

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS SÍSMICO APLICANDO NTP. E.030-2018  
PARA EDIFICIOS MULTIFAMILIAR ELABORADAS  
CON NTP.E.030-2003 EN LA CIUDAD DE  
CAJAMARCA, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:  
INGENIERO CIVIL

Autores:

Daniel Omar Barrantes Guzman  
Carmen Katherine Camacho Diaz

Asesor:

Ing. Enrique Mendoza Lau

Cajamarca - Perú

2022

## DEDICATORIA

A nuestra hija, Daniela, la impulsadora de nuestros proyectos y a quien debemos todos nuestros logros. A nuestros padres y familia, quienes nos dieron todo su apoyo en cada instante de nuestra carrera.

Dedicamos también este trabajo de investigación, a la memoria de quien en vida fue María Jesús Díaz Vásquez, quien dejó un profundo dolor el día que partió, parte de esta investigación lleva su nombre.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser nuestra guía en este arduo camino. A nuestro asesor, el Ingeniero Enrique Mendoza Lau, gracias por su paciencia y su guía para concretar nuestra meta. A uno de nuestros educadores, el Ingeniero Francisco Alejandro Martos Salas, quien nos mostró su apoyo incondicional y nos inspiró a seguir adelante.

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	14
RESUMEN .....	15
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	34
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	46
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	165
REFERENCIAS .....	169
ANEXOS .....	170

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	39
Tabla 2.....	46
Tabla 3.....	47
Tabla 4.....	48
Tabla 5.....	49
Tabla 6.....	50
Tabla 7.....	50
Tabla 8.....	51
Tabla 9.....	52
Tabla 10.....	53
Tabla 11.....	53
Tabla 12.....	53
Tabla 13.....	54
Tabla 14.....	54
Tabla 15.....	54
Tabla 16.....	55
Tabla 17.....	56
Tabla 18.....	57
Tabla 19.....	58
Tabla 20.....	58
Tabla 21.....	59
Tabla 22.....	60
Tabla 23.....	60
Tabla 24.....	61
Tabla 25.....	62
Tabla 26.....	63
Tabla 27.....	64

Tabla 28.....	65
Tabla 29.....	66
Tabla 30.....	67
Tabla 31.....	67
Tabla 32.....	68
Tabla 33.....	68
Tabla 34.....	69
Tabla 35.....	70
Tabla 36.....	70
Tabla 37.....	71
Tabla 38.....	71
Tabla 39.....	71
Tabla 40.....	72
Tabla 41.....	72
Tabla 42.....	73
Tabla 43.....	73
Tabla 44.....	74
Tabla 45.....	75
Tabla 46.....	76
Tabla 47.....	77
Tabla 48.....	78
Tabla 49.....	78
Tabla 50.....	80
Tabla 51.....	80
Tabla 52.....	81
Tabla 53.....	82
Tabla 54.....	83
Tabla 55.....	84

Tabla 56.....	84
Tabla 57.....	85
Tabla 58.....	86
Tabla 59.....	86
Tabla 60.....	87
Tabla 61.....	88
Tabla 62.....	88
Tabla 63.....	89
Tabla 64.....	90
Tabla 65.....	91
Tabla 66.....	92
Tabla 67.....	93
Tabla 68.....	93
Tabla 69.....	94
Tabla 70.....	95
Tabla 71.....	95
Tabla 72.....	96
Tabla 73.....	97
Tabla 74.....	98
Tabla 75.....	99
Tabla 76.....	100
Tabla 77.....	100
Tabla 78.....	101
Tabla 79.....	101
Tabla 80.....	102
Tabla 81.....	103
Tabla 82.....	103
Tabla 83.....	104

<b>Tabla 84.</b>	105
<b>Tabla 85.</b>	105
<b>Tabla 86.</b>	106
<b>Tabla 87.</b>	106
<b>Tabla 88.</b>	108
<b>Tabla 89.</b>	109
<b>Tabla 90.</b>	110
<b>Tabla 91.</b>	111
<b>Tabla 92.</b>	111
<b>Tabla 93.</b>	112
<b>Tabla 94.</b>	113
<b>Tabla 95.</b>	113
<b>Tabla 96.</b>	114
<b>Tabla 97.</b>	115
<b>Tabla 98.</b>	116
<b>Tabla 99.</b>	116
<b>Tabla 100.</b>	117
<b>Tabla 101.</b>	118
<b>Tabla 102.</b>	118
<b>Tabla 103.</b>	119
<b>Tabla 104.</b>	120
<b>Tabla 105.</b>	120
<b>Tabla 106.</b>	120
<b>Tabla 107.</b>	121
<b>Tabla 108.</b>	122
<b>Tabla 109.</b>	123
<b>Tabla 110.</b>	124
<b>Tabla 111.</b>	125

<b>Tabla 112.</b> .....	125
<b>Tabla 113.</b> .....	126
<b>Tabla 114.</b> .....	127
<b>Tabla 115.</b> .....	128
<b>Tabla 116.</b> .....	128
<b>Tabla 117.</b> .....	129
<b>Tabla 118.</b> .....	130
<b>Tabla 119.</b> .....	131
<b>Tabla 120.</b> .....	132
<b>Tabla 121.</b> .....	132
<b>Tabla 122.</b> .....	133
<b>Tabla 123.</b> .....	133
<b>Tabla 124.</b> .....	134
<b>Tabla 125.</b> .....	135
<b>Tabla 126.</b> .....	135
<b>Tabla 127.</b> .....	136
<b>Tabla 128.</b> .....	136
<b>Tabla 129.</b> .....	137
<b>Tabla 130.</b> .....	138
<b>Tabla 131.</b> .....	138
<b>Tabla 132.</b> .....	138
<b>Tabla 133.</b> .....	139
<b>Tabla 134.</b> .....	140
<b>Tabla 135.</b> .....	141
<b>Tabla 136.</b> .....	142
<b>Tabla 137.</b> .....	143
<b>Tabla 138.</b> .....	143
<b>Tabla 139.</b> .....	144

<b>Tabla 140.</b>	145
<b>Tabla 141.</b>	147
<b>Tabla 142.</b>	151
<b>Tabla 143.</b>	152
<b>Tabla 144.</b>	152
<b>Tabla 145.</b>	152
<b>Tabla 146.</b>	152
<b>Tabla 147.</b>	153
<b>Tabla 148.</b>	153
<b>Tabla 149.</b>	155
<b>Tabla 150.</b>	156
<b>Tabla 151.</b>	158
<b>Tabla 152.</b>	160
<b>Tabla 153.</b>	161
<b>Tabla 154.</b>	163

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 .....	18
Figura 2 .....	21
Figura 3 .....	22
Figura 4 .....	22
Figura 5 .....	24
Figura 6 .....	25
Figura 7 .....	26
Figura 8 .....	28
Figura 9 .....	29
Figura 10 .....	30
Figura 11 .....	35
Figura 12 .....	35
Figura 13 .....	36
Figura 14 .....	40
Figura 15. ....	43
Figura 16 .....	47
Figura 17. ....	49
Figura 18. ....	55
Figura 19. ....	58
Figura 20. ....	59
Figura 21. ....	63
Figura 22. ....	64
Figura 23. ....	73
Figura 24. ....	76
Figura 25. ....	77
Figura 26. ....	81
Figura 27. ....	82

Figura 28.	88
Figura 29.	91
Figura 30.	92
Figura 31.	96
Figura 32.	97
Figura 33.	106
Figura 34.	107
Figura 35.	109
Figura 36.	110
Figura 37.	113
Figura 38.	114
Figura 39.	121
Figura 40.	123
Figura 41.	124
Figura 42.	128
Figura 43.	129
Figura 44.	139
Figura 45.	141
Figura 46.	142
Figura 47.	144
Figura 48.	146
Figura 49.	146
Figura 50.	147
Figura 51.	148
Figura 52.	149
Figura 53.	150
Figura 54.	151
Figura 55.	154

<b>Figura 56.</b> .....	155
<b>Figura 57.</b> .....	157
<b>Figura 58.</b> .....	159
<b>Figura 59.</b> .....	160
<b>Figura 60.</b> .....	162
<b>Figura 61.</b> .....	163

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 .....	21
Ecuación 2 .....	23
Ecuación 3 .....	23
Ecuación 4 .....	41
Ecuación 5 .....	41
Ecuación 6 .....	41
Ecuación 7 .....	42
Ecuación 8 .....	44
Ecuación 9 .....	44
Ecuación 10 .....	44
Ecuación 11 .....	44
Ecuación 12 .....	45
Ecuación 13 .....	47
Ecuación 14 .....	60
Ecuación 15 .....	61
Ecuación 16 .....	62
Ecuación 17 .....	79

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo realizar la comparación de las normativas E.030 en su versión del 2003 y en su versión del 2018, donde se analizará las respuestas sísmicas que estas dan en viviendas multifamiliares de 4 pisos en la ciudad de Cajamarca. Comparando los parámetros sísmicos de cada una, las fuerzas cortantes estáticas y dinámicas, los espectros de diseño, la incorporación de los factores de irregularidad en planta y altura los cuales son adicionados en la actual norma y afectan directamente al factor R, las limitaciones actuales sobre irregularidades extremas, los desplazamientos máximos permitidos. Los análisis sísmicos se realizaron con las condiciones de contorno iguales para evaluar la presente respuesta donde se efectuaron los Análisis Estático de Fuerzas Laterales Equivales y el Análisis Dinámico Modal de Respuesta Espectral según establecen las normativas, utilizando el software ETABS para la comprobación del Análisis estático y obteniendo los resultados del Análisis Dinámico como son los periodos de vibración, porcentaje de masa modal, cortantes dinámicas y las distorsiones de entrepiso. Donde se concluye que la actualización de la norma desea mejorar en el comportamiento sísmico de la estructura y ser más rigurosa con las limitaciones que se ofrecen en los factores de irregularidades, además de ofrecer soluciones para mejorar el comportamiento de las estructuras para que cumplan con las actualizaciones de la normativa.

**Palabras clave:** Análisis Estáticos, Análisis Dinámico, Factor de irregularidad, Desplazamiento Máximos, Comportamiento Sísmico.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Perú es un país que ha sufrido a lo largo de la historia diferentes desastres naturales, principalmente por la continua actividad telúrica que se hace presente. Esto se da porque se encuentra ubicado en el Cinturón de fuego del Pacífico que es una zona altamente sísmica del mundo, tal es el caso más resaltante que tenemos hasta ahora, el terremoto registrado en el año 2007 en la ciudad de Ica, dejando pérdidas tanto humanas como materiales. Por ello, no es posible realizar ningún análisis o diseño sin considerar los efectos del sismo.

Siendo entonces vulnerables a los desastres, esto crea preocupación en el campo de la ingeniería y se da la necesidad de una mejora en los códigos de diseño sísmico, teniendo como resultado la optimización de la norma E.030 Diseño Sismorresistente, la cual fue presentada por primera vez en el año 1970, fue evolucionando, hasta la versión actual que tenemos 2018. La NTP E.030 se va modificando y actualizando con el paso de los años hasta poder obtener una mejor respuesta sísmica de una edificación bajo la presión de un movimiento sísmico, obteniendo datos numéricos más precisos y teniendo de manera más accesible la disposición de programas como ETABS que ayuden con el análisis de los diseños estructurales y darle una respuesta a la edificación.

Es por ello que se realiza la determinación de diferencias en los desempeños sísmicos de las edificaciones multifamiliares elegidas como objeto de estudio, que fueron construidas con la NTP E.030 – 2003, aplicando ambos análisis (E.030-2003 y E.030-2018).

### **Realidad problemática**

Perú es uno de los tantos países que se encuentran en alerta mundial (Tavera, 2019) por el hecho de que sufrimos cambios sismológicos por las muchas oscilaciones provocadas por la interacción de las placas tectónicas; en los últimos años.

Las vibraciones constantes de los sismos nos han servido para darnos cuenta, que debemos estar mejor preparados en el ámbito de la construcción. Perú está localizado en una franja o región de frecuentes movimientos sísmicos, de acuerdo con ello constantemente se liberan energías que generan movimientos llamados sismos (Tavera, 2019)

El año 2007, Pisco – Ica, hubo 597 fallecidos, 2291 personas heridas, 434 000 damnificados, y además daños irreparables en establecimientos de primer nivel (postas y centros de salud). Siendo este, uno de los desastres más devastadores ocurridos en el Perú hasta el día de hoy desde hace muchos años. Ante este suceso que involucró la muerte de personas, surgieron incógnitas ¿Estamos realmente preparados para un desastre de mayor magnitud?, ¿Tenemos un conocimiento óptimo de lo que es el comportamiento estructural que tiene una edificación frente a una actividad sísmica como la que ocurrió el año 2007?

Por estas dudas se realizó un reestudio de la NTP E-030 Sismorresistente para modificar de acuerdo con los daños ocurridos para así brindar mayor seguridad en los factores y coeficientes establecidos anteriormente en la Norma donde existía tres tipos de zonas para cada nivel de sismo ocurrido.

Tanta fue la preocupación hacia la interrogante, que a partir de ese desastre se tuvo que incluir un factor de zona más de sismo a las ya conocidas de la NTP E.030, pero también dada la actualización se produjo controversias entre los ingenieros que estaban a cargo de esta actualización de la norma; ya que ahora las edificaciones se calculan sobredimensionadas teniendo como mayor monto de inversión al momento de construir.

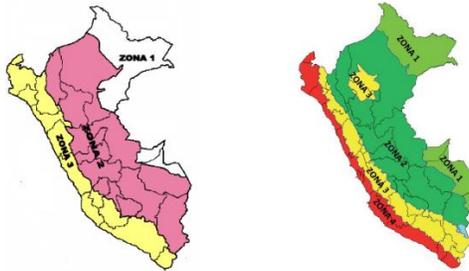
Tenemos también el caso del país vecino Chile, que al tener una probabilidad sísmica similar a la de Perú, también se avalan por una norma NCh 433 (Norma Chilena Oficial), para la construcción, teniendo su primera edición en el año 1996 y sufriendo solo una actualización en el 2009.

Para comprender de mejor manera la base teórica de la presente investigación, es necesario detallar las siguientes teorías.

**Diseño sismorresistente NTP E.030 – Zonificación.** Dentro de la norma técnica peruana nos menciona que nuestro territorio está dividido en cuatro zonas sísmicas, esta distribución se basa en la magnitud de la sismicidad observada. Tenemos por ejemplo las características generales de los movimientos sísmicos y las consecuencias de éstos con la distancia epicentral. (Norma Técnica Peruana, 2019). A continuación, mostramos la comparativa de la zonificación en el Perú que se tenía anteriormente con la que se tiene actualmente.

### Figura 1

Mapa de zonificación del Perú - Antecedentes de la Norma Peruana Zonificación 2003 y 2018



**Condiciones Geotécnicas - Perfiles del suelo.** Entendemos en los perfiles del suelo se despliega muchas características sísmicas como son los depósitos de suelos blandos que amplifican las ondas sísmicas cuando estas atraviesan las capas en su viaje desde la roca basal hacia la superficie. Como consecuencia las aceleraciones en la superficie del depósito de suelo van a ser mayores que en la roca profunda o en los lugares donde la roca aflora a la superficie. Como para diseñar las estructuras necesitamos la aceleración en la superficie del suelo es importante en cuenta este fenómeno. En otra nota dijimos que la herramienta básica para calcular las fuerzas que producen los terremotos es lo que se conoce como un espectro de diseño sísmico. Este es un gráfico que nos da la aceleración máxima en una estructura de un piso como

función del periodo natural de la estructura (en realidad, el espectro nos da una cantidad que se conoce como la pseudo-aceleración, pero no pero no vamos a entrar en estos detalles). Los tipos de perfiles de suelos son los siguientes:

**Perfil Tipo S: Roca Dura.** En este perfil van las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte  $\bar{v}_s$  mayor que 1500 m/s. Todas las medidas deberán corresponder al sitio donde se lleva a cabo el proyecto o a los perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de  $\bar{v}_s$ . (NTP E-30, 2018)

**Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos.** En este perfil se tiene a las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{v}_s$ , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada  $q_u$  mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).

Arena muy densa o grava arenosa densa, con  $\bar{N}_{60}$  mayor que 50.

Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{s}_u$  mayor que 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad. (NTP E-30, 2018)

**Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios.** A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{v}_s$ , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre: Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$ , entre 15 y 50. Suelo cohesivo

compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $\bar{S}_u$ , entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad. (NTP E-30, 2018).

**Perfil Tipo S3: Suelos Blandos.** Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{v}_s$ , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$  menor que 15.

Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  entre 25 kPa (0,25 kg/cm<sup>2</sup>) y 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

Cualquier perfil que no correspondan al tipo S4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad  $P_I$  mayor que 20, contenido de humedad  $\omega$  mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  menor que 25 kPa. (NTP E-30, 2018)

**Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales.** Corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones de tipo geológicas o topográficas no son favorables, aquí se opta por efectuar un estudio específico para el sitio. Será necesario considerar un perfil tipo S4 cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine. (NTP E-30, 2018)

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

**Figura 2**

Figura del cuadro de la Clasificación de los perfiles de suelo

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	$\bar{V}_s$	$N_{60}$	$\bar{S}_u$
$S_0$	> 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		

**Definición de los Perfiles de Suelo.** Todas las expresiones tendrán que ser aplicadas a los 30 m superiores del perfil de suelo, los cuales se medirán desde el nivel del fondo de la cimentación. En el subíndice “i” se especifica a uno cualquiera de los “n” estratos con varias características, entonces “m” se refiere al número de estratos definidos con suelos granulares y “k” al número de estratos definidos con suelos cohesivos. (NTP E-30, 2018)

**Velocidad Promedio de las Ondas de Corte,  $\bar{V}_s$ .** En la velocidad promedio de propagación de todas las ondas de corte se definirá con la fórmula siguiente:

### Ecuación 1

Velocidad Promedio de las Ondas de Corte

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{v_{si}}\right)}$$

donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los n estratos y  $V_{si}$  es la correspondiente velocidad de ondas de corte (m/s). (NTP E-30, 2018)

**Consideraciones Adicionales.** Estas consideraciones se dan en los casos en que no sea obligatorio realizar un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) o cuando no se disponga de

propiedades del suelo hasta una profundidad de 30 m, se permite que el profesional responsable estime valores adecuados sobre la base de las condiciones geotécnicas. Teniendo el caso de estructuras con cimentaciones profundas a base de un sistema de pilotaje, el perfil de suelo será el que corresponda a los estratos en los 30 m por debajo del extremo superior de los pilotes.

**Parámetros de sitio ( $\bar{S}$ ,  $T_p$  y  $T_L$ ).** Se debe considerar el tipo de perfil que describa de mejor manera las condiciones locales, utilizando los valores correspondientes del factor de amplificación del suelo  $S$  y de los períodos  $T_p$  y  $T_L$  mostrándose en las siguientes tablas: (NTP E-30, 2018)

**Figura 3**

Tabla del Factor de suelo "S"

ZONA \ SUELO	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_4$	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

**Figura 4**

Tabla de los Periodos " $T_p$ " 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

**Factor de amplificación Sísmica (C).** Teniendo en cuenta las características de sitio, definimos el factor de amplificación sísmica (C) de la siguiente manera:

### Ecuación 2

Factor de amplificación Sísmica E.030 2003.

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

### Ecuación 3

Factor de amplificación Sísmica E.030 2018

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

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Interpretamos este coeficiente como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo. (NTP E-30, 2018)

A continuación, tenemos los sistemas estructurales detallados para cargas sísmicas.

**Estructuras de concreto armado.** Las estructuras de concreto armado son aquellas que se emplean en construcciones de edificios, lozas, complejos habitacionales y demás edificaciones. El concreto armado es la combinación del concreto y el acero en armadura para que juntos formen un sistema constructivo. La colocación de las armaduras depende de la ubicación de la zona de tracción, es decir del lugar donde las vigas, columnas, o demás componentes se flexionarán; asimismo en los cimientos Los materiales componentes de este tipo de estructuras son el concreto y la armadura de acero. (Tacuche Paredes, 2019)

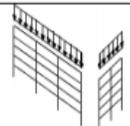
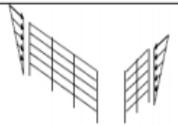
**Sistema Aporticado.** Los elementos porticados, son estructuras de concreto armado con la misma dosificación columnas -vigas peraltadas, o chatas unidas en zonas de confinamiento donde forman Angulo de 90° en el fondo parte superior y lados laterales, es el sistema de los edificios porticados.

Este sistema tiene la capacidad de minimizar enormes masas de energía, esto se da por la gran ductilidad que posee cada uno de sus elementos que la componen, es por ello que los elementos estructurales no sufren tanto daño. Las columnas son analizadas para resistir un mayor porcentaje de deformación que recibirá al momento de cada fuerza dada en comparación con las vigas. (Tacuche Paredes, 2019)

En el diseño de estructurales aporticados intervienen los siguientes elementos estructurales: Losas: aligeradas, macizas, nervadas. Columnas. Zapatas: aisladas, combinadas. Muros no portantes. Cimentaciones corridas para muros no portantes.

## Figura 5

Sistema de pórticos

SISTEMAS ESTRUCTURALES DE RESISTENCIA SISMICA			
SISTEMA		CARGAS VERTICALES	FUERZAS HORIZONTALES
PORTICO			

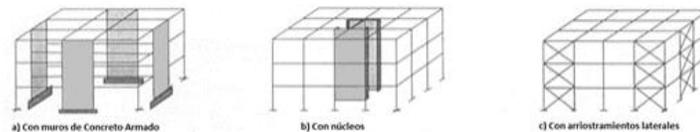
**Sistema Dual.** Es un sistema mixto de pórticos reforzados por muros de carga o diagonales de arriostramiento. En este sistema los muros tienden a tomar una mayor proporción de los esfuerzos en los niveles inferiores, mientras que los pórticos pueden disipar energía en los niveles superiores.

Se genera una estructura con una resistencia y rigidez lateral sustancialmente mayor al sistema de pórticos, lo cual lo hace muy eficiente para resistir fuerzas sísmicas. Y siempre y cuando haya una buena distribución de los elementos rígidos, también se puede obtener las ventajas del sistema aporticado, en cuando a su ductilidad y distribución de espacios internos.

Se debe ser muy cuidadoso al momento de diseñar el sistema, ya que la interacción entre el sistema aporticado y el de muros es compleja. El comportamiento de un muro esbelto es como el de una viga de gran altura en voladizo, y el problema de interacción se origina porque el comportamiento que tendría un sistema aporticado sería muy distinto al de un muro de concreto. (Silva, s.f.)

## Figura 6

Sistema dual

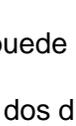


**Sistema de Muros estructurales.** Está conformada por muros o placas diseñadas para resistir un mínimo del 70% del total de la fuerza transmitida en la base de la estructura. La estructura es muy fácil de diseñar y ejecutar, por lo que el costo de construcción es reducido a diferencia de los pórticos. Siendo una estructura liviana que brinda una enorme resistencia a todos los esfuerzos verticales que puedan presentarse, por ende, los daños que son ocasionados serán de menor consideración, lo cual no descarta que la estructura casi siempre estará expuesta a grandes sollicitaciones sísmicas. Es el arreglo entre las placas horizontales, losas y las placas verticales, cada uno de estos elementos trabajan como si fuesen muros que soportarán grandes cargas. Es uno de los sistemas conocidos que posee una solidez a las fuerzas laterales, ahora,

si se da de una forma asimétrica dará un comportamiento inadecuado que por consecuencia habrá una posibilidad de colapso. (Tacuche Paredes, 2019)

## Figura 7

Sistema de muros estructurales

SISTEMAS ESTRUCTURALES DE RESISTENCIA SISMICA		
SISTEMA	CARGAS VERTICALES	FUERZAS HORIZONTALES
MUROS DE CARGA		

**Sistema de Ductilidad Limitada.** Es un sistema estructural donde la resistencia ante cargas sísmicas y cargas de gravedad, en las dos direcciones, está dada por muros de concreto armado que no pueden desarrollar desplazamientos inelásticos importantes. Los muros son de espesores reducidos, se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola hilera. Los sistemas de piso son losas macizas o aligeras que cumplen la función de diafragma rígido. Este sistema en la actualidad está siendo muy utilizada en el Perú,

**Análisis Estructural - Consideraciones Generales para el análisis.** “Para estructuras regulares, el análisis puede hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales predominantes. Las solicitaciones sísmicas verticales se consideran en el diseño de los elementos verticales, en elementos horizontales de gran luz, en elementos post o pretensados y en los voladizos o salientes de un edificio. Se considera que la fuerza sísmica vertical actúa en los elementos simultáneamente con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable para el análisis” (NTP E-30, 2018)

**Modelos para el análisis.** Los objetivos de la norma de sismos, el esqueleto conformado por armaduras de concreto y armaduras de albañilería necesariamente deben ser estudiados

teniendo en cuenta las fuerzas de inercia de todas las secciones que fueron dimensionadas, pero excluyendo el esfuerzo y fisuración que fuera tener los elementos.

Para todo tipo de estructura que generalmente se merezca que lo sistemas de cada nivel actúen como diafragmas rígidos, para ellos se puede utilizar un análisis de masas agrupadas conjunto con los grados de libertad que se tiendan a elaborar. Tal es el caso que para un modelo de análisis se requieren tener todas las características y parámetros que conforman un grupo adecuado para poder realizar que la estructura funcione de manera segura ante las vibraciones sísmicas que se puedan desarrollar durante su etapa útil. Se sabe que el sismo se propaga por ondas superficiales haciendo que la estructura tenga desplazamientos y que de una u otra manera generará que la edificación tenga algún tipo de comportamiento frente a estos desastres. (Tacuche Paredes, 2019)

**Procedimiento del análisis.** En el desarrollo del análisis se utiliza solo dos casos dependiendo de lo que se requiera obtener como resultado. El Análisis Estático y Dinámico de la estructura que se estudiará.

**Cimentaciones – Generalidades.** Entendemos por cimentaciones a todos los elementos estructurales donde su principal función es transmitir las cargas de la construcción o elementos apoyados al suelo. donde se distribuyan de forma que no superen su presión admitida ni produzcan cargas zonales.

Sabiendo que la resistencia del suelo es, comúnmente, menor que la de los pilares o muros que soportará, el área de unión entre el suelo y la cimentación será de manera proporcional más grande que los elementos soportados.

**Capacidad Portante.** Todos los estudios de mecánica de suelos tendrán en consideración a los efectos de los sismos para poder determinar la capacidad portante del suelo de una cimentación. En los lugares en que pueda producirse licuación del suelo, se debe efectuar una

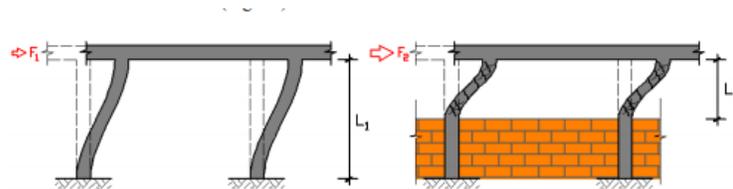
investigación geotécnica que estudie esta posibilidad y determine una solución más adecuada.  
(NTP E-30, 2018)

**Fallas en edificaciones.** Las fallas estructurales en los edificios ocurren cuando el edificio pierde su habilidad para desempeñar su función. Las fallas estructurales de edificios pueden ser categorizadas en dos grupos: las físicas (estructurales) que resultan en la pérdida de ciertas características como, por ejemplo, la resistencia. Y fallas de performance, que significa la reducción en función de un límite aceptable. (Tacuche Paredes, 2019)

**Tipos de falla en una estructura - Efecto de columna Corta.** El Efecto de Columna Corta consiste en una restricción parcial del desplazamiento lateral del cuerpo de una columna, que obliga a concentrar toda la demanda de deformaciones y tensiones en su porción libre. El caso más común se presenta cuando hay paredes que no abarcan toda la altura, sino que dejan un espacio vacío para la ventana. También es conocido como Efecto Ventana o Columna Cautiva. (José Luis Beauperthuy)

### Figura 8

Efecto de la columna Corta



**Generación de sismos.** Los sismos se producen debido a un rompimiento repentino en la corteza terrestre, que es provocado por la energía liberada de la fricción entre las placas tectónicas al interior de nuestro planeta. Si bien hay movimiento constante que puede ser imperceptible para nosotros en la superficie de la tierra, llega el momento en que mucha tensión acumulada finalmente se libera rápidamente, provocando las ondas sísmicas masivas que

percibimos como temblores o terremotos. Dichas vibraciones suelen propagarse en todas direcciones, con duración e intensidad variables.

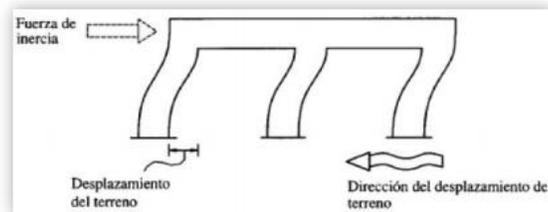
El Perú es considerado una zona sísmica debido a su ubicación geográfica, ya que se encuentra sobre la placa sudamericana, que a su vez se coloca sobre la placa de Nazca., lo que hace que estén en constante fricción originando los sismos. (Tavera, 2019)

**Efecto de los sismos en construcciones civiles.** Los efectos que puedan tener los sismos en una edificación son muy devastadoras, es por ello que algunas de las medidas que se puedan tomar siempre van a ser de gran ayuda para que las construcciones se comporten de una manera segura frente a estas solicitaciones sísmicas que se desarrollan con frecuencia en el país, para lograrlo que sea así se debe contar con normas de diseño de sismo, reglamentos de construcción que sean óptimos para un buen análisis de cada estructura.

El movimiento producido por el sismo afecta de manera considerable a la base de las edificaciones por medio del terreno, la dirección del suelo es la misma de del sismo, se sabe que el peso y la masa que posee el edificio contradice a efectuar el mismo movimiento que genera algunas fuerzas que ponen en peligro la armadura. (Tacuche Paredes, 2019)

### Figura 9

Desplazamiento de la estructura dado la fuerza de inercia.

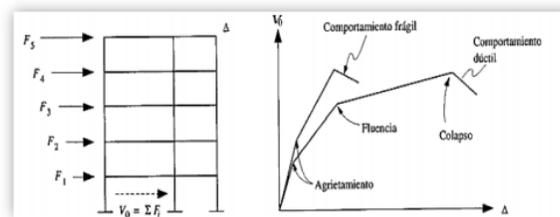


Se sabe que la estructura no debe ser tan rígida, sino perdería la seguridad estructural que deben tener los edificios por la que se ha construido, a esta propiedad se le conoce como

ductilidad, que tiene por objetivo el de deformarse por un movimiento sísmico, pero mas no llegar a romperse por completo. Se aprecia en la imagen, la relación carga-deformación de una edificación:

**Figura 10**

Relación de carga-deformación de una estructura



Programas utilizados en la ingeniería estructural (sismos). El análisis estructural de una obra civil o de un edificio es una de las partes más importantes de un proyecto constructivo, asegurando la resistencia de nuestra estructura a las cargas y acciones a las que estará sometida durante su vida útil. En este sentido, actualmente el cálculo de estructuras no se entiende sin la utilización de programas informáticos que facilitan en gran medida las operaciones. Por lo tanto, el conocimiento y manejo de los softwares utilizados será necesario si quieres centrarte en este campo. (Tacuche Paredes, 2019)

**Cypecad.** Es uno de los programas más utilizados por su fiabilidad y sencillez en el modelaje y entrada de datos. Es capaz de diseñar, calcular y dimensionar tanto estructuras metálicas como de hormigón, además de comprobar uniones soldadas y atornilladas. En cuanto a la presentación de la documentación generada, incluye toda la necesaria para la entrega del proyecto: planos de construcción, memoria de cálculo y descriptiva. (Bim, s.f.)

**SAP 2000.** Programa de elementos finitos que cuenta con una interfaz gráfica 3D orientada a objetos. Debido a su fiabilidad, poder de cálculo y versatilidad, se utiliza para dimensionar

puentes, presas, edificios y todo tipo de infraestructuras. Cabe destacar también la amplia selección de plantillas con las que dispone, la generación de mallas de cálculo automáticas o la facilidad en la definición de vistas personalizadas. (Espain, s.f.)

**Midas.** Este software está especialmente destinado al cálculo y diseño de infraestructuras de obra civil, solucionando problemas de ingeniería estructural, geotecnia y mecánica. Entre las ventajas que nos aporta está la utilización de algoritmos avanzados de elementos, un aumento importante de la velocidad de análisis y el uso ilimitado de elementos, nudos o combinaciones de cargas. (Tacuche Paredes, 2019)

**Autodesk Robot.** Con el respaldo de una compañía especializada como es Autodesk, está considerado uno de los más completos del mercado. Cuenta con tecnología MEF y es capaz de calcular las uniones de acero, estructuras de madera o secciones de armado, entre otras cosas. Structuralia este año se convirtió en Authorized Training Center de Autodesk, lo que supone un valor añadido para nuestra escuela. Con el uso cada vez más extendido de la metodología Building Information Modeling hay que destacar también su gran interoperabilidad con Revit, uno de los programas BIM más utilizados, mejorando de forma notable los flujos de trabajo. (Bim, s.f.)

**Tekla Structures.** Por último, vamos a destacar el programa Tekla Structures que, aunque no es capaz de dimensionar la estructura, gracias a la enorme cantidad de materiales que puede modelar es de gran utilidad. Asimismo, desde un enfoque BIM, está pensado para todo tipo de estructuras, como pueden ser estadios de fútbol, plataformas marítimas, puentes o rascacielos. (Bim, s.f.)

## Formulación del Problema

### Problema General

¿Cuál es la variación del análisis sísmico realizado a viviendas multifamiliares con la modificación de los parámetros sísmicos de la Norma E.030 2003 a la actual Norma E.030 2018?

### **Problema Especifico**

¿Las edificaciones estudiadas cumplen con los requerimientos actuales de la presente norma?

¿La actualización de los parámetros influyen en la respuesta sísmica de los edificios estudiados?

¿Existe diferencia entre el diseño de concreto armado calculado con la demanda de la E.030-2003 y el requerido por la E.030-2018?

### **Objetivos**

#### **Objetivo General**

Realizar un análisis sísmico aplicando la NTP E.030-2018 a edificaciones multifamiliares que ha sido realizadas con la NTP E.030-2003 en la ciudad de Cajamarca.

#### **Objetivo Específico**

Verificar si las edificaciones estudiadas cumplen con los requerimientos actuales que se presentan en la norma actual.

Verificar si la actualización de los parámetros realizadas en la presente norma, influyen en la respuesta sísmica de los edificios en estudio.

Identificar si existe una diferencia entre el diseño de concreto armado que se nos impone en la NTP E.030-2003 comparado con el de la NTP.030-2018.

### **Hipótesis**

## **Hipótesis General**

Se puede realizar un análisis sísmico aplicando la NTP E.030-2018 a viviendas multifamiliares que han sido realizadas con la NTP E.030-2003.

## **Hipótesis Específica**

Las edificaciones que se están estudiando cumplen con los requerimientos actuales que solicita la norma actual.

Existe una respuesta sísmica diferente en las edificaciones por las actualizaciones de los parámetros de la actual norma.

Se encuentran diferencias en el diseño del concreto armado que se calcula con la NTP E.030-2003 en comparación con lo que se requiere en la NTP E.030 2018.

## **Justificación**

Teniendo en cuenta y conociendo la realidad del Perú, con respecto a su vulnerabilidad ante cualquier movimiento telúrico, mencionada en la realidad problemática antes descrita y además conociendo las consecuencias que estos han traído en los últimos eventos sísmicos de gran envergadura, surge una mayor necesidad de realizar la presente investigación. Se considera que conocer y determinar las variaciones de los resultados entre las distintas Normas actualizadas en distintos años es indispensable para identificar el comportamiento de las viviendas en el departamento de Cajamarca y además las cuales no han sido diseñadas teniendo en consideración estas mismas actualizaciones para así poder determinar si es necesario un Retrofit.

Por tal motivo se espera que los resultados de esta investigación se aprovechen específicamente como base de datos para las entidades correspondientes y futuras investigaciones que se vayan a realizar con referencia al tema.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### Tipo de investigación

**Cuantitativa**, pues cuantificamos momentos flectores, desplazamientos, fuerzas, que tendremos como demanda sísmica principal, la cual nos servirá como ejemplo de medición en las variables que obtengamos, en las cargas actuantes.

**Descriptivo**, pues se hizo una revisión, evaluación y análisis de las NTP E.030-2003 y la NTPE.030-2018, con las cuales se aplicó análisis sísmico de las edificaciones en estudio y observar las variaciones de que existen y generan en el diseño de secciones resistentes de un edificio de concreto armado.

### Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

La población de estudio está constituida por las edificaciones multifamiliares de sistema aporticado elaboradas según la normativa de diseño E.030-2003, en el barrio San Antonio de la ciudad de Cajamarca.

La muestra es no probabilística y fue elegida por criterio por accesibilidad, considerando 3 edificaciones ubicadas en el barrio San Antonio con un número de 4 pisos con sistema estructural tipo mixto, las cuales poseen características similares.

Vivienda 01:

Dirección: Jr. Arnaldo Márquez 430.

Propietario: Gleem Nolberto Mendoza Linares.

Coordenadas: 17S 775247.64 m E - 9208777.55 m S - Elevación 2699.

## Figura 11

Vivienda 01



Vivienda 02:

Dirección: Jr. Julio Cesar Tello 129.

Propietario: Zurely Marina Mendoza Díaz.

Coordenadas: 17S 775124.62 m E - 9208799.76 m S - Elevación 2708.

## Figura 12

Vivienda 02



Vivienda 03:

Dirección: Jr. San Roque 385.

Propietario: Mariano Moreno Díaz.

Coordenadas: 17S 775211.00 m E - 9208785.00 m S - Elevación 2700.

### Figura 13

Vivienda 03



### **Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

Para la recolección de datos se tuvo en cuenta la visita e inspección de las viviendas en estudio, realizando entrevistas a los propietarios y personal involucrado con la realización de dichas viviendas, además de medir los ambientes y elementos estructurales para verificar y/o realización los planos de las viviendas estudiadas, mientras que para los análisis sísmicos se determinaron los parámetros y se realizó los modelamientos tridimensionales según exige las normas sismorresistente estudiadas con la ayuda del programa de cálculo estructural ETABS, para recibir los resultados y compararlos.

Para la técnica de que se usó fue de tipo descriptiva, ya que se pudo analizar y organizar la información recaudada mediante la elaboración de planos, parámetros de diseño y el análisis sísmico

Los instrumentos de recolección de datos se usó los siguientes instrumentos:

a). Norma Técnica Peruana E.030: Es una serie de documentos emitidos por un organismo de autoridad las cuales establecen las especificaciones de calidad de los productos, procesos y servicios. En este caso la norma E.030 acepta que la resistencia lateral de una edificación sea sólo una fracción de la resistencia requerida para garantizar el comportamiento elástico ideal del edificio en un sismo severo. De aquí se obtuvieron los parámetros de diseño, requisitos limitaciones para el análisis sísmico

b). ETABS: Realizamos el modelamiento tridimensional según exigen las normas Sismo-resistente a analizar que son E.030-2003 y E.030-2018. Con ayuda de este podremos observar los distintos comportamientos que poseen las edificaciones y las variaciones que ocurren con la actualización de la normativa.

c). Microsoft Excel: En este programa se realizaron cálculos manuales con el fin de realizar un análisis con la mayor exactitud posible, además de presentar la comparación de los resultados obtenidos gracias a cuadros estadísticos y tablas de resultados.

d). AutoCAD: En este programa de dibujo se podrán visualizar y/o elaborar los planos, donde se determinar la simetría que las edificaciones, gracias a ello se realizó un descarte por si tuviera una variación excesiva.

## **Procedimiento**

**Procedimiento para la recolección de datos:** Se procedió a realizar una visita a las viviendas en estudio para recaudar información sobre la distribución arquitectónica y estructural que poseen, de aquí se obtuvo los planos y se realizó una verificación de estos, además de tener detalles en los procesos constructivos y conocer a los elaboradores de dichas viviendas. Luego de ello se procedió a obtener los parámetros sísmicos de cada una de las normativas estudiadas como fueron los parámetros de sitio, categoría de la edificación y sistema estructural. Con los cuales se pudo hallar la respuesta sísmica de dichas estructuras con la ayuda del software

ETABS, con el cuál obtuvimos los resultados que posteriormente se analizaron en el programa Microsoft Excel con el cuál pudimos hacer las comparaciones de dichos resultados.

### Procedimiento para análisis de datos:

Utilizando el programa AutoCAD se dibujó los planos solicitados debido a que estaban realizados a mano, aquí nos percatamos de que los planos fueron diseñados para un número limitado de pisos y se construyeron demás.

Se determinó los parámetros de diseño sísmico de acuerdo a las normativas en estudio.

Factor de Zonificación: Se realizó una comparación del tipo de zona y el factor que se le asignó, Cajamarca se encuentra en la Zona 3 en ambas normativas, pero los factores son de 0.40 en la norma E.030-2003 y de 0.35 en la norma E.030-2018.

**Tabla 1.**

Factor de Zona

E.030 2003		E.030 2018	
Zona	Factor	Zona	Factor
-	-	4	0.45
3	0.40	3	0.35
2	0.30	2	0.25
1	0.15	1	0.10

*Nota:* Comparación de Factor de Zona.

