



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estudio comparativo de respuestas sísmicas entre modal espectral y tiempo-historia aplicado a un edificio 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar –  
Lima, 2018.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero civil

AUTORES:

Espinoza Villafane, Alejandro Asunción.

Quinto De la Cruz, William Jancarlo.

ASESOR:

Dra. María Ysabel García Álvarez

Mg. Díaz Huiza Luis

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

LIMA – PERÚ

2018

# PÁGINA DEL JURADO

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 29
--	---------------------------------------	--

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a), **ESPINOZA VILLAFANE, ALEJANDRO ASUNCION**

Cuyo título es: **"ESTUDIO COMPARATIVO DE RESPUESTAS SÍSMICAS ENTRE MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO-HISTORIA APLICADO A UN EDIFICIO 16 PISOS EN EL DISTRITO DE MAGDALENA DEL MAR – LIMA, 2018."**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **14 (número) CATORCE (letras).**

Lima, San Juan de Lurigancho, 10 de Diciembre de 2018



Mgtr. Ing. **ESPINOZA SANDOVAL JAIME HEMAN**

PRESIDENTE



Mgtr. Ing. **RODRIGUEZ SOLIS CARMEN BEATRIZ**

SECRETARIO



Mgtr. Ing. **DELGADO ORTEGA HENRRY SAUL**

VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) **QUINTO DE LA CRUZ, WILLIAM JANCARLO**  
cuyo título es: "ESTUDIO COMPARATIVO DE RESPUESTAS SÍSMICAS ENTRE MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO-HISTORIA APLICADO A UN EDIFICIO DE 16 PISOS EN EL DISTRITO DE MAGDALENA DEL MAR -LIMA, 2018."

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **14** (número) **CATORCE** (letras).

Lima, San Juan de Lurigancho, 10 de diciembre del 2018



.....  
Mgtr. Ing. ESPINOZA SANDOVAL JAIME HEMAN

PRESIDENTE



.....  
Mgtr. Ing. RODRÍGUEZ SOLÍS CARMEN BEATRIZ

SECRETARIO



.....  
Mgtr. Ing. DELGADO ORTEGA HENRRY SAUL

VOCAL

## **DEDICATORIA**

**ESPINOZA VILLAFANE ALEJANDRO  
ASUNCION:**

A mis padres y hermanos por el apoyo incondicional por estar en las malas y en las buenas conmigo.

**WILLIAM JANCARLO QUINTO DE LA  
CRUZ:**

A Dios, por darme la oportunidad de demostrar que puedo hacer grandes cosas, y a mi familia quienes son mi motivo de salir adelante.

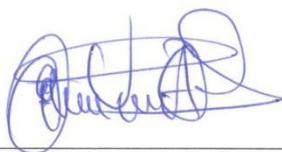
## **AGRADECIMIENTO**

A los docentes que formaron parte de nuestro aprendizaje a lo largo de la carrera, en especial a nuestro asesor Mg. Díaz Huiza Luis por compartirnos sus conocimientos para el desarrollo de este proyecto de investigación.

### **Declaratoria de autenticidad**

Alejandro Asunción Espinoza Villafane con DNI N° 46721932 y William Jancarlo Quinto De la Cruz con DNI N° 46025775, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaramos bajo juramento que toda la documentación que adjuntamos es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la universidad César Vallejo.

Lima, 10 diciembre del 2018



Alejandro Asunción Espinoza Villafane  
DNI: 46721932



William Jancarlo Quinto De la Cruz  
DNI: 46025775

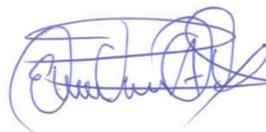
## PRESENTACIÓN

Señores Miembros del jurado:

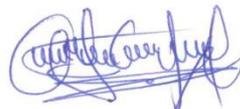
De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el reglamento de grados y títulos de la universidad César Vallejo, es grato poner a vuestra consideración, el presente trabajo de investigación titulado: **“Estudio comparativo de respuestas sísmicas entre modal espectral y tiempo-historia aplicado a un edificio 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – lima, 2018”**. Con el propósito de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

El contenido de la presente tesis ha sido desarrollado considerando las normas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, normas técnicas según la línea de investigación, aplicación de conocimientos adquiridos durante la formación profesional en la universidad, consulta de fuentes bibliográficas especializadas y con la experiencia del asesor.

Espinoza Villafane, Alejandro Asunción.



Quinto De la Cruz, William Jancarlo.



