de MDL se ubica en el Distrito de Pillco Marca, Urbanización Hermilio Valdizán, calle Augusto Figueroa cuadra 2 - S/N, actualmente no hay edificación existente (terreno vacío), es una zona donde la demanda de vivienda se ha incrementado en el último quinquenio.

**Figura 6:** *Ubicación de la Edificación con Sistema estructural de MDL*



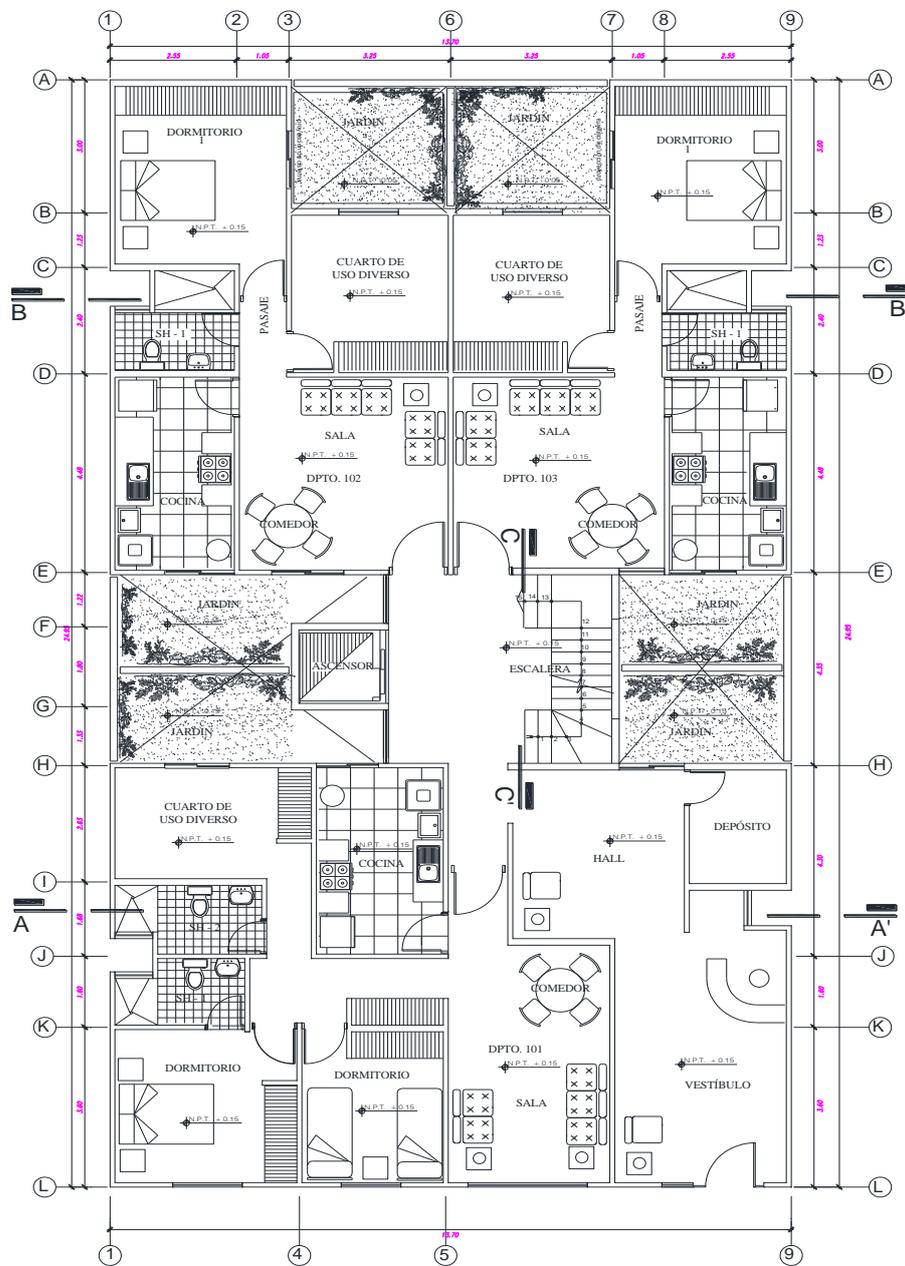
Fuente: Elaboración Propia con Google Earth

### **1.9. Planteamiento arquitectónico del proyecto**

El terreno de la edificación determinada es de 13,70 m. de frente, por 25.00 m. de fondo, haciendo un área total de 342.50 m<sup>2</sup>. La edificación, que es irregular, cuenta con un área techada de 286.22 m<sup>2</sup> por piso, haciendo un total de 2003.54 m<sup>2</sup> de área techada en los siete niveles.

La estructura es de siete niveles, cuenta con cuatro departamentos por nivel y además cuenta con un ascensor que es obligatorio según el RNE, además de tener accesos secundarios verticales mediante las escaleras.

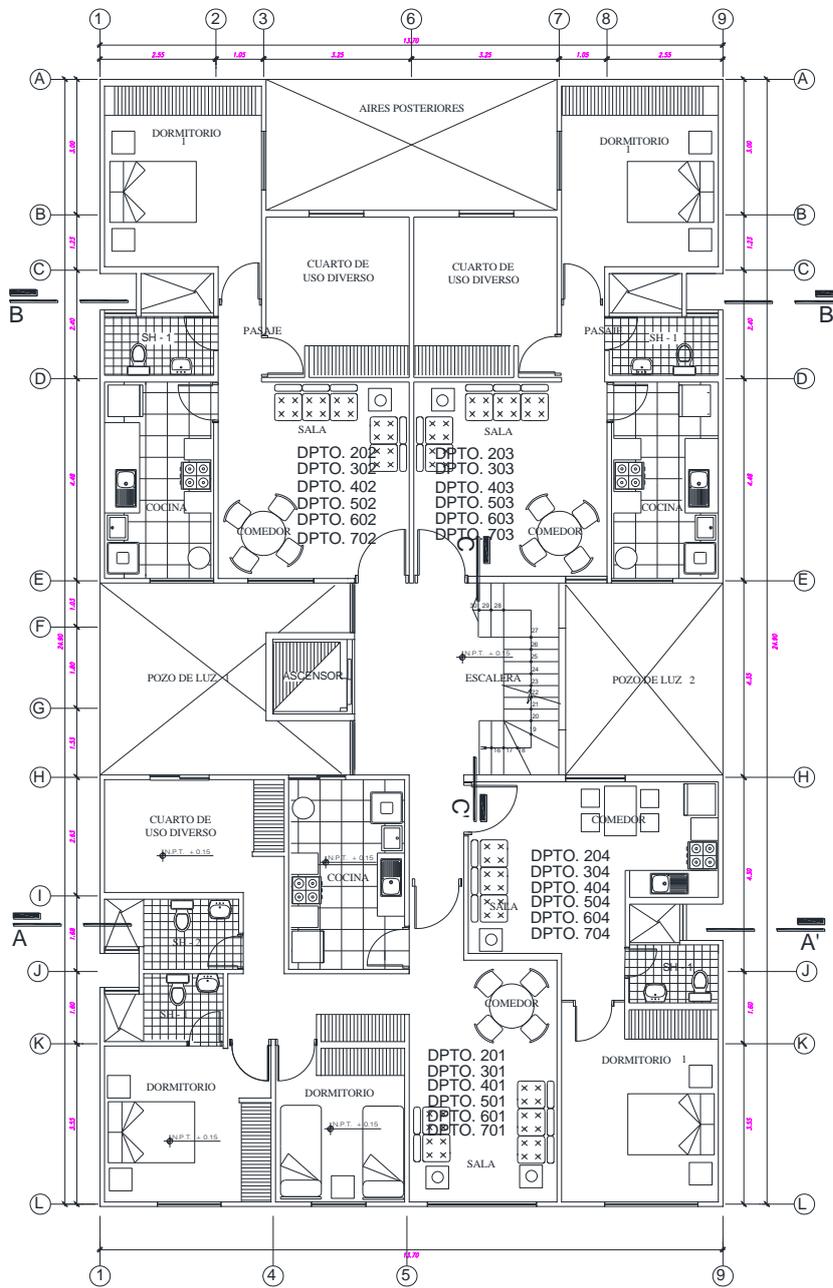
Figura 7: Configuración Arquitectónica de la Estructura - Primer Nivel



PLANTA 1er PISO  
Esc: 1/50

Fuente: Elaboración Propia

Figura 8: Planta Típica - Segundo a Séptimo Nivel



PLANTA 2do al 7mo PISO  
Esc: 1/50

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 9: Corte Arquitectónico de la Edificación**



CORTE A-A'  
Esc: 1/75

**Fuente:** Elaboración Propia

### **1.9.1. Sistema estructural del proyecto**

El sistema estructural empleado en la edificación, tal como se mencionó líneas arriba es el Sistema de Muros de Ductilidad Limitada (MDL), que se encuentra estipulada en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) de Perú y en cuyas normas se hacen mención: NTP E.060 – 2009 Concreto Armado, NTP E.030 – 2006 Diseño Sismoresistente y en el DECRETO SUPREMO N° 003-2016-VIVIENDA, QUE MODIFICA LA NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, APROBADA POR DECRETO SUPREMO N° 011-2006-VIVIENDA, MODIFICADA CON DECRETO SUPREMO N° 002-2014-VIVIENDA (E.030 – 2016 Diseño Sismo resistente vigente), donde se establece que las EMDL son edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa y que además, con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Nivel y tipo de investigación

Este trabajo de investigación es de tipo APLICADA, puesto que el objetivo planteado es desarrollar un análisis que permita identificar el comportamiento estructural de un edificio multifamiliar de siete niveles construido en base a Muros de Ductilidad Limitada con los resultados obtenidos de la evaluación del análisis sísmico estático y dinámico en la edificación multifamiliar tomado como muestra. Esto servirá para verificar el posible uso del sistema en futuras edificaciones orientadas a la construcción de viviendas seguras y económicas. Respecto al nivel, el alcance será descriptivo y explicativo con un esquema no experimental.

#### 2.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación utilizó un esquema No experimental, considerando que el análisis a realizar es teórico, bajo el siguiente esquema.

EM → SMDL → AE → RC

Dónde:

EM = Edificación de siete niveles

SMDL = Sistema Constructivo con Muros de Ductilidad Limitada

AE = Análisis Estructural considerando los parámetros

RC = Resultados y Conclusiones

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

Se utilizó los siguientes:

a) Observación:

Mediante el cual se verificó las condiciones directas de la zona de estudio y parámetros de suelo (Según Normativa E.030-2016), además de otros factores de menor importancia como condiciones geológicas como nivel freático, condiciones climáticas como vientos, etc. que pudieran afectar a la estructura propuesta.

b) Estudio Geotécnico

Permitió determinar las características del suelo, como capacidad de carga y propiedades físico – mecánicas: cohesión permeabilidad, módulo de corte, etc., para establecer las condiciones de Suelo requeridas por el Análisis Estático y Dinámico.

c) Análisis Bibliográfico y Normativo.