Factor de Suelo: Se clasificó el tipo de suelo según el perfil que se expuso anteriormente y con la ayuda de un ensayo SPT proporcionado, donde obtuvimos como clasificación un Tipo de Suelo S3. Para la actualización de la norma E.030, se considera también el factor de Zona como se puede apreciar en la Figura 3. Obteniendo como resultado con la norma E.030 2003 de 1.4 y con la norma E.030 2018 de 1.2.

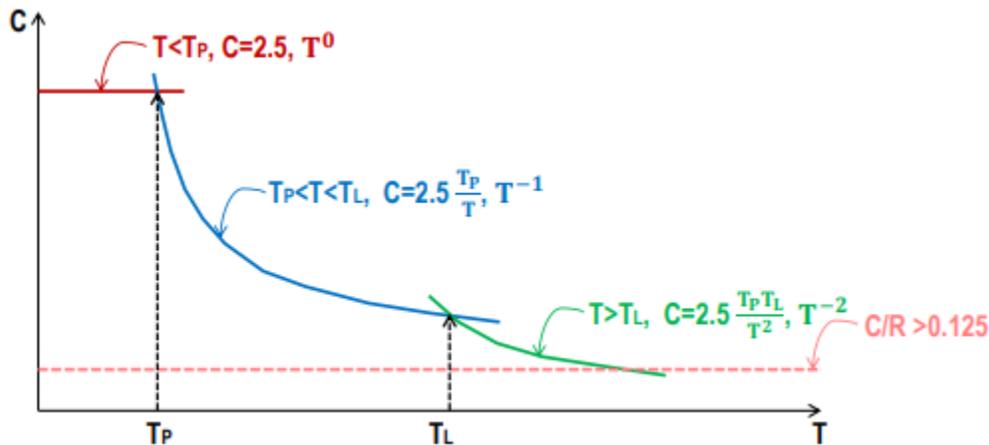
Factor  $T_p$ : Este factor se obtiene dependiendo del tipo de suelo en ambas normativas, este periodo define la plataforma del factor C en el espectro de diseño. Según la E.030 2003 nos resulta de 0.9, mientras que en la actualización se resulta de 1.

Factor  $T_L$ : Este factor viene siendo presente en la actualización de la normativa sismorresistente y define como el punto de inicio de un desplazamiento constante. Nos da como resultado 1.6.

Factor C: Este factor se denomina como factor de amplificación sísmica y está siendo resultado de la Ecuación 2 en el caso de la E.030 2003 y de la Ecuación 3 en la E.030 2018, donde intervienen los factores de  $T_p$  y T en la E.030 2003 y  $T_p$ ,  $T_L$  y T en la actualización del 2018. A continuación, se muestra como son los cambios de este factor para la actual norma.

**Figura 14**

Factor de amplificación sísmica "C" en forma espectral.



*Comunidad para la Ingeniería civil – Ingeniería Sísmica Tradicional.*

Categoría de la edificación y factor de uso: Siendo el uso similar se clasificó a la estructura como Tipo C que considera a las estructuras comunes. Para determinar el parámetro se prosiguió

a ir a la Tabla N°3 – Artículo 10 de la Norma E.030- 2003. Mientras que para Norma E.030-2018 se recurrió a la Tabla N°5 – Artículo 15. En ambas normas se obtuvo el valor de 1.

Factor R: El factor de reducción está definido por el tipo de sistema estructural de la edificación, este factor también se ve afectado por factores de irregularidad, estos factores de irregularidad ocasionan la reducción del factor amplificando las fuerzas sísmicas. Según ambas normativas se clasifican con un factor de 8, de ser el caso la edificación sea irregular se afectan de la siguiente manera.

#### **Ecuación 4**

Factor de Reducción según E.030 2018

$$R = R_o * I_a * I_p$$

Donde  $I_a$  e  $I_p$  son irregularidades en altura y planta respectivamente definidas por el Artículo 20. E.030 2018.

#### **Ecuación 5**

Factor de Reducción según E.030 2003

$$R = R_o * 3/4$$

Peso Sísmico: Para el cálculo del peso sísmico se relaciona con la categoría de Uso, siendo en ambas normativas como Categoría C, Se calculó con la siguiente ecuación:

#### **Ecuación 6.**

Peso Sísmico

$$P_s = 1(\text{Peso Propio} + \text{Carga Muerta}) + 0.25(\text{Carga Viva}) + 0.25(\text{Carga de Techo})$$

Modelamiento de estructura con software ETABS: Para el modelamiento tridimensional, se procedió a definir los ejes según los planos realizados, posteriormente se definió el tipo de concreto y acero de refuerzo utilizado.

Para el modelamiento de los elementos estructurales como fueron las columnas y vigas se utilizó elementos de tipo Frame, realizando la diferencia entre ambas para los distintos esfuerzos para los cuales son diseñados.

Para la interacción Tabique-Pórtico, se diseñó empleando lo estipulado en el Artículo 33.2 de la norma E.070, definiendo al muro no aislado como un puntal de sección  $b*t$ . No se consideró el peso propio de estos debido a que se cómo carga distribuida a la losa. Para ello se aplicó como un elemento Frame de con tipo de forma "General".

Para el modelamiento de la losa aligerada se utilizó elementos tipo Shell-Thin, con la propiedad de tipo Ribbed, la cual considera como una losa de tipo nervada, para lo cual se calculó el peso de los ladrillos para añadirlos como carga siendo la resta del peso del concreto y el peso total, donde el peso del concreto será el volumen total de concreto por su peso específico y se define a través de la siguiente ecuación.

### Ecuación 7

Peso de Ladrillo

$$Vc^o = 0.05 + 0.25H (m^3/m^2)$$

$$Pc^o = Vc^o * \gamma c^o$$

$$P_{ladrillo} = P_{Total} - Pc^o$$

Se definieron 5 tipos de cargas:

Peso Propio: Conformada por los elementos frame, shell y otros considerados en el modelamiento estructural.

Carga Muerta: Proporcionado por el peso de elementos y materiales que forman parte del edificio: instalaciones, acabados, tabiquerías, etc.

Carga Viva de Entrepiso: Está dada por componentes móviles, usuarios, muebles, etc. Se le considera como carga Reducible.

Carga Viva de Techo: Considera el peso de los trabajos de instalación o acabados que se realizarán, es una carga del Tipo Roof Live

Carga Sísmica Estática: Es el Cortante Basal distribuido por piso, el cual depende del peso del edificio, la altura, entre otros parámetros determinados por la Norma E.030.

Para el Metrado de cargas de la tabiquería de entrepiso se aplicó el método propuesto por el Ingeniero San Bartolomé, considerando unidades huecas tubular.

### Figura 15.

Tabiquería en Entrepiso.

TABLA 2.3 DE LA NORMA E-020	
Peso del Tabique (kg / m)	Carga Equivalente (kg / m <sup>2</sup> )
74 o menos	30
75 a 149	60
150 a 249	90
250 a 399	150
400 a 549	210
550 a 699	270
700 a 849	330
850 a 1000	390

*San Bartolomé- Análisis de Edificios, 1998*

Análisis Estático: Para la realización del análisis Estático se siguió el procedimiento estipulado por las normas estudias el que fue realizar el método de Fuerzas laterales equivalentes, distribuyendo la Cortante basal por el número de pisos. Aplicando las siguientes ecuaciones.

### Ecuación 8.

Cortante Basal.

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P_s$$

### Ecuación 9.

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura E.030 2003.

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

### Ecuación 10.

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura E.030 2018

$$F_i = \alpha_i V$$

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

Espectro de Diseño: Siguiendo con lo estipulado por las normas se aplicará para cada una de las direcciones horizontales analizadas un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por la siguiente ecuación:

### Ecuación 11.

Aceleración Espectral

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

Para la verificación del diseño de concreto se consideraron la combinación de cargas según estipula la Norma E.060, en el Artículo 9.2- Capítulo 9.

### **Ecuación 12**

Combinación de cargas mínimas de diseño.

$$U1 = 1.4(CM) + 1.7(CV)$$

$$U2 = 1.25(CM + CV) \pm CS$$

$$U3 = 0.9(CM) \pm 1.25(CS)$$

### **Aspectos Éticos.**

Se tuvo como consideración dar el debido respeto a los autores de los cuales obtuvimos información citando de manera ordenada y correcta al usar la información ya sea colocarla de la misma manera o parafraseando. Además de realizar el pedido de información a los propietarios de las viviendas a analizar con las razones respectivas.

Se cumplió con presentar los resultados obtenidos a los propietarios de las viviendas analizadas como también diversas soluciones para posibles problemas. Además de cumplir con la entrega puntual de las evaluaciones y levantar las observaciones dadas por el asesor.

Se tuvo el respeto debido al solicitar información y pedir autorización de los propietarios. Además, nosotros como compañeros de grupo y con el docente respectivamente para poder realizar un buen trabajo.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

En el presente capítulo, se muestran los resultados de este análisis sísmico realizamos la comparación de las normas E.030-2003 vs E.030-2018 en 3 edificaciones similares, donde presenta las variaciones y los nuevos parámetros que afectan tanto a la obtención del análisis sísmico estático y a la obtención del espectro inelástico de pseudo aceleración. Determinando la influencia de estas variaciones en el diseño estructurales final.

### Vivienda 01.

#### Análisis Sísmico Estático - E.030-2003

**Tabla 2**

Parámetros para el Sismo Estático en X

Parámetro	Dir. E-O
Factor de Zona, Z:	0.40
Factor de Uso, U:	1.00
Factor de Suelo, S:	1.40
Periodo plataforma, $T_p$ :	0.90 seg
Coef. Básico de reducción, $R_o$ :	8.00
Factor de Reducción, R:	8.00
Altura total de la edificación, $h_n$ :	11.20 m
Coeficiente para periodo, $C_T$ :	35.00
Periodo Fundamental, T:	0.320 seg
Factor de amplificación, C:	2.5
Factor elegido, C/R:	0.3125

Donde se obtiene la cortante basal en la base de la estructura aplicando la ecuación 8.

$$\begin{aligned}
 \text{Coeficiente sísmico, } C_s &: 0.175 \\
 \text{Peso Sísmico} &: 451.33 \text{ Tn} \\
 \text{Cortante Basal, } V &: 78.98 \text{ Tn}
 \end{aligned}$$

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:

Para la Distribución de la Fuerza sísmica en altura se aplica la ecuación 9, donde se comprueba

la necesidad de una fuerza concentrada  $F_a$ :

### Ecuación 13

Fuerza Concentrada  $F_a$ .

$$F_a = 0.07 * T * V \leq 0.15 * V$$

$$T = 0.320 \text{ seg}$$

**No requiere aplicar  $F_a$**

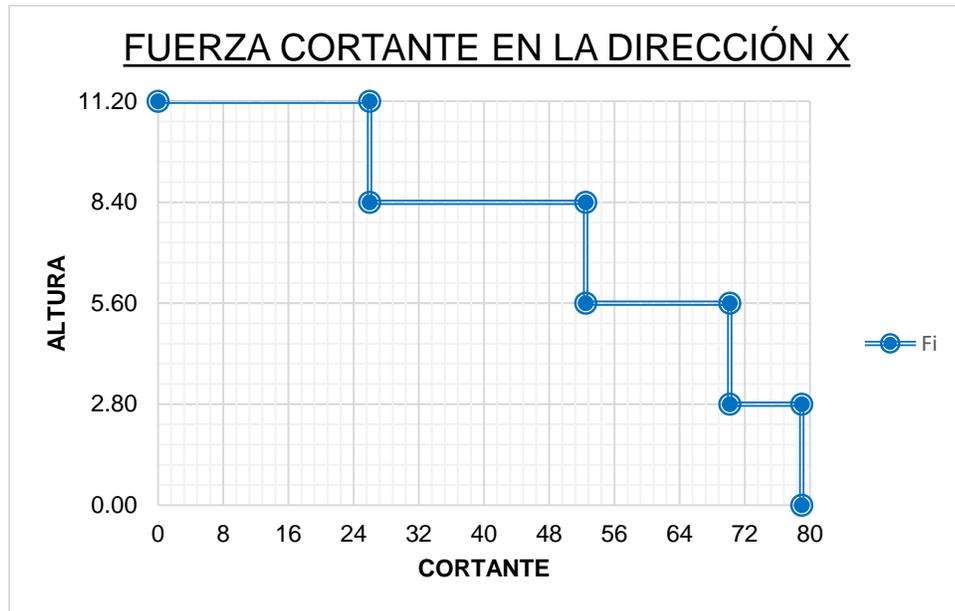
**Tabla 3**

Distribución de la Fuerza Sísmica en X.

Piso	Peso (Kg)	Altura de piso (m)	Altura acumulada (hi)	Pi*hi	Fi (Tn)	Fi Acum
Piso 4	88739.895	2.80	11.20	993886.824	25.9556	25.9556
Piso 3	120861.7516	2.80	8.40	1015238.71	26.5132	52.4689
Piso 2	120863.2785	2.80	5.60	676834.36	17.6757	70.1446
Piso 1	120863.2785	2.80	2.80	338417.18	8.8379	<b>78.9824</b>
			$\Sigma=$	<b>3024377.08</b>		

**Figura 16**

Distribución de la Fuerza Sísmica en X.



En la Tabla 3 y Figura 16, nos presenta los resultados de la distribución en altura de la cortante basal por el Sismo en X, esto para determinar la fuerza por piso.

#### Tabla 4

Parámetros para el Sismo Estático en Y.

Parámetro	Dir. N-S
Factor de Zona, Z:	0.40
Factor de Uso, U:	1.00
Factor de Suelo, S:	1.40
Periodo plataforma, $T_p$ :	0.90 seg
Coef. Básico de reducción, $R_o$ :	8.00
Factor de Reducción, R:	8.00
Altura total de la edificación, $h_n$ :	11.20 m
Coeficiente para periodo, $C_T$ :	35.00
Periodo Fundamental, T:	0.320 seg
Factor de amplificación, C:	2.50
Factor elegido, C/R:	0.3125

Donde se obtiene la cortante basal en la base de la estructura además de obtener Coeficiente Sísmico.

**Coefficiente sísmico, Cs:** 0.175  
**Peso Sísmico :** 451.33 Tn  
**Cortante Basal, V :** 78.98 Tn

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:

Para la Distribución de la Fuerza sísmica en altura se aplica la siguiente ecuación 8 y 9.

**Tabla 5**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Y.

Piso	Peso (Kg)	Altura de piso (m)	Altura acumulada (hi)	Pi*hi	Fi (Tn)	Fi Acum
Piso 4	88739.895	2.80	11.20	993886.824	25.9556	25.9556
Piso 3	120861.7516	2.80	8.40	1015238.71	26.5132	52.4689
Piso 2	120863.2785	2.80	5.60	676834.36	17.6757	70.1446
Piso 1	120863.2785	2.80	2.80	338417.18	8.8379	<b>78.9824</b>
$\Sigma =$				<b>3024377.08</b>		

**Figura 17.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Y.



En la Tabla 5 y Figura 17, nos presenta los resultados de la distribución en altura de la cortante basal por el Sismo en Y. Esto para determinar la fuerza por piso.

Con los presentes resultados analizaremos si existen Irregularidades en la estructura según corresponde al artículo 11.

### Irregularidad Estructural en Altura

Irregularidad de Rigidez- Piso blando: Según explica la norma, Se posee una irregularidad de rigidez, cuando en cualquier dirección de análisis, se posee una rigidez lateral por piso menor que 85% de la rigidez lateral del piso superior, o resulta menor que 90% del promedio de los 3 pisos superiores. Esto no aplicable para Sótanos.

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 6.**

Piso Blando Sismo Estático en X

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.85K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.9_{prom (3i)}$
Piso 4	2.1810	25.96	11.9008	-	-
Piso 3	3.2404	52.47	16.1921	OK	-
Piso 2	3.9767	70.14	17.6389	OK	-
Piso 1	3.4721	78.98	22.7478	OK	OK

**Tabla 7.**

Piso Blando Sismo Estático en Y

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.85K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.9_{prom} (3i)$
Piso 4	1.1912	25.96	21.7898	-	-
Piso 3	1.8825	52.47	27.8725	OK	-
Piso 2	2.2633	70.14	30.9922	OK	-
Piso 1	2.3026	78.98	34.3016	OK	OK

Resultado : **No es Irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad, esto debido a que los elementos resistentes son continuos y no poseen dimensiones menores según aumente los pisos.

Irregularidad de Masa: Se considera Irregular cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa del piso adyacente, la masa se calculó con el artículo 16.3. Esto no aplicable a Azoteas.

#### Tabla 8.

Irregularidad de Masa

Piso	Masa Sísmica (Kg)	Masa Por 1.5	Verificación
Piso 4	88739.90	133109.84	OK
Piso 3	120861.75	181292.63	OK
Piso 2	120863.28	181294.92	OK
Piso 1	120863.28	181294.92	OK

Resultado : **No es Irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la distribución de cargas es igual en todos los pisos.

Irregularidad Geometría Vertical: Se considera que existe irregularidad cuando la dimensión en planta de la estructura es mayor que el 130% de la dimensión del piso adyacente. Esto no aplicable a Azoteas ni Sótanos.

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 9.**

Irregularidad Geométrica Vertical

Piso	Longitud (m)	L*1.30	Verificación
Piso 4	15.50	20.15	Regular
Piso 3	15.50	20.15	Regular
Piso 2	15.50	20.15	Regular
Piso 1	14.50	18.85	Regular

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a la simetría arquitectónica que poseen todos los pisos.

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes: Existe esta irregularidad cuando la estructura posee un desalineamiento de los elementos verticales.

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que todos los elementos son continuos.

Irregularidad Estructural en Planta

Irregularidad Torsional: Se considera irregular cuando en las direcciones en análisis, poseen un desplazamiento relativo máximo en un extremo del edificio mayor al 130% del promedio de este desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo simultaneo en un extremo opuesto. Esto relacionado a que el desplazamiento promedio exceda al 50% del máximo permisible del sistema estructural definido en el Artículo 15, usando el factor R final.

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 10.**

Irregularidad Torsional en X

Piso	Deriva 4	Deriva 18	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\text{máx}} > 1.3 \Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000649	0.00068	0.000665	0.00068	Regular
Piso 3	0.00105	0.00121	0.001130	0.00121	Regular
Piso 2	0.001304	0.001554	0.001429	0.001554	Regular
Piso 1	0.001057	0.001423	0.001240	0.001423	Regular

$R_x$	<b>8.00</b>
$\Delta_{\text{máx}} X$	<b>0.009324</b>

**Tabla 11.**

Irregularidad Torsional en Y

Piso	Deriva 13	Deriva 18	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\text{máx}} > 1.3 \Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000341	0.000349	0.000345	0.000352	Regular
Piso 3	0.000612	0.00063	0.000621	0.000638	Regular
Piso 2	0.000787	0.000811	0.000799	0.000822	Regular
Piso 1	0.000804	0.000829	0.0008165	0.000841	Regular

$R_y$	<b>8.00</b>
$\Delta_{\text{máx}} Y$	<b>0.0057188</b>

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que las derivas promedio no supera al 130% de la deriva máxima.

Esquinas Entrantes: Existe esquinas entrantes cuando la esquina posee una dimensión mayor al 20% de dimensión total en planta.

**Tabla 12.**

Esquinas Entrantes en X

Longitud A (m)	Longitud a (m)	20% A	Verificación
15.50	1.40	3.10	Regular

**Tabla 13.**

Esquinas Entrantes en Y

Longitud B (m)	Longitud b (m)	20% B	Verificación
9.15	3.25	1.83	Irregular

Resultado: **No es Irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la norma explica que se tiene que debe superar en ambas direcciones.

Discontinuidad del Diafragma: Existe cuando existe una abertura mayor al 50% del área bruta del diafragma rígido.

**Tabla 14.**

Discontinuidad de Diafragma.

Área Total (m <sup>2</sup> )	Área Abertura (m <sup>2</sup> )	Dif.	Verificación
141.83	7.97	6%	Regular

Resultado: **No es Irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la abertura no supera al 50% del diafragma.

Resumen de análisis de Irregularidades Estructurales:

**Tabla 15.**

Irregularidad Estructural en Altura E.030-2003.

Descripción	Resultado
Piso Blando	No es Irregular
Irregularidad de Masa	No es Irregular
Irregularidad Geométrica Vertical	No es irregular
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes.	No es Irregular

**Tabla 16.**

Irregularidad Estructural en Planta E.030-2003.

Descripción	Resultado
Irregularidad Torsional	No es irregular
Esquinas Entrantes	No es irregular
Discontinuidad del Diafragma	No es irregular

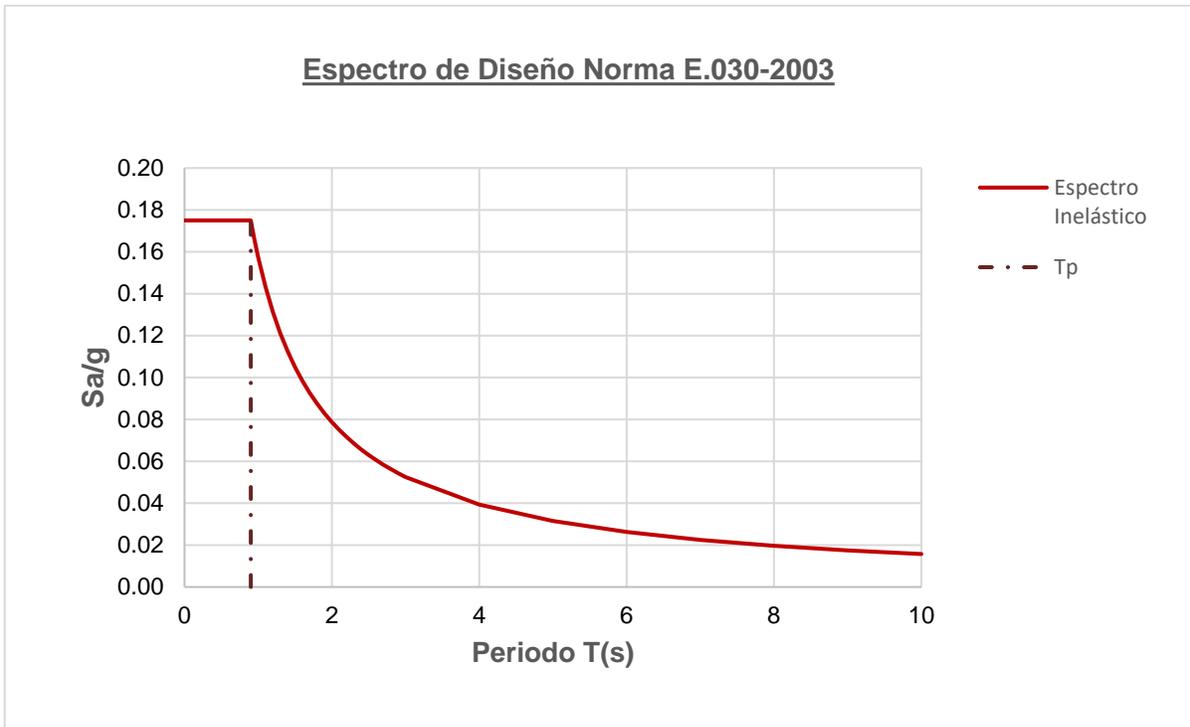
Identificamos que no habría la necesidad de afectar el Factor R por 0.75, debido a que los resultados muestran que la estructura posee Regularidad.

Análisis Modal de Respuesta Espectral - E.030-2003

Espectro de Diseño E.030 2003: Aplicando la ecuación 11, se obtiene los resultados para la elaboración del Espectro de Diseño y definido por  $S_a/g$  vs T.

**Figura 18.**

Espectro de Diseño E.030-2003



Periodos y Frecuencias obtenidas de ETABS

A continuación, se muestran los periodos y frecuencias obtenidas del análisis modal:

**Tabla 17.**

Periodos y Frecuencias

Modo	Periodo T (s)	F. Cíclica (1/s)	Frec. Circ., $\omega$ (rad/s)	Eigen Valor $\omega^2$
1	0.430	2.324	14.601	213.202
2	0.334	2.998	18.837	354.840
3	0.318	3.141	19.737	389.555
4	0.144	6.943	43.625	1903.142
5	0.115	8.717	54.768	2999.529
6	0.103	9.705	60.980	3718.532
7	0.087	11.553	72.589	5269.207
8	0.073	13.692	86.031	7401.348
9	0.064	15.611	98.086	9620.950
10	0.059	17.038	107.054	11460.535
11	0.038	26.142	164.257	26980.326
12	0.014	69.969	439.627	193271.763

### Porcentaje de Participación de Masa Modal

Según la normativa cada dirección se considera aquellos modos de vibración los cuales la suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa de la estructura, donde se debe tomar por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis. Por el motivo que se consideraron 12 modos de vibración.

**Tabla 18.**

### Porcentaje de Participación de Masa Modal

Modo	UX	UY	RZ	SUM UX	SUM UY	SUM RZ
1	0.8468	0.0000	0.0104	0.8468	0.0000	<b>0.0104</b>
2	0.0000	0.8762	0.0029	0.8468	0.8762	<b>0.0133</b>
3	0.0085	0.0029	0.8665	0.8553	0.8791	0.8798
4	0.1040	0.0000	0.0005	0.9593	0.8791	0.8803
5	0.0000	0.0937	0.0001	<b>0.9593</b>	<b>0.9728</b>	0.8805
6	0.0030	0.0001	0.0836	0.9623	0.9729	0.9641
7	0.0291	0.0001	0.0031	0.9914	0.9730	0.9672
8	0.0004	0.0206	0.0000	0.9918	0.9937	0.9672
9	0.0041	0.0022	0.0093	0.9960	0.9959	0.9766
10	0.0006	0.0019	0.0102	0.9965	0.9978	0.9868
11	0.0006	0.0005	0.0001	0.9972	0.9983	0.9869
12	0.0005	0.0011	0.0000	0.9977	0.9994	0.9869

Se observa que se llega a pasar el 90% mínimo requerido en el modo 5, cumpliendo con lo requerido. También se nota que se llega a pasar un valor mayor al 10% en RZ, lo cual se puede considerar como efectos de Torsión, pero al verificar los cálculos anteriores no contempla la irregularidad.

### Distorsión de entrepiso:

El máximo desplazamiento lateral relativo de entrepiso se calculó según explica la Norma en su artículo 16, multiplicando al desplazamiento relativo por el factor R y por 0.75. Este desplazamiento no excederá el propuesto por la norma en el artículo 15.

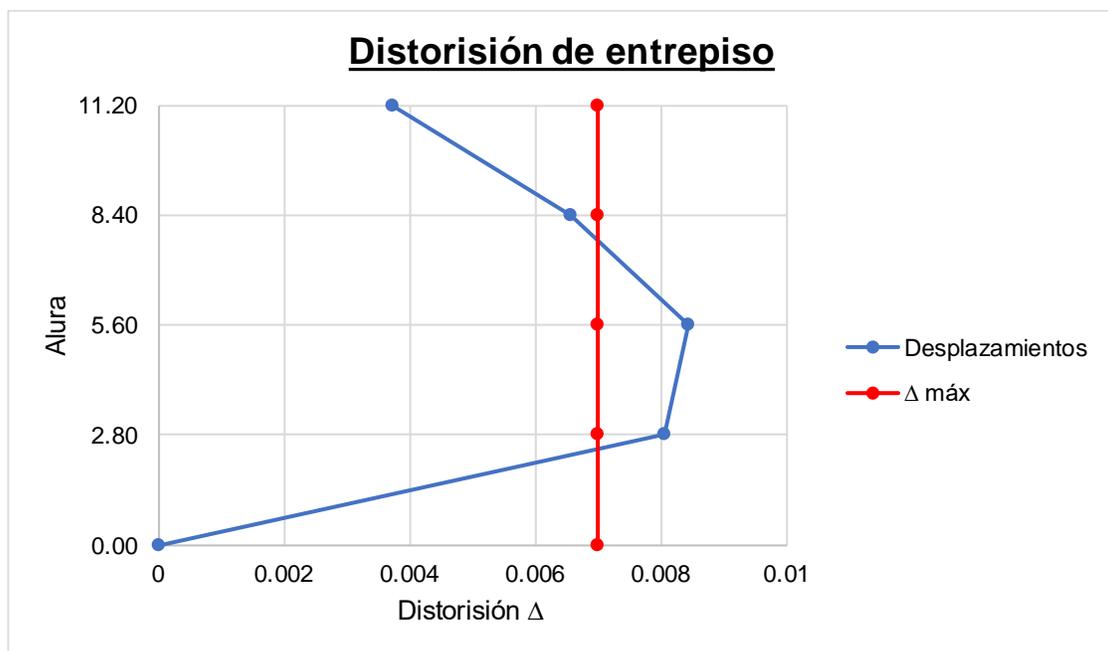
**Tabla 19.**

Distorsión de Entrepiso en X.

Piso	Caso de Carga	Tipo de Carga	Dirección	Drift	Distorsión	Verificación $\Delta_{\text{máx}}$
Piso 4	EQ-XX 2003	MAX	X	0.000622	0.003732	<b>Cumple</b>
Piso 3	EQ-XX 2003	MAX	X	0.001096	0.006576	<b>Cumple</b>
Piso 2	EQ-XX 2003	MAX	X	0.001406	0.008436	<b>No cumple</b>
Piso 1	EQ-XX 2003	MAX	X	0.001342	0.008052	<b>No cumple</b>

**Figura 19.**

Distorsión de Entrepiso en X.



Observamos que el piso 3 y 4 cumple, pero el resto de pisos no está cumpliendo con las limitaciones estipuladas en el artículo 15 de la Norma E.030.

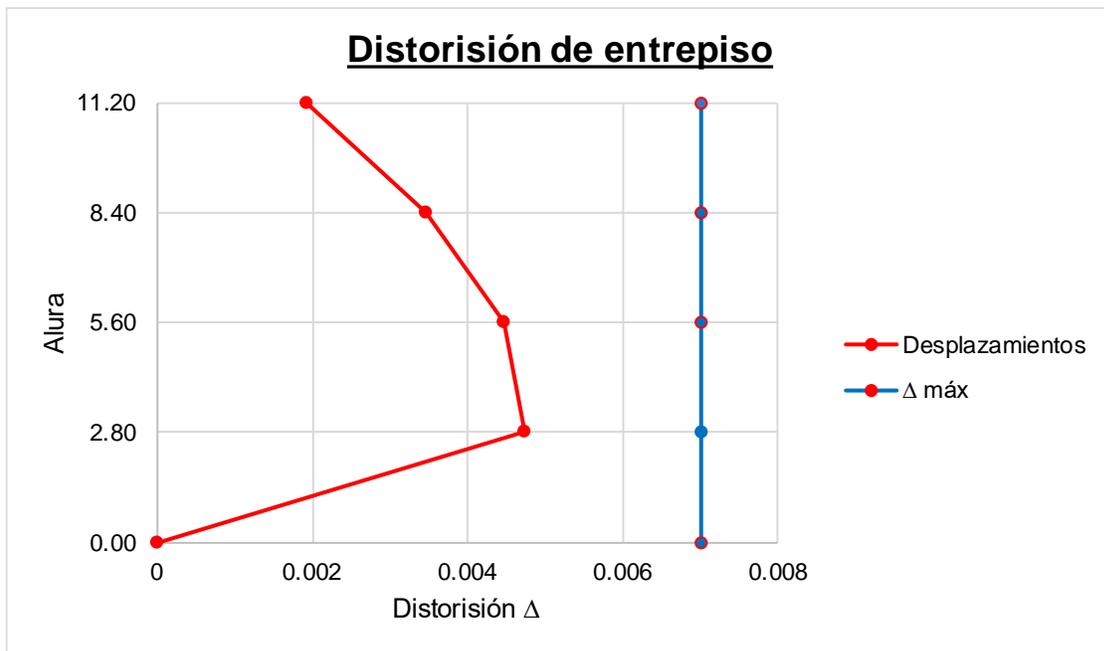
**Tabla 20.**

Distorsión de Entrepiso en Y.

Piso	Caso de Carga	Tipo de Carga	Dirección	Drift	Distorsión	Verificación $\Delta_{\text{máx}}$
Piso 4	EQ-YY 2003	MAX	Y	0.000320	0.00192	<b>Cumple</b>
Piso 3	EQ-YY 2003	MAX	Y	0.000576	0.003456	<b>Cumple</b>
Piso 2	EQ-YY 2003	MAX	Y	0.000745	0.00447	<b>Cumple</b>
Piso 1	EQ-YY 2003	MAX	Y	0.000789	0.004734	<b>Cumple</b>

**Figura 20.**

Distorsión de Entrepiso en Y.



Observamos que se está cumpliendo en todos los pisos con las limitaciones estipuladas en el artículo 15 de la Norma E.030 2003.

Cortante Dinámico mínimo:

Según estipula la norma E.030 2003 que la cortante Dinámica en la base será menor que 80% por ser una estructura regular.

**Tabla 21.**

Cortante Dinámico

Piso	Vx AMRE (Tn)	Vy AMRE (Tn)
Piso 4	23.045	22.788
Piso 3	45.580	45.880
Piso 2	60.690	61.346
Piso 1	70.308	71.958

**Tabla 22.**

Factor de Escala

Dirección	V Estático (Tn)	V min (Tn)	V Dinámico (Tn)	Factor de Escala
Sismo X	78.982	63.186	70.308	Cumple
Sismo Y	78.982	63.186	71.958	Cumple

Obtenemos como resultado que no es necesaria aplicar un factor de escala debido a que está cumple con ser mayor al cortante mínimo.

Análisis de Segundo Orden

Los efectos de segundo orden controlan la estabilidad de la estructura y, deberán ser considerados cuando produzcan un incremento de más del 10% en las fuerzas internas. Para cada nivel, se verifica que el coeficiente de estabilidad no sea mayor que 0.1 mediante la siguiente fórmula:

**Ecuación 14.**

Efectos P-Delta

$$Q = \frac{N_i x \Delta_i}{V_i x h_{ei} x R}$$

**Tabla 23.**

Efectos de Segundo Orden en X y Y.

Piso	Ni (Tn)	Deriva	Cortante X (Tn)	Altura (m)	Q
Piso 4	88.740	0.010	23.045	2.800	0.014
Piso 3	120.862	0.018	45.580	2.800	0.017
Piso 2	120.863	0.024	60.690	2.800	0.017
Piso 1	120.863	0.023	70.308	2.800	0.014

Piso	Ni (Tn)	Deriva	Cortante Y (Tn)	Altura (m)	Q
Piso 4	88.740	0.005	22.788	2.800	0.007
Piso 3	120.862	0.010	45.880	2.800	0.009
Piso 2	120.863	0.013	61.346	2.800	0.009
Piso 1	120.863	0.013	71.958	2.800	0.008

**No requiere análisis de Segundo Orden**

Junta sísmica

La junta sísmica es la separación de la edificación a un edificio aledaño. Esta se calcula con las siguientes expresiones en unidades de centímetros.

**Ecuación 15.**

Junta Sísmica E.030 2003.

$$S = 3 + 0.004 \cdot (h - 500) \geq 3 \text{ cm}$$

Obteniendo como resultado un espaciamiento mínimo de:

$$S_{\text{final}} = 5.48 \text{ cm}$$

Análisis Estático E.030 2018

**Tabla 24.**

Parámetros para el Sismo Estático en X

Parámetro	Dir. E-O
Factor de Zona, Z:	0.35
Factor de Uso, U:	1.00
Factor de Suelo, S:	1.20
Periodo plataforma, T <sub>p</sub> :	1.00
Periodo con deslizamiento, T <sub>L</sub> :	1.60
Coef. Básico de reducción, R <sub>0</sub> :	8.00
Factor de Reducción, R:	8.00
Altura total de la edificación, h <sub>n</sub> :	10.80 m
Coeficiente para periodo, C <sub>T</sub> :	35.00
Periodo Fundamental, T:	0.309 seg
Factor de amplificación, C:	2.5
Factor elegido, C/R:	0.3125

Donde se obtiene la cortante basal en la base de la estructura aplicando la ecuación 8.

<b>Coefficiente sísmico, C<sub>s</sub>:</b>	0.13125
<b>Peso Sísmico :</b>	451.33 Tn
<b>Cortante Basal, V :</b>	59.24 Tn
<b>Valor k :</b>	1

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:

Para la Distribución de la Fuerza sísmica en altura se aplica la ecuación 10, donde interviene un factor "K", el cual será 1, para Periodos mayores a 0.5 segundos será calculado por la siguiente ecuación:

#### Ecuación 16.

Factor "k"

$$k = (0.75 + 0.5 \cdot T) \leq 2.0$$

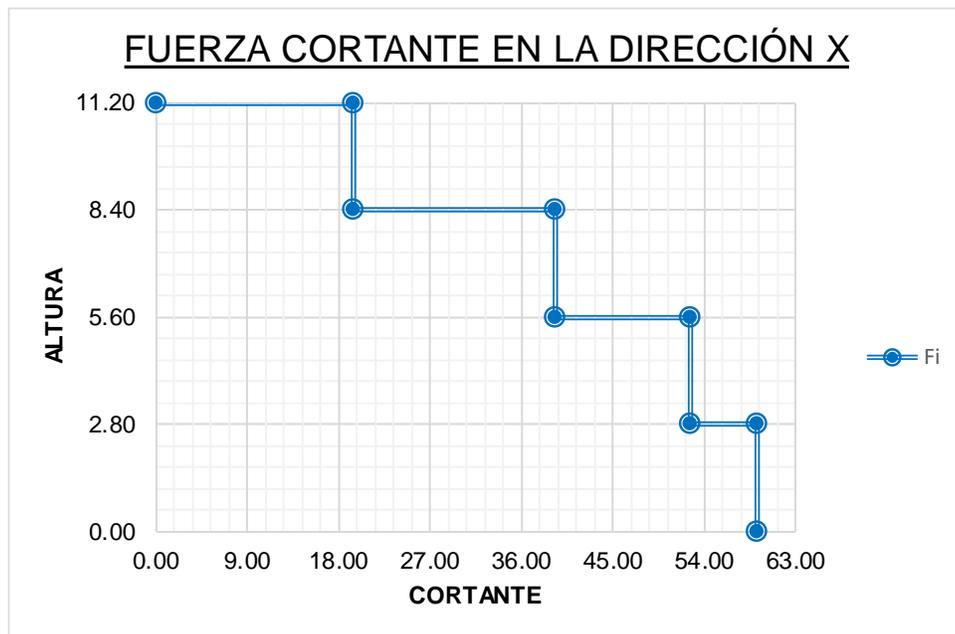
#### Tabla 25.

Distribución de la Fuerza Sísmica en X.

Piso	Peso (Kg)	Altura de piso (m)	Altura acumulada (hi)	$P_i \cdot h_i^k$	Fi (Tn)	Fi Acum
Piso 4	88739.895	2.80	11.20	993886.824	19.4667	19.4667
Piso 3	120861.7516	2.80	8.40	1015238.71	19.8849	39.3516
Piso 2	120863.2785	2.80	5.60	676834.36	13.2568	52.6084
Piso 1	120863.2785	2.80	2.80	338417.18	6.6284	<b>59.2368</b>
$\Sigma =$				<b>3024377.08</b>		

**Figura 21.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en X.



En la Tabla 25 y Figura 21, nos presenta los resultados de la distribución en altura de la cortante basal por el Sismo en X, esto para determinar la fuerza por piso.

**Tabla 26.**

Parámetros para el Sismo Estático en Y

Parámetro	Dir. N-S
Factor de Zona, Z:	0.35
Factor de Uso, U:	1.00
Factor de Suelo, S:	1.20
Periodo plataforma, $T_p$ :	1.00 seg
Periodo con deslizamiento, $T_L$ :	1.60 seg
Coef. Básico de reducción, $R_o$ :	8.00
Factor de Reducción, R:	8.00
Altura total de la edificación, $h_n$ :	10.80 m
Coeficiente para periodo, $C_T$ :	35.00
Periodo Fundamental, T:	0.309 seg
Factor de amplificación, C:	2.50
Factor elegido, C/R:	0.3125

Donde se obtiene la cortante basal en la base de la estructura.

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente sísmico, } C_s &: 0.131 \\ \text{Peso Sísmico} &: 451.33 \text{ Tn} \\ \text{Cortante Basal, } V &: 59.24 \text{ Tn} \\ \text{Valor } k &: 1 \end{aligned}$$

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:

Para la Distribución de la Fuerza sísmica en altura se aplica la ecuación 10.

