

“UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ”



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ASISTIDA:

**“ANÁLISIS SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR
UBICADO EN LA CIUDAD DE TARAPOTO APLICANDO
LA NORMA E.030 VIGENTE Y LA MODIFICATORIA
PROPUESTA, 2014”**

AUTORES:

Bach. ARÉVALO LUJÁN, JORGE GUILLERMO

Bach. TASILLA MONTALVAN, LAEL

ASESOR:

ING. ALIAGA ATALAYA, GILBERTO

Requisito para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**TARAPOTO – PERÚ
2014**

DEDICATORIA

El presente Trabajo está dedicado a mi hermosa madre Leydy Luján, que con esfuerzo y perseverancia ha logrado estar siempre firme y decidida para afrontar cualquier adversidad. Por su amor y comprensión durante todos estos años.

A mí querida hermana Doris, por brindarme siempre su apoyo incondicional.

A mi Abuelito Ausencio Luján, por ser un ejemplo a seguir.

A cada uno de los miembros de mi familia que de alguna manera contribuyeron en mi formación y desarrollo personal.

Jorge Guillermo Arévalo Lujan.

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mí madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida.

A mí padre quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mis hermanos por su cariño y compañerismo.

A aquellas personas especiales en mi vida que ayudaron a que culmine con éxito esta meta.

Lael Tasilla Montalvan.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme estar al lado de mis seres queridos un día más.

A mi querida madre y hermana, por su apoyo, cariño y comprensión que siempre me brindan para seguir adelante en mis metas personales.

A todos los miembros de mi familia por estar siempre presentes en los momentos que más los necesito.

A mis estimados amigos de la facultad por compartir momentos inolvidables y conservar una buena amistad.

A todas las personas que me impartieron sus conocimientos académicos y experiencias de la vida, ayudándome a ser mejor persona y profesional.

Jorge Guillermo Arévalo Lujan.

A Dios por acompañarme todos los días.

A mis padres don Paulino Tasilla Tafur y doña Agustina Montalvan García por su incondicional apoyo y ejemplo de vida,

A mis hermanos Abi, Esteban, Harley Misael y Flor con los cuales hemos pasado momentos inolvidables.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional, a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado.

Lael Tasilla Montalvan.

ACTA DE EXAMEN DE SUSTENTACIÓN EN TITULACIÓN

En la ciudad de Tarapoto, a las 10:00 horas del día 26, del mes de diciembre de 2014, en el aula de Grados y Títulos de la Universidad Científica del Perú, se reunió el **Jurado Examinador** que lo conforman el docente Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera como Presidente y los Docentes Ing. Caleb Ríos Vargas y Ing. Lorenzo Manuel Sampen Ordoñez como Miembros, para evaluar la sustentación del Informe de Investigación Asistida **"ANÁLISIS SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR UBICADO EN LA CIUDAD DE TARAPOTO APLICANDO LA NORMA E.030 VIGENTE Y LA MODIFICATORIA PROPUESTA, 2014"**. Presentado por los sustentantes:

Bach. JORGE GUILLERMO ARÉVALO LUJÁN

Bach. LAEL TASILLA MONTALVAN

En la modalidad del Programa de Titulación de la facultad de Ciencias e Ingeniería – Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Programa de Titulación TARAPOTO 2014 – I.

Después de las deliberaciones correspondientes, se procedió a evaluar, teniendo como resultado:

Indicador	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Promedio
A. Dominio del tema	14	14	14	14
B. Calidad de redacción del Informe	14	14	14	14
C. Competencia Expositiva argumentación y coherencia	14	14	14	14
D. Calidad de respuestas	14	14	14	14
E. Uso de terminología especializada	14	14	14	14
Calificación	14	14	14	14
Calificación Final	14			
Calificación Final (en letras)	Aprobado			

Aprobado por :.....

Presidente : Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera

Miembro : Ing. Caleb Ríos Vargas

Miembro : Ing. Lorenzo Manuel Sampen Ordoñez

Leyenda:

INDICADOR	PUNTAJE
Desaprobado	Menos de 13 puntos
Aprobado por Mayoría	De 14 a 15 puntos
Aprobado por Unanimidad	De 16 a 17 puntos
Aprobado por Excelencia	De 18 a 20 puntos

Nota: La calificación es en el sistema vigesimal (0 - 20).

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	
2.1. Antecedentes del Estudio	13
2.2. Bases Teóricas	21
2.2.1. Naturaleza y Probabilidad del Sismo	21
2.2.2. Aspectos Principales del Diseño Sísmico	22
2.2.3. Principales Aspectos de la Norma E.030(2003) y su Modificatoria E.030 (2014)	23
2.2.3.1. Filosofía del Diseño Sísmico	24
2.2.3.2. Concepción Estructural Sismorresistente	25
2.2.3.3. Zonificación (Z)	25
2.2.3.4. Condiciones Geotectónicas	26
2.2.3.5. Parámetros de Sitio (S)	28
2.2.3.6. Factor de Amplificación Sísmica (C)	29
2.2.3.7. Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)	30
2.2.3.8. Sistemas Estructurales	32
2.2.3.9. Categorías y Sistemas Estructurales Permitidos	33
2.2.3.10. Restricciones a la Irregularidad	34
2.2.3.11. Configuración Estructural	35
2.2.3.12. Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica (R)	38
2.2.3.13. Peso de la Edificación (P)	40
2.2.3.14. Análisis Estático o de Fuerzas Equivalentes	40
2.2.3.15. Análisis Dinámico (Modal Espectral)	43
2.2.3.16. Fuerza Cortante Mínima	45
2.2.3.17. Efectos de Torsión	45
2.2.3.18. Determinación de Desplazamientos Laterales	46
2.2.3.19. Desplazamientos Laterales Relativos Permisibles	47
2.2.3.20. Separación entre Edificios	48
2.2.3.21. Instrumentación	49

2.3.	Definición de Términos Básicos	49
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
3.1.	Descripción del Problema	52
3.2.	Formulación del Problema	52
3.1.1.	Problema General	52
3.1.2.	Problemas Específicos	53
3.3.	Justificación de la Investigación	54
IV.	OBJETIVOS	
4.1.	Objetivo General	54
4.2.	Objetivos Específicos	54
V.	HIPÓTESIS	55
VI.	VARIABLES	
6.1.	Identificación de la variable	56
6.2.	Definición de las Variables	56
6.3.	Operacionalización de la variables	56
VII.	MÉTODO	
7.1.	Tipo de Investigación	56
7.2.	Diseño de la Investigación	57
7.3.	Población y Muestra	
7.3.1.	Población	57
7.3.2.	Muestra	58
7.4.	Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos	58
7.4.1.	Técnicas de Recolección de datos	58
7.4.2.	Instrumentos de Recolección de datos	58
7.4.3.	Procedimientos de Recolección de Datos	58
7.5.	Procesamiento y Análisis de Datos	59
7.5.1.	Descripción del Proyecto	59
7.5.2.	Identificación	61
7.5.2.1.	Arquitectura y Configuración Geométrica	61
7.5.3.	Estructuración y Predimensionamiento	65
7.5.3.1.	Estructuración	65
7.5.3.2.	Predimensionamiento de Elementos Estructurales	67

7.5.4. Metrado de Cargas	70
7.5.5. Modelo Matemático de la Estructura	71
7.5.5.1. Definición de ejes estructurales	71
7.5.5.2. Creación de materiales	72
7.5.5.3. Creación de secciones lineales	72
7.5.5.4. Creación de secciones de área	73
7.5.5.5. Modelación estructural	74
7.5.5.6. Asignación de cargas	75
7.5.6. Peso de la Estructura	75
7.5.7. Asignación de espectro de Diseño	75
7.5.8. Creación de caso de respuesta dinámica	76
7.5.9. Creación de fuente de masa	77
7.5.10. Factores para el análisis	77
7.5.11. Análisis Sísmico Norma E.030 (2003)	78
7.5.11.1. Análisis Estático	78
7.5.11.2. Análisis Dinámico	79
7.5.11.3. Fuerza cortante en la base	79
7.5.11.4. Control de desplazamientos	79
7.5.11.5. Periodos de vibración de la estructura	80
7.5.12. Análisis Sísmico con la Propuesta Modificatoria Norma E.030 (2014)	80
7.5.12.1. Análisis Estático	80
7.5.12.2. Análisis Dinámico	81
7.5.12.3. Fuerza cortante en la base	82
7.5.12.4. Control de desplazamientos	82
7.5.12.5. Periodos de vibración de la estructura	83
VIII. RESULTADOS	84
IX. DISCUSIÓN	95
X. CONCLUSIONES	106
XI. RECOMENDACIONES	109
XII. BIBLIOGRAFÍA	111
XIII. ANEXOS	113
13.1. Memoria de Cálculo	

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro Nº 1 : Propiedades del Sistema Estructural.
- Cuadro Nº 2 : Desplazamientos Máximos Laterales Dirección XX (Norma E.030 2003).
- Cuadro Nº 3 : Máximas Distorsiones por Piso XX (Norma E.030 2003).
- Cuadro Nº 4 : Desplazamientos Máximos Laterales Dirección YY (Norma E.030 2003).
- Cuadro Nº 5 : Máximas Distorsiones por Piso YY (Norma E.030 2003).
- Cuadro Nº 6 : Desplazamientos Máximos Laterales Dirección XX (Norma E.030 2014).
- Cuadro Nº 7 : Máximas Distorsiones por Piso XX (Norma E.030 2014).
- Cuadro Nº 8 : Desplazamientos Máximos Laterales Dirección YY (Norma E.030 2014).
- Cuadro Nº 9 : Máximas Distorsiones por Piso YY (Norma E.030 2014).
- Cuadro Nº 10 : Cortante Estático con Norma E.030 (2003) y la E.030 (2014) Dirección XX.
- Cuadro Nº 11 : Cortante Estático con Norma E.030 (2003) y la E.030 (2014) Dirección YY.
- Cuadro Nº 12 : Variación de Cortante Estático Respecto a la Altura con Norma E.030 (2003) XX.
- Cuadro Nº 13 : Variación de Cortante Estático Respecto a la Altura con Norma E.030 (2003) YY.
- Cuadro Nº 14 : Variación de Cortante Estático Respecto a la Altura con Norma E.030 (2014) XX.
- Cuadro Nº 15 : Variación de Cortante Estático Respecto a la Altura con Norma E.030 (2014) YY.

- Cuadro N° 16 : Desplazamientos Máximos Laterales Dirección EQ XX
(Norma E.030 2003).
- Cuadro N° 17 : Máximas Distorsiones por Piso XX (Norma E.030 2003).
- Cuadro N° 18 : Desplazamientos Máximos Laterales Dirección EQ YY
(Norma E.030 2003).
- Cuadro N° 19 : Máximas Distorsiones por Piso YY (Norma E.030 2003).
- Cuadro N° 20 : Desplazamientos Máximos Laterales Dirección EQ XX
(Norma E.030 2014).
- Cuadro N° 21 : Máximas Distorsiones por Piso XX (Norma E.030 2014).
- Cuadro N° 22 : Desplazamientos Máximos Laterales Dirección EQ YY
(Norma E.030 2014).
- Cuadro N° 23 : Máximas Distorsiones por Piso YY (Norma E.030 2014).
- Cuadro N° 24 : Cortante Dinámico con Norma E.030 (2003) y la E.030 (2014)
Dirección XX.
- Cuadro N° 25 : Cortante Dinámico con Norma E.030 (2003) y la E.030 (2014)
Dirección YY.
- Cuadro N° 26 : Variación de Cortante Estático Respecto a la Altura con
Norma E.030 (2003) XX.
- Cuadro N° 27 : Variación de Cortante Estático Respecto a la Altura con
Norma E.030 (2003) YY.
- Cuadro N° 28 : Variación de Cortante Dinámico Respecto a la Altura con
Norma E.030 (2014) XX.
- Cuadro N° 29 : Variación de Cortante Dinámica Respecto a la Altura con
Norma E.030 (2014) YY.
- Cuadro N° 30 : Desplazamientos Máximos Dirección XX
- Cuadro N° 31 : Desplazamientos Máximos Dirección YY.

Cuadro Nº 32 :	Desplazamientos Máximos Dirección XX
Cuadro Nº 33 :	Desplazamientos Máximos Dirección YY.
Cuadro Nº 34 :	Fuerza Cortante en la Base, XX e YY.
Cuadro Nº 35 :	Desplazamientos Máximos Dirección XX
Cuadro Nº 36 :	Desplazamientos Máximos Dirección YY.
Cuadro Nº 37 :	Distorsiones Máximos Dirección XX.
Cuadro Nº 38 :	Distorsiones Máximos Dirección YY.
Cuadro Nº 39 :	Fuerza Cortante en la Base XX.
Cuadro Nº 40 :	Fuerza Cortante en la Base YY.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1	:	Desplazamiento por Piso en Dirección XX.
Gráfico N° 2	:	Desplazamiento por Piso en Dirección YY.
Gráfico N° 3	:	Distorsión por Piso en Dirección XX.
Gráfico N° 4	:	Distorsión por Piso en Dirección YY.
Gráfico N° 5	:	Variación de la Fuerza Cortante Dirección XX y YY.
Gráfico N° 6	:	Desplazamiento por Piso en Dirección XX.
Gráfico N° 7	:	Desplazamiento por Piso en Dirección YY.
Gráfico N° 8	:	Distorsión por Piso en Dirección XX.
Gráfico N° 9	:	Distorsión por Piso en Dirección YY.
Gráfico N° 10	:	Variación de la Fuerza Cortante Dirección XX.
Gráfico N° 11	:	Variación de la Fuerza Cortante Dirección YY.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, está orientado al análisis sísmico de una edificación multifamiliar ubicado en la ciudad de Tarapoto aplicando la Norma E.030 vigente (2003) frente a su modificatoria propuesta, a fin de determinar la variación de las respuestas y acciones sísmicas más significativos.

Para del desarrollo de esta investigación, se empleó un único modelo dinámico tridimensional en el Software ETABS 2013, el cual consta de un edificio de 6 niveles, que será utilizado para realizar el análisis por cargas de sismo en los ejes “X – X” e “Y – Y”. El sistema estructural del edificio es del tipo Dual de concreto armado conformado por muros de corte, columnas, vigas y losa aligerada. En el modelo dinámico los techos fueron representados por diafragmas rígidos.

Se desarrolló el análisis sísmico (estático y dinámico) de la edificación aplicando la Norma E.030 y su Propuesta Modificatoria, con la ayuda del Software ETABS 2013.

Luego de realizar el análisis sísmico del edificio con la **Norma E.030 vigente** se obtuvieron los siguientes resultados:

Del **análisis estático** las derivas máximas obtenidas fueron 0.00438 (Piso 3) y 0.00280 (Piso 3 y 4) para la dirección paralela y perpendicular a la fachada respectivamente, cumpliendo con la exigencia de esta Norma, el desplazamiento máximo calculado en la azotea fue de 68.25 mm en la dirección “X” y 46.20 mm en la dirección “Y”, y la fuerza cortante en la base fue de 390.3928 ton.

Del **análisis dinámico** las derivas máximas obtenidas fueron 0.00420 (Piso 3) y 0.00228 (Piso 3, 4 y 5) para la dirección paralela y perpendicular a la fachada respectivamente, cumpliendo con la exigencia de esta Norma, el desplazamiento máximo calculado en la azotea fue de 64.58 mm en la dirección “X” y 37.80 mm en la dirección “Y”, y la fuerza cortante en la base fue de 324.9553 ton.

Luego de realizar el análisis sísmico del edificio con la **Propuesta Modificatoria de la Norma E.030** se obtuvieron los siguientes resultados:

Del **análisis estático** las derivas máximas obtenidas fueron 0.00350 (Piso 3 y 4) y 0.00245 (Piso 3) para la dirección paralela y perpendicular a la fachada respectivamente, cumpliendo con la exigencia de esta Norma, el desplazamiento máximo calculado en la azotea fue de 56.70 mm en la dirección “X” y 38.85 mm en la dirección “Y”, y la fuerza cortante en la base fue de 325.3273 ton.

Del **análisis dinámico** las derivas máximas obtenidas fueron 0.00333 (Piso 2 y 3) y 0.00193 (Piso 3,4 y 5) para la dirección paralela y perpendicular a la fachada respectivamente, cumpliendo con la exigencia de esta Norma, el desplazamiento máximo calculado en la azotea fue de 53.55 mm en la dirección “X” y 31.50 mm en la dirección “Y”, y la fuerza cortante en la base fue de 270.7691 ton.

Finalmente se elaboró un cuadro comparativo sobre las variaciones de los esfuerzos y desplazamientos obtenidos al realizar el análisis sísmico con la **Norma E.030 vs Propuesta Modificatoria** y comprobándose:

Con el **análisis estático** las derivas máximas disminuyen en un 16.67 % en el sentido “X” y 16.73 % en el sentido “Y”, el desplazamiento máximo de la azotea en un 16.92 % en el sentido “X” y 15.91 % en el sentido “Y”, y la fuerza cortante en un 16.67 % respectivamente.

Con el **análisis dinámico** las derivas máximas disminuyen en un 16.71 % en el sentido “X” y 16.71 % en el sentido “Y”, el desplazamiento máximo de la azotea en un 17.07 % en el sentido “X” y 16.67 % en el sentido “Y”, y la fuerza cortante en un 16.67 % respectivamente.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, los códigos de diseño y construcción son relativamente jóvenes. Hasta la primera mitad del siglo XX, los diseños de las obras de infraestructura y vivienda se realizaban empíricamente o aplicando reglamentos y recomendaciones de Europa y Estados Unidos. Es así que el primer código peruano de diseño sísmico data de 1967 y la última versión corresponde al año 2003. El Perú en general está ubicado en una zona altamente sísmica por lo que necesariamente todas las edificaciones deben diseñarse y construirse con criterios de resistencia sísmica, además de establecer un delicado equilibrio entre la seguridad y economía.

Las Normas Técnicas de Edificaciones (NTE) son en el Perú, los documentos legales mediante los cuales se asegura un mínimo nivel de confianza en que las estructuras así diseñadas y construidas sean durables y tengan la resistencia suficiente para soportar los embates de la naturaleza. La correspondiente al análisis y diseño sísmico es la definida como Norma “E.030 Diseño Sismo resistente” en el Reglamento Nacional de Edificaciones, la cual a lo largo del tiempo ha sufrido cambios de acuerdo al avance del conocimiento en el campo de la ingeniería sismoresistente, modificando e incorporando criterios, factores y coeficientes ya aceptados en muchos códigos del mundo y entre otros a necesidades propias del país.

Es así que el comité permanente de NTE-E.030, publicó para discusión pública desde el día 20 de enero del 2014, por medio del diario oficial “El Peruano” el Proyecto de Norma E.030 Diseño Sismoresistente, el cual busca incorporar y ampliar criterios para el diseño sísmico no contemplados en la norma vigente. Con lo cual el presente trabajo se orienta a realizar el análisis sísmico de un edificio multifamiliar ubicado en la ciudad de Tarapoto aplicando la norma E.030 vigente frente a su modificatoria propuesta, a fin de comparar los valores de respuestas y acciones sísmicas más significativas que resulten del análisis en un mismo sistema estructural propuesto y establecer si cumplen los requerimientos establecidos por cada norma.

II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

El Perú a fin de establecer su reglamentación para el diseño sísmico, en el año de **1964** se realiza el Primer Proyecto de Norma Peruana de Diseño Antisísmico, basada en la de la SEOC (Structural Engineers Association of California), con la cual se iniciaron en la implementación de la reglamentación.

En el año de **1968** se aprueba el Proyecto de Norma Peruana de Diseño Antisísmico (Primer Reglamento Provincial), aprobado por la Comisión Técnica Municipal de Lima, para su aplicación a nivel provincial. Además se propone al Ministerio de Fomento y Obras Públicas, que la Norma Peruana de Diseño Antisísmico aprobada sea de aplicación en toda la República.

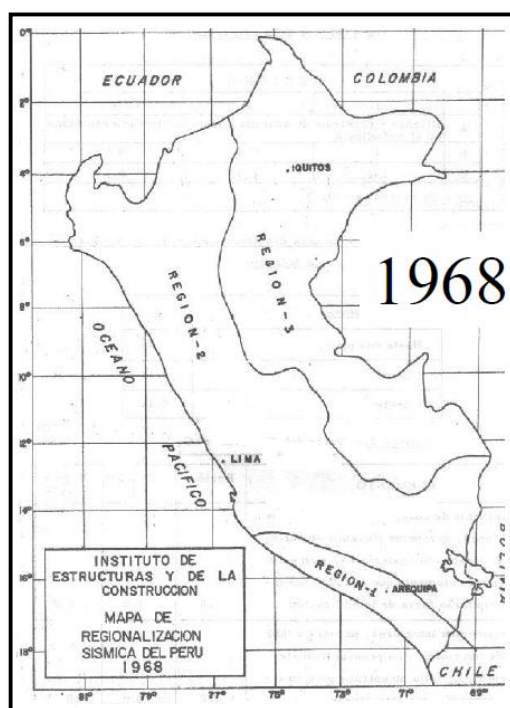


FIG. N°1: Mapa de Zonificación Sísmica propuesta en la Norma de 1968.

En el año de **1970** se aprueba la Primera Norma Peruana de Diseño Antisísmico, cuyo fin fundamental era “la seguridad contra el efecto destructivo de los sismos” basados en las experiencia de los sismos de 1966 y el de 1970.

Los aspectos más resaltantes de esta Norma son:

- **Zonificación sísmica:** se tenían en cuenta tres regiones sísmicas definidas.

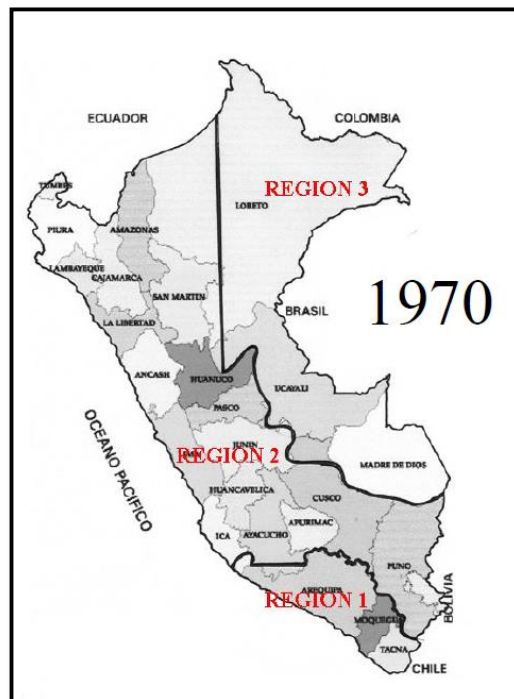


FIG. N°2: Mapa de Zonificación Sísmica aprobada en la Norma de 1970.

- **Factor de sistema estructural (Factor K).**

FACTOR K	SISTEMA ESTRUCTURAL
1.33 (0.75)	Estructura tipo cajón con muros.
1.00 (1.00)	Estructura mixta con muros y pórticos.
1.33 (1.25)	Estructura con pórticos dúctiles para resistir el 25 % de cortante en la base.
0.67 (1.50)	Estructuras solamente con pórticos dúctiles.

- **Categoría de las edificaciones y Factor de Uso (U):**

		FACTOR DE USO (U)			
		REGIÓN			
		1	2	3	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	A	Viviendas rurales y viviendas populares			
	B	Costrucciones comunes: viviendas unifamiliares, multifamiliares, oficinas, etc.	1.0	0.8	0.6
	C	Edificios con aglomeraciones de público: teatros, estadios, coliseos, colegios, ademas de servicios públicos como centrales eléctricas, plantas de agua, hospitales, carceles, etc.	1.2	1.0	0.7
	D	Estructuras especiales (Reactores atómicos. etc).			

- **Factor C:** porcentaje (de la carga permanente más una parte de la carga viva), que debe tomarse como cortante sísmico en la base.

$$C = \frac{0.05}{\sqrt[3]{T}}$$

Dónde:

T es el periodo de la estructura, y se obtiene de la siguiente manera:

T (s)	Tipo de Estructura
$T = \frac{0.09 h}{\sqrt{D}}$	Solamente a base de pórticos.
$T = \frac{0.07 h}{\sqrt{D}}$	Estructuras mixtas
$T = \frac{0.05 h}{\sqrt{D}}$	Estructuras rígidas con gran cantidad de muros.

T se podía estimar como 0.1 N, (N = número de pisos)

- Finalmente, para el cálculo de la Fuerza Sísmica Lateral se usaba la expresión:

$$H = UKCP$$

En el año de **1977** se aprueba la Segunda Norma Peruana de Diseño Antisísmico, con experiencia de terremotos de Chimbote – Huaraz de 1970 y Lima de 1974.

Los aspectos más resaltantes de esta Norma son:

- **Zonificación sísmica:** se tenían en cuenta tres regiones sísmicas definidas.

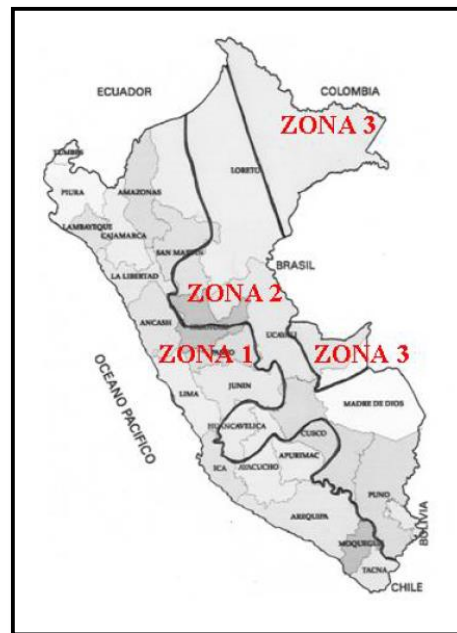


FIG. N°3: Mapa de Zonificación Sísmica aprobada en la Norma de 1977.

- **Factor de Zona (Z)**, en función de la zonificación sísmica.

Zona	Z
1	1.00
2	0.70
3	0.30

- **Factor de Uso (U)**, en función al tipo de edificación.

Categoría	U
A	Proyectista
B	1.3
C	1.0

- Factor de Suelo (S)

PERFIL	S	Ts (s) (Período del Suelo)
1	1.00	0.30
2	1.20	0.60
3	1.40	0.90

- Coeficiente Sísmico (C)

$$C = \frac{0.80}{\frac{T}{T_s} + 1}$$

Dónde:

T = 0, Sistemas rígidos, C = 0.40

T= Período del edificio, y se obtiene de la siguiente manera:

T (s)	Tipo de Estructura
$T = 0.08 N$	Para estructuras solamente aporticadas, N= número pisos
$T = \frac{0.09 h}{\sqrt{D}}$	Para estructuras solamente con pórticos y cajas de ascensores.
$T = \frac{0.05 h}{\sqrt{D}}$	Para estructuras rígidas con gran cantidad de muros.
$T = \frac{0.07 h}{\sqrt{D}}$	Para estructuras mixtas.

- Factor de Reducción por Ductilidad (R_d)

Tipo de estructura	Rd
Pórticos de acero	6.00
Pórticos de concreto, especialmente dúctiles	5.00
Pórticos	4.00
Muros de concreto	3.00
Albañilería confinada	2.50
Albañilería sin confinar	1.50

- Para el cálculo de la Fuerza Cortante en la base, se usaba la expresión:

$$H = \frac{ZUSC}{R_d} P$$

- **Distorsiones admisibles ($\Delta_{x,y}$)**

Material Predominante	$\frac{\Delta_i}{he_i}$
Concreto Armado	0.010
Acero (*)	0.015
Albañilería	0.010
Madera	0.015

En el año de **1997** se aprueba la Tercera Norma Peruana de Diseño Antisísmico – E.030, (Experiencia de terremotos de México de 1985, Loma Prieta de 1989, Northridge de 1994, Kobe de 1995 y de Nazca de 1996).

Los objetivos que enmarcaron la Norma fueron:

- Resistir sismos leves sin daño, resistir sismos moderados considerando la posibilidad de daños estructurales leves, y resistir sismos severos con posibilidad de daños estructurales importantes, evitando el colapso de la edificación.

Los aspectos más resaltantes de esta Norma son:

- **Zonificación sísmica:** Se mantuvo en tres zonas, por falta de información de la cuarta; además, se invirtió los números de la zona, este aproxima el nivel de la aceleración máxima.



FIG. N° 4: Mapa de Zonificación Sísmica aprobada en la Norma de 1997.

- **Factor de Zona (Z)**, en función de la zonificación sísmica.

Zona	Z
3	0.40
2	0.30
1	0.15

- **Factor de Uso (U)**, en función al tipo de edificación.

Categoría	U
A	1.5
B	1.3
C	1.0

- **Factor de Suelo (S)**

PERFIL	S	Tp * (s)
S1	1.00	0.40
S2	1.20	0.60
S3	1.40	0.90

(*) Ya no **Ts**, o sea **Tp** no es el período del suelo.

- **Factor de Amplificación Sísmica (C)**

$$C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right) \leq 2.5,$$

Dónde:

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

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot D_i^2 \right)}{\left(g \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot D_i \right)}}$$

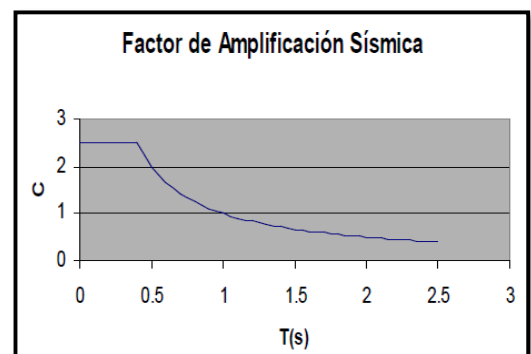


FIG. N° 5: Factor de Amplificación sísmica en la Norma de 1997.

- **Factor de Reducción de Fuerza Sísmica (R)**

Sistema Estructural Sismorresistente	R
Pórticos de acero	10.0
Pórticos de concreto armado	10.0
Dual de concreto armado	10.0
Muros de corte de concreto armado	7.5
Albañilería estructural	6.0
Construcción con madera	7.0

- Para el cálculo de la Fuerza Cortante en la base, se usaba la expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

Dónde: $\frac{C}{R} \geq 0.10$

- **Distorsiones admisibles ($\Delta_{x,y}$)**

Material Predominante	$\frac{\Delta_i}{he_i}$
Concreto Armado	0.007
Acero (*)	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010

En el año de **2003** se realiza una revisión y **actualización** de la Tercera Norma Peruana de Diseño Antisísmico – E.030 de 1997 con experiencia del terremoto de Atico – Arequipa del año 2001, teniendo un cambio significativo respecto a la categoría de las edificaciones y el factor de uso (U) y los valores del factor de reducción de Fuerza Sísmica (R) y otras de gran importancia que serán descritas posteriormente, la cual es la que se mantiene vigente hasta la fecha.

Posteriormente con experiencia del terremoto de Pisco del año 2007, en el año de **2014** se realiza una propuesta de modificatoria de la Norma

Peruana de Diseño Antisísmico – E.030 del 2003 la cual se encuentra en discusión pública desde el 20 de enero del presente año.

2.2. Bases Teóricas

El diseño de las estructuras para resistir efectos sísmicos difiere del que se realiza para el efecto de otras acciones. Las razones son diversas. Lo peculiar del problema sísmico no radica sólo en la complejidad de la respuesta estructural a los efectos dinámicos de los sismos, sino, sobre todo, se deriva de lo poco predecible que es el fenómeno y de la intensidades extraordinarias que pueden alcanzar sus efectos, asociados a que la probabilidad de que se presenten dichas intensidades extraordinarias en la vida esperada de la estructura es muy pequeña.

Los códigos de diseño son las herramientas que nos proporcionan las recomendaciones más adecuadas para realizar un diseño que se comporte adecuadamente ante la incidencia de un suceso sísmico. Son el Instrumento que nace de muchas de las experiencias pasadas y de pruebas de laboratorio de las cuales se obtiene una aproximación a la realidad del comportamiento de las estructuras ante los sismos.

2.2.1. Naturaleza y Probabilidad del Sismo

Aunque los movimientos sísmicos aún no se pueden predecir con exactitud, en la práctica, la ciencia y la ingeniería proporcionan herramientas que se pueden utilizar para reducir sus efectos. En primer lugar, la ciencia está en condiciones de identificar el lugar geográfico donde hay más probabilidades que ocurra el siguiente sismo importante, mediante lo que se denomina el silencio sísmico, que identifica las zonas de un territorio donde no se han registrado sismos importantes en muchos años.

Esto está también relacionado con la dificultad de predecir la fecha de ocurrencia aun cuando se están haciendo esfuerzos para monitorear instrumentalmente diversas variables que tendrían relación con la ocurrencia de los sismos.