## Índice general

Página del jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Declaración de autenticidad.....	vi
Presentación.....	vii
Índice.....	viii
Resumen.....	xiv
Abstrac.....	xv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 Realidad problemática.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 Trabajos Previos.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 Teorías relacionadas al tema.....</b>	<b>23</b>
1.3.1 Análisis sísmico.....	23
1.3.2 Análisis dinámico estructural .....	24
1.3.3 Análisis modal espectral.....	25
1.3.4 Análisis tiempo-historia .....	31
1.3.5 Cargas por sismo .....	34
1.3.6 Muro pantalla .....	35
1.3.7 Edificaciones aporticadas .....	36
1.3.8 Ductilidad de la estructura.....	37
<b>1.4 Formulación del problema .....</b>	<b>37</b>
<b>1.5 Hipótesis .....</b>	<b>40</b>
1.5.1 Hipótesis general .....	40
1.5.2 Hipótesis específicas .....	40
<b>1.6 Objetivos .....</b>	<b>40</b>
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>42</b>
<b>2.1 Diseño de la investigación.....</b>	<b>43</b>
<b>2.2 Variables, operacionalización .....</b>	<b>44</b>
2.2.1 Variables.....	44
2.2.2 Operacionalización de las variables .....	44
2.2.3 Matriz de Operacionalización de las variables.....	45
<b>2.3 Población y muestra.....</b>	<b>47</b>
<b>2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....</b>	<b>47</b>

2.5	Métodos de análisis de datos .....	49
2.6	Aspectos éticos .....	49
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>50</b>
3.1	Parámetros generales para el análisis .....	51
3.1.1	Ubicación y arquitectura .....	51
3.1.2	Estudio de mecánica de suelos .....	56
3.1.3	Materiales .....	57
3.1.4	Normativa.....	58
3.1.5	Cargas.....	58
3.2	Modelamiento .....	59
3.3	Análisis dinámico modal espectral.....	66
3.3.1	Procedimiento.....	66
3.3.2	Resultado modal espectral.....	70
3.4	Análisis dinámico tiempo-historia .....	79
3.4.1	Procedimiento.....	79
3.4.2	Resultados Tiempo-historia.....	86
3.5	Comparativa de resultados.....	106
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIONES</b> .....	<b>110</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>113</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>115</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>117</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXO</b> .....	<b>122</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Estudio comparativo de respuestas sísmicas entre modal espectral y tiempo-historia aplicado a un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar, Lima 2018. ....	45
<b>Tabla 2:</b> Desplazamientos (sismo dinámico en X).....	70
<b>Tabla 3:</b> Desplazamientos (sismo dinámico en Y).....	71
<b>Tabla 4:</b> Derivas (sismo X).....	73
<b>Tabla 5:</b> Derivas (sismo en Y).....	74
<b>Tabla 6:</b> Fuerzas laterales (sismo x).....	75
<b>Tabla 7:</b> Fuerzas laterales (sismo en Y).....	76
<b>Tabla 8:</b> Desplazamiento sismo Huacho 1966 caso 1.....	87
<b>Tabla 9:</b> Desplazamientos sismo huacho 1966 caso 2.....	88
<b>Tabla 10:</b> Desplazamientos sismo Huaraz 1970 caso 1.....	90
<b>Tabla 11:</b> Desplazamientos sismo Huaraz 1970 caso 2.....	91
<b>Tabla 12:</b> Desplazamientos sismo Cañete 1974 caso 1.....	92
<b>Tabla 13:</b> Desplazamientos sismo Cañete 1974 caso 2.....	94
<b>Tabla 14:</b> Derivas sismo Huacho 1966 caso 1.....	95
<b>Tabla 15:</b> Derivas sismo Huacho 1966 caso 2.....	96
<b>Tabla 16:</b> Derivas sismo Huaraz 1970 caso 1.....	97
<b>Tabla 17:</b> Derivas sismo Huaraz 1970 caso 2.....	99
<b>Tabla 18:</b> Derivas sismo Cañete 1974 caso 1.....	100
<b>Tabla 19:</b> Derivas sismo Cañete 1974 caso 2.....	102
<b>Tabla 20:</b> Fuerzas laterales sismo X.....	103
<b>Tabla 21:</b> Fuerzas laterales sismo Y.....	104
<b>Tabla 22:</b> Fuerzas internas.....	106
<b>Tabla 23:</b> Desplazamientos laterales.....	106
<b>Tabla 24:</b> Comparación de desplazamientos.....	107
<b>Tabla 25:</b> Derivas de entre piso (Tiempo-historia).....	107
<b>Tabla 26:</b> Derivas de entre piso (Modal espectral).....	108
<b>Tabla 27:</b> Comparación de derivas.....	108
<b>Tabla 28:</b> Fuerzas internas modal espectral.....	108
<b>Tabla 29:</b> Fuerzas TH70 en el primer piso.....	109
<b>Tabla 30:</b> Comparación de fuerzas laterales.....	109