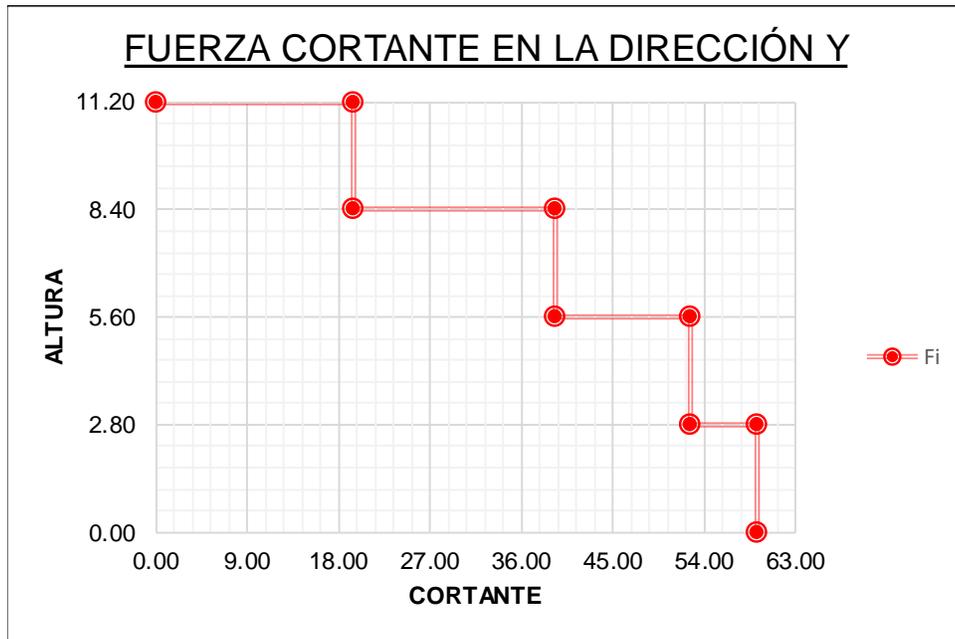
**Tabla 27.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Y.

Piso	Peso (Kg)	Altura de piso (m)	Altura acumulada (hi)	$P_i \cdot h_i$	$F_i$ (Tn)	$F_i$ Acum
Piso 4	88739.895	2.80	11.20	993886.824	19.4667	19.4667
Piso 3	120861.7516	2.80	8.40	1015238.71	19.8849	39.3516
Piso 2	120863.2785	2.80	5.60	676834.36	13.2568	52.6084
Piso 1	120863.2785	2.80	2.80	338417.18	6.6284	<b>59.2368</b>
$\Sigma =$				<b>3024377.08</b>		

**Figura 22.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Y



En la Tabla 27 y Figura 22, nos presenta los resultados de la distribución en altura de la cortante basal por el Sismo en Y, esto para determinar la fuerza por piso.

Con los presentes resultados analizaremos si existen Irregularidades en la estructura según corresponde al artículo 20.

Irregularidad Estructural en Altura

Irregularidad de Rigidez- Piso blando: Según explica la norma, Se posee una irregularidad de rigidez, cuando en cualquier dirección de análisis, se posee una rigidez lateral por piso menor que 70% de la rigidez lateral del piso superior, o resulta menor que 80% del promedio de los 3 pisos superiores.

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 28.**

Piso Blando Sismo Estático en X

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.7K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.8_{prom (3i)}$
Piso 4	1.6358	19.4667	11.9008	-	-
Piso 3	2.4303	39.3516	16.1921	OK	-
Piso 2	2.9825	52.6084	17.6389	OK	-
Piso 1	2.6041	59.2368	22.7478	OK	OK

**Tabla 29.**

Piso Blando Sismo Estático en Y

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.7K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.8_{prom (3i)}$
Piso 4	0.8934	19.4667	21.7898	-	-
Piso 3	1.4118	39.3516	27.8725	OK	-
Piso 2	1.6975	52.6084	30.9922	OK	-
Piso 1	1.7269	59.2368	34.3016	OK	OK

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad, Esto debido a que los elementos resistentes son continuos y no poseen dimensiones menores según aumente los pisos.

Irregularidad de Resistencia-Piso Débil: Según explica la norma, se posee una irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis la resistencia a cortante es menor al 80% de la resistencia del entrepiso superior:

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que todos los elementos son continuos y no poseen menor dimensiones en los pisos superiores.

Irregularidad Extrema de Rigidez: Se tiene esta irregularidad cuando se posee una rigidez lateral por piso menor que 60% de la rigidez lateral del piso superior, o resulta menor que 70% del promedio de los 3 pisos superiores.

**Tabla 30.**

Piso Blando Extrema Sismo Estático en X

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.6K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.7_{prom (3i)}$
Piso 4	1.6358	19.4667	11.9008	-	-
Piso 3	2.4303	39.3516	16.1921	OK	-
Piso 2	2.9825	52.6084	17.6389	OK	-
Piso 1	2.6041	59.2368	22.7478	OK	OK

**Tabla 31.**

Piso Blando Extrema Sismo Estático en Y

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.6K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.7_{prom (3i)}$
Piso 4	0.8934	19.4667	21.7898	-	-
Piso 3	1.4118	39.3516	27.8725	OK	-
Piso 2	1.6975	52.6084	30.9922	OK	-
Piso 1	1.7269	59.2368	34.3016	OK	OK

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad, Esto debido a que no se supera la Irregularidad Piso blando.

Irregularidad de Extrema Resistencia: Se tiene esta irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis la resistencia a cortante es menor al 65% de la resistencia del entrepiso superior:

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que no sobrepasa la Irregularidad de Resistencia.

Irregularidad de Masa: Se considera Irregular cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa del piso adyacente, la masa se calculó con el artículo 26. Esto no aplicable a Azoteas ni Sótanos.

**Tabla 32.**

Irregularidad de Masa

Piso	Masa Sísmica (Kg)	Masa Por 1.5	Verificación
Piso 4	88739.895	133109.8425	OK
Piso 3	120861.7516	181292.6274	OK
Piso 2	120863.2785	181294.9178	OK
Piso 1	120863.2785	181294.9178	OK

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la distribución de cargas es igual en todos los pisos.

Irregularidad Geometría Vertical: Se considera que existe irregularidad cuando la dimensión en planta de la estructura es mayor que el 130% de la dimensión del piso adyacente. Esto no aplicable a Azoteas ni Sótanos.

**Tabla 33.**

Irregularidad Geométrica Vertical

Piso	Longitud (m)	L*1.30	Verificación
Piso 4	15.50	20.15	OK
Piso 3	15.50	20.15	OK
Piso 2	15.50	20.15	OK
Piso 1	14.50	18.85	OK

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a la simetría arquitectónica que poseen todos los pisos.

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes: Existe esta irregularidad cuando la estructura posee un desalineamiento de los elementos verticales.

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que todos los elementos son continuos.

Discontinuidad Extrema en los Sistemas Resistentes: Existe esta irregularidad cuando la estructura posee un desalineamiento mayor al 25% de los elementos verticales.

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que no supera la discontinuidad en los sistemas resistentes.

#### Irregularidad Estructural en Planta

Irregularidad Torsional: Se considera irregular cuando en las direcciones en análisis, poseen un desplazamiento relativo máximo en un extremo del edificio mayor al 130% del promedio de este desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo simultaneo en un extremo opuesto. Esto relacionado a que el desplazamiento promedio exceda al 50% del máximo permisible del sistema estructural definido en el Artículo 32, usando el factor R final.

Obteniendo los siguientes resultados:

#### **Tabla 34.**

Irregularidad Torsional en X

Piso	Deriva 4	Deriva 18	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{m\acute{a}x} > 1.3\Delta_{Prom}$
Piso 4	0.000487	0.00051	0.0004985	0.00051	Regular
Piso 3	0.000788	0.000907	0.0008475	0.000907	Regular
Piso 2	0.000978	0.001165	0.0010715	0.001165	Regular
Piso 1	0.000793	0.001067	0.00093	0.001067	Regular

**Tabla 35.**

Irregularidad Torsional en Y

Piso	Deriva 13	Deriva 18	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{m\acute{a}x} > 1.3\Delta_{Prom}$
Piso 4	0.000256	0.000262	0.000259	0.000264	Regular
Piso 3	0.000459	0.000472	0.0004655	0.000478	Irregular
Piso 2	0.00059	0.000608	0.000599	0.000616	Irregular
Piso 1	0.000603	0.000622	0.0006125	0.000631	Regular

Resultado : **0.75**

Posee Irregularidad Torsional debido a que se supera el límite de la Tabla 9 de la E.030-2018.

Irregularidad Torsional Extrema: Se considera irregular cuando se supera al 150% de lo estipulado en Irregularidad Torsional.

**Tabla 36.**

Irregularidad Torsional Extrema en X

Piso	Deriva 4	Deriva 13	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{m\acute{a}x} > 1.5\Delta_{Prom}$
Piso 4	0.000487	0.00051	0.0004985	0.00051	Regular
Piso 3	0.000788	0.000907	0.0008475	0.000907	Regular
Piso 2	0.000978	0.001165	0.0010715	0.001165	Regular
Piso 1	0.000793	0.001067	0.00093	0.001067	Regular

$R_x$	<b>4.80</b>
$\Delta_{m\acute{a}x} X$	<b>0.0047532</b>

**Tabla 37.**

Irregularidad Torsional Extrema en Y.

Piso	Deriva 11	Deriva 13	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{m\acute{a}x} > 1.5\Delta_{Prom}$
Piso 4	0.000256	0.000262	0.000259	0.000264	Regular
Piso 3	0.000459	0.000472	0.0004655	0.000478	Irregular
Piso 2	0.00059	0.000608	0.000599	0.000616	Irregular
Piso 1	0.000603	0.000622	0.0006125	0.000631	Regular

$R_Y$	<b>4.80</b>
$\Delta_{m\acute{a}x} Y$	<b>0.00257448</b>

Resultado : **0.6**

En el caso de la presente estructura posee la irregularidad, debido a que las derivas promedio no supera al 150% de la deriva máxima. Observando que en la tabla 10 de E.030 2018, no se permite Irregularidades extrema.

Esquinas Entrantes: Existe esquinas entrantes cuando la esquina posee una dimensión mayor al 20% de dimensión total en planta.

**Tabla 38.**

Esquinas Entrantes en X

Longitud A (m)	Longitud a (m)	20% A	Verificación
15.50	1.40	3.10	Regular

**Tabla 39.**

Esquinas Entrantes en Y

Longitud B (m)	Longitud b (m)	20% B	Verificación
9.15	3.25	1.83	Irregular

Resultado: **No es Irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la norma explica que se tiene que debe superar en ambas direcciones.

Discontinuidad del Diafragma: Existe cuando existe una abertura mayor al 50% del área bruta del diafragma rígido o si la longitud de este supera el 25% de longitud del diafragma.

**Tabla 40.**

Discontinuidad del Diafragma

Área Total (m <sup>2</sup> )	Abertura (m <sup>2</sup> )	Dif.	Verificación
141.83	7.97	6%	Regular
Longitud Total (m)	L. Abertura (m)	Dif	Verificación
15.50	2.70	17%	Regular
Longitud Total (m)	L. Abertura (m)	Dif	Verificación
9.15	2.95	32%	Irregular

Resultado : **0.85**

Como resultado se obtuvo que posee Irregularidad. Esto debido a que la abertura supera al 25% del diafragma en una de las longitudes.

Sistemas no Paralelos: Existen sistemas no paralelos cuando los pórticos superan al 30°.

Resultado: **No es Irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad por ser lineales.

Resumen de análisis de Irregularidades Estructurales:

**Tabla 41.**

### Irregularidad Estructural en Altura E.030-2018

Descripción	Resultado
Piso Blando	No es irregular
Piso Débil	No es irregular
Piso Blando Extrema	No es irregular
Piso Débil Extrema	No es irregular
Irregularidad de Masa	No es irregular
I. Geométrica Vertical	No es irregular
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	No es irregular
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	No es irregular

**Tabla 42.**

### Irregularidad Estructural en Planta E.030-2018

Descripción	Resultado
Irregularidad Torsional	0.75
I.Torsional Extrema	0.6
Esquinas Entrantes	No es irregular
Discontinuidad del Diafragma	0.85
Sistemas no Paralelos	No es irregular

**Tabla 43.**

### Factores de Irregularidad

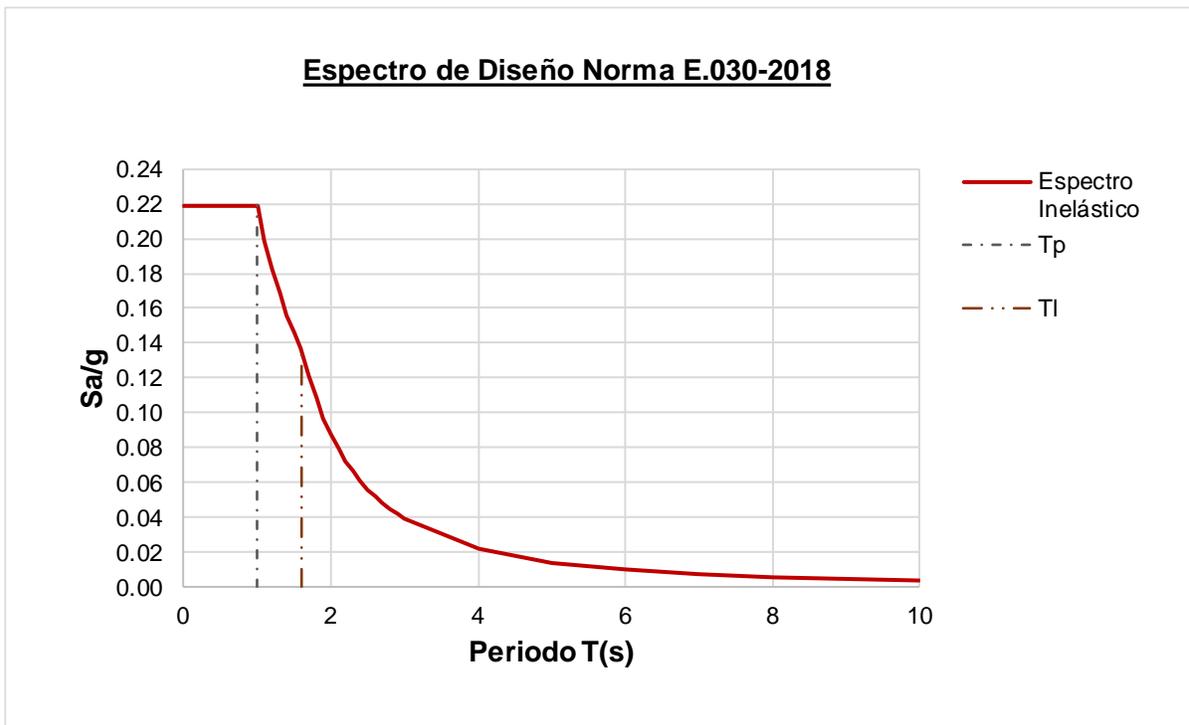
Factor de Irregularidad	
$I_a$	1
$I_p$	0.6

### Análisis Modal de Respuesta Espectral - E.030-2018

Espectro de Diseño E.030 2018: Aplicando la ecuación 11, se obtiene los resultados para la elaboración del Espectro de Diseño y definido por  $S_a/g$  vs  $T$ .

**Figura 23.**

**Espectro de Diseño E.030-2018**



Periodos y Frecuencias obtenidas de ETABS

A continuación, se muestran los periodos y frecuencias obtenidas del análisis modal:

**Tabla 44.**

Periodos y Frecuencia

Modo	Periodo T (s)	F. Cíclica (1/s)	Frec. Circ., $\omega$ (rad/s)	Eigen Valor $\omega^2$
1	0.430	2.324	14.601	213.202
2	0.334	2.998	18.837	354.840
3	0.318	3.141	19.737	389.555
4	0.144	6.943	43.625	1903.142
5	0.115	8.717	54.768	2999.529
6	0.103	9.705	60.980	3718.532
7	0.087	11.553	72.589	5269.207
8	0.073	13.692	86.031	7401.348
9	0.064	15.611	98.086	9620.950
10	0.059	17.038	107.054	11460.535
11	0.038	26.142	164.257	26980.326
12	0.014	69.969	439.627	193271.763

#### Porcentaje de Participación de Masa Modal

Según la normativa cada dirección se considera aquellos modos de vibración los cuales la suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa de la estructura, donde se debe tomar por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis. Por el motivo que se consideraron 12 modos de vibración.

#### Tabla 45.

#### Porcentaje de Participación de Masa Modal

Modo	UX	UY	RZ	SUM UX	SUM UY	SUM RZ
1	0.84680	0.00002	0.01040	0.84680	0.00002	<b>0.01040</b>
2	0.00000	0.87620	0.00290	0.84680	0.87620	<b>0.01330</b>
3	0.00850	0.00290	0.86650	0.85530	0.87910	0.87980
4	0.10400	0.00001	0.00050	0.95930	0.87910	0.88030
5	0.00001	0.09370	0.00010	<b>0.95930</b>	<b>0.97280</b>	0.88050
6	0.00300	0.00010	0.08360	0.96230	0.97290	0.96410
7	0.02910	0.00010	0.00310	0.99140	0.97300	0.96720
8	0.00040	0.02060	0.00002	0.99180	0.99370	0.96720
9	0.00410	0.00220	0.00930	0.99600	0.99590	0.97660
10	0.00060	0.00190	0.01020	0.99650	0.99780	0.98680
11	0.00060	0.00050	0.00010	0.99720	0.99830	0.98690
12	0.00050	0.00110	0.00001	0.99770	0.99940	0.98690

Se observa que se llega a pasar el 90% mínimo requerido en el modo 5, cumpliendo con lo requerido. También se nota que se llega a pasar un valor mayor al 10% en RZ, lo cual se puede considerar como efectos de Torsión, corroborando los cálculos anteriores contempla la irregularidad.

Distorsión de entrepiso:

El máximo desplazamiento lateral relativo de entrepiso se calculó según explica la Norma en su artículo 32, multiplicando al desplazamiento relativo por el factor R por 0.75 si son Regulares y R por 0.85 si son Irregulares. Este desplazamiento no excederá el propuesto por la norma en el artículo 32.

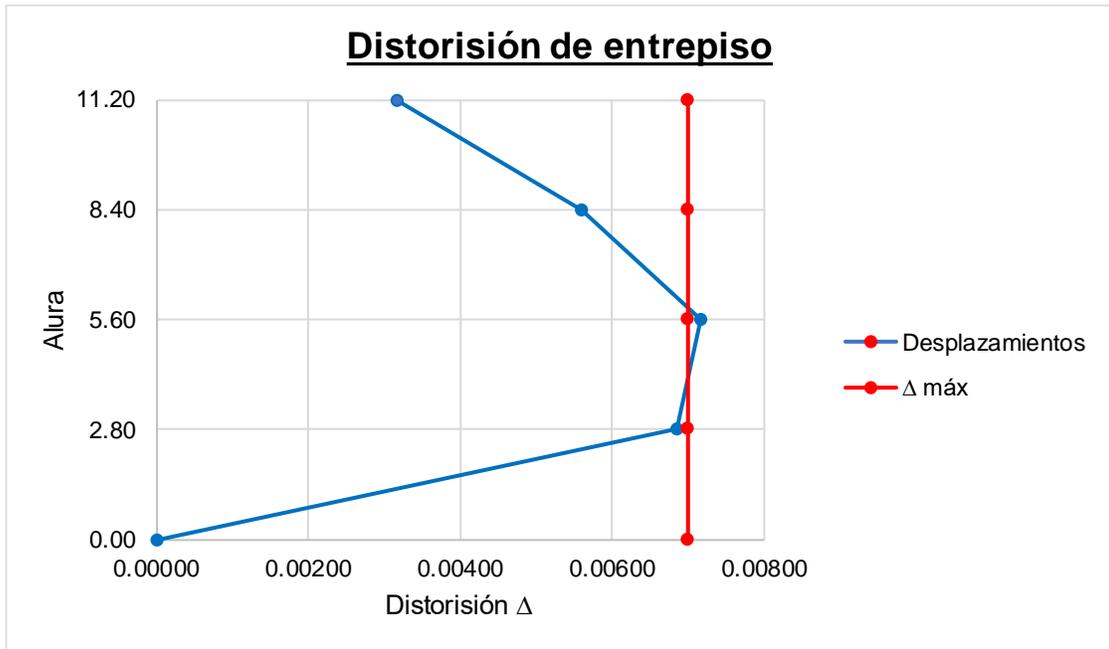
**Tabla 46.**

Distorsión de Entrepiso en X.

Piso	Caso de Carga	Tipo de Carga	Dirección	Drift	Distorsión	Verificación $\Delta_{\text{máx}}$
Piso 4	EQ-XX 2018	MAX	X	0.00078	0.00317	<b>Cumple</b>
Piso 3	EQ-XX 2018	MAX	X	0.00137	0.00559	<b>Cumple</b>
Piso 2	EQ-XX 2018	MAX	X	0.00176	0.00717	<b>No cumple</b>
Piso 1	EQ-XX 2018	MAX	X	0.00168	0.00684	<b>Cumple</b>

**Figura 24.**

Distorsión de Entrepiso en X.



Observamos que solo el piso 2 no cumple, pero el resto está cumpliendo con las limitaciones estipuladas en el artículo 32 de la Norma E.030.

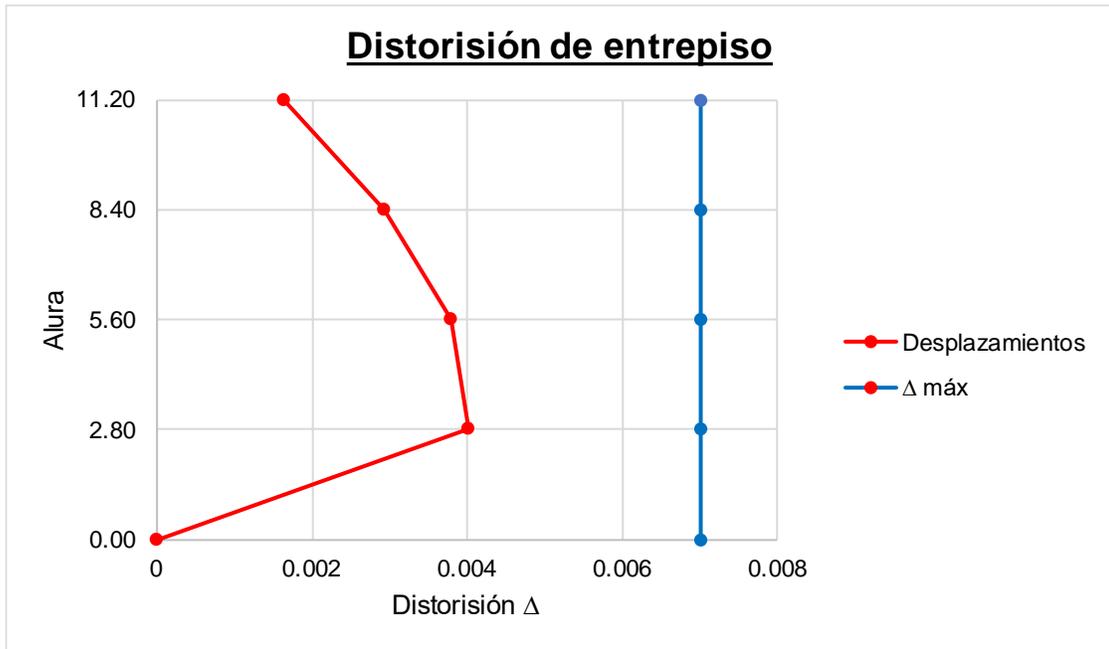
**Tabla 47.**

Distorsión de Entrepiso en Y.

Piso	Caso de Carga	Tipo de Carga	Dirección	Drift	Distorsión	Verificación $\Delta_{m\acute{a}x}$
Piso 4	EQ-YY 2018	MAX	Y	0.000400	0.001632	<b>Cumple</b>
Piso 3	EQ-YY 2018	MAX	Y	0.000721	0.0029417	<b>Cumple</b>
Piso 2	EQ-YY 2018	MAX	Y	0.000931	0.0037985	<b>Cumple</b>
Piso 1	EQ-YY 2018	MAX	Y	0.000986	0.0040229	<b>Cumple</b>

**Figura 25.**

Distorsión de Entrepiso en Y.



Observamos que todos los pisos están cumpliendo con las limitaciones estipuladas en el artículo 32 de la Norma E.030 2018.

Cortante Dinámico mínimo:

Según estipula la norma E.030 2003 que la cortante Dinámica en la base será menor que 80% por ser una estructura regular y 90% en estructuras irregulares.

**Tabla 48.**

Cortante Dinámico

Piso	Vx AMRE (Tn)	Vy AMRE (Tn)
Piso 4	28.80627	28.48541
Piso 3	56.9756	57.34993
Piso 2	75.86239	76.68292
Piso 1	87.88534	89.94795

**Tabla 49.**

Factor de Escala.

Dirección	V Estático (Tn)	V min (Tn)	V Dinámico (Tn)	Factor de Escala
Sismo X	98.728	88.855	87.885	1.0110
Sismo Y	98.728	88.855	89.948	Cumple

Obtenemos como resultado que no es necesaria aplicar un factor de escala en el sismo en Y debido a que está cumple con ser mayor al cortante mínimo. Sin embargo, en el Sismo en X es necesario aplicar, este factor solo se aplica para diseño de concreto.

Análisis de Segundo Orden

Como se explicó anteriormente, el análisis de segundo orden o efecto P-Delta, en la actualización de la norma se ha retirado este requerimiento, siendo este muy importante para edificios de gran altura.

Junta sísmica

La junta sísmica es la separación de la edificación a un edificio aledaño. Esta se calcula con las siguientes expresiones en unidades de centímetros.

**Ecuación 17.**

Junta Sísmica E.030 2018.

$$s = 0.006h \geq 3 \text{ cm}$$

Obteniendo como resultado un espaciamiento mínimo de:

$$S_{\text{final}} = 6.72 \text{ cm}$$

**Viviendo 02**

Análisis Sísmico Estático - E.030-2003

**Tabla 50.**

Parámetros para el Sismo Estático en X

<b>Parámetro</b>	<b>Dir. E-O</b>
Factor de Zona, Z:	0.40
Factor de Uso, U:	1.00
Factor de Suelo, S:	1.40
Periodo plataforma, $T_p$ :	0.90 seg
Coef. Básico de reducción, $R_o$ :	8.00
Factor de Reducción, R:	8.00
Altura total de la edificación, $h_n$ :	10.80 m
Coeficiente para periodo, $C_T$ :	35.00
Periodo Fundamental, T:	0.309 seg
Factor de amplificación, C:	2.5
Factor elegido, C/R:	0.3125

Donde se obtiene la cortante basal en la base de la estructura aplicando la ecuación 8.

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente sísmico, } C_s &: 0.175 \\ \text{Peso Sísmico} &: 467.11 \text{ Tn} \\ \text{Cortante Basal, } V &: 81.74 \text{ Tn} \end{aligned}$$

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:

Para la Distribución de la Fuerza sísmica en altura se aplica la ecuación 9, donde se comprueba la necesidad de una fuerza concentrada  $F_a$  con la ecuación 13:

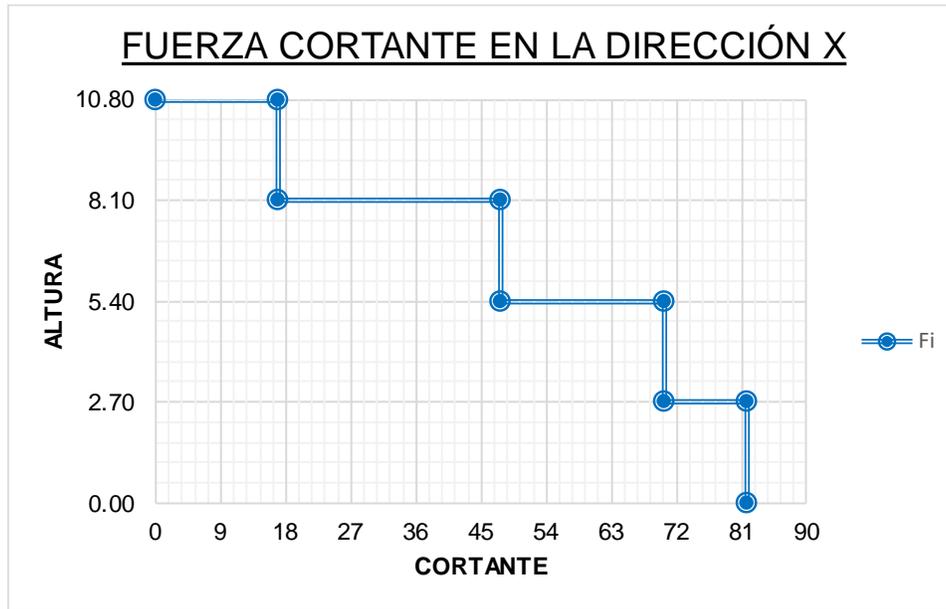
**Tabla 51.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en X

Piso	Peso (Kg)	Altura de piso (m)	Altura acumulada (hi)	Pi*hi	Fi (Tn)	Fi Acum
Piso 4	53112.07	2.70	10.80	573610.356	16.9163	16.9163
Piso 3	128503.3095	2.70	8.10	1040876.81	30.6963	47.6126
Piso 2	143163.2293	2.70	5.40	773081.438	22.7988	70.4114
Piso 1	142334.9893	2.70	2.70	384304.471	11.3335	<b>81.7449</b>
$\Sigma =$				<b>2771873.07</b>		

**Figura 26.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en X



En la Tabla 50 y Figura 26, nos presenta los resultados de la distribución en altura de la cortante basal por el Sismo en X, esto para determinar la fuerza por piso.

**Tabla 52.**

Parámetros para el Sismo Estático en Y

Parámetro	Dir. N-S
Factor de Zona, Z:	0.40
Factor de Uso, U:	1.00
Factor de Suelo, S:	1.40
Periodo plataforma, Tp:	0.90 seg
Coef. Básico de reducción, Ro:	8.00
Factor de Reducción, R:	8.00
Altura total de la edificación, h <sub>n</sub> :	10.80 m
Coeficiente para periodo, C <sub>T</sub> :	35.00
Periodo Fundamental, T:	0.309 seg
Factor de amplificación, C:	2.50
Factor elegido, C/R:	0.3125

Donde se obtiene la cortante basal en la base de la estructura además de obtener Coeficiente Sísmico.

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente sísmico, Cs:} & 0.175 \\ \text{Peso Sísmico :} & 467.11 \text{ Tn} \\ \text{Cortante Basal, V :} & 81.74 \text{ Tn} \end{aligned}$$

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:

Para la Distribución de la Fuerza sísmica en altura se aplica la siguiente ecuación 8 y 9.

**Tabla 53.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Y

Piso	Peso (Kg)	Altura de piso (m)	Altura acumulada (h <sub>i</sub> )	P <sub>i</sub> *h <sub>i</sub>	F <sub>i</sub> (Tn)	F <sub>i</sub> Acum
Piso 4	53112.07	2.70	10.80	573610.356	16.9163	16.9163
Piso 3	128503.3095	2.70	8.10	1040876.81	30.6963	47.6126
Piso 2	143163.2293	2.70	5.40	773081.438	22.7988	70.4114
Piso 1	142334.9893	2.70	2.70	384304.471	11.3335	<b>81.7449</b>
$\Sigma =$				<b>2771873.07</b>		

**Figura 27.**

Distribución de la Fuerza Sismo en Y



En la Tabla 53 y Figura 27, nos presenta los resultados de la distribución en altura de la cortante basal por el Sismo en Y, esto para determinar la fuerza por piso.

Con los presentes resultados analizaremos si existen Irregularidades en la estructura según corresponde al artículo 11.

Irregularidad Estructural en Altura

Irregularidad de Rigidez- Piso blando: Según explica la norma, Se posee una irregularidad de rigidez, cuando en cualquier dirección de análisis, se posee una rigidez lateral por piso menor que 85% de la rigidez lateral del piso superior, o resulta menor que 90% del promedio de los 3 pisos superiores. Esto no aplicable para Sótanos.

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 54.**

Piso Blando Sismo Estático en X

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.85K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.9_{prom (3i)}$
Piso 4	1.912	16.916	8.846	-	-
Piso 3	0.781	47.613	60.955	OK	-
Piso 2	1.220	70.411	57.720	OK	-
Piso 1	1.106	81.745	73.915	OK	OK

**Tabla 55.**

Piso Blando Sismo Estático en Y

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.85K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.9_{prom (3i)}$
Piso 4	2.637	16.916	6.416	-	-
Piso 3	3.310	47.613	14.383	OK	-
Piso 2	4.297	70.411	16.385	OK	-
Piso 1	4.225	81.745	19.347	OK	OK

Resultado : **No es Irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad, Esto debido a que los elementos resistentes son continuos y no poseen dimensiones menores según aumente los pisos.

Irregularidad de Masa: Se considera Irregular cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa del piso adyacente, la masa se calculó con el artículo 16.3. Esto no aplicable a Azoteas.

**Tabla 56.**

Irregularidad de Masa

Piso	Masa		Verificación
	Sísmica (Kg)	Masa Por 1.5	
Piso 4	53112.07	79668.105	OK
Piso 3	128503.31	192754.9643	OK
Piso 2	143163.229	214744.844	OK
Piso 1	142334.989	213502.484	OK

Resultado : **No es Irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la distribución de cargas es igual en todos los pisos.

Irregularidad Geometría Vertical: Se considera que existe irregularidad cuando la dimensión en planta de la estructura es mayor que el 130% de la dimensión del piso adyacente. Esto no aplicable a Azoteas ni Sótanos.

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 57.**

Irregularidad Geometría Vertical

Piso	Longitud (m)	L*1.30	Verificación
Piso 4	10.96	14.25	Regular
Piso 3	23.36	30.37	Regular
Piso 2	23.36	30.37	Regular
Piso 1	21.76	28.29	Regular

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a la simetría arquitectónica que poseen todos los pisos.

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes: Existe esta irregularidad cuando la estructura posee un desalineamiento de los elementos verticales.

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que todos los elementos son continuos.

### Irregularidad Estructural en Planta

Irregularidad Torsional: Se considera irregular cuando en las direcciones en análisis, poseen un desplazamiento relativo máximo en un extremo del edificio mayor al 130% del promedio de este desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo simultaneo en un extremo opuesto. Esto relacionado a que el desplazamiento promedio exceda al 50% del máximo permisible del sistema estructural definido en el Artículo 15, usando el factor R final.

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 58.**

Irregularidad Torsional en X

Piso	Deriva 14	Deriva 10	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\text{máx}} > 1.3 \Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000692	0.000725	0.000993	0.000725	Regular
Piso 3	0.000272	0.000284	0.001139	0.000284	Regular
Piso 2	0.000393	0.000405	0.001654	0.000405	Regular
Piso 1	0.000403	0.000416	0.001441	0.000416	Regular

$R_x$	<b>8.00</b>
$\Delta_{\text{máx}} X$	<b>0.00435</b>

**Tabla 59.**

Irregularidad Torsional en Y

Piso	Deriva 7	Deriva 10	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\text{máx}} > 1.3 \Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000971	0.000982	0.0009765	0.000982	Regular
Piso 3	0.00108	0.00113	0.001105	0.001157	Regular
Piso 2	0.001515	0.001593	0.001554	0.001636	Regular
Piso 1	0.001509	0.001627	0.001568	0.001682	Regular

$R_Y$	<b>8.00</b>
$\Delta_{\text{máx}} Y$	<b>0.0114376</b>

Resultado : **No es irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que las derivas promedio no supera al 130% de la deriva máxima.

Esquinas Entrantes: Existe esquinas entrantes cuando la esquina posee una dimensión mayor al 20% de dimensión total en planta.

Resultado: **No es Irregular**

Se observa que la presente estructura no posee esquinas entrantes.

Discontinuidad del Diafragma: Existe cuando existe una abertura mayor al 50% del área bruta del diafragma rígido.

**Tabla 60.**

Discontinuidad del Diafragma

Área Total (m <sup>2</sup> )	Área Abertura (m <sup>2</sup> )	Dif.	Verificación
166.56	18.48	11%	Regular

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la abertura no supera al 50% del diafragma.

Resumen de análisis de Irregularidades Estructurales:

**Tabla 61.**

Irregularidad Estructural en Altura E.030-2003.

Descripción	Resultado
Piso Blando	No es Irregular
Irregularidad de Masa	No es Irregular
Irregularidad Geométrica Vertical	No es irregular
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes.	No es Irregular

**Tabla 62.**

Irregularidad Estructural en Planta E.030-2003.

Descripción	Resultado
Irregularidad Torsional	No es irregular
Esquinas Entrantes	No es irregular
Discontinuidad del Diafragma	No es irregular

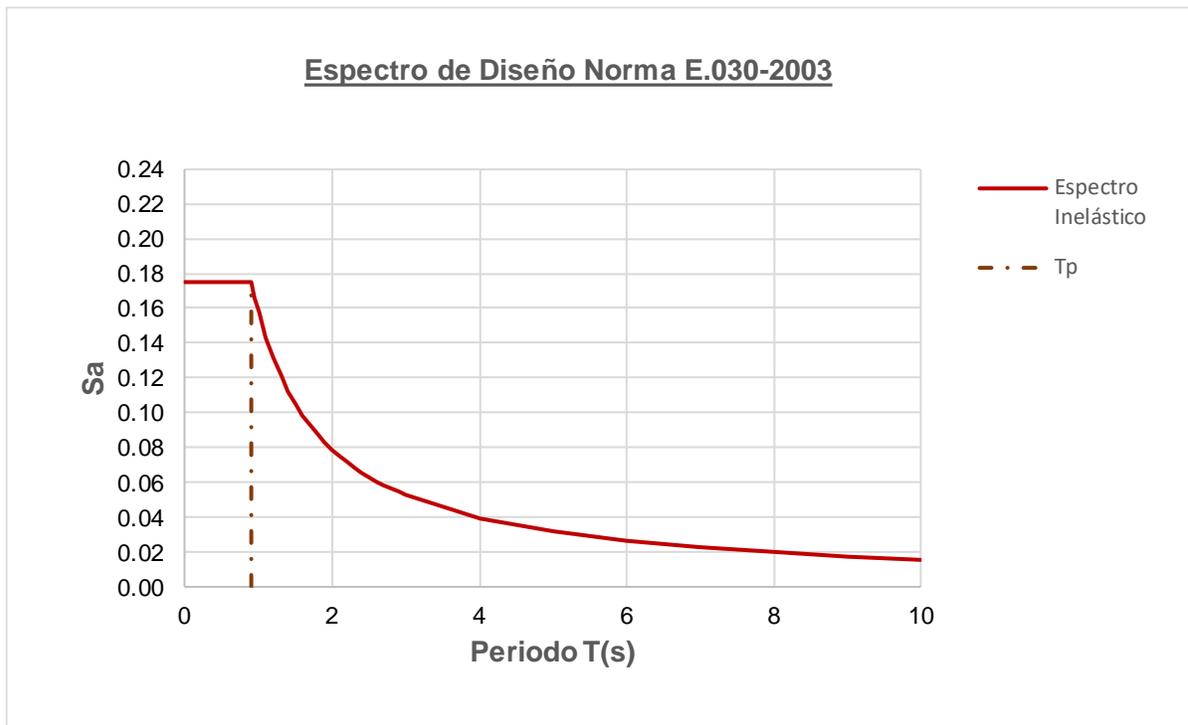
Identificamos que no habría la necesidad de afectar el Factor R por 0.75, debido a que los resultados muestran que la estructura posee Regularidad.

#### Análisis Modal de Respuesta Espectral - E.030-2003

Espectro de Diseño E.030 2003: Aplicando la ecuación 11, se obtiene los resultados para la elaboración del Espectro de Diseño y definido por  $S_a/g$  vs T.

**Figura 28.**

**Espectro de Diseño E.030-2003**



Periodos y Frecuencias obtenidas de ETABS

A continuación, se muestran los periodos y frecuencias obtenidas del análisis modal:

**Tabla 63.**

Periodos y Frecuencias

Modo	Periodo T (s)	F. Cíclica (1/s)	Frec. Circ., $\omega$ (rad/s)	Eigen Valor $\omega^2$
1	0.441	2.274	14.290	204.194
2	0.317	3.159	19.849	393.996
3	0.235	4.256	26.740	715.026
4	0.171	5.832	36.645	1342.849
5	0.133	7.511	47.196	2227.428
6	0.133	7.535	47.344	2241.438
7	0.116	8.590	53.975	2913.243
8	0.086	11.657	73.242	5364.383
9	0.075	13.269	83.371	6950.717
10	0.067	14.928	93.796	8797.602
11	0.044	22.868	143.686	20645.644
12	0.015	67.185	422.137	178199.284

#### Porcentaje de Participación de Masa Modal

Según la normativa cada dirección se considera aquellos modos de vibración los cuales la suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa de la estructura, donde se debe tomar por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis. Por el motivo que se consideraron 12 modos de vibración.

**Tabla 64.**

#### Porcentaje de Participación de Masa Modal

Modo	UX	UY	RZ	SUM UX	SUM UY	SUM RZ
1	0.00010	0.87040	0.00030	0.00010	0.87040	<b>0.00030</b>
2	0.00005	0.00040	0.88880	0.00020	0.87080	<b>0.88910</b>
3	0.79160	0.00010	0.00004	0.79180	0.87090	0.88910
4	0.00003	0.07830	0.00040	0.79180	0.94920	0.88950
5	0.00250	0.00090	0.02810	0.79430	0.95010	0.91750
6	0.12420	0.00010	0.00100	<b>0.91840</b>	<b>0.95020</b>	0.91850
7	0.00000	0.03790	0.00260	0.91850	0.98800	0.92110
8	0.00002	0.01010	0.00570	0.91850	0.99810	0.92680
9	0.00140	0.00040	0.05240	0.91990	0.99860	0.97930
10	0.06640	0.00000	0.00210	0.98630	0.99860	0.98140
11	0.01230	0.00000	0.00190	0.99860	0.99860	0.98320
12	0.00010	0.00120	0.00002	0.99870	0.99970	0.98320

Se observa que se llega a pasar el 90% mínimo requerido en el modo 6, cumpliendo con lo requerido. También se nota que se llega a pasar un valor mayor al 10% en RZ, lo cual se puede considerar como efectos de Torsión, pero al verificar los cálculos anteriores no contempla la irregularidad.