2.2.2. Aspectos Principales del Diseño Sísmico

De manera general el diseño sísmico de una estructura implica las siguientes etapas:

- **La selección de un sistema estructural adecuado.** El sistema estructural debe ser capaz de absorber y disipar la energía introducida por el sismo sin que se generen efectos particularmente desfavorables, como concentraciones o amplificaciones dinámicas. De la capacidad del sistema adoptado depende en gran parte el éxito del diseño.
- **El análisis sísmico.** Los reglamentos definen las acciones sísmicas para las cuales debe calcularse la respuesta de la estructura y proporcionan métodos de análisis de distinto grado de refinamiento. La atención debe presentarse más a la determinación del modelo analítico más representativo de la estructura real, que al refinamiento del análisis, para el cual se cuenta actualmente con programas de computadora poderosos y fáciles de usar, que simplifican notablemente el problema.
- **El dimensionamiento de las secciones.** Los métodos de dimensionamiento de las secciones y elementos estructurales no difieren sustancialmente de los que se especifican para todos tipos de acciones.
- **Detallado de la estructura.** Para que las estructuras tengan un comportamiento dúctil es necesario detallar sus elementos y

conexiones para proporcionarles gran capacidad de deformación antes del colapso. Los requisitos al respecto son particularmente severos en estructuras de concreto, en las que conducen a modificaciones sustanciales en las cuantías y distribuciones de refuerzo, con respecto a la práctica convencional en zonas sísmicas.

El procedimiento de diseño adoptado por la mayoría de los códigos actuales consiste esencialmente en un diseño elástico con fuerzas reducidas. Se acepta que parte de la energía introducida en la estructura por el sismo, se disipe por deformaciones inelásticas y, por ello, las fuerzas que deben ser capaces de resistir la estructura son menores que las que se introducirían si su comportamiento fuese elástico-lineal.

2.2.3. Principales Aspectos de la Norma E.030 (2003) y su Modificatoria E.030 (2014)

La Norma E.030 Diseño Sismorresistente establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos, tengan un comportamiento sísmico acorde a la filosofía y principios de diseño enmarcados en la misma. Además de aplicarse al diseño de todas las edificaciones nuevas, a la evaluación y reforzamiento de las ya existentes y a la reparación de las que resulten dañadas por la acción de los sismos.

La publicación del Proyecto de norma E.030 Diseño Sismorresistente, que se encuentra en proceso de evaluación, presenta en relación a la norma vigente, una serie de cambios e incorporación de parámetros que intervienen en la magnitud de fuerza sísmica que se transmiten a la estructura, afectando de esta manera la respuesta sísmica que el sistema estructural concebido presentará.

Las principales características de la norma vigente **E.030 (2003)** y sus modificatorias del proyecto de norma **E.030 (2014)** se describirán en el desarrollo del trabajo.

2.2.3.1. Filosofía del Diseño Sísmico

Este aspecto de la norma se mantiene igual en ambos casos de la norma, estableciendo que la filosofía del diseño sismoresistente está basado en:

- Evitar las pérdidas de vidas
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- Minimizar los daños de la propiedad

Además de establecer los siguientes principios para el diseño, en concordancia a la filosofía descrita:

- La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.

En el proyecto de norma **E.030 (2014)** se incorpora un nuevo principio:

- Para edificaciones esenciales se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que estén en condiciones operativas luego de un sismo severo.

2.2.3.2. Concepción Estructural Sismoresistente

El comportamiento sísmico de las edificaciones mejora cuando se observan las siguientes condiciones:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada.
- Continuidad en la estructura, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad.
- Deformación limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia.
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva e inspección estructural rigurosa.

2.2.3.3. Zonificación (Z)

La zonificación se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica.

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

La norma **E.030 (2003)** considera al territorio dividido en tres zonas, cada una asignada con un valor según la Tabla N°1 del reglamento respectivo.



Tabla N°1 FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
3	0,4
2	0,3
1	0,15

FIG. N° 6: Mapa de Zonificación Sísmica aprobada en la Norma de 2003.

La norma **E.030 (2014)** considera al territorio dividido en cuatro zonas, cada una asignada con un valor según la Tabla N°1 del reglamento respectivo.

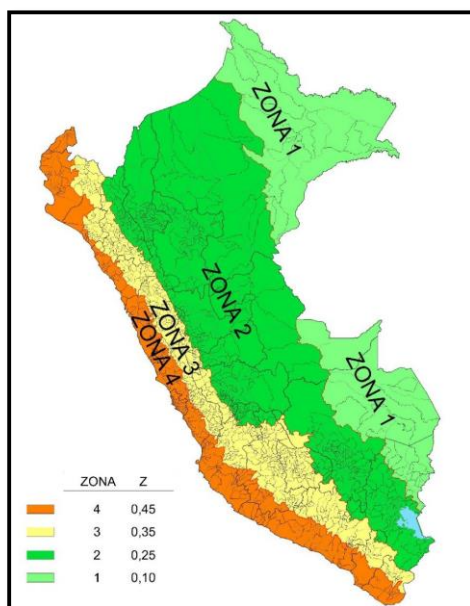


Tabla N°1 FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

FIG. N° 7: Mapa de Zonificación Sísmica del Proyecto de Norma de 2014.

2.2.3.4. Condiciones Geotectónicas

Los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el período

fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. Los tipos de perfiles de suelos son cuatro:

La norma **E.030 (2003)** establece cuatro tipos de perfiles de Suelos como se presenta a continuación:

- **Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos.** A este tipo corresponden las rocas y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte similar al de una roca, en los que el período fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0.25 s.
- **Perfil tipo S2: Suelos intermedios.** Se clasifican como de este tipo los sitios con características intermedias entre las indicadas para los perfiles S1 y S3.
- **Perfil tipo S3: Suelos flexibles o con estratos de gran espesor.** Corresponden a este tipo los suelos flexibles o estratos de gran espesor en los que el período fundamental, para vibraciones de baja amplitud, es mayor que 0.6 s.
- **Perfil tipo S4: Condiciones excepcionales.** A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables.

La norma **E.030 (2014)** establece cinco tipos de perfiles de Suelos como se presenta a continuación:

- **Perfil Tipo S0: Roca Dura.** A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte $\bar{V}_s > 1500$ m/s.
- **Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos.** A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con

velocidades de propagación de onda de corte $500 \text{ m/s} < \bar{V}_s \leq 1500 \text{ m/s}$.

- **Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios.** A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte $180 \text{ m/s} < \bar{V}_s \leq 500 \text{ m/s}$.
- **Perfil Tipo S3: Suelos Blandos.** Corresponden a este tipo los suelos medianamente flexibles con velocidades de propagación de onda de corte $\bar{V}_s \leq 180 \text{ m/s}$.
- **Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales.** A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio.

Tabla N° 2. Clasificación de los Perfiles de Suelo			
Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{s}_u$
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

2.2.3.5. Parámetros de Sitio (S)

La norma **E.030 (2003)** establece que deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores de **T_p** y del factor de amplificación del suelo **S** datos en la Tabla N°2.

Tabla N°2 Parámetros del Suelo			
Tipo	Descripción	T _p (s)	S
S ₁	Roca o suelos muy rígidos	0,4	1,0
S ₂	Suelos intermedios	0,6	1,2
S ₃	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0,9	1,4
S ₄	Condiciones excepcionales	*	*

(*) Los valores de T_p y S para este caso serán establecidos por el especialista, pero en ningún caso serán menores que los especificados para el perfil tipo S₃.

La norma **E.030 (2014)** establece que deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo **S** y los periodos **T_p** y **T_L** dados en las Tablas N°3 y N°4.

Tabla N° 3 FACTOR “S”				
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla N° 4 Periodo “T_P” y “T_L”				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

2.2.3.6. Factor de Amplificación Sísmica (C)

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

La norma **E.030 (2003)**, define el factor de amplificación sísmica (**C**) por la siguiente expresión:

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

Donde: **T** es el periodo fundamental

La norma **E.030 (2014)**, define el factor de amplificación sísmica (**C**) por las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 T < T_P & ; \quad C = 2,5 \\
 T_P < T < T_L & ; \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T} \right) \\
 T > T_L & ; \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Donde: **T** es el periodo fundamental

2.2.3.7. Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)

La norma **E.030 (2003)** establece que cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla. El coeficiente de uso e importancia (**U**), definido en la Tabla N°3 se usará según la clasificación que se haga.

Tabla N° 3 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1,0
D Edificaciones Menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	(*)
(*) En estas edificaciones, a criterio del proyectista, se podrá omitir el análisis por fuerzas sísmicas, pero deberá proveerse de la resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales.		

La norma **E.030 (2014)** establece que cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla. El

coeficiente de uso e importancia (**U**), definido en la Tabla N°5 se usará según la clasificación que se haga.

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR <i>U</i>
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud, como hospitales, institutos o similares, según clasificación del Ministerio de Salud, ubicados en las zonas sísmicas 4 y 3 que alojen cualquiera de los servicios indicados en la Tabla N° 5.1.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Hospitales no comprendidos en la categoría A1, clínicas, postas médicas, excepto edificios administrativos o de consulta externa. (Ver nota 2) - Puertos, aeropuertos, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como colegios, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
	B Edificaciones Importantes	1,3
	C Edificaciones Comunes	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 3

Tabla N° 5.1 Servicios de Salud	
1	Consulta Externa
2	Emergencia
3	Hospitalización y UCI
4	Centro Quirúrgico y Obstétrico
5	Medicina de Rehabilitación
6	Farmacia
7	Patología Clínica
8	Diagnóstico por imágenes
9	Centro de hemoterapia o Banco de Sangre
10	Hemodiálisis
11	Nutrición y Dietética
12	Central de Esterilización
13	Radioterapia
14	Medicina Nuclear

- Nota 1: Estas edificaciones tendrán aislamiento sísmico en la base, excepto en condiciones de suelo desfavorables al uso del sistema de aislamiento.
- Nota 2: Estas edificaciones tendrán un sistema de protección sísmica por aislamiento o disipación de energía cuando se ubiquen en las zonas sísmicas 4 y 3.
- Nota 3: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

2.2.3.8. Sistemas Estructurales

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismoresistente predominante en cada dirección.

Estructuras de Concreto Armado

- **Pórticos.**

Por lo menos el 80 % del cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos que cumplan los requisitos de la Norma E.060 Concreto Armado. En caso se tengan muros estructurales, estos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

- **Muros Estructurales.**

Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 80 % del cortante en la base.

- **Dual.**

Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros varía entre el 20 % y el 80 % del cortante del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 25 % del cortante en la base.

- **Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL).**

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. El máximo número de pisos que se puede construir con este sistema es de 7.

Estructuras de Acero

- **Pórticos Dúctiles Resistentes a Momentos.**

Estructuras de pórticos con nudos rígidos cuyas columnas y vigas resisten las fuerzas sísmicas por flexión y fuerza axial. Los perfiles que conforman el sistema sismoresistente son de secciones compactas según la Norma E.090 Estructuras Metálicas.

- **Pórticos Concéntricamente Arriostrados.**

Estructuras de pórticos cuyos elementos están sometidos principalmente a fuerzas axiales. Se incluyen estructuras con arriostres en cruz y con arriostres en V concéntricos.

- **Pórticos Excéntricamente Arriostrados.**

Estructuras cuyos pórticos tienen arriostres diagonales, en los que al menos uno de los extremos de cada arriostre llega a una viga a corta distancia del nudo o de otro arriostre diagonal.

Estructuras de Albañilería

Edificaciones cuyos elementos sismorresistentes son muros a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto. Para efectos de esta Norma no se hace diferencia entre estructuras de albañilería confinada o armada.

Estructuras de Madera

Se consideran en este grupo las edificaciones cuyos elementos resistentes son principalmente a base de madera. Se incluyen sistemas entramados y estructuras arriostradas tipo poste y viga.

2.2.3.9. Categorías y Sistemas Estructurales Permitidos

La norma **E.030 (2003)** establece que de acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse observando las características de regularidad y empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N°7.

Tabla N° 7 CATEGORÍA Y ESTRUCTURA DE LAS EDIFICACIONES			
Categoría de la Edificación.	Regularidad Estructural	Zona	Sistema Estructural
A (*)	Regular	3	Acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual
		2 y 1	Acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual, Madera
B	Regular o Irregular	3 y 2	Acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual, Madera
		1	Cualquier sistema.
C	Regular o Irregular	3, 2 y 1	Cualquier sistema.

(*) Para lograr los objetivos indicados en la Tabla N°3, la edificación será especialmente estructurada para resistir sismos severos.

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

La norma **E.030 (2014)** establece que de acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N°6 y respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N°10

Tabla N° 6 CATEGORÍA Y ESTRUCTURA DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación.	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural
	2 y 1	Pórticos arriostrados de acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual
A2 (*)	4, 3 y 2	Pórticos arriostrados de acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual
	1	Cualquier sistema
B	4, 3 y 2	Pórticos arriostrados de acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual, Madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

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

2.2.3.10. Restricciones a la Irregularidad

La norma **E.030 (2003)** ya tiene incorporado este aspecto en la Tabla N°7 de categorías y sistemas estructurales permitidos

Sin embargo la norma **E.030 (2014)** establece que de acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá

proyectarse respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N°10

Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación.	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

2.2.3.11. Configuración Estructural

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares con el fin de determinar el procedimiento adecuado de análisis y los valores apropiados del factor de reducción de fuerza sísmica (R).

La norma **E.030 (2003)** lo establece de la siguiente manera:

- **Estructuras Regulares.** Son las que no tienen discontinuidades significativas horizontales o verticales en su configuración resistente a cargas laterales.
- **Estructuras Irregulares.** Se definen como estructuras irregulares aquellas que presentan una o más de las características indicadas en la Tabla N°4 o Tabla N°5.

Tabla N° 4 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA
Irregularidades de Rigidez – Piso blando En cada dirección la suma de las áreas de las secciones transversales de los elementos verticales resistentes al corte en un entrepiso, columnas y muros, es menor que 85 % de la correspondiente suma para el entrepiso superior, o es menor que 90 % del promedio para los 3 pisos superiores. No es aplicable en sótanos. Para pisos de altura diferente multiplicar los valores anteriores por (h_i/h_d) donde h_d es altura diferente de piso y h_i es la altura típica de piso.
Irregularidad de Masa Se considera que existe irregularidad de masa, cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa de un piso adyacente. No es aplicable en azoteas
Irregularidad Geométrica Vertical La dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 130% de la correspondiente dimensión en un piso adyacente. No es aplicable en azoteas ni en sótanos.
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes. Desalineamiento de elementos verticales, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento de magnitud mayor que la dimensión del elemento.

Tabla N° 5 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA
Irregularidad Torsional Se considerará sólo en edificios con diafragmas rígidos en los que el desplazamiento promedio de algún entrepiso exceda del 50% del máximo permisible indicado en la Tabla N°8 del Artículo 15 (15.1). En cualquiera de las direcciones de análisis, el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, en un extremo del edificio, es mayor que 1,3 veces el promedio de este desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo que simultáneamente se obtiene en el extremo opuesto.
Esquinas Entrantes La configuración en planta y el sistema resistente de la estructura, tienen esquinas entrantes, cuyas dimensiones en ambas direcciones, son mayores que el 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.
Discontinuidad del Diafragma Diafragma con discontinuidades abruptas o variaciones en rigidez, incluyendo áreas abiertas mayores a 50% del área bruta del diafragma.

La norma **E.030 (2014)** lo establece de la siguiente manera:

- **Estructuras Regulares:** son las que no presentan las irregularidades indicadas en las Tablas N°8 y N°9 y en su configuración resistente a cargas laterales.
- **Estructuras Irregulares:** son aquellas que presentan una o más de las características indicadas en la Tabla N°8 y la Tabla N°9.

Factores de Irregularidad (**la**, **lp**)

El factor “**la**” se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades existentes en altura. El factor “**lp**” se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades existentes en planta.

Los factores de irregularidad serán únicos en ambas direcciones de análisis. Si la estructura no presenta irregularidades en altura o en planta, el factor “**la**” o “**lp**” será igual a 1.

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_a
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión (deriva) de entrepiso es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso. Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	0,75
Irregularidad Extrema de Rigidez Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión (deriva) de entrepiso es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso. Irregularidad Extrema de Resistencia Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	0,5 (Ver Tabla N° 10)
Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Se exceptúan los techos cuyo peso sea inferior al del piso inmediato inferior.	0,90
Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes. Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.	0,80
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 50 % de la fuerza cortante total.	0,60

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_p
Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del extremo opuesto del mismo entrepiso para la misma condición de carga. Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso excede de 50 % del máximo permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,75
Irregularidad Torsional Extrema Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 3 veces el desplazamiento relativo del extremo opuesto del mismo entrepiso para la misma condición de carga. Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el desplazamiento relativo de entrepiso excede de 50 % del máximo permisible indicado en la Tabla N° 11.	$0,75 \left(3,0 \frac{\Delta_{\min}}{\Delta_{\max}} \right)$
Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.	0,90
Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0,85
Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.	0,90

2.2.3.12. Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica (R)

La norma **E.030 (2003)** lo establece de la siguiente manera:

Según la clasificación que se haga de una edificación se usará un coeficiente de reducción de fuerza sísmica (**R**) establecidos en la Tabla N°6.

Tabla N° 6 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente de Reducción, R Para estructuras regulares (*) (**)
Acero	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos.	9,5
Otras estructuras de acero:	
Arriostres Excéntricos.	6,5
Arriostres en Cruz.	6,0
Concreto Armado	
Pórticos ⁽¹⁾ .	8
Dual ⁽²⁾ .	7
De muros estructurales ⁽³⁾ .	6
Muros de ductilidad limitada ⁽⁴⁾ .	4
Albañilería Armada o Confinada ⁽⁵⁾ .	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

(*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

(**) Para estructuras irregulares, los valores de R deben ser tomados como ¾ de los anotados en la Tabla.

La norma **E.030 (2014)** lo establece de la siguiente manera:

El coeficiente de reducción de la fuerza sísmica se determinará como el producto del coeficiente R_0 presentado en la Tabla N° 7 y de los factores “**I_a**” e “**I_p**” obtenidos de las Tablas N° 8 y N° 9.

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

Cuando en la dirección de análisis, la edificación presenta más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente R_0 que corresponda.

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R_D (*)
Acero:	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos.	8
Otras estructuras de acero:	
Arriostres Excéntricos	7
Arriostres Concéntricos	6
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7
(*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.	

2.2.3.13. Peso de la Edificación (P)

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la Edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

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

2.2.3.14. Análisis Estático o de Fuerzas Equivalentes

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

Podrán analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1,

las estructuras clasificadas como regulares según las características correspondientes de no más de 45 m de altura y las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

PERIODO FUNDAMENTAL

El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará, con la siguiente expresión:

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

Donde:

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

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

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

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

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

También podrá usarse un procedimiento de análisis dinámico que considere las características de rigidez y distribución de masas en la estructura. Como una forma sencilla de este procedimiento puede usarse la siguiente expresión:

$$T = 0,85 \left(2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot D_i^2 \right)}{g \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot D_i}} \right)$$

Donde:

Di: son los desplazamientos laterales del centro de masa del nivel *i* en traslación pura (restringiendo los giros en planta). Los desplazamientos se calcularán suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.

Fi: son las fuerzas laterales actuantes por nivel

g: es la aceleración de la gravedad.

FUERZA CORTANTE EN LA BASE

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

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

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,125$$

DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA SÍSMICA EN ALTURA

La norma **E.030 (2003)** lo establece de la siguiente manera:

Si el período fundamental (**T**), es mayor que 0.7 s, una parte de la fuerza cortante (**V**), denominada “**Fa**”, deberá aplicarse como fuerza concentrada en la parte superior de la estructura. Esta fuerza “**Fa**” se determinará mediante la expresión:

$$F_a = 0,07 \cdot T \cdot V \leq 0,15 \cdot V$$

Donde el período (**T**) será el mismo que el usado para la determinación de la fuerza cortante en la base. El resto de la fuerza

cortante, es decir (**V - Fa**) se distribuirá entre los distintos niveles, incluyendo el último, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$F_i = \frac{P_i \cdot h_i}{\sum_{j=1}^n P_j \cdot h_j} \cdot (V - F_a)$$

La norma **E.030 (2014)** lo establece de la siguiente manera:

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel *i*, correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante:

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

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

- Para **T** menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1.0$
- Para **T** mayor que 0,5 segundos: $k = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$

2.2.3.15. Análisis Dinámico (Modal Espectral)

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado la norma correspondiente.

MODOS DE VIBRACIÓN

Los periodos naturales y modos de vibración podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas de la estructura.

En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el **90 %** de la masa total, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

ACELERACIÓN ESPECTRAL

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \cdot g$$

CRITERIOS DE COMBINACIÓN

Mediante los criterios de combinación que se indican, se podrá obtener la respuesta máxima elástica esperada (**r**) tanto para las fuerzas internas en los elementos componentes de la estructura, como para los parámetros globales del edificio como fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso.

La respuesta máxima elástica esperada (**r**) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados (**ri**) podrá determinarse usando la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

Donde **r** representa las respuestas modales, desplazamientos o fuerzas. Y los coeficientes de correlación están dados por:

$$\rho_{ij} = \frac{8 \beta^2 (1 + \lambda) \lambda^{3/2}}{(1 + \lambda^2)^2 + 4 \beta^2 \lambda (1 + \lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

$\beta = 0.05$, fracción del amortiguamiento crítico, que se puede asumir constante para todos los modos.

Alternativamente, la respuesta máxima podrá estimarse mediante la siguiente expresión.

$$r = 0,25 \cdot \sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

2.2.3.16. Fuerza Cortante Mínima

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el **80 %** del valor calculado en el análisis estático, para el análisis dinámico en estructuras regulares, ni menor que el **90 %** para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

2.2.3.17. Efectos de Torsión

CASO DE ANÁLISIS ESTÁTICO

Para estructuras con diafragmas rígidos, se supondrá que la fuerza en cada nivel (**F_i**) actúa en el centro de masas del nivel respectivo y debe considerarse además de la excentricidad propia de la estructura, el efecto de excentricidades accidentales (en cada dirección de análisis) como se indica a continuación:

- En el centro de masas de cada nivel, además de la fuerza lateral estática actuante, se aplicará un momento torsor accidental (**M_{ti}**) que se calcula como:

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i$$

- Para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel (e_i), se considerará como 0.05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la de la acción de las fuerzas.
- Se puede suponer que las condiciones más desfavorables se obtienen considerando las excentricidades accidentales con el mismo signo en todos los niveles. Se considerarán únicamente los incrementos de las fuerzas horizontales no así las disminuciones.

CASO DE ANÁLISIS DINÁMICO

La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0.05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable.

2.2.3.18. Determinación de Desplazamientos Laterales

La norma **E.030 (2003)** lo establece de la siguiente manera:

Los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por **0.75R** los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de **C/R** indicados, ni el cortante mínimo en la base especificado.

La norma **E.030 (2014)** lo establece de la siguiente manera:

Para estructuras regulares los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por **0.75R** los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para el caso de estructuras irregulares deberá emplearse el valor de **0.85R**

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de C/R indicados, ni el cortante mínimo en la base especificado.

2.2.3.19. Desplazamientos Laterales Relativos Permisibles

La norma **E.030 (2003)** lo establece de la siguiente manera:

El máximo desplazamiento relativo no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso que se indica en la Tabla N°8

Tabla N° 8 LÍMITES PARA DESPLAZAMIENTO LATERAL DE ENTREPISO Estos límites no son aplicables a naves industriales	
Material Predominante	($D_i / h_{e,i}$)
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010

La norma **E.030 (2014)** lo establece de la siguiente manera:

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N°11

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado de ductilidad limitada	0,005

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

2.2.3.20. Separación entre Edificios

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas una distancia mínima “**s**” para evitar el contacto durante un movimiento sísmico.

Esta distancia no será menor que los 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos de los bloques adyacentes ni menor que:

$$s = 3 + 0,004 \cdot (h - 500)$$

$$s > 3 \text{ cm}$$

Donde **h (cm)** es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar **s (cm)**.

El Edificio se retirará de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores que 2/3 del desplazamiento máximo calculado, ni menores que **s/2** si la edificación existente cuenta con una junta sísmica reglamentaria, caso contrario deberá retirarse una distancia mínima **s** de la estructura vecina.

2.2.3.21. Instrumentación

ESTACIONES ACELEROMÉTRICAS

Las edificaciones que individualmente o en forma conjunta, tengan un área techada igual o mayor que 10 000 m², deberán contar con una estación acelerométrica, instalada a nivel del terreno natural o en la base del edificio. Dicha estación acelerométrica deberá ser provistas por el propietario, conforme a las especificaciones técnicas aprobadas por el Instituto Geofísico del Perú (IGP).

En caso, de considerar edificaciones con más de 20 pisos, se requerirá además de una estación acelerométrica en la base, otra adicional, en la azotea o en el nivel inferior al techo.

2.3. Definición de Términos Básicos

- **Acción Sísmica:** Acción accidental debida a la ocurrencia de sismos, la cual incorpora los efectos traslacionales y los rotacionales respecto al eje vertical.

Fuente: Tesis de Análisis Dinámico de una Estructura Irregular.

- **Análisis Dinámico:** En sistemas elásticos es un análisis de superposición modal para obtener la respuesta estructural a las acciones dinámicas. En sistemas inelásticos es un análisis en el cual se calcula la historia en el tiempo de la respuesta estructural a las acciones dinámicas.

Fuente: Tesis de Análisis Dinámico de una Estructura Irregular.

- **Análisis Estático:** Consiste en esquematizar la excitación sísmica mediante sistemas de fuerzas estáticas proporcionales a las cargas gravitatorias. Este procedimiento de análisis, en general, es aplicable a estructuras de configuraciones regulares de distribución de rigideces y masas, tanto en elevación como en planta. Caracteriza a

este tipo de análisis el hecho que las cargas actuantes sobre la estructura no dependen del tiempo.

Fuente: <http://ocw.uc3m.es>.

- **Configuración Estructural:** Distribución de los elementos verticales de soporte en una estructura, que permite elegir un sistema apropiado para el envigado.

Fuente: Tesis de Análisis Dinámico de una Estructura Irregular.

- **Deriva:** Diferencia de los desplazamientos laterales totales entre dos niveles o pisos consecutivos.

Fuente: Tesis de Análisis Dinámico de una Estructura Irregular.

- **Diafragma:** Parte de la estructura, generalmente horizontal, con suficiente rigidez en su plano, diseñada para transmitir las fuerzas a los elementos verticales del sistema resistente a sismos.

Fuente: Tesis de Análisis Dinámico de una Estructura Irregular.

- **Diafragma Rígido:** Lamina que no se deforma axialmente ni se flexiona ante cargas contenidas en su plano. Podrá considerarse que el diafragma es rígido cuando la relación entre sus lados no exceda de 4.

Fuente: <http://civilgeeks.com/>

- **Edificación:** Es una estructura que posee diafragmas, que compatibilizan los desplazamientos horizontales de los miembros que llegan a ese nivel.

Fuente: Tesis de Análisis Dinámico de una Estructura Irregular.

- **Fuerzas Sísmicas:** Fuerzas externas, capaces de reproducir los va extremos de los desplazamientos y las solicitaciones internas causadas por la excitación sísmica actuando en el nivel de base.

Fuente: Tesis de Análisis Dinámico de una Estructura Irregular.

- **Cortante en la Base:** Es la fuerza o cortante total lateral de diseño en la base de la estructura.

Fuente: www.eird.org/cd/building

- **Periodo de Vibración de una Estructura:** es el tiempo que ésta toma en dar un ciclo completo, cuando experimenta vibración no forzada. Su determinación es primordial porque de él depende la magnitud de la fuerza sísmica que experimentará la estructura.

Fuente: www.virtual.unal.edu.co

- **Sismo:** Movimiento de tipo vibratorio del terreno que se produce debido al choque de las placas tectónicas y a la liberación de energía en el curso de una reorganización brusca de materiales de la corteza terrestre al superar el estado de equilibrio mecánico.

Fuente: Tesis de Análisis Dinámico de una Estructura Irregular.

- **Sistema Estructural:** Es aquel compuesto de uno o varios elementos estructurales dispuestos de tal forma que, tanto la estructura total como cada uno de sus componentes, son capaces de mantenerse sin cambios apreciables en su geometría durante las aplicaciones de carga y descarga.

Fuente: es.wikipedia.org

- **Sistematización de Estructura:** Registrar, de manera ordenada a través de la utilización de un software de análisis estructural, los componentes de una edificación bajo un esquema específico de diseño

- **Zona Sísmica:** Zona geográfica en la cual se admite que la máxima intensidad esperada de las acciones sísmicas, en un período de tiempo prefijado, es similar en todos sus puntos.

Fuente: www.buenastareas.com.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción del Problema

La Norma “E.030 Diseño Sismorresistente” es la que define el análisis y diseño sísmico de las estructuras en el Perú, que a lo largo del tiempo ha sufrido cambios estrechamente ligados a experiencias de actividades sísmicas pasadas, además del avance del conocimiento en el campo de la ingeniería Sismorresistente.

Cada código vigente en su momento estableció criterios, factores y coeficientes que generan respuestas y acciones sísmicas propias para una misma estructura. Tal es el caso del Proyecto de Norma E.030, que frente a la norma E.030 vigente, evidencia cambios en factores, parámetros y coeficientes que de alguna manera tienen incidencia en el cálculo de magnitudes de las acciones y respuestas sísmicas de una estructura.

Por lo que se considera necesario establecer cuantitativamente las variaciones de las respuestas y acciones sísmicas en un sistema estructural único al realizar un análisis sísmico con una u otra norma, a fin de establecer si son significativas o no, y si esta cumple con los requerimientos establecidos por cada una de ellas.

3.2. Formulación del Problema

La propuesta para actualizar el código de diseño Sismorresistente, nos induce a la formulación de la siguiente interrogante:

3.1.1. Problema General

¿Cuál será la variación de las respuestas y acciones sísmicas en un mismo sistema estructural propuesto al realizar un Análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar ubicado en la ciudad de Tarapoto aplicando la Norma

E.030 vigente y la propuesta modificatoria, y si cumplirá los requerimientos establecidos por cada una de ellas?

3.1.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cuál será el periodo de vibración del Sistema estructural Propuesto, para el Análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar ubicado en la ciudad de Tarapoto aplicando la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria?
- b. ¿Qué valores de fuerza cortante en la base se obtienen de un Análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar ubicado en la ciudad de Tarapoto aplicando la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria?
- c. ¿Cuáles son los valores máximos de desplazamiento por piso que se obtiene en un Análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar ubicado en la ciudad de Tarapoto aplicando la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria?
- d. ¿Cuáles son los valores máximos de derivas de entre piso que se obtiene en un Análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar ubicado en la ciudad de Tarapoto aplicando la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria?
- e. ¿Cuál es la variación al comparar las respuestas y acciones sísmicas obtenidas del análisis sísmico de un Edificio Multifamiliar ubicado en la ciudad de Tarapoto aplicando la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria?
- f. ¿El sistema estructural propuesto cumplirá los requerimientos establecidos por la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria?

3.3. Justificación de la Investigación

El presente trabajo de investigación está orientado a estimar cuantitativamente las variaciones de las respuestas y acciones sísmicas en un mismo sistema estructural propuesto para una edificación al realizar un análisis sísmico aplicando la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria, permitiéndonos establecer diferencias o similitudes del comportamiento de la estructura frente a un evento sísmico de acuerdo a los parámetros de la norma utilizada, evaluando características del sistema para proponer mejores alternativas de solución estructural antisísmica, así también de manera indirecta la factibilidad del proyecto en función de la valoración económica que tendrá dicha propuesta planteada.

Además, nos permitirá evaluar si el sistema estructural planteado es funcional y si cumple los requerimientos establecidos en cada caso de análisis.

IV. OBJETIVOS

El presente trabajo de investigación se orienta a cumplir los siguientes objetivos:

4.1. Objetivo General

Realizar el Análisis Sísmico en un mismo sistema estructural propuesto de un Edificio Multifamiliar ubicado en la ciudad de Tarapoto aplicando la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria.

4.2. Objetivos Específicos

- a.** Determinar el periodo de vibración de la estructura para el sistema estructural propuesto.

- b. Determinar la magnitud de la fuerza cortante en la base de la estructura que resultan del análisis sísmico aplicando la norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria
- c. Determinar el valor de los desplazamientos máximos por piso que se obtienen en el análisis sísmico aplicando la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria
- d. Determinar el valor de derivas de entrepiso de la estructura que se obtienen en el análisis sísmico aplicando la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria
- e. Comparar los valores de fuerzas cortantes en la base, desplazamientos máximos por piso y derivas de entre piso de la estructura calculados y establecer la variación existente al realizar el análisis sísmico aplicando la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria
- f. Verificar si el sistema estructural propuesto cumplirá los requerimientos establecidos por la norma E.030 y la propuesta modificatoria respectivamente

V. HIPÓTESIS

El presente trabajo de investigación plantea de acuerdo a la identificación y formulación del problema la siguiente hipótesis de trabajo:

El Análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar ubicado en la ciudad de Tarapoto aplicando la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria, en un mismo sistema estructural propuesto presentara variación en las respuestas y acciones sísmicas determinadas en cada caso y cumplirá los requerimientos establecidos por cada una de ellas.