## Índice de figuras

Figura 1: Tabla de comparación de desplazamientos.....	21
Figura 2: Estructura sometida a esfuerzos sísmicos.....	24
<i>Figura 3: Registros sísmicos.....</i>	<i>34</i>
Figura 4: Proceso constructivo de muro pantalla.....	35
Figura 5: Vaciado de losa en el sótano 1.....	36
Figura 6: Edificación aporticado.....	37
Figura 7: Fachada del edificio de 16 pisos. Fuente: Autocad.....	52
Figura 8: plano de arquitectura, primer piso. Fuente: Autocad.....	52
Figura 9: Plano de arquitectura del segundo al quinto piso. Fuente: Autocad.....	53
Figura 10: Plano de arquitectura del sexto al décimo nivel. Fuente: Autocad.....	54
Figura 11: Plano de arquitectura del piso 11 al piso 14. Fuente: Autocad.....	55
Figura 12: Plano de arquitectura del nivel quince al dieciséis. Fuente: Autocad.....	56
Figura 13: Configuración de unidades en el ETABS. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS.....	59
Figura 14: Elaboración de grillas para la estructura. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS.....	60
Figura 15: Definición de los materiales acero y concreto Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS.....	61
Figura 16: Definición de secciones de vigas y columnas. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS.....	62
Figura 17: Definición de las áreas para las losas. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS.....	63
Figura 18: Asignación de vigas, columnas, losas y muros a las grillas para el modelamiento. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS.....	63
Figura 19: Asignación de restricciones Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS.....	64
Figura 20: Modelamiento final (vista 3D). Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS.....	65
Figura 21: Espectro de sismo de diseño (Sa/g). Fuente: Crixus ingeniería y construcción SAC.....	67
Figura 22: Elaboración del espectro de diseño en el ETAB. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS.....	68
Figura 23: Imagen de la edificación sometida a esfuerzos de sismo por el método dinámico modal espectral. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS.....	69
<i>Figura 24: Gráfico de desplazamiento (sismo dinámico X) Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS.....</i>	<i>71</i>
Figura 25: Gráfico de desplazamiento (sismo dinámico en Y). Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS.....	72
Figura 26: Límite para las distorsiones de entre piso. Fuente: Norma E 0.30.....	73
Figura 27. Diagrama de derivas (sismo dinámico en X).Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS.....	74
Figura 28: Diagrama de derivas (sismo dinámico en Y) Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS.....	75
Figura 29: Fuerzas laterales por piso (sismo dinámico en X). Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS.....	76
Figura 30: Fuerzas laterales por piso (sismo dinámico Y). Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS.....	77
Figura 31: Esfuerzos máximos registrados en el primer nivel de la estructura. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS.....	78
Figura 32: Periodos en unidad de segundos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS.....	78

Figura 33: Tiempos y aceleraciones para crear registro de aceleración sísmica. Fuente: Elaborado por los autores. ....	80
Figura 34: Acelerograma sismo Huacho 1966, dirección Este a Oeste. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	81
Figura 35: Acelerograma sismo Huacho 1966, dirección Norte a Sur. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	82
Figura 36: Acelerograma sismo Huaraz 1970, dirección Este a Oeste. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	82
Figura 37: Acelerograma sismo Huaraz 1970, dirección Norte a Sur. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	83
Figura 38: Acelerograma sismo Cañete 1974, dirección Este a oeste. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	83
Figura 39: Acelerograma sismo Cañete 1974, dirección Norte a Sur. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	84
Figura 40: Estructura de la edificación sometida a esfuerzos de sismo por el método dinámico modal espectral. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	85
Figura 41: Primer caso cuando la “componente Este-Oeste” actúa sobre el eje X de la edificación, y la “componente Norte-Sur” actúa sobre el eje Y. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	86
Figura 42: Segundo caso cuando la “componente Norte-Sur” actúa sobre el eje X de la edificación, y la “componente Este-Oeste” actúa sobre el eje Y. Fuente: Propia. ....	87
Figura 43: Diagrama de desplazamientos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	88
Figura 44: <i>Diagrama de desplazamientos</i> . Fuente: <i>Elaborado por los autores en el ETABS</i> . ....	89
Figura 45: Diagrama de desplazamientos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	91
Figura 46: Diagrama de desplazamientos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	92
Figura 47: Diagrama de desplazamientos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	93
Figura 48: Diagrama de desplazamientos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	95
Figura 49: Diagrama de derivas TH. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	96
<i>Figura 50: Diagrama de derivas TH. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS</i> . ....	97
<i>Figura 51: Diagrama de derivas TH. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS</i> . ....	99
Figura 52: Diagrama de derivas TH. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	100
Figura 53: Diagrama de derivas TH. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	101
Figura 54: Diagrama de derivas TH. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	103
Figura 55: Fuerzas laterales (sismo X). Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	104
Figura 56: Fuerzas laterales (sismo Y). Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS. ....	105