Distorsión de entrepiso:

El máximo desplazamiento lateral relativo de entrepiso se calculó según explica la Norma en su artículo 16, multiplicando al desplazamiento relativo por el factor R y por 0.75. Este desplazamiento no excederá el propuesto por la norma en el artículo 15.

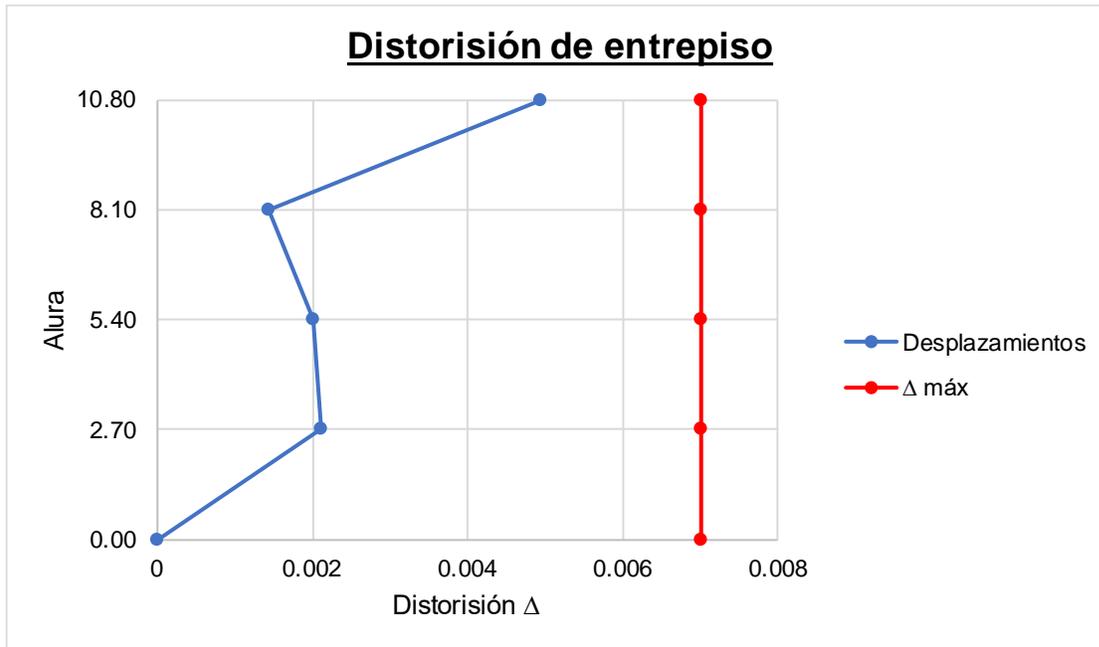
**Tabla 65.**

Distorsión de Entrepiso en X

Piso	Caso de Carga	Tipo de Carga	Dirección	Driff	Distorsión	Verificación $\Delta_{\text{máx}}$
Piso 4	EQ-XX 2003	MAX	X	0.000824	0.004944	<b>Cumple</b>
Piso 3	EQ-XX 2003	MAX	X	0.000239	0.001434	<b>Cumple</b>
Piso 2	EQ-XX 2003	MAX	X	0.000334	0.002004	<b>Cumple</b>
Piso 1	EQ-XX 2003	MAX	X	0.000352	0.002112	<b>Cumple</b>

**Figura 29.**

Distorsión de entrepiso en X



Observamos que solo el piso 2 no cumple con las limitaciones estipuladas en el artículo 15 de la Norma E.030.

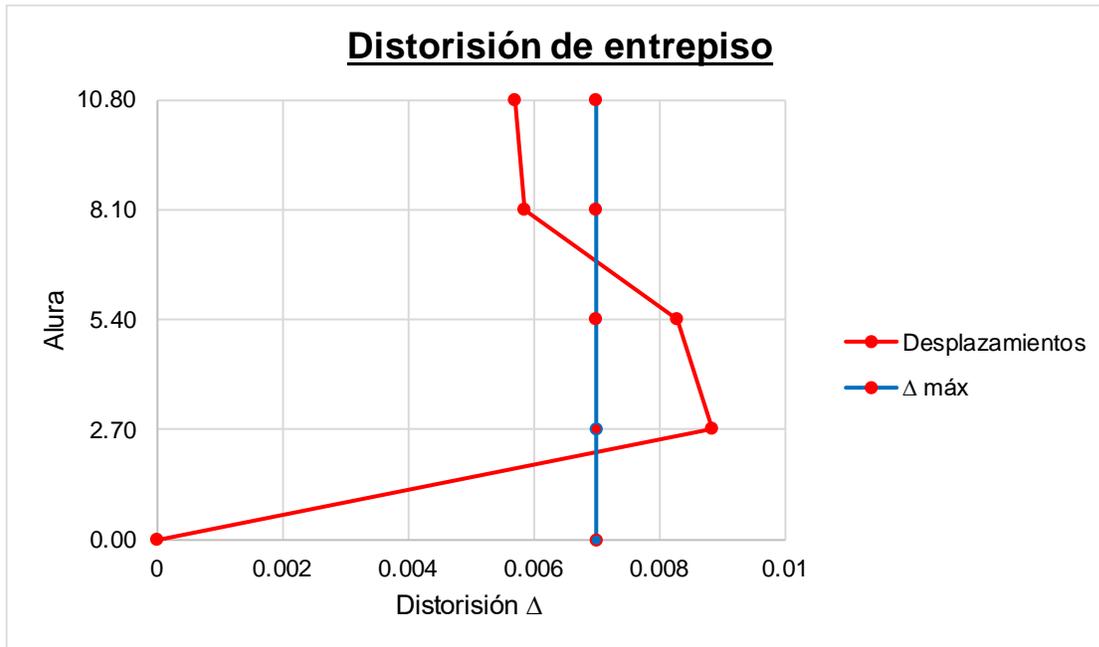
**Tabla 66.**

Distorsión de Entrepiso en Y.

Piso	Caso de Carga	Tipo de Carga	Dirección	Drift	Distorsión	Verificación $\Delta_{\text{máx}}$
Piso 4	EQ-YY 2003	MAX	Y	0.000952	0.005712	<b>Cumple</b>
Piso 3	EQ-YY 2003	MAX	Y	0.000976	0.005856	<b>Cumple</b>
Piso 2	EQ-YY 2003	MAX	Y	0.001383	0.008298	<b>No cumple</b>
Piso 1	EQ-YY 2003	MAX	Y	0.001476	0.008856	<b>No cumple</b>

**Figura 30.**

Distorsión de Entrepiso en Y.



Observamos que los pisos 3 y 4 cumple, pero los pisos 1 y 2 no se está cumpliendo con las limitaciones estipuladas en el artículo 15 de la Norma E.030.

Cortante Dinámico mínimo:

Según estipula la norma E.030 2003 que la cortante Dinámica en la base será menor que 80% por ser una estructura regular.

**Tabla 67.**

Cortante Dinámico

Piso	Vx AMRE (Tn)	Vy AMRE (Tn)
Piso 4	19.201	16.114
Piso 3	40.264	41.795
Piso 2	58.834	61.663
Piso 1	69.694	74.068

**Tabla 68.**

Factor de Escala

Dirección	V Estático (Tn)	V min (Tn)	V Dinámico (Tn)	Factor de Escala
Sismo X	81.745	65.396	69.694	Cumple
Sismo Y	81.745	65.396	74.068	Cumple

Obtenemos como resultado que no es necesaria aplicar un factor de escala debido a que está cumple con ser mayor al cortante mínimo.

#### Análisis de Segundo Orden

Los efectos de segundo orden controlan la estabilidad de la estructura y, deberán ser considerados cuando produzcan un incremento de más del 10% en las fuerzas internas. Para cada nivel, se verifica que el coeficiente de estabilidad no sea mayor que 0.1 mediante la ecuación 14:

**Tabla 69.**

Efectos de Segundo Orden en X y Y.

Piso	Ni (Tn)	Deriva	Cortante X (Tn)	Altura (m)	Q
Piso 4	53.112	0.013	19.201	2.700	0.014
Piso 3	128.503	0.004	40.264	2.700	0.005
Piso 2	143.163	0.005	58.834	2.700	0.005
Piso 1	142.335	0.006	69.694	2.700	0.004

Piso	Ni (Tn)	Deriva	Cortante Y (Tn)	Altura (m)	Q
Piso 4	53.112	0.015	16.114	2.700	0.019
Piso 3	128.503	0.016	41.795	2.700	0.018
Piso 2	143.163	0.022	61.663	2.700	0.019
Piso 1	142.335	0.024	74.068	2.700	0.017

#### Junta sísmica

La junta sísmica es la separación de la edificación a un edificio aledaño. Esta se calcula con la ecuación 15 en unidades de centímetros.

Obteniendo como resultado un espaciamiento mínimo de:

$$S_{\text{final}} = 5.32 \text{ cm}$$

### Análisis Estático E.030 2018

#### **Tabla 70.**

Parámetros para el Sismo Estático en X

<b>Parámetro</b>	<b>Dir. E-O</b>
Factor de Zona, Z:	0.35
Factor de Uso, U:	1.00
Factor de Suelo, S:	1.20
Periodo plataforma, $T_p$ :	1.00
Periodo con deslizamiento, $T_L$ :	1.60
Coef. Básico de reducción, $R_o$ :	8.00
Factor de Reducción, R:	8.00
Altura total de la edificación, $h_n$ :	10.80 m
Coeficiente para periodo, $C_T$ :	35.00
Periodo Fundamental, T:	0.309 seg
Factor de amplificación, C:	2.5
Factor elegido, C/R:	0.3125

Donde se obtiene la cortante basal en la base de la estructura aplicando la ecuación 8.

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente sísmico, } C_s &: 0.13125 \\ \text{Peso Sísmico} &: 467.11 \text{ Tn} \\ \text{Cortante Basal, } V &: 61.31 \text{ Tn} \\ \text{Valor } k &: 1 \end{aligned}$$

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:

Para la Distribución de la Fuerza sísmica en altura se aplica la ecuación 10, donde interviene un factor "K", el cual será 1, para Periodos mayores a 0.5 segundos será calculado por la ecuación 16.

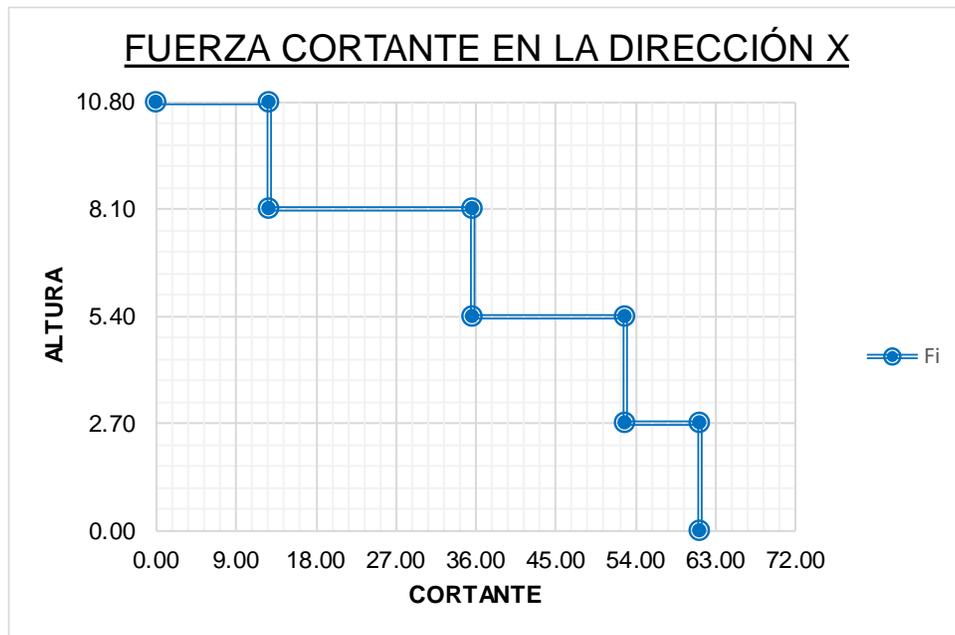
#### **Tabla 71.**

### Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Piso	Peso (Kg)	Altura de piso (m)	Altura acumulada (hi)	$P_i \cdot h_i^k$	Fi (Tn)	Fi Acum
Piso 4	53112.4967	2.70	10.80	573614.964	12.6873	12.6873
Piso 3	128503.5064	2.70	8.10	1040878.4	23.0223	35.7095
Piso 2	143163.2293	2.70	5.40	773081.438	17.0991	52.8087
Piso 1	142334.9893	2.70	2.70	384304.471	8.5001	<b>61.3087</b>
$\Sigma =$				<b>2771879.28</b>		

**Figura 31.**

### Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura



En la Tabla 69 y Figura 31, nos presenta los resultados de la distribución en altura de la cortante basal por el Sismo en X, esto para determinar la fuerza por piso.

**Tabla 72.**

### Parámetros para el Sismo Estático en Y

Parámetro	Dir. N-S
Factor de Zona, Z:	0.35
Factor de Uso, U:	1.00
Factor de Suelo, S:	1.20
Periodo plataforma, $T_p$ :	1.00 seg
Periodo con deslizamiento, $T_L$ :	1.60 seg
Coef. Básico de reducción, $R_o$ :	8.00
Factor de Reducción, R:	8.00
Altura total de la edificación, $h_n$ :	10.80 m
Coeficiente para periodo, $C_T$ :	35.00
Periodo Fundamental, T:	0.309 seg
Factor de amplificación, C:	2.50
Factor elegido, C/R:	0.3125

Donde se obtiene la cortante basal en la base de la estructura.

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente sísmico, } C_s &: 0.131 \\ \text{Peso Sísmico} &: 467.11 \text{ Tn} \\ \text{Cortante Basal, } V &: 61.31 \text{ Tn} \\ \text{Valor } k &: 1 \end{aligned}$$

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:

Para la Distribución de la Fuerza sísmica en altura se aplica la ecuación 10.

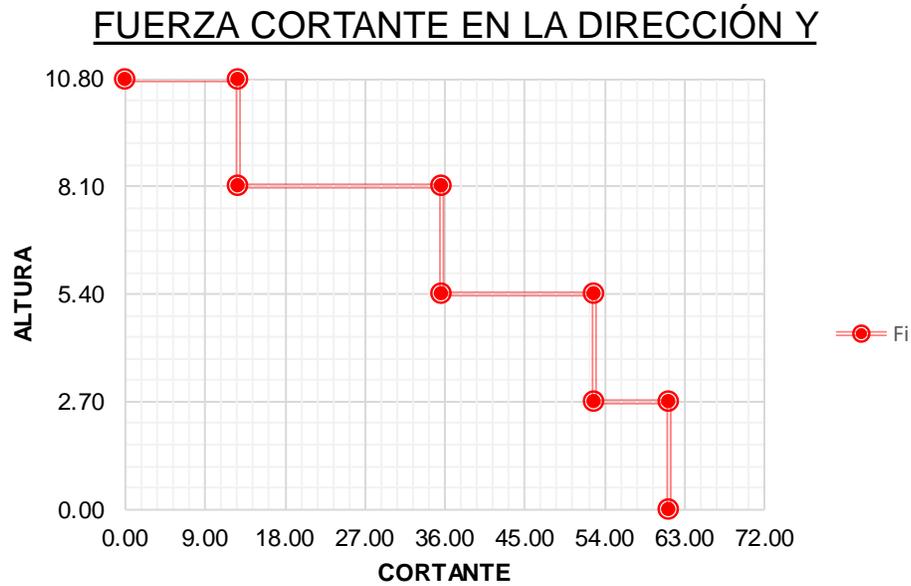
**Tabla 73.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Piso	Peso (Kg)	Altura de piso (m)	Altura acumulada (hi)	$P_i \cdot h_i$	$F_i$ (Tn)	$F_i$ Acum
Piso 4	53112.4967	2.70	10.80	573614.964	12.6873	12.6873
Piso 3	128503.5064	2.70	8.10	1040878.4	23.0223	35.7095
Piso 2	143163.2293	2.70	5.40	773081.438	17.0991	52.8087
Piso 1	142334.9893	2.70	2.70	384304.471	8.5001	<b>61.3087</b>
$\Sigma =$				<b>2771879.28</b>		

**Figura 32.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Y



En la Tabla 71 y Figura 32, nos presenta los resultados de la distribución en altura de la cortante basal por el Sismo en Y, esto para determinar la fuerza por piso.

Con los presentes resultados analizaremos si existen Irregularidades en la estructura según corresponde al artículo 20.

Irregularidad Estructural en Altura

Irregularidad de Rigidez- Piso blando: Según explica la norma, Se posee una irregularidad de rigidez, cuando en cualquier dirección de análisis, se posee una rigidez lateral por piso menor que 70% de la rigidez lateral del piso superior, o resulta menor que 80% del promedio de los 3 pisos superiores.

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 74.**

Piso Blando Sismo Estático en X

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.7K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.8_{prom (3i)}$
Piso 4	1.4343	12.687	8.846	-	-
Piso 3	0.5858	35.710	60.955	OK	-
Piso 2	0.9149	52.809	57.720	OK	-
Piso 1	0.8295	61.309	73.915	OK	OK

**Tabla 75.**

Piso Blando Sismo Estático en Y

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.7K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.8_{prom (3i)}$
Piso 4	1.9774	12.687	6.416	-	-
Piso 3	2.4828	35.710	14.383	OK	-
Piso 2	3.2231	52.809	16.385	OK	-
Piso 1	3.1689	61.309	19.347	OK	OK

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad, Esto debido a que los elementos resistentes son continuos y no poseen dimensiones menores según aumente los pisos.

Irregularidad de Resistencia-Piso Débil: Según explica la norma, se posee una irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis la resistencia a cortante es menor al 80% de la resistencia del entrepiso superior:

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que todos los elementos son continuos y no poseen menor dimensiones en los pisos superiores.

Irregularidad Extrema de Rigidez: Se tiene esta irregularidad cuando se posee una rigidez lateral por piso menor que 60% de la rigidez lateral del piso superior, o resulta menor que 70% del promedio de los 3 pisos superiores.

**Tabla 76.**

Piso Blando Extrema Sismo Estático en X

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.6K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.7_{prom (3i)}$
Piso 4	1.4343	12.687	8.846	-	-
Piso 3	0.5858	35.710	60.955	OK	-
Piso 2	0.9149	52.809	57.720	OK	-
Piso 1	0.8295	61.309	73.915	OK	OK

**Tabla 77.**

Piso Blando Extrema Sismo Estático en Y

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.6K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.7_{prom (3i)}$
Piso 4	1.9774	12.687	6.416	-	-
Piso 3	2.4828	35.710	14.383	OK	-
Piso 2	3.2231	52.809	16.385	OK	-
Piso 1	3.1689	61.309	19.347	OK	OK

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad, Esto debido a que no se supera la Irregularidad Piso blando.

Irregularidad de Extrema Resistencia: Se tiene esta irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis la resistencia a cortante es menor al 65% de la resistencia del entrepiso superior:

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que no sobrepasa la Irregularidad de Resistencia.

Irregularidad de Masa: Se considera Irregular cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa del piso adyacente, la masa se calculó con el artículo 26. Esto no aplicable a Azoteas ni Sótanos.

**Tabla 78.**

Irregularidad de Masa

Piso	Masa Sísmica (Kg)	Masa Por 1.5	Verificación
Piso 4	53112.4967	79668.74505	OK
Piso 3	128503.5064	192755.2596	OK
Piso 2	143163.2293	214744.844	OK
Piso 1	142334.9893	213502.484	OK

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la distribución de cargas es igual en todos los pisos.

Irregularidad Geometría Vertical: Se considera que existe irregularidad cuando la dimensión en planta de la estructura es mayor que el 130% de la dimensión del piso adyacente. Esto no aplicable a Azoteas ni Sótanos.

**Tabla 79.**

Irregularidad Geométrica Vertical

Piso	Longitud (m)	L*1.30	Verificación
Piso 4	10.96	14.25	Regular
Piso 3	23.36	30.37	Regular
Piso 2	23.36	30.37	Regular
Piso 1	21.76	28.29	Regular

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a la simetría arquitectónica que poseen todos los pisos.

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes: Existe esta irregularidad cuando la estructura posee un desalineamiento de los elementos verticales.

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que todos los elementos son continuos.

Discontinuidad Extrema en los Sistemas Resistentes: Existe esta irregularidad cuando la estructura posee un desalineamiento mayor al 25% de los elementos verticales.

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que no supera la discontinuidad en los sistemas resistentes.

#### Irregularidad Estructural en Planta

Irregularidad Torsional: Se considera irregular cuando en las direcciones en análisis, poseen un desplazamiento relativo máximo en un extremo del edificio mayor al 130% del promedio de este desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo simultaneo en un extremo opuesto. Esto relacionado a que el desplazamiento promedio exceda al 50% del máximo permisible del sistema estructural definido en el Artículo 32, usando el factor R final.

Obteniendo los siguientes resultados:

#### **Tabla 80.**

Irregularidad Torsional en X

Piso	Deriva 14	Deriva 10	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\text{máx}} > 1.3 \Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000519	0.000544	0.0005315	0.000544	Regular
Piso 3	0.000204	0.000213	0.0002085	0.000213	Regular
Piso 2	0.000295	0.000304	0.0002995	0.000304	Regular
Piso 1	0.000302	0.000312	0.000307	0.000312	Regular

$R_x$	<b>6.80</b>
$\Delta_{\text{máx}} X$	<b>0.00314432</b>

**Tabla 81.**

Irregularidad Torsional en Y

Piso	Deriva 7	Deriva 10	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\text{máx}} > 1.3 \Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000728	0.000737	0.0007325	0.000737	Regular
Piso 3	0.000810	0.000847	0.0008285	0.000868	Regular
Piso 2	0.001136	0.001195	0.0011655	0.001227	Regular
Piso 1	0.001131	0.00122	0.0011755	0.001261	Regular

$R_y$	<b>6.80</b>
$\Delta_{\text{máx}} Y$	<b>0.00728858</b>

Resultado : **No es irregular**

No posee Irregularidad Torsional debido a que se no supera el límite de la Tabla 9 de la E.030-2018.

Irregularidad Torsional Extrema: Se considera irregular cuando se supera al 150% de lo estipulado en Irregularidad Torsional.

**Tabla 82.**

Irregularidad Torsional Extrema en X

Piso	Deriva 14	Deriva 10	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\text{máx}} > 1.5 \Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000519	0.000544	0.0005315	0.000544	Regular
Piso 3	0.000204	0.000213	0.0002085	0.000213	Regular
Piso 2	0.000295	0.000304	0.0002995	0.000304	Regular
Piso 1	0.000302	0.000312	0.000307	0.000312	Regular

$R_X$	<b>6.80</b>
$\Delta_{\text{máx}} X$	<b>0.00314432</b>

Tabla 83.

Irregularidad Torsional Extrema en Y

Piso	Deriva 7	Deriva 10	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\text{máx}} > 1.5 \Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000728	0.000737	0.0007325	0.000737	Regular
Piso 3	0.00081	0.000847	0.0008285	0.000868	Regular
Piso 2	0.001136	0.001195	0.0011655	0.001227	Regular
Piso 1	0.001131	0.00122	0.0011755	0.001261	Regular

$R_Y$	<b>6.80</b>
$\Delta_{\text{máx}} Y$	<b>0.00728858</b>

Resultado : **No es irregular**

En el caso de la presente estructura no posee la irregularidad, debido a que las derivas promedio no supera al 150% de la deriva máxima. Siendo lógico ya que no supera ni al 130% de esta.

Esquinas Entrantes: Existe esquinas entrantes cuando la esquina posee una dimensión mayor al 20% de dimensión total en planta

Resultado: **No es Irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la configuración arquitectónica no posee esquinas.

Discontinuidad del Diafragma: Existe cuando existe una abertura mayor al 50% del área bruta del diafragma rígido o si la longitud de este supera el 25% de longitud del diafragma.

**Tabla 84.**

Discontinuidad del Diafragma

Área Total (m <sup>2</sup> )	Abertura (m <sup>2</sup> )	Dif.	Verificación
166.56	18.48	11%	Regular
Longitud Total (m)	L. Abertura (m)	Dif	Verificación
22.21	3.76	17%	Regular
Longitud Total (m)	L. Abertura (m)	Dif	Verificación
7.50	6.25	83%	Irregular

Resultado : **0.85**

Como resultado se obtuvo que posee Irregularidad. Esto debido a que la abertura supera al 25% del diafragma en una de las longitudes.

Sistemas no Paralelos: Existen sistemas no paralelos cuando los pórticos superan al 30°.

Resultado: **No es Irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad por ser lineales.

Resumen de análisis de Irregularidades Estructurales:

**Tabla 85.**

Irregularidad Estructural en Altura E.030-2018

Descripción	Resultado
Piso Blando	No es irregular
Piso Débil	No es irregular
Piso Blando Extrema	No es irregular
Piso Débil Extrema	No es irregular
Irregularidad de Masa	No es irregular
I. Geométrica Vertical	No es irregular
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	No es irregular
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	No es irregular

**Tabla 86.**

Irregularidad Estructural en Planta E.030-2018

Descripción	Resultado
Irregularidad Torsional	No es irregular
I.Torsional Extrema	No es irregular
Esquinas Entrantes	No es irregular
Discontinuidad del Diafragma	0.85
Sistemas no Paralelos	No es irregular

**Tabla 87.**

Factores de Irregularidad

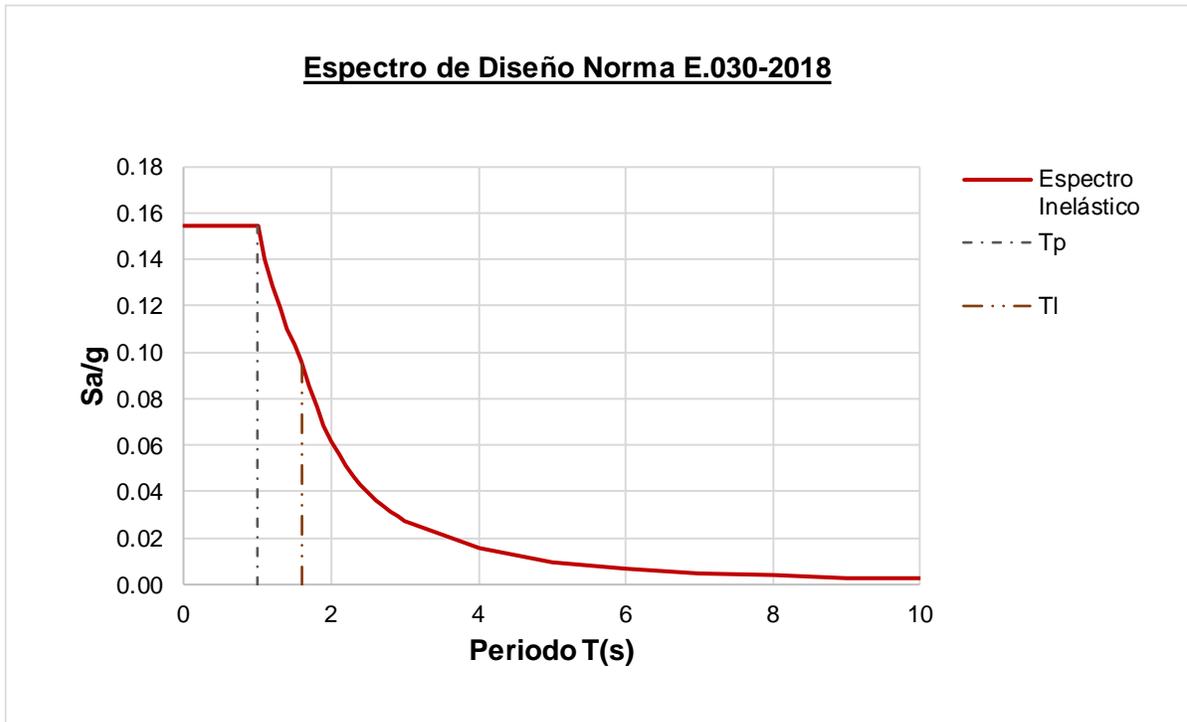
Factor de Irregularidad	
$I_a$	1
$I_p$	0.85

### Análisis Modal de Respuesta Espectral - E.030-2018

Espectro de Diseño E.030 2018: Aplicando la ecuación 11, se obtiene los resultados para la elaboración del Espectro de Diseño y definido por  $S_a/g$  vs  $T$ .

**Figura 33.**

Espectro de Diseño E.030-2018



Periodos y Frecuencias obtenidas de ETABS

A continuación, se muestran los periodos y frecuencias obtenidas del análisis modal:

**Figura 34.**

Periodos y Frecuencia

Modo	Periodo T (s)	F. Cíclica (1/s)	Frec. Circ., $\omega$ (rad/s)	Eigen Valor $\omega^2$
1	0.441	2.274	14.290	204.194
2	0.317	3.159	19.849	393.996
3	0.235	4.256	26.740	715.026
4	0.171	5.832	36.645	1342.849
5	0.133	7.511	47.196	2227.428
6	0.133	7.535	47.344	2241.438
7	0.116	8.590	53.975	2913.243
8	0.086	11.657	73.242	5364.383
9	0.075	13.269	83.371	6950.717
10	0.067	14.928	93.796	8797.602
11	0.044	22.868	143.686	20645.644
12	0.015	67.185	422.137	178199.284

### Porcentaje de Participación de Masa Modal

Según la normativa cada dirección se considera aquellos modos de vibración los cuales la suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa de la estructura, donde se debe tomar por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis. Por el motivo que se consideraron 12 modos de vibración.

**Tabla 88.**

### Porcentaje de Participación de Masa Modal

Modo	UX	UY	RZ	SUM UX	SUM UY	SUM RZ
1	0.00010	0.87040	0.00030	0.00010	0.87040	<b>0.00030</b>
2	0.00005	0.00040	0.88880	0.00020	0.87080	<b>0.88910</b>
3	0.79160	0.00010	0.00004	0.79180	0.87090	0.88910
4	0.00003	0.07830	0.00040	0.79180	0.94920	0.88950
5	0.00250	0.00090	0.02810	0.79430	0.95010	0.91750
6	0.12420	0.00010	0.00100	<b>0.91840</b>	<b>0.95020</b>	0.91850
7	0.00000	0.03790	0.00260	0.91850	0.98800	0.92110
8	0.00002	0.01010	0.00570	0.91850	0.99810	0.92680
9	0.00140	0.00040	0.05240	0.91990	0.99860	0.97930
10	0.06640	0.00000	0.00210	0.98630	0.99860	0.98140
11	0.01230	0.00000	0.00190	0.99860	0.99860	0.98320
12	0.00010	0.00120	0.00002	0.99870	0.99970	0.98320

Se observa que se llega a pasar el 90% mínimo requerido en el modo 6, cumpliendo con lo requerido. También se nota que se llega a pasar un valor mayor al 10% en RZ, lo cual se puede considerar como efectos de Torsión, corroborando los cálculos anteriores contempla la irregularidad.

Distorsión de entrepiso:

El máximo desplazamiento lateral relativo de entrepiso se calculó según explica la Norma en su artículo 32, multiplicando al desplazamiento relativo por el factor R y por 0.75 si son Regulares

y R por 0.85 si son Irregulares. Este desplazamiento no excederá el propuesto por la norma en el artículo 32.

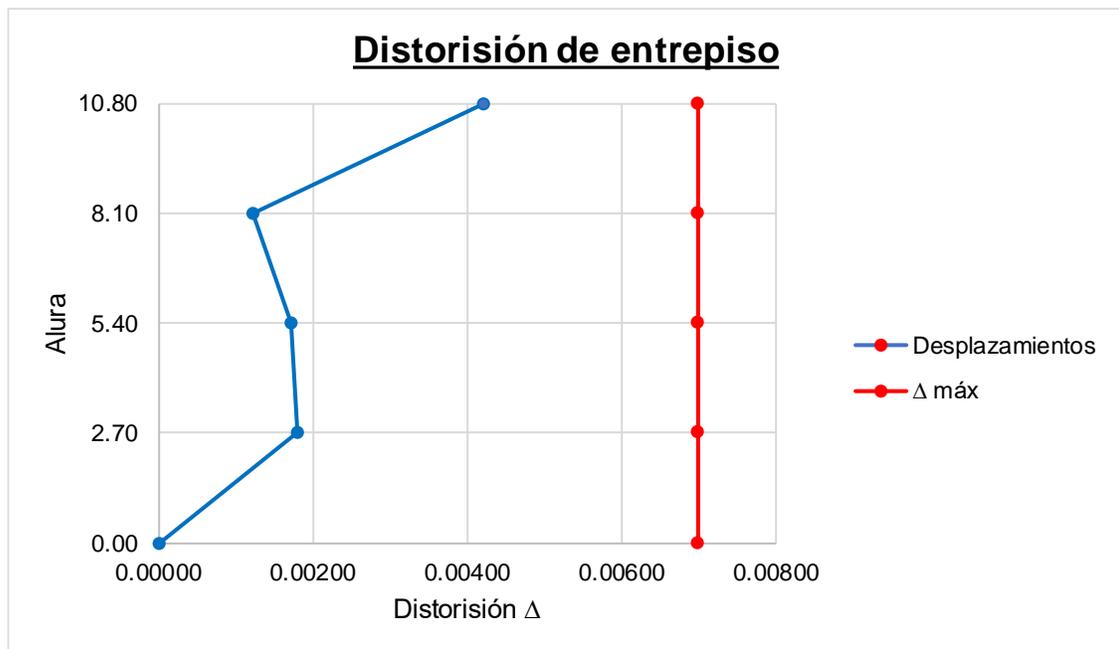
**Tabla 89.**

Distorsión de Entrepiso en X.

Piso	Caso de Carga	Tipo de Carga	Dirección	Drift	Distorsión	Verificación $\Delta_{m\acute{a}x}$
Piso 4	EQ-XX 2018	MAX	X	0.000727	0.0042021	<b>Cumple</b>
Piso 3	EQ-XX 2018	MAX	X	0.000211	0.0012196	<b>Cumple</b>
Piso 2	EQ-XX 2018	MAX	X	0.000295	0.0017051	<b>Cumple</b>
Piso 1	EQ-XX 2018	MAX	X	0.00031	0.0017918	<b>Cumple</b>

**Figura 35.**

Distorsión de Entrepiso en X.



Observamos que todos los pisos cumplen con las limitaciones estipuladas en el artículo 32 de la Norma E.030 2018.

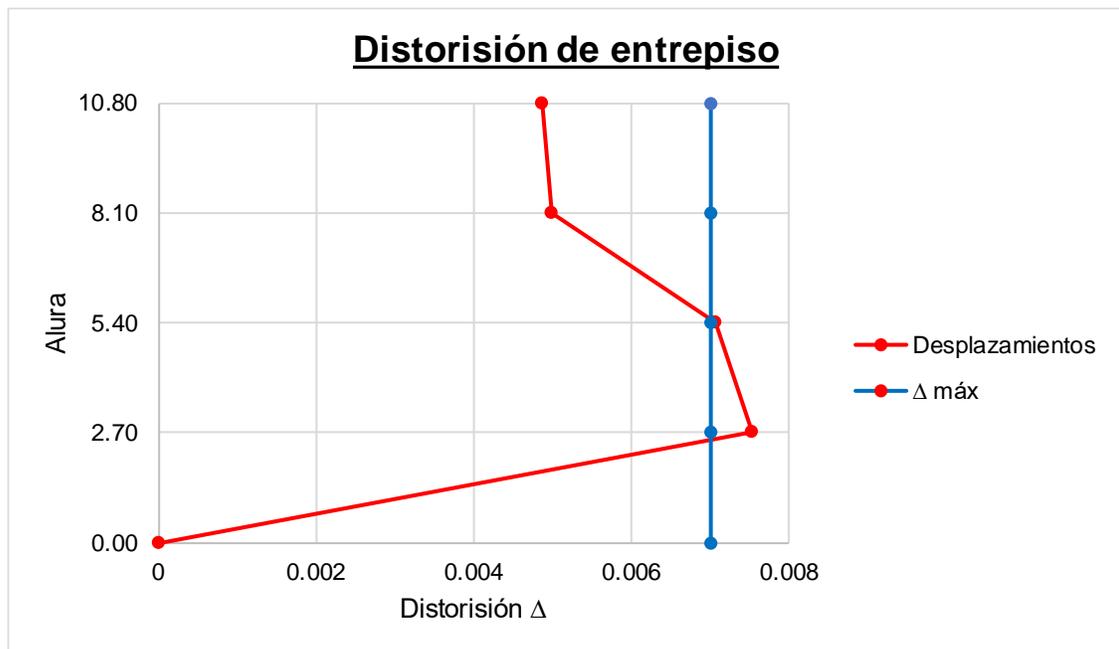
**Tabla 90.**

Distorsión de Entrepiso en Y.

Piso	Caso de Carga	Tipo de Carga	Dirección	Drift	Distorsión	Verificación $\Delta_{m\acute{a}x}$
Piso 4	EQ-YY 2018	MAX	Y	0.00084	0.00486	<b>Cumple</b>
Piso 3	EQ-YY 2018	MAX	Y	0.00086	0.00498	<b>Cumple</b>
Piso 2	EQ-YY 2018	MAX	Y	0.00122	0.00706	<b>No cumple</b>
Piso 1	EQ-YY 2018	MAX	Y	0.00130	0.00753	<b>No cumple</b>

**Figura 36.**

Distorsión de Entrepiso en Y.



Observamos que los pisos 3 y 4 no se cumple, pero los pisos 1 y 2 no se está cumpliendo con las limitaciones estipuladas en el artículo 32 de la Norma E.030 2018.

Cortante Dinámico mínimo:

Según estipula la norma E.030 2003 que la cortante Dinámica en la base será menor que 80% por ser una estructura regular y 90% en estructuras irregulares.

**Tabla 91.**

Cortante Dinámico

Piso	Vx AMRE (Tn)	Vy AMRE (Tn)
Piso 4	16.942	14.218
Piso 3	35.527	36.878
Piso 2	51.913	54.409
Piso 1	61.495	65.355

**Tabla 92.**

Factor de Escala.

Dirección	V Estático (Tn)	V min (Tn)	V Dinámico (Tn)	Factor de Escala
Sismo X	72.128	64.915	61.495	1.056
Sismo Y	72.128	64.915	65.355	Cumple

Obtenemos como resultado que no es necesaria aplicar un factor de escala en el sismo en Y debido a que está cumple con ser mayor al cortante mínimo. Sin embargo, en el Sismo en X es necesario aplicar, este factor solo se aplica para diseño de concreto.

Análisis de Segundo Orden

Como se explicó anteriormente, el análisis de segundo orden o efecto P-Delta, en la actualización de la norma se ha retirado este requerimiento, siendo este muy importante para edificios de gran altura.

Junta sísmica

La junta sísmica es la separación de la edificación a un edificio aledaño. Esta se calcula con la expresión 17.

Obteniendo como resultado un espaciamiento mínimo de:

$$S_{\text{final}} = 6.48 \text{ cm}$$

### **Viviendo 03**

#### **Análisis Sísmico Estático - E.030-2003**

#### **Tabla 93.**

Parámetros para el Sismo Estático en X.

<b>Parámetro</b>	<b>Dir. E-O</b>
Factor de Zona, Z:	0.40
Factor de Uso, U:	1.00
Factor de Suelo, S:	1.40
Periodo plataforma, $T_p$ :	0.90 seg
Coef. Básico de reducción, $R_o$ :	8.00
Factor de Reducción, R:	8.00
Altura total de la edificación, $h_n$ :	10.80 m
Coeficiente para periodo, $C_T$ :	35.00
Periodo Fundamental, T:	0.309 seg
Factor de amplificación, C:	2.5
Factor elegido, C/R:	0.3125

Donde se obtiene la cortante basal en la base de la estructura aplicando la ecuación 8.