VI. VARIABLE

6.1. Identificación de la variable

La variable identificada para la investigación es: **Análisis Sísmico**

6.2. Definición de las Variables

El análisis sísmico de estructuras es una disciplina que se enmarca dentro del campo del Análisis Estructural y tiene como objetivo efectuar una apreciación de la respuesta de una estructura a la ocurrencia de un evento sísmico, mediante el análisis de parámetros como: periodos de vibración, desplazamientos y fuerzas.

6.3. Operacionalización de la variable

VARIABLE	DIMENSIONES	ÍNDICES
ANÁLISIS SÍSMICO	• Periodo de Vibración de la Estructura • Fuerza cortante en la Base (Cortante Basal) • Derivas de entrepiso	• Segundos (s) • Fuerza (tn) • desplazamiento Horizontal (mm)

VII. METODOLOGÍA

7.1. Tipo de Investigación

La investigación realizada para abordar el problema, objeto de estudio, es de tipo **Descriptivo Comparativo**, porque describe y compara la variación de las respuestas y acciones sísmicas en un mismo sistema estructural propuesto al realizar un Análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar ubicado

en la ciudad de Tarapoto aplicando la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria, además de establecer si cumplirá los requerimientos establecidos por cada una de ellas.

7.2. Diseño de la Investigación

El Diseño de la investigación utilizado de acuerdo a las características identificadas del problema de investigación es **No Experimental** del tipo **Transeccional Descriptivo Comparativo**, puesto que se tomará una edificación ubicada en la ciudad de Tarapoto, a la cual se le realizará un análisis sísmico aplicando la norma E.030 vigente y la modificatoria propuesta para comparar la variación de las respuestas y acciones sísmicas obtenidas en un mismo sistema estructural para cada caso. Cuyo esquema es:

M_1	O_1			
M_2	O_2	$\approx$	$\approx$	$\approx$
		$O_1 = O_2 = O_3 = O_4$		
M_3	O_3	$\neq$	$\neq$	$\neq$
M_4	O_4			

Donde:

M_1 ; M_2 ; M_3 ; M_4 : Cada una de las muestras

O_1 ; O_2 ; O_3 ; O_4 : Observación a cada una de las muestras

$\approx$ $\approx$ $\approx$
 $O_1 = O_2 = O_3 = O_4$: Comparación entre cada una de las muestras
 $\neq$ $\neq$ $\neq$ pudiendo ser: iguales semejantes o diferentes

7.3. Población y Muestra

7.3.1. Población

La población estará conformada por la edificación que se ubicará en el área de ejecución del proyecto.

7.3.2. Muestra

La muestra estará conformada por la misma edificación en estudio

7.4. Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos

7.4.1. Técnicas de Recolección de datos

La técnica usada para recolectar la información necesaria para el desarrollo de la investigación es:

- Revisión de planos Arquitectónicos.
- Revisión bibliográfica para establecer características de la edificación en función a la propuesta arquitectónica establecida.
- Análisis Documental de la Norma E.030 y la propuesta modificatoria.

7.4.2. Instrumentos de Recolección de datos

Los instrumentos empleados para la recolección de datos son:

- Realización de un cuestionario (cuadro) donde se registraran información básica del proyecto como: Aspectos del área de estudio, aspectos propios del Proyecto de Edificación.
- Realización de cuestionarios (cuadros) donde se registraran información de aspectos generales y parámetros requeridos por la Norma E.030 vigente y la Propuesta Modificatoria, según corresponda.

7.4.3. Procedimientos de Recolección de Datos

El procedimiento realizado para la recolección de datos es el siguiente:

- Se elaboró el instrumento para la recolección de datos, en este caso opto por cuestionarios (cuadros) donde se registraron información básica del proyecto e información de aspectos generales y parámetros requeridos por las normas respectivas.
- Aplicamos el instrumento elaborado para la recolección de datos en base al proyecto arquitectónico y la revisión documentaria de los parámetros requeridos por la Norma E.030 vigente y la Propuesta Modificatoria, según corresponda.
- Realizamos el procesamiento de la información recopilada en base a la revisión bibliográfica para establecer las características del sistema estructural del edificio, la revisión documentaria de la Norma E.030 vigente y la Propuesta Modificatoria para definir los parámetros requeridos por cada una de ellas y para la obtención de las respuestas y acciones sísmicas aplicaremos el programa de análisis Estructural “ETABS 2013”.
- Analizamos e interpretamos los resultados obtenidos del software utilizado, mediante la cualificación y cuantificación de la variación que se genera al realizar un análisis sísmico aplicando la Norma E.030 vigente y la Propuesta Modificatoria.
- Elaboramos el respectivo Informe con las conclusiones respectivas en función al análisis de resultados realizado, además de proponer algunas recomendaciones que se consideren necesarias.
- Reproducción, presentación y Sustentación del Informe.

7.5. Procesamiento y Análisis de Datos

7.5.1. Descripción del Proyecto

A continuación se describirá el proyecto arquitectónico que servirá de base para el desarrollo de la investigación.

UBICACIÓN

Departamento	:	San Martín
Provincia	:	Tarapoto
Distrito	:	Tarapoto
Sector	:	Partido Alto (Av. Circunvalación Cdra. 18)

PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Uso	:	Vivienda Multifamiliar
Número de Pisos	:	06 Pisos + Azotea
Área Total	:	473.66 m ²
Área Techada por Piso	:	429.16 m ²
Área libre	:	44.5 m ²

ESPECIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA

Sistema Estructural	:	Concreto Armado
Losa de entrepiso	:	Aligerado (un sentido)

Concreto

Resistencia (f'c)	:	280 kg/cm ²
Peso Específico	:	2400 kg/m ³
Módulo de Elasticidad (E)	:	250990 kg/cm ²

Acero

Tipo	:	Corrugado (ASTM A605 – G°60)
Fluencia (fy)	:	4200 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad (E)	:	2x10 ⁶ kg/cm ²

CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO REFUNDACIÓN

Tipo de Suelo	:	Suelo Arcilloso de Baja Plasticidad (CL)
Estratigrafía	:	Uniforme
Módulo de Elasticidad (E)	:	100 kg/cm ²

Densidad Natural (γ_n)	: $1.91 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$
Angulo de Fricción (φ)	: 10.90°
Cohesión (c)	: 0.37 kg/cm^2
Nivel freático	: No presenta
Capacidad Portante	: 0.78 kg/cm^2
Relación Poisson (μ)	: 0.35
Nivel freático	: No presenta
Peligro Geotectónico	: Peligro Muy Alto

7.5.2. Identificación

7.5.2.1. Arquitectura y Configuración Geométrica

A continuación se presentara el plano de distribución usado para el desarrollo de la investigación:

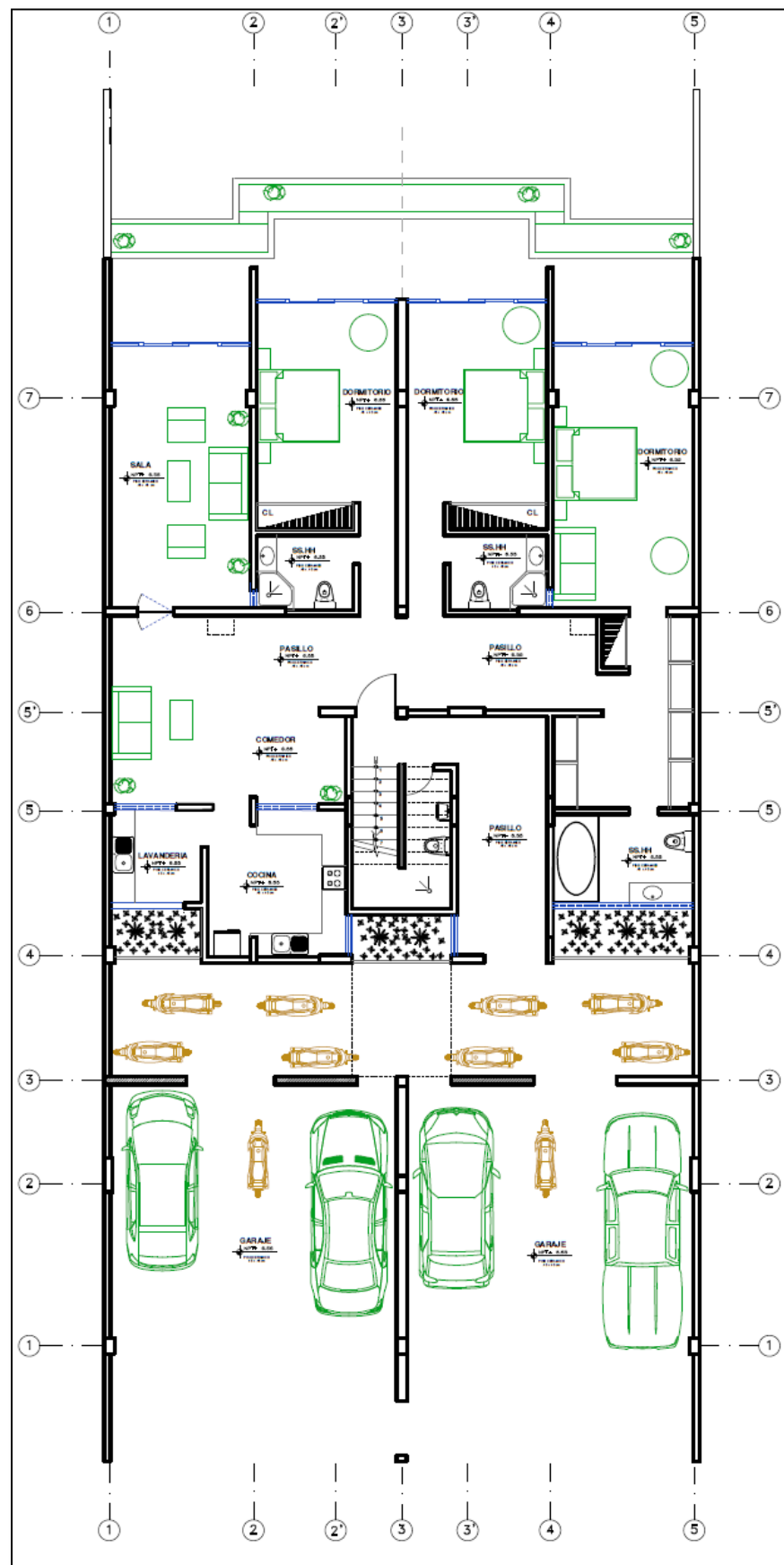


FIG. N°8: Planta de Distribución Primer Nivel

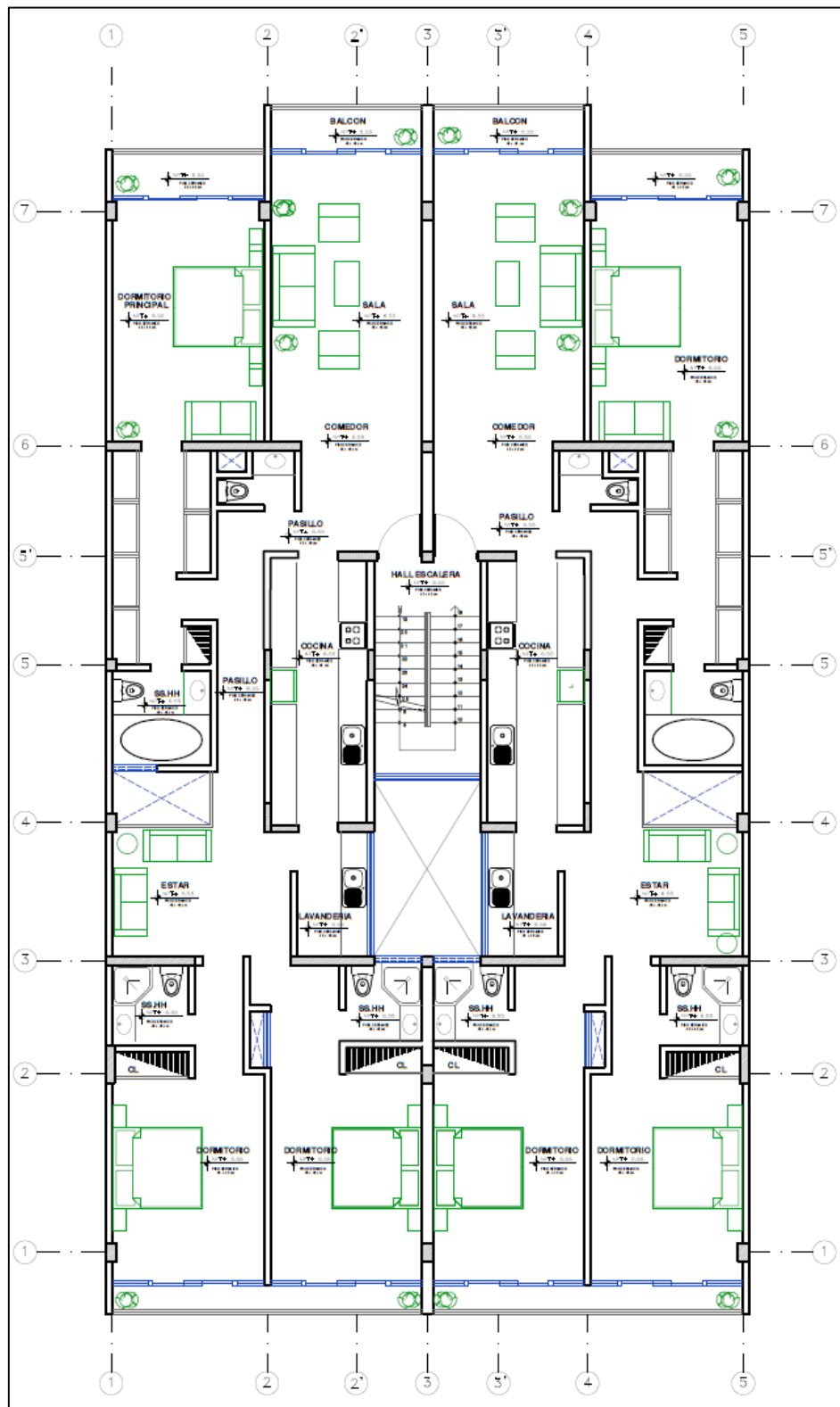


FIG. N°9: Planta de Distribución Segundo Nivel

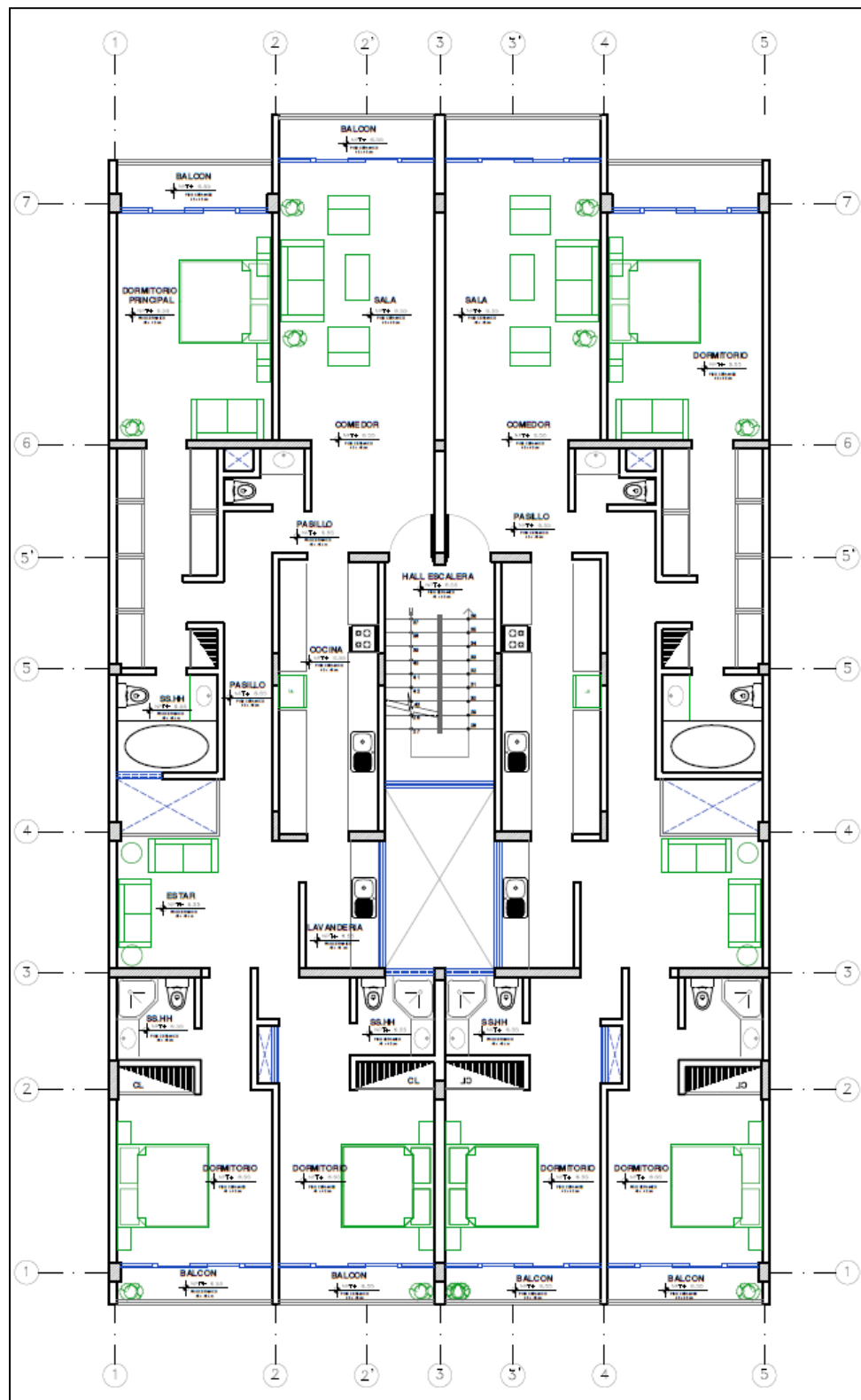


**FIG. N°10: Planta de Distribución Típica
Tercer - Sexto Nivel**

7.5.3. Estructuración y Predimensionamiento

El proceso de estructuración consiste en definir la ubicación y características de los diferentes elementos estructurales (losa, viga, muros, columnas), de tal forma que se logre dotar a la estructura de buena rigidez, además resulte fácil y confiable reproducir el comportamiento real de la estructura.

Mediante el Predimensionamiento se brindará las dimensiones mínimas a las secciones de los elementos estructurales para que tengan una buena respuesta ante solicitaciones por carga de gravedad y de sismo

7.5.3.1. Estructuración

Estructuración para Cargas de Gravedad

Las vigas fueron ubicadas en zonas donde existen tabiques que dividen los ambientes y de acuerdo a la disposición de los elementos estructurales de apoyo (columnas o placas) tratando en lo posible de no modificar la arquitectura propuesta. Se proyectaron vigas chatas paralelas al sentido del aligerado en zonas de vanos cortos, a fin de disminuir la transmisión del peso.

Se planteó el uso de losa aligerada en toda la edificación, paralela al eje "X-X" en el área posterior de la estructura y paralela el eje "Y-Y" en el área frontal.

Estructuración para Cargas de Sismo

Se propuso un sistema estructural conformado por pórticos y muros de corte de concreto armado, distribuidos de tal manera que sea simétrica para evitar irregularidades y a la vez aporte rigidez en ambos sentidos de análisis "X-X" e "Y-Y".

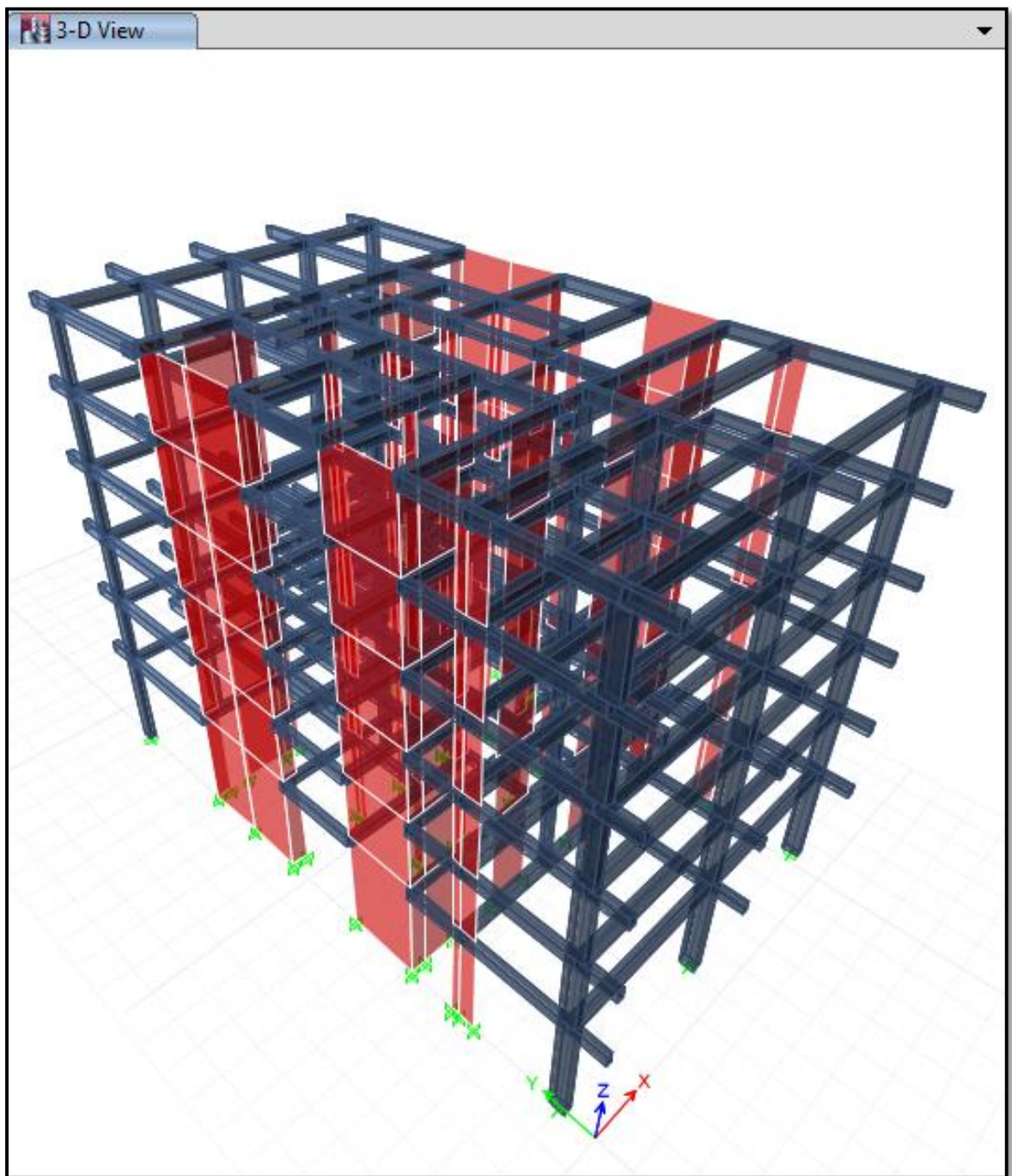


FIG. N°11: Vista 3D de la Estructuración del Edificio

7.5.3.2. Predimensionamiento de Elementos Estructurales

LOSA ALIGERADA

Las losas Aligeradas se pueden estimar de manera práctica con la expresión:

$$h = \frac{L}{25}$$

Donde: **L:** Luz libre entre Apoyos (m)

Según esta expresión se considera los siguientes espesores de losa para cada longitud de luz libre:

Espesor aligerado (cm)	Espesor ladrillo (cm)	Para luces entre (m)
17	12	> 4
20	15	entre 4 - 5.5
25	20	entre 5 - 6.5
30	25	entre 6 - 7.5

PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA ALIGERADA

$$e = \frac{L}{25}$$

Donde: **L** = Luz libre entre ejes (mayor: Long. eje 1 - 2)
L = 3.70 m

$$e = 0.15 \text{ m}$$

$$e = 14.80 \text{ cm}$$

Adoptando una dimensión constructiva

e losa = 20 cm

VIGAS

Las vigas se dimensionarán considerando un peralte (**h**) de:

$$h = \frac{L}{12} \quad (\text{Vigas Principales})$$

$$h = \frac{L}{14} \quad (\text{Vigas Secundarias})$$

Donde: **L:** Luz libre entre Apoyos (m)

El ancho (**b**) de la viga se predimensiona tomando como base el peralte o con la expresión:

$$b = 0.30 \sim 0.50h$$

VIGAS PRINCIPALES

Viga V - 101 (Eje A - C)

PERALTE (h)

$$h = \frac{Ln}{12}$$

Donde: $Ln =$ Luz libre entre ejes (mayor: Long. eje A - C)
 $Ln = 6.85 \text{ m}$

$$h = 0.57 \text{ m}$$

$$h = 57.08 \text{ cm}$$

Adoptando una dimensión constructiva

$$h_o = 60 \text{ cm}$$

ANCHO (b)

Donde: $h = h_o = 0.60 \text{ m}$

$$b = 0.5 h$$

$$b = 0.30 \text{ m}$$

$$b = 30.00 \text{ cm}$$

Adoptando una dimensión constructiva

$$b_o = 30 \text{ cm}$$

Modificación de dimensiones por criterio de IGUALDAD DE RIGIDECES

$$bh^3 = b_o h_o^3$$

$$b_o = 0.30 \text{ m}$$

$$h_o = 0.60 \text{ m}$$

$$b = 0.30 \text{ m}$$

$$h = 0.60 \text{ m}$$

$$\text{V.P.} = 0.30 \times 0.60 \text{ m}$$

COLUMNAS

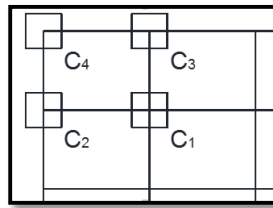
Las columnas están sometidas a carga axial y momento flector, por lo que tienen que ser dimensionadas considerando ambos efectos.

En este caso se usará el siguiente criterio:

$$A_g = \frac{P}{nf_c}$$

Donde: P : Carga Total que Soporta la Columna (kg)
 n : Valor que depende del tipo de Columna
 P_g : Peso total de las cargas de gravedad (kg)
 f_c : Resistencia del concreto (kg/cm²)

TIPO C-1 Para los primeros pisos	Columna Interior $N < 3$ pisos	$P = 1.10 P_g$ $n = 0.30$
TIPO C-1 Para los ultimos pisos superiores	Columna Interior $N > 4$ pisos	$P = 1.10 P_g$ $n = 0.25$
TIPO C-2 y C-3	Columna extrema de portico exterior	$P = 1.25 P_g$ $n = 0.25$
TIPO C-4	Columna de esquina	$P = 1.50 P_g$ $n = 0.20$



- C-1 = Columna Central
 C-2 = Columna Extrema de Pórtico Principal Interior
 C-3 = Columna Extrema de Pórtico Secundario Interior
 C-4 = Columna de Esquina

METRADO DE CARGAS

EN PRIMEROS PISOS

Peso Aligerado	=	300	kg/m ²		
Peso Acabados	=	100	kg/m ²		
Peso Tabiquería	=	150	kg/m ²	$W_D =$	710 kg/m ²
Peso Vigas	=	100	kg/m ²		
Peso Columna	=	60	kg/m ²		$W_T =$ 960 kg/m ²
S/C	=	250	kg/m ²	$W_L =$	250 kg/m ²

ANÁLISIS DE COLUMNAS (CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE COLUMNAS)

COLUMNA TIPO C - 1

Columna tipo C - 1 (Intersecciones de los ejes 2 - 2 con C - C)

Área Tributaria	=	7.10	x	3.27		Número de Pisos	=	6
Área Tributaria	=	23.22	m ²					
Peso de las cargas de Gravedad				P_G	=	124791.38	kg	
Carga total Soportada por la Columna				P	=	137270.51	kg	
Área de sección de columna				AG	=	1961.01	cm ²	
				b	=	0.30	m	$t =$ 0.65 m
Dimensiones de Columna TIPO C-1				C-1	=	0.30	x	0.65 m

MUROS DE CORTE

La Norma E.060: Concreto Armado, indica que el ancho mínimo de los muros de corte debe ser 10 cm. Para el Predimensionamiento se asignará a los muros un área de corte (**A_c**) que sea capaz de asumir la totalidad de la fuerza cortante generada por el sismo ($V_c > V_u$)

El área de corte se puede estimar con la expresión: $A_c \geq \frac{V_u}{\phi 0.53 \sqrt{f'_c}}$

DIMENSIONAMIENTO DE MUROS DE CORTE

Parámetros de Cálculo

$Z = 0.30$
 $U = 1$
 $C = 2.50$
 $S = 1.40$
 $R = 7$

Cálculo de Peso (P)

Área del terreno = 425 m²
 Peso de Estrc. x m²/ piso = 0.80 tn/m²
 N° de pisos = 6
 Peso Estruct. (P) = 2040 tn

Cálculo de Cortante (Vu)

Vu = 306 tn

Área requerida (Ac)

Ac = 3.83 m²

Con la propuesta de muros establecidos en la estructuración se realiza la comparación de la densidad de muros necesario contra la disponible, obteniendo.

DIRECCIÓN	Vu (tn)	Ac req. (m ²)	Ac disp. (m ²)
XX	306	3.83	4.76
YY	306	3.83	5.77

La tabla muestra que en la dirección "X" la densidad de muro (placas) es adecuada. En la dirección "Y" también muestra una densidad de muros superior a la requerida. Por lo que se podría decir que la fuerza cortante será absorbida en su totalidad por los muros.

7.5.4. Metrado de Cargas

El metrado de cargas se realizó en función a lo establecido a la Norma E.020 Cargas, cuyos valores serán insertados en el programa según el siguiente detalle:

Primer nivel : $W_D = 0.30 \text{ tn/m}^2$ Carga Muerta
 $W_L = 0.20 \text{ tn/m}^2$ Carga Viva

Segundo Nivel : $W_D = 0.30 \text{ tn/m}^2$ Carga Muerta
 $W_L = 0.20 \text{ tn/m}^2$ Carga Viva

Tercer al Sexto Nivel : $W_D = 0.30 \text{ tn/m}^2$ Carga Muerta
 $W_L = 0.15 \text{ tn/m}^2$ Carga Viva

7.5.5. Modelo Matemático de la Estructura

El modelo matemático de la estructura planteada, basado en el material, la estructuración y el predimensionamiento previo de los elementos estructurales, será modelado utilizando el programa de Análisis Estructural “ETABS 2013”. Para lograr un modelo eficiente, se seguirán el procedimiento que se detallara a continuación.

7.5.5.1. Definición de ejes estructurales

Estos ejes estarán dispuestos de acuerdo a la ubicación de los elementos estructurales (columnas, placas, vigas). Respetando en lo posible la distribución arquitectónica.

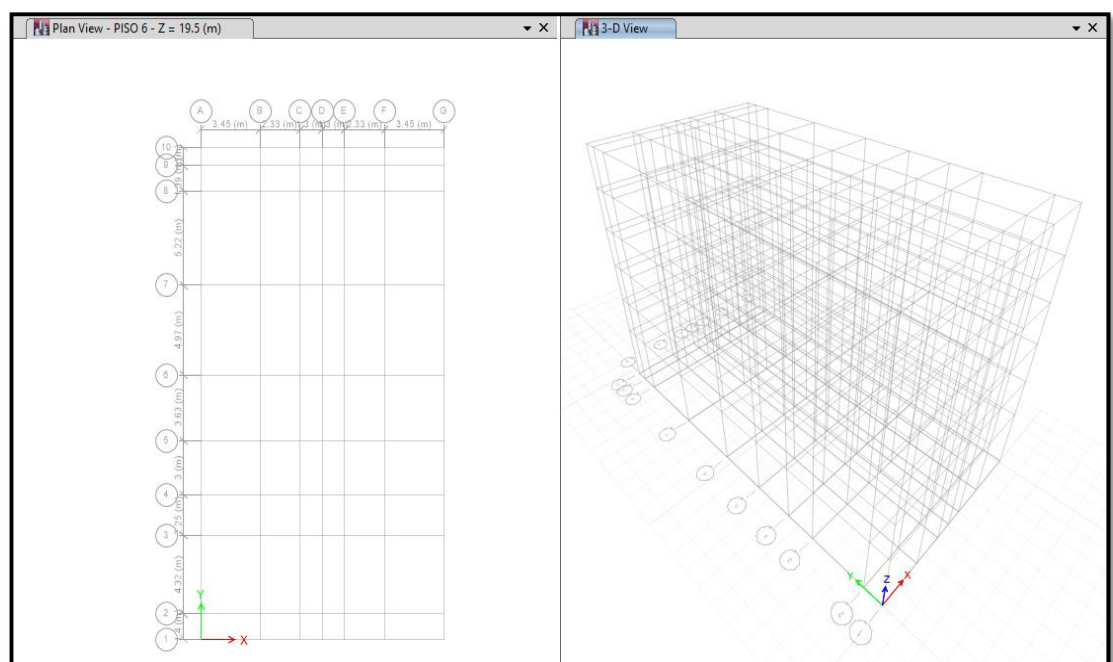


FIG. N°12: Ejes estructurales de Trabajo

7.5.5.2. Creación de materiales

En este caso, el material de diseño es concreto de resistencia a la compresión de $f'_c=280\text{kg/cm}^2$. Creando en el programa un material con las características mencionadas.