Técnica que permitió entrar en contacto con el aspecto normativo para la zona de estudio (Zonificación sísmica según E.030-2016), estas estrategias de análisis bibliográfico y normativo constituyen un importante medio de investigación y posterior diseño.

## 2.4. Procesamiento y presentación de datos

Para lograr los objetivos propuestos, se realizaron los siguientes pasos:

### a) Recolección Bibliográfica y Normativa:

En este proceso se va a verificar la bibliografía y normativa vigente respecto al tema:

#### Bibliografía

- Información, apuntes y tesis sobre EMDL.
- Revistas especializadas.
- Conferencias y artículos web.
- Otros.

#### Normativa

- Reglamento Nacional de Edificaciones y sus actualizaciones.
- Normas Técnicas Peruanas E020, E030-2016, E060-2009.
- Otros.

Dentro del proceso de desarrollo del proyecto y fase de análisis se considera lo siguiente.

### b) Pre diseño:

En este paso se definió la estructura teniendo en cuenta el diseño mediante Muros de Ductilidad Limitada, teniendo en cuenta los parámetros establecidos para el pre dimensionamiento de la estructura

y el sistema constructivo, además de las cargas y combinaciones a usarse en el análisis de la estructura.

### **c) Análisis:**

En esta etapa se consideró el análisis estático y dinámico modal espectral a la estructura con MDL establecido en la norma. Para realizar la evaluación de la estructura, se realizó un análisis no lineal, con la ayuda del software ETABS, desarrollando previamente un Modelamiento matemático, con los parámetros estructurales establecidos.

### **d) Discusión de Resultados**

En esta etapa se realizó el contraste de la hipótesis planteada, verificando la certeza o falsedad de la afirmación realizada inicialmente.

## **2.5. Parámetros para el Análisis Dinámico**

Puesto que la edificación considerada como la muestra para el análisis es regular en altura, de acuerdo al numeral 3.5 de la norma E.030 los factores de irregularidad  $I_a$  es igual a 1, mientras que en la planta presenta una discontinuidad de diafragma por lo que se considera un factor  $I_p$  es igual a 0.85, por lo que el coeficiente de Reducción Sísmica “R” en el caso de estructuras muros de ductilidad limitada tiene un valor de 3.4.

Por tanto, los valores de los parámetros se resumen de la siguiente manera:

$$Z_{DE} = 0.25$$

$$U = 1.0$$

$$S = 1.15$$

$$R \text{ (EMDL)} = 4.0$$

$$R_p \text{ Irregularidad en Planta} = 0.85$$

### 2.5.1. Espectro de Respuesta

Para el análisis de una EMDL, se establece en la normativa que se requiere de la realización de un análisis dinámico que represente el comportamiento de una estructura frente acciones dinámicas externas, que produzcan fuerzas de inercia y con variación en el tiempo y entre las cuales se encuentran los sismos. Cabe precisar que el RNE permite el uso de EMDL siempre que se cumpla con los requerimientos de mínima fuerza cortante en la base y deriva de entrepiso máxima permisible dispuestos en la norma E.030 de Diseño Sismorresistente.

Mediante éste análisis se puede evaluar la estructura de acuerdo a los efectos que las cargas producen sobre ella, siendo la relación entre acciones y respuestas un modelo matemático definido en un espectro de respuesta y que depende de los parámetros ya determinados.

Lo que se busca con éste análisis es la interacción entre la rigidez y la masa de la estructura, la generación de modos de

vibración libre de la edificación y la ejecución de periodos inelásticos definidos. Mediante éste análisis se evalúa la estructura, además de las fuerzas estáticas inherentes, se le incorpora un espectro de respuesta que sugiere la aplicación de la acción sísmica y del cual se obtienen parámetros como el desplazamiento lateral.

De acuerdo al numeral 4.6.2 de la norma E.030 se utilizará un espectro inelástico de pseudoaceleraciones definido por la expresión siguiente:

$$\frac{S_a}{g} = \frac{Z * U * C * S}{R}$$

Dónde:

$S_a$  : Espectro de pseudoaceleraciones.

$g$  : Aceleración de la gravedad.

$Z$  : Coeficiente de Zona Sísmica.

$U$  : Factor de Uso de la Edificación.

$S$  : Factor de Tipo de Suelo.

$R$  : Coeficiente de Reducción Sísmica, evaluado previamente por los factores de irregularidad y sistema constructivo.

$T_p$  : Periodo de Plataforma del espectro.

C : Factor de amplificación Sísmica, el cual depende de la estructura en función del período fundamental de vibración T. Para la elaboración del espectro se tabularon los valores T – C para así conseguir el espectro de diseño, utilizando la relación siguiente:

$$C = 2,5 * \frac{T_P}{T}$$

Con los parámetros mencionados se elaboró el espectro de respuesta inelástico mostrado en la **Figura 10**, donde se muestran los valores desde el T=0 hasta el T=3.

Con estos valores se ha determinado la curva Periodo vs. Pseudoaceleración, que se puede apreciar en el siguiente gráfico.

**Figura 10:** Espectro de Pseudo Aceleraciones para Z2

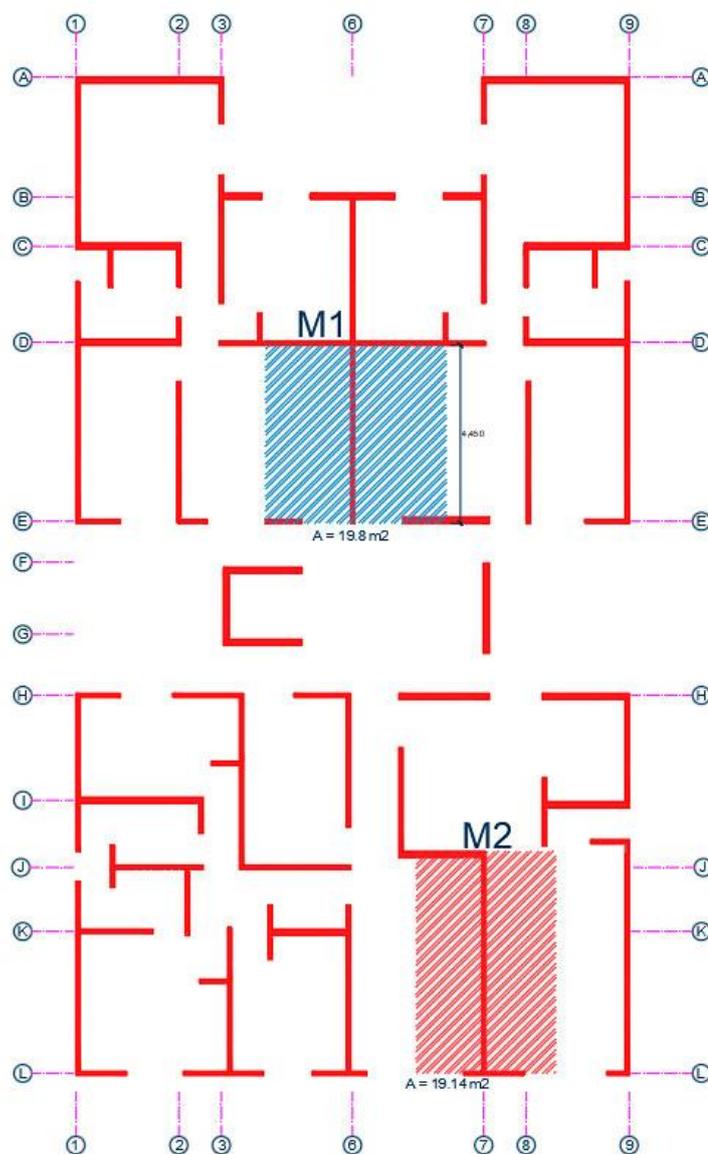


Fuente: Elaboración propia

## 2.6. Predimensionamiento de elementos Estructurales

La estructura y el diseño arquitectónico definen dos bloques de departamentos, divididos por los elementos de circulación horizontal: escaleras, ascensor y pozos de luz.

**Figura 11:** Áreas de Servicios y Cargas por Gravedad en M1 y M2



**Fuente:** Elaboración propia

En la propuesta se ha podido determinar que los muros M1 y M2 tienen las cargas axiales más desfavorables, por la mayor área de servicio que tienen que soportar, muros que fueron pre dimensionados considerando el mínimo espesor definido en la norma y considerando la relación de “esbeltez y espesor de muro”.

Luego considerando la longitud de los muros seleccionados, se procedió a realizar su comprobación por la ecuación  $\phi P_n$  de mínima resistencia axial de diseño.

### 2.6.1. Predimensionamiento de muros

Para estimar un espesor mínimo de muro, se debe considerar la relación de esbeltez y espesor del muro, que además se encuentra normado, siendo:

$$e > \frac{1}{25}h$$

Donde:

$e$  = Espesor del muro

$h$  = 2.40 m Altura del muro portante

$$e > \frac{1}{25}(2.4 \text{ m})$$

$$e > 0.096 \text{ m}$$

Por lo que el muro deberá tener un espesor mínimo de 10 cm. Además, se debe considerar que el MDL debe tener una resistencia

a la compresión mayor que el total de cargas amplificadas, obtenidos del peso propio de la estructura y de las cargas vivas.

### 2.6.2. Comprobación de muro M1

Para determinar la resistencia axial de diseño  $\phi P_n$  del Muro M1, que se puede apreciar en la siguiente figura: Para determinar la resistencia axial de diseño  $\phi P_n$  del Muro M1.

$$\phi P_n = 0.55 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot A_g \cdot \left[ 1 - \left( \frac{kl_c}{32h} \right)^2 \right]$$

Donde:

$$\phi = 0.7$$

$k = 0.8$  para muros restringidos contra la rotación en uno o dos lados, según E060.

$$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$l_c : 240 \text{ cm}$$

$A_g : (445 \text{ cm} \times 10 \text{ cm})$  Área bruta de la sección del muro

$$h : 10 \text{ cm (Espesor del muro)}$$

Por tanto, se tiene que:

$$\phi P_n = 0.55 \cdot (0.7)(210 \text{ k/cm}^2)(445 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}) \left[ 1 - \left( \frac{0.8(240 \text{ cm})}{32(10 \text{ cm})} \right)^2 \right]$$

$$\phi P_n = 230,260.8 \text{ Kg} = 230.3 \text{ Tn}$$

Analizando la estructura para determinar las cargas axiales amplificadas, se ha considerado el muro M1 con mayor carga y en la mayor desventaja posible.