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente sísmico, } C_s &: 0.175 \\ \text{Peso Sísmico} &: 389.64 \text{ Tn} \\ \text{Cortante Basal, } V &: 68.19 \text{ Tn} \end{aligned}$$

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:

Para la Distribución de la Fuerza sísmica en altura se aplica la ecuación 9, donde se comprueba la necesidad de una fuerza concentrada  $F_a$  con la ecuación 13:

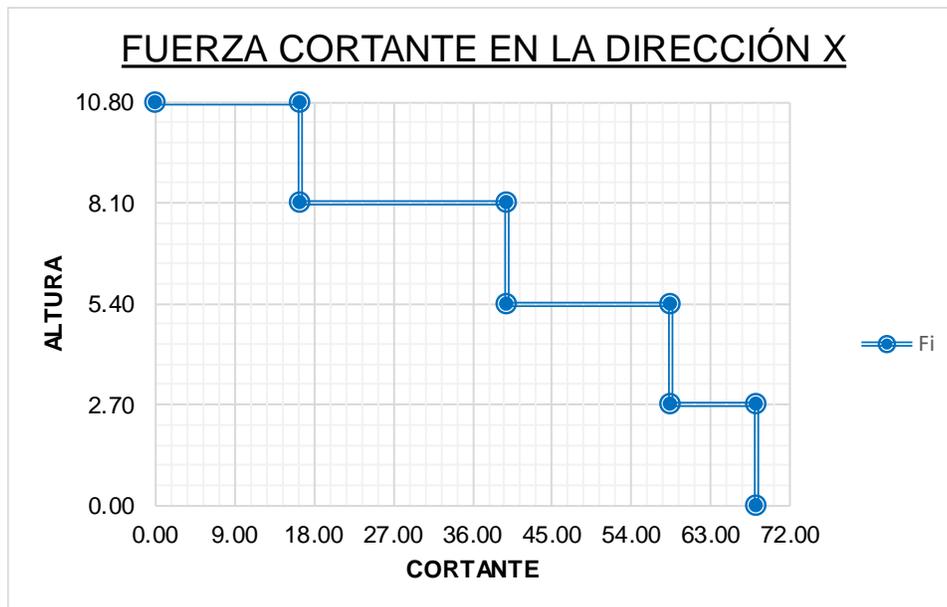
**Tabla 94.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en X

Piso	Peso (Kg)	Altura de piso (m)	Altura acumulada (hi)	Pi*hi	Fi (Tn)	Fi Acum
Piso 4	51505.3	2.70	10.80	556257.24	16.3552	16.3552
Piso 3	98990.0162	2.70	8.10	801819.131	23.5753	39.9306
Piso 2	116795.4693	2.70	5.40	630695.534	18.5439	58.4745
Piso 1	122352.735	2.70	2.70	330352.385	9.7131	<b>68.1876</b>
$\Sigma=$				<b>2319124.29</b>		

**Figura 37.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en X.



En la Tabla 94 y Figura 37, nos presenta los resultados de la distribución en altura de la cortante basal por el Sismo en X, esto para determinar la fuerza por piso.

**Tabla 95.**

Parámetros para el Sismo Estático en Y

Parámetro	Dir. N-S
Factor de Zona, Z:	0.40
Factor de Uso, U:	1.00
Factor de Suelo, S:	1.40
Periodo plataforma, T <sub>p</sub> :	0.90 seg
Coef. Básico de reducción, R <sub>0</sub> :	8.00
Factor de Reducción, R:	8.00
Altura total de la edificación, h <sub>n</sub> :	10.80 m
Coeficiente para periodo, C <sub>T</sub> :	35.00
Periodo Fundamental, T:	0.309 seg
Factor de amplificación, C:	2.50
Factor elegido, C/R:	0.3125

Donde se obtiene la cortante basal en la base de la estructura además de obtener Coeficiente Sísmico.

**Coeficiente sísmico, Cs:** 0.175  
**Peso Sísmico :** 389.64 Tn  
**Cortante Basal, V :** 68.19 Tn

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:

Para la Distribución de la Fuerza sísmica en altura se aplica la siguiente ecuación 8 y 9.

**Tabla 96.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Y

Piso	Peso (Kg)	Altura de piso (m)	Altura acumulada (h <sub>i</sub> )	P <sub>i</sub> *h <sub>i</sub>	F <sub>i</sub> (Tn)	F <sub>i</sub> Acum
Piso 4	51505.3	2.70	10.80	556257.24	16.3552	16.3552
Piso 3	98990.0162	2.70	8.10	801819.131	23.5753	39.9306
Piso 2	116795.4693	2.70	5.40	630695.534	18.5439	58.4745
Piso 1	122352.735	2.70	2.70	330352.385	9.7131	<b>68.1876</b>
<b>Σ=</b>				<b>2319124.29</b>		

**Figura 38.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Y



En la Tabla 96 y Figura 38, nos presenta los resultados de la distribución en altura de la cortante basal por el Sismo en Y, esto para determinar la fuerza por piso.

Con los presentes resultados analizaremos si existen Irregularidades en la estructura según corresponde al artículo 11.

Irregularidad Estructural en Altura

Irregularidad de Rigidez- Piso blando: Según explica la norma, Se posee una irregularidad de rigidez, cuando en cualquier dirección de análisis, se posee una rigidez lateral por piso menor que 85% de la rigidez lateral del piso superior, o resulta menor que 90% del promedio de los 3 pisos superiores. Esto no aplicable para Sótanos.

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 97.**

Piso Blando Sismo Estático en X

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.85K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.9_{prom (3i)}$
Piso 4	2.8483	16.355	5.742	-	-
Piso 3	3.4553	39.931	11.556	OK	-
Piso 2	4.3227	58.474	13.527	OK	-
Piso 1	2.9065	68.188	23.460	OK	OK

**Tabla 98.**

Piso Blando Sismo Estático en Y

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.85K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.9_{prom (3i)}$
Piso 4	1.4911	16.355	10.969	-	-
Piso 3	0.9656	39.931	41.355	OK	-
Piso 2	1.1415	58.474	51.227	OK	-
Piso 1	1.0107	68.188	67.463	OK	OK

Resultado : **No es Irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad, Esto debido a que los elementos resistentes son continuos y no poseen dimensiones menores según aumente los pisos.

Irregularidad de Masa: Se considera Irregular cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa del piso adyacente, la masa se calculó con el artículo 16.3. Esto no aplicable a Azoteas.

**Tabla 99.**

Irregularidad de Masa

Piso	Masa		Verificación
	Sísmica (Kg)	Masa Por 1.5	
Piso 4	51505.3	77257.95	OK
Piso 3	98990.0162	148485.0243	OK
Piso 2	116795.469	175193.204	OK
Piso 1	122352.735	183529.1025	OK

Resultado : **No es Irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la distribución de cargas es igual en todos los pisos.

Irregularidad Geometría Vertical: Se considera que existe irregularidad cuando la dimensión en planta de la estructura es mayor que el 130% de la dimensión del piso adyacente. Esto no aplicable a Azoteas ni Sótanos.

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 100.**

Irregularidad Geometría Vertical

Piso	Longitud (m)	L*1.30	Verificación
Piso 4	10.00	13.00	Regular
Piso 3	14.85	19.31	Regular
Piso 2	18.05	23.47	Regular
Piso 1	18.05	23.47	Regular

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a la simetría arquitectónica que poseen todos los pisos.

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes: Existe esta irregularidad cuando la estructura posee un desalineamiento de los elementos verticales.

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que todos los elementos son continuos.

### Irregularidad Estructural en Planta

Irregularidad Torsional: Se considera irregular cuando en las direcciones en análisis, poseen un desplazamiento relativo máximo en un extremo del edificio mayor al 130% del promedio de este desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo simultaneo en un extremo opuesto. Esto relacionado a que el desplazamiento promedio exceda al 50% del máximo permisible del sistema estructural definido en el Artículo 15, usando el factor R final.

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 101.**

Irregularidad Torsional en X

Piso	Deriva 6	Deriva 13	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\text{máx}} > 1.3 \Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000972	0.001120	0.001046	0.001138	Regular
Piso 3	0.001230	0.001451	0.001341	0.001478	Regular
Piso 2	0.001599	0.001684	0.001642	0.001727	Regular
Piso 1	0.001251	0.000907	0.001079	0.001472	Irregular

$R_x$	<b>6.00</b>
$\Delta_{\text{máx}} X$	<b>0.0088077</b>

**Tabla 102.**

Irregularidad Torsional en Y

Piso	Deriva 11	Deriva 13	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\max} > 1.3 \Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000459	0.000646	0.0005525	0.000646	Regular
Piso 3	0.000307	0.000409	0.000358	0.000409	Regular
Piso 2	0.000403	0.000456	0.0004295	0.000456	Regular
Piso 1	0.000336	0.000413	0.0003745	0.000413	Regular

$R_Y$	<b>6.00</b>
$\Delta_{\max} Y$	<b>0.0032946</b>

Resultado : **Irregular**

En el caso de la presente estructura si contempla la irregularidad, debido a que las derivas promedio supera al 130% de la deriva máxima.

Esquinas Entrantes: Existe esquinas entrantes cuando la esquina posee una dimensión mayor al 20% de dimensión total en planta.

**Tabla 103.**

Esquinas Entrantes

Longitud A (m)	Longitud a (m)	20% A	Verificación
18.05	3.20	3.61	Regular

Longitud B (m)	Longitud b (m)	20% B	Verificación
8.85	2.80	1.77	Irregular

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la norma explica que se tiene que debe superar en ambas direcciones.

Discontinuidad del Diafragma: Existe cuando existe una abertura mayor al 50% del área bruta del diafragma rígido.

**Tabla 104.**

Discontinuidad del Diafragma

Área Total (m <sup>2</sup> )	Área Abertura (m <sup>2</sup> )	Dif.	Verificación
130.74	6.34	5%	Regular

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la abertura no supera al 50% del diafragma.

Resumen de análisis de Irregularidades Estructurales:

**Tabla 105.**

Irregularidad Estructural en Altura E.030-2003.

Descripción	Resultado
Piso Blando	No es Irregular
Irregularidad de Masa	No es Irregular
Irregularidad Geométrica Vertical	No es irregular
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes.	No es Irregular

**Tabla 106.**

Irregularidad Estructural en Planta E.030-2003.

Descripción	Resultado
Irregularidad Torsional	Irregular
Esquinas Entrantes	No es irregular
Discontinuidad del Diafragma	No es irregular

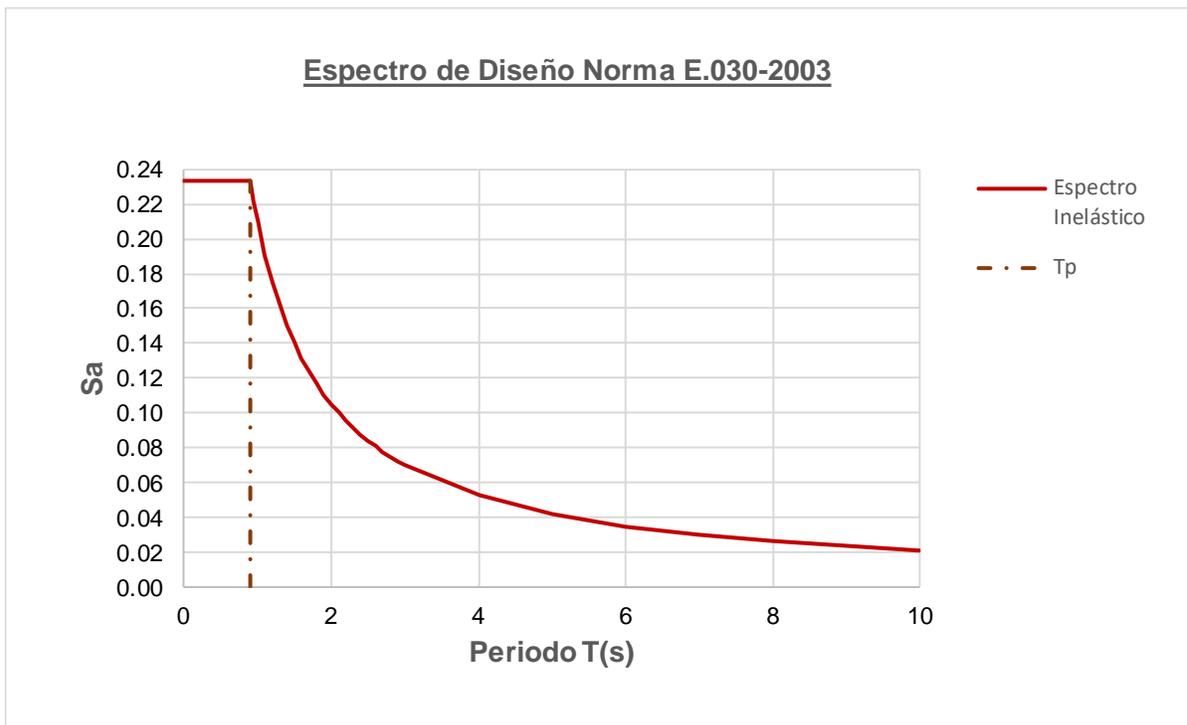
Identificamos que habría la necesidad de afectar el Factor R por 0.75, debido a que los resultados muestran que la estructura posee irregularidad.

Análisis Modal de Respuesta Espectral - E.030-2003

Espectro de Diseño E.030 2003: Aplicando la ecuación 11, se obtiene los resultados para la elaboración del Espectro de Diseño y definido por  $S_a/g$  vs T.

**Figura 39.**

Espectro de Diseño E.030-2003



Periodos y Frecuencias obtenidas de ETABS

A continuación, se muestran los periodos y frecuencias obtenidas del análisis modal:

**Tabla 107.**

Periodos y Frecuencias.

Modo	Periodo T (s)	F. Cíclica (1/s)	Frec. Circ., $\omega$ (rad/s)	Eigen Valor $\omega^2$
1	0.428	2.339	14.695	215.936
2	0.26	3.840	24.130	582.244
3	0.233	4.293	26.977	727.744
4	0.16	6.244	39.230	1539.001
5	0.125	7.975	50.110	2510.963
6	0.114	8.738	54.902	3014.256
7	0.104	9.589	60.251	3630.203
8	0.084	11.959	75.138	5645.704
9	0.073	13.701	86.085	7410.604
10	0.063	15.852	99.602	9920.467
11	0.049	20.497	128.785	16585.577
12	0.038	26.078	163.851	26847.211

#### Porcentaje de Participación de Masa Modal

Según la normativa cada dirección se considera aquellos modos de vibración los cuales la suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa de la estructura, donde se debe tomar por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis. Por el motivo que se consideraron 12 modos de vibración.

**Tabla 108.**

#### Porcentaje de Participación de Masa Modal

Modo	UX	UY	RZ	SUM UX	SUM UY	SUM RZ
1	0.81000	0.00070	0.00360	0.81000	0.00070	<b>0.00360</b>
2	0.00510	0.08000	0.66160	0.81510	0.08070	<b>0.66520</b>
3	0.00120	0.70240	0.06590	0.81630	0.78310	0.73110
4	0.09730	0.00230	0.04950	0.91370	0.78540	0.78070
5	0.00070	0.05220	0.05950	0.91440	0.83760	0.84020
6	0.02880	0.02920	0.00610	0.94320	0.86670	0.84630
7	0.02130	0.04460	0.02330	<b>0.96450</b>	<b>0.91130</b>	0.86960
8	0.02200	0.00000	0.00310	0.98650	0.91130	0.87260
9	0.00330	0.02220	0.07210	0.98980	0.93350	0.94480
10	0.00750	0.04370	0.05350	0.99730	0.97730	0.99820
11	0.00000	0.01780	0.00040	0.99730	0.99510	0.99860
12	0.00120	0.00200	0.00060	0.99850	0.99710	0.99920

Se observa que se llega a pasar el 90% mínimo requerido en el modo 7, cumpliendo con lo requerido. También se nota que se llega a pasar un valor mayor al 10% en RZ, lo cual se puede considerar como efectos de Torsión, pero al verificar los cálculos anteriores no contempla la irregularidad.

Distorsión de entrepiso:

El máximo desplazamiento lateral relativo de entrepiso se calculó según explica la Norma en su artículo 16, multiplicando al desplazamiento relativo por el factor R y por 0.75. Este desplazamiento no excederá el propuesto por la norma en el artículo 15.

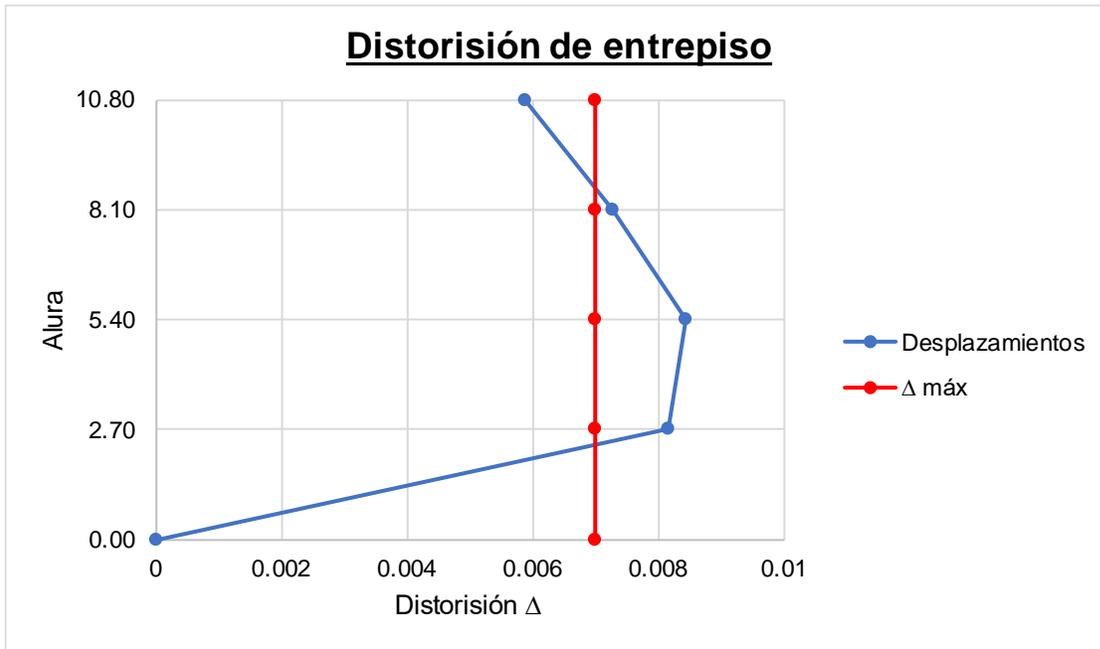
**Tabla 109.**

Distorsión de Entrepiso en X

Piso	Caso de Carga	Tipo de Carga	Dirección	Driff	Distorsión	Verificación $\Delta_{\text{máx}}$
Piso 4	EQ-XX 2003	MAX	X	0.001306	0.005877	<b>Cumple</b>
Piso 3	EQ-XX 2003	MAX	X	0.001618	0.007281	<b>No cumple</b>
Piso 2	EQ-XX 2003	MAX	X	0.001875	0.0084375	<b>No cumple</b>
Piso 1	EQ-XX 2003	MAX	X	0.001816	0.008172	<b>No cumple</b>

**Figura 40.**

Distorsión de Entrepiso en X



Observamos que el piso 4 no cumple, pero los pisos 1 y 2 no se está cumpliendo con las limitaciones estipuladas en el artículo 15 de la Norma E.030.

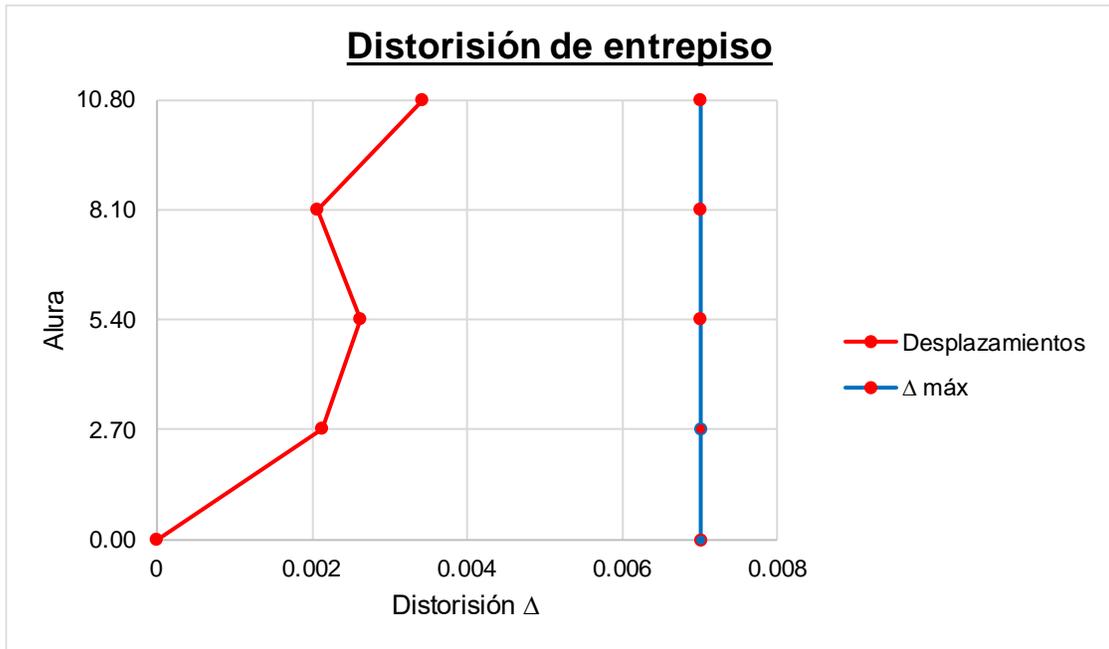
**Tabla 110.**

Distorsión de Entrepiso en Y

Piso	Caso de Carga	Tipo de Carga	Dirección	Driff	Distorsión	Verificación $\Delta_{m\acute{a}x}$
Piso 4	EQ-YY 2003	MAX	Y	0.000761	0.003425	<b>Cumple</b>
Piso 3	EQ-YY 2003	MAX	Y	0.000459	0.002066	<b>Cumple</b>
Piso 2	EQ-YY 2003	MAX	Y	0.000584	0.002628	<b>Cumple</b>
Piso 1	EQ-YY 2003	MAX	Y	0.000476	0.002142	<b>Cumple</b>

**Figura 41.**

Distorsión de Entrepiso en Y



Observamos que todos los pisos están cumpliendo con las limitaciones estipuladas en el artículo 15 de la Norma E.030.

Cortante Dinámico mínimo:

Según estipula la norma E.030 2003 que la cortante Dinámica en la base será menor que 80% por ser una estructura regular.

**Tabla 111.**

Cortante Dinámico

Piso	Vx AMRE (Tn)	Vy AMRE (Tn)
Piso 4	20.375	20.698
Piso 3	46.410	42.682
Piso 2	66.495	60.371
Piso 1	78.444	71.336

**Tabla 112.**

Factor de Escala.

Dirección	V Estático (Tn)	V min (Tn)	V Dinámico (Tn)	Factor de Escala
Sismo X	90.917	81.825	78.444	1.043
Sismo Y	90.917	81.825	71.336	1.147

Obtenemos como resultado que no es necesaria aplicar un factor de escala debido a que está cumple con ser mayor al cortante mínimo.

#### Análisis de Segundo Orden

Los efectos de segundo orden controlan la estabilidad de la estructura y, deberán ser considerados cuando produzcan un incremento de más del 10% en las fuerzas internas. Para cada nivel, se verifica que el coeficiente de estabilidad no sea mayor que 0.1 mediante la ecuación 14:

**Tabla 113.**

Efectos de Segundo Orden en X y Y.

Piso	Ni (Tn)	Deriva	Cortante X (Tn)	Altura (m)	Q
Piso 4	51.505	0.016	20.375	2.700	0.015
Piso 3	98.990	0.020	46.410	2.700	0.016
Piso 2	116.795	0.023	66.495	2.700	0.015
Piso 1	122.353	0.022	78.444	2.700	0.013

Piso	Ni (Tn)	Deriva	Cortante Y (Tn)	Altura (m)	Q
Piso 4	51.505	0.009	20.698	2.700	0.009
Piso 3	98.990	0.006	42.682	2.700	0.005
Piso 2	116.795	0.007	60.371	2.700	0.005
Piso 1	122.353	0.006	71.336	2.700	0.004

**No requiere análisis de Segundo Orden**

Junta sísmica

La junta sísmica es la separación de la edificación a un edificio aledaño. Esta se calcula con la ecuación 15 en unidades de centímetros.

Obteniendo como resultado un espaciamiento mínimo de:

$$S_{\text{final}} = 5.32 \text{ cm}$$

### Análisis Estático E.030 2018

#### Tabla 114.

Parámetros para el Sismo Estático en X

Parámetro	Dir. E-O
Factor de Zona, Z:	0.35
Factor de Uso, U:	1.00
Factor de Suelo, S:	1.20
Periodo plataforma, $T_p$ :	1.00
Periodo con deslizamiento, $T_L$ :	1.60
Coef. Básico de reducción, $R_o$ :	8.00
Factor de Reducción, R:	8.00
Altura total de la edificación, $h_n$ :	10.80 m
Coeficiente para periodo, $C_T$ :	35.00
Periodo Fundamental, T:	0.309 seg
Factor de amplificación, C:	2.5
Factor elegido, C/R:	0.3125

Donde se obtiene la cortante basal en la base de la estructura aplicando la ecuación 8.

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente sísmico, } C_s &: 0.13125 \\ \text{Peso Sísmico} &: 389.64 \text{ Tn} \\ \text{Cortante Basal, } V &: 51.14 \text{ Tn} \\ \text{Valor } k &: 1 \end{aligned}$$

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:

Para la Distribución de la Fuerza sísmica en altura se aplica la ecuación 10, donde interviene un factor "K", el cual será 1, para Periodos mayores a 0.5 segundos será calculado por la ecuación 16.

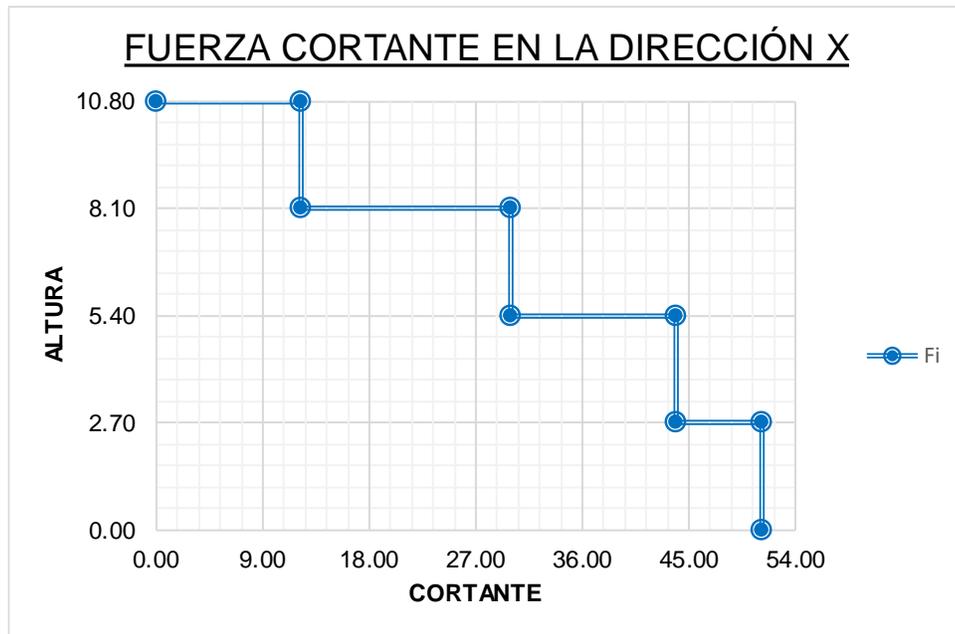
**Tabla 115.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Piso	Peso (Kg)	Altura de piso (m)	Altura acumulada (hi)	$P_i \cdot h_i^k$	Fi (Tn)	Fi Acum
Piso 4	51505.3	2.70	10.80	556257.24	12.2664	12.2664
Piso 3	98990.0162	2.70	8.10	801819.131	17.6815	29.9479
Piso 2	116795.4693	2.70	5.40	630695.534	13.9079	43.8559
Piso 1	122352.735	2.70	2.70	330352.385	7.2848	<b>51.1407</b>
$\Sigma =$				<b>2319124.29</b>		

**Figura 42.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura.



En la Tabla 115 y Figura 42, nos presenta los resultados de la distribución en altura de la cortante basal por el Sismo en X, esto para determinar la fuerza por piso.

**Tabla 116.**

Parámetros para el Sismo Estático en Y

Parámetro	Dir. N-S
Factor de Zona, Z:	0.35
Factor de Uso, U:	1.00
Factor de Suelo, S:	1.20
Periodo plataforma, $T_p$ :	1.00 seg
Periodo con deslizamiento, $T_L$ :	1.60 seg
Coef. Básico de reducción, $R_o$ :	8.00
Factor de Reducción, R:	8.00
Altura total de la edificación, $h_n$ :	10.80 m
Coeficiente para periodo, $C_T$ :	35.00
Periodo Fundamental, T:	0.309 seg
Factor de amplificación, C:	2.50
Factor elegido, C/R:	0.3125

Donde se obtiene la cortante basal en la base de la estructura.

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente sísmico, } C_s &: 0.131 \\ \text{Peso Sísmico} &: 389.64 \text{ Tn} \\ \text{Cortante Basal, } V &: 51.14 \text{ Tn} \\ \text{Valor } k &: 1 \end{aligned}$$

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:

Para la Distribución de la Fuerza sísmica en altura se aplica la ecuación 10.

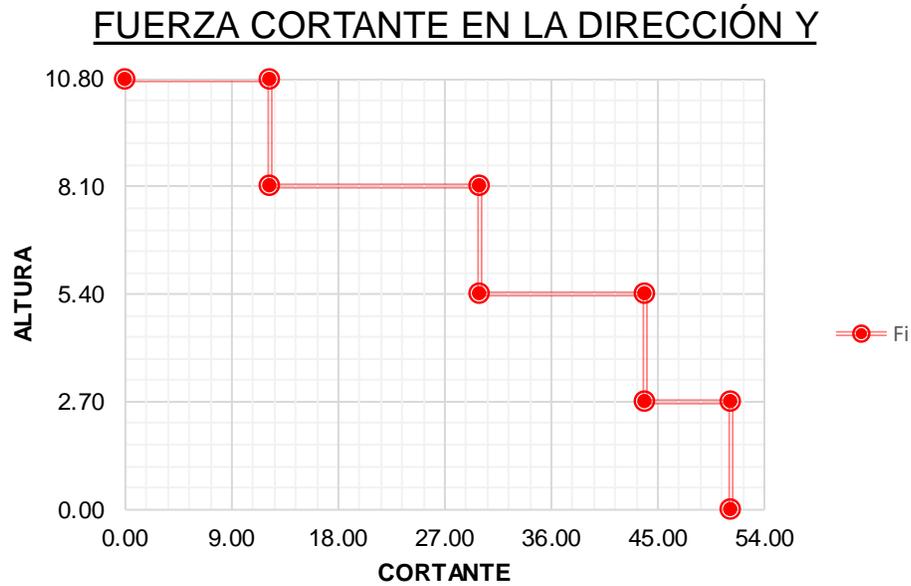
**Tabla 117.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Piso	Peso (Kg)	Altura de piso (m)	Altura acumulada (hi)	$P_i \cdot h_i$	$F_i$ (Tn)	$F_i$ Acum
Piso 4	51505.3	2.70	10.80	556257.24	12.2664	12.2664
Piso 3	98990.0162	2.70	8.10	801819.131	17.6815	29.9479
Piso 2	116795.4693	2.70	5.40	630695.534	13.9079	43.8559
Piso 1	122352.735	2.70	2.70	330352.385	7.2848	<b>51.1407</b>
$\Sigma =$				<b>2319124.29</b>		

**Figura 43.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura.



En la Tabla 117 y Figura 43, nos presenta los resultados de la distribución en altura de la cortante basal por el Sismo en Y, esto para determinar la fuerza por piso.

Con los presentes resultados analizaremos si existen Irregularidades en la estructura según corresponde al artículo 20.

**Irregularidad Estructural en Altura**

Irregularidad de Rigidez- Piso blando: Según explica la norma, Se posee una irregularidad de rigidez, cuando en cualquier dirección de análisis, se posee una rigidez lateral por piso menor que 70% de la rigidez lateral del piso superior, o resulta menor que 80% del promedio de los 3 pisos superiores.

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 118.**

Piso Blando Sismo Estático en X

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.7K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.8_{prom (3i)}$
Piso 4	2.1362	12.266	5.742	-	-
Piso 3	2.5915	29.948	11.556	OK	-
Piso 2	3.2420	43.856	13.527	OK	-
Piso 1	2.1799	51.141	23.460	OK	OK

**Tabla 119.**

Piso Blando Sismo Estático en Y

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.7K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.8_{prom (3i)}$
Piso 4	1.1183	12.266	10.969	-	-
Piso 3	0.7242	29.948	41.355	OK	-
Piso 2	0.8561	43.856	51.227	OK	-
Piso 1	0.7581	51.141	67.464	OK	OK

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad, Esto debido a que los elementos resistentes son continuos y no poseen dimensiones menores según aumente los pisos.

Irregularidad de Resistencia-Piso Débil: Según explica la norma, se posee una irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis la resistencia a cortante es menor al 80% de la resistencia del entrepiso superior:

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que todos los elementos son continuos y no poseen menor dimensiones en los pisos superiores.

Irregularidad Extrema de Rigidez: Se tiene esta irregularidad cuando se posee una rigidez lateral por piso menor que 60% de la rigidez lateral del piso superior, o resulta menor que 70% del promedio de los 3 pisos superiores.

**Tabla 120.**

Piso Blando Extrema Sismo Estático en X.

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.6K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.7_{prom (3i)}$
Piso 4	2.1362	12.2664	5.7422	-	-
Piso 3	2.5915	29.9479	11.5563	OK	-
Piso 2	3.2420	43.8559	13.5274	OK	-
Piso 1	2.1799	51.1407	23.4604	OK	OK

**Tabla 121.**

Piso Blando Extrema Sismo Estático en Y

Piso	Desplazam. CM (mm)	Fuerza Cortante (Tn)	Rigidez (Tn/mm)	Verificación $K_i < 0.6K_{pi+1}$	Verificación $K_i < 0.7_{prom (3i)}$
Piso 4	1.1183	12.266	10.969	-	-
Piso 3	0.7242	29.948	41.355	OK	-
Piso 2	0.8561	43.856	51.227	OK	-
Piso 1	0.7581	51.141	67.464	OK	OK

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad, Esto debido a que no se supera la Irregularidad Piso blando.

Irregularidad de Extrema Resistencia: Se tiene esta irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis la resistencia a cortante es menor al 65% de la resistencia del entrepiso superior:

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que no sobrepasa la Irregularidad de Resistencia.

Irregularidad de Masa: Se considera Irregular cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa del piso adyacente, la masa se calculó con el artículo 26. Esto no aplicable a Azoteas ni Sótanos.

**Tabla 122.**

Irregularidad de Masa

Piso	Masa Sísmica (Kg)	Masa Por 1.5	Verificación
Piso 4	51505.3	77257.95	OK
Piso 3	98990.0162	148485.0243	OK
Piso 2	116795.4693	175193.204	OK
Piso 1	122352.735	183529.1025	OK

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la distribución de cargas es igual en todos los pisos.

Irregularidad Geometría Vertical: Se considera que existe irregularidad cuando la dimensión en planta de la estructura es mayor que el 130% de la dimensión del piso adyacente. Esto no aplicable a Azoteas ni Sótanos.

**Tabla 123.**

Irregularidad Geométrica Vertical

Piso	Longitud (m)	L*1.30	Verificación
Piso 4	10.00	13.00	OK
Piso 3	14.85	19.31	OK
Piso 2	18.05	23.47	OK
Piso 1	18.05	23.47	OK

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que posee Irregularidad. Esto debido a la configuración arquitectónica que poseen todos los pisos.

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes: Existe esta irregularidad cuando la estructura posee un desalineamiento de los elementos verticales.

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que todos los elementos son continuos.

Discontinuidad Extrema en los Sistemas Resistentes: Existe esta irregularidad cuando la estructura posee un desalineamiento mayor al 25% de los elementos verticales.

Resultado: **No es Irregular**

En el caso de la presente estructura no contempla la irregularidad, debido a que no supera la discontinuidad en los sistemas resistentes.

#### Irregularidad Estructural en Planta

Irregularidad Torsional: Se considera irregular cuando en las direcciones en análisis, poseen un desplazamiento relativo máximo en un extremo del edificio mayor al 130% del promedio de este desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo simultaneo en un extremo opuesto. Esto relacionado a que el desplazamiento promedio exceda al 50% del máximo permisible del sistema estructural definido en el Artículo 32, usando el factor R final.

Obteniendo los siguientes resultados:

#### **Tabla 124.**

Irregularidad Torsional en X

Piso	Deriva 6	Deriva 13	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\text{máx}} > 1.3\Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000729	0.000840	0.000785	0.000860	Regular
Piso 3	0.000922	0.001088	0.001005	0.001238	Regular
Piso 2	0.001200	0.001263	0.001232	0.001304	Irregular
Piso 1	0.000938	0.000680	0.000809	0.000656	Irregular

$R_x$	<b>4.80</b>
$\Delta_{\text{máx}} X$	<b>0.00532032</b>

**Tabla 125.**

Irregularidad Torsional en Y.

Piso	Deriva 6	Deriva 13	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\text{máx}} > 1.3\Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000729	0.000840	0.000785	0.000860	Regular
Piso 3	0.000922	0.001088	0.001005	0.001238	Regular
Piso 2	0.001200	0.001263	0.001232	0.001304	Irregular
Piso 1	0.000938	0.000680	0.000809	0.000656	Irregular

$R_y$	<b>4.80</b>
$\Delta_{\text{máx}} Y$	<b>0.00197472</b>

Resultado : **0.75**

Posee Irregularidad Torsional debido a que se supera el límite de la Tabla 9 de la E.030-2018. Se requiere analizar Torsión Extrema.

Irregularidad Torsional Extrema: Se considera irregular cuando se supera al 150% de lo estipulado en Irregularidad Torsional.

**Tabla 126.**

Irregularidad Torsional Extrema en X

Piso	Deriva 6	Deriva 13	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\text{máx}} > 1.5 \Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000729	0.00086	0.0007945	0.00086	Regular
Piso 3	0.000922	0.001238	0.00108	0.001238	Regular
Piso 2	0.001222	0.001304	0.001263	0.001304	Regular
Piso 1	0.000938	0.000656	0.000797	0.000656	Irregular

**Tabla 127.**

Irregularidad Torsional Extrema en Y.

Piso	Deriva 11	Deriva 13	Deriva Promedio	Deriva Máxima	Verificación $\Delta_{\text{máx}} > 1.5 \Delta_{\text{Prom}}$
Piso 4	0.000344	0.000484	0.000414	0.000484	Regular
Piso 3	0.00023	0.000307	0.0002685	0.000307	Regular
Piso 2	0.000302	0.000342	0.000322	0.000342	Regular
Piso 1	0.000252	0.000309	0.0002805	0.000309	Regular

Resultado : **0.6**

En el caso de la presente estructura posee la irregularidad, debido a que las derivas promedio no supera al 150% de la deriva máxima. Observando que en la tabla 10 de E.030 2018, no se permite Irregularidades extrema.

Esquinas Entrantes: Existe esquinas entrantes cuando la esquina posee una dimensión mayor al 20% de dimensión total en planta.

**Tabla 128.**

Esquinas Entrantes

Longitud A (m)	Longitud a (m)	20% A	Verificación
18.05	3.20	3.61	Regular

Longitud B (m)	Longitud b (m)	20% B	Verificación
8.85	2.80	1.77	Irregular

Resultado : **No es irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad. Esto debido a que la norma explica que se tiene que debe superar en ambas direcciones.

Discontinuidad del Diafragma: Existe cuando existe una abertura mayor al 50% del área bruta del diafragma rígido o si la longitud de este supera el 25% de longitud del diafragma.

**Tabla 129.**

Discontinuidad del Diafragma.

Área Total (m <sup>2</sup> )	Abertura (m <sup>2</sup> )	Dif.	Verificación
130.74	6.34	5%	Regular

Longitud Total (m)	L. Abertura (m)	Dif	Verificación
14.85	1.95	13%	Regular

Longitud Total (m)	L. Abertura (m)	Dif	Verificación
8.85	3.25	37%	Irregular

Resultado : **0.85**

Como resultado se obtuvo que posee Irregularidad. Esto debido a que la abertura supera al 25% del diafragma en una de las longitudes.

Sistemas no Paralelos: Existen sistemas no paralelos cuando los pórticos superan al 30°.

Resultado: **No es Irregular**

Como resultado se obtuvo que no posee Irregularidad por ser lineales.

Resumen de análisis de Irregularidades Estructurales:

**Tabla 130.**

Irregularidad Estructural en Altura E.030-2018.

Descripción	Resultado
Piso Blando	No es irregular
Piso Débil	No es irregular
Piso Blando Extrema	No es irregular
Piso Débil Extrema	No es irregular
Irregularidad de Masa	No es irregular
I. Geométrica Vertical	No es irregular
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	No es irregular
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	No es irregular

**Tabla 131.**

Irregularidad Estructural en Planta E.030-2018.