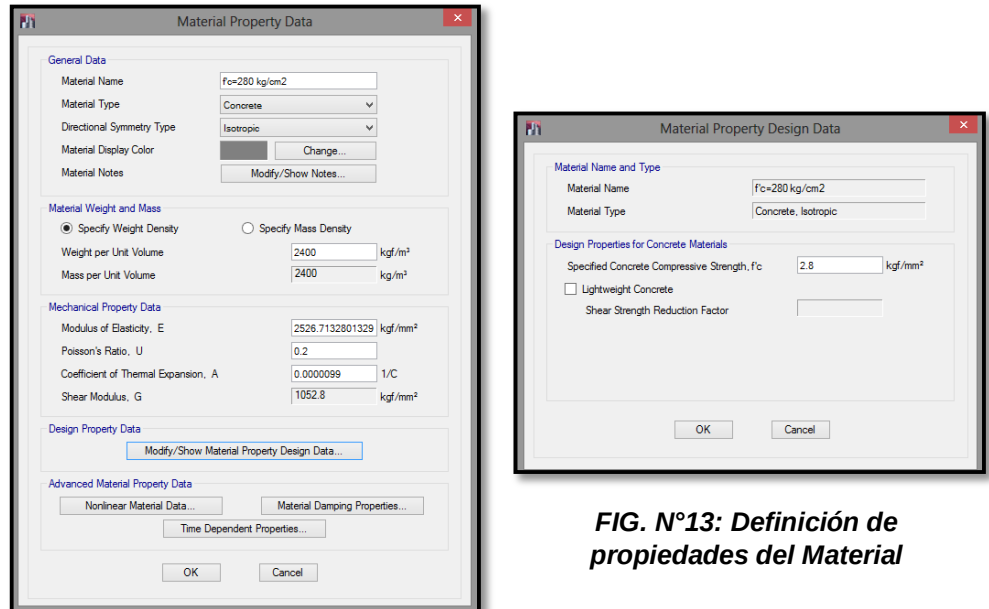


FIG. N°13: Definición de propiedades del Material

7.5.5.3. Creación de secciones lineales

Las secciones de estos elementos (vigas y columnas), serán creadas en función al predimensionamiento realizado. Cuyo resumen se muestra a continuación:

Elemento Estructural		Dimensiones (m)
Losa Aligerada (e)		0.20
Vigas Principales	VP - 101 (b*h)	0.30 x 0.60
	VP - 102 (b*h)	0.25 x 0.45
Vigas Secundarias	VS - 103	0.25 x 0.40
	Todas similares a la VS - 103 (b*h)	0.25 x 0.40
Viga en Voladizo	VSv - 104 (b*h)	0.25 x 0.45
Columnas	C - 1 (b*t)	0.40 x 0.60
	C - 2 (b*t)	0.30 x 0.65
	C - 3 (b*t)	0.30 x 0.60
	C - 4 (b*t)	0.30 x 0.40
	C - 5 (b*t)	0.25 x 0.40

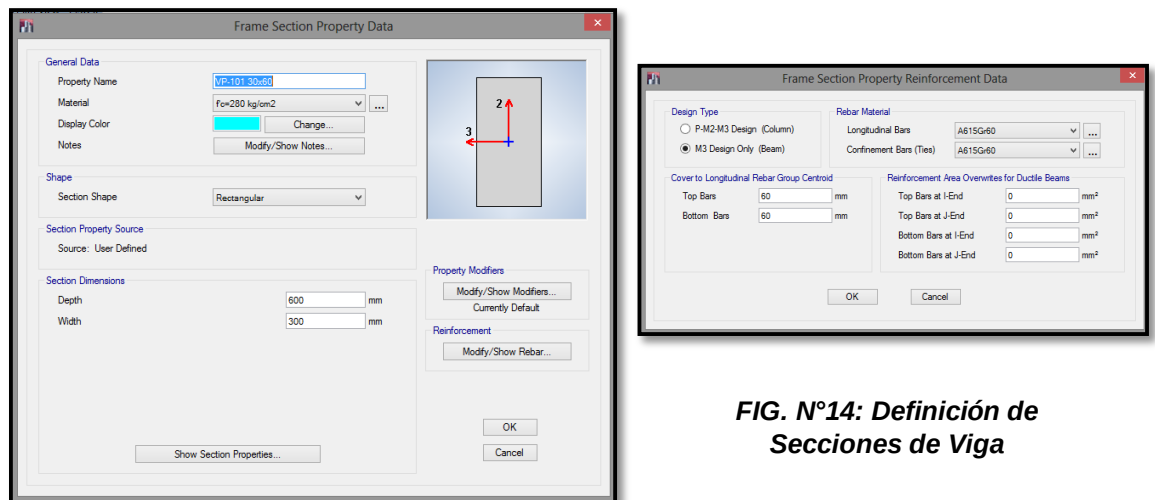


FIG. N°14: Definición de Secciones de Viga

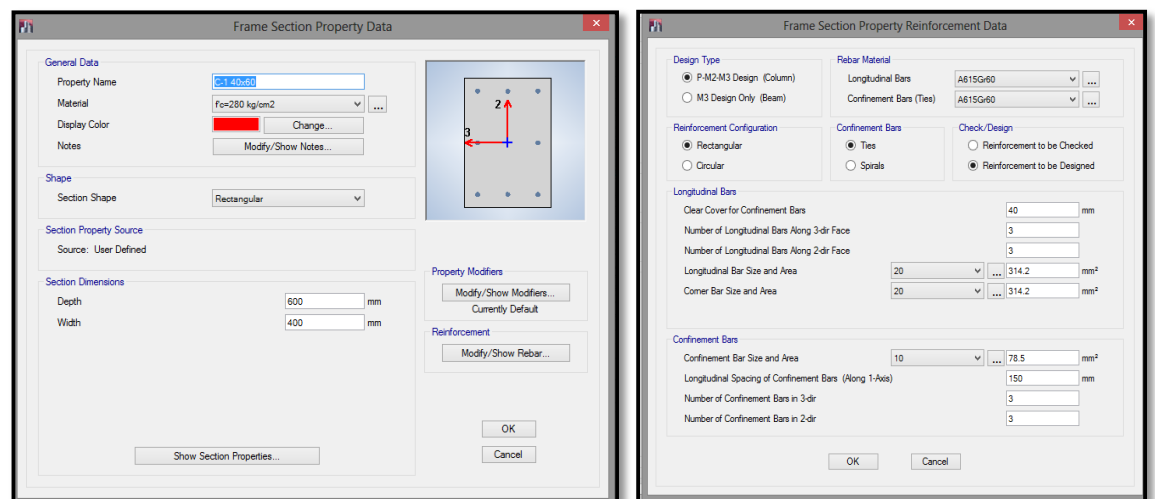


FIG. N°15: Definición de Secciones de Columna

7.5.5.4. Creación de secciones de área

Los elementos tipo área en este caso están dados por los muros y la losa aligerada. Definidos en el cuadro anterior.

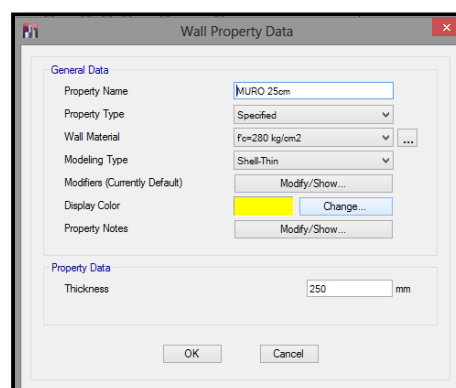


FIG. N°16: Definición de espesor de Muro

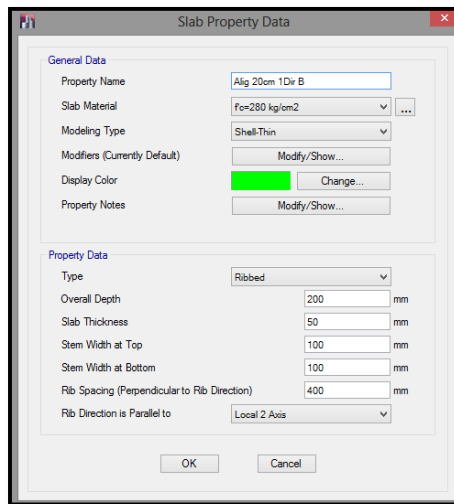


FIG. N°17: Definición de Losa Aligerada de una dirección

7.5.5.5. Modelación estructural

Con las características de las secciones de los elementos como vigas, columnas, muros y losas, ya definidas en el programa se realiza el trazo de la estructura en base a los ejes estructurales y a la distribución propuesta. Además de asignarle características especiales para que el modelo matemático represente mejor la respuesta ante la acción sísmica.

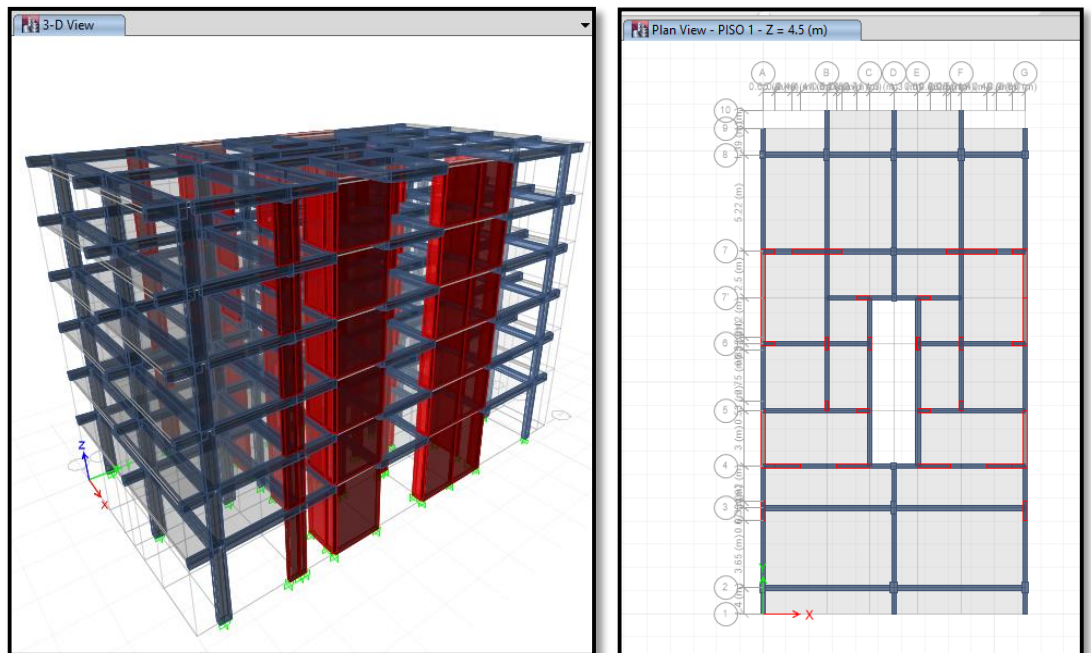
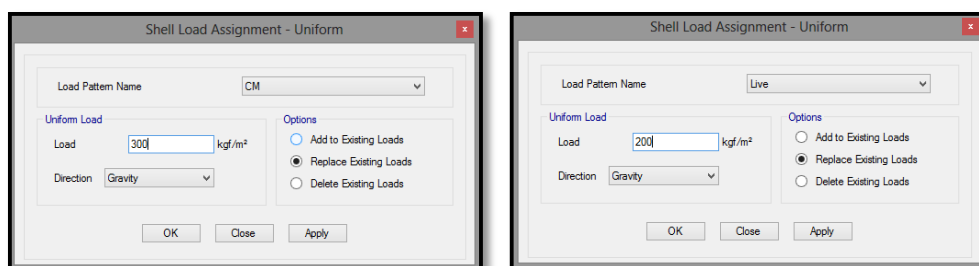


FIG. N°18: Modelo Estructural Final

7.5.5.6. Asignación de cargas

Las cargas vivas y muertas se asignaran a las losas, y el programa se encargara de distribuir el peso de acuerdo a la dirección del aligerado.



7.5.6. Peso de la Estructura

Los valores del peso de la estructura se obtuvieron mediante el procesamiento de información calculado por el programa ETABS 2013. Donde se obtuvo:

PISO	W
6	394.856
5	437.307
4	437.307
3	437.307
2	437.307
1	458.533
	2,602.619

7.5.7. Asignación de espectro de Diseño

El espectro de diseño asignado para el cálculo de las respuestas sísmicas, se realizara según los parámetros establecidos en la Norma E.030 y la Modificatoria Propuesta.

Luego de insertar el archivo conteniendo el espectro de aceleraciones se crearan los casos de respuesta dinámica.

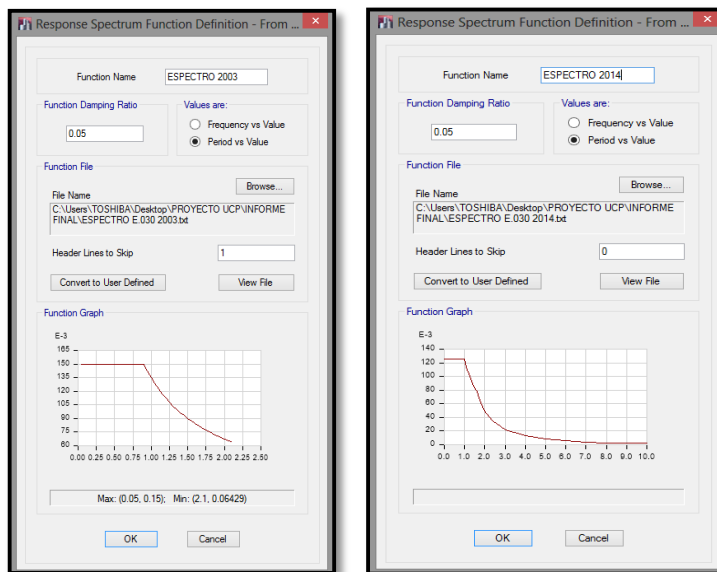


Fig (a): Norma vigente

Fig (b): Norma Modificatoria

FIG. N°19: Espectros de aceleraciones diseño

7.5.8. Creación de caso de respuesta dinámica

Con el espectro de diseño insertado se definen los casos de respuestas dinámicas de la estructura, en ambos sentidos de actuación del sismo según la siguiente nomenclatura, diferenciando la que resulte de la Norma E.030 vigente y la Propuesta Modificatoria.

7.5.9. Creación de fuente de masa

Se asignaran las masas de Acuerdo a lo establecido en La norma E.030 y su Modificatoria según corresponda.

7.5.10. Factores para el análisis

Los parámetros de se usaran para el cálculo de las acciones sísmicas hacia la estructura en cada caso son:

FACTORES PARA EL ANÁLISIS - NORMA E.030 VIGENTE

Factor	Nomenclatura	Clasificación Categórica Tipo	Valor	Justificación
Zona	Z	2	0.30	Zona Sísmica 2; San Martín
Uso	U	Vivienda Tipo C	1.00	Vivienda multifamiliar, Común
Suelo	S	S3	1.40	Arcilla de alta plasticidad, suelo flexible.
		Tp (S)	0.90	
Coeficiente Reducción Sísmica	Rx	Concreto Armado, Sistema Dual	7.00	Muros de concreto armado y porticos
	Ry	Concreto Armado, Sistema Dual	7.00	Muros de concreto armado y porticos

FACTORES PARA EL ANÁLISIS - PROPUESTA DE NORMA E.030

Factor	Nomenclatura	Clasificación Categórica Tipo	Valor	Justificación
Zona	Z	2	0.25	Zona Sísmica 2; San Martín
Uso	U	Vivienda Tipo C	1.00	Vivienda multifamiliar, Común
Suelo	S	S3	1.40	Arcilla de alta plasticidad, suelo flexible.
		Tp (S)	1.00	
		TL (S)	1.60	
Coeficiente Básico de Reducción Sísmica	Ro_x Ro_y	Concreto Armado, Sistema Dual	7.00	Muros de concreto armado y porticos
Irregularidad	Ia		1.00	NO presenta irregularidades
	Ip		1.00	NO presenta irregularidades

7.5.11. Análisis Sísmico Norma E.030 (2003)

7.5.11.1. Análisis Estático

Con el peso de la estructura conocido y los parámetros definidos por la norma se calculará el cortante en la base y la distribución de fuerzas en la altura, para ingresar los valores para el análisis estático Equivalente.

Calculo de Cortante en la Base

Dirección	Z	U	Tp	T	S	C	R	V
X_x	0.3	1	0.9	0.44900	1.4	2.5	7	390.39278
Y_y	0.3	1	0.9	0.36100	1.4	2.5	7	390.39278

Distribución de Fuerza cortante el la Altura

PISO	W	H_i	Ha_i	W x Ha_i	Coef_i	F_ix	F_iy
6	394.856	3.00	19.50	7,699.6940	0.250365	97.740781	97.740781
5	437.307	3.00	16.50	7,215.5721	0.234623	91.595284	91.595284
4	437.307	3.00	13.50	5,903.6486	0.191965	74.941579	74.941579
3	437.307	3.00	10.50	4,591.7277	0.149306	58.287908	58.287908
2	437.307	3.00	7.50	3,279.8048	0.106647	41.634210	41.634210
1	458.533	4.50	4.50	2,063.3985	0.067094	26.193013	26.193013
	2,602.619			30,753.8456			

Asignación de Fuerzas para Análisis Estático

Number of Load Sets: 1

Load Set 1 of 1

Story	Diaphragm	Fx tonf	Fy tonf	Mx tonf-m
PISO 6	D6	97.7408	0	0
PISO 5	D5	91.5953	0	0
PISO 4	D4	74.9416	0	0
PISO 3	D3	58.2879	0	0
PISO 2	D2	41.6342	0	0
PISO 1	D1	26.193	0	0

1

☒ Apply Load at Diaphragm Center of Mass

Additional Eccentricity Ratio (all Diaphragms): 0.05

Sort Rows Add Row Delete Row(s)

OK Cancel

7.5.11.2. Análisis Dinámico

Para el caso del Análisis Dinámico, todo el cálculo se desarrolla con el espectro de diseño ingresado y a la respuesta que tendrá, también definido en el programa.

Calculo de Cortante en la Base

V din
324.95000
312.32

7.5.11.3. Fuerza cortante en la base

Con respecto a las fuerzas calculadas se tiene:

V	0.80 V	V din	factor escala	V din Final
390.39278	312.31422	324.95000	-	324.95000
390.39278	312.31422	310.82000	1.00481	312.32000

7.5.11.4. Control de desplazamientos

Con respecto a los desplazamientos calculados se tiene:

Calculo Estático

PISO	DERIVAS_ETABS		CALCULO DE LAS DERIVAS		CHEQUEO	
	D_ETABS_X	D_ETABS_Y	D_REG_X	D_REG_Y	CONDICIÓN _X	CONDICIÓN _Y
6	0.000491	0.000465	0.002578	0.002441	OK	OK
5	0.000623	0.000512	0.003271	0.002688	OK	OK
4	0.000745	0.000539	0.003911	0.002830	OK	OK
3	0.000822	0.000532	0.004316	0.002793	OK	OK
2	0.000826	0.000471	0.004337	0.002473	OK	OK
1	0.000577	0.000284	0.003029	0.001491	OK	OK

Cálculo Dinámico

PISO	DERIVAS_ETABS		CALCULO DE LAS DERIVAS		CHEQUEO	
	D_ETABS_X	D_ETABS_Y	D_REG_X	D_REG_Y	CONDICIÓN_X	CONDICIÓN_Y
6	0.000520	0.000384	0.002730	0.002016	OK	OK
5	0.000638	0.000423	0.003350	0.002221	OK	OK
4	0.000738	0.000442	0.003875	0.002321	OK	OK
3	0.000790	0.000432	0.004148	0.002268	OK	OK
2	0.000759	0.000380	0.003985	0.001995	OK	OK
1	0.000490	0.000228	0.002573	0.001197	OK	OK

7.5.11.5. Periodos de vibración de la estructura

Period	0.44900	0.36100	0.34500	0.13100	0.09500	0.09300
Mode	1	2	3	4	5	6

Period	0.06500	0.04600	0.04400	0.04000	0.03200	0.03200
Mode	7	8	9	10	11	12

7.5.12. Análisis Sísmico con la Propuesta Modificatoria Norma E.030 (2014)

7.5.12.1. Análisis Estático

Con el peso de la estructura conocido y los parámetros definidos por la norma se calculará el cortante en la base y la distribución de fuerzas en la altura, para ingresar los valores para el análisis estático Equivalente.

Calculo de Cortante en la Base

Dirección	Z	U	Tp	T I	T	S	C	R	V
X_x	0.25	1	1	1.6	0.44900	1.4	2.5	7	325.32731
Y_y	0.25	1	1	1.6	0.36100	1.4	2.5	7	325.32731

Distribución de Fuerza cortante el la Altura

PISO	W	H _i	Ha _i	W x Ha _i	Coef _i	F _{ix}	F _{iy}
6	394.856	3.00	19.50	7,699.6940	0.250365	81.450651	81.450651
5	437.307	3.00	16.50	7,215.5721	0.234623	76.329403	76.329403
4	437.307	3.00	13.50	5,903.6486	0.191965	62.451316	62.451316
3	437.307	3.00	10.50	4,591.7277	0.149306	48.573257	48.573257
2	437.307	3.00	7.50	3,279.8048	0.106647	34.695175	34.695175
1	458.533	4.50	4.50	2,063.3985	0.067094	21.827511	21.827511
	2,602.619			30,753.8456			

Asignación de Fuerzas para Análisis Estático

Number of Load Sets: 1

Load Set 1 of 1

Story	Diaphragm	F _x tonf	F _y tonf	M _z tonf-m
PISO 6	D6	81.4507	0	0
PISO 5	D5	76.3294	0	0
PISO 4	D4	62.4513	0	0
PISO 3	D3	48.5733	0	0
PISO 2	D2	34.6952	0	0
PISO 1	D1	21.8275	0	0

1

☒ Apply Load at Diaphragm Center of Mass

Additional Eccentricity Ratio (all Diaphragms): 0.05

Sort Rows Add Row Delete Row(s)

OK Cancel

7.5.12.2. Análisis Dinámico

Para el caso del Análisis Dinámico, todo el cálculo se desarrolla con el espectro de diseño ingresado y a la respuesta que tendrá, también definido en el programa.

Calculo de Cortante en la Base

V _{din}
270.79000
260.26

7.5.12.3. Fuerza cortante en la base

Con respecto a las fuerzas calculadas se tiene:

V	0.80 V	V din	factor escala	V din Final
325.32731	260.26185	270.79000	-	324.95000
325.32731	260.26185	259.02000	1.00479	260.26000

7.5.12.4. Control de desplazamientos

Con respecto a los desplazamientos calculados se tiene:

Calculo Estático

PISO	DERIVAS_ETABS		CALCULO DE LAS DERIVAS		CHEQUEO	
	D_ETABS_X	D_ETABS_Y	D_REG_X	D_REG_Y	CONDICIÓN_X	CONDICIÓN_Y
6	0.000409	0.000387	0.002147	0.002032	OK	OK
5	0.000519	0.000427	0.002725	0.002242	OK	OK
4	0.000621	0.000449	0.003260	0.002357	OK	OK
3	0.000685	0.000443	0.003596	0.002326	OK	OK
2	0.000688	0.000393	0.003612	0.002063	OK	OK
1	0.000481	0.000237	0.002525	0.001244	OK	OK

Cálculo Dinámico

PISO	DERIVAS_ETABS		CALCULO DE LAS DERIVAS		CHEQUEO	
	D_ETABS_X	D_ETABS_Y	D_REG_X	D_REG_Y	CONDICIÓN_X	CONDICIÓN_Y
6	0.000434	0.000322	0.002279	0.001691	OK	OK
5	0.000531	0.000354	0.002788	0.001859	OK	OK
4	0.000615	0.000370	0.003229	0.001943	OK	OK
3	0.000658	0.000362	0.003455	0.001901	OK	OK
2	0.000632	0.000318	0.003318	0.001670	OK	OK
1	0.000408	0.000191	0.002142	0.001003	OK	OK

7.5.12.5. Periodos de vibración de la estructura

Period	0.44900	0.36100	0.34500	0.13100	0.09500	0.09300
Mode	1	2	3	4	5	6

Period	0.06500	0.04600	0.04400	0.04000	0.03200	0.03200
Mode	7	8	9	10	11	12

VIII. RESULTADOS

Los valores de las respuestas y acciones sísmicas en un mismo sistema estructural propuesto al realizar un análisis Sísmico de un Edificio Multifamiliar ubicado en la ciudad de Tarapoto aplicando la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria, fueron obtenidos mediante la modelación de la estructura haciendo uso del programa ETABS, cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas.

El Cuadro N°1 muestra las propiedades del sistema estructural planteado para en la investigación con información del análisis modal.

PROPIEDADES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL													
Forma de Modo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Periodo de Vibración		0.449	0.361	0.345	0.131	0.095	0.093	0.065	0.046	0.044	0.04	0.032	0.032
Frecuencia		2.227	2.769	2.898	7.62	10.54	10.7	15.39	21.74	22.72	24.75	31.45	31.45
% Part. de Masas	XX	81.45	0	0.44	12.36	0	0	3.37	0	0	1.15	0	0
	YY	0	77	0.01	0	0	16.79	0	0	4.02	0	0	0

Cuadro N°1

En los Cuadros N°2 –N°5 se muestra los desplazamientos laterales máximos que tiene el centro de masa de la estructura por cada nivel, así como las distorsiones máximas por piso que sufre la estructura en las direcciones XX e YY, obtenidas de Análisis Sísmico Estático con la Norma E.030 Vigente

SISMO XX (E.030 2003)

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN XX						
NIVEL	ETABS (mm)	REAL (mm)	DISTORSIÓN (mm)	H (mm)	Dx/H	Dx/H REAL
PISO 6	13.00	68.25	1.50	3,000.00	0.00050	0.00263
PISO 5	11.50	60.38	1.80	3,000.00	0.00060	0.00315
PISO 4	9.70	50.93	2.20	3,000.00	0.00073	0.00385
PISO 3	7.50	39.38	2.50	3,000.00	0.00083	0.00438
PISO 2	5.00	26.25	2.40	3,000.00	0.00080	0.00420
PISO 1	2.60	13.65	2.60	4,500.00	0.00058	0.00303

Cuadro N°2

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN XX			
NIVEL	ETABS	DERIVAS	VERIFICACIÓN
PISO 6	0.00049	0.00258	<0.007
PISO 5	0.00062	0.00327	<0.007
PISO 4	0.00075	0.00391	<0.007
PISO 3	0.00082	0.00432	<0.007
PISO 2	0.00083	0.00434	<0.007
PISO 1	0.00058	0.00303	<0.007

Cuadro N°3

SISMO YY (E.030 2003)

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN YY						
NIVEL	ETABS (mm)	REAL (mm)	DISTORSIÓN (mm)	H (mm)	Dx/H	Dx/H REAL
PISO 6	8.80	46.20	1.40	3,000.00	0.00047	0.00245
PISO 5	7.40	38.85	1.50	3,000.00	0.00050	0.00263
PISO 4	5.90	30.98	1.60	3,000.00	0.00053	0.00280
PISO 3	4.30	22.58	1.60	3,000.00	0.00053	0.00280
PISO 2	2.70	14.18	1.40	3,000.00	0.00047	0.00245
PISO 1	1.30	6.83	1.30	4,500.00	0.00029	0.00152

Cuadro N°4

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN YY			
NIVEL	ETABS	DERIVAS	VERIFICACIÓN
PISO 6	0.00047	0.00244	<0.007
PISO 5	0.00051	0.00269	<0.007
PISO 4	0.00054	0.00283	<0.007
PISO 3	0.00053	0.00279	<0.007
PISO 2	0.00047	0.00247	<0.007
PISO 1	0.00028	0.00149	<0.007

Cuadro N°5

En los Cuadros N°6 –N°9 se muestra los desplazamientos laterales máximos que tiene el centro de masa de la estructura por cada nivel, así como las distorsiones máximas por piso que sufre la estructura en las direcciones XX e YY, obtenidas de Análisis Sísmico Estático con el Proyecto de Norma E.030

SISMO XX (E.030 2014)

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN XX						
NIVEL	ETABS (mm)	REAL (mm)	DISTORSIÓN (mm)	H (mm)	Dx/H	Dx/H REAL
PISO 6	10.80	56.70	1.20	3,000.00	0.00040	0.00210
PISO 5	9.60	50.40	1.50	3,000.00	0.00050	0.00263
PISO 4	8.10	42.53	1.90	3,000.00	0.00063	0.00333
PISO 3	6.20	32.55	2.00	3,000.00	0.00067	0.00350
PISO 2	4.20	22.05	2.00	3,000.00	0.00067	0.00350
PISO 1	2.20	11.55	2.20	4,500.00	0.00049	0.00257

Cuadro N°6

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN XX			
NIVEL	ETABS	DERIVAS	VERIFICACIÓN
PISO 6	0.00041	0.00215	<0.007
PISO 5	0.00052	0.00272	<0.007
PISO 4	0.00062	0.00326	<0.007
PISO 3	0.00069	0.00360	<0.007
PISO 2	0.00069	0.00361	<0.007
PISO 1	0.00048	0.00253	<0.007

Cuadro N°7

SISMO YY (E.030 2014)

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN YY						
NIVEL	ETABS (mm)	REAL (mm)	DISTORSIÓN (mm)	H (mm)	Dx/H	Dx/H REAL
PISO 6	7.40	38.85	1.20	3,000.00	0.00040	0.00210
PISO 5	6.20	32.55	1.30	3,000.00	0.00043	0.00228
PISO 4	4.90	25.73	1.30	3,000.00	0.00043	0.00228
PISO 3	3.60	18.90	1.40	3,000.00	0.00047	0.00245
PISO 2	2.20	11.55	1.10	3,000.00	0.00037	0.00193
PISO 1	1.10	5.78	1.10	4,500.00	0.00024	0.00128

Cuadro N°8

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN YY			
NIVEL	ETABS	DERIVAS	VERIFICACIÓN
PISO 6	0.00039	0.00203	<0.007
PISO 5	0.00043	0.00224	<0.007
PISO 4	0.00045	0.00236	<0.007
PISO 3	0.00044	0.00233	<0.007
PISO 2	0.00039	0.00206	<0.007
PISO 1	0.00024	0.00124	<0.007

Cuadro N°9

En los Cuadros N°10 –N°11 se muestra la Fuerza Cortante en la Base en ambas direcciones de acción de las fuerzas XX e YY, obtenidas del Análisis Sísmico Estático con la Norma E.030 vigente y la Propuesta Modificatoria.