## **Índice de anexos**

Anexo 1: Matriz de consistencia “Estudio comparativo de respuestas sísmicas entre modal espectral y tiempo-historia aplicado a un edificio 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – lima, 2018.” .....	123
---	-----

## RESUMEN

Esta investigación surge debido a los acontecimientos sísmicos que ocurren en el mundo, teniendo en cuenta que la corteza terrestre siempre está en constante movimiento, y la ciudad de Lima podría ser candidato para un próximo evento sísmico, ya que la ciudad se encuentra en el cinturón de fuego, que es una zona con mucha actividad sísmica. También es preciso recalcar que hasta el día de hoy se siguen realizando autoconstrucciones que no cumplen los estándares requeridos por el reglamento nacional de edificaciones RNE, mucho menos los análisis estructurales y sísmicos correspondientes. Para edificaciones de gran envergadura es de gran importancia contar con estos requisitos para garantizar y dar seguridad a las edificaciones y más aún si son edificaciones altas.

Se tiene como objetivo realizar el estudio comparativo de respuestas sísmicas entre el método dinámico modal espectral y tiempo historia sobre la estructura de una edificación alta de 16 pisos, analizar y determinar las variaciones de los resultados en porcentajes uno respecto al otro método.

La metodología es no experimental, cuantitativo, descriptivo y transversal. Teniendo como muestra a la estructura de una edificación alta para uso multifamiliar de 16 pisos. Como instrumento principal para hallar los resultados se hará uso del software de análisis estructural ETABS 2016 lo cual cumple con la confiabilidad y validez para desarrollar la investigación planteada, paralelo a ello se aplicarán los parámetros correspondientes de las normas peruanas E 0.20, E 0.30, E 0.50 y E 0.60 del reglamento nacional de edificaciones.

Palabras clave: análisis sísmico, concreto, acero.

## ABSTRAC

This investigation arises due to the seismic events that occur in the world, taking into account that the earth's crust is always in constant movement, and the city of Lima could be a candidate for an upcoming seismic event, since the city is in the belt of fire, which is an area with a lot of seismic activity. It is also necessary to emphasize that to this day there are still self-constructions that do not meet the standards required by the national RNE building regulations, much less the corresponding structural and seismic analyzes. For large buildings it is very important to have these requirements to ensure and give security to buildings and even more if they are high buildings.

The objective is to perform the comparative study of seismic responses between the spectral modal dynamical method and time history on the structure of a high 16-story building, analyze and determine the variations of the results in percentages one with respect to the other method.

The methodology is non-experimental, quantitative, descriptive and transversal. Having as sample to the structure of a building for multifamily use of 16 floors. As the main instrument to find the results of the structural analysis software ETABS 2016, which meets the reliability and validity to develop the proposed research, parallel to this will apply the corresponding parameters of the Peruvian standards E 0.20, E 0.30, E 0.50 and E 0.60 of the national building regulations.

Keywords: seismic analysis, concrete, steel.

## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Realidad problemática

El mundo entero está propenso a sufrir terremotos debido a la liberación de energía de la tierra. Según fuentes como el consorcio “The Iris” revela en sus registros que en promedio suceden sismos cada minuto, considerando solo los que son mayores a los 4 grados en la escala, esto nos lleva a la conclusión de que el planeta está en constante movimiento de sus cortezas terrestres. Los sismos de 4 a 6 grados de magnitud son sismos de mayor frecuencia, de 6 a 8 de magnitud son considerados importantes y superiores a los 8 grados de magnitud son raros y pueden ser altamente destructivos ocasionando desastres y pérdida de vidas humanas, a su vez también pérdidas económicas y retrasos para cualquier país que pueda ser afectado gravemente, como lo sucedido en México 2017, Japón, Chile 2010, entre otros.

Un registro importante que no se debe pasar por alto es el terremoto más fuerte registrado en la escala de Richter como 9.5 de magnitud, considerado como el más fuerte de la historia sucedió en el vecino país de Chile en el año 1960 en la ciudad de Valdivia donde fallecieron más de 1600 personas.

Perú por estar ubicado en la zona del cinturón de fuego donde el planeta tiene más actividad sísmica debido a la liberación de energía interna se ve propenso a ser escenario de un terremoto de gran magnitud. Y según expertos de defensa civil e ingenieros estructurales mediante evaluaciones de riesgos han determinado que Lima es vulnerable a sufrir daños relevantes de infraestructura, pérdidas económicas y de vidas humanas, debido al alto porcentaje de autoconstrucción que se realiza en el Perú.