Descripción	Resultado
Irregularidad Torsional	0.75
I.Torsional Extrema	0.6
Esquinas Entrantes	No es irregular
Discontinuidad del Diafragma	0.85
Sistemas no Paralelos	No es irregular

**Tabla 132.**

Factores de Irregularidad

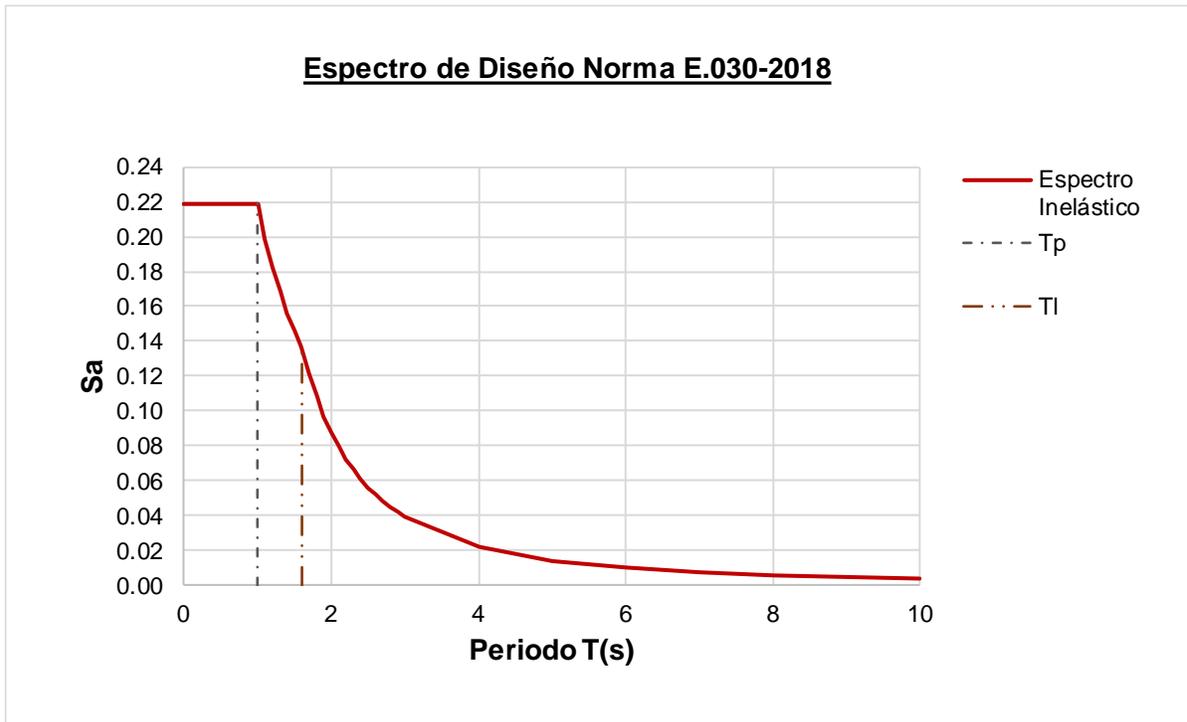
Factor de Irregularidad	
$I_a$	1
$I_p$	0.6

Análisis Modal de Respuesta Espectral - E.030-2018

Espectro de Diseño E.030 2018: Aplicando la ecuación 11, se obtiene los resultados para la elaboración del Espectro de Diseño y definido por  $S_a/g$  vs  $T$ .

**Figura 44.**

Espectro de Diseño E.030-2018.



Periodos y Frecuencias obtenidas de ETABS

A continuación, se muestran los periodos y frecuencias obtenidas del análisis modal:

**Tabla 133.**

Periodos y Frecuencias

Modo	Periodo T (s)	F. Cíclica (1/s)	Frec. Circ., $\omega$ (rad/s)	Eigen Valor $\omega^2$
1	0.428	2.339	14.695	215.936
2	0.260	3.840	24.130	582.244
3	0.233	4.293	26.977	727.744
4	0.160	6.244	39.230	1539.001
5	0.125	7.975	50.110	2510.963
6	0.114	8.738	54.902	3014.256
7	0.104	9.589	60.251	3630.203
8	0.084	11.959	75.138	5645.704
9	0.073	13.701	86.085	7410.604
10	0.063	15.852	99.602	9920.467
11	0.049	20.497	128.785	16585.577
12	0.038	26.078	163.851	26847.211

**Tabla 134.**

Porcentaje de Participación de Masa Modal

Modo	UX	UY	RZ	SUM UX	SUM UY	SUM RZ
1	0.81000	0.00070	0.00360	0.81000	0.00070	<b>0.00360</b>
2	0.00510	0.08000	0.66160	0.81510	0.08070	<b>0.66520</b>
3	0.00120	0.70240	0.06590	0.81630	0.78310	0.73110
4	0.09730	0.00230	0.04950	0.91370	0.78540	0.78070
5	0.00070	0.05220	0.05950	0.91440	0.83760	0.84020
6	0.02880	0.02920	0.00610	0.94320	0.86670	0.84630
7	0.02130	0.04460	0.02330	<b>0.96450</b>	<b>0.91130</b>	0.86960
8	0.02200	0.00000	0.00310	0.98650	0.91130	0.87260
9	0.00330	0.02220	0.07210	0.98980	0.93350	0.94480
10	0.00750	0.04370	0.05350	0.99730	0.97730	0.99820
11	0.00000	0.01780	0.00040	0.99730	0.99510	0.99860
12	0.00120	0.00200	0.00060	0.99850	0.99710	0.99920

Se observa que se llega a pasar el 90% mínimo requerido en el modo 7, cumpliendo con lo requerido. También se nota que se llega a pasar un valor mayor al 10% en RZ, lo cual se puede considerar como efectos de Torsión, corroborando los cálculos anteriores contempla la irregularidad.

Distorsión de entrepiso:

El máximo desplazamiento lateral relativo de entrepiso se calculó según explica la Norma en su artículo 32, multiplicando al desplazamiento relativo por el factor R y por 0.75 si son Regulares y R por 0.85 si son Irregulares. Este desplazamiento no excederá el propuesto por la norma en el artículo 32.

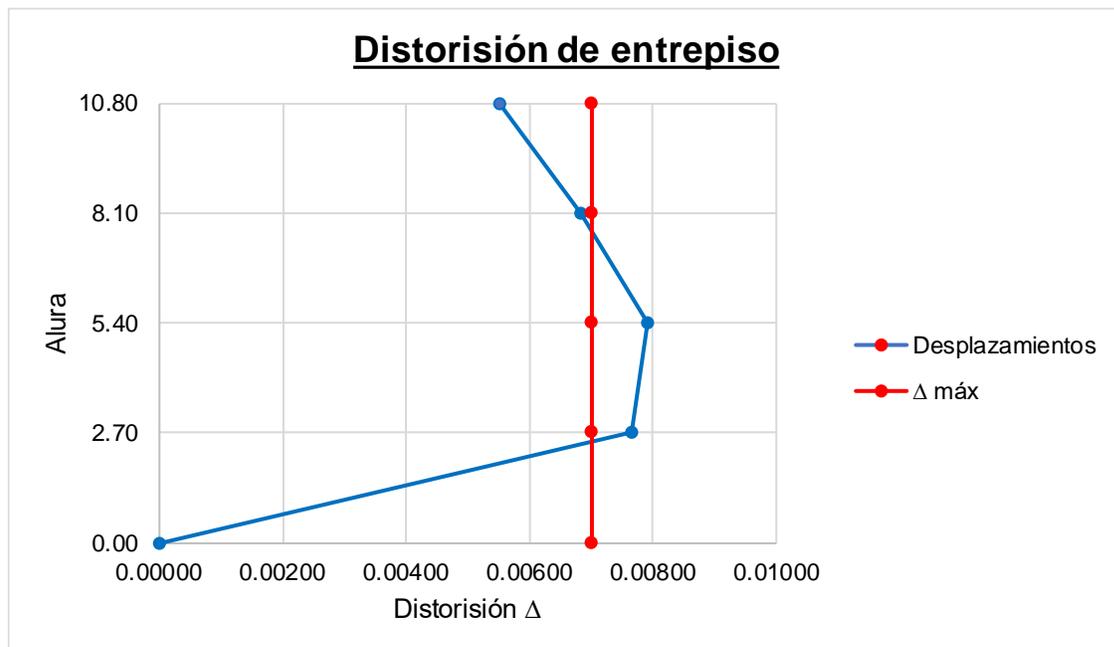
**Tabla 135.**

Distorsión de Entrepiso en X.

Piso	Caso de Carga	Tipo de Carga	Dirección	Drift	Distorsión	Verificación $\Delta_{m\acute{a}x}$
Piso 4	EQ-XX 2018	MAX	X	0.001224	0.005508	<b>Cumple</b>
Piso 3	EQ-XX 2018	MAX	X	0.001517	0.0068265	<b>Cumple</b>
Piso 2	EQ-XX 2018	MAX	X	0.001758	0.007911	<b>No cumple</b>
Piso 1	EQ-XX 2018	MAX	X	0.001702	0.007659	<b>No cumple</b>

**Figura 45.**

Distorsión de Entrepiso en X.



Observamos que los pisos 3 y 4 cumple, pero los pisos 1 y 2 no se está cumpliendo con las limitaciones estipuladas en el artículo 32 de la Norma E.030.

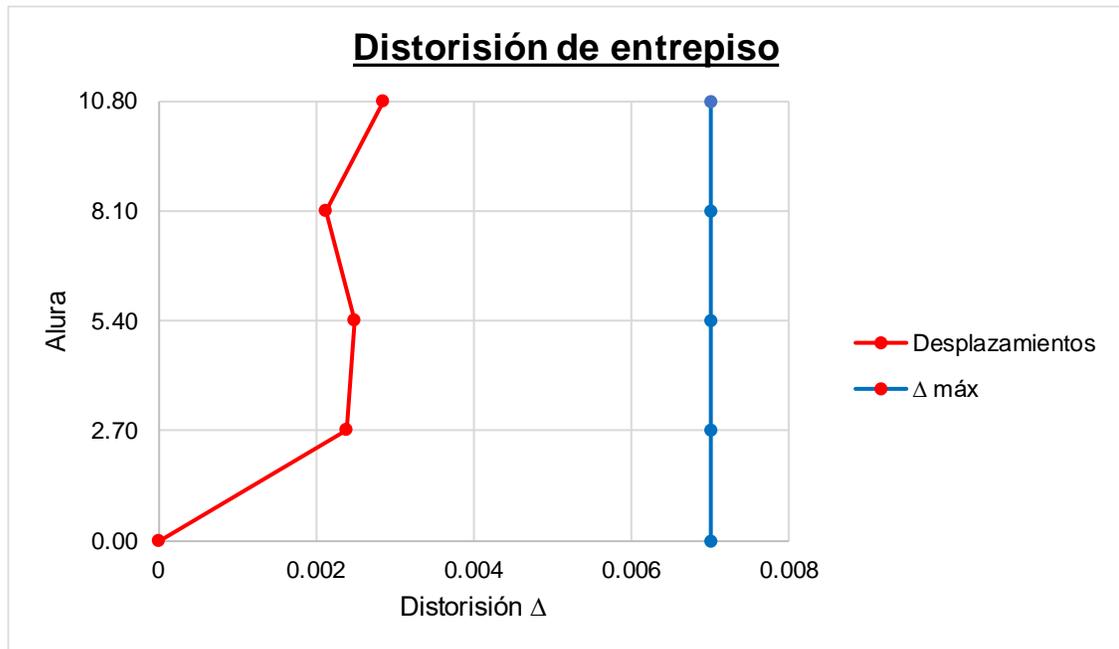
**Tabla 136.**

Distorsión de Entrepiso en Y.

Piso	Caso de Carga	Tipo de Carga	Dirección	Driff	Distorsión	Verificación $\Delta_{m\acute{a}x}$
Piso 4	EQ-YY 2018	MAX	Y	0.000633	0.0028485	<b>Cumple</b>
Piso 3	EQ-YY 2018	MAX	Y	0.000472	0.002124	<b>Cumple</b>
Piso 2	EQ-YY 2018	MAX	Y	0.00055	0.002475	<b>Cumple</b>
Piso 1	EQ-YY 2018	MAX	Y	0.000528	0.002376	<b>Cumple</b>

**Figura 46.**

Distorsión de Entrepiso en Y.



Observamos que todos los pisos cumplen con las limitaciones estipuladas en el artículo 32 de la Norma E.030 2018.

Cortante Dinámico mínimo:

Según estipula la norma E.030 2003 que la cortante Dinámica en la base será menor que 80% por ser una estructura regular y 90% en estructuras irregulares.

**Tabla 137.**

Cortante Dinámico

Piso	Vx AMRE (Tn)	Vy AMRE (Tn)
Piso 4	19.102	19.404
Piso 3	43.509	40.014
Piso 2	62.339	56.598
Piso 1	73.542	66.878

**Tabla 138.**

Factor de Escala.

Dirección	V Estático (Tn)	V min (Tn)	V Dinámico (Tn)	Factor de Escala
Sismo X	85.235	76.711	73.542	1.043
Sismo Y	85.235	76.711	66.878	1.147

Obtenemos como resultado que no es necesaria aplicar un factor de escala en el sismo en X y Y debido a que está cumple con ser mayor al cortante mínimo. Sin embargo, es necesario aplicar este factor para diseño de concreto.

Análisis de Segundo Orden

Como se explicó anteriormente, el análisis de segundo orden o efecto P-Delta, en la actualización de la norma se ha retirado este requerimiento, siendo este muy importante para edificios de gran altura.

Junta sísmica

La junta sísmica es la separación de la edificación a un edificio aledaño. Esta se calcula con las siguientes expresiones en unidades de centímetros.

$$S_{\text{final}} = 6.48 \text{ cm}$$

### Comparación de Resultados

Realizamos la comparación de los resultados obtenidos para observar la variación de los resultados. A continuación, se presenta:

### Comparación de Cortante Basal.

**Tabla 139.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en X-Y Vivienda 1.

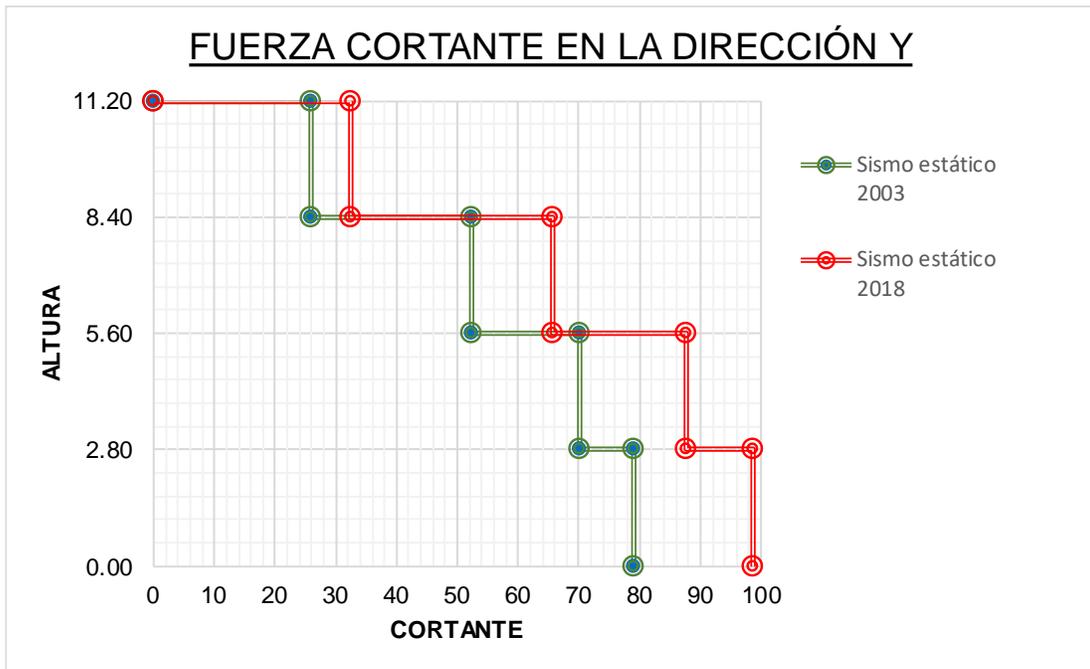
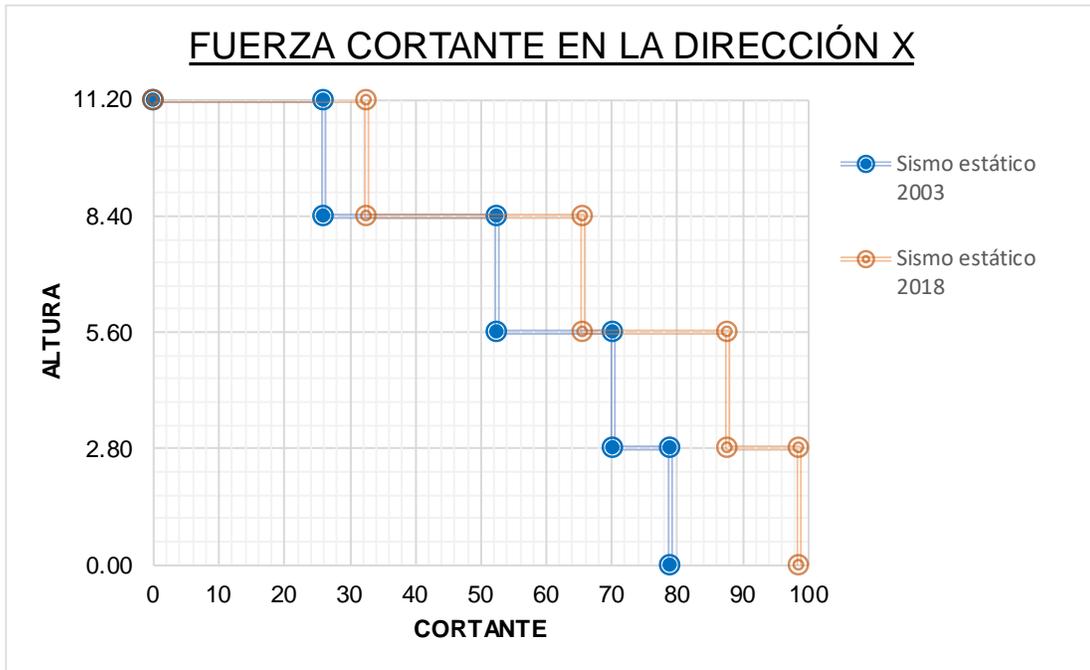
<b>Sismo estático 2003</b>			
X		Y	
H	Fi	H	Fi
11.20	25.96	11.20	25.96
8.40	52.47	8.40	52.47
5.60	70.14	5.60	70.14
2.80	78.98	2.80	78.98

<b>Sismo estático 2018</b>			
X		Y	
H	Fi	H	Fi
11.20	32.44	11.20	32.44
8.40	65.59	8.40	65.59
5.60	87.68	5.60	87.68
2.80	98.73	2.80	98.73

**Figura 47.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en X-Y Vivienda 1.



**Tabla 140.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en X-Y Vivienda 2.

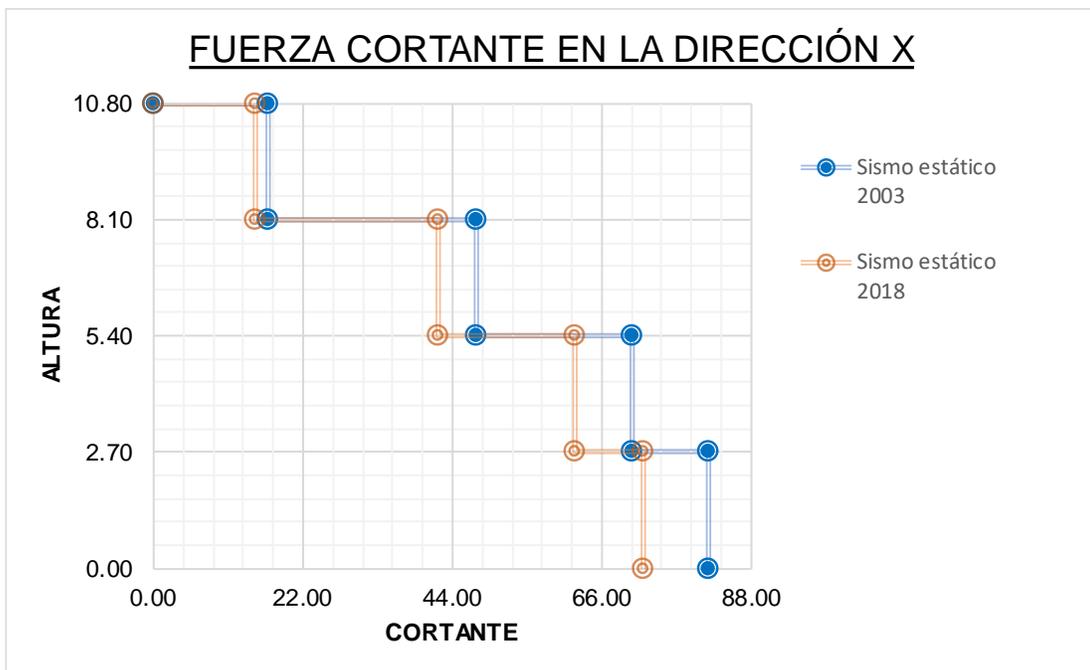
<b>Sismo estático 2003</b>			
X		Y	
H	Fi	H	Fi
10.80	16.92	10.80	16.92
8.10	47.61	8.10	47.61
5.40	70.41	5.40	70.41
2.70	81.74	2.70	81.74

<b>Sismo estático 2018</b>			
X		Y	
H	Fi	H	Fi
10.80	14.93	10.80	14.93
8.10	42.01	8.10	42.01
5.40	62.13	5.40	62.13
2.70	72.13	2.70	72.13

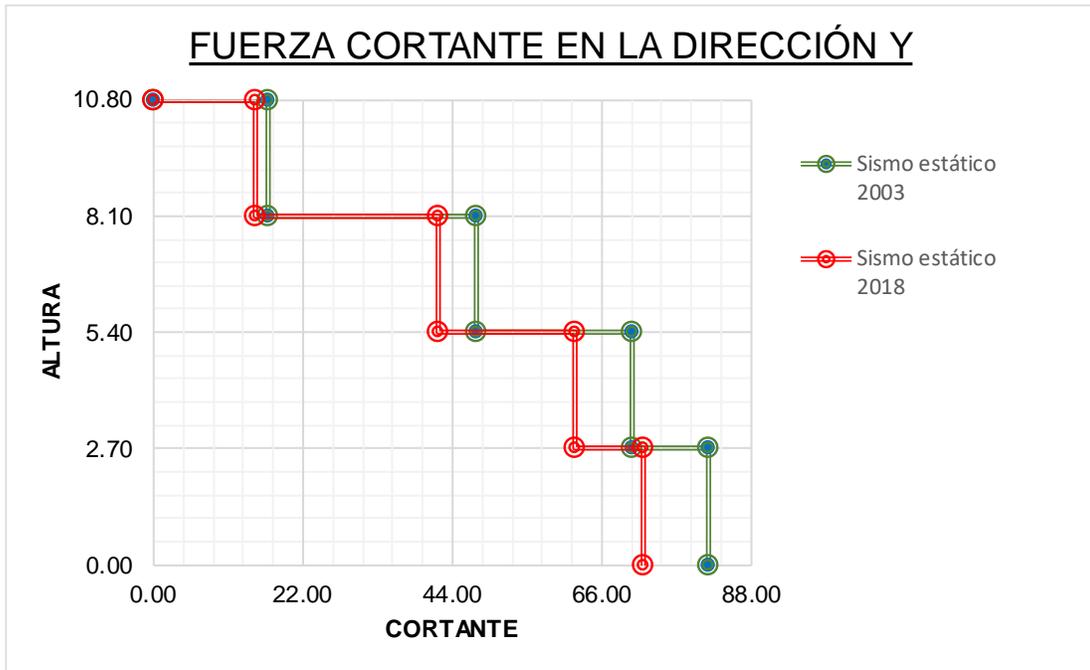
**Figura 48.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en X Vivienda 2.



**Figura 49.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Y Vivienda 2.



**Tabla 141.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en X-Y Vivienda 3.

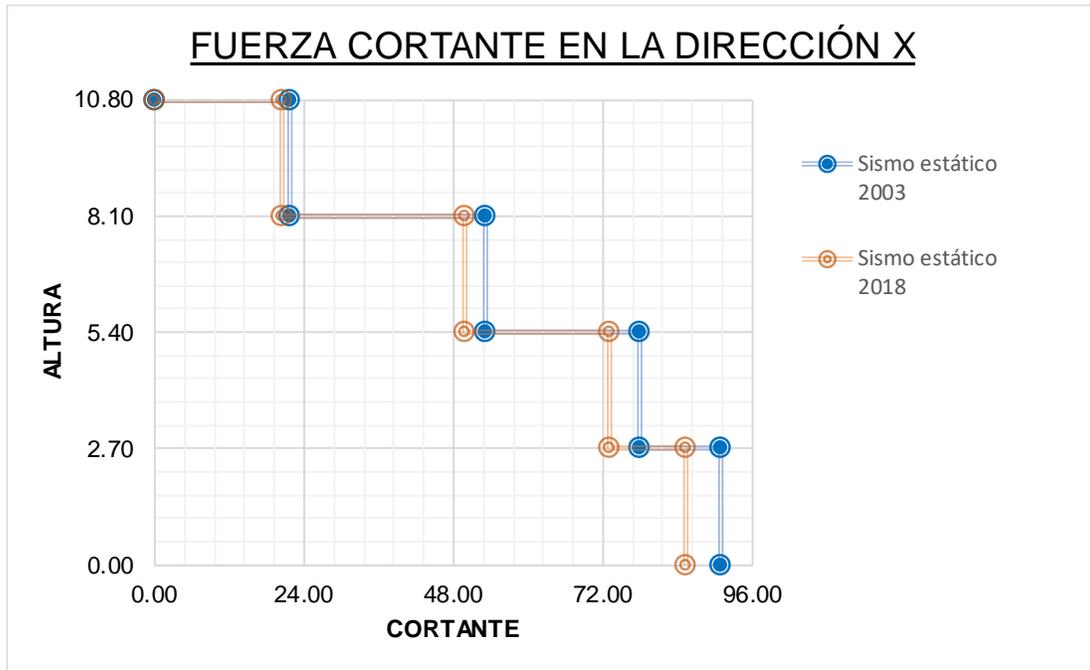
<b>Sismo estático 2003</b>			
X		Y	
H	Fi	H	Fi
10.80	21.81	10.80	21.81
8.10	53.24	8.10	53.24
5.40	77.97	5.40	77.97
2.70	90.92	2.70	90.92

<b>Sismo estático 2018</b>			
X		Y	
H	Fi	H	Fi
10.80	20.44	10.80	20.44
8.10	49.91	8.10	49.91
5.40	73.09	5.40	73.09
2.70	85.23	2.70	85.23

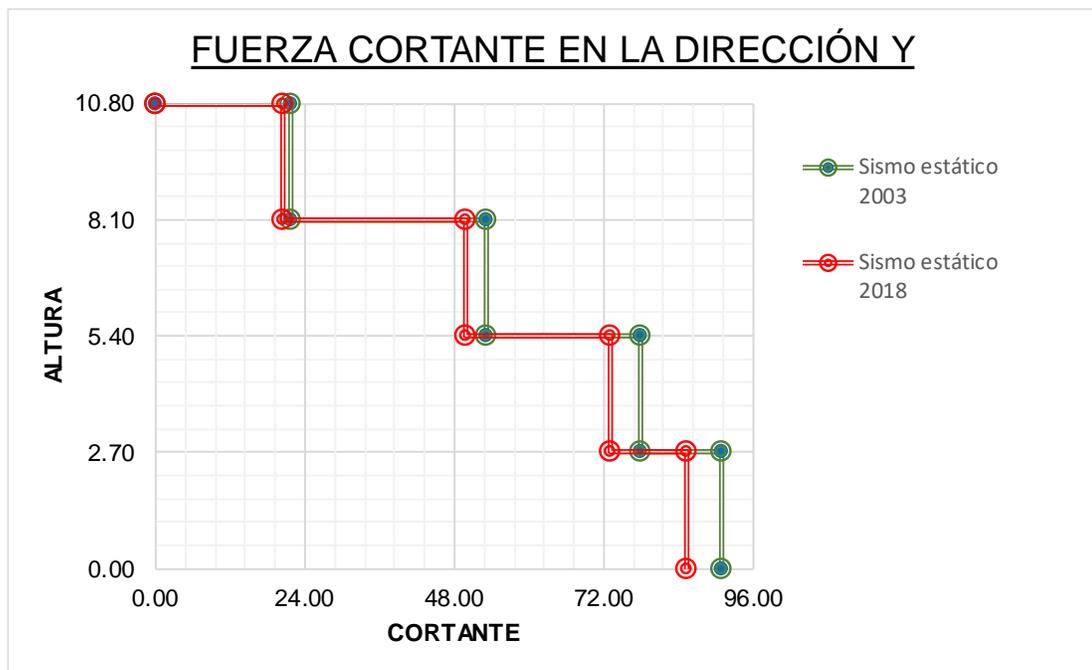
**Figura 50.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en X Vivienda 3.



**Figura 51.**

Distribución de la Fuerza Sísmica en Y Vivienda 3.



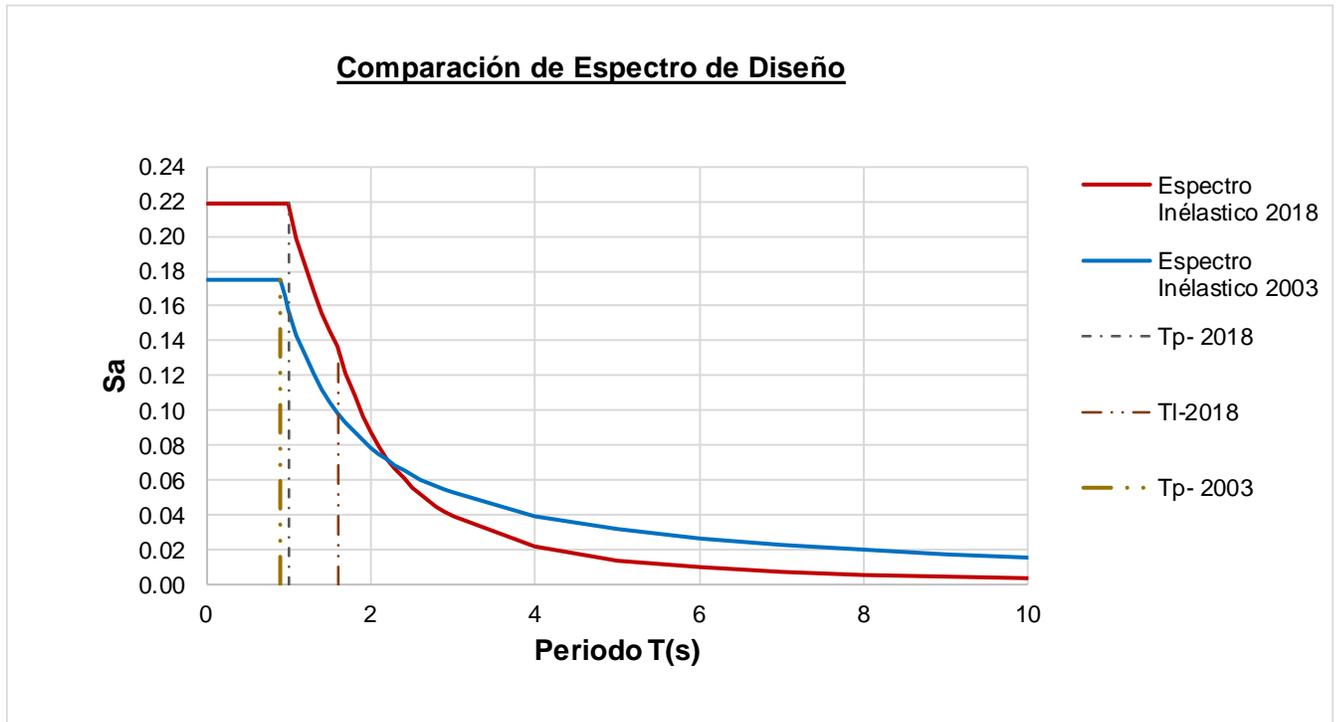
Se observa que en el caso de la vivienda 1, las cortantes por sismo estático E.030 2018, supera en gran medida al las cortantes por sismo estático E.030 2003, esto debido a que son afectados por los factores de irregularidad extremos. Lo que no sucede en la vivienda 2 y 3. La vivienda dos queda con mayores cortantes por sismo estático E.030 2003, esto debido a que el sismo estático E.030 2018 solo se afecta por una irregularidad normal. En el caso de la vivienda 3, se considera irregularidades en ambos sismos y se observa que a pesar de que el sismo estático E.030 2018 sea afectado por un factor de irregularidad de tipo extrema, no llega a superar al cortante por sismo estático E.030 2003 afectado por su respectivo factor de irregularidad.

### Espectro de Diseño

A continuación, se presenta la comparación de los Espectros de Diseño por cada vivienda.

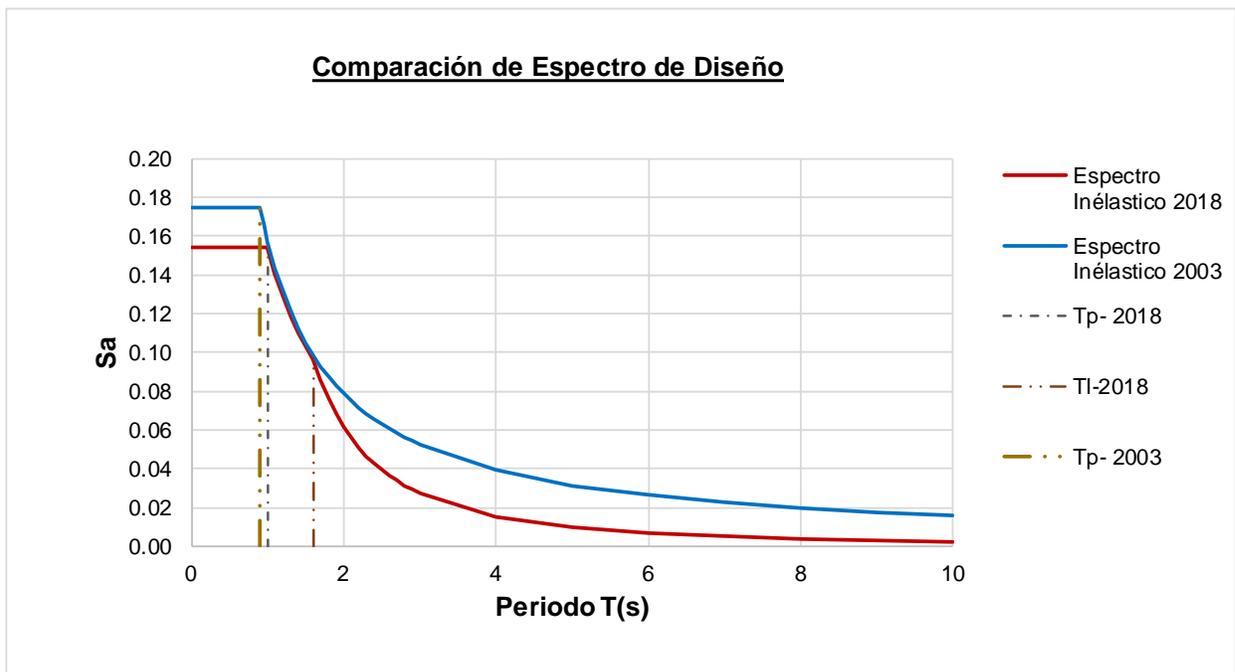
### **Figura 52.**

Espectro de Diseño Vivienda 1.



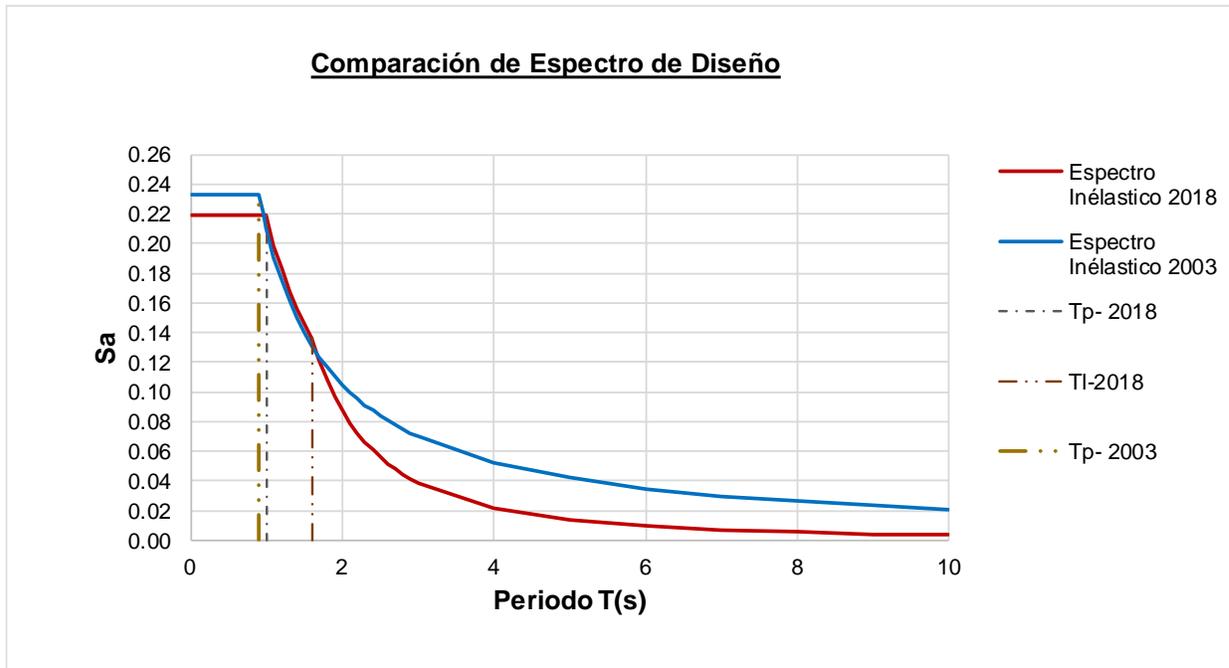
**Figura 53.**

Espectro de Diseño Vivienda 2.



**Figura 54.**

Espectro de Diseño Vivienda 3.



Observamos que, al igual que la comparación de las cortantes la vivienda 1, posee un mayor Espectro de pseudo-aceleración por E.030 2018, que por E.030 2003 debido al mismo caso que la comparación de las cortantes, por el factor de irregularidad extrema. Por el mismo caso el Espectro de pseudo-aceleración por E.030 2018 para la vivienda 2 y 3, es menor que E.030 2003.

Factores de Irregularidad

A continuación, se presenta la comparación de los Factores de Irregularidad por cada vivienda.

**Tabla 142.**

Factores de Irregularidad Vivienda 1

E.030 2003		E.030 2018	
F. Irregularidad		la	lp
1		1	0.6

**Tabla 143.**

Factores de Irregularidad Vivienda 2

E.030 2003		E.030 2018	
F. Irregularidad		la	lp
1		1	0.85

**Tabla 144.**

Factores de Irregularidad Vivienda 3

E.030 2003		E.030 2018	
F. Irregularidad		la	lp
0.75		1	0.6

Factor de Reducción

A continuación, se presenta la comparación de los Factores de Reducción Inicial, Factor final de irregularidad y el Factores de Reducción final por cada vivienda.

**Tabla 145.**

Factor de Reducción R. Vivienda 1

E.030 2003		E.030 2018	
Ro	8.00	Ro	8.00
F.I.	1	F.I.	0.6
R	8.00	R	4.80

**Tabla 146.**

Factor de Reducción R. Vivienda 2

E.030 2003		E.030 2018	
Ro	8.00	Ro	8.00
F.I.	1	F.I.	0.85
R	8.00	R	6.80

**Tabla 147.**

Factor de Reducción R. Vivienda 3.

E.030 2003		E.030 2018	
Ro	8.00	Ro	8.00
F.I.	0.75	F.I.	0.6
R	6.00	R	4.80

Se observa que los factores R son menores en la actualización de la presente normativa, siendo que los factores de irregularidad de E.030 2018 generan una mayor disminución en el factor R.

### Derivas

A continuación, se presenta la comparación de las distorsiones de entrepiso finales por Sismo Dinámico de Respuesta Espectral para cada vivienda.