FUERZA CORTANTE BASE SISMO XX (2003)	
V	390.3928

FUERZA CORTANTE BASE SISMO XX (2014)	
V	325.3273

Cuadro N°10: Cortante Estático con Norma E.030 (2003) y Norma E.030 (2014) dirección XX

FUERZA CORTANTE BASE SISMO YY (2003)	
V	390.3928

FUERZA CORTANTE BASE SISMO YY (2014)	
V	325.3273

Cuadro N°11: Cortante Estático con Norma E.030 (2003) y Norma E.030 (2014) dirección YY

En los Cuadros N°12 –N°13 se muestra la variación de la fuerza cortante respecto a la altura del edificio en las direcciones XX e YY, obtenidas de Análisis Sísmico Estático con la Norma E.030 Vigente

VARIACIÓN DE CORTANTE EN ALTURA SISMO XX (2003)		
	V acum	d_V
		97.7408
PISO 6	97.7408	
	97.7408	91.5953
PISO 5	189.3361	
	189.3361	74.9415
PISO 4	264.2776	
	264.2776	58.2880
PISO 3	322.5656	
	322.5656	41.6342
PISO 2	364.1998	
	364.1998	26.1930
PISO 1	390.3928	
	390.3928	0.0000

Cuadro N°12: Variación de Cortante Estático respecto a la altura con Norma E.030 (2003) dirección XX

VARIACIÓN DE CORTANTE EN ALTURA SISMO YY (2003)		
	V acum	d_V
		97.7408
PISO 6	97.7408	
	97.7408	91.5953
PISO 5	189.3361	
	189.3361	74.9415
PISO 4	264.2776	
	264.2776	58.2880
PISO 3	322.5656	
	322.5656	41.6342
PISO 2	364.1998	
	364.1998	26.1930
PISO 1	390.3928	
	390.3928	0.0000

Cuadro N°13: Variación de Cortante Estático respecto a la altura con Norma E.030 (2003) dirección YY

En los Cuadros N°14 –N°15 se muestra la variación de la fuerza cortante respecto a la altura del edificio en las direcciones XX e YY, obtenidas de Análisis Sísmico Estático con el Proyecto de Norma E.030

VARIACIÓN DE CORTANTE EN ALTURA SISMO XX (2014)		
	V acum	d_V
		81.4507
PISO 6	81.4507	
	81.4507	76.3294
PISO 5	157.7801	
	157.7801	62.4513
PISO 4	220.2314	
	220.2314	48.5732
PISO 3	268.8046	
	268.8046	34.6952
PISO 2	303.4998	
	303.4998	21.8275
PISO 1	325.3273	
	325.3273	0.0000

Cuadro N°14: Variación de Cortante Estático respecto a la altura con Norma E.030 (2014) dirección XX

VARIACION DE CORTANTE EN ALTURA SISMO YY (2014)		
	V acum	d_V
		81.4507
PISO 6	81.4507	
	81.4507	76.3294
PISO 5	157.7801	
	157.7801	62.4513
PISO 4	220.2314	
	220.2314	48.5732
PISO 3	268.8046	
	268.8046	34.6952
PISO 2	303.4998	
	303.4998	21.8275
PISO 1	325.3273	
	325.3273	0.0000

Cuadro N°15: Variación de Cortante Estático respecto a la altura con Norma E.030 (2014) dirección YY

En los Cuadros N°16 –N°19 se muestra los desplazamientos laterales máximos que tiene el centro de masa de la estructura por cada nivel, así como las distorsiones máximas por piso que sufre la estructura en las direcciones XX e YY, obtenidas de Análisis Sísmico Dinámico la Norma E.030 Vigente.

EQ XX (E.030 2003)

DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS LATERALES DIRECCION XX						
NIVEL	ETABS (mm)	REAL (mm)	DISTORSION (mm)	H (mm)	Dx/H	Dx/H REAL
PISO 6	12.30	64.58	1.50	3,000.00	0.00050	0.00263
PISO 5	10.80	56.70	1.90	3,000.00	0.00063	0.00333
PISO 4	8.90	46.73	2.10	3,000.00	0.00070	0.00368
PISO 3	6.80	35.70	2.40	3,000.00	0.00080	0.00420
PISO 2	4.40	23.10	2.20	3,000.00	0.00073	0.00385
PISO 1	2.20	11.55	2.20	4,500.00	0.00049	0.00257

Cuadro N°16

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN XX			
NIVEL	ETABS	DERIVAS	VERIFICACIÓN
PISO 6	0.00052	0.00273	<0.007
PISO 5	0.00064	0.00335	<0.007
PISO 4	0.00074	0.00387	<0.007
PISO 3	0.00079	0.00415	<0.007
PISO 2	0.00076	0.00398	<0.007
PISO 1	0.00049	0.00257	<0.007

Cuadro N°17

EQ YY (E.030 2003)

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN YY						
NIVEL	ETABS (mm)	REAL (mm)	DISTORSIÓN (mm)	H (mm)	Dx/H	Dx/H REAL
PISO 6	7.20	37.80	1.10	3,000.00	0.00037	0.00193
PISO 5	6.10	32.03	1.30	3,000.00	0.00043	0.00228
PISO 4	4.80	25.20	1.30	3,000.00	0.00043	0.00228
PISO 3	3.50	18.38	1.30	3,000.00	0.00043	0.00228
PISO 2	2.20	11.55	1.20	3,000.00	0.00040	0.00210
PISO 1	1.00	5.25	1.00	4,500.00	0.00022	0.00117

Cuadro N°18

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN YY			
NIVEL	ETABS	DERIVAS	VERIFICACIÓN
PISO 6	0.00039	0.00203	<0.007
PISO 5	0.00043	0.00223	<0.007
PISO 4	0.00044	0.00233	<0.007
PISO 3	0.00044	0.00228	<0.007
PISO 2	0.00038	0.00201	<0.007
PISO 1	0.00023	0.00120	<0.007

Cuadro N°19

En los cuadros N°20 –N°23 se muestra los desplazamientos laterales máximos que tiene el centro de masa de la estructura por cada nivel, así como las distorsiones máximas por piso que sufre la estructura en las direcciones XX e YY, obtenidas de Análisis Sísmico Dinámico con el Proyecto de Norma E.030

EQ XX (E.030 2014)

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN XX						
NIVEL	ETABS (mm)	REAL (mm)	DISTORSIÓN (mm)	H (mm)	Dx/H	Dx/H REAL
PISO 6	10.20	53.55	1.20	3,000.00	0.00040	0.00210
PISO 5	9.00	47.25	1.60	3,000.00	0.00053	0.00280
PISO 4	7.40	38.85	1.80	3,000.00	0.00060	0.00315
PISO 3	5.60	29.40	1.90	3,000.00	0.00063	0.00333
PISO 2	3.70	19.43	1.90	3,000.00	0.00063	0.00333
PISO 1	1.80	9.45	1.80	4,500.00	0.00040	0.00210

Cuadro N°20

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN XX			
NIVEL	ETABS	DERIVAS	VERIFICACIÓN
PISO 6	0.00043	0.00228	<0.007
PISO 5	0.00053	0.00279	<0.007
PISO 4	0.00062	0.00323	<0.007
PISO 3	0.00066	0.00345	<0.007
PISO 2	0.00063	0.00332	<0.007
PISO 1	0.00041	0.00214	<0.007

Cuadro N°21

EQ YY (E.030 2014)

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN YY						
NIVEL	ETABS (mm)	REAL (mm)	DISTORSIÓN (mm)	H (mm)	Dx/H	Dx/H REAL
PISO 6	6.00	31.50	0.90	3,000.00	0.00030	0.00158
PISO 5	5.10	26.78	1.10	3,000.00	0.00037	0.00193
PISO 4	4.00	21.00	1.10	3,000.00	0.00037	0.00193
PISO 3	2.90	15.23	1.10	3,000.00	0.00037	0.00193
PISO 2	1.80	9.45	0.90	3,000.00	0.00030	0.00158
PISO 1	0.90	4.73	0.90	4,500.00	0.00020	0.00105

Cuadro N°22

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN YY			
NIVEL	ETABS	DERIVAS	VERIFICACIÓN
PISO 6	0.00032	0.00169	<0.007
PISO 5	0.00035	0.00186	<0.007
PISO 4	0.00037	0.00194	<0.007
PISO 3	0.00036	0.00190	<0.007
PISO 2	0.00032	0.00167	<0.007
PISO 1	0.00019	0.00100	<0.007

Cuadro N°23

En los Cuadros N°24 –N°25 se muestra la Fuerza Cortante en la Base en ambas direcciones de acción de las fuerzas XX e YY, obtenidas del Análisis Sísmico Dinámico con la Norma E.030 vigente y la Propuesta Modificatoria.

FUERZA CORTANTE BASE EQ XX (2003)	
V	324.9553

FUERZA CORTANTE BASE EQ XX (2014)	
V	270.7961

Cuadro N°24: Cortante Dinámico con Norma E.030 (2003) y Norma E.030 (2014) dirección XX

FUERZA CORTANTE BASE EQ YY (2003)	
V	312.3235

FUERZA CORTANTE BASE EQ YY (2014)	
V	260.2644

Cuadro N°25: Cortante Dinámico con Norma E.030 (2003) y Norma E.030 (2014) dirección YY

En los Cuadros N°26 –N°27 se muestra la variación de la fuerza cortante respecto a la altura del edificio en las direcciones XX e YY, obtenidas de Análisis Sísmico Dinámico con la Norma E.030 Vigente.

VARIACIÓN DE CORTANTE EN ALTURA EQ XX (2003)		
	V acum	d_V
		79.5837
PISO 6	79.5837	
	88.7779	67.9666
PISO 5	156.7445	
	164.2183	55.0013
PISO 4	219.2196	
	225.1825	42.8035
PISO 3	267.9860	
	272.4720	30.4242
PISO 2	302.8962	
	305.8293	17.7718
PISO 1	323.6011	
	324.9553	0.0000

Cuadro N°26: Variación de Cortante Dinámico respecto a la altura con Norma E.030 (2003) dirección XX

VARIACIÓN DE CORTANTE EN ALTURA EQ YY (2003)		
	V acum	d_V
		84.2219
PISO 6	84.2219	
	93.6759	67.0471
PISO 5	160.7230	
	167.8238	50.7563
PISO 4	218.5801	
	223.9904	38.1451
PISO 3	262.1355	
	266.0864	26.6308
PISO 2	292.7172	
	295.3084	15.7586
PISO 1	311.0670	
	312.3235	0.0000

Cuadro N°27: Variación de Cortante Dinámico respecto a la altura con Norma E.030 (2003) dirección YY

En los Cuadros N°28 –N°29 se muestra la variación de la fuerza cortante respecto a la altura del edificio en las direcciones XX e YY, obtenidas de Análisis Sísmico Dinámico con el Proyecto de Norma E.030

VARIACIÓN DE CORTANTE EN ALTURA EQ XX (2014)		
	V acum	d_V
		66.3197
PISO 6	66.3197	
	73.9816	56.6388
PISO 5	130.6204	
	136.8486	45.8344
PISO 4	182.6830	
	187.6521	35.6696
PISO 3	223.3217	
	227.0600	25.3535
PISO 2	252.4135	
	254.8578	14.8098
PISO 1	269.6676	
	270.7961	0.0000

Cuadro N°28: Variación de Cortante Dinámico respecto a la altura con Norma E.030 (2014) dirección XX

VARIACIÓN DE CORTANTE EN ALTURA EQ YY (2014)		
	V acum	d_V
		70.1836
PISO 6	70.1836	
	78.0617	55.8715
PISO 5	133.9332	
	139.8504	42.2961
PISO 4	182.1465	
	186.6549	31.7870
PISO 3	218.4419	
	221.7342	22.1920
PISO 2	243.9262	
	246.0855	13.1319
PISO 1	259.2174	
	260.2644	0.0000

Cuadro N°29: Variación de Cortante Dinámico respecto a la altura con Norma E.030 (2014) dirección YY

IX. DISCUSIÓN

Del Análisis Sísmico Estático se pudo observar lo siguiente:

De la Grafica N°1 se puede observar que para el sistema estructural propuesto existen diferencias en los desplazamientos en el eje XX obtenidos por el análisis sísmico realizado al aplicar la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria, siendo la primera en mención la que genera mayores valores. Obteniéndose desplazamientos de los centros de masas con una variación entre el 15.38% y 17.33% menos en el caso del Proyecto de Norma respecto a la Norma Vigente, tal como lo muestra el cuadro N°30

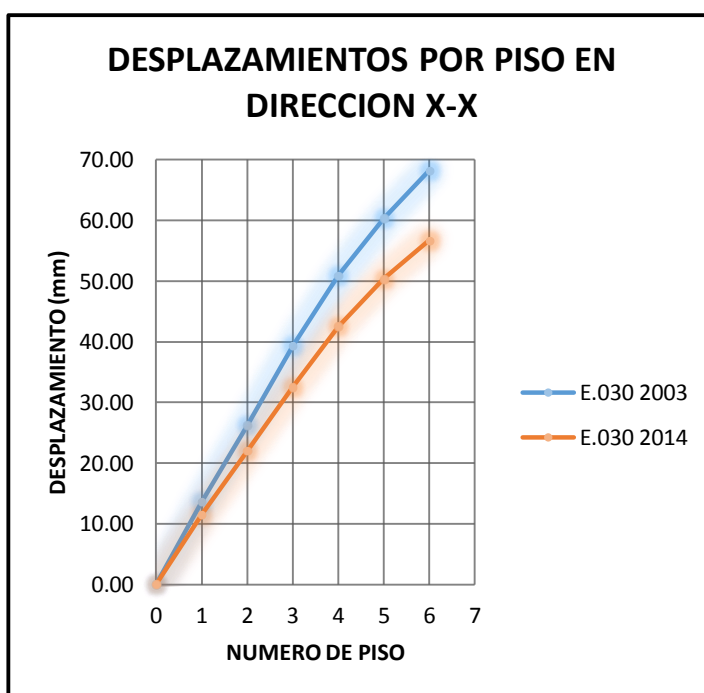


Grafico N°1:
Desplazamiento por piso en dirección XX

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN XX (mm)

NIVEL	SISMO XX (E.030 2003)	SISMO XX (E.030 2014)	% DE VARIACIÓN
6	68.250	56.700	16.92 %
5	60.375	50.400	16.52 %
4	50.925	42.525	16.49 %
3	39.375	32.550	17.33 %
2	26.250	22.050	16.00 %
1	13.650	11.550	15.38 %
0	0.000	0.000	

Cuadro N°30: Desplazamientos Máximos Dirección XX

De la Grafica N°2 se puede observar que para el sistema estructural propuesto existen diferencias en los desplazamientos en el eje YY obtenidos por el análisis sísmico realizado al aplicar la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria, siendo la primera en mención la que genera mayores valores. Obteniéndose desplazamientos de los centros de masas con una variación entre el 16.55% y 16.77% menos en el caso del Proyecto de Norma respecto a la Norma Vigente, tal como lo muestra el cuadro N°31

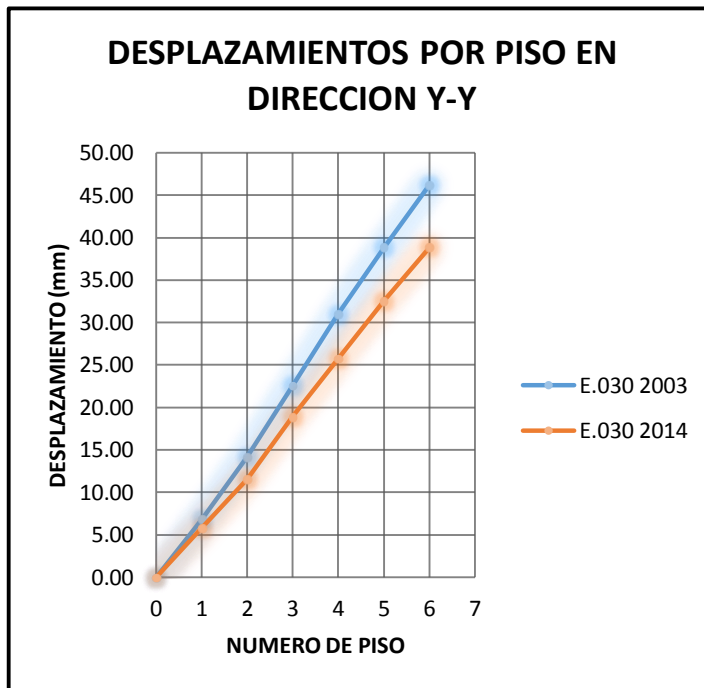


Grafico N°2:
*Desplazamiento por piso
en dirección YY*

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN YY (mm)

NIVEL	SISMO YY (E.030 2003)	SISMO YY (E.030 2014)	% DE VARIACIÓN
6	46.200	38.850	15.91 %
5	38.850	32.550	16.22 %
4	30.975	25.725	16.95 %
3	22.575	18.900	16.28 %
2	14.175	11.550	18.52 %
1	6.825	5.775	15.38 %
0	0.000	0.000	

Cuadro N°31: Desplazamientos Máximos Dirección YY

De la Grafica N°3 se observa las distorsiones máximas de entrepiso en el eje XX obtenidos por el análisis sísmico realizado al aplicar la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria, siendo la primera en mención la que genera mayores valores. Estas distorsiones presentan una variación entre el 16.64% y 16.71% menos en el caso del Proyecto de Norma respecto a la Norma Vigente, tal como lo muestra el cuadro N°32

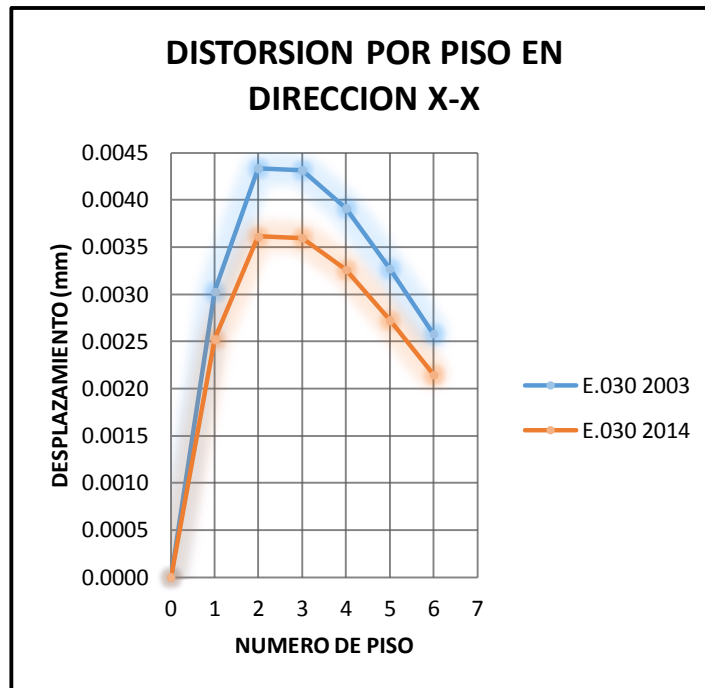


Grafico N°3: Distorsión por piso en dirección XX

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN XX

NIVEL	SISMO XX (E.030 2003)	SISMO XX (E.030 2014)	% DE VARIACIÓN
6	0.00258	0.00215	16.70 %
5	0.00327	0.00272	16.69 %
4	0.00391	0.00326	16.64 %
3	0.00432	0.00360	16.67 %
2	0.00434	0.00361	16.71 %
1	0.00303	0.00253	16.64 %
0	0.00000	0.00000	

Cuadro N°32: Distorsiones Máximos Dirección XX

De la Grafica N°4 se observa las distorsiones máximas de entrepiso en el eje YY obtenidos por el análisis sísmico realizado al aplicar la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria, siendo la primera en mención la que genera mayores valores. Estas distorsiones presentan una variación entre el 16.55% y 16.77% menos en el caso del Proyecto de Norma respecto a la Norma Vigente, tal como lo muestra el cuadro N°33

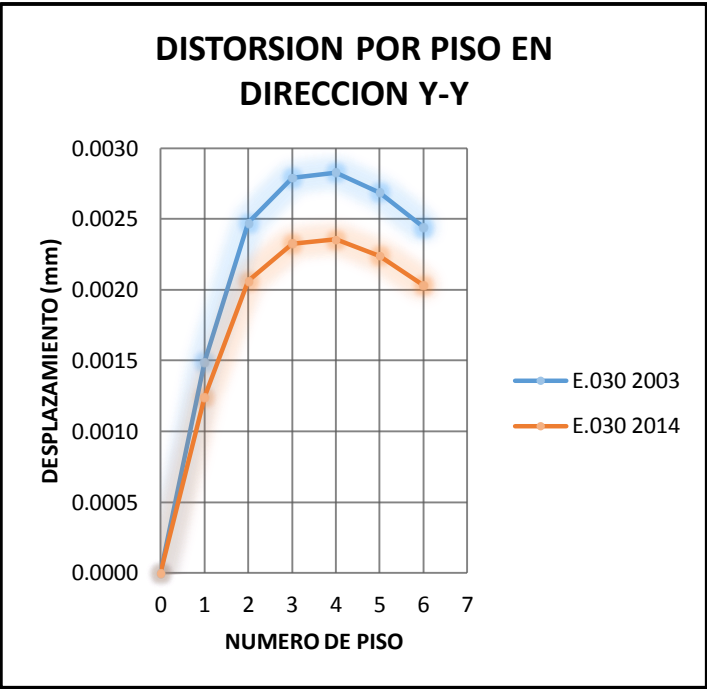


Grafico N°4: Distorsión por piso en dirección YY

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN YY

NIVEL	SISMO YY (E.030 2003)	SISMO YY (E.030 2014)	% DE VARIACIÓN
6	0.002	0.002	16.77 %
5	0.003	0.002	16.60 %
4	0.003	0.002	16.70 %
3	0.003	0.002	16.73 %
2	0.002	0.002	16.56 %
1	0.001	0.001	16.55 %
0	0.000	0.000	

Cuadro N°33: Distorsiones Máximos Dirección YY

La Grafica N°5 se muestra la variación de la fuerza cortante en la altura del Edificio en los ejes XX e YY. Además el cuadro N°34 muestra la variación de la fuerza cortante obtenida al aplicar el Proyecto de Norma E.030 que presenta una variación de 16.67% menos en el caso del Proyecto de Norma respecto a la Norma Vigente

FUERZA CORTANTE BASE DIRECCIÓN XX e YY

	SISMO XX (E.030 2003)	SISMO XX (E.030 2014)	% DE VARIACIÓN
V	390.3928	325.3273	16.67%

*Cuadro N°34: Fuerza Cortante En la Base dirección
XX e YY*

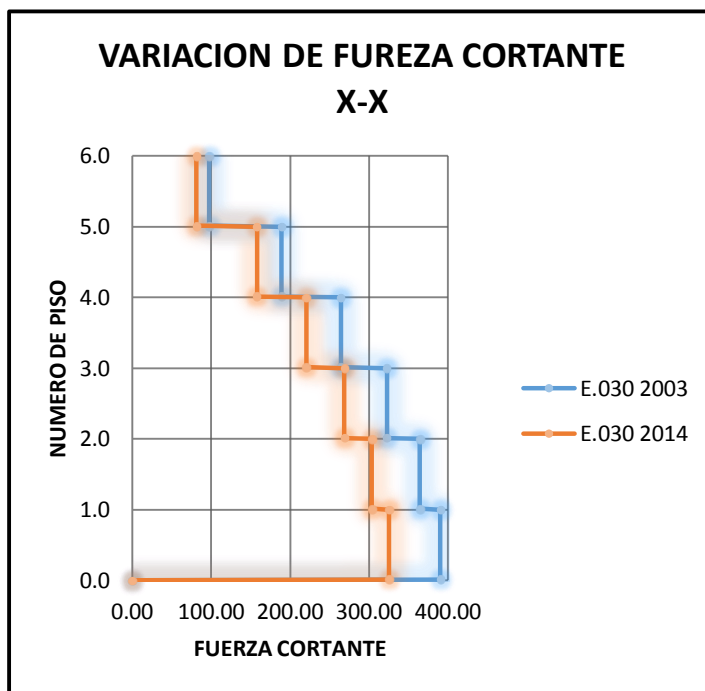


*Grafico N°5: Variación de
Fuerza Cortante dirección
XX e YY*

Del Análisis Sísmico Dinámico se pudo observar lo siguiente:

De la Grafica N°6 se puede observar que para el sistema estructural propuesto existen diferencias en los desplazamientos en el eje XX obtenidos por el análisis sísmico. Obteniéndose desplazamientos de los centros de masas con una variación entre el 15.91% y 18.18% menos en el caso del Proyecto de Norma respecto a la Norma Vigente, tal como lo muestra el cuadro N°35

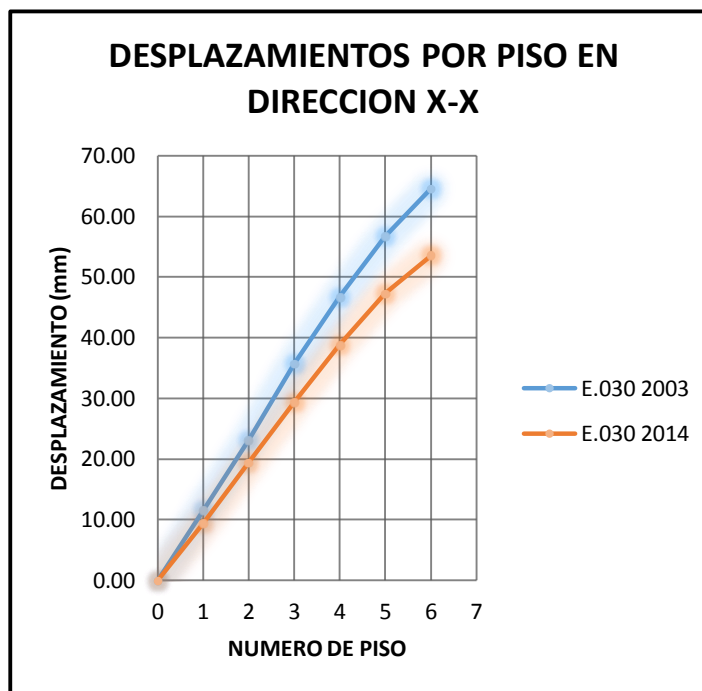


Grafico N°6:
*Desplazamiento por piso
en dirección XX*

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN XX (mm)

NIVEL	EQ XX (E.030 2003)	EQ XX (E.030 2014)	% DE VARIACIÓN
6	64.575	53.550	17.07 %
5	56.700	47.250	16.67 %
4	46.725	38.850	16.85 %
3	35.700	29.400	17.65 %
2	23.100	19.425	15.91 %
1	11.550	9.450	18.18 %
0	0.000	0.000	

Cuadro N°35: Desplazamientos Máximos Dirección XX

De la Grafica N°7 se puede observar que para el sistema estructural propuesto existen diferencias en los desplazamientos en el eje YY obtenidos por el análisis sísmico realizado al aplicar la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria, siendo la primera en mención la que genera mayores valores. Obteniéndose desplazamientos de los centros de masas con una variación entre el 10.00% y 18.18% menos en el caso del Proyecto de Norma respecto a la Norma Vigente, tal como lo muestra el cuadro N°36

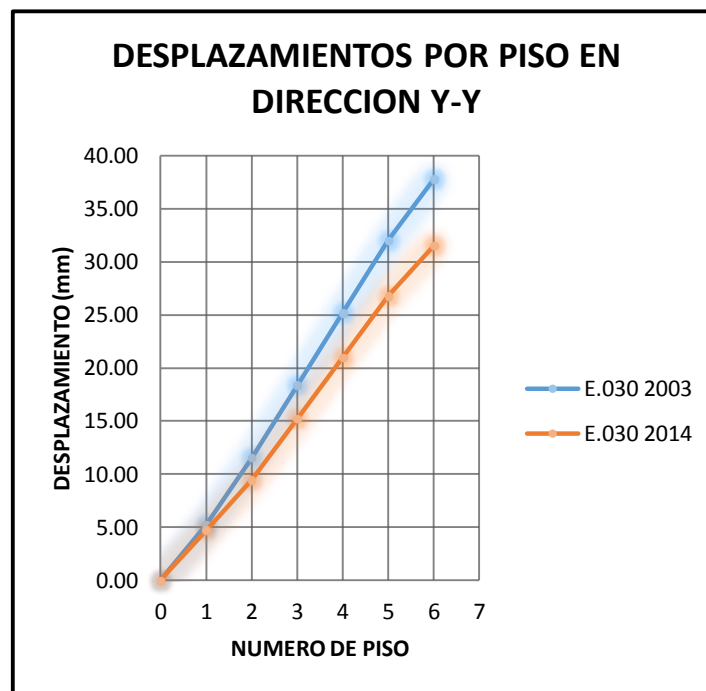


Grafico N°7:
*Desplazamiento por piso
en dirección YY*

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS LATERALES DIRECCIÓN YY

NIVEL	EQ YY (E.030 2003)	EQ YY (E.030 2014)	% DE VARIACIÓN
6	37.800	31.500	16.67 %
5	32.025	26.775	16.39 %
4	25.200	21.000	16.67 %
3	18.375	15.225	17.14 %
2	11.550	9.450	18.18 %
1	5.250	4.725	10.00 %
0	0.000	0.000	

Cuadro N°36: Desplazamientos Máximos Dirección YY

De la Grafica N°8 se observa las distorsiones máximas de entrepiso en el eje XX obtenidos por el análisis sísmico realizado al aplicar la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria, siendo la primera en mención la que genera mayores valores. Estas distorsiones presentan una variación entre el 16.54% y 16.77% menos en el caso del Proyecto de Norma respecto a la Norma Vigente, tal como lo muestra el cuadro N°37

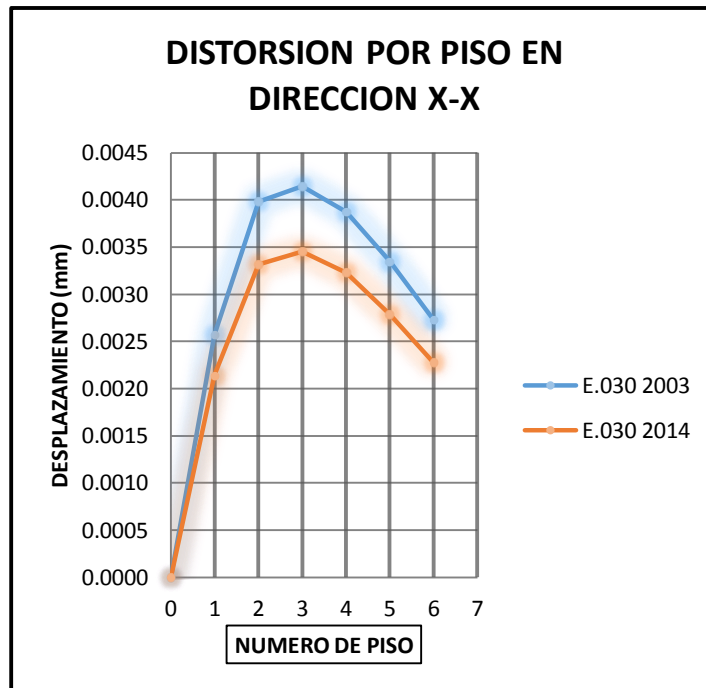


Grafico N°8: Distorsión por piso en dirección XX

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN XX

NIVEL	EQ XX (E.030 2003)	EQ XX (E.030 2014)	% DE VARIACIÓN
6	0.003	0.002	16.54 %
5	0.003	0.003	16.77 %
4	0.004	0.003	16.67 %
3	0.004	0.003	16.71 %
2	0.004	0.003	16.73 %
1	0.003	0.002	16.73 %
0	0.000	0.000	

Cuadro N°37: Distorsiones Máximos Dirección XX

De la Grafica N°9 se observa las distorsiones máximas de entrepiso en el eje YY obtenidos por el análisis sísmico realizado al aplicar la Norma E.030 vigente y la propuesta modificatoria, siendo la primera en mención la que genera mayores valores. Estas distorsiones presentan una variación entre el 16.58% y 16.78% menos en el caso del Proyecto de Norma respecto a la Norma Vigente, tal como lo muestra el cuadro N°38

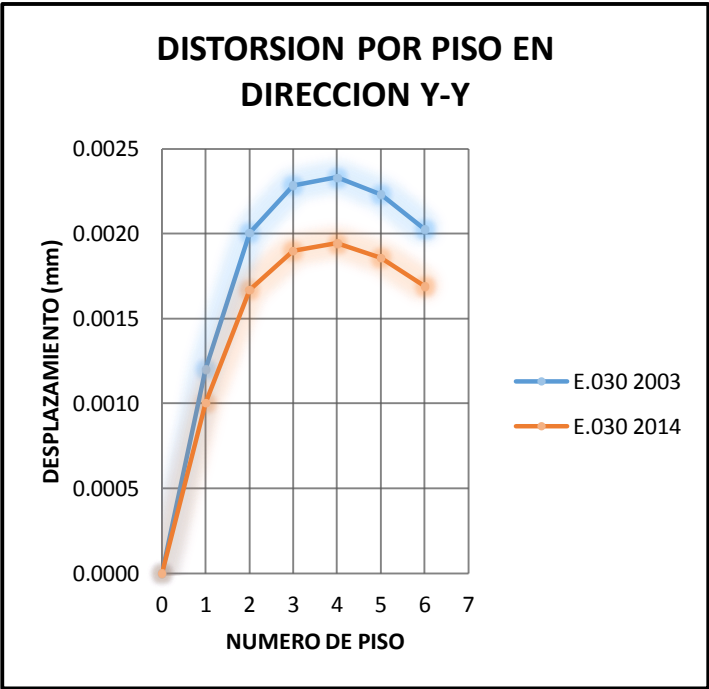


Grafico N°9: Distorsión por piso en dirección YY

MÁXIMAS DISTORSIONES POR PISO DIRECCIÓN YY

NIVEL	EQ YY (E.030 2003)	EQ YY (E.030 2014)	% DE VARIACIÓN
6	0.002	0.002	16.58 %
5	0.002	0.002	16.71 %
4	0.002	0.002	16.67 %
3	0.002	0.002	16.78 %
2	0.002	0.002	16.75 %
1	0.001	0.001	16.59 %
0	0.000	0.000	

Cuadro N°38: Distorsiones Máximos Dirección YY

La Grafica N°10 – N°11 muestran la variación de la fuerza cortante en la altura del Edificio en los ejes XX e YY respectivamente. Además el cuadro N°39 – N°40 muestra la variación de la fuerza cortante obtenida al aplicar el Proyecto de Norma E.030 que presenta una variación de 16.67% menos en el caso del Proyecto de Norma respecto a la Norma Vigente para ambas direcciones de análisis.