El reglamento nacional de edificaciones clasifica edificaciones bajas a las que son menores a los 15 metros, a las medianas las que se encuentran en el rango de 15 a 30 metros, y altas a las que son mayores a los 30 metros de altura. Como se sabe el movimiento sísmico afecta a las edificaciones en relación a varios factores y uno de ellos es su altura y tipo de suelo.

En Lima, específicamente en el distrito de Magdalena del Mar no se evidencian estudios comparativos de análisis sísmico en edificaciones altas aplicando los métodos análisis de dinámico modal espectral y el análisis dinámico tiempo historia. Por otro lado, solo se evidencian estudios comparativos para edificaciones de categorías de mediana y

baja altura, donde las evaluaciones de los resultados varían en un promedio del 20% uno respecto al otro.

Por esa razón planteamos hacer como tema de investigación el estudio comparativo entre el método dinámico modal espectral y el método dinámico tiempo historia aplicado a un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar- Lima.

## **1.2 Trabajos Previos**

### **Ámbito nacional**

Angulo (2017) en su tesis *“Análisis sísmico de un edificio de siete pisos con sótano utilizando interacción suelo- estructura en el distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, 2017”* tiene como objetivos Determinar las características del análisis sísmico del edificio utilizando la interacción suelo-estructura, realizo un estudio sísmico de una estructura considerando a la edificación como un modelo de base empotrada en la cimentación del sótano y también determinar los desplazamiento y esfuerzos que produzca la edificación al interactuar con un movimiento sísmico. Concluyendo que para el análisis sísmico al sótano se le considera como un empotramiento, realizando el análisis desde el nivel cero. Al incluir la flexibilidad del suelo al análisis sísmico hace que la edificación tenga más flexibilidad eso se aprecia con el incremento de los periodos de vibración debido a que el suelo de fundación absorbe internamente parte de la energía provocado por un sismo.

Olaya (2015) en su tesis de *“Análisis comparativo entre el método espectral y el método de tiempo historia para la obtención de ratios de desplazamientos laterales en edificaciones, Perú- 2012”* Tuvo como objetivo principal obtener las ratios de desplazamientos laterales mediante el análisis comparativo entre el método espectral y el método tiempo historia en edificaciones peruanas. Al realizar la comparación de ambos métodos llega a la conclusión que el método espectral da menores valores de desplazamiento laterales, que los obtenidos con el método tiempo historia, con ratios por encima del espectral, que en un caso llego a tener un ratio comparativo de 247% para sistema aporticado.

Rojas (2017) en su tesis de *“comparación entre el método estático y el método dinámico (Modal espectral y tiempo historia) aplicados en una edificación multifamiliar de cuatro niveles de albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca”* su fin y como

objetivo plantea en realizar un estudio comparativo estático y dinámico (Modal espectral – Tiempo historia) y por consiguiente concluye determinado que el análisis sísmico estático representa un 23 % mayor que el análisis modal espectral y 183% mayor que el análisis modal tiempo historia.

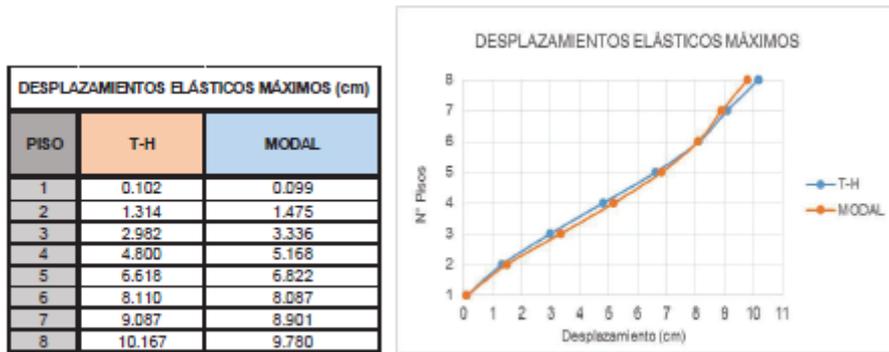
Segundo (2017) en su tesis de “*Análisis comparativo de los parámetros de la nueva y anterior norma E.030 aplicado en un sistema dual - Tarapoto 2017*” tiene como objetivo realizar el análisis de respuestas sísmicas de una edificación con sistema dual, ubicado en la ciudad de Tarapoto, aplicando el software de estructuras Etabs. Para posteriormente hacer un análisis de la norma E.030 entre la versión 2006 y 2016 identificando sus parámetros y coeficientes. Concluyendo que ha habido una variación en cuanto a factor de seguridad en la norma E 0.30 diseño sismorresistente del 2016 respecto a la versión 2006 en un 16.67% más, el cual se puede apreciar en el cuadro 32 de la norma. Así mismo se incrementa la aceleración del suelo para periodos cortos. Las cortantes en la base de la edificación también se incrementan en un 11.81% respecto a la norma E. 030 del 2006 debido a las modificaciones de factores y parámetros que se hizo a la norma E.030 del 2016. Y por ende el diseño de la estructura es mucho más rígido con la nueva versión.