**Tabla 148.**

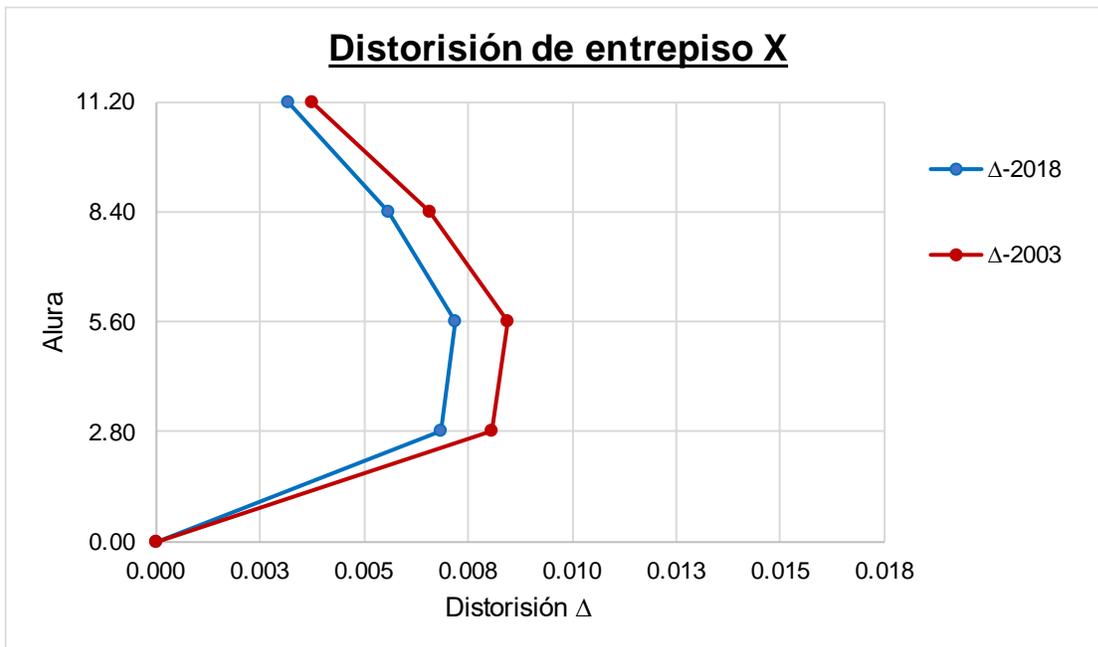
Derivas Vivienda 1

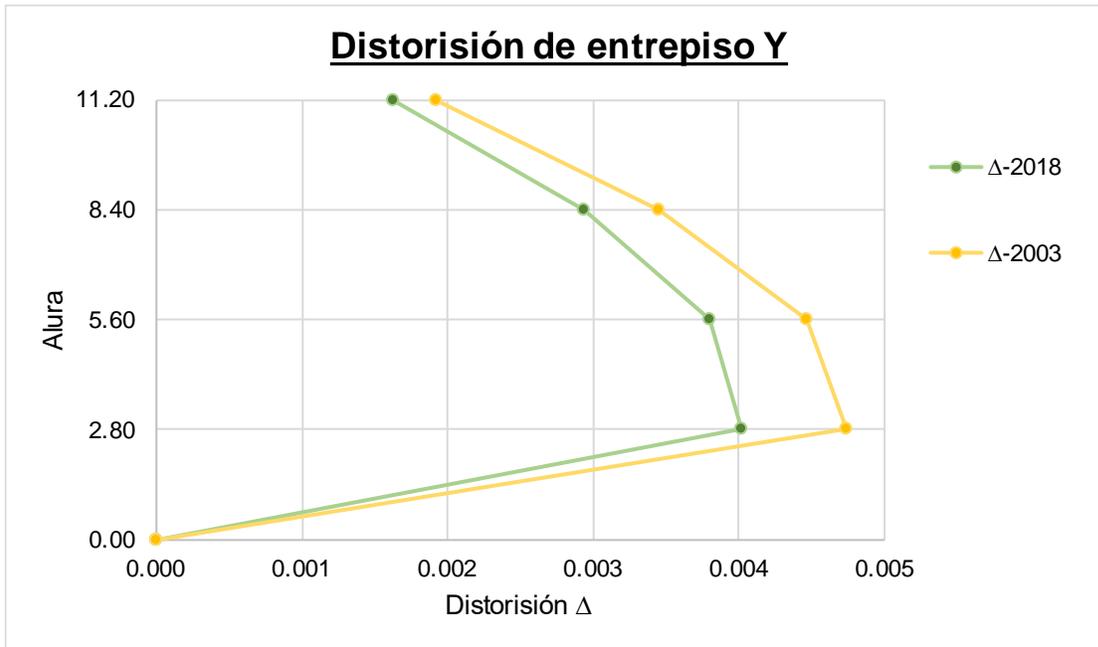
X			Y		
h	$\Delta$ -2018	$\Delta$ máx	h	$\Delta$ -2018	$\Delta$ máx
11.20	0.003	0.007	11.20	0.002	0.007
8.40	0.006	0.007	8.40	0.003	0.007
5.60	0.007	0.007	5.60	0.004	0.007
2.80	0.007	0.007	2.80	0.004	0.007
0.00	0.000	0.007	0.00	0.000	0.007

X			Y		
h	$\Delta$ -2003	$\Delta$ máx	h	$\Delta$ -2003	$\Delta$ máx
11.20	0.004	0.007	11.20	0.002	0.007
8.40	0.007	0.007	8.40	0.003	0.007
5.60	0.008	0.007	5.60	0.004	0.007
2.80	0.008	0.007	2.80	0.005	0.007
0.00	0.000	0.007	0.00	0.000	0.007

**Figura 55.**

Derivas Vivienda 1





**Tabla 149.**

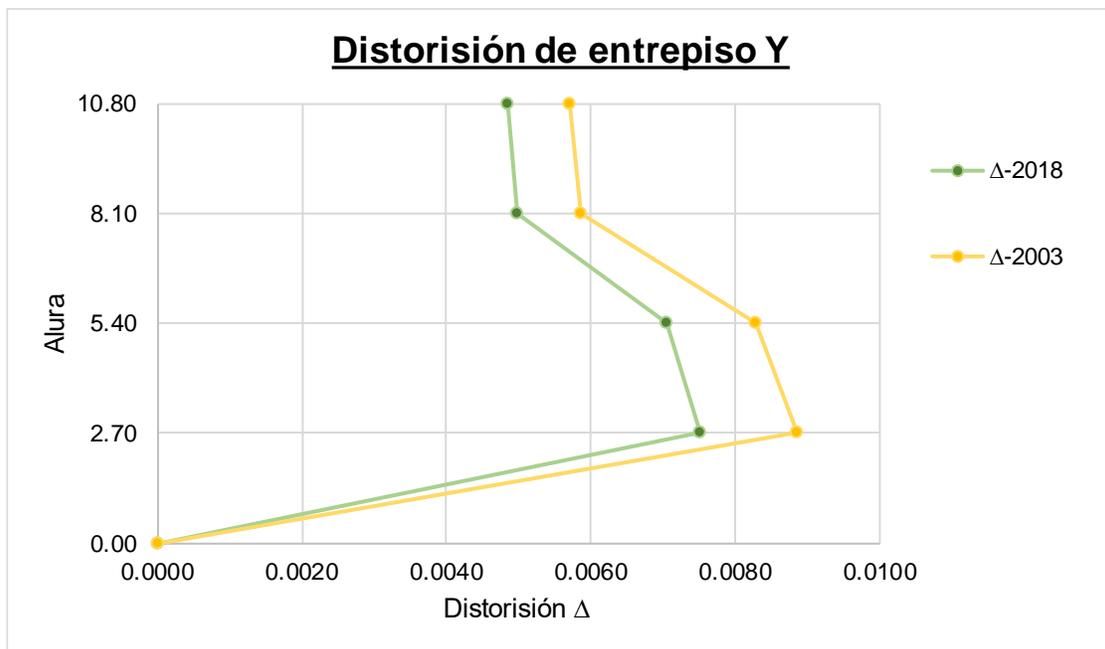
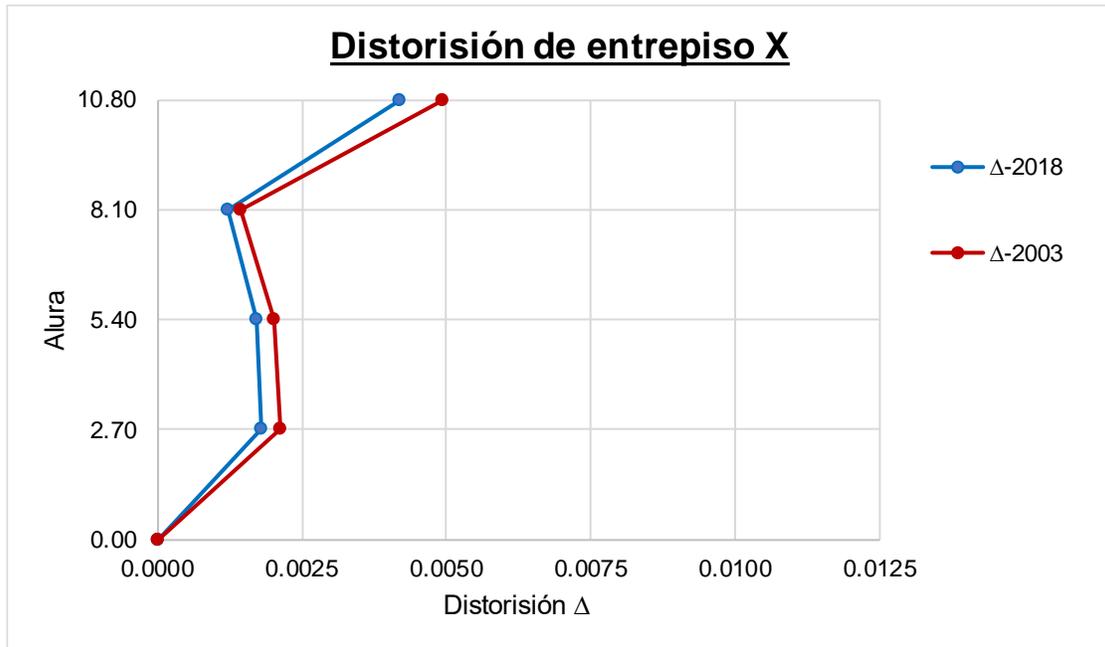
Derivas Vivienda 2

X			Y		
h	Δ-2003	Δ máx	h	Δ-2003	Δ máx
10.80	0.005	0.007	10.80	0.006	0.007
8.10	0.001	0.007	8.10	0.006	0.007
5.40	0.002	0.007	5.40	0.008	0.007
2.70	0.002	0.007	2.70	0.009	0.007
0.00	0.000	0.007	0.00	0.000	0.007

X			Y		
h	Δ-2018	Δ máx	h	Δ-2018	Δ máx
10.80	0.0042	0.0070	10.80	0.0049	0.007
8.10	0.0012	0.0070	8.10	0.0050	0.007
5.40	0.0017	0.0070	5.40	0.0071	0.007
2.70	0.0018	0.0070	2.70	0.0075	0.007
0.00	0.0000	0.0070	0.00	0.0000	0.007

**Figura 56.**

Derivas Vivienda 2



**Tabla 150.**

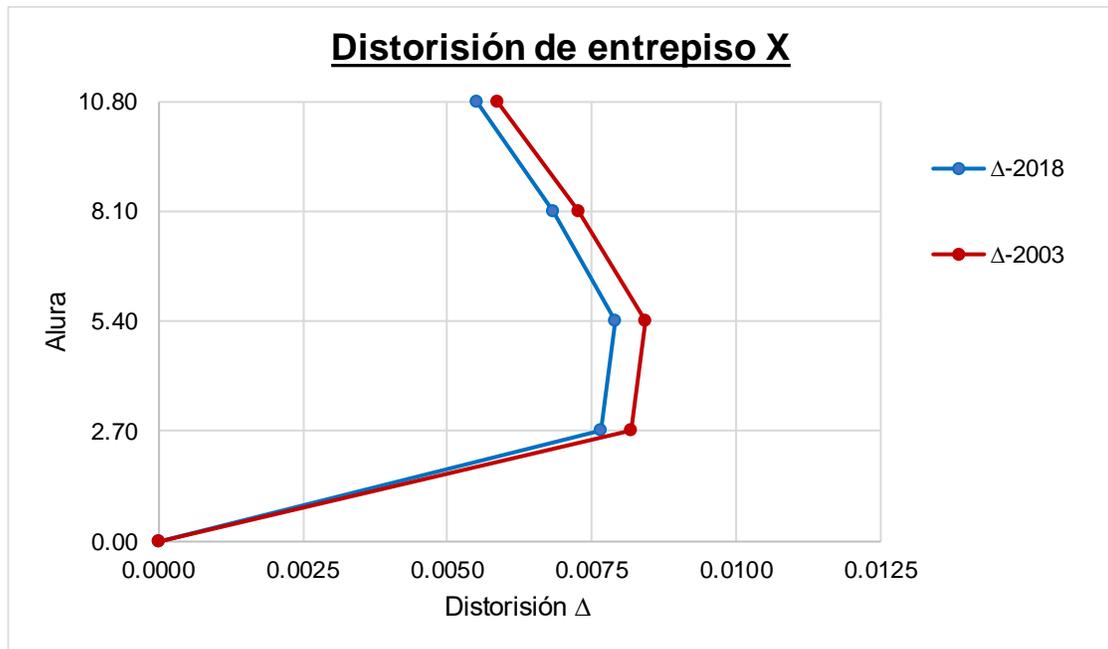
Derivas Vivienda 3.

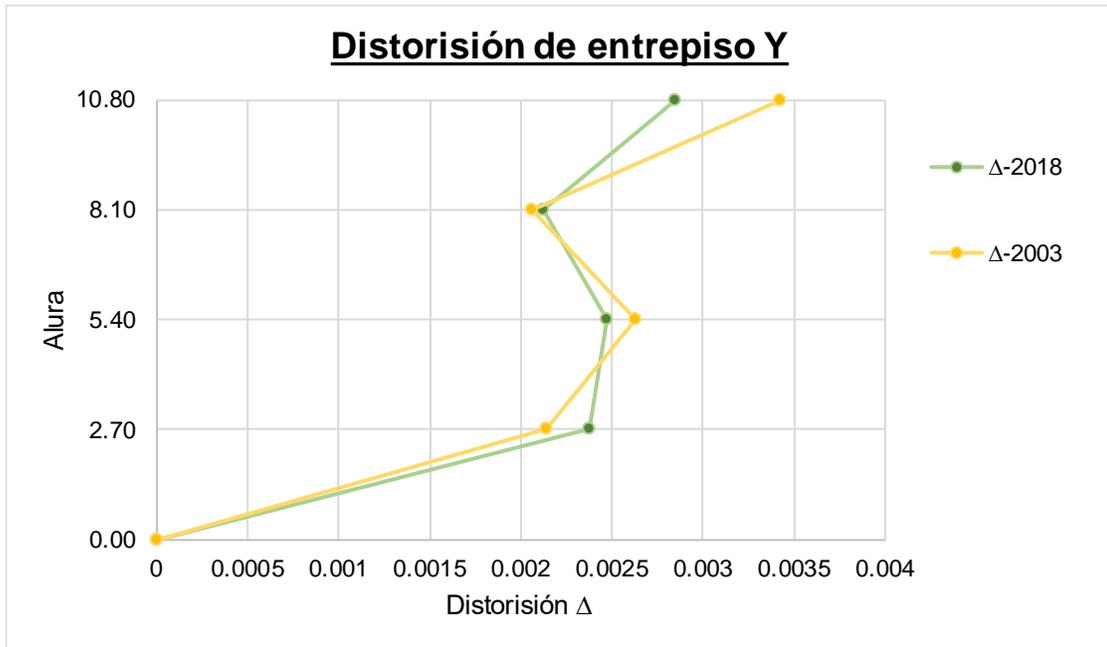
X			Y		
h	$\Delta$ -2003	$\Delta$ máx	h	$\Delta$ -2003	$\Delta$ máx
10.80	0.00588	0.007	10.80	0.00342	0.007
8.10	0.00728	0.007	8.10	0.00207	0.007
5.40	0.00844	0.007	5.40	0.00263	0.007
2.70	0.00817	0.007	2.70	0.00214	0.007
0	0	0.007	0	0	0.007

X			Y		
h	$\Delta$ -2018	$\Delta$ máx	h	$\Delta$ -2018	$\Delta$ máx
10.80	0.0055	0.0070	10.8	0.0028485	0.007
8.10	0.0068	0.0070	8.1	0.002124	0.007
5.40	0.0079	0.0070	5.4	0.002475	0.007
2.70	0.0077	0.0070	2.7	0.002376	0.007
0.00	0.0000	0.0070	0	0	0.007

Figura 57.

Derivas Vivienda 3





Como se observa las derivas calculadas por Análisis Modal de respuesta espectral son mayores en el caso generado por E.030 2003, esto debido a que se calcularon aplicando el artículo 16, que multiplica el factor R por 0.75 y por el desplazamiento. Sucediendo un caso distinto en la actualización de la norma, esto debido a que el artículo 32, que diferencia las estructuras irregulares multiplicando 0.85 por R por los desplazamientos y los desplazamientos R por 0.75 si son Regulares.

Cortante Dinámica

A continuación, se presenta la comparación de las cortantes por Sismo Dinámico de Respuesta Espectral para cada vivienda.

**Tabla 151.**

Cortante Dinámico Vivienda 1

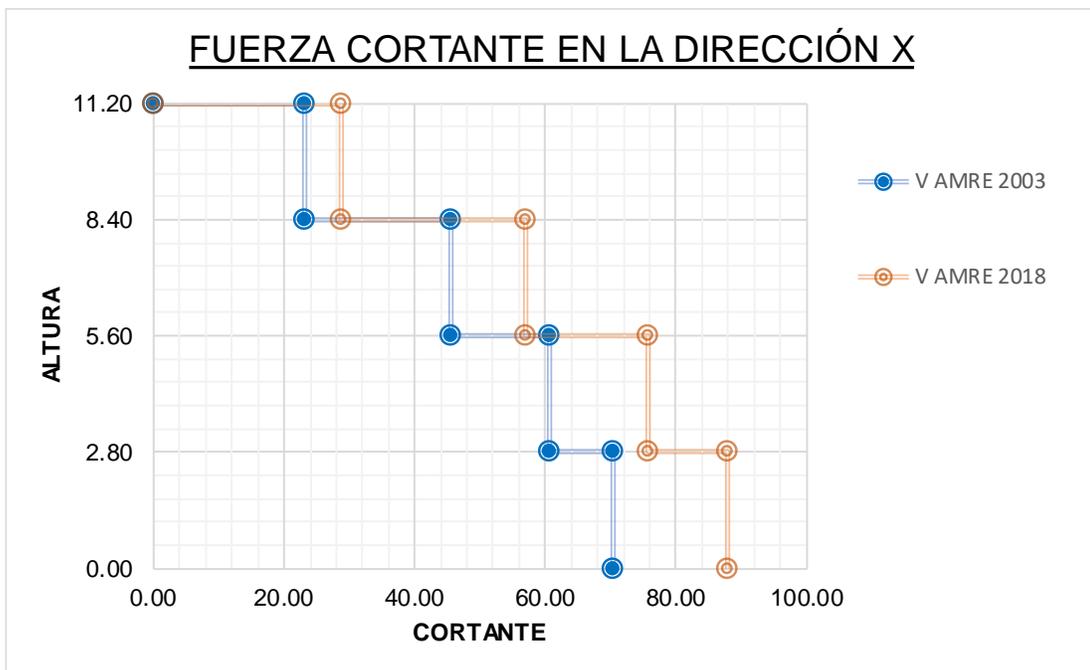
V AMRE 2003			
X		Y	
H	Fi	H	Fi
11.20	23.05	11.20	22.79
8.40	45.58	8.40	45.88
5.60	60.69	5.60	61.35
2.80	70.31	2.80	71.96

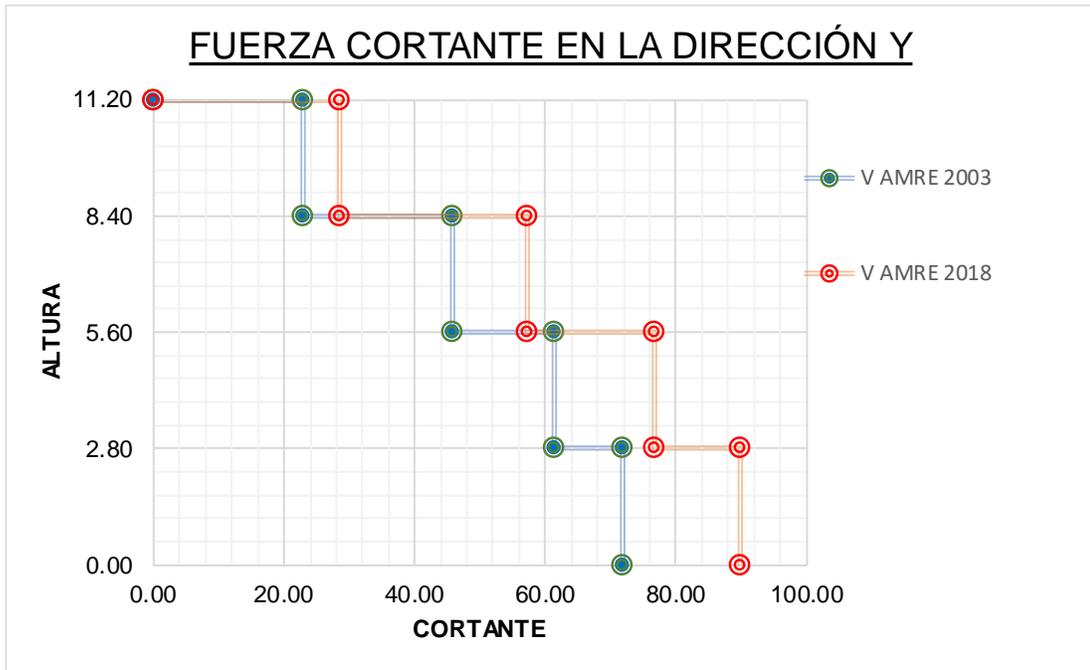
  

V AMRE 2018			
X		Y	
H	Fi	H	Fi
11.20	28.80627	11.20	28.48541
8.40	56.9756	8.40	57.34993
5.60	75.86239	5.60	76.68292
2.80	87.88534	2.80	89.94795

**Figura 58.**

Cortante Dinámico Vivienda 1





**Tabla 152.**

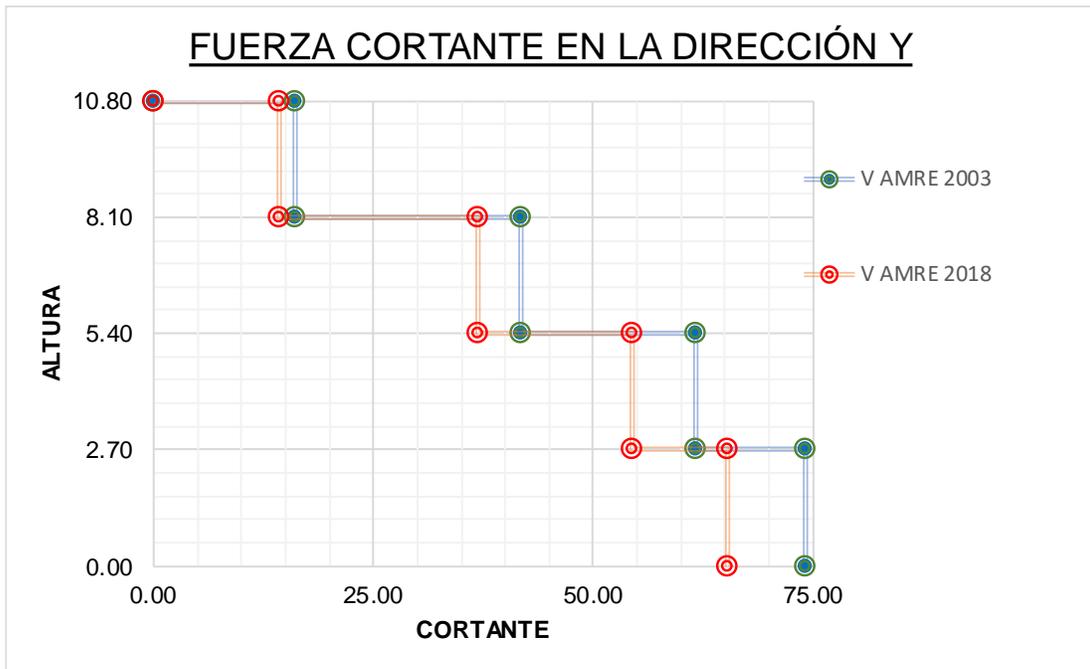
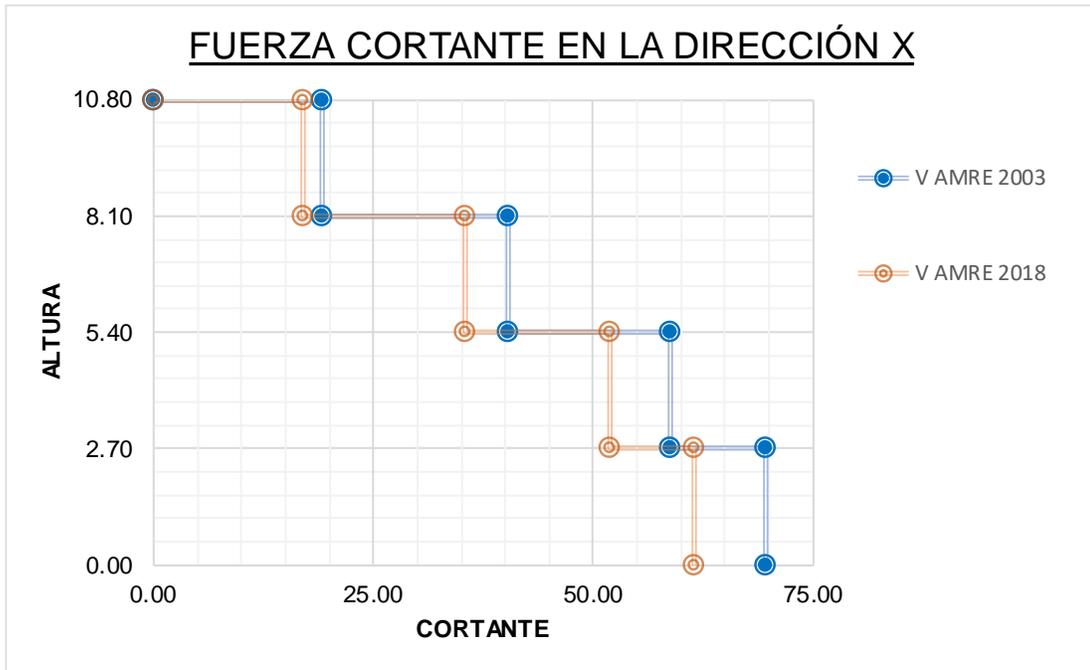
Cortante Dinámico Vivienda 2

V AMRE 2003			
X		Y	
H	Fi	H	Fi
10.80	19.20	10.80	16.11
8.10	40.26	8.10	41.79
5.40	58.83	5.40	61.66
2.70	69.69	2.70	74.07

V AMRE 2018			
X		Y	
H	Fi	H	Fi
10.80	16.94243	10.80	14.21837
8.10	35.52726	8.10	36.87791
5.40	51.91261	5.40	54.40852
2.70	61.49512	2.70	65.35453

**Figura 59.**

Cortante Dinámico Vivienda 2



**Tabla 153.**

Cortante Dinámico Vivienda 3.

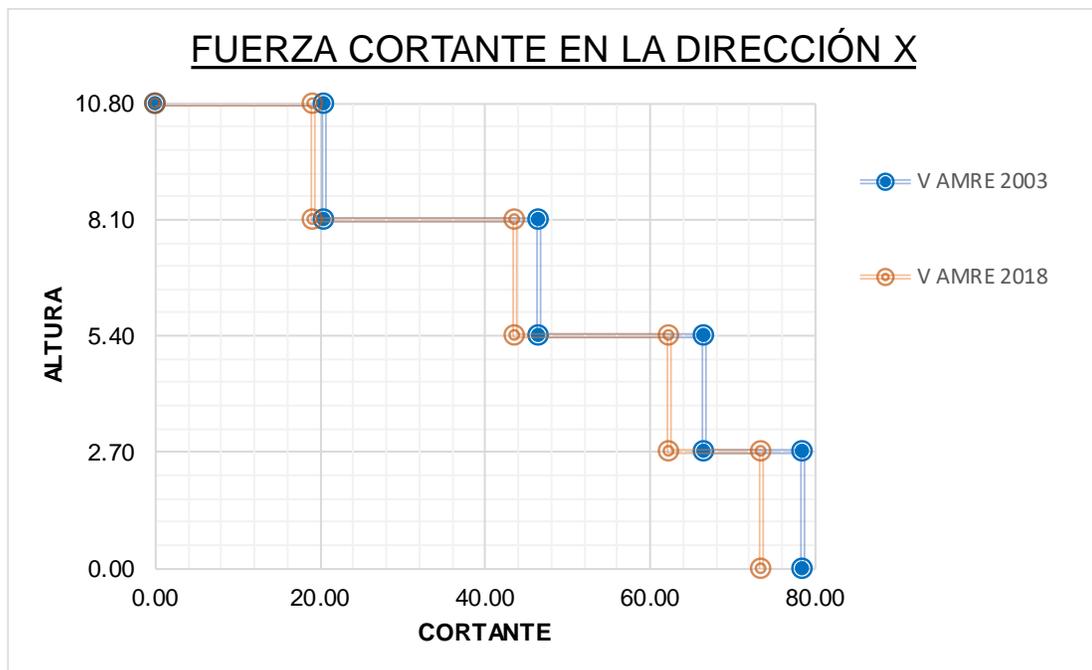
V AMRE 2003			
X		Y	
H	Fi	H	Fi
10.80	20.38	10.80	20.70
8.10	46.41	8.10	42.68
5.40	66.50	5.40	60.37
2.70	78.44	2.70	71.34

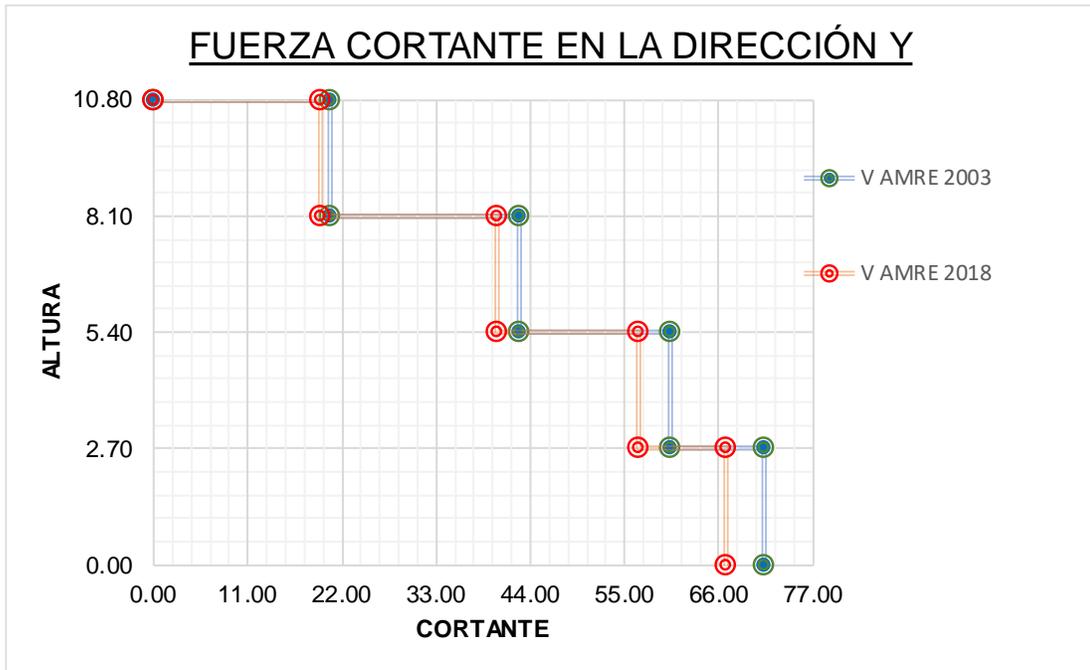
  

V AMRE 2018			
X		Y	
H	Fi	H	Fi
10.80	19.10165	10.80	19.40404
8.10	43.50906	8.10	40.01406
5.40	62.33926	5.40	56.59796
2.70	73.54158	2.70	66.87751

**Figura 60.**

Cortante Dinámico Vivienda 3





Obtenido un resultado similar al de las cortantes por sismo estático, con la vivienda 1, recibiendo una mayor respuesta por E.030 2018. Siendo el caso contrario para las viviendas 2 y 3.

### Junta Sísmica

En el caso de ambas normativas, método de cálculo ha cambiado siendo que la se obtiene una mayor junta sísmica por la actualización de la norma E.030.

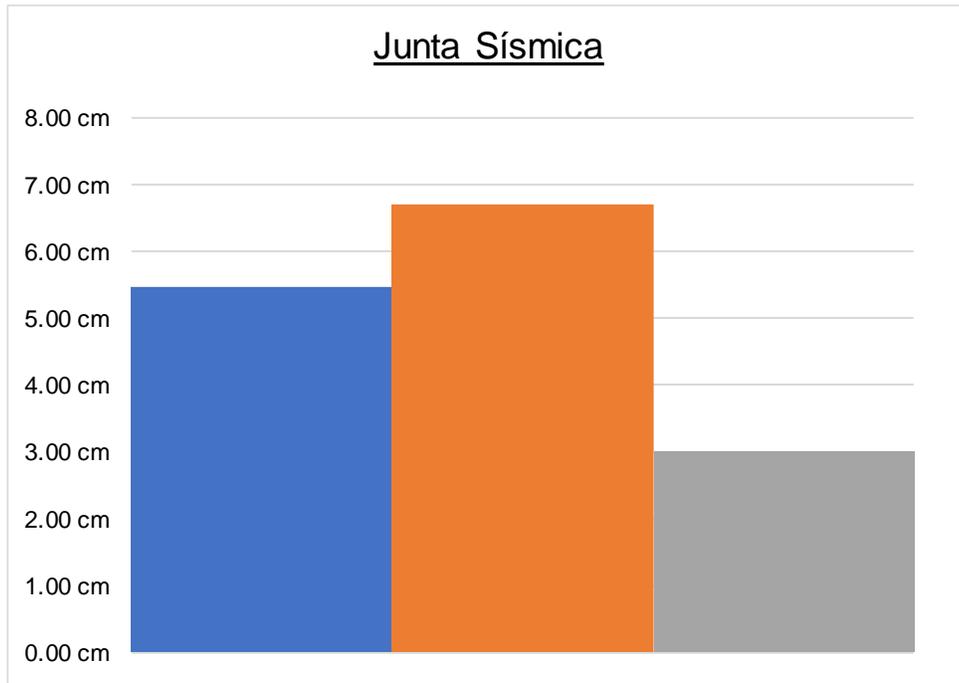
### **Tabla 154.**

Junta Sísmica

E.030 2003	5.48 cm
E.030 2018	6.72 cm
Mínima	3.00 cm

### **Figura 61.**

Junta Sísmica



Se observa que las viviendas en estudiadas no cuentan con una separación adecuada, siendo esta muy importante para evitar efector de golpeteo por edificaciones aledañas.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Discusión

Dentro de las limitaciones encontradas a lo largo de la elaboración de la presente tesis, encontramos ciertas características de las edificaciones que no fueron corroboradas, como son, la cantidad de acero de refuerzo exacto, la cual fue un limitante presente en la elaboración de nuestros cálculos, además tuvimos, que dentro de los procesos constructivos que se realizó en la elaboración de las edificaciones no pudimos corroborar ni obtener, las dosificaciones y resistencias del concreto, por otro lado, las visitas fueron limitadas, por la emergencia sanitaria que estamos atravesando, puesto que el desarrollo de la tesis, fue en inmediaciones del año 2021.

De acuerdo con los resultados obtenidos, pudimos observar que si bien la actualización de la Norma Técnica Peruana E.030, actualizó y adicionó parámetros sísmicos, como fueron agregar una nueva división de zona, adicionar el factor TL, actualizar fórmulas para el cálculo del factor C, Factores específicos de irregularidad, restricciones estructurales entre otros, los resultados obtenidos por la Norma Técnica Peruana E.030 2003, en las condiciones establecidas no genera una mayor respuesta sísmica que la Norma Técnica Peruana E.030 2018, salvo esté afectada por los factores de irregularidad extrema, los cuales la misma Norma Técnica Peruana E.030 2018 restringe para edificaciones para viviendas en la ciudad de Cajamarca.

En el análisis de la irregularidad torsional se encontró que este último era el que mayor incidencia tiene en el cambio pues con la propuesta de norma E.030 del 2016 la edificación posee irregularidad torsional, sin embargo, al cambiar el análisis de esta irregularidad por el de la norma E.030 2003, la edificación cambia a ser regular (Villegas, 2019). La presente investigación coincide con el estudio previo, los factores de irregularidad torsional con la norma E.030 2018

pero al realizar le mismo análisis con la norma E.030 2003, esta no posee. Siendo esta la causa de que se apliquen los factores actualizados de irregularidad.

En comparación la E.030 2003 y 2016 consideran que la cortante basal mínima es igual al 80% de la cortante estática, mientras que la E.030 2017 considera el 90% de la cortante estática (Villegas, 2019). Los resultados muestran que la E.030 2003 presenta una necesidad mínima de cortante basal del 80%, mientras que la E.030 2018, necesita del 90% debido a su irregularidad.

En comparación la E.030 2003 y la propuesta de norma E.030 2014, la propuesta de norma presenta ventajas como mejorar el comportamiento sísmico de todo el edificio con la nueva metodología de calcular su coeficiente de reducción de fuerza sísmica, las nuevas disposiciones y restricciones que se propone, así como los factores de corrección en los desplazamientos tanto para estructuras regulares como irregulares confirman que es conveniente realizar diseños una vez que sea aprobada (Quispe, 2015). Debido a que en la actualización de la normativa dada podemos observar una mejor y más precisa respuesta ante un sismo con la cual se puede obtener diseños más precisos y seguros para la vida humana.

Los resultados a nivel de derivas de entrepiso y centros de masa en un edificio respecto las normas E-030 2006 y E-030 2016 del edificio en la ciudad de Cajamarca varían en 33% por cada piso, debido a que el factor para determinar las derivas de entrepiso para la E-030- 2016 resulta ser el valor R y para la norma E-030-2006 viene a ser 0.75R (Valdivia, 2019). En la presente investigación sucede de manera similar ya que para el cálculo de derivas según E.030 2018, las estructuras irregulares se multiplican 0.85 por R por los desplazamientos y los desplazamientos R por 0.75 si son Regulares. Obteniendo un mayor cálculo de derivas por la norma E.030 2003.

La implicancia teórica, está relacionada con el análisis sísmico aplicando dos versiones de la Norma E.030, con el objetivo de comprobar su conveniencia y las incidencias de la modificación de los parámetros de esta nueva norma, los resultados obtenidos afirman que la norma E.030-

2018 y la E.030-2003 son similares para las edificaciones estudiadas, pero por otro la actualización de la norma presenta ventajas como mejorar el comportamiento sísmico de todo el edificio con la actualización de la forma de calcular el coeficiente de reducción de fuerza sísmica, también las nuevas disposiciones y restricciones que se posee, así como los factores de cálculo de los desplazamientos tanto para estructuras regulares como irregulares. Esto confirma que la actualización de la norma posee mayor parentesco a una acción sísmica.

La implicancia práctica, tenemos que se verificó la respuesta estructural ante un sismo según la actual normativa, teniendo en cuenta que las edificaciones fueron planeadas para ciertas número de pisos el cuál fue excedido. Se contempla que no se cumplen con los desplazamientos máximos, esto conlleva a realizar un reforzamiento a la estructura este pudiendo ser el aumento de las dimensiones de las columnas con el método de encamisado, que consiste en quitar el tarrajeo y a partir de ahí aumentar las dimensiones de las columnas sin que estas dimensiones aumentadas superen el 50% de la sección a reforzar ni que el acero de refuerzo sea mayor al 10% del acero requerido, además de colocar o adicionar nuevos pórticos que ayuden al refuerzo ante cargas sísmicas los cuales no podrá exceder al siendo este menor al 30% de toda la estructura. También para superar los efectos de torsión, se puede realizar una demolición de las escaleras de concreto armado debido a que estas al ser losas macizas inclinadas generan una mayor rigidez hacia el lado que estas se encuentren, generando una diferencia entre el centro de rigidez y el centro de masa, de manera que se generan momentos torsores, y siendo reemplazadas por escaleras metálicas o de madera.

## Conclusiones

Se verificó que las edificaciones estudiadas no cumplen con los requerimientos actuales con mayores relevancias que son los Desplazamientos máximos permitidos por la normativa actual, los cuales se pueden considerar como fallas graves si no son debidamente rigidizadas para soportar y mejorar la respuesta estructural con las recomendaciones dadas.

Se verificó que existe diferencias en la respuesta sísmica por cada normativa debido a su modificación, al agregar una nueva zonificación reduce su factor para la actual zona 3, los parámetros de sitio como el factor S dependen del factor de zona y de las ondas de corte del suelo, así mismo los factores  $T_p$  y  $T_L$  depende del factor S, al igual que las nuevas ecuaciones para el factor C y la adición de los factores de irregularidad que afectan al factor R. Con esto se puede entender que la actualización de la norma mejorar el comportamiento Sísmico y no reforzar más la estructura.