FUERZA CORTANTE BASE XX

	EQ XX (E.030 2003)	EQ XX (E.030 2014)	% DE VARIACIÓN
V	324.9553	270.7961	16.67%

Cuadro N°39: Fuerza Cortante En la Base dirección XX

FUERZA CORTANTE BASE YY

	EQ YY (E.030 2003)	EQ YY (E.030 2014)	% DE VARIACIÓN
V	312.3235	260.2644	16.67%

Cuadro N°40: Fuerza Cortante En la Base dirección YY

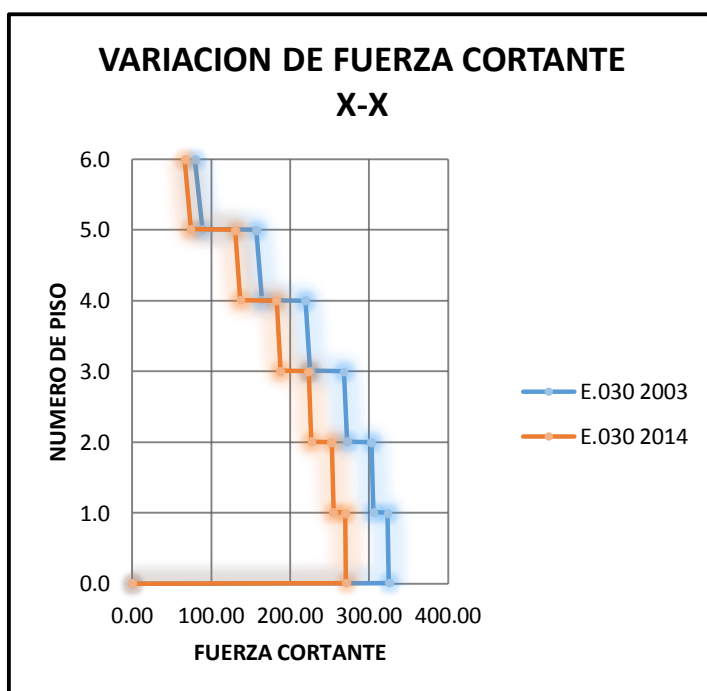


Grafico N°10: Variación de Fuerza Cortante dirección XX

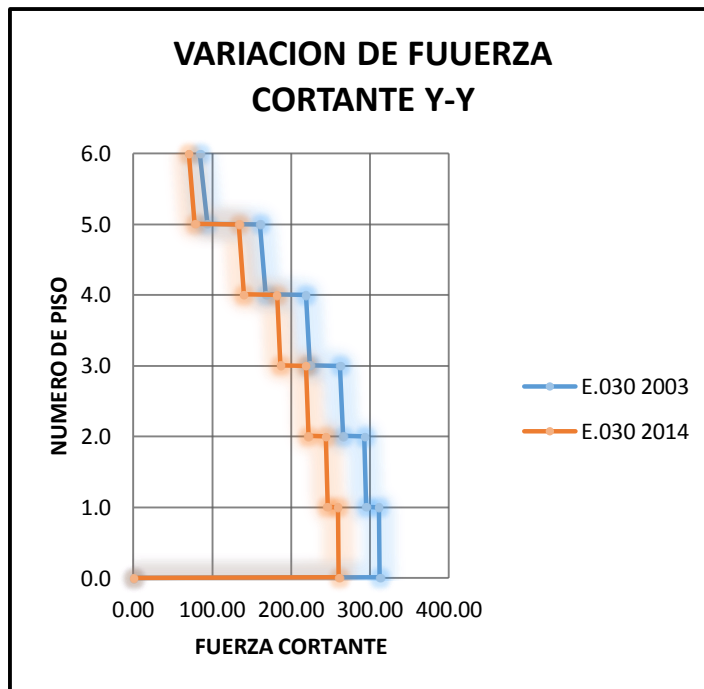


**Grafico N°11: Variación de
Fuerza Cortante dirección
YY**

X. CONCLUSIONES

Luego de realizar el análisis sísmico de un edificio multifamiliar ubicado en la ciudad de Tarapoto aplicando la Norma E.030 vigente frente a su Modificatoria Propuesta, previo análisis comparativo, se concluye que:

- 10.1. Una de las principales características de la estructuración de esta edificación radicaba en que a pesar de ser simétrica en ambas direcciones “X-X” e “Y-Y”, no se pudo tener muros de corte de gran dimensión en la dirección X-X a fin de respetar la arquitectura y los espacios de ventilación propuestos, provocando que en esta dirección los desplazamientos fueran mayores comparados con los desplazamientos en la dirección Y-Y. Sin embargo estos fueron menores que los máximos permisibles por la norma respectiva.
- 10.2. La incorporación de muros de corte al sistema estructural contribuyo a la estructura la rigidez necesaria para absorber las fuerzas generadas por el sismo y a su vez disminuir los desplazamientos que se originan, adecuándolos dentro de la arquitectura propuesta.
- 10.3. Luego de realizar el análisis sísmico del edificio con la **Norma E.030 vigente** los resultados fueron:

Del **análisis estático** se tiene que las derivas máximas obtenidas fueron 0.00438 (Piso 3) y 0.00280 (Piso 3 y4) para la dirección XX e YY respectivamente, cumpliendo con la exigencia de esta Norma, el desplazamiento máximo calculado en la azotea fue de 68.25 mm en la dirección “X” y 46.20 mm en la dirección “Y”, y la fuerza cortante en la base fue de 390.3928 ton.

Del **análisis dinámico** se tiene que las derivas máximas obtenidas fueron 0.00420 (Piso 3) y 0.00228 (Piso 3,4 y 5) para la dirección XX e YY respectivamente, cumpliendo con la exigencia de esta Norma, el desplazamiento máximo calculado en la azotea fue de 64.58 mm en la

dirección “X” y 37.80 mm en la dirección “Y”, y la fuerza cortante en la base fue de 324.9553 ton.

- 10.4. Luego de realizar el análisis sísmico del edificio con la **Propuesta Modificatoria de la Norma E.030** los resultados fueron:

Del **análisis estático** se tiene que las derivas máximas obtenidas fueron 0.00350 (Piso 3 y 4) y 0.00245 (Piso 3) para la dirección XX e YY respectivamente, cumpliendo con la exigencia de esta Norma, el desplazamiento máximo calculado en la azotea fue de 56.70 mm en la dirección “X” y 38.85 mm en la dirección “Y”, y la fuerza cortante en la base fue de 325.3273 ton.

Del **análisis dinámico** se tiene que las derivas máximas obtenidas fueron 0.00333 (Piso 2 y 3) y 0.00193 (Piso 3,4 y 5) para la dirección XX e YY respectivamente, cumpliendo con la exigencia de esta Norma, el desplazamiento máximo calculado en la azotea fue de 53.55 mm en la dirección “X” y 31.50 mm en la dirección “Y”, y la fuerza cortante en la base fue de 270.7691 ton.

- 10.5. Al realizar la comparación de resultados del análisis sísmico con la **Norma E.030 vs Propuesta Modificatoria** y se comprobó:

En el **análisis estático** las derivas máximas disminuyen en un 16.67 % en el sentido “X” y 16.73 % en el sentido “Y” en el caso del Proyecto de Norma E.030 respecto a la Norma E.030 vigente, el desplazamiento máximo de la azotea en un 16.92 % en el sentido “X” y 15.91 % en el sentido “Y”, y la fuerza cortante en un 16.67 %

En el **análisis dinámico** las derivas máximas disminuyen en un 16.71 % en el sentido “X” y 16.71 % en el sentido “Y” en el caso del Proyecto de Norma E.030 respecto a la Norma E.030 vigente, el desplazamiento

máximo de la azotea en un 17.07 % en el sentido “X” y 16.67 % en el sentido “Y”, y la fuerza cortante en un 16.67 % respectivamente.

- 10.6. En ambos casos de análisis Sísmico se obtuvieron valores de derivas de entre piso menores a 0.007 que es el máximo valor admisible en ambos casos del reglamento para estructuras de concreto armado. Por lo que se puede decir que el sistema estructural propuesto es funcional para ambos casos puesto que cumple los requerimientos establecidos por ambas Normas.
- 10.7. El análisis Sísmico con el Proyecto de Norma E.030 (2014), en general obtuvo valores de desplazamientos y fuerzas menores que el obtenido por la Norma E.030 vigente, cumpliendo en ambos casos los requerimientos de cada norma. Por lo tanto el caso analizado con uso del proyecto de norma E.030 (2014) permitiría disminuir la densidad de muros y dimensiones en algunos elementos estructurales haciéndola más flexible y seguir cumpliendo los requerimientos de desplazamientos establecidos por la misma y de esta manera el costo del proyecto estructural sería menor. Sin embargo cabe recalcar que el aspecto económico no es el más importante dentro de la filosofía del diseño Sismorresistente, si no el de evitar las pérdidas humanas y evitar que la estructura colapse, por lo que las estructuras analizadas con la norma E.030 vigente serían más seguras frente una acción sísmica.

XI. RECOMENDACIONES

Tras concluir el presente trabajo de investigación y de acuerdo a las conclusiones del mismo podemos dar las siguientes recomendaciones:

- 11.1. Una vez finalizado el análisis sísmico un edificio y cumplido con los requerimientos de desplazamientos establecidos por la norma, se recomienda realizar la verificación de los parámetros utilizados para determinar dichas acciones ya que puede existir alguna variación entre la concepción inicial planteada y la que se analice una vez corrido el modelo.
- 11.2. La Norma de Diseño Sismorresistente establece una distorsión máxima por piso que puede tener una estructura en función del sistema estructural proyectado, lo que se recomienda es realizar una estructuración de tal manera que la distorsión calculada no sea muy cercana a la máxima, ni tampoco cercana a cero para evitar que el edificio sea muy flexible o muy rígido respectivamente y así lograr un mejor modelo estructural antisísmico.
- 11.3. Los reglamentos de diseño sísmico en el Perú han sufrido variaciones a lo largo del tiempo, orientados en los avances de los estudios de la Ingeniería Sismorresistente y en gran parte a la experiencia del comportamiento y daños sufridos en las estructuras en sismos pasados, por lo que se recomienda hacer una evaluación de las estructuras diseñadas con la Norma E.030 vigente para poder establecer mejor los parámetros y coeficientes que intervienen en el cálculo de las respuestas y acciones sísmicas de la estructura.
- 11.4. Realizar estudios de Postgrado en Ingeniería Estructural, para poder comprender mejor el comportamiento de la estructura frente a las acciones sísmicas, además de tener un mejor entendimiento de los parámetros y coeficientes establecidos en los reglamentos y normas nacionales como internacionales y poder contribuir en el mejoramiento de las mismas en nuestro País.

- 11.5. Realizar modelos para el análisis sísmico incorporando criterios de diseño por desempeño e interacción sísmica entre suelo – estructura y evaluar el comportamiento de la estructura frente a las acciones sísmicas con respecto al modelo establecido por la norma vigente, puesto que estos métodos de análisis sísmico incorporan nuevos conceptos que son necesarios evaluar y contrastar con la reglamentación existente, manteniendo la filosofía del Diseño Sismorresistente que es la de evitar las pérdidas humanas.

XII. BIBLIOGRAFÍA

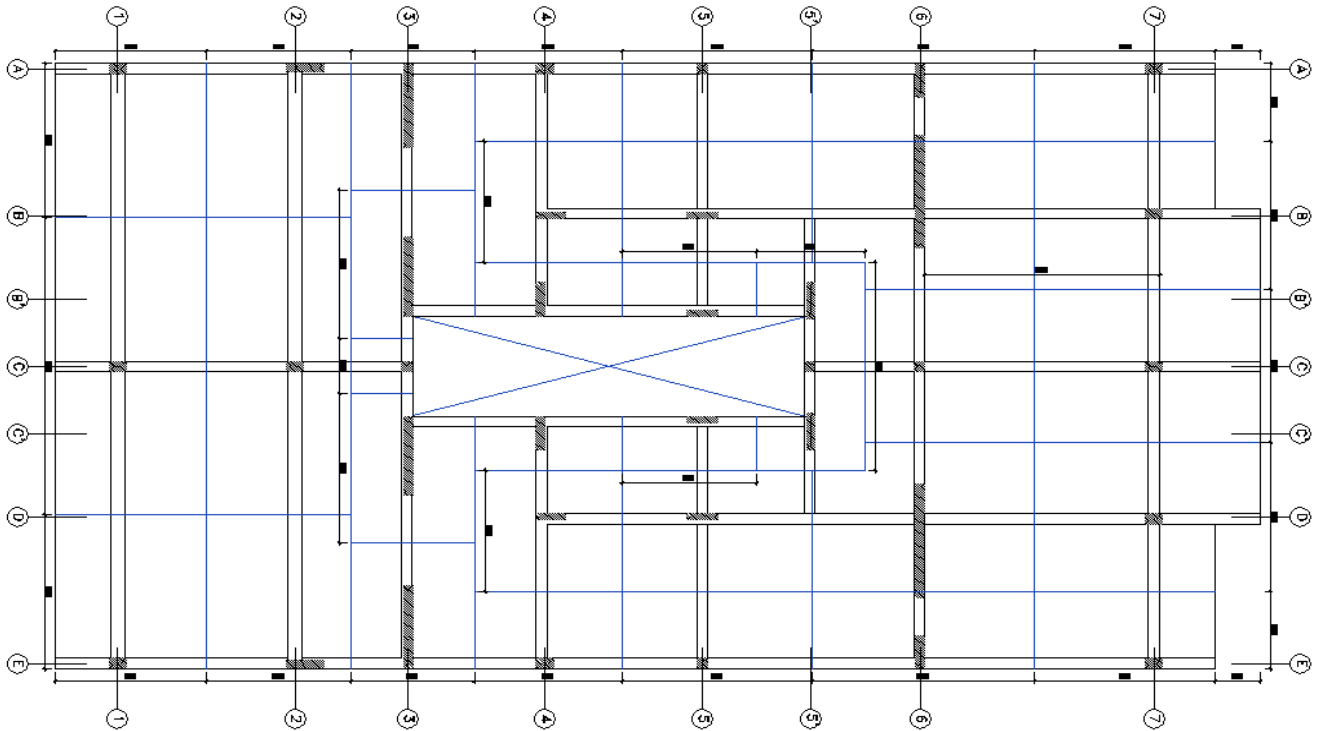
1. Alves González, Jaime Jover y Lares Fernández, Patricia (2012). Tesis: Análisis Dinámico de estructuras Irregulares Empleando el Programa de Cálculo Estructural ETABS. Universidad Nueva Esparta, República Bolivariana de Venezuela.
2. Cámara Figueira, Lisseth M. y Sánchez Herrera, Marianna A. (2012). Tesis: Comparación de la norma Venezolana Covenin 1756:2001 “Edificaciones sismorresistentes” con la norma chilena oficial nch433.of96 Mod. 2009 “diseño sísmico de edificios” y su propuesta de norma técnica de emergencia. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
3. Chávez Cachay, Santiago (2003). Concreto Armado. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.
4. De la Torre Hermoza, Pedro Julio (2009). Tesis: Diseño de un Edificio de 6 Niveles en Concreto Armado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
5. García Reátegui, Oswaldo (2012). Trabajo de Investigación Asistida: Análisis Sísmico Comparativo con el Método de Empotramiento Perfecto en la Base y el Método de Interacción Suelo – Estructura de una Edificación Ubicada en la Ciudad de Tarapoto. Universidad Científica del Perú – Tarapoto.
6. Mapa de Peligros de las Ciudades de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo, Proyecto INDECI – PNUD PER/ 02/ 051 Ciudades Sostenibles.
7. Norma Técnica de Edificación E.030. Diseño Sismorresistente. Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009.
8. Norma Técnica de Edificación E.020. Cargas. Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009.

9. Palomino Encinas, Alex Henry (2013). Manual de ETABS 2013: Análisis Estático y Dinámico de un Edificio de 6 Niveles. Cajamarca – Perú.
10. Plan de Usos del Suelo y Medidas de Mitigación ante Desastres de la Ciudad de Tarapoto, Proyecto INDECI – PNUD PER/ 02/ 051 Ciudades Sostenibles.
11. Proyecto de Norma Técnica de Edificación E.030. Diseño Sismorresistente, 2014.
12. San Bartolomé Ramos, Ángel (1998). Análisis de Edificios. Primera Edición. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
13. Sauñe Reyes, Alberto Saúl (2008). Tesis: Desarrollo del Proyecto de Estructuras de un Edificio Destinado a Viviendas con Semisótano, Primer Piso y Cuatro Pisos Típicos. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
14. Taboada García, J. Antonio y Izcue Uceda (2009), A. Martin. Tesis: Análisis y Diseño de Edificios Asistido por Computadoras. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima

XIII. ANEXOS

13.1. Memoria de Cálculo

PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES



A. PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA ALIGERADA

$$e = \frac{L}{25}$$

Donde:

L = Luz libre entre ejes (mayor: Long. eje 1 - 2)

L = 3.70 m

$$e = 0.15 \text{ m}$$

$$e = 14.80 \text{ cm}$$

Adoptando una dimension constructiva

$$e_{\text{losa}} = 20 \text{ cm}$$

B. PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS

B.1. VIGAS PRINCIPALES

Viga V - 101 (Eje A - C)

PERALTE (h)

$$h = \frac{L_n}{12}$$

Donde:

L_n = Luz libre entre ejes (mayor: Long. eje A - C)

L_n = 6.85 m

$$h = 0.57 \text{ m}$$

$$h = 57.08 \text{ cm}$$

Adoptando una dimension constructiva

$$h_o = 60 \text{ cm}$$

ANCHO (b)

$$\text{Donde: } h = h_o = 0.60 \text{ m}$$

$$b = 0.5 h$$

$$b = 0.30 \text{ m}$$

$$b = 30.00 \text{ cm}$$

Adoptando una dimension constructiva

$$b_o = 30 \text{ cm}$$

Modificacion de dimensiones por criterio de IGUALDAD DE RIGIDECES

$$bh^3 = b_o h_o^3$$

$$b_o = 0.30 \text{ m}$$

$$h_o = 0.60 \text{ m}$$

$$b = 0.30 \text{ m}$$

$$h = 0.60 \text{ m}$$

$$\text{V.P.} = 0.30 \times 0.60 \text{ m}$$

Viga V - 102 (Eje 6 - 7)

$$h = \frac{Ln}{12}$$

$$h = 0.421 \text{ m}$$
$$h = 42.08 \text{ cm}$$

Donde: $Ln =$ Luz libre entre ejes (mayor: Long. eje 6 - 7)
 $Ln = 5.05 \text{ m}$

Adoptando una dimension constructiva $ho = 45 \text{ cm}$

Donde: $h = ho = 0.45 \text{ m}$

$$b = 0.225 \text{ m}$$
$$b = 22.5 \text{ cm}$$

Adoptando una dimension constructiva $bo = 25 \text{ cm}$

Modificacion de dimensiones por criterio de IGUALDAD DE RIGIDECES

$$bo = 0.25 \text{ m}$$
$$ho = 0.45 \text{ m}$$

$$b = 0.25 \text{ m}$$
$$h = 0.45 \text{ m}$$

$$\text{V.P.} = 0.25 \times 0.45 \text{ m}$$

B.2. VIGAS SECUNDARIAS

Viga VS - 103 (Eje 1 - 2)

PERALTE (h)

$$h = \frac{Ln}{14}$$

$$h = 0.26 \text{ m}$$
$$h = 26.43 \text{ cm}$$

Donde: $Ln =$ Luz libre entre ejes (mayor: Long. eje 1 - 2)
 $Ln = 3.70 \text{ m}$

Adoptando una dimension constructiva $ho = 40 \text{ cm}$

ANCHO (b)

$$b = 0.5 h$$

$$b = 0.20 \text{ m}$$
$$b = 20.00 \text{ cm}$$

Donde: $h = ho = 0.40 \text{ m}$

Adoptando una dimension constructiva $bo = 25 \text{ cm}$

Modificacion de dimensiones por criterio de IGUALDAD DE RIGIDECES

$$bh^3 = boho^3$$

$$bo = 0.25 \text{ m}$$
$$ho = 0.40 \text{ m}$$

$$b = 0.25 \text{ m}$$
$$h = 0.40 \text{ m}$$

$$\text{V.S.} = 0.25 \times 0.40 \text{ m}$$

Viga VS - 103 (Eje B - C)

PERALTE (h)

$$h = \frac{Ln}{14}$$

$$h = 0.24 \text{ m}$$
$$h = 24.29 \text{ cm}$$

Donde: $Ln =$ Luz libre entre ejes (mayor: Long. eje B - C)
 $Ln = 3.4 \text{ m}$

Adoptando una dimension constructiva $ho = 40 \text{ cm}$

ANCHO (b)

Donde: $h = ho = 0.40 \text{ m}$

$$b = 0.20 \text{ m}$$
$$b = 20.00 \text{ cm}$$

Adoptando una dimension constructiva $bo = 25 \text{ cm}$

Modificación de dimensiones por criterio de IGUALDAD DE RIGIDECES

$$\begin{aligned} b_o &= 0.25 \text{ m} \\ h_o &= 0.40 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 0.25 \text{ m} \\ h &= 0.40 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\mathbf{V.S. = 0.25 \times 0.40 \text{ m}}$$

B.3. VIGAS EN VOLADIZO

$$h = \frac{L_v}{5} \quad \text{Donde:}$$

L_v = Luz libre del voladizo

$$L_v = 2.27 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} h &= 0.45 \text{ m} \\ h &= 45.40 \text{ cm} \end{aligned}$$

Adoptando una dimension constructiva

$$h_o = 45 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} b &= 0.23 \text{ m} \\ b &= 22.50 \text{ cm} \end{aligned}$$

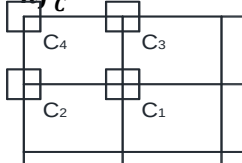
Adoptando una dimension constructiva

$$b_o = 25 \text{ cm}$$

$$\mathbf{V.S. v 104 = 0.25 \times 0.45 \text{ m}}$$

C. PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS

$$A_g = \frac{P}{n f'_c} \quad \text{Donde:}$$



P = Carga total que soporta la columna

n = Valor que depende del tipo de columna

P_G = Peso total de las cargas de gravedad que soporta la columna

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

- C-1 = Columna Central
- C-2 = Columna Extrema de Portico Principal Interior
- C-3 = Columna Extrema de Portico Secundario Interior
- C-4 = Columna de Esquina

TIPO C-1 Para los primeros pisos	Columna Interior $N < 3$ pisos	$P = 1.10 P_G$ $n = 0.30$
TIPO C-1 Para los ultimos pisos	Columna Interior $N > 4$ pisos	$P = 1.10 P_G$ $n = 0.25$
TIPO C-2 y C-3	Columna extrema de portico exterior	$P = 1.25 P_G$ $n = 0.25$
TIPO C-4	Columna de esquina	$P = 1.50 P_G$ $n = 0.20$

C.1. METRADO DE CARGAS

C.1.1. EN PRIMEROS PISOS

Peso Aligerado	=	300	kg/m ²	
Peso Acabados	=	100	kg/m ²	
Peso Tabiquería	=	150	kg/m ²	$W_D = 710 \text{ kg/m}^2$
Peso Vigas	=	100	kg/m ²	
Peso Columna	=	60	kg/m ²	$W_T = 960 \text{ kg/m}^2$
S/C	=	250	kg/m ²	$W_L = 250 \text{ kg/m}^2$

C.1.2. EN ULTIMO PISO Y/O AZOTEA

Peso Alig. y/o Liv.	=	15	kg/m ²	
Peso Acabados	=	100	kg/m ²	
Peso Tabiquería	=	150	kg/m ²	$W_D = 425 \text{ kg/m}^2$
Peso Vigas	=	100	kg/m ²	
Peso Columna	=	60	kg/m ²	$W_T = 575 \text{ kg/m}^2$
S/C	=	150	kg/m ²	$W_L = 150 \text{ kg/m}^2$

C.2. ANALISIS DE COLUMNAS (CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE COLUMNAS)

C.2.1. COLUMNA TIPO C - 1

Columna tipo C - 1 (Intersecciones de los ejes 2 - 2 con C - C)

$$\begin{array}{lcl} \text{Area Tributaria} & = & 7.10 \times 3.27 \\ \text{Area Tributaria} & = & 23.22 \text{ m}^2 \end{array} \qquad \begin{array}{lcl} \text{Numero de Pisos} & = & 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Peso de las cargas de Gravedad} & P_G & = 124791.38 \text{ kg} \\ \text{Carga total Soportada por la Columna} & P & = 137270.51 \text{ kg} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Area de seccion de columna} & A_G & = 1961.01 \text{ cm}^2 \\ & b = & 0.30 \text{ m} \qquad t = 0.65 \text{ m} \end{array}$$

$$\text{Dimensiones de Columna TIPO C-1} \quad \boxed{C-1 = 0.30 \times 0.65 \text{ m}}$$

Columna tipo C - 1' (Intersecciones de los ejes 3 - 3 con C - C)

$$\begin{array}{lcl} \text{Area Tributaria} & = & 1.33 \times 1.37 \\ \text{Area Tributaria} & = & 1.82 \text{ m}^2 \end{array} \qquad \begin{array}{lcl} \text{Numero de Pisos} & = & 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Peso de las cargas de Gravedad} & P_G & = 9793.79 \text{ kg} \\ \text{Carga total Soportada por la Columna} & P & = 10773.17 \text{ kg} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Area de seccion de columna} & A_G & = 153.90 \text{ cm}^2 \\ & b = & 0.25 \text{ m} \qquad t = 0.06 \text{ m} \end{array}$$

$$\text{Dimensiones de Columna TIPO C-1'} \quad \boxed{C-1' = 0.25 \times 0.25 \text{ m}}$$

Columna tipo C - 1 (Intersecciones de los ejes 6 - 6 con C - C)

$$\begin{array}{lcl} \text{Area Tributaria} & = & 3.65 \times 3.85 \\ \text{Area Tributaria} & = & 14.05 \text{ m}^2 \end{array} \qquad \begin{array}{lcl} \text{Numero de Pisos} & = & 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Peso de las cargas de Gravedad} & P_G & = 75532.19 \text{ kg} \\ \text{Carga total Soportada por la Columna} & P & = 83085.41 \text{ kg} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Area de seccion de columna} & A_G & = 1186.93 \text{ cm}^2 \\ & b = & 0.30 \text{ m} \qquad t = 0.40 \text{ m} \end{array}$$

$$\text{Dimensiones de Columna TIPO C-1} \quad \boxed{C-1 = 0.30 \times 0.40 \text{ m}}$$

Columna tipo C - 1 (Intersecciones de los ejes 5' - 5' con C - C)

$$\begin{array}{lcl} \text{Area Tributaria} & = & 4.97 \times 2.45 \\ \text{Area Tributaria} & = & 12.1765 \text{ m}^2 \end{array} \qquad \begin{array}{lcl} \text{Numero de Pisos} & = & 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Peso de las cargas de Gravedad} & P_G & = 65448.69 \text{ kg} \\ \text{Carga total Soportada por la Columna} & P & = 71993.56 \text{ kg} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Area de seccion de columna} & A_G & = 1028 \text{ cm}^2 \\ & b = & 0.25 \text{ m} \qquad t = 0.411 \text{ m} \end{array}$$

$$\text{Dimensiones de Columna TIPO C-1} \quad \boxed{C-1 = 0.25 \times 0.40 \text{ m}}$$

C.2.2. COLUMNA TIPO C-2 y C-3

Columna tipo C - 3 (Intersecciones de los ejes 7 - 7 con C - I)

$$\begin{array}{lcl} \text{Area Tributaria} & = & 3.65 \times 5.08 \\ \text{Area Tributaria} & = & 18.54 \text{ m}^2 \end{array} \qquad \begin{array}{lcl} \text{Numero de Pisos} & = & 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Peso de las cargas de Gravedad} & P_G & = 99663.25 \text{ kg} \\ \text{Carga total Soportada por la Columna} & P & = 124579.0625 \text{ kg} \end{array}$$

$$\text{Area de seccion de columna} \qquad A_G = 1779.70 \text{ cm}^2$$

$$b = 0.30 \text{ m} \qquad t = 0.59 \text{ m}$$

Dimensiones de Columna TIPO C-3

$$\boxed{\text{C-3} = 0.30 \times 0.60 \text{ m}}$$

Columna tipo C - 3 (Intersecciones de los ejes 7 - 7 con B - B y 7 - 7 con D - D)

$$\begin{array}{lcl} \text{Area Tributaria} & = & 3.55 \times 5.08 \\ \text{Area Tributaria} & = & 18.034 \text{ m}^2 \end{array} \qquad \begin{array}{lcl} \text{Numero de Pisos} & = & 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Peso de las cargas de Gravedad} & P_G & = 96932.75 \text{ kg} \\ \text{Carga total Soportada por la Columna} & P & = 121165.94 \text{ kg} \end{array}$$

$$\text{Area de seccion de columna} \qquad A_G = 1730.94 \text{ cm}^2$$

$$b = 0.30 \text{ m} \qquad t = 0.58 \text{ m}$$

Dimensiones de Columna TIPO C-3

$$\boxed{\text{C-3} = 0.30 \times 0.60 \text{ m}}$$

Columna tipo C - 3 (Intersecciones de los ejes 1 - 1 con C - C)

$$\begin{array}{lcl} \text{Area Tributaria} & = & 7.10 \times 3.40 \\ \text{Area Tributaria} & = & 24.14 \text{ m}^2 \end{array} \qquad \begin{array}{lcl} \text{Numero de Pisos} & = & 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Peso de las cargas de Gravedad} & P_G & = 129752.50 \text{ kg} \\ \text{Carga total Soportada por la Columna} & P & = 162190.63 \text{ kg} \end{array}$$

$$\text{Area de seccion de columna} \qquad A_G = 2317.01 \text{ cm}^2$$

$$b = 0.40 \text{ m} \qquad t = 0.58 \text{ m}$$

Dimensiones de Columna TIPO C-3

$$\boxed{\text{C-3} = 0.40 \times 0.60 \text{ m}}$$

C.2.3. COLUMNA TIPO C - 4

Columna tipo C - 4 (Intersecciones de los ejes 7 - 7 con A - A y E - E con 7 - 7)

$$\begin{array}{lcl} \text{Area Tributaria} & = & 1.85 \times 4.08 \\ \text{Area Tributaria} & = & 7.55 \text{ m}^2 \end{array} \qquad \begin{array}{lcl} \text{Numero de Pisos} & = & 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Peso de las cargas de Gravedad} & P_G & = 40570.5 \text{ kg} \\ \text{Carga total Soportada por la Columna} & P & = 60855.75 \text{ kg} \end{array}$$

$$\text{Area de seccion de columna} \qquad A_G = 1086.71 \text{ cm}^2$$

$$b = 0.30 \text{ m} \qquad t = 0.36 \text{ m}$$

Dimensiones de Columna TIPO C-4

$$\boxed{\text{C-4} = 0.30 \times 0.40 \text{ m}}$$

Columna tipo C - 4 (Intersecciones de los ejes 1 - 1 con A - A, 1 - 1 con E - E)

Area Tributaria = 3.67 x 3.40 Numero de Pisos = 6
 Area Tributaria = 12.478 m²

Peso de las cargas de Gravedad PG = 67069.25 kg
 Carga total Soportada por la Columna P = 100603.88 kg

Area de seccion de columna AG = 1796.50 cm²

b = 0.30 m t = 0.60 m

Dimensiones de Columna TIPO C-4

C-4 = 0.30 x 0.60 m

D. RESUMEN DEL PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Elemento Estructural		Dimensiones (m)
Losa Aligerada (e)		0.20
Vigas Principales	VP - 101 (b*h)	0.30 x 0.60
	VP - 102 (b*h)	0.25 x 0.45
Vigas Secundarias	VS - 103	0.25 x 0.40
	Todas similares a la VS - 103 (b*h)	0.25 x 0.40
Viga en Voladizo	VSv - 104 (b*h)	0.25 x 0.45
Columnas	C - 1 (b*t)	0.40 x 0.60
	C - 2 (b*t)	0.30 x 0.65
	C - 3 (b*t)	0.30 x 0.60
	C - 4 (b*t)	0.30 x 0.40
	C - 5 (b*t)	0.25 x 0.40

METRADO DE CARGAS (ETABS)

A. ESPECIFICACIONES TECNICAS

TIPO DE EDIFICACIÓN

Vivienda Multifamiliar

MATERIALES

Resistencia del Concreto	=	280 kg/cm ²
Fluencia del Acero	=	4200 kg/cm ²
Und. de Albañilería	=	1350 kg/m ³
Mortero de Cemento	=	2000 kg/m ³
Concreto Armado	=	2400 kg/m ³
Concreto Simple	=	2300 kg/m ³

LOSA ALIGERADA (ladrillo de arcilla)

Espesor (e)	=	0.20 m
Carga	=	300 kg/m ²
Ladrillo	=	100 kg/m ²

SOBRECARGA

Ambientes	=	200 kg/m ²
Azotea	=	150 kg/m ²
TABICUERIA	=	100 kg/m ²
ACABADOS	=	100 kg/m ²
N° DE PISOS	=	6

B. CARGAS POR NIVELES

B.1. PRIMER NIVEL

2.1.1 ALIGERADO LADRILLO DE ARCILLA

CARGA MUERTA

Peso ladrillo aligerado	=	0.10 tn/m ²
Peso acabados	=	0.10 tn/m ²
Peso tabiquería	=	0.10 tn/m ²
W_D	=	0.30 tn/m²

CARGA VIVA

S/C ambientes	=	0.2 tn/m ²
W_L	=	0.20 tn/m²

B.2. SEGUNDO NIVEL

2.2.1 ALIGERADO LADRILLO DE ARCILLA

CARGA MUERTA

Peso ladrillo aligerado	=	0.10 tn/m ²
Peso acabados	=	0.10 tn/m ²
Peso tabiquería	=	0.10 tn/m ²
W_D	=	0.30 tn/m²

CARGA VIVA

S/C ambientes	=	0.2 tn/m ²
W_L	=	0.20 tn/m²

B.3. TERCER NIVEL AL SEXTO NIVEL

2.3.1 ALIGERADO LADRILLO DE ARCILLA

CARGA MUERTA

Peso ladrillo aligerado	=	0.10 tn/m ²
Peso acabados	=	0.10 tn/m ²
Peso tabiquería	=	0.10 tn/m ²
W_D	=	0.30 tn/m²

CARGA VIVA AZOTEA

S/C azotea	=	0.15 tn/m ²
W_L	=	0.15 tn/m²

Irregularidades de acuerdo a la Norma E.030 (2006)

A. Irregularidad en Altura

A.a. Irregularidad de rigidez

Pisos	Área (m2)	Condiciones	
		1era	2da
Piso 6	12.17	--	--
Piso 5	12.17	100%	
Piso 4	12.17	100%	--
Piso 3	12.17	100%	--
Piso 2	12.17	100%	--
Piso 1	12.17	100%	100%
Irregularidad:		< 80%	< 90%

Donde:

1era: % respecto de la correspondiente suma del entrepiso superior.