Reyna (2017) en su tesis de “*Análisis comparativo de la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado con y sin aisladores sísmicos en la base según su variación en la altura*” Tiene como objetivo determinar el análisis sísmico mediante el método dinámico Tiempo-historia aplicado a una edificación aporticada con y sin aisladores sísmicos, para determinar las respuestas sísmicas y hacer un estudio comparativo de los resultados. Concluyendo que las respuestas sísmicas aumentan según se va incrementando los niveles de cada piso, tanto para desplazamientos y derivas con y sin aisladores sísmicos. Sin embargo, los aisladores ayudan a reducir las fuerzas axiales de las vigas en un 30% y en columnas hasta un 50%.

### **Ámbito sudamericano**

En Ecuador, Jaray (2017) en su tesis de “*Análisis dinámico lineal del edificio de la facultad de ingeniería en sistema de la escuela politécnica nacional aplicando los métodos: modal espectral y tiempo historia, mediante uso de paquetes computacionales*” tuvo como objetivo principal analizar el comportamiento elástico de desplazamiento, del

edificio mencionado aplicando los dos métodos de dinámicos no lineales Modal espectral y Tiempo historia y concluye que los dos métodos de análisis permiten conocer las respuestas dinámicas de la estructura generando resultados muy similares, dice, no obstante el análisis tiempo historia requiere de mayor información de esfuerzo para el cálculo ya que analiza a detalle todos los cálculos a largo tiempo.



ELABORACIÓN: Jara-Tibanquiza, 2017

Figura 1: Tabla de comparación de desplazamientos *Fuente: Tesis de Jaray Tibanquiza*

En Chile, Massone y Boneli (2010) en su tesis “*Estudio experimental del comportamiento dinámico de un edificio de viña del mar dañado durante el terremoto de febrero de 2010*” tuvo como objetivo: De forma experimental evaluar las variaciones de las propiedades dinámicas de las estructuras de un edificio de concreto armado sometidas a un sismo severo como el movimiento telúrico de febrero del 2010. Con la finalidad de hacer evaluaciones de respuesta dinámica y extraer datos relevantes para un diseño sísmico. Para la correlación de respuesta de la estructura con variación de parámetros modales. Las mediciones de aceleraciones permiten determinar la correlación de respuesta estructural haciendo una comparación de amplitudes alcanzados en un evento sísmico. De la misma manera se puede determinar en la estructura las propiedades modales para un mismo intervalo de tiempo en donde se observa deformaciones en los muros de la estructura, dando paso a obtener mayores datos respecto a la respuesta del comportamiento estructural.

En Ecuador, Orellana y Parra (2016) en su tesis “*Evaluación de desempeño sísmico de un edificio especial a porticado de hormigos armado según la norma ecuatoriana de construcción (NEC-SE-RE, 2015)*” sustentó: Para obtener un coeficiente sísmico de la masa dinámica se cumplir con el 90% de las masas totales ara que la estructura tenga un

buen comportamiento ante las cargas dinámicas. Sin embargo, para el análisis tiempo-historia se debe utilizar el 100% de la masa dinámica, con cualquier espectrograma de un sismo de gran magnitud.

En Chile Hernández (2017) en su tesis *“Implementación del análisis modal espectral para una plataforma de elementos finitos.”* Sustentó que para hallar un análisis dinámico de estructuras se tiene al análisis dinámico modal espectral es un método donde se puede hallar las respuestas a aceleraciones y desplazamientos máximos, en lugar de obtener la respuesta en el tiempo. Estos datos nos permiten conocer los desplazamientos y aceleraciones máximas a la cual estará sometida la estructura frente a un evento sísmico determinado de una manera más fácil de calcular, sin embargo, para hallar las respuestas máximas del sistema se tendrá que hacer combinaciones de cada uno de los modos de vibración para la estructura, a pesar de su cálculo práctico y sencillo este método arroja buenos resultados que cumplen con la mayoría de las normas sísmicas. El análisis modal espectral está basado en que el análisis lineal ante cualquier sistema NGDL se expresa como la superposición de “n” sistemas de 1 G.D (grado de libertad). Para posteriormente con el uso de espectro sísmico de respuesta sea posible la determinación de respuestas máximas de cada uno de los sistemas, para finalmente hallar la respuesta en global del sistema.