- Determinando el peso Estructural del Muro M1, considerando que tiene siete niveles:

$$\text{Altura del Muro} = 2.4 \text{ m} \times 7 \text{ niveles} = 18.20 \text{ m}.$$

$$W_m = (4.45 \text{ m} \times 0.1 \text{ m})(18.20 \text{ m})(2.4 \text{ Tn/m}^3)$$

$$W_m = 19.44 \text{ Tn}$$

- Determinando la altura de losa mediante:

$$h \geq \frac{P}{180}$$

$$h \geq \frac{1790}{180} = 9.94 \text{ cm}$$

Por tanto, se considera losas de 10 cm de espesor.

- Determinando el Área tributaria más desfavorable para  $A=19.8$   $\text{m}^2$  para el muro M1. Por tanto, el peso de las losas está dado por:

$$W_L = (0.1 \text{ m})(19.80 \text{ m}^2)(2.4 \text{ Tn/m}^3)(7 \text{ niveles})$$

$$W_L = 33.26 \text{ tn}$$

- Determinando las cargas vivas, para edificaciones comunes se tiene 0.20  $\text{tn/m}^2$  en pisos típicos y en azotea 0.10  $\text{tn/m}^2$ .

$$W_V = (0.2 \text{ tn})(19.80 \text{ m}^2)(6 \text{ niveles}) + (0.1 \text{ tn})(19.80 \text{ m}^2)(1 \text{ nivel})$$

$$W_V = 25.74 \text{ tn}$$

- Amplificando las cargas, según norma E060, acápite 9.2.2 que especifica que la resistencia requerida debe ser como mínimo:

$$W_T = 1.4 D + 1.7 L$$

$$W_T = 1.4 (19.44tn + 33.26 tn) + 1.7(25.74 tn)$$

$$W_T = 117.54 tn$$

- De donde se establece que la resistencia requerida  $W_T$  es menor a la resistencia axial de diseño  $\phi Pn$

$$W_T < \phi Pn$$

### 2.6.3. Comprobación de muro M2

Para determinar la resistencia axial de diseño  $\phi Pn$  del Muro M2, se utilizó la ecuación, de mínima resistencia axial de diseño:

$$\phi Pn = 0.55 \cdot \phi \cdot f'c \cdot Ag \cdot \left[ 1 - \left( \frac{kl_c}{32h} \right)^2 \right]$$

Donde:

$$\phi = 0.7$$

$k = 0.8$  para muros restringidos contra la rotación en uno o dos lados, según E060.

$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$l_c : 240 \text{ cm}$$

$Ag$  : (535cm x 10cm) Área bruta de la sección del muro

$$h : 10 \text{ cm (Espesor del muro)}$$

Por tanto, se tiene que:

$$\phi P_n = 0.55 \cdot (0.7)(210 \text{ k/cm}^2)(535 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}) \left[ 1 - \left( \frac{0.8(240 \text{ cm})}{32(10 \text{ cm})} \right)^2 \right]$$

$$\phi P_n = 276,830 \text{ Kg} = 276.8 \text{ Tn}$$

Analizando la estructura para determinar las cargas axiales amplificadas, se ha considerado el muro M2 con la carga normada y en la mayor desventaja posible.

- Determinando el peso Estructural del Muro M2, considerando que tiene siete niveles:

$$\text{Altura del Muro} = 2.4 \text{ m} \times 7 \text{ niveles} = 18.20 \text{ m.}$$

$$W_m = (5.35 \text{ m} \times 0.1 \text{ m})(18.20 \text{ m})(2.4 \text{ Tn/m}^3)$$

$$W_m = 23.37 \text{ Tn}$$

- La altura de losa se definió anteriormente como:

$$h \geq \frac{P}{180}$$

$$h \geq \frac{1810}{180} = 10.01 \text{ cm}$$

Por tanto, se considera losas de 10 cm de espesor.

- Determinando el Área tributaria más desfavorable para  $A=19.14 \text{ m}^2$  para el muro M2. Por tanto, el peso de las losas está dado por:

$$W_L = (0.1 \text{ m})(19.14 \text{ m}^2)(2.4 \text{ Tn/m}^3)(7 \text{ niveles})$$

$$W_L = 33.16 \text{ tn}$$

- Determinando las cargas vivas, para edificaciones comunes se tiene  $0.20 \text{ tn/m}^2$  en pisos típicos y en azotea  $0.10 \text{ tn/m}^2$ .

$$W_V = (0.2 \text{ tn})(19.14\text{m}^2)(6\text{niveles}) + (0.1 \text{ tn})(19.14\text{m}^2)(1\text{nivel})$$

$$W_V = 24.88 \text{ tn}$$

- Amplificando las cargas, según norma E060, acápite 9.2.2 que especifica que la resistencia requerida debe ser como mínimo:

$$W_T = 1.4 D + 1.7 L$$

$$W_T = 1.4 (23.37\text{tn} + 33.16 \text{ tn}) + 1.7(24.88 \text{ tn})$$

$$W_T = 121.54 \text{ tn}$$

- De donde se establece que la resistencia requerida  $W_T$  es menor a la resistencia axial de diseño  $\phi P_n$

$$W_T < \phi P_n$$

## 2.7. Parámetros de modelamiento matemático

Los Parámetros y elementos estructurales para el Modelamiento fueron los siguientes:

### 2.7.1. Parámetros normativos

La edificación se ha proyectado en el distrito de Pillco Marca – Huánuco, que dentro de la Norma E030 se encuentra dentro de la zonificación en zona 2. El Área del terreno para la Edificación es 342.50 m<sup>2</sup> (treientos cuarentidos punto cincuenta metros cuadrados).

Dimensiones en Planta: La longitud menor de la edificación cuenta con 13.70 metros, mientras que la longitud mayor es de 25.00 metros.

- Área Techada: 2003.54 m<sup>2</sup> con plantas típicas de cuatro departamentos por nivel, se tiene siete niveles.
- Altura de la Edificación: Se tiene una altura en metros designada como valor  $h_n = 17.50$  m como se puede apreciar en la **Tabla 9**, sin considerar la cisterna que se encuentra en el último nivel.

**Tabla 9:** Niveles y altura de la Edificación

Alturas de la Edificación de MDL	Altura (m)	Altura acumulada (M)
Altura Libre	2.4	
Altura de losa Maciza (Habitaciones)	0.1	2.5
Altura de todos los niveles		
Nivel 1	2.5	2.5
Nivel 2	2.5	5
Nivel 3	2.5	7.5
Nivel 4	2.5	10
Nivel 5	2.5	12.5
Nivel 6	2.5	15
Nivel 7	2.5	17.5
Altura Total de la Edificación		17.5

**Fuente:** Elaboración propia

- Zona Sísmica: Geográficamente, el proyecto se ubica dentro de la Zona 2, con factor  $Z=0.25$
- Uso de la Edificación: El proyecto es una edificación de Vivienda Multifamiliar, con factor  $U=1.00$
- Tipo de Suelo: El suelo se ha definido como Intermedio, con un factor  $S=1.20$

- Factor de Amplificación Sísmica: Es el coeficiente de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo. Con factor  $C=2.5$
- Periodo que define la plataforma del coeficiente “C”: Con el valor de factor  $T_p=0.6$
- Periodo que define el inicio de la zona del coeficiente “C”: Con el valor de factor  $T_L=2.0$
- Regularidad de la Estructura: El edificio no presenta formas angulosas caprichosas, siendo simétrico en densidad de muros, tanto en planta como en elevación, sin embargo, presenta discontinuidad de diafragma.
- Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas: Obtenido del producto de la expresión, (Los valores se obtienen de la norma E.030 del RNE):

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

Dónde:

$R_0$ : Coeficiente normativo de reducción del espectro de pseudoaceleración para el sistema estructural de MDL, establecido en la norma con un valor de “4”.

$I_a$  : Factor de Irregularidad en altura. De acuerdo a lo indicado en la sección 3.5 de la norma E.030, por tratarse de una

estructura regular en altura, se considera el factor con valor igual a uno.

$I_p$ : Factor de Irregularidad en planta. De acuerdo a lo indicado en la sección 3.5 de la norma E.030, por tratarse de una estructura con vacíos en el diafragma rígido, se considera el factor con valor igual a 0.85. Todos los parámetros anteriormente mencionados se resumen en la **Tabla 10**.

**Tabla 10:** Cuadro Resumen de los Parámetros Normativos

Parámetro	Coficiente	Valor
Zona Sísmica	Z	0.25
Uso de Edificación	U	1
Tipo de Suelo	S	1.2
Amplificación Sísmica	C	2.5
Periodo de Plataforma	$T_p$	0.6
Periodo de Inicio de la zona	$T_L$	2.0
Coficiente Reducción sísmica EDML	$R_0$	4
Irregularidad en altura	$I_a$	1
Irregularidad en planta	$I_p$	0.85
Coficiente Reducción sísmica EDML	R	4
Altura Edificación (m)	$h_n$	17.5

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.7.2. Elementos Estructurales

Los elementos estructurales para la EMDL son las losas macizas y los muros de ductilidad limitada y los muros de corte del ascensor, componentes estructurales resistentes frente a las cargas de sismo y las cargas estáticas, dichos elementos son de concreto reforzado con acero estructural en el caso de las losas macizas y placas de ascensor. Mientras que los muros de ductilidad limitada son reforzados con malla electrosoldada.

**Tabla 11:** Elementos de concreto armado empleados en el modelamiento

Elementos de Concreto Armado	Espesor (e)
Muros de Ductilidad Limitada	0.1
Muros del ascensor	0.2
Losa Maciza (Habitaciones)	0.1
Losa Maciza (Zona de Servicios)	0.2
Losa Maciza (Zona de Circulación)	0.2
Escaleras (garganta)	0.17

Fuente: Elaboración propia

Concreto Armado: En el presente proyecto se ha empleado concreto armado para la estructura con las características siguientes:

- Resistencia a la Compresión :  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad del Concreto :  $E_c= 218819 \text{ kg/cm}^2$
- Coeficiente de Poisson :  $\mu= 0.20$
- Peso específico del Concreto Armado:  $\gamma_{CA}=2400 \text{ kg/cm}^3$

Cargas estáticas: Se consideran las cargas establecidas en la norma E.020 del RNE en su sección 6.1 y Anexo 1 de dicha norma. En el presente proyecto se emplearon aquellas descritas en Tabla N°12.