2da: % respecto del promedio para los 3 pisos superiores.

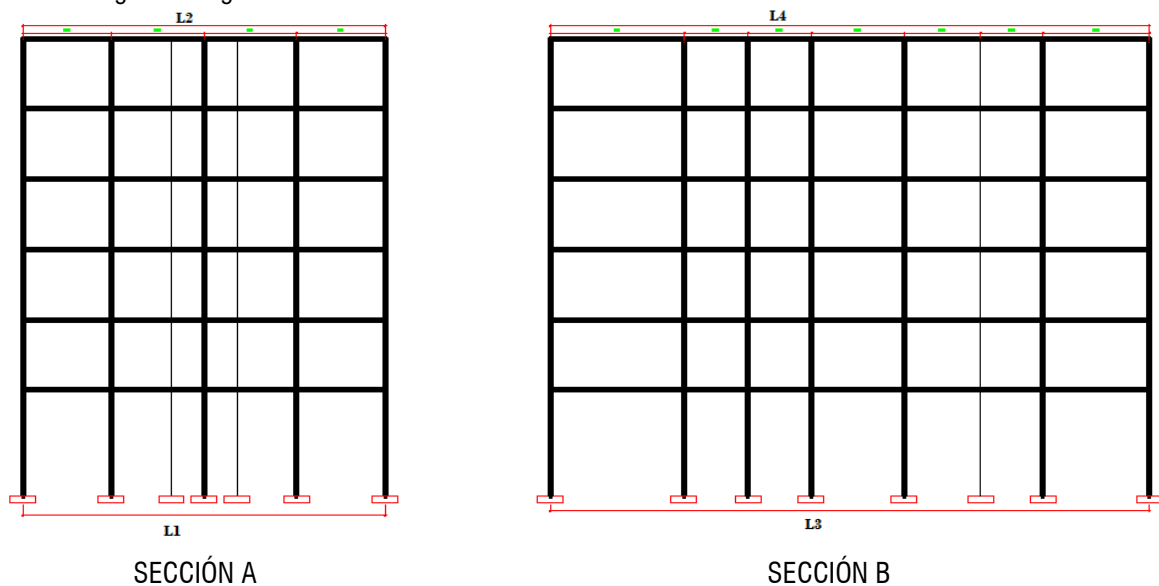
Dado que no hubo resultados bajo el rango establecida por la norma, se concluye que, esta edificación no presenta irregularidad de rigidez.

A.b. Irregularidad de masa

Pisos	Masa (Ton)	% Masa
Piso 6	394.85	--
Piso 5	434.31	110.0%
Piso 4	435.31	100.2%
Piso 3	436.31	100.2%
Piso 2	437.31	100.2%
Piso 1	458.53	104.9%
Irregularidad:		> 150%

No existe irregularidad de masa en la edificación.

A.c. Irregularidad geométrica vertical



$$L1 = L2$$

$$L3 = L4$$

Para que ocurra irregularidad debe ocurrir:

$$L1 > 1.3 (L2) \quad \text{ó} \\ L3 > 1.3 (L4)$$

Por tanto, la edificación no presenta irregularidad geométrica vertical.

A.d. Irregularidad por discontinuidad en los sistemas resistentes

Como se aprecia en las secciones A y B, no existe discontinuidad en los sistemas resistentes.

Por tanto, la edificación no presenta irregularidad por discontinuidad en los sistemas resistentes.

B. Irregularidad en Planta

B.a. Irregularidad torsional

Según la tabla N° 8 de la norma E.030 2003. El máximo desplazamiento relativo es:

Concreto Armado: $\Delta = 0.007 (h_i)$

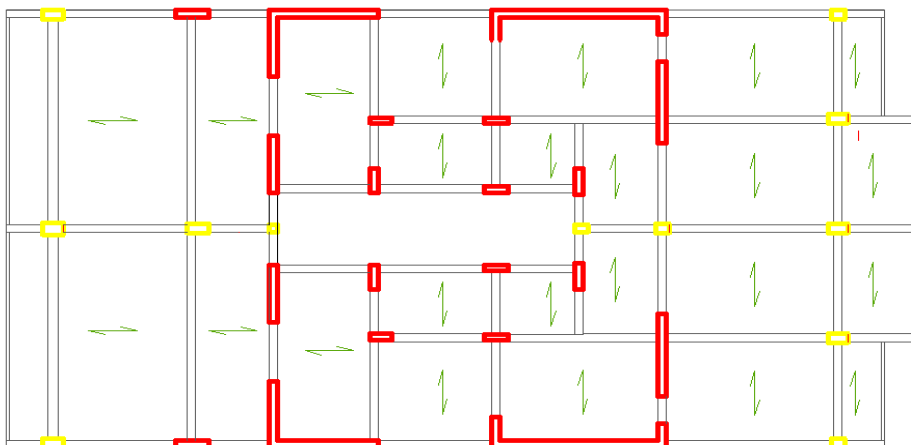
- Para pisos 2, 3, 4,5 y 6: $\Delta = 21.00 \text{ mm}$
- Para piso 1: $\Delta = 31.50 \text{ mm}$

Solo se asume que hay irregularidad de torsión si se supera en 50% al desplazamiento relativo establecido por la norma, el mismo que se muestra a continuación:

- Para pisos 2, 3, 4,5 y 6: 31.50 mm
- Para piso 1: 47.25 mm

A continuación, se muestran los desplazamientos obtenidos, los mismos que exceden el 50% del máximo permisible. Es conveniente verificar la irregularidad torsional.

Del análisis realizado en el ETABS, se tienen los siguientes desplazamientos.

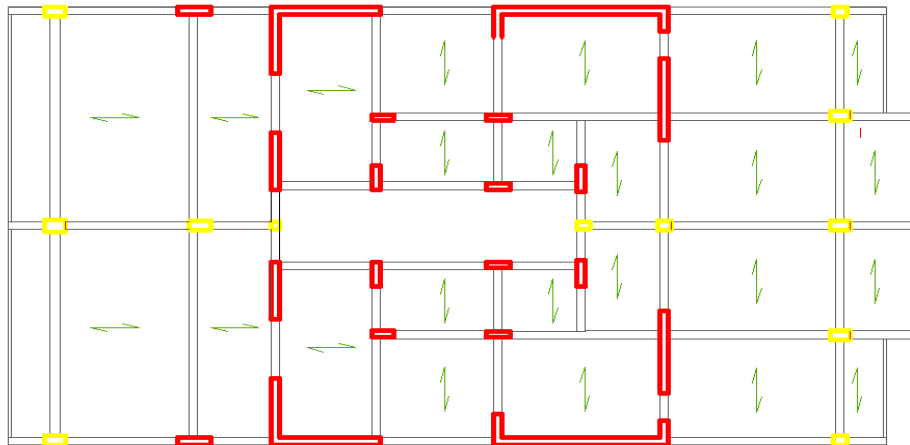


Desplazamientos máximas en X (mm)	Piso	Desplazamientos (Δ)	Δ Relativo	Prom
		Estructura	Estructura	
	6	13.00	1.50	5.50
	5	11.50	1.80	1.80
	4	9.70	2.20	2.20
	3	7.50	2.50	2.50
	2	5.00	2.40	2.40
	1	2.60	2.60	2.60
	Irregularidad: > 1.30		1.00	

Desplazamientos máximas en Y (mm)	Piso	Desplazamientos (Δ)	Δ Relativo	Prom
		Estructura	Estructura	
	6	8.80	1.40	4.50
	5	7.40	1.50	1.50
	4	5.90	1.60	1.60
	3	4.30	1.60	1.60
	2	2.70	1.40	1.40
	1	1.30	1.30	1.30
	Irregularidad: > 1.30		1.00	

La deformación máxima se registra en el 1er piso, pero no es mayor a 47.25mm.
La edificación NO presenta irregularidad torsional.

B.b. Irregularidad por esquina entrante



PLANTA TÍPICA "A"

La planta típica A no presenta irregularidad por esquina entrante.

B.c. Irregularidad por discontinuidad de diafragma

Las losas o entrepisos no tienen discontinuidad.

Irregularidades de acuerdo a la Modificatoria de Norma E.030 Propuesta (2014)

A. Irregularidad en Altura

A.a. Irregularidad de rigidez o piso blando

Análisis para deformación en la dirección de X

Pisos	Desplazamiento (mm)	Deriva	Condiciones	
	Estructura		1era	2da
Piso 6	13.00	0.00050	--	--
Piso 5	11.50	0.00060	1.20	--
Piso 4	9.70	0.00073	1.22	--
Piso 3	7.50	0.00083	1.14	--
Piso 2	5.00	0.00080	0.96	--
Piso 1	2.60	0.00058	0.72	0.95
Irregularidad :			> 1.40	> 1.25

Análisis para deformación en la dirección de Y

Pisos	Desplazamiento (mm)	Deriva	Condiciones	
	Estructura		1era	2da
Piso 6	8.80	0.00047	--	--
Piso 5	7.40	0.00050	1.07	
Piso 4	5.90	0.00053	1.07	
Piso 3	4.30	0.00053	1.00	--
Piso 2	2.70	0.00047	0.88	--
Piso 1	1.30	0.00029	0.62	0.58
Irregularidad :			> 1.40	> 1.25

Donde:

1era: Relación con la deriva del entrepiso inmediato superior.

2da: Relación con el promedio de los 3 pisos superiores adyacentes.

Promedio: Desplazamiento promedio de entrepiso. Según la norma E.030 2014, en este caso, este desplazamiento se calcula como el promedio de los desplazamientos del extremo del entrepiso.

NO existe irregularidad de rigidez.

Entonces: **la = 1.00**

A.b. Irregularidad de resistencia o piso débil

Pisos	Dirección X		Dirección Y		
	Resistencia	%	Resistencia	%	
Piso 6	3666542	--	3666542	--	(ton/m)
Piso 5	3666542	100%	3666542	100%	(ton/m)
Piso 4	3666542	100%	3666542	100%	(ton/m)
Piso 3	3666542	100%	3666542	100%	(ton/m)
Piso 2	3666542	100%	3666542	100%	(ton/m)
Piso 1	3666542	100%	3666542	100%	(ton/m)
Irregularidad: < 80%					

No existe irregularidad de resistencia.

Entonces: **la = 1.00**

A.c. Irregularidad extrema de rigidez

Puesto que no existe irregularidad de rigidez, tampoco existe irregularidad extrema.

Entonces: **la = 1.00**

A.d. Irregularidad extrema de resistencia

Pisos	Dirección X		Dirección X		
	Resistencia	%	Resistencia	%	
Piso 6	3666542	--	3666542	--	Ton/m
Piso 5	3666542	100%	3666542	100%	Ton/m
Piso 4	3666542	100%	3666542	100%	Ton/m
Piso 3	3666542	100%	3666542	100%	Ton/m
Piso 2	3666542	100%	3666542	100%	Ton/m
Piso 1	3666542	100%	3666542	100%	Ton/m
Irregularidad: < 65%					

No existe irregularidad extrema de resistencia.

Entonces: **la = 1.00**

A.e. Irregularidad de masa o peso

Pisos	Masa (Ton)	% Masa
Piso 6	394.85	--
Piso 5	434.31	110.0%
Piso 4	435.31	100.2%
Piso 3	436.31	100.2%
Piso 2	437.31	100.2%
Piso 1	458.53	104.9%
Irregularidad:		> 150%

La edificación NO presenta irregularidad de masa puesto que a lo más, la diferencia de masas difiere en un 4.7 %.

Entonces: **la = 1.00**

A.f. Irregularidad geométrica vertical

Como ya se mostró anteriormente. NO se presenta este tipo de irregularidad.

Entonces: **la = 1.00**

A.g. Discontinuidad en los sistemas resistentes

La edificación no presenta desalineamiento vertical en ninguna de sus direcciones
Por lo tanto, NO existe discontinuidad en los sistemas resistentes.

Entonces: **la = 1.00**

A.h. Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes

En el numeral 1.g. se expresa que no existe desalineamiento vertical en los elementos estructurales; por tanto, NO existe discontinuidad extrema de los sistemas resistentes.

Entonces: $la = 1.00$

B. Irregularidad en Planta

B.a Irregularidad torsional

Según la tabla N° 11 de la norma E.030 2014. El máximo desplazamiento relativo es:

Concreto Armado: $\Delta = 0.007 (hi)$
--

- Para pisos 2, 3, 4,5 y 6: $\Delta = 21.00$ mm
- Para piso 1: $\Delta = 31.50$ mm

Solo se asume que hay irregularidad de torsión si se supera en 50% al desplazamiento relativo establecido por la norma, el mismo que se muestra a continuación:

- Para pisos 2, 3, 4,5 y 6: 31.50 mm
- Para piso 1: 47.25 mm

A continuación, se muestran los desplazamientos obtenidos, los mismos que exceden el 50% del máximo permisible. Es conveniente verificar la irregularidad torsional.

Desplazamientos máximas en X (mm)	Piso	Desplazamientos (Δ)	Δ Relativo	Prom
		Estructura	Estructura	
	6	13.00	1.50	5.50
	5	11.50	1.80	1.80
	4	9.70	2.20	2.20
	3	7.50	2.50	2.50
	2	5.00	2.40	2.40
	1	2.60	2.60	2.60
	Irregularidad: > 1.30		1.00	

Desplazamientos máximas en Y (mm)	Piso	Desplazamientos (Δ)	Δ Relativo	Prom
		Estructura	Estructura	
	6	8.80	1.40	4.50
	5	7.40	1.50	1.50
	4	5.90	1.60	1.60
	3	4.30	1.60	1.60
	2	2.70	1.40	1.40
	1	1.30	1.30	1.30
	Irregularidad: > 1.30		1.00	

Donde:

- Prom: Desplazamiento relativo promedio de entrepisos. Según la Norma E.030 2014, para este caso, el desplazamiento de entepiso se calcula mediante el promedio de los desplazamiento entre los extremos de entepiso.

Los resultados son menores a 1.00 y los desplazamientos máximos resultan menores a los límites establecidos por la norma. Por tanto, NO existe irregularidad torsional.

Entonces: $I_p = 1.00$

B.b. Irregularidad torsional extrema

Por lo anterior, la edificación NO presenta irregularidad torsional extrema.

Entonces: $I_p = 1.00$

B.c. Esquinas entrantes

Como ya se mencionó, NO existe irregularidad por esquinas entrantes.

Entonces: $I_p = 1.00$

B.d. Discontinuidad del diafragma

- Los diafragmas de la edificación no tienen discontinuidades ni aberturas significantes.
- Los diafragmas de todos los pisos tienen el mismo área en planta y son de la misma sección transversal.

NO existe discontinuidad de los diafragmas.

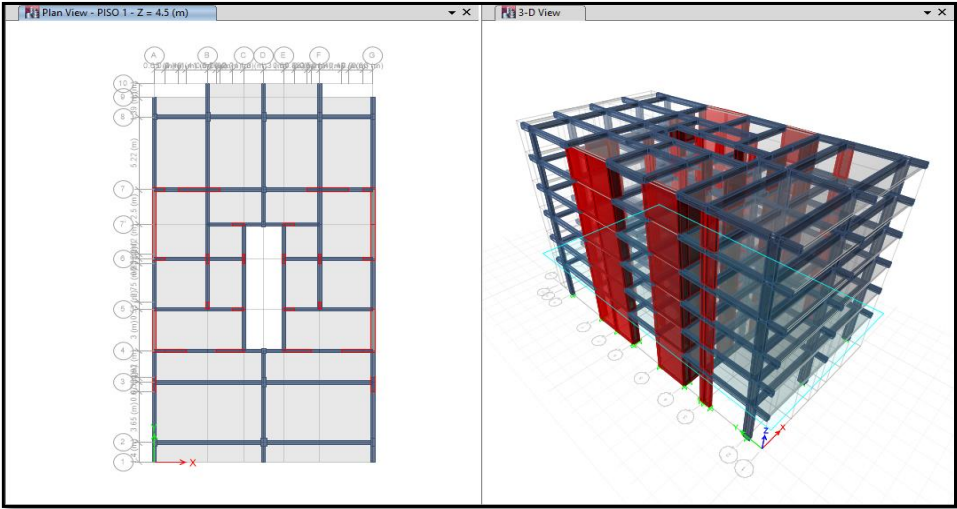
Entonces: $I_p = 1.00$

B.e. Sistemas no paralelos

Todos los pórticos son paralelos, algunos en la dirección de X y otro en la dirección de Y. La edificación no presenta sistemas paralelos.

Entonces: $I_p = 1.00$

Estructuración en el Programa ETABS, para determinar el porcentaje de participación de masas y el peso propio.



Porcentaje de Participación de Masas (ETABS)

Con la ayuda del programa ETABS, se tiene el siguiente cuadro:

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	0.44900	0.81450	0.00000	0.00	0.81450	0.00000	0.00	0.00000	0.19820	0.00320	0.00000	0.19820	0.00320
2	0.36100	0.00000	0.77000	0.00	0.81450	0.77000	0.00	0.24980	0.00000	0.00010	0.24980	0.19820	0.00330
3	0.34500	0.00440	0.00010	0.00	0.81890	0.77010	0.00	0.00003	0.00030	0.78840	0.24990	0.19850	0.79180
4	0.13100	0.12360	0.00000	0.00	0.94250	0.77010	0.00	0.00000	0.60590	0.00010	0.24990	0.80430	0.79180
5	0.09500	0.00001	0.00020	0.00	0.94250	0.77020	0.00	0.00060	0.00010	0.15290	0.25050	0.80440	0.94470
6	0.09300	0.00000	0.16790	0.00	0.94250	0.93810	0.00	0.53580	0.00000	0.00020	0.78620	0.80440	0.94490
7	0.06500	0.03370	0.00000	0.00	0.97620	0.93810	0.00	0.00000	0.09530	0.00004	0.78620	0.89980	0.94500
8	0.04600	0.00010	0.00000	0.00	0.97630	0.93810	0.00	0.00001	0.00030	0.03630	0.78620	0.90010	0.98120
9	0.04400	0.00000	0.04020	0.00	0.97630	0.97830	0.00	0.12430	0.00000	0.00000	0.91050	0.90010	0.98130
10	0.04000	0.01150	0.00000	0.00	0.98780	0.97830	0.00	0.00000	0.04990	0.00000	0.91050	0.95000	0.98130
11	0.03200	0.00010	0.00000	0.00	0.98790	0.97830	0.00	0.00000	0.00040	0.00000	0.91050	0.95040	0.98130
12	0.03200	0.00000	0.00000	0.00	0.98790	0.97830	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.91050	0.95040	0.98130

Cálculo del Cortante en el Primer Nivel

Haciendo uso de la Norma E.030 se eligen los parámetros necesarios para el cálculo del espectro de respuesta.

Dirección	Z	U	Tp	T	S	C	R	V din
X_x	0.3	1	0.9	0.44900	1.4	2.5	8	324.95000
Y_y	0.3	1	0.9	0.36100	1.4	2.5	8	310.82000

Cálculo de los desplazamientos generados por las fuerzas estáticas generadas en cada nivel

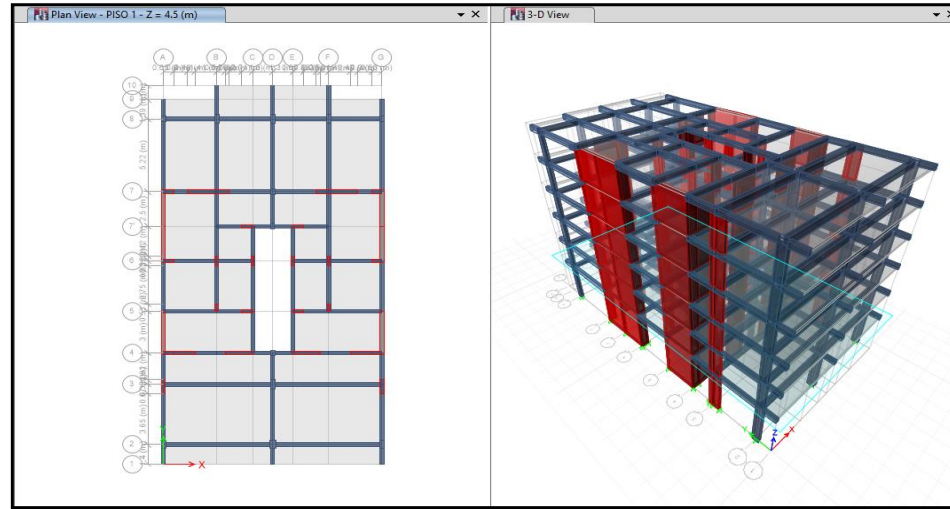
Con las fuerzas actuantes (F_i) obtenidas, en el programa ETABS se calculan los desplazamientos de la estructura en las direcciones X y Y respectivamente. A continuación se muestra los datos obtenidos con la ayuda del Software:

Story	Item	Load Case/Combo	Label	X	Y	Z	Drift	DriftY
PISO 6	Max Drift X	EQ XX-2003 Max	93	14.16	0.00	19.50	0.00052	
PISO 6	Max Drift Y	EQ XX-2003 Max	79	0.00	26.18	19.50		7.40E-05
PISO 6	Max Drift X	EQ YY-2003 Max	93	14.16	0.00	19.50	0.00004	
PISO 6	Max Drift Y	EQ YY-2003 Max	91	0.00	0.00	19.50		0.000386
PISO 5	Max Drift X	EQ XX-2003 Max	93	14.16	0.00	16.50	0.00064	
PISO 5	Max Drift Y	EQ XX-2003 Max	1	0.00	24.79	16.50		8.20E-05
PISO 5	Max Drift X	EQ YY-2003 Max	93	14.16	0.00	16.50	0.00005	
PISO 5	Max Drift Y	EQ YY-2003 Max	1	0.00	24.79	16.50		0.000425
PISO 4	Max Drift X	EQ XX-2003 Max	93	14.16	0.00	13.50	0.00074	
PISO 4	Max Drift Y	EQ XX-2003 Max	79	0.00	26.18	13.50		8.70E-05
PISO 4	Max Drift X	EQ YY-2003 Max	93	14.16	0.00	13.50	0.00005	
PISO 4	Max Drift Y	EQ YY-2003 Max	91	0.00	0.00	13.50		0.000444
PISO 3	Max Drift X	EQ XX-2003 Max	93	14.16	0.00	10.50	0.00079	
PISO 3	Max Drift Y	EQ XX-2003 Max	79	0.00	26.18	10.50		8.60E-05
PISO 3	Max Drift X	EQ YY-2003 Max	93	14.16	0.00	10.50	0.00005	
PISO 3	Max Drift Y	EQ YY-2003 Max	91	0.00	0.00	10.50		0.000435
PISO 2	Max Drift X	EQ XX-2003 Max	93	14.16	0.00	7.50	0.00076	
PISO 2	Max Drift Y	EQ XX-2003 Max	79	0.00	26.18	7.50		7.40E-05
PISO 2	Max Drift X	EQ YY-2003 Max	93	14.16	0.00	7.50	0.00005	
PISO 2	Max Drift Y	EQ YY-2003 Max	91	0.00	0.00	7.50		0.000382
PISO 1	Max Drift X	EQ XX-2003 Max	10	7.08	1.40	4.50	0.00049	
PISO 1	Max Drift Y	EQ XX-2003 Max	25	0.00	19.57	4.50		4.20E-05
PISO 1	Max Drift X	EQ YY-2003 Max	10	7.08	1.40	4.50	0.00003	
PISO 1	Max Drift Y	EQ YY-2003 Max	25	0.00	19.57	4.50		0.000229

Comparación de Desplazamientos

Comparación de Desplazamientos con lo establecido en la Norma E. 030						
PISO	DERIVAS_ETABS		CALCULO DE LAS DERIVAS		CHEQUEO	
	D_ETABS_X	D_ETABS_Y	D_REG_X	D_REG_Y	CONDICIÓN _ X	CONDICIÓN _ Y
6	0.000520	0.000386	0.002730	0.002027	OK	OK
5	0.000638	0.000425	0.003350	0.002231	OK	OK
4	0.000738	0.000444	0.003875	0.002331	OK	OK
3	0.000790	0.000435	0.004148	0.002284	OK	OK
2	0.000759	0.000382	0.003985	0.002006	OK	OK
1	0.000490	0.000229	0.002573	0.001202	OK	OK

Estructuración en el Programa ETABS, para determinar el porcentaje de participación de masas y el peso propio.



Porcentaje de Participación de Masas (ETABS)

Con la ayuda del programa ETABS, se tiene el siguiente cuadro:

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	0.44900	0.81450	0.00000	0.00	0.81450	0.00000	0.00	0.00000	0.19820	0.00320	0.00000	0.19820	0.00320
2	0.36100	0.00000	0.77000	0.00	0.81450	0.77000	0.00	0.24980	0.00000	0.00010	0.24980	0.19820	0.00330
3	0.34500	0.00440	0.00010	0.00	0.81890	0.77010	0.00	0.00003	0.00030	0.78840	0.24990	0.19850	0.79180
4	0.13100	0.12360	0.00000	0.00	0.94250	0.77010	0.00	0.00000	0.60590	0.00010	0.24990	0.80430	0.79180
5	0.09500	0.00001	0.00020	0.00	0.94250	0.77020	0.00	0.00060	0.00010	0.15290	0.25050	0.80440	0.94470
6	0.09300	0.00000	0.16790	0.00	0.94250	0.93810	0.00	0.53580	0.00000	0.00020	0.78620	0.80440	0.94490
7	0.06500	0.03370	0.00000	0.00	0.97620	0.93810	0.00	0.00000	0.09530	0.00004	0.78620	0.89980	0.94500
8	0.04600	0.00010	0.00000	0.00	0.97630	0.93810	0.00	0.00001	0.00030	0.03630	0.78620	0.90010	0.98120
9	0.04400	0.00000	0.04020	0.00	0.97630	0.97830	0.00	0.12430	0.00000	0.00000	0.91050	0.90010	0.98130
10	0.04000	0.01150	0.00000	0.00	0.98780	0.97830	0.00	0.00000	0.04990	0.00000	0.91050	0.95000	0.98130
11	0.03200	0.00010	0.00000	0.00	0.98790	0.97830	0.00	0.00000	0.00040	0.00000	0.91050	0.95040	0.98130
12	0.03200	0.00000	0.00000	0.00	0.98790	0.97830	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.91050	0.95040	0.98130

Cálculo del Cortante en el Primer Nivel

Haciendo uso de la Norma E.030 se eligen los parámetros necesarios para el cálculo del espectro de respuesta.

Dirección	Z	U	Tp	T	S	C	R	V din
X_x	0.3	1	0.9	0.44900	1.4	2.5	8	270.79000
Y_y	0.3	1	0.9	0.36100	1.4	2.5	8	259.02000

260.26

Cálculo de los desplazamientos generados por las fuerzas estáticas generadas en cada nivel

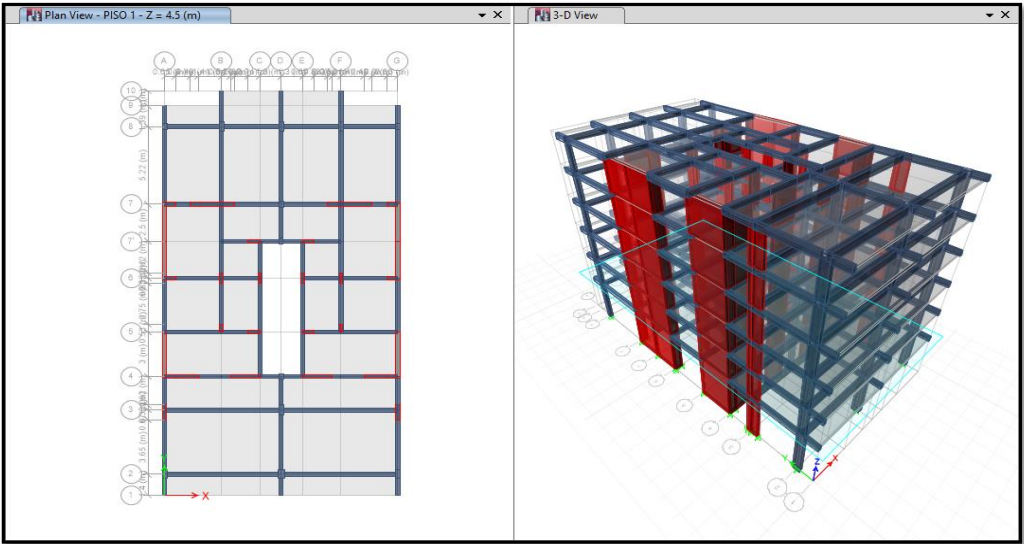
Con las fuerzas actuantes (F_i) obtenidas, en el programa ETABS se calculan los desplazamientos de la estructura en las direcciones X y Y respectivamente. A continuación se muestra los datos obtenidos con la ayuda del Software:

Story	Item	Load Case/Combo	Label	X	Y	Z	Drift	DriftY
PISO 6	Max Drift X	EQ XX-2014 Max	93	14.16	0.00	19.50	0.00043	
PISO 6	Max Drift Y	EQ XX-2014 Max	79	0.00	26.18	19.50		6.20E-05
PISO 6	Max Drift X	EQ YY-2014 Max	93	14.16	0.00	19.50	0.00003	
PISO 6	Max Drift Y	EQ YY-2014 Max	91	0.00	0.00	19.50		0.000322
PISO 5	Max Drift X	EQ XX-2014 Max	93	14.16	0.00	16.50	0.00053	
PISO 5	Max Drift Y	EQ XX-2014 Max	1	0.00	24.79	16.50		6.90E-05
PISO 5	Max Drift X	EQ YY-2014 Max	93	14.16	0.00	16.50	0.00004	
PISO 5	Max Drift Y	EQ YY-2014 Max	1	0.00	24.79	16.50		0.000354
PISO 4	Max Drift X	EQ XX-2014 Max	93	14.16	0.00	13.50	0.00062	
PISO 4	Max Drift Y	EQ XX-2014 Max	79	0.00	26.18	13.50		7.30E-05
PISO 4	Max Drift X	EQ YY-2014 Max	93	14.16	0.00	13.50	0.00004	
PISO 4	Max Drift Y	EQ YY-2014 Max	91	0.00	0.00	13.50		0.00037
PISO 3	Max Drift X	EQ XX-2014 Max	93	14.16	0.00	10.50	0.00066	
PISO 3	Max Drift Y	EQ XX-2014 Max	79	0.00	26.18	10.50		7.20E-05
PISO 3	Max Drift X	EQ YY-2014 Max	93	14.16	0.00	10.50	0.00004	
PISO 3	Max Drift Y	EQ YY-2014 Max	91	0.00	0.00	10.50		0.000362
PISO 2	Max Drift X	EQ XX-2014 Max	93	14.16	0.00	7.50	0.00063	
PISO 2	Max Drift Y	EQ XX-2014 Max	79	0.00	26.18	7.50		6.20E-05
PISO 2	Max Drift X	EQ YY-2014 Max	93	14.16	0.00	7.50	0.00004	
PISO 2	Max Drift Y	EQ YY-2014 Max	91	0.00	0.00	7.50		0.000318
PISO 1	Max Drift X	EQ XX-2014 Max	10	7.08	1.40	4.50	0.00041	
PISO 1	Max Drift Y	EQ XX-2014 Max	25	0.00	19.57	4.50		3.50E-05
PISO 1	Max Drift X	EQ YY-2014 Max	10	7.08	1.40	4.50	0.00002	
PISO 1	Max Drift Y	EQ YY-2014 Max	25	0.00	19.57	4.50		0.000191

Comparación de Desplazamientos

Comparación de Desplazamientos con lo establecido en la Norma E. 030						
PISO	DERIVAS_ETABS		CALCULO DE LAS DERIVAS		CHEQUEO	
	D_ETABS_X	D_ETABS_Y	D_REG_X	D_REG_Y	CONDICIÓN_X	CONDICIÓN_Y
6	0.000434	0.000322	0.002279	0.001691	OK	OK
5	0.000531	0.000354	0.002788	0.001859	OK	OK
4	0.000615	0.000370	0.003229	0.001943	OK	OK
3	0.000658	0.000362	0.003455	0.001901	OK	OK
2	0.000632	0.000318	0.003318	0.001670	OK	OK
1	0.000408	0.000191	0.002142	0.001003	OK	OK

Estructuración en el Programa ETABS, para determinar el porcentaje de participación de masas y el peso propio.