En Chile, Rodríguez (2016) En su tesis *“Análisis sismo resistente mediante el método modal espectral de un edificio habitacional ubicado en la comuna de tome”* Sustentó que plantea dos objetivos específicos una de ellas es realizar un análisis modal espectral en el edificio en base a la NCh 433 Of. 96 Modal. 2009 y D. S. N°61 (2011) y la otra es realizar un análisis tiempo historia utilizando espectro de registro sísmico de grandes magnitudes producido en Chile. Como parte de las conclusiones y recomendaciones dice. Esto obliga a fiscalizar a ente gubernamentales o a revisores sísmicos estos proyectos para preservar la vida de las personas y si lo determina realizar intervenciones de grandes, los que de seguro requieren de una gran inversión finalmente destacar la importancia de realizar un Análisis Tiempo – Historia junto con el análisis modal espectral en la edificaciones ya que permite conocen el comportamiento de estos ante un registro sísmico severos y así poder analizar sus posibles fallas y sus respectivas soluciones.

En Chile, Font y Meruane (2018) En su tesis “*Análisis sísmico con método modal espectral y tiempo historia para un modelamiento integrado de turbo generador de 375 MW, NCh2369 actualizada*” Sustentó Como uno de los objetivos específicos es comparar los resultados del análisis sísmico entre modal espectral y tiempo historia, los resultados de interés evaluados corresponden a los puntos de control de control definidos para la verificación del equipo, que controlan los límites admisibles de desplazamientos.

Concluye en uno de los resultados que de desplazamientos en los puntos de control del rotor, obtenido en el método de análisis tiempo historia, son menores en comparación al método análisis modal espectral.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Análisis sísmico**

Según la norma E 0.30, (2016) El objetivo de un análisis sísmico es predecir el comportamiento que poseerá una edificación, bajo diversas cargas, siendo así que se establecen los parámetros en la norma de diseño sismo resistente E.030 la cual nos proporciona los valores de fuerzas internas de los elementos estructurales que comprende una edificación. Para el cálculo de fuerzas tanto internas como externas esta norma contempla dos formas de análisis los cuales son el análisis estático y el análisis dinámico el cual depende la edificación.

Para la evaluación se deben analizar los fenómenos que se producen desde el hipocentro hasta el sitio de interés, tales como las ondas sísmicas

El análisis sísmico de estructuras, fundamentalmente es conocer cuál es la aceleración máxima del suelo, desplazamiento de las estructuras, periodo.

El análisis sísmico es ver el comportamiento de las estructuras frente a un movimiento sísmico (p.21).

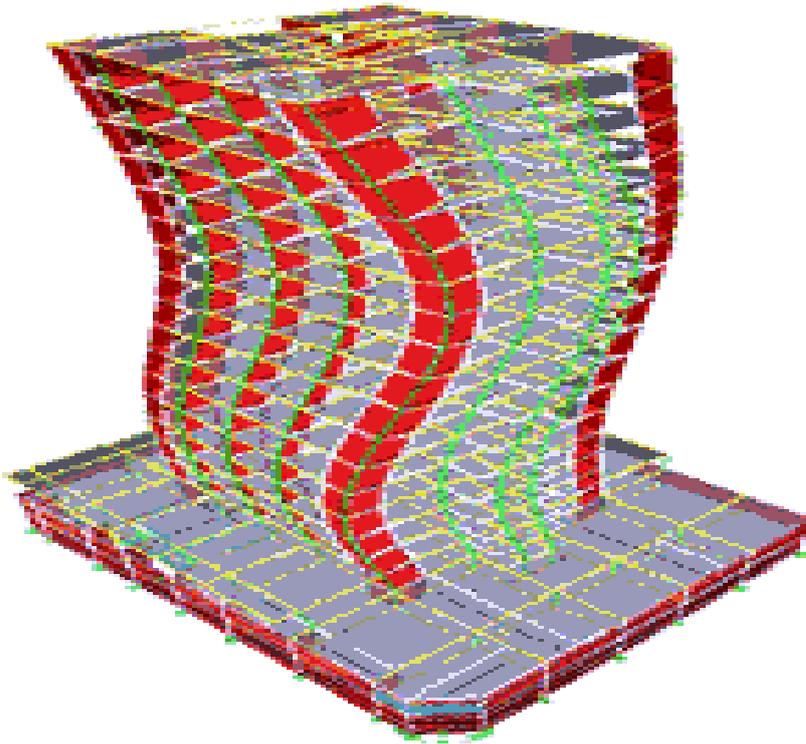


Figura 2: Estructura sometida a esfuerzos sísmicos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

### 1.3.2 Análisis dinámico estructural

Según ARQHYS (2012) En dinámica estructural las respuestas y las cargas tales como deflexiones, esfuerzos, desplazamientos máximos, aceleraciones, etc. Varían siempre con el tiempo, al hacer una diferencia entre el análisis dinámico y el análisis estático, el dinámico presenta más de una solución y distintas para cada determinado tiempo, en resumen, es más laborioso.