**Tabla 12:** Cargas estructurales y Sobrecargas

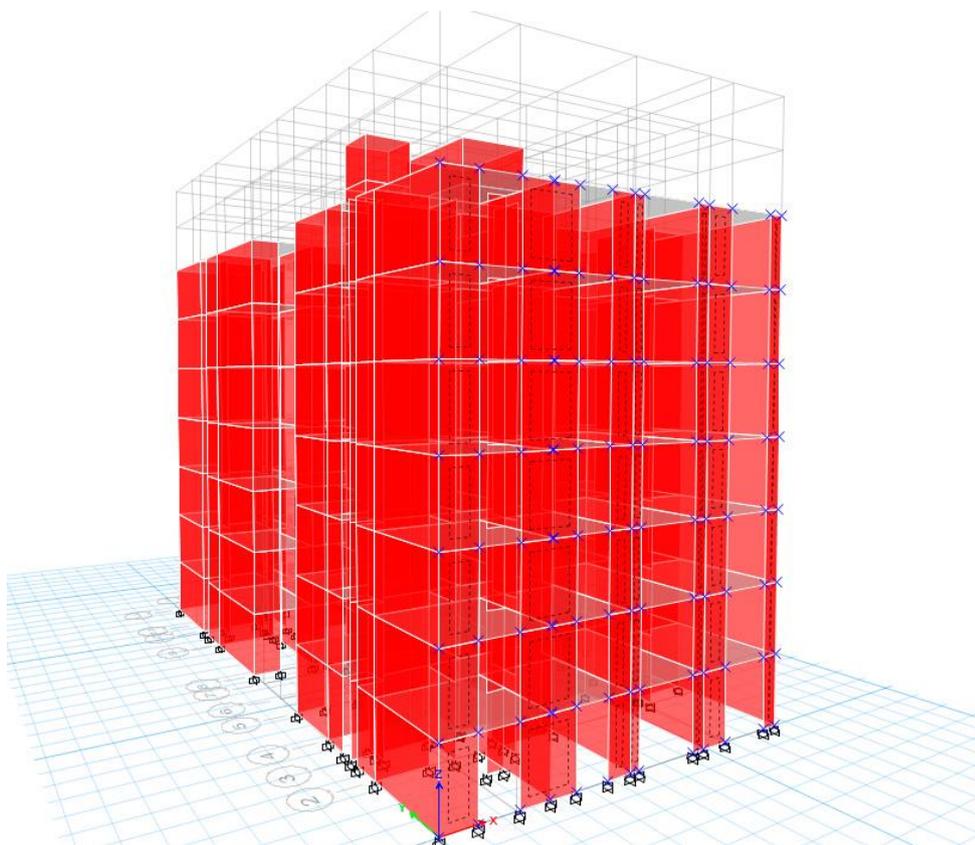
Cargas	Peso.
Elementos de Concreto Armado	2400 kg/m <sup>3</sup>
Acabados	100 kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga en (Azotea)	100 kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga en los departamentos	200 kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga Cisterna	1000 kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

## 2.8. Modelado de la edificación

Para el modelamiento de la edificación se hizo uso del software ETABS 2016 Versión 16.2.0. Se ha considerado la definición de materiales, espesor de elementos estructurales, definición de diafragmas rígidos y el análisis por elementos finitos.

**Figura 12:** *Modelo Matemático de la Edificación con MDL*



Fuente: Elaboración propia con Software ETABS

### **2.8.1. Definición de materiales en el software**

La norma E060 establece los criterios para el diseño de EMDL, estableciendo que estos deben ser construidos con una resistencia del concreto equivalente a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Por ende, en el software se ha considerado esta resistencia del concreto para todos los elementos estructurales.

**Figura 13:** Ingreso de propiedades en el software de modelamiento

**Fuente:** Elaboración propia

La resistencia considerada condicionó el Módulo de Elasticidad que está determinado mediante la siguiente Ecuación:

$$E_o = 15100 \sqrt{f'c}$$

Cabe señalar que el software solicita el ingreso del Modulo de Elasticidad en unidades de kg/mm2, que al haber sido convertidos:

$$E_o = 15100 \sqrt{0.021 \frac{Kg}{mm2}}$$

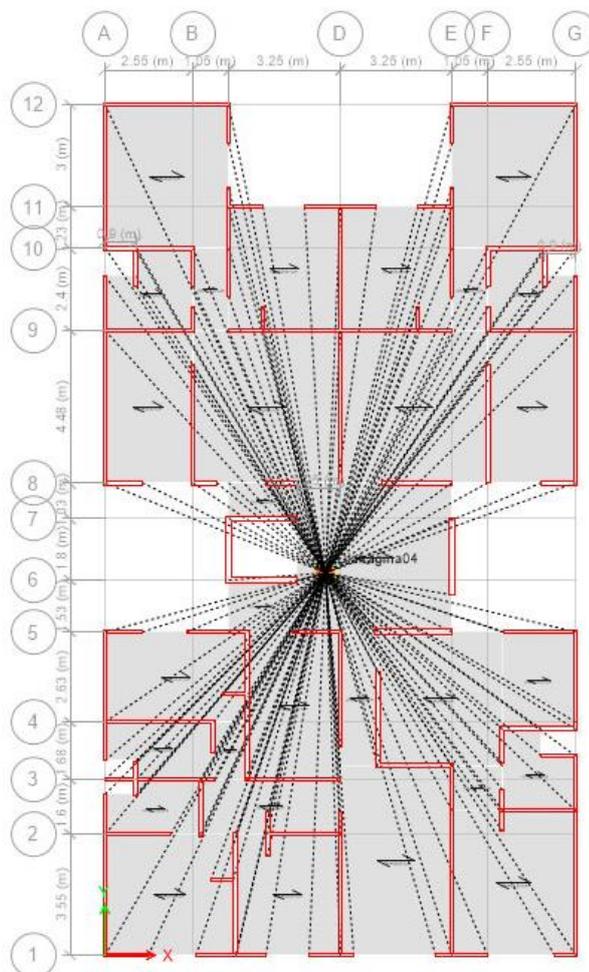
$$E_o = 2188.19 \text{ kg/mm}^2$$

En la figura siguiente se puede apreciar el ingreso de las propiedades para definir el material constructivo.

### **2.8.2. Diafragma rígido**

En el diseño de una estructura con Muros de Ductilidad Limitada se considera que las losas de cada nivel son elementos con rigidez infinita en la dirección horizontal, por lo tanto, se considera para el análisis que las losas en dirección horizontal tienen desplazamientos uniformes. Se garantiza que la losa de cada nivel se debe comportar como diafragma rígido al proponer una losa maciza, de tal manera que, en el comportamiento dinámico de la edificación en un sismo, no presente fallas frágiles. En el modelo se ha considerado siete diafragmas rígidos correspondientes a cada nivel, aspecto que permitió determinar las derivas por nivel.

**Figura 14:** Diafragma rígido en cada nivel



**Fuente:** Elaboración propia con ETABS

### 2.8.3. Casos modales

Para el análisis estructural en vista que por cada nivel se tiene casos modales por cada nivel, se ha considera 21 casos modales para el análisis, de esta manera se obtiene una participación de más del 90% de participación modal de la masa de la estructura.

Figura 15: Casos Modales de análisis

Modal Case Data

**General**

Modal Case Name: CASOS MODALES (EMDL) [Design...]

Modal Case Sub Type: Eigen [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: MsSrc1

**P-Delta/Nonlinear Stiffness**

Use Preset P-Delta Settings: None [Modify/Show...]

Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)

Nonlinear Case: [ ]

**Loads Applied**

Advanced Load Data Does NOT Exist  Advanced

**Other Parameters**

Maximum Number of Modes: 21

Minimum Number of Modes: 1

Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec

Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec

Convergence Tolerance: 1E-09

Allow Auto Frequency Shifting

OK Cancel

**Fuente:** Elaboración propia

La respuesta hallada para cada modo de vibración es combinada por combinación cuadrática completa (CQC), que es la opción elegida en el software de análisis estructural.

#### **2.8.4. Otras consideraciones para el análisis**

Empotramiento: Se considera que la estructura de MDL se encuentra empotrada firmemente en el suelo, por tanto, para el análisis se debe incorporar esta propiedad de empotramiento en el modelo matemático.

Para el análisis de la edificación se consideró que los elementos Shell y membranas, deben ser discretizados en el modelo matemático para obtener resultados cercanos a la exactitud. Sin embargo, considerando que a mayor precisión el análisis puede extenderse, fue preciso utilizar la propiedad Mesh considerando la opción de discretización por defecto que viene incorporada en el software.

## CAPÍTULO III

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Análisis estático

Mediante el análisis estático, se tiene establecido que la estructura se encuentra sometida a las fuerzas sísmicas determinadas por los factores de amplificación del suelo, la aceleración sísmica de la zona, el coeficiente de amplificación sísmica, el peso de la edificación y un factor de reducción que depende del sistema estructural usado. Se asume que las fuerzas sísmicas actúan en el centro de masa de cada nivel (piso) en las direcciones principales de la estructura, la cortante resultante en la base es repartida en cada nivel.

##### 3.1.1. Período de la estructura

Para determinar el periodo de la estructura mediante el procedimiento estático se ha considerado la ecuación de la norma E030 del ítem 4.5.4 que define que el periodo en el análisis estático se determinará mediante:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

$h_n$  = altura de la edificación

$C_T = 60$  (Coeficiente para edificios de MDL y Muros de Corte) altura de la edificación.

Por tanto:

$$T = 0.292$$

### 3.1.2. Cortante en la base

Se define como la fuerza sísmica que afecta a la base en estado estático, y se ha definido por:

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

Los valores se encuentran definido en la **Tabla 10**, por tanto se tiene que:

$$V = \frac{0.25 * 1.2 * 2.5 * 1}{3.40} \cdot 2344 \text{ tn}$$

$$V = 517.5 \text{ tn}$$

### 3.1.3. Distribución de fuerzas sísmicas

La distribución de fuerzas sísmicas en cada nivel está dada por la siguiente ecuación:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

Donde, se tiene que:

$$\alpha_i = \frac{p_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n p_i (h_i)^k}$$

Considerando que el periodo obtenido es:

$$T = 0.292 < 0.5 \text{ s}$$

Entonces el valor de K es:  $k = 1.0$

Con estos valores se obtuvo los cortantes estáticos por nivel en la edificación, como se puede apreciar en la **Tabla 14**.

**Tabla 13:** Cortante Estáticos por Nivel

MASA ETABS	N° PISO	mi	pi	hi	pi(hi) <sup>k</sup>	αi	Fi	Vi
48.300	<b>CISTERNA</b>	48.30	473.63	21.50	10183.04	0.0453	229.67	229.67
56.170	<b>CISTERNA</b>	56.17	550.80	19.70	10850.82	0.0483	244.73	474.40
187.250	<b>PISO 7</b>	187.25	1836.17	17.50	32133.04	0.1429	724.73	1199.12
317.040	<b>PISO 6</b>	317.04	3108.89	15.00	46633.41	0.2074	1051.77	2250.89
336.550	<b>PISO 5</b>	336.55	3300.21	12.50	41252.62	0.1835	930.41	3181.29
336.550	<b>PISO 4</b>	336.55	3300.21	10.00	33002.09	0.1468	744.33	3925.62
336.550	<b>PISO 3</b>	336.55	3300.21	7.50	24751.57	0.1101	558.24	4483.87
336.550	<b>PISO 2</b>	336.55	3300.21	5.00	16501.05	0.0734	372.16	4856.03
339.040	<b>PISO 1</b>	389.57	3820.12	2.50	9550.31	0.0425	215.40	5071.43
50.530	<b>TOTAL</b>		<b>22990.4612</b>		<b>224857.944</b>		<b>5071.4253</b>	<b>OK!</b>
<b>2344.530</b>								

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2. Análisis dinámico

Para el Análisis dinámico de la estructura se ha definido el Análisis Modal Espectral, considerando el uso del espectro de aceleraciones anteriormente definido.

#### 3.2.1. Período de la estructura

En la **Tabla 14** se puede apreciar los resultados obtenidos para los periodos considerando tres modos de vibración por cada nivel.

**Tabla 14:** *Periodo de la Estructura*

Periodos de la Estructura		
Caso	Modo	Periodo (S)
Modal	1	0.351
Modal	2	0.22
Modal	3	0.217
Modal	4	0.097
Modal	5	0.072
Modal	6	0.069
Modal	7	0.06
Modal	8	0.06
Modal	9	0.058
Modal	10	0.054
Modal	11	0.053
Modal	12	0.053
Modal	13	0.048
Modal	14	0.045
Modal	15	0.045
Modal	16	0.043
Modal	17	0.042
Modal	18	0.042
Modal	19	0.041
Modal	20	0.041
Modal	21	0.041

**Fuente:** Elaboración propia

El primer modo define el periodo de la estructura en vista que es el resultado de la concentración de participación traslacional, al igual que el segundo modo de vibración. Mientras que el tercer modo concentra una participación modal rotacional. Del resultado obtenido, se puede establecer que la estructura no estará sometida a efectos de resonancia con el suelo, debido a que el periodo  $T_p(S) = 0.6$  es mucho mayor a los periodos obtenidos en los tres primeros modos.

### 3.2.2. Derivas de la edificación

Para el caso de las derivas de la edificación, este índice está relacionado a la deformación de la estructura, por ende, al daño que podría sufrir en un evento sísmico. En la norma E030, en el acápite 5.2. se establece que para las edificaciones con muros de ductilidad limitada el grado de distorsión máximo en la edificación no debe sobrepasar el valor de 0.005.

En la **Tabla 15** y **Tabla 16** se verifica los resultados del espectro sísmico actuando en la dirección XX, obteniendo derivas muchos menores a lo establecido en la norma **5‰** siendo la máxima deriva obtenida en los niveles 05 y 06 con **2.3‰** considerando lo establecido en el acápite 5.1 de la norma en lo que corresponde a los desplazamientos laterales, y que establece que los resultados

obtenidos con la demanda sísmica reducida deben ser multiplicados por  $0.75 * R$ .

**Tabla 15:** Derivas en la Dirección X considerando el espectro en XX

Derivas Dirección XX					
Nivel	Load Case/Combo	Dirección	Drift	‰	Norma
Nivel 7	SISMO_DIN_Z2_XX Max	X	0.0021	2.14	< 5 ‰
Nivel 6	SISMO_DIN_Z2_XX Max	X	0.0023	2.26	< 5 ‰
Nivel 5	SISMO_DIN_Z2_XX Max	X	0.0023	2.30	< 5 ‰
Nivel 4	SISMO_DIN_Z2_XX Max	X	0.0022	2.21	< 5 ‰
Nivel 3	SISMO_DIN_Z2_XX Max	X	0.0019	1.95	< 5 ‰
Nivel 2	SISMO_DIN_Z2_XX Max	X	0.0015	1.47	< 5 ‰
Nivel 1	SISMO_DIN_Z2_XX Max	X	0.0007	0.69	< 5 ‰

**Fuente:** Elaboración propia

Las derivas en la dirección YY, considerando el caso de carga anterior, se pueden verificar en la siguiente tabla.

**Tabla 16:** Derivas en la Dirección Y considerando el espectro en XX

Derivas Dirección YY					
Nivel	Load Case/Combo	Direction	Drift	‰	Norma
Nivel 7	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Y	0.0006	0.60	< 5 ‰
Nivel 6	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Y	0.0006	0.65	< 5 ‰
Nivel 5	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Y	0.0007	0.66	< 5 ‰
Nivel 4	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Y	0.0006	0.64	< 5 ‰
Nivel 3	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Y	0.0006	0.56	< 5 ‰
Nivel 2	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Y	0.0004	0.43	< 5 ‰
Nivel 1	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Y	0.0002	0.21	< 5 ‰

**Fuente:** Elaboración propia

Las derivas considerando el espectro en la dirección YY, demuestran que en esta dirección la estructura tiene una rigidez mucho mayor, por la propia configuración estructural y densidad de muros existentes, como se puede apreciar en la **Tabla 17** y **Tabla 18**.

**Tabla 17:** Derivas en la Dirección X considerando el espectro en YY

Derivas Dirección YY					
Nivel	Load Case/Combo	Dirección	Drift	‰	Norma
Nivel 7	SISMO_DIN_Z2_YY Max	X	0.0007	0.71	< 5 ‰
Nivel 6	SISMO_DIN_Z2_YY Max	X	0.0007	0.75	< 5 ‰
Nivel 5	SISMO_DIN_Z2_YY Max	X	0.0008	0.76	< 5 ‰
Nivel 4	SISMO_DIN_Z2_YY Max	X	0.0007	0.73	< 5 ‰
Nivel 3	SISMO_DIN_Z2_YY Max	X	0.0006	0.65	< 5 ‰
Nivel 2	SISMO_DIN_Z2_YY Max	X	0.0005	0.49	< 5 ‰
Nivel 1	SISMO_DIN_Z2_YY Max	X	0.0002	0.23	< 5 ‰

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 18:** Derivas en la Dirección Y considerando el espectro en YY

Derivas Dirección YY					
Nivel	Load Case/Combo	Direction	Drift	‰	Norma
Nivel 7	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Y	0.0006	0.63	< 5 ‰
Nivel 6	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Y	0.0007	0.66	< 5 ‰
Nivel 5	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Y	0.0007	0.68	< 5 ‰
Nivel 4	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Y	0.0007	0.66	< 5 ‰
Nivel 3	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Y	0.0006	0.59	< 5 ‰
Nivel 2	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Y	0.0005	0.46	< 5 ‰
Nivel 1	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Y	0.0002	0.25	< 5 ‰

**Fuente:** Elaboración propia

### **3.2.3. Desplazamientos del centro de masa**

Las edificaciones de Muros de ductilidad Limitada, presentan una ductilidad baja, por ende, no deben presentar desplazamientos grandes en vista que pasaría a un estado frágil que produciría fracturas o fallas en el concreto importantes. En las tablas 19 y 20, se aprecia que los desplazamientos no sobrepasan lo normado en la E030.

**Tabla 19:** Desplazamientos del centro de Masa en dirección XX

DESPLAZAMIENTOS DEL CENTRO DE MASA - XX													
Nivel	Diafragma	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	X	Y	Z	Altura	Desplaz. Relativo	Distorsión	Norma	Verificación
			mm	mm	rad	m	m	m	mm	mm		E030	
Nivel 7	Diafragma7	SISMO_DIN_Z2_XX Max	22.135	3.756	0.00	6.68	12.01	17.5	2500	3.635	0.0015	0.005	OK
Nivel 6	Diafragma6	SISMO_DIN_Z2_XX Max	18.5	3.118	0.00	6.59	11.98	15	2500	3.841	0.0015	0.005	OK
Nivel 5	Diafragma5	SISMO_DIN_Z2_XX Max	14.659	2.474	0.00	6.56	11.97	12.5	2500	3.913	0.0016	0.005	OK
Nivel 4	Diafragma4	SISMO_DIN_Z2_XX Max	10.746	1.825	0.00	6.56	11.97	10	2500	3.763	0.0015	0.005	OK
Nivel 3	Diafragma3	SISMO_DIN_Z2_XX Max	6.983	1.2	0.00	6.56	11.97	7.5	2500	3.314	0.0013	0.005	OK
Nivel 2	Diafragma2	SISMO_DIN_Z2_XX Max	3.669	0.647	0.00	6.56	11.97	5	2500	2.497	0.0010	0.005	OK
Nivel 1	Diafragma1	SISMO_DIN_Z2_XX Max	1.172	0.227	0.00	6.77	12.03	2.5	2500	1.172	0.0005	0.005	OK

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 20:** Desplazamientos del centro de Masa en dirección YY

DESPLAZAMIENTOS DEL CENTRO DE MASA - YY													
Nivel	Diafragma	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	X	Y	Z	Altura	Desplaz. Relativo	Distorsión	Norma	Verificación
			mm	mm	rad	m	m	m	mm	mm		E030	
Nivel 7	Diafragma7	SISMO_DIN_Z2_YY Max	7.210	9.231	0.00	6.68	12.01	17.5	2500	1.461	0.0006	0.005	OK
Nivel 6	Diafragma6	SISMO_DIN_Z2_YY Max	6.027	7.77	0.00	6.59	11.98	15	2500	1.563	0.0006	0.005	OK
Nivel 5	Diafragma6	SISMO_DIN_Z2_YY Max	4.776	6.207	0.00	6.56	11.97	12.5	2500	1.604	0.0006	0.005	OK
Nivel 4	Diafragma4	SISMO_DIN_Z2_YY Max	3.502	4.603	0.00	6.56	11.97	10	2500	1.552	0.0006	0.005	OK
Nivel 3	Diafragma3	SISMO_DIN_Z2_YY Max	2.276	3.051	0.00	6.56	11.97	7.5	2500	1.387	0.0006	0.005	OK
Nivel 2	Diafragma2	SISMO_DIN_Z2_YY Max	1.197	1.664	0.00	6.56	11.97	5	2500	1.083	0.0004	0.005	OK
Nivel 1	Diafragma1	SISMO_DIN_Z2_YY Max	0.383	0.581	0.00	6.77	12.03	2.5	2500	0.581	0.0002	0.005	OK

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2.4. Fuerzas cortantes

En la **Tabla 21** y **Tabla 22**, se aprecia las fuerzas cortantes dinámicas en la base, considerándose que en ambas direcciones en la Base del Nivel 1, las cortantes dinámicas son menores a la cortante estática. Por tanto, se debe de amplificar según lo establecido en la Norma E030 considerando un factor de escalamiento que no afectará a los desplazamientos.

**Tabla 21:** Cortantes de base en dirección XX

Cortante Dinámica				
Nivel	Load Case/Combo	Location	VX	VY
			tonf	tonf
Cisterna	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Bottom	24.54	8.29
Cisterna	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Bottom	44.56	15.70
Nivel 7	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Bottom	93.95	33.20
Nivel 6	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Bottom	164.05	59.49
Nivel 5	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Bottom	222.47	81.09
Nivel 4	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Bottom	266.28	96.94
Nivel 3	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Bottom	297.31	108.08
Nivel 2	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Bottom	315.70	114.82
Nivel 1	SISMO_DIN_Z2_XX Max	Bottom	322.01	117.30

**Fuente:** Elaboración propia

El factor de escalamiento se halló considerando la cortante estática:

$$V_E = 517.5 \text{ tn}$$

Según norma E030:

$$80\%(V_E) = 413.6 \text{ tn}, \text{ Por tanto: } F_e = 1.284$$

**Tabla 22:** Cortantes de base en dirección YY

Cortante Dinámica				
Nivel	Load Case/Combo	Location	VX	VY
			tonf	tonf
Cisterna	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Bottom	8.30	24.38
Cisterna	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Bottom	14.87	44.72
Nivel 7	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Bottom	31.68	97.03
Nivel 6	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Bottom	55.68	176.94
Nivel 5	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Bottom	75.59	242.28
Nivel 4	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Bottom	90.41	290.10
Nivel 3	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Bottom	100.82	324.02
Nivel 2	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Bottom	106.95	344.91
Nivel 1	SISMO_DIN_Z2_YY Max	Bottom	109.06	352.73

**Fuente:** Elaboración propia

Para las cortantes en la dirección YY, se tiene como factor de escalamiento:

$$F_e = 1.172$$

### 3.2.5. Aceleraciones

En la **Tabla 23** y **Tabla 24**, se aprecia las aceleraciones en la edificación en ambas direcciones, considerando que una edificación de MDL es rígida se verifica que en ambas direcciones las aceleraciones son amplificadas en los últimos niveles, siendo los elementos más afectados.

**Tabla 23:** Amplificación de las Aceleraciones en Dirección XX

Aceleraciones por Nivel				
Nivel	Load Case/Combo	UX	UY	UZ
		mm/sec <sup>2</sup>	mm/sec <sup>2</sup>	mm/sec <sup>2</sup>
Cisterna	SISMO_DIN_Z2_XX Max	5378.48	1847.57	2190.17
Cisterna	SISMO_DIN_Z2_XX Max	4067.31	1510.65	2209.38
Nivel 7	SISMO_DIN_Z2_XX Max	4212.39	1766.75	1041.21
Nivel 6	SISMO_DIN_Z2_XX Max	3425.38	1425.58	849.58
Nivel 5	SISMO_DIN_Z2_XX Max	2782.82	1127.73	714.72
Nivel 4	SISMO_DIN_Z2_XX Max	2248.83	906.52	587.66
Nivel 3	SISMO_DIN_Z2_XX Max	1720.67	714.77	431.8
Nivel 2	SISMO_DIN_Z2_XX Max	1100.38	483.94	377.82
Nivel 1	SISMO_DIN_Z2_XX Max	467.7	211.71	286.12
Base	SISMO_DIN_Z2_XX Max	0	0	0

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 24:** Amplificación de las Aceleraciones en Dirección YY

Aceleraciones por Nivel				
Nivel	Load Case/Combo	UX	UY	UZ
		mm/sec <sup>2</sup>	mm/sec <sup>2</sup>	mm/sec <sup>2</sup>
Cisterna	SISMO_DIN_Z2_YY Max	1916	5623	3074.74
Cisterna	SISMO_DIN_Z2_YY Max	1413.37	4360.09	3084.95
Nivel 7	SISMO_DIN_Z2_YY Max	1466.21	3354.68	1859.19
Nivel 6	SISMO_DIN_Z2_YY Max	1183.86	2728.63	1455.9
Nivel 5	SISMO_DIN_Z2_YY Max	948.86	2138.37	1211.51
Nivel 4	SISMO_DIN_Z2_YY Max	773.92	1727.56	1019.1
Nivel 3	SISMO_DIN_Z2_YY Max	618.94	1456.28	763.81
Nivel 2	SISMO_DIN_Z2_YY Max	418.19	1084.56	564.68
Nivel 1	SISMO_DIN_Z2_YY Max	173.39	508.59	393.48
Base	SISMO_DIN_Z2_YY Max	0	0	0

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3. Discusión de resultados

1. En el estudio fue necesario identificar los parámetros de zona, suelo y condiciones de diseño de la estructura con MDL en el Distrito de Pillco Marca - Huánuco, para verificar si estas condiciones eran adecuadas y permitan la viabilidad de construir edificaciones con MDL en dicho lugar. Por tanto, se comprobó que el comportamiento estructural de una edificación con Muros de Ductilidad Limitada en el Distrito de Pillco Marca - Huánuco, es favorable al presentar desplazamientos, derivas y fuerzas cortantes dentro de los parámetros establecidos frente a un análisis dinámico espectral; esto permite a la estructura mantenerse en un rango elástico de respuesta aceptando la hipótesis propuesta. El parámetro de mayor importancia considerado fue la deriva de entrepiso, que para la estructura se mantuvo en los márgenes propuestos por la norma E030, como se aprecia en la tabla 25.

**Tabla 25:** Derivas de la Edificación en sus dos direcciones

Nivel	Dirección XX	Dirección YY	Norma
	‰	‰	
Nivel 7	2.14	0.71	< 5 ‰
Nivel 6	2.26	0.75	< 5 ‰
Nivel 5	2.30	0.76	< 5 ‰
Nivel 4	2.21	0.73	< 5 ‰
Nivel 3	1.95	0.65	< 5 ‰
Nivel 2	1.47	0.49	< 5 ‰
Nivel 1	0.69	0.23	< 5 ‰

Fuente: Elaboración propia

Resultados similares fueron obtenidos por Quintana (2013, p.182) en las conclusiones del análisis que realiza en la Edificación “Parques del Agustino” de cinco niveles, proyecto diseñado en el sistema estructural de Muros de ductilidad Limitada de 10 cm de espesor. En la investigación se determina que la deriva de la edificación estudiada no sobrepasa lo establecido en la norma. Obteniéndose para la deriva máxima en la dirección XX un valor de 0.0006540 que multiplicado por 3.75 (0.75\*R establecido en la norma) equivale a 2.45 ‰ en el cuarto nivel. Cuba y Castro (2017, p.55) al realizar el análisis estructural de una edificación en muros de ductilidad limitada obtienen una deriva máxima en el cuarto nivel y en dirección XX de 0.00061 que multiplicado por 3.75 (0.75\*R establecido en la norma) equivale a 2.28 ‰ en el cuarto nivel. Esta baja deformación existente en este sistema estructural se debe a una rigidez superior con respecto a otros sistemas estructurales.

2. En el estudio se pudo comprobar que las dimensiones de los elementos estructurales para la EMDL, son 10 cm de espesor para los muros y 10 cm de espesor para las losas macizas, y de 20 cm para losas en zona de baños, por tanto, se considera que inicialmente se partió con un buen criterio para el predimensionamiento de los elementos estructurales. En el análisis de los muros mediante la resistencia axial de diseño  $\phi P_n$ , se verificó que considerando las máximas cargas de

servicio y sus correspondientes amplificaciones según la E060 se pasa ampliamente con la resistencia axial requerida  $W_T$ . Esto puede inducir a tener presente que las edificaciones de MDL pueden incluso ser propuestas con muros de espesores de ocho centímetros, tal como concluyen Quintana y Caillaux (2012), al asegurar que es “perfectamente viable la aprobación de proyectos con muros de ductilidad limitada con muros de 8cm en edificaciones con un máximo de cinco niveles. Maco (2014, p.6) al realizar la comprobación por Carga Axial  $\phi P_n$  obtiene una carga ultima  $W$  inferior a la Resistencia Axial de diseño  $\phi P_n$ , por lo que se deduce que 10cm de espesor en los muros de ductilidad limitada cumple con la normativa en relación a deformaciones.

3. Para el análisis modal espectral, se identificó la función de espectro a utilizar, así como el método de análisis adecuado a utilizar para la edificación con MDL proyectada en el Distrito de Pillco Marca. Por ende, se consideró inicialmente que la función de espectro a utilizar corresponde al ZUCS/R, así como el método de análisis adecuado a utilizar es el análisis modal espectral, considerando que se debe discretizar por elementos finitos la edificación con MDL proyectada en el Distrito de Pillco Marca. En el proyecto se verificó que efectivamente el análisis modal espectral es adecuado, y para un resultado confiable

y seguro es indispensable configurar el software para realizar un análisis de los elementos SHELL por elementos finitos, por lo cual se aprueba la hipótesis. Cabe señalar que, para el análisis modal espectral, la norma E030 se ha definido como permisiva en comparación a otros códigos internacionales, en vista que por aspectos económicos los factores de reducción son altos para las edificaciones de MDL. Igualmente, lo recomendable en la norma sería la comprobación de estas edificaciones por análisis tiempo-historia, tal como Yáñez (2006) señala en su investigación realizada con EMDL.

4. Finalmente, se planteó hipotéticamente que las fuerzas cortantes, desplazamientos y derivas se mantienen dentro de los parámetros establecidos en la normativa peruana. Esta afirmación se llegó a comprobar y aceptar la hipótesis al obtener derivas por debajo de 5 ‰, siendo la mayor 2.3 ‰ en el quinto nivel de la edificación. En lo que corresponde a las cortantes dinámicas, estas fueron inferiores al 80% de la cortante estática por ende se determinó que estas cortantes deben ser escaladas para lograr el cumplimiento de la norma. Respecto a las cortantes Maco (2014, p.21) obtiene cortantes dinámicas inferiores a la cortante estática, por lo que determinan un factor de escalamiento de 1.15 en la dirección XX y un factor de 1.18 en la dirección YY.

## CONCLUSIONES

1. La edificación fue propuesta se encuentra ubicada en Zona 2, con aceleración  $Z_{DE} = 0.25$ , con suelo intermedio  $S_2$ , con un coeficiente de reducción de R (EMDL) = 4.0, considerándose además que la estructura presenta Irregularidad en Planta  $R_p = 0.85$ .
2. En el predimensionamiento de la estructura se estableció las cargas de servicio en los muros de mayor longitud, muro que fue definido en un espesor de  $e > 0.096 \text{ m}$ , pero por aspectos normativos se consideró el mínimo equivalente a un espesor  $e = 0.10 \text{ m}$ . Se tuvo en cuenta esta dimensión para realizar la comprobación por resistencia axial de diseño, obteniéndose que la resistencia requerida es mucho menor  $W_T < \phi P_n$  para los dos muros analizados. Por tanto, el muro propuesto  $e = 0.10 \text{ m}$ . es adecuado para la edificación en estudio.
3. El análisis estático y dinámico de la estructura fue realizado mediante un espectro de pseudoaceleraciones con un valor máximo de meseta  $S(a)=0.22 \text{ g}$ . que fue obtenido en función a la zona, tipo de suelo, factor de reducción sísmica e irregularidad. El factor de uso es uno ( $U=1$ ), en vista que la edificación es de tipo común. Considerando estas pseudo aceleraciones, el análisis correcto y utilizado es el modal espectral; siendo recomendado un análisis Tiempo- Historia, para obtener datos mucho mas precisos y reales frente a un evento sísmico de gran intensidad, tal cual recomiendan también, otros autores e investigaciones.

4. Como resultados del análisis de la edificación, se pudo apreciar el periodo fundamental de la estructura es de  $T = 0.351$  , concentrando el 90% de la masa modal. En lo que concierne a derivas en ninguno de los casos se obtuvo derivas superiores al 5‰ lo que permite establecer que la estructura no presenta deformaciones importantes que pueden comprometer o poner en riesgo a los habitantes. En lo que concierne a las fuerzas cortantes, se obtuvo cortantes dinámicas inferiores al 80% de la cortante estática, porcentaje que establece la Norma Técnica E30. Por ende, se utilizó los factores de Escala de 1,175 para la dirección YY y 1.26 para la dirección XX, de esta manera poder cumplir con lo establecido por la norma.
5. Se concluye finalmente, que la estructura de siete niveles con MDL presenta un comportamiento adecuado y óptimo, de acuerdo a los indicadores señalados y resultados obtenidos. Por lo que es factible y recomendable su utilización en la construcción de edificaciones multifamiliares y de oficinas con este sistema, ya sea por parte de las empresas inmobiliarias, por el Estado o por cualquier usuario en el Distrito de Pillco Marca - Huánuco.

## SUGERENCIAS

1. En el análisis se consideró un suelo S2 característico de la zona del Distrito de Pillco Marca, pero sería recomendable realizar estudios en la zona con otros suelos de mayor dureza, puesto que la estructura puede verse afectada por efectos vibratorios como la resonancia frente a un sismo, lo que finalmente se traduciría en fisuras principalmente en los últimos niveles donde las aceleraciones se incrementan.
2. La edificación de MDL en estudio presenta una alta densidad de muros en ambos sentidos, por ende, tiene una respuesta estructural adecuada. En ese sentido, el espesor de 10 cm utilizada en los muros para el análisis, es recomendable para su construcción en el Distrito de Pillco Marca - Huánuco; en lo que concierne a los diafragmas rígidos es recomendable considerar un espesor de 10 cm en losas de entrepiso, mientras que, en las zonas de mayor momento ubicadas en el hall del ascensor, se recomienda que el diafragma sea propuesto con un espesor de 20cm. En las zonas de servicios de baños y duchas, por aspectos de las instalaciones sanitarias, también se recomienda utilizar un espesor de losa de 20 cm, siendo lo apropiado la utilización de ductos y/o falsas columnas para todas las instalaciones; esto evitaría posibles roturas frente a sismos pequeños e incluso eliminaría los ruidos por descargas que se presentan cuando las instalaciones bajan por los muros.

3. Es evidente que las normas Peruanas, por aspectos económicos presentan parámetros permisivos para la construcción de edificaciones, en el presente caso de análisis realizado, fue condicionado por un espectro de fuerzas reducidas, sin embargo, a modo de recomendación general para el caso de edificaciones con MDL, la normativa debería proponer límites de deriva más rigurosos y un análisis tiempo-historia sobre todo si la edificación se encuentra en la costa peruana donde la demanda sísmica es mucho mayor, esto evitaría que las edificaciones que vayan a ser construidas mediante este sistema, disminuyan el riesgo de ser inhabitables posterior al sismo.
4. Con los análisis realizados se verificó que la estructura presenta un adecuado comportamiento estructural, por ende, es recomendable utilizar este sistema constructivo de edificaciones con MDL, de esta manera se propone promover la construcción de viviendas, complejos habitacionales y oficinas con este sistema, ya que representa un costo bastante accesible para los usuarios, y, en el que el Estado y las empresas inmobiliarias pudieran invertir sin ningún riesgo en el distrito de Pillco marca o en la ciudad de Huánuco; de esta manera la relación costo-beneficio sería muy favorable, traduciéndose en un inversión bastante rentable a corto y mediano plazo.

## BIBLIOGRAFÍA

- American Concrete Institute - ACI 318 (2005)** “*Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318 SR-05)*” Michigan – USA.
- Briceño, A. y Carreras, N. (2013)** Tesis “*Análisis y diseño de muros estructurales de concreto, considerando las experiencias de los terremotos de Chile 2010 y Nueva Zelanda 2011*” Universidad Católica Andrés Bello, Caracas – Venezuela.
- Blanco, A. (2000)** “*Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*” Edit. Capítulo de Ingeniería Civil, Concejo departamental de Lima - Perú
- Delgado, R. y Peña, C. (2006)** Tesis “*Edificios Peruanos con Muros de Ductilidad Limitada*” Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima – Perú.
- Granados, R. y Lopez, J. (2012)** Tesis “*Diseño de un edificio de Muros de Ductilidad Limitada de cinco niveles*” Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima –Perú.
- González, H. (2010) Tesis Doctoral** “*Comportamiento Sísmico de Edificios con Muros Delgados de Hormigón. Aplicación a zonas de Alta Sismicidad de Perú*”. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona – España.
- Hernández, Fernández y Baptista (2014)** “*Metodología de la investigación*”, Sexta Edición, Editorial McGraw Hill Education, México D.F.
- Kassimali, A. (2015)** “*Análisis Estructural*”. 5ta Edición. Editorial Cengage Learning, Mexico D.F.
- Maco, H. (2014)** Tesis “*Análisis y Diseño de una edificación multifamiliar de siete pisos con Muros de Ductilidad Limitada*” Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú.

- Quiroz, L. (2011)** “*Análisis y Diseño de Edificaciones con ETABS*”. 1ra Ed. Editorial Macro. Lima –Perú.
- Quitana, Z y Caillaux, M. (2012)** “*Estudio del Comportamiento Sismoresistente de Muros de Ductilidad Limitada de ocho centímetros de espesor*” Artículo. Lima- Perú.
- Yáñez, D. (2006)** “*Análisis de Respuesta Sísmica en edificios tipo Túnel, Bajo régimen elástico*”. Universidad los Andes. Mérida -Venezuela.
- Velez, J. Blandon, C. Bonett, R. Arteta C. Almeida J. Beyer, K. (2017)** “*Ensayos cuasi-estáticos cíclicos de muros delgados de concreto reforzado en edificios colombianos*”. VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Universidad del Norte en Barranquilla. Colombia.

# ANEXOS

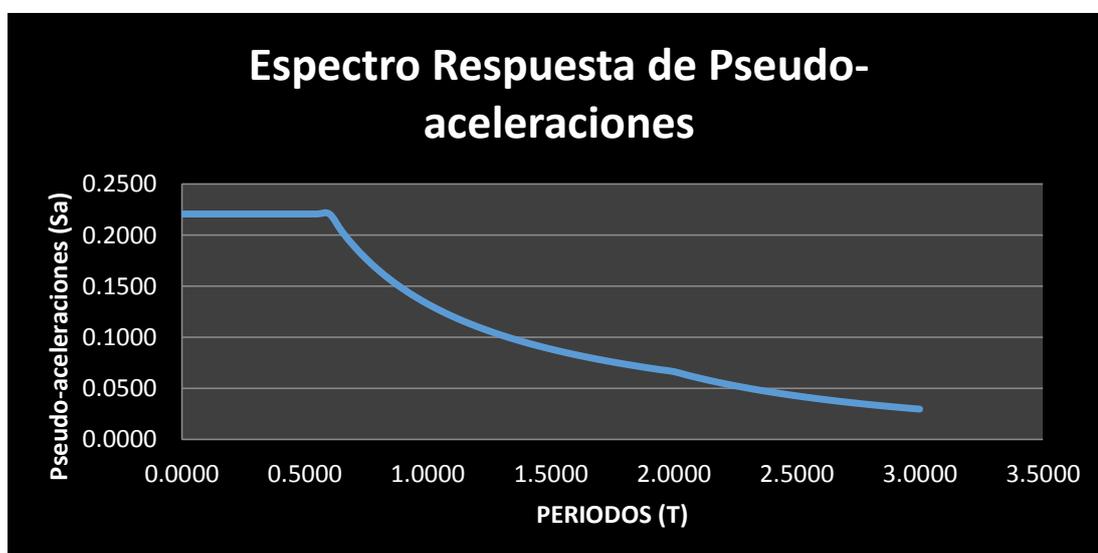
**ANEXO N° 01**  
**ESPECTRO DE ACELERACIONES**

<b>T</b>	<b>C</b>	<b>Sa</b>
0.0000	2.5000	0.2206
0.0500	2.5000	0.2206
0.1000	2.5000	0.2206
0.1500	2.5000	0.2206
0.2000	2.5000	0.2206
0.2500	2.5000	0.2206
0.3000	2.5000	0.2206
0.3500	2.5000	0.2206
0.4000	2.5000	0.2206
0.4500	2.5000	0.2206
0.5000	2.5000	0.2206
0.5500	2.5000	0.2206
0.6000	2.5000	0.2206
0.6500	2.3077	0.2036
0.7000	2.1429	0.1891
0.7500	2.0000	0.1765
0.8000	1.8750	0.1654
0.8500	1.7647	0.1557
0.9000	1.6667	0.1471
0.9500	1.5789	0.1393
1.0000	1.5000	0.1324
1.0500	1.4286	0.1261
1.1000	1.3636	0.1203
1.1500	1.3043	0.1151
1.2000	1.2500	0.1103
1.2500	1.2000	0.1059
1.3000	1.1538	0.1018
1.3500	1.1111	0.0980

1.4000	1.0714	0.0945
1.4500	1.0345	0.0913
1.5000	1.0000	0.0882
1.5500	0.9677	0.0854
1.6000	0.9375	0.0827
1.6500	0.9091	0.0802
1.7000	0.8824	0.0779
1.7500	0.8571	0.0756
1.8000	0.8333	0.0735
1.8500	0.8108	0.0715
1.9000	0.7895	0.0697
1.9500	0.7692	0.0679
2.0000	0.7500	0.0662
2.0500	0.7139	0.0630
2.1000	0.6803	0.0600
2.1500	0.6490	0.0573
2.2000	0.6198	0.0547
2.2500	0.5926	0.0523
2.3000	0.5671	0.0500
2.3500	0.5432	0.0479
2.4000	0.5208	0.0460
2.4500	0.4998	0.0441
2.5000	0.4800	0.0424
2.5500	0.4614	0.0407
2.6000	0.4438	0.0392
2.6500	0.4272	0.0377
2.7000	0.4115	0.0363
2.7500	0.3967	0.0350
2.8000	0.3827	0.0338
2.8500	0.3693	0.0326
2.9000	0.3567	0.0315

2.9500	0.3447	0.0304
3.0000	0.3333	0.0294

**Fuente:** Elaboración Propia



**Fuente:** Elaboración Propia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE DE ESTUDIO	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es el comportamiento estructural de una edificación con Muros de Ductilidad Limitada en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco?</li> </ul> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles son los parámetros de zona, suelo y condiciones de diseño de la estructura con MDL a estudiar en el Distrito de Pillco Marca?</li> <li>• ¿Cuáles son las dimensiones de los elementos estructurales, cargas y combinación a utilizar en la edificación con el sistema de MDL propuesto en el Distrito de Pillco Marca?</li> <li>• ¿Cuál es la función de espectro a utilizar, así como el método de análisis adecuado a utilizar para una edificación con MDL a construir en el Distrito de Pillco Marca?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el comportamiento estructural de una edificación con Muros de Ductilidad Limitada en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco.</li> </ul> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los parámetros de zona, suelo y condiciones de diseño de la estructura con MDL a estudiar en el Distrito de Pillco Marca.</li> <li>• Determinar las dimensiones de los elementos estructurales, cargas y combinación a utilizar en la edificación con el sistema de MDL propuesto en el Distrito de Pillco Marca.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El comportamiento estructural de una edificación con Muros de Ductilidad Limitada en el Distrito de Pillco Marca – Huánuco, es favorable al presentar desplazamientos, derivas y fuerzas cortantes dentro de los parámetros establecidos en la norma; esto permite a la estructura mantenerse en un rango elástico de respuesta.</li> </ul> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los parámetros de zona, suelo y condiciones de diseño de la estructura con MDL a estudiar en el Distrito de Pillco Marca, son adecuados para construir una edificación con MDL.</li> <li>• Las dimensiones de los elementos estructurales son 10 cm para muros, 10 cm para losas macizas en toda su superficie y 20 cm para</li> </ul>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p><b>Comportamiento estructural de la edificación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atributo relacionado a los parámetros que involucran estabilidad, desplazamientos y ductilidad global de la estructura en respuesta frente a un análisis por cargas estáticas y dinámicas.</li> </ul> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deriva.</li> <li>• Periodo.</li> <li>• Desplazamiento.</li> <li>• Fuerza cortante</li> </ul> <p><b>Variable Independiente:</b></p> <p><b>Edificación con muros de ductilidad Limitada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de unidades de vivienda superpuestas por niveles en forma vertical que albergan un número determinado de familias, con</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>Este trabajo de investigación será del tipo APLICADA.</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p>La investigación será No experimental, con un nivel descriptivo y explicativo.</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b></p> <p>El diseño de investigación utilizará un esquema No experimental, considerando que el análisis a realizar es teórico, bajo el siguiente esquema.</p> <p>• EM -&gt; SMDL -&gt; AE -&gt; RC Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EM = Edificación de siete niveles</li> <li>• SMDL = Sistema Constructivo con Muros de Ductilidad Limitada</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles serán las fuerzas cortantes, desplazamientos, derivas y periodo de la edificación con MDL de siete niveles en el Distrito de Pillco Marca?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar la función de espectro a utilizar, así como el método de análisis adecuado a utilizar para una edificación con MDL a construir en el Distrito de Pillco Marca.</li> <li>• Determinar las fuerzas cortantes, desplazamientos, derivas y periodo de la edificación con MDL de siete niveles en el Distrito de Pillco Marca.</li> </ul>	<p>losas en zona de baños. Mientras que las cargas y combinación a utilizar son cargas estructurales impuestas y un porcentaje de cargas vivas para un análisis estático, mientras que se considera el porcentaje de las fuerzas cortantes para un análisis dinámico establecidas en la normativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La función de espectro a utilizar corresponde al ZUCS/R, así como el método de análisis adecuado a utilizar es el análisis modal espectral, considerando que se debe discretizar por elementos finitos la edificación proyectada con MDL en el Distrito de Pillco Marca.</li> <li>• Las fuerzas cortantes, desplazamientos y derivas se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa peruana, para una edificación con MDL de siete niveles en el Distrito de Pillco Marca.</li> </ul>	<p>parte de servicios y bienes compartidos.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema constructivo</li> <li>• Espesor de muro</li> <li>• Altura.</li> <li>• Factor de Irregularidad en altura y planta.</li> </ul> <p><b>Variable Interviniente:</b></p> <p><b>Parámetros Normativos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coeficientes establecidos que permiten obtener un espectro de aceleraciones sísmicas y evaluar el comportamiento de una estructura.</li> </ul> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de uso</li> <li>• Factor de Zona</li> <li>• Factor de suelo</li> <li>• Coeficiente de Reducción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AE = Análisis Estructural considerando los parámetros</li> <li>• RC = Resultados y Conclusiones</li> </ul> <p><b>Población y Muestra:</b></p> <p>Para el estudio se ha determinado como nuestra una edificación de 7 niveles la cual será sometida a un análisis estático y dinámico, esta edificación será diseñada considerando el sistema de Muros de Ductilidad Limitada y teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la normativa peruana.</p>
--	---	--	--	---

## ANEXO N° 02 MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO DE PROYECTO DE TESIS: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, EN EL DISTRITO DE PILLCO MARCA – HUÁNUCO.”**

## ANEXO N° 03

### RESOLUCIÓN DE GRADO DE BACHILLER



"Año de la Solidaridad con el Mar de Grau"  
**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 CONSEJO DE FACULTAD



#### RESOLUCIÓN N° 132-2016-UNHEVAL-FICA-CF

28, de setiembre del 2016

Visto,

#### CONSIDERANDO:

Que, con Resolución N° 052-2016-UNHEVAL-CEU, de fecha 26 de agosto 2016, se proclama y acredita a partir del 02 de setiembre 2016 al 01 de setiembre del 2020, a los DECANOS de las Facultades, al M.Sc. Ing. Erasmo Alejandro Fernández Sixto, como Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

Que, con Formulario Único de Trámite N°0313906 de fecha 09 de setiembre del 2016, el señor Jhulins Jarson, CAMPOS CULQUI, Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, solicita se le otorgue el Grado Académico de Bachiller, por haber concluido sus estudios universitarios, para lo que adjunta los requisitos de Ley.

Que, la Comisión de Grados y Títulos de la FICA, con Informe N° 071-2016-UNHEVAL-FICA-CGyT, de fecha 12 de setiembre del 2016, dirigido al Decano, opina que es procedente la petición del Egresado Jhulins Jarson, CAMPOS CULQUI, quien reúne los requisitos exigidos;

Que, de acuerdo a la ley Universitaria N° 30220, Decreto Legislativo N° 739, el Estatuto de la Universidad y el Artículo 5°. Del Reglamento General de Grados y Títulos en vigencia, es procedente atender lo solicitado.

Estando a lo acordado en Sesión Ordinaria de Consejo de Facultad de fecha 27 de setiembre del 2016 y siendo atribuciones del Consejo de Facultad y conferidas al Decano;

#### SE RESUELVE:

- 1° **APROBAR** el otorgamiento del Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Civil a **Jhulins Jarson, CAMPOS CULQUI**, por lo expuesto en los considerados de la presente Resolución.
- 2° **ELEVAR**, el expediente al Consejo Universitario para su ratificación y expedición del Diploma que acredite al interesado como tal.

Regístrese, comuníquese y archívese.

  
 Secretario  
 Docente  
 Mg. Susana James Reategui  
**SECRETARÍA DOCENTE**

  
 DECANO  
 M. Erasmo A. Fernández Sixto  
**DECANO**

c.c.  
 file Personal  
 Interesado:  
 Archivo:

Masa / sec.

**NOTA BIOGRÁFICA**

**Lugar de nacimiento** : Moyobamba – Moyobamba – San Martín - Perú

**Fecha de nacimiento** : 14 de agosto de 1983

**Educación Secundaria** : I.E. “Nuestra Señora de Guadalupe” - Pucallpa

**Universidad** : Universidad Nacional “Hermilio Valdizán” -  
Huánuco

**Facultad** : Ingeniería Civil y Arquitectura

**Escuela Profesional** : Ingeniería Civil

**Año de obtención del Bachiller:** 2016

## ACTA DE APROBACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

"Año del Dialogo y la Conciliación Nacional"



### ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En la ciudad universitaria de Cayhuayna a los veintisiete días del mes de diciembre del 2018, siendo las dieciséis horas, se dio cumplimiento a la Resolución de Decano N° 587-2018-UNHEVAL-FICA-D y Resolución de Decano N° 867-2018-UNHEVAL-FICA-D en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual en el Auditorio de la Facultad, los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de Tesis titulada "ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA EN EL DISTRITO DE PILLCO MARCA-HUANUCO" para optar el Título de Ingeniero Civil Jhulins Janson, CAMPOS CULQUI.

Finalizado el acto de sustentación, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

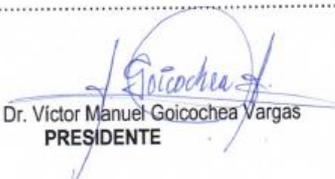
Miembros del Jurado Declararon APROBADO con la nota de : QUINCE (15)

Con el calificativo de : BUENO

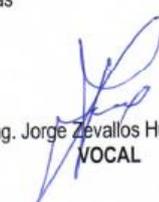
Dándose por concluido dicho acto a las : 19:20 del mismo día 27-12-2018

Con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:.....

  
Dr. Víctor Manuel Goicochea Vargas  
PRESIDENTE

  
Ing. Jorge Luis Meyzan Briceño  
SECRETARIO

  
Ing. Jorge Zevallos Huaranga  
VOCAL

c.c  
Archivo.

Av. Universitaria 505-507  
Pabellón VI, Piso I  
SI (082) 594779-ANEX. 0801  
Huaranca, Perú