Porcentaje de Participación de Masas (ETABS)

Con la ayuda del programa ETABS, se tiene el siguiente cuadro:

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	0.44900	0.81450	0.00000	0.00	0.81450	0.00000	0.00	0.00000	0.19820	0.00320	0.00000	0.19820	0.00320
2	0.36100	0.00000	0.77000	0.00	0.81450	0.77000	0.00	0.24980	0.00000	0.00010	0.24980	0.19820	0.00330
3	0.34500	0.00440	0.00010	0.00	0.81890	0.77010	0.00	0.00003	0.00030	0.78840	0.24990	0.19850	0.79180
4	0.13100	0.12360	0.00000	0.00	0.94250	0.77010	0.00	0.00000	0.60590	0.00010	0.24990	0.80430	0.79180
5	0.09500	0.00001	0.00020	0.00	0.94250	0.77020	0.00	0.00060	0.00010	0.15290	0.25050	0.80440	0.94470
6	0.09300	0.00000	0.16790	0.00	0.94250	0.93810	0.00	0.53580	0.00000	0.00020	0.78620	0.80440	0.94490
7	0.06500	0.03370	0.00000	0.00	0.97620	0.93810	0.00	0.00000	0.09530	0.00004	0.78620	0.89980	0.94500
8	0.04600	0.00010	0.00000	0.00	0.97630	0.93810	0.00	0.00001	0.00030	0.03630	0.78620	0.90010	0.98120
9	0.04400	0.00000	0.04020	0.00	0.97630	0.97830	0.00	0.12430	0.00000	0.00000	0.91050	0.90010	0.98130
10	0.04000	0.01150	0.00000	0.00	0.98780	0.97830	0.00	0.00000	0.04990	0.00000	0.91050	0.95000	0.98130
11	0.03200	0.00010	0.00000	0.00	0.98790	0.97830	0.00	0.00000	0.00040	0.00000	0.91050	0.95040	0.98130
12	0.03200	0.00000	0.00000	0.00	0.98790	0.97830	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.91050	0.95040	0.98130

Pesos propios por Niveles (ETABS)

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
PISO 6	PESO PROPIO	Top	352.40	0.00	0.00	0.00	4,686.300	-2,495.027
PISO 6	PESO PROPIO	Bottom	437.31	0.00	0.00	0.00	5,830.986	-3,096.210
PISO 5	PESO PROPIO	Top	789.71	0.00	0.00	0.00	10,517.285	-5,591.237
PISO 5	PESO PROPIO	Bottom	874.61	0.00	0.00	0.00	11,661.971	-6,192.420
PISO 4	PESO PROPIO	Top	1227.02	0.00	0.00	0.00	16,348.271	-8,687.447
PISO 4	PESO PROPIO	Bottom	1311.92	0.00	0.00	0.00	17,492.957	-9,288.629
PISO 3	PESO PROPIO	Top	1664.33	0.00	0.00	0.00	22,179.257	-11,783.656
PISO 3	PESO PROPIO	Bottom	1749.23	0.00	0.00	0.00	23,323.943	-12,384.839
PISO 2	PESO PROPIO	Top	2101.63	0.00	0.00	0.00	28,010.242	-14,879.866
PISO 2	PESO PROPIO	Bottom	2186.54	0.00	0.00	0.00	29,154.928	-15,481.049
PISO 1	PESO PROPIO	Top	2538.94	0.00	0.00	0.00	33,841.228	-17,976.076
PISO 1	PESO PROPIO	Bottom	2666.30	0.00	0.00	0.00	35,558.257	-18,877.850

Cálculo de Peso Propio por Niveles y de las Fuerzas laterales que actuan en cada nivel.

Con los datos obtenidos con el Programa ETABS, se elabara el siguiente cuadro para el cálculo del peso propio (W) de los pisos y luego se procederá a calcular las fuerzas actuantes en cada nivel.

PISO	W	H_i	Ha_i	W x Ha_i	Coef_i	F_ix	F_iy
6	394.856	3.00	19.50	7,699.6940	0.250365	97.740781	97.740781
5	437.307	3.00	16.50	7,215.5721	0.234623	91.595284	91.595284
4	437.307	3.00	13.50	5,903.6486	0.191965	74.941579	74.941579
3	437.307	3.00	10.50	4,591.7277	0.149306	58.287908	58.287908
2	437.307	3.00	7.50	3,279.8048	0.106647	41.634210	41.634210
1	458.533	4.50	4.50	2,063.3985	0.067094	26.193013	26.193013
2,602.619				30,753.8456			

Cálculo del Cortante en el Primer Nivel

Haciendo uso de la Norma E.030 se eligen los parámetros necesarios para el cálculo de la cortante en el primer nivel en las direcciones X y Y, como sigue:

Dirección	Z	U	Tp	T	S	C	R	V	0.80 V	V din	factor escala	V din Final
X_x	0.3	1	0.9	0.44900	1.4	2.5	7	390.39278	312.31422	324.95000	-	324.95000
Y_y	0.3	1	0.9	0.36100	1.4	2.5	7	390.39278	312.31422	310.82000	1.00481	312.32000

Cálculo de los desplazamientos generados por las fuerzas estáticas generadas en cada nivel

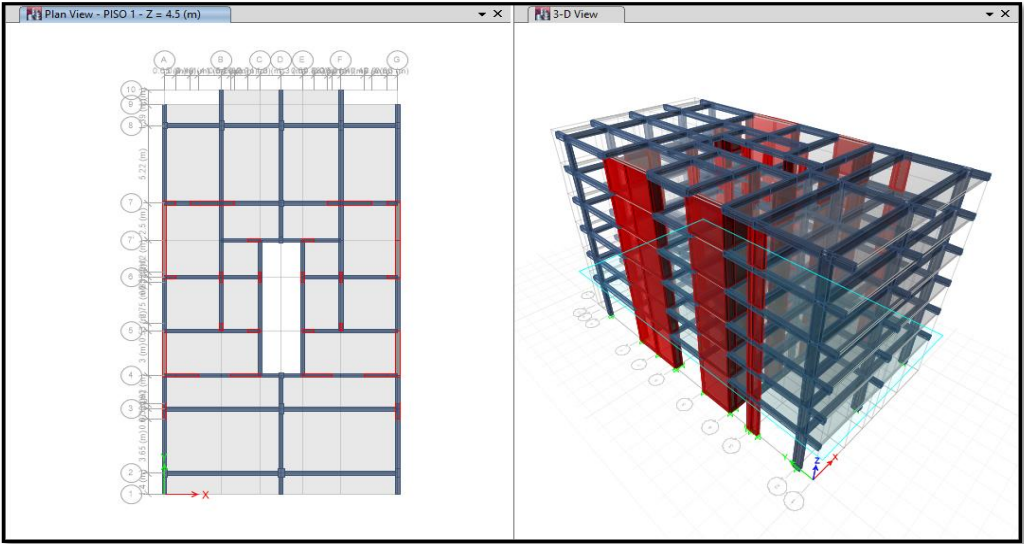
Con las fuerzas actuantes (F_i) obtenidas, en el programa ETABS se calculan los desplazamientos de la estructura en las direcciones X y Y respectivamente. A continuación se muestra los datos obtenidos con la ayuda del Software:

Story	Item	Load Case/Combo	Label	X	Y	Z	Drift	DriftY
PISO 6	Max Drift X	SISMO XX (E.030 2003)	85	10.71	27.18	19.50	0.00049	
PISO 6	Max Drift Y	SISMO XX (E.030 2003)	91	0.00	0.00	19.50		1.80E-05
PISO 6	Max Drift X	SISMO YY (E.030 2003)	93	14.16	0.00	19.50	0.00005	
PISO 6	Max Drift Y	SISMO YY (E.030 2003)	93	14.16	0.00	19.50		0.000465
PISO 5	Max Drift X	SISMO XX (E.030 2003)	85	10.71	27.18	16.50	0.00062	
PISO 5	Max Drift Y	SISMO XX (E.030 2003)	19	0.00	7.97	16.50		2.40E-05
PISO 5	Max Drift X	SISMO YY (E.030 2003)	93	14.16	0.00	16.50	0.00005	
PISO 5	Max Drift Y	SISMO YY (E.030 2003)	93	14.16	0.00	16.50		0.000512
PISO 4	Max Drift X	SISMO XX (E.030 2003)	85	10.71	27.18	13.50	0.00075	
PISO 4	Max Drift Y	SISMO XX (E.030 2003)	79	0.00	26.18	13.50		2.90E-05
PISO 4	Max Drift X	SISMO YY (E.030 2003)	93	14.16	0.00	13.50	0.00006	
PISO 4	Max Drift Y	SISMO YY (E.030 2003)	93	14.16	0.00	13.50	0.000539	0.00054
PISO 3	Max Drift X	SISMO XX (E.030 2003)	85	10.71	27.18	10.50	0.00082	
PISO 3	Max Drift Y	SISMO XX (E.030 2003)	25	0.00	19.57	10.50		3.30E-05
PISO 3	Max Drift X	SISMO YY (E.030 2003)	93	14.16	0.00	10.50	0.00006	
PISO 3	Max Drift Y	SISMO YY (E.030 2003)	93	14.16	0.00	10.50		0.000532
PISO 2	Max Drift X	SISMO XX (E.030 2003)	85	10.71	27.18	7.50	0.00083	
PISO 2	Max Drift Y	SISMO XX (E.030 2003)	79	0.00	26.18	7.50		3.70E-05
PISO 2	Max Drift X	SISMO YY (E.030 2003)	93	14.16	0.00	7.50	0.00005	
PISO 2	Max Drift Y	SISMO YY (E.030 2003)	93	14.16	0.00	7.50		0.000471
PISO 1	Max Drift X	SISMO XX (E.030 2003)	7	7.08	24.79	4.50	0.00058	
PISO 1	Max Drift Y	SISMO XX (E.030 2003)	1	0.00	24.79	4.50		3.50E-05
PISO 1	Max Drift X	SISMO YY (E.030 2003)	10	7.08	1.40	4.50	0.00003	
PISO 1	Max Drift Y	SISMO YY (E.030 2003)	28	14.16	19.57	4.50		0.000284

Comparación de Desplazamientos

Comparación de Desplazamientos con lo establecido en la Norma E. 030						
PISO	DERIVAS_ETABS		CALCULO DE LAS DERIVAS		CHEQUEO	
	D_ETABS_X	D_ETABS_Y	D_REG_X	D_REG_Y	CONDICIÓN_X	CONDICIÓN_Y
6	0.000491	0.000465	0.002578	0.002441	OK	OK
5	0.000623	0.000512	0.003271	0.002688	OK	OK
4	0.000745	0.000539	0.003911	0.002830	OK	OK
3	0.000822	0.000532	0.004316	0.002793	OK	OK
2	0.000826	0.000471	0.004337	0.002473	OK	OK
1	0.000577	0.000284	0.003029	0.001491	OK	OK

Estructuración en el Programa ETABS, para determinar el porcentaje de participación de masas y el peso propio.



Porcentaje de Participación de Masas (ETABS)

Con la ayuda del programa ETABS, se tiene el siguiente cuadro:

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	0.44900	0.81450	0.00000	0.00	0.81450	0.00000	0.00	0.00000	0.19820	0.00320	0.00000	0.19820	0.00320
2	0.36100	0.00000	0.77000	0.00	0.81450	0.77000	0.00	0.24980	0.00000	0.00010	0.24980	0.19820	0.00330
3	0.34500	0.00440	0.00010	0.00	0.81890	0.77010	0.00	0.00003	0.00030	0.78840	0.24990	0.19850	0.79180
4	0.13100	0.12360	0.00000	0.00	0.94250	0.77010	0.00	0.00000	0.60590	0.00010	0.24990	0.80430	0.79180
5	0.09500	0.00001	0.00020	0.00	0.94250	0.77020	0.00	0.00060	0.00010	0.15290	0.25050	0.80440	0.94470
6	0.09300	0.00000	0.16790	0.00	0.94250	0.93810	0.00	0.53580	0.00000	0.00020	0.78620	0.80440	0.94490
7	0.06500	0.03370	0.00000	0.00	0.97620	0.93810	0.00	0.00000	0.09530	0.00004	0.78620	0.89980	0.94500
8	0.04600	0.00010	0.00000	0.00	0.97630	0.93810	0.00	0.00001	0.00030	0.03630	0.78620	0.90010	0.98120
9	0.04400	0.00000	0.04020	0.00	0.97630	0.97830	0.00	0.12430	0.00000	0.00000	0.91050	0.90010	0.98130
10	0.04000	0.01150	0.00000	0.00	0.98780	0.97830	0.00	0.00000	0.04990	0.00000	0.91050	0.95000	0.98130
11	0.03200	0.00010	0.00000	0.00	0.98790	0.97830	0.00	0.00000	0.00040	0.00000	0.91050	0.95040	0.98130
12	0.03200	0.00000	0.00000	0.00	0.98790	0.97830	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.91050	0.95040	0.98130

Pesos propios por Niveles (ETABS)

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
PISO 6	PESO PROPIO	Top	352.40	0.00	0.00	0.00	4,686.300	-2,495.027
PISO 6	PESO PROPIO	Bottom	437.31	0.00	0.00	0.00	5,830.986	-3,096.210
PISO 5	PESO PROPIO	Top	789.71	0.00	0.00	0.00	10,517.285	-5,591.237
PISO 5	PESO PROPIO	Bottom	874.61	0.00	0.00	0.00	11,661.971	-6,192.420
PISO 4	PESO PROPIO	Top	1227.02	0.00	0.00	0.00	16,348.271	-8,687.447
PISO 4	PESO PROPIO	Bottom	1311.92	0.00	0.00	0.00	17,492.957	-9,288.629
PISO 3	PESO PROPIO	Top	1664.33	0.00	0.00	0.00	22,179.257	-11,783.656
PISO 3	PESO PROPIO	Bottom	1749.23	0.00	0.00	0.00	23,323.943	-12,384.839
PISO 2	PESO PROPIO	Top	2101.63	0.00	0.00	0.00	28,010.242	-14,879.866
PISO 2	PESO PROPIO	Bottom	2186.54	0.00	0.00	0.00	29,154.928	-15,481.049
PISO 1	PESO PROPIO	Top	2538.94	0.00	0.00	0.00	33,841.228	-17,976.076
PISO 1	PESO PROPIO	Bottom	2666.30	0.00	0.00	0.00	35,558.257	-18,877.850

Cálculo de Peso Propio por Niveles y de las Fuerzas laterales que actuan en cada nivel.

Con los datos obtenidos con el Programa ETABS, se elabora el siguiente cuadro para el cálculo del peso propio (W) de los pisos y luego se procederá a calcular las fuerzas actuantes en cada nivel.

PISO	W	H_i	Ha_i	W x Ha_i	Coef_i	F_ix	F_iy
6	394.856	3.00	19.50	7,699.6940	0.250365	81.450651	81.450651
5	437.307	3.00	16.50	7,215.5721	0.234623	76.329403	76.329403
4	437.307	3.00	13.50	5,903.6486	0.191965	62.451316	62.451316
3	437.307	3.00	10.50	4,591.7277	0.149306	48.573257	48.573257
2	437.307	3.00	7.50	3,279.8048	0.106647	34.695175	34.695175
1	458.533	4.50	4.50	2,063.3985	0.067094	21.827511	21.827511
2,602.619				30,753.8456			

Cálculo del Cortante en el Primer Nivel

Haciendo uso de la Norma E.030 se eligen los parámetros necesarios para el cálculo de la cortante en el primer nivel en las direcciones X y Y, como sigue:

Dirección	Z	U	Tp	T I	T	S	C	R	V	0.80 V	V din	factor escala	V din Final
X_x	0.25	1	1	1.6	0.44900	1.4	2.5	7	325.32731	260.26185	270.79000	-	324.95000
Y_y	0.25	1	1	1.6	0.36100	1.4	2.5	7	325.32731	260.26185	259.02000	1.00479	260.26000

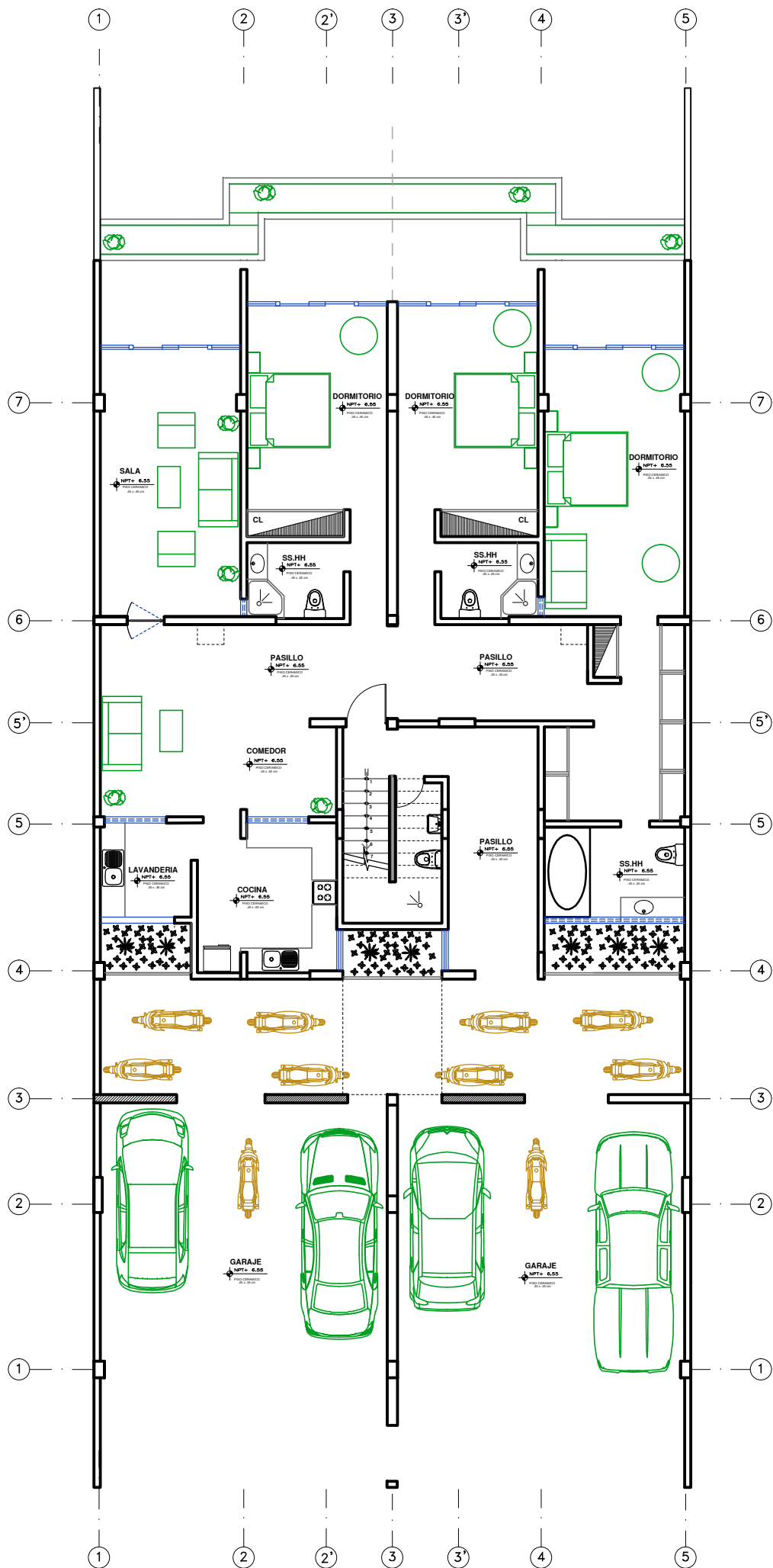
Cálculo de los desplazamientos generados por las fuerzas estáticas generadas en cada nivel

Con las fuerzas actuantes (F_i) obtenidas, en el programa ETABS se calculan los desplazamientos de la estructura en las direcciones X y Y respectivamente. A continuación se muestra los datos obtenidos con la ayuda del Software:

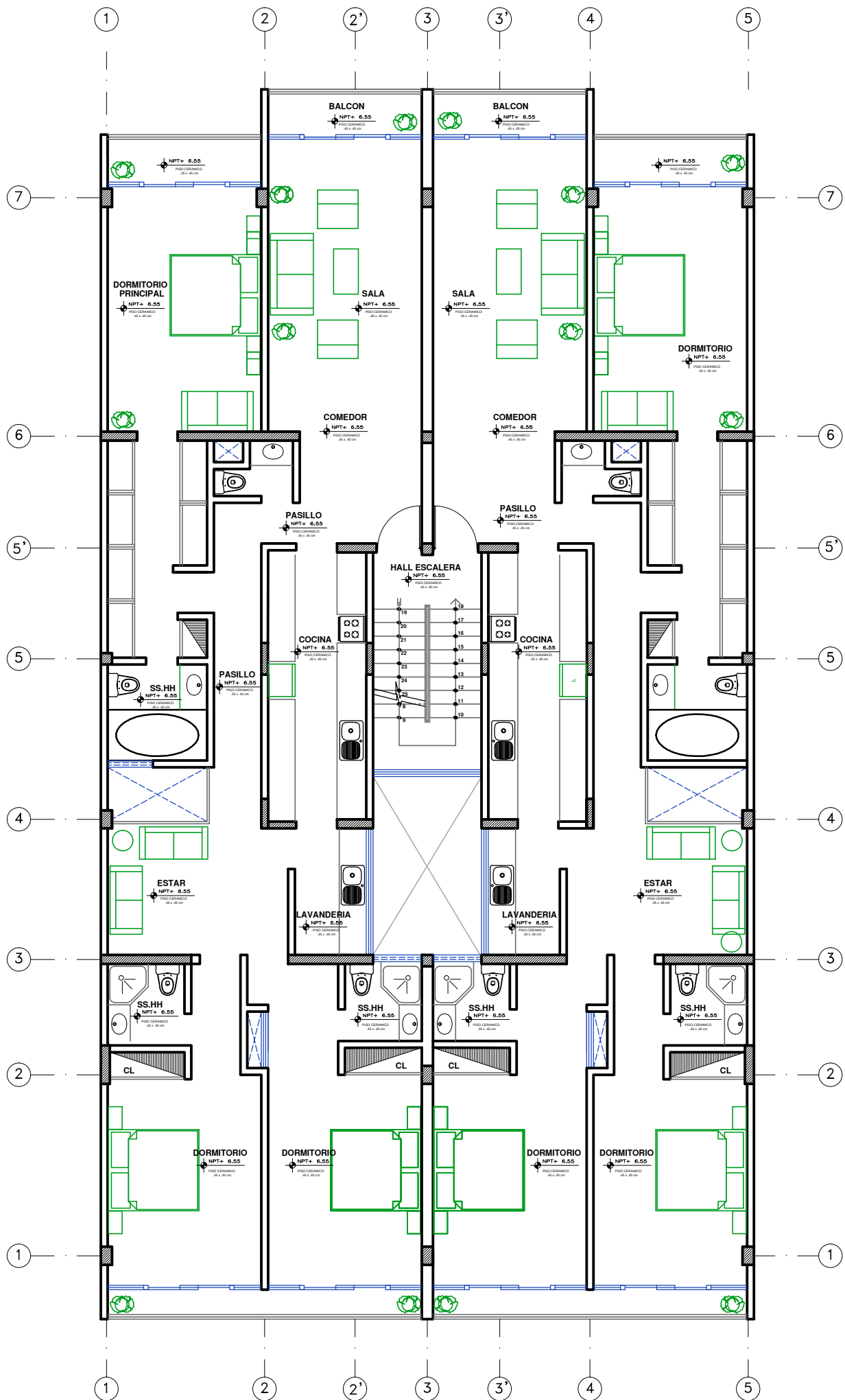
Story	Item	Load Case/Combo	Label	X	Y	Z	Drift	DriftY
PISO 6	Max Drift X	SISMO XX (E.030 2014)	85	10.71	27.18	19.50	0.00041	
PISO 6	Max Drift Y	SISMO XX (E.030 2014)	25	0.00	19.57	19.50		1.50E-05
PISO 6	Max Drift X	SISMO YY (E.030 2014)	93	14.16	0.00	19.50	0.00004	
PISO 6	Max Drift Y	SISMO YY (E.030 2014)	93	14.16	0.00	19.50		0.000387
PISO 5	Max Drift X	SISMO XX (E.030 2014)	85	10.71	27.18	16.50	0.00052	
PISO 5	Max Drift Y	SISMO XX (E.030 2014)	91	0.00	0.00	16.50		2.00E-05
PISO 5	Max Drift X	SISMO YY (E.030 2014)	93	14.16	0.00	16.50	0.00004	
PISO 5	Max Drift Y	SISMO YY (E.030 2014)	93	14.16	0.00	16.50		0.000427
PISO 4	Max Drift X	SISMO XX (E.030 2014)	85	10.71	27.18	13.50	0.00062	
PISO 4	Max Drift Y	SISMO XX (E.030 2014)	79	0.00	26.18	13.50		2.40E-05
PISO 4	Max Drift X	SISMO YY (E.030 2014)	93	14.16	0.00	13.50	0.00005	
PISO 4	Max Drift Y	SISMO YY (E.030 2014)	93	14.16	0.00	13.50		0.000449
PISO 3	Max Drift X	SISMO XX (E.030 2014)	85	10.71	27.18	10.50	0.00069	
PISO 3	Max Drift Y	SISMO XX (E.030 2014)	79	0.00	26.18	10.50		2.70E-05
PISO 3	Max Drift X	SISMO YY (E.030 2014)	93	14.16	0.00	10.50	0.00005	
PISO 3	Max Drift Y	SISMO YY (E.030 2014)	93	14.16	0.00	10.50		0.000443
PISO 2	Max Drift X	SISMO XX (E.030 2014)	85	10.71	27.18	7.50	0.00069	
PISO 2	Max Drift Y	SISMO XX (E.030 2014)	24	0.00	17.07	7.50		3.10E-05
PISO 2	Max Drift X	SISMO YY (E.030 2014)	93	14.16	0.00	7.50	0.00004	
PISO 2	Max Drift Y	SISMO YY (E.030 2014)	93	14.16	0.00	7.50		0.000393
PISO 1	Max Drift X	SISMO XX (E.030 2014)	7	7.08	24.79	4.50	0.00048	
PISO 1	Max Drift Y	SISMO XX (E.030 2014)	25	0.00	19.57	4.50		2.90E-05
PISO 1	Max Drift X	SISMO YY (E.030 2014)	10	7.08	1.40	4.50	0.00002	
PISO 1	Max Drift Y	SISMO YY (E.030 2014)	28	14.16	19.57	4.50		0.000237

Comparación de Desplazamientos

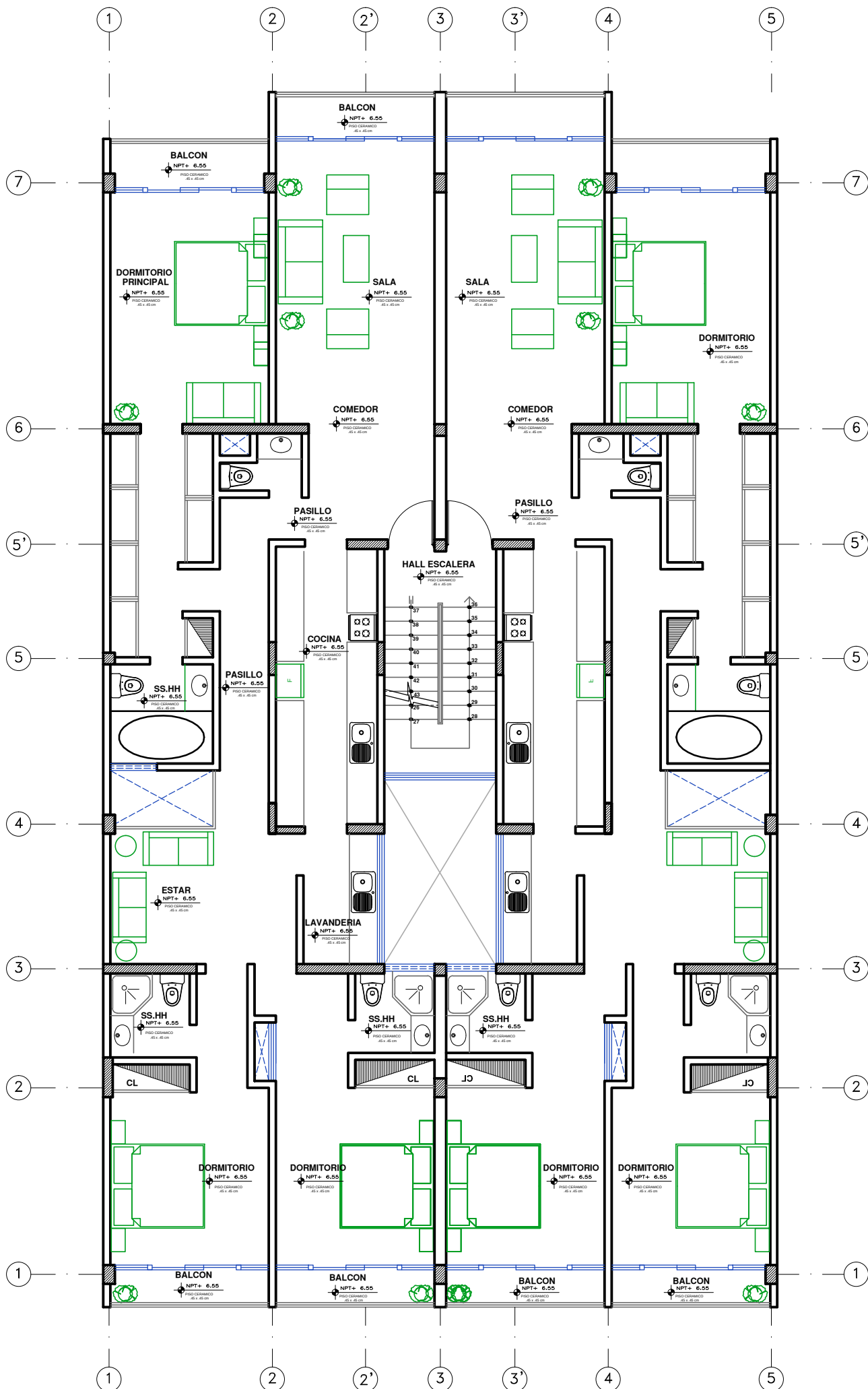
Comparación de Desplazamientos con lo establecido en la Norma E. 030						
PISO	DERIVAS_ETABS		CALCULO DE LAS DERIVAS		CHEQUEO	
	D_ETABS_X	D_ETABS_Y	D_REG_X	D_REG_Y	CONDICIÓN_X	CONDICIÓN_Y
6	0.000409	0.000387	0.002147	0.002032	OK	OK
5	0.000519	0.000427	0.002725	0.002242	OK	OK
4	0.000621	0.000449	0.003260	0.002357	OK	OK
3	0.000685	0.000443	0.003596	0.002326	OK	OK
2	0.000688	0.000393	0.003612	0.002063	OK	OK
1	0.000481	0.000237	0.002525	0.001244	OK	OK



PLANTA 1° PISO



PLANTA 2° PISO



PLANTA TIPICA 3° AL 6° PISO