Por ejemplo, en un viga en sistema estático es sometido a una fuerza “P”, Los esfuerzos internos de la viga que soportan las carga se calculan por simple estática y con ello se halla los esfuerzos resultantes y sus deformaciones de dicha viga, sin embargo si a la misma viga se le aplica una carga dinámica, las deformaciones que presente producirán aceleraciones que varían en el tiempo, y de acuerdo a la teoría de D’alambert las aceleraciones inducen fuerzas de inercia que resisten el movimiento de la viga. En este sentido la viga presenta dos tipos de fuerzas, la externa “P” que causa el movimiento y las internas que son las fuerzas de inercia  $F_i(t)$  que resisten las aceleraciones inducidas. En problemas estructurales de dinámica son de suma importancia la fuerza de inercia, dicha fuerza dependerá de la flexibilidad y la masa de la estructura.

Se ignorará las aceleraciones cuando las cargas dinámicas se apliquen muy lentamente, esto ocasionará que las fuerzas de inercia sean muy pequeñas ocasionando que el problema se vuelva en un sistema estático.

Si se aplica cargas súbitas de gran magnitud la fuerza de inercia tomará importancia y su esfuerzo resultante, tendrán efectos considerables.

El enfoque de este estudio está basado en los casos de edificaciones ante acciones laterales, ante movimientos en la base y/o fuerzas externas. Previamente e tomaran en cuenta las teorías de rigidez lateral, uno para un pórtico simple y luego para unas edificaciones de varios pisos, simplificando el análisis con el método pseudo-tridimensional para la representación de un edificio.

### **1.3.3 Análisis modal espectral**

Según ARQHYS (2012) El método de las respuesta espectral o también conocido como análisis dinámico modal, es un método bastante práctico para determinar las fuerzas internas de los elementos y los desplazamientos máximos en un sistema estructural. Este método implica el cálculo de los valores máximos de aceleraciones y desplazamientos en cada modo usando un espectro de respuestas para diferentes modos de vibración, la misma que presentará la envolvente de espectros de respuestas o promedio de diversos sismos, luego se hacen combinaciones teniendo consideración los códigos expuestos en las normas de diseño sísmico. Por ejemplo, teniendo el promedio ponderado entre la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los valores máximos. Otro método es la combinación completa cuadrática (método CQC), además se considera una correlación entre los valores máximos modales. De esta manera se calculan los valores máximos de fuerzas y desplazamientos.

Para el análisis con dominio de frecuencias el proceso es usado determinar las ecuaciones de movimiento en el dominio de frecuencias. Para este proceso las fuerzas externas  $F(t)$  son representadas mediante integrales de Fourier o términos de series de Fourier, las respuestas están expresadas en números complejos. Este proceso es muy eficaz para problemas con casos de viento, problemas acústicos, efectos de olas en el mar, pero para problemas de estructuras en el ámbito de la ingeniería civil tiene ciertas desventajas, las matemáticas involucradas en este método puede ser difícil para el entendimiento

de los ingenieros, del mismo modo el análisis de los resultados presentaría complicaciones de expresión. Las acciones sísmicas no son periódicas, sin embargo, el movimiento vibratorio de la base puede ser transformado a un dominio de frecuencias mediante algoritmos especiales para posteriormente realizar las operaciones involucradas y los análisis. En conclusión, para acciones sísmicas este método no es numéricamente eficaz. Este método es aplicable a sistemas estructurales lineales.

#### ✓ **Factor de ampliación sísmica**

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: El factor de ampliación sísmica (C) se determina de acuerdo a las condiciones y características físicas que tiene el sitio a través de las siguientes expresiones para cada caso (p.12).

$T < T_P$ , entonces  $C = 2,5$

$T_P < T < T_L$ , entonces  $C = 2,5 \cdot (T_P/T)$

$T > T_L$ , entonces  $C = 2,5 \cdot ((T_P \cdot T_L)/(T^2))$

T viene a ser el periodo

#### ✓ **Tipo de suelo**

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: Los tipos de