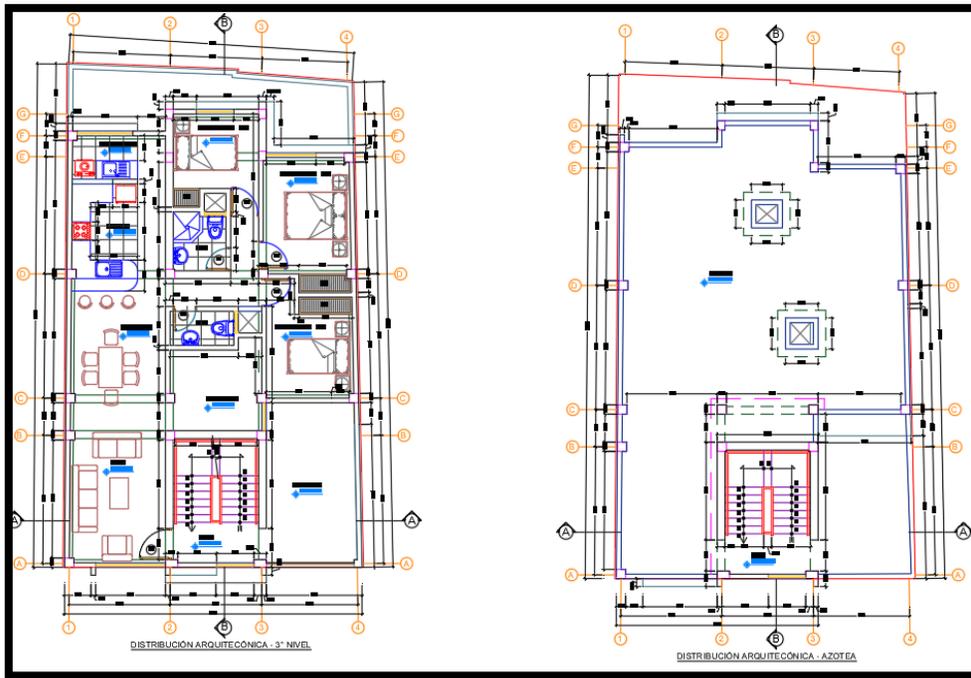
Se verificó que no existe una diferencia relevante entre el diseño de concreto armado, debido a que solo en el caso de la vivienda 1, supera los cortantes estáticos y dinámicos en comparación de la norma anterior, con la cual se puede llegar a reforzar con las indicaciones dadas anteriormente. La vivienda 2 y 3, serán reforzadas para rigidizar la estructura con el fin de que cumplan los desplazamientos máximos.

## REFERENCIAS

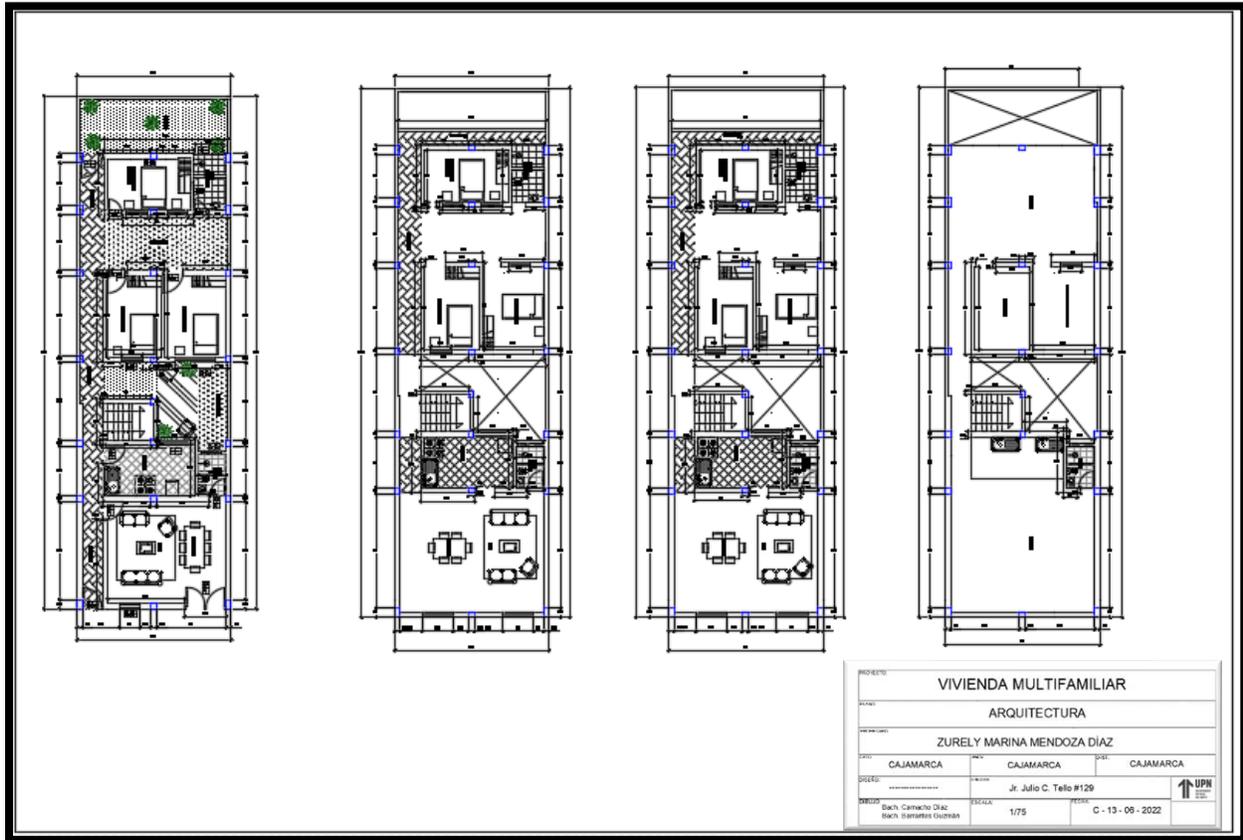
- Bim, E. (s.f.). *Espacio BIM*. Obtenido de Espacio BIM: <https://www.espaciobim.com/software-bim/cypecad-precios>
- Spain, C. (s.f.). *CSI Spain*. Obtenido de CSI Spain: <https://www.csiespana.com/software/2/sap2000>
- José Luis Beauperthuy, A. J. (s.f.). *EL EFECTO DE COLUMNA CORTA*. (2018). *NTP E-30*.
- Quispe, F. (2015). Análisis y Diseño estructural comparativo de la norma sismoresistente E.030 2014 vs E.030 2003 de un edificio multifamiliar en el distrito de Surquillo. *Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil*. Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Silva, O. J. (s.f.). *360 EN CONCRETO*. Obtenido de 360 EN CONCRETO: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/usos-frecuentes-sistemas-combinado-y-dual>
- Tacuche Paredes, J. (2019). *Análisis comparativo del diseño estructural de un edificio de concreto*. Lima .
- Tavera, H. (2019). *Sociedad Geológica del Perú*. Obtenido de Sociedad Geologica del Peru: <https://www.sgp.org.pe/alerta-peru-un-pais-altamente-sismico/>
- Valdivia, J. (2019). ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES DE ESTRUCTURA IRREGULAR SEGÚN. *Tesis para obter el grado académico de Ingeniero Civil*. Universidad Nacional de Cajamarca., Cajamarca.
- Villegas, K. C. (2019). COMPARACIÓN EN EL ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA ESTRUCTURA. *Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, Lima.

## ANEXOS

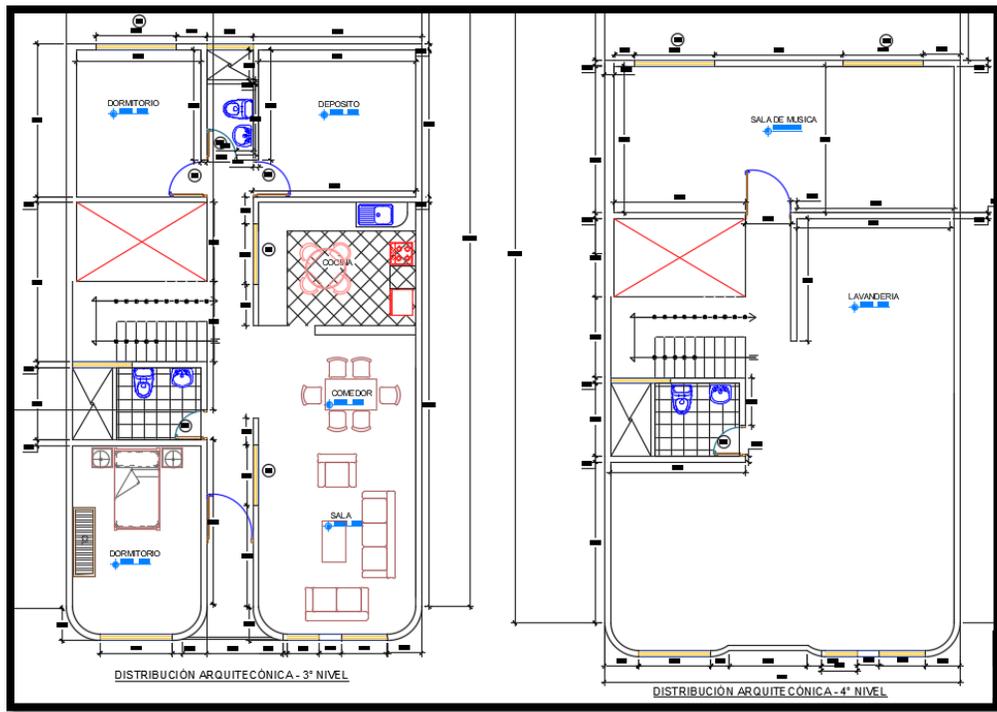
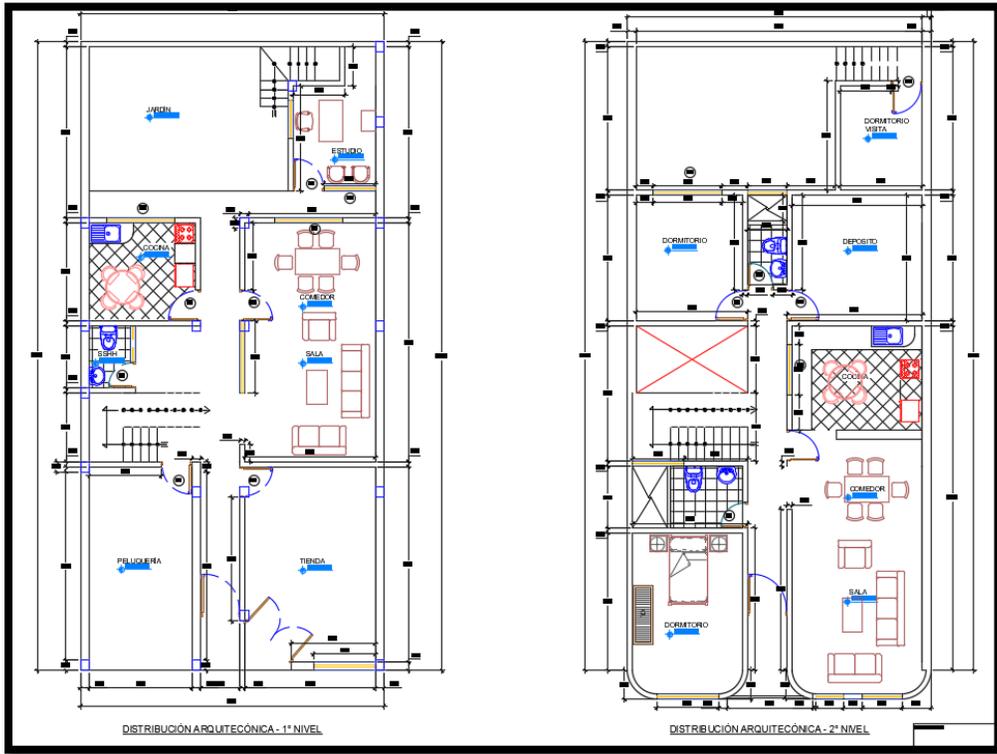
### Anexo 01: Plano de Arquitectura Vivienda 01.



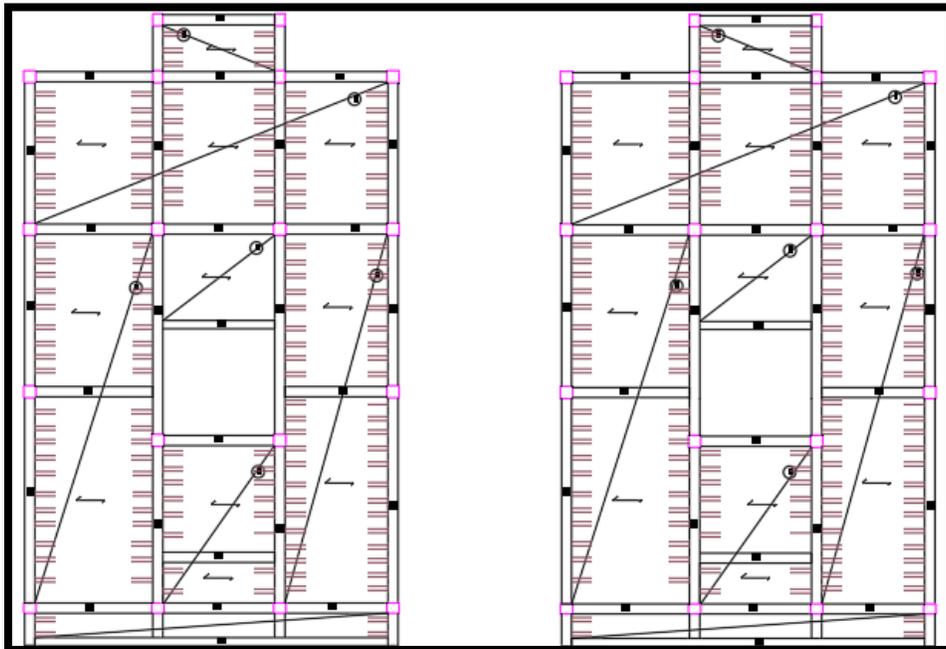
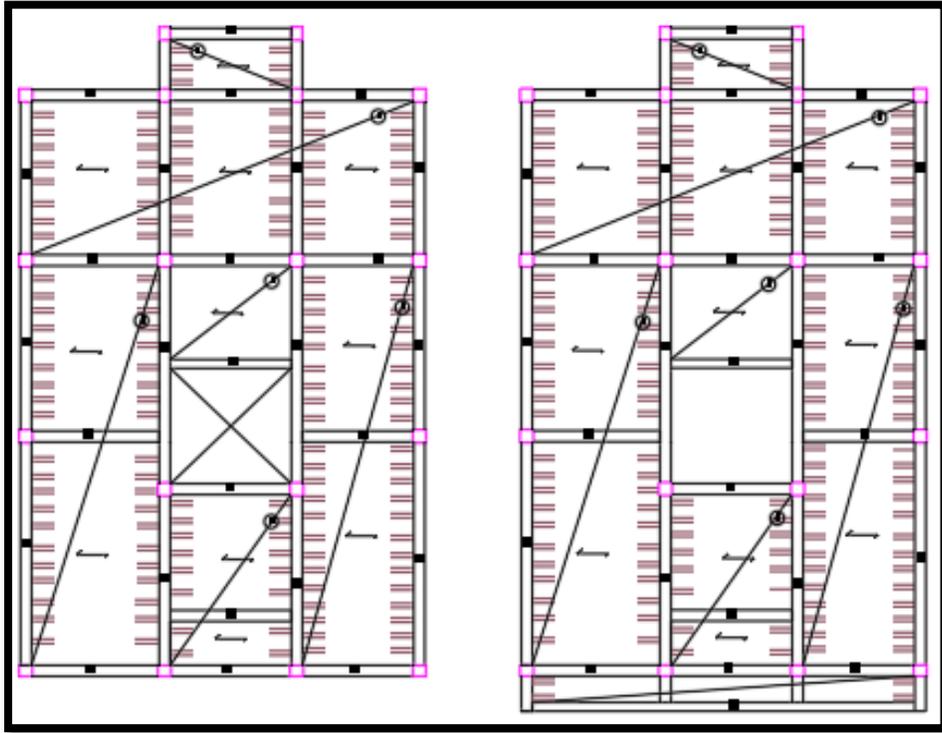
Anexo 02: Plano de Arquitectura Vivienda 02.



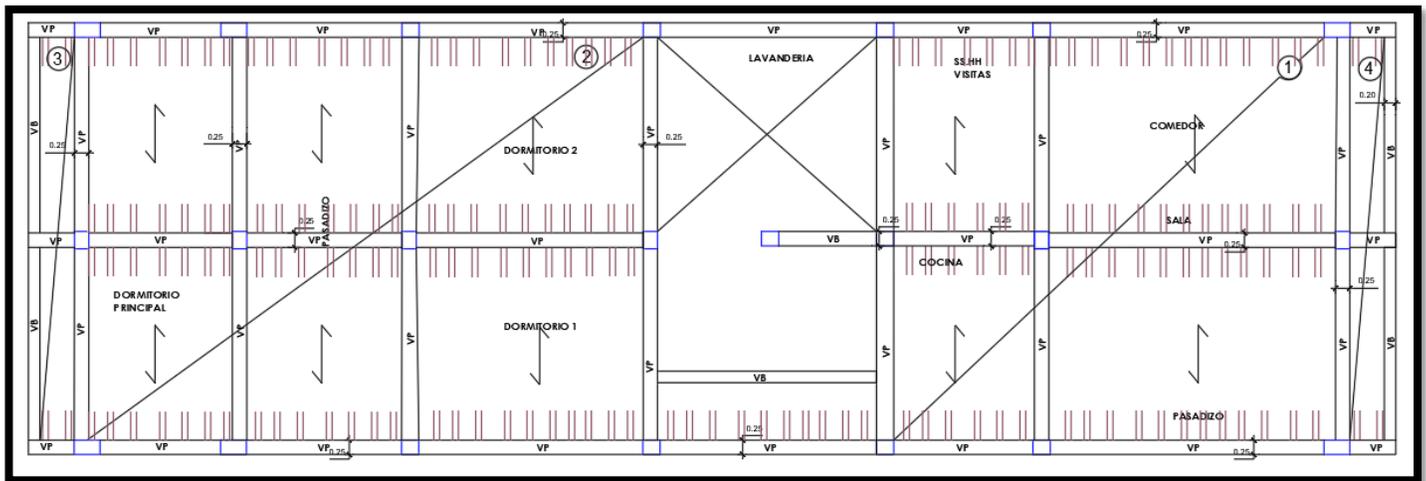
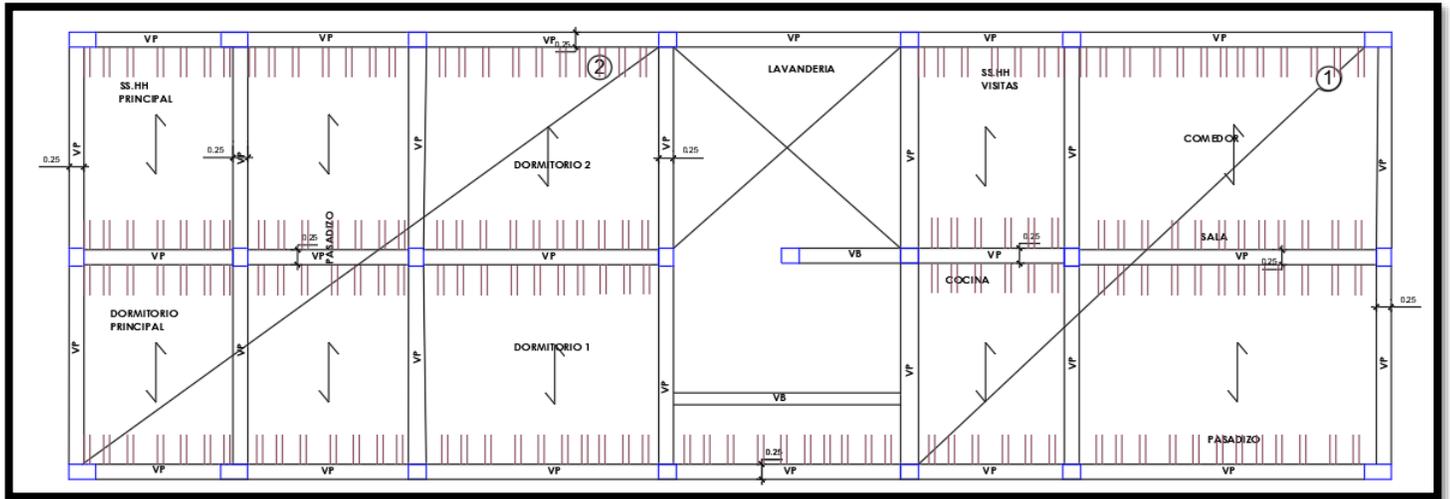
Anexo 03: Plano de Arquitectura Vivienda 03.

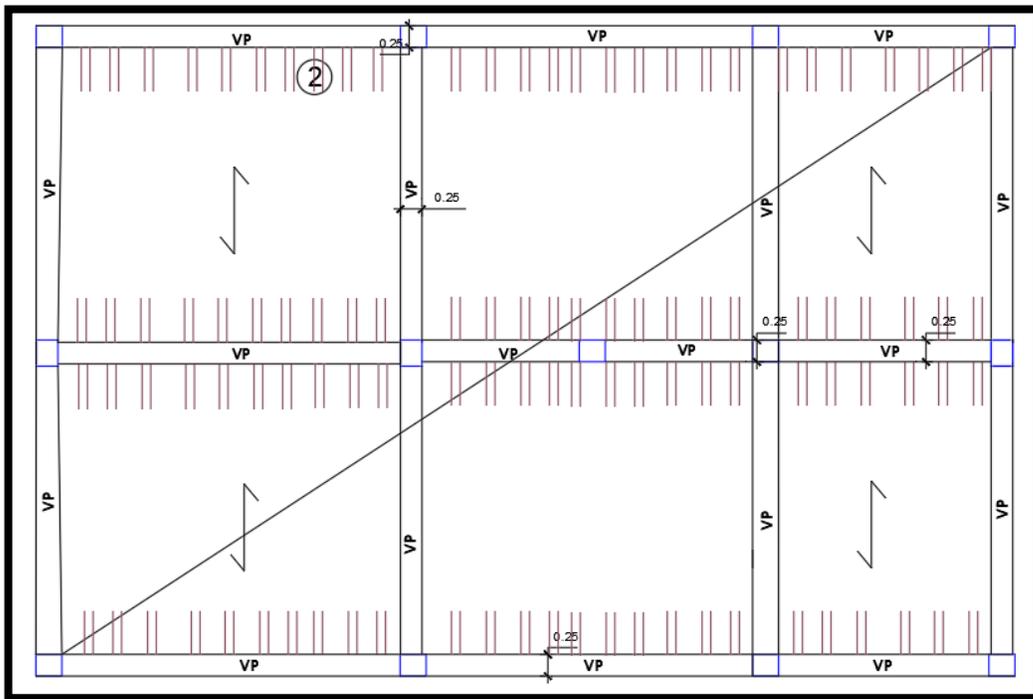
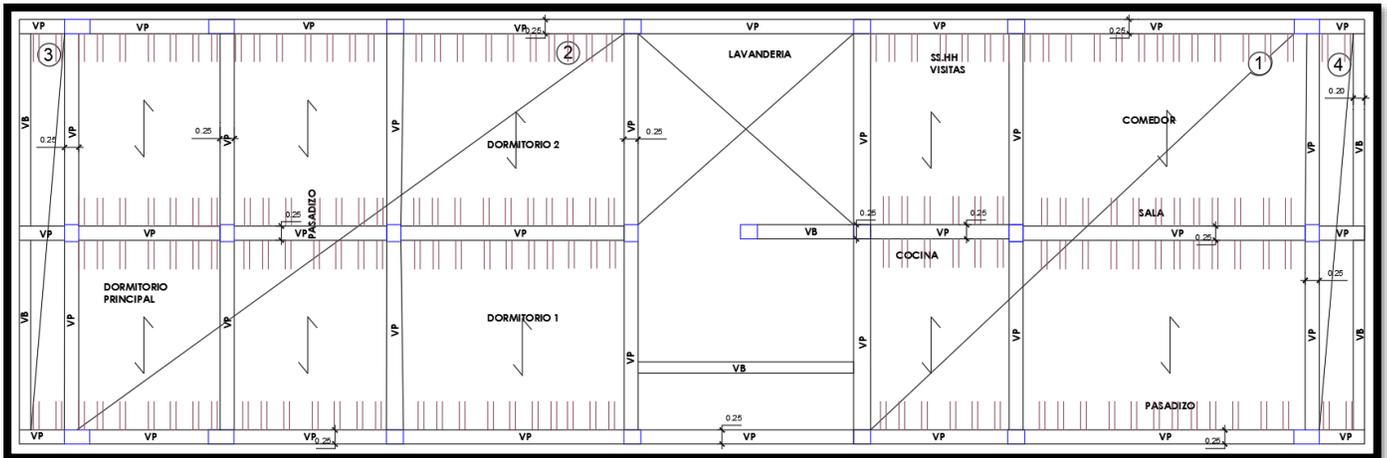


Anexo 04: Plano de Estructura Vivienda 01.

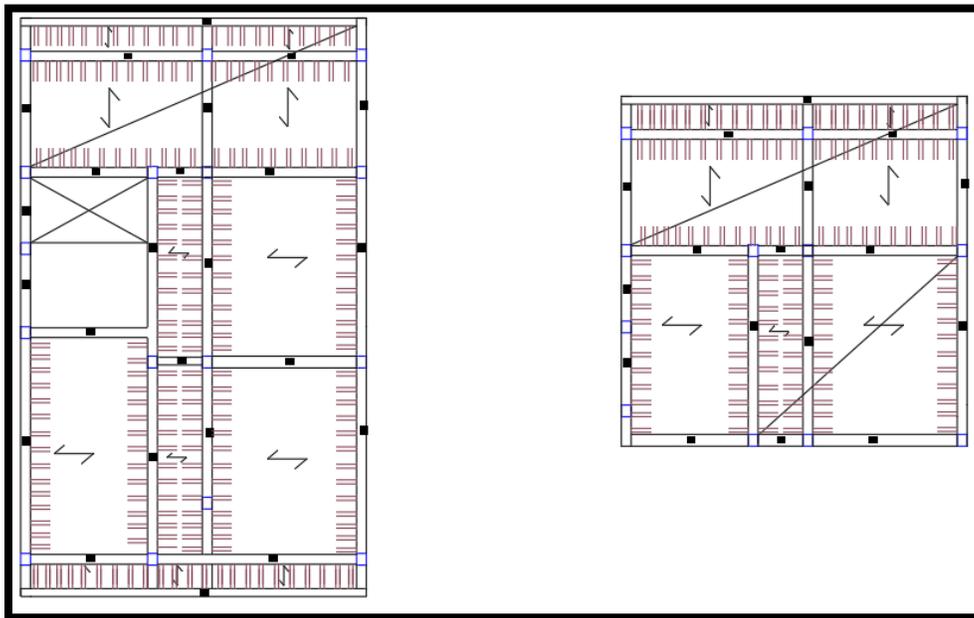
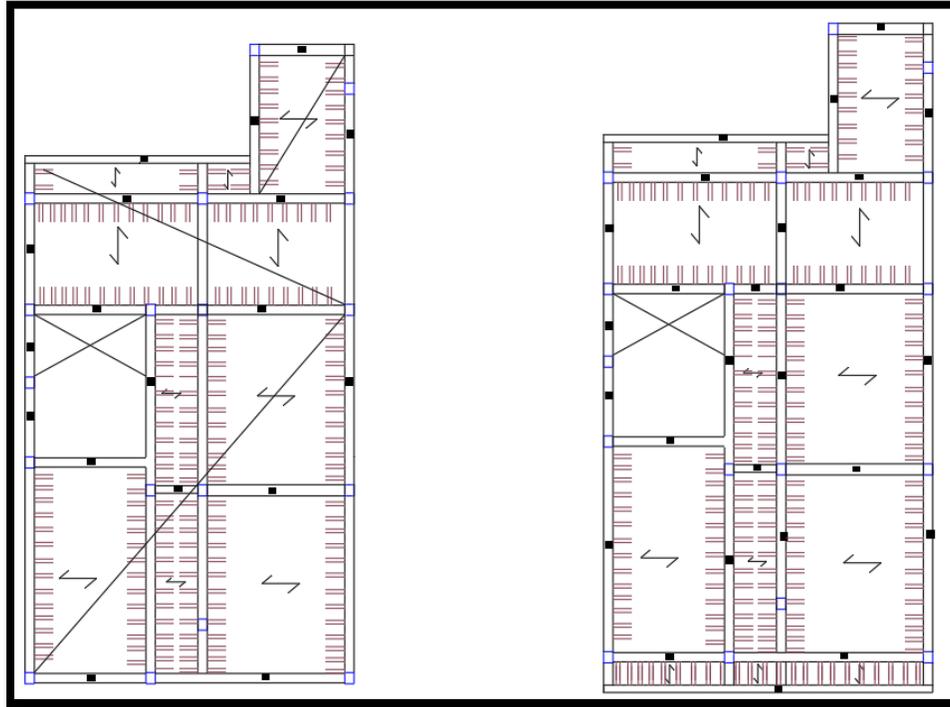


Anexo 05: Plano de Estructura Vivienda 02.

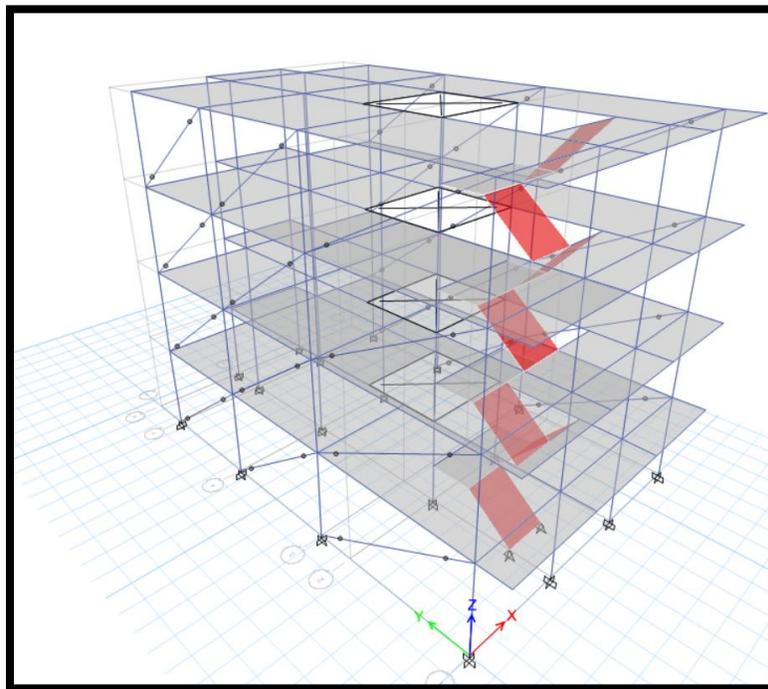
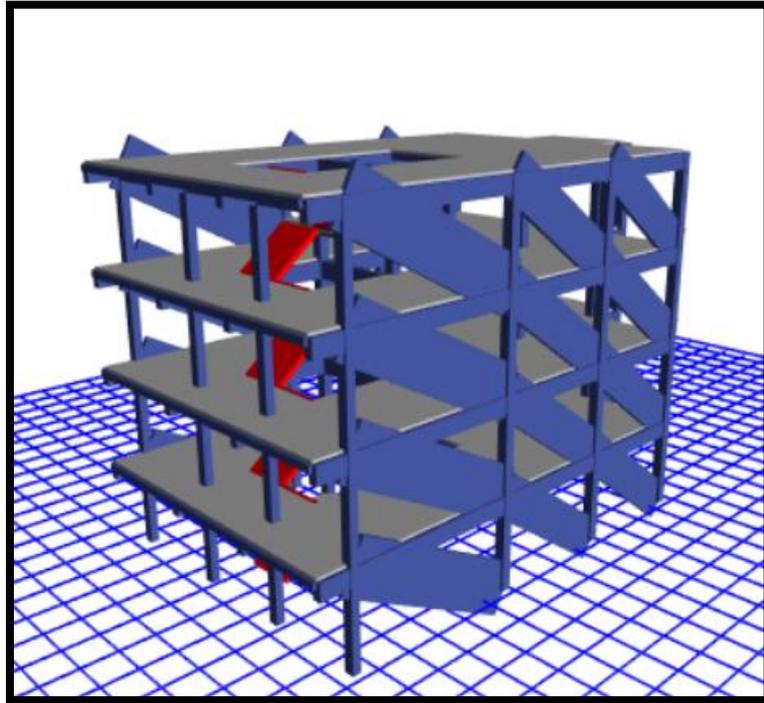




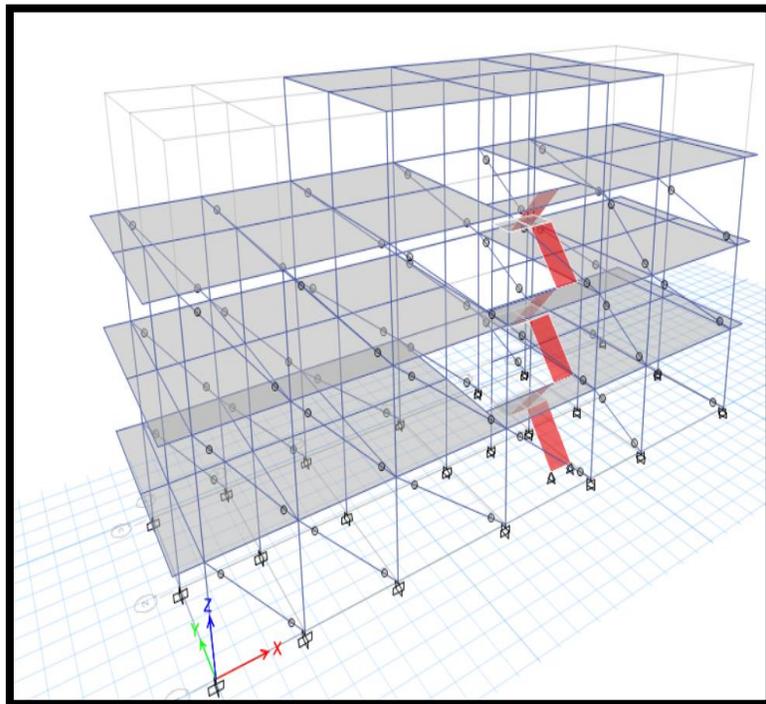
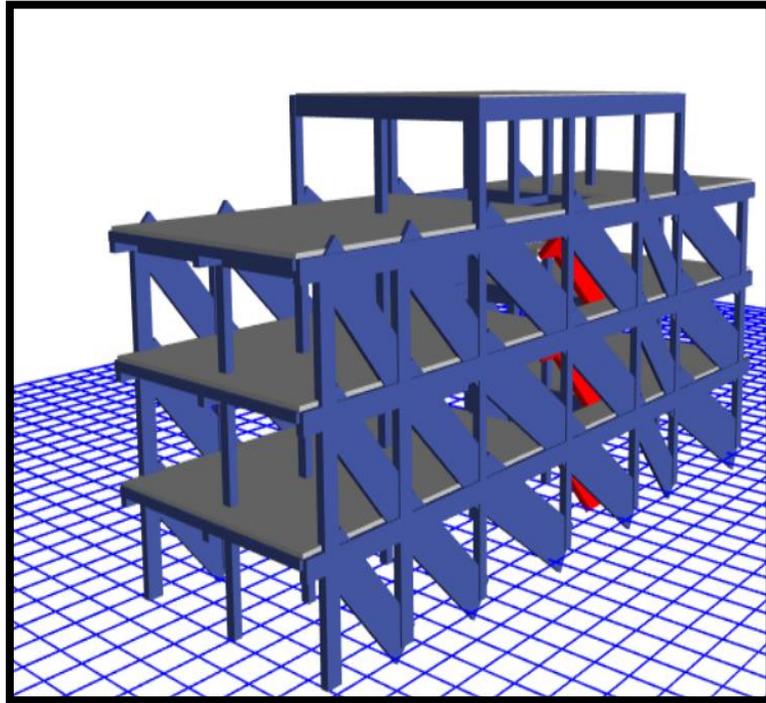
Anexo 06: Plano de Estructura Vivienda 03.



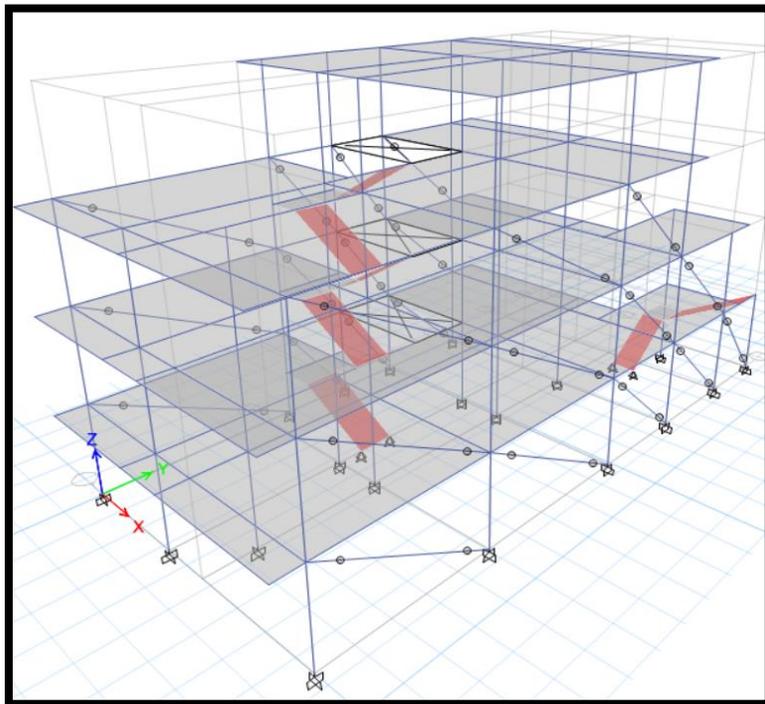
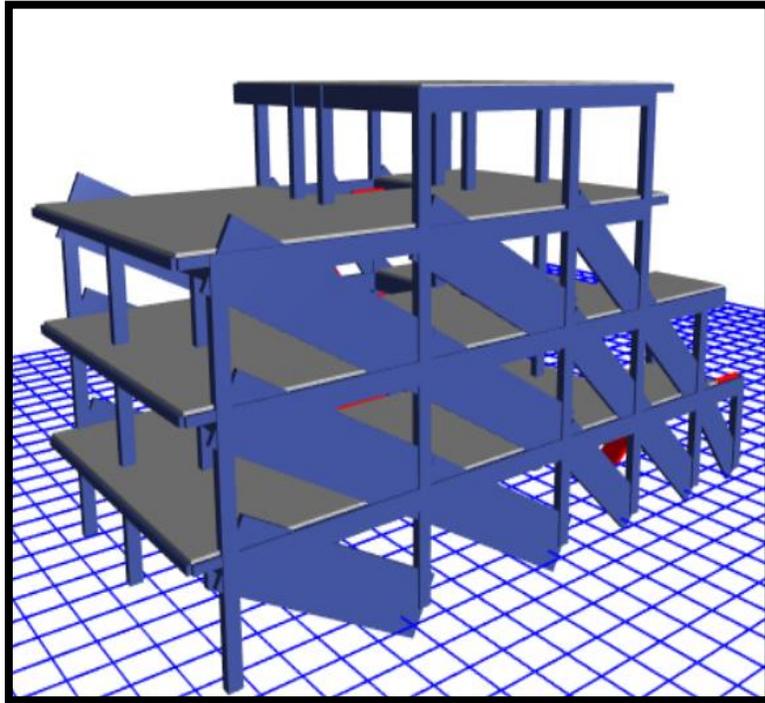
Anexo 07: Modelamiento en ETABS Vivienda 01.



Anexo 08: Modelamiento en ETABS Vivienda 02.



Anexo 09: Modelamiento en ETABS Vivienda 03.



Anexo 10: Permiso de uso de datos Vivienda 01.

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN**

Yo, GLEEM NOLBERTO MENDOZA LINARES, identificado(a) con el DNI N°73608908, en calidad de dueño(a) del domicilio ubicado en Jr. Arnaldo Márquez # 450, en la ciudad de Cajamarca. Autorizo a los Bachilleres Daniel Omar Barrantes Guzmán y Carmen Katherine Camacho Díaz, para el uso de información del domicilio, en el desarrollo de su tesis y para los fines que se necesiten.

Cajamarca, 13 de junio del 2022.



Nombre: Gleem Mendoza Linares  
DNI : 73608908

Anexo 11: Permiso de uso de datos Vivienda 02.

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN**

Yo, ZURELY MARINA MENDOZA DÍAZ, identificado(a) con el DNI N°46194199, en calidad de dueño(a) del domicilio ubicado en Jr. Julio C. Tello # 129, en la ciudad de Cajamarca. Autorizo a los Bachilleres Daniel Omar Barrantes Guzmán y Carmen Katherine Camacho Díaz, para el uso de información del domicilio, en el desarrollo de su tesis y para los fines que se necesiten.

Cajamarca, 13 de junio del 2022.



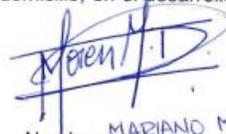
Nombre: Zurely H. Mendoza Diaz  
DNI : 46194199

Anexo 12: Permiso de uso de datos Vivienda 03.

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN**

Yo, MARIANO MORENO DÍAZ, identificado(a) con el DNI N°26698272, en calidad de dueño(a) del domicilio ubicado en Jr. San Roque # 385, en la ciudad de Cajamarca. Autorizo a los Bachilleres Daniel Omar Barrantes Guzmán y Carmen Katherine Camacho Díaz, para el uso de información del domicilio, en el desarrollo de su tesis y para los fines que se necesiten.

Cajamarca, 13 de junio del 2022.



Nombre: MARIANO MORENO DÍAZ  
DNI : 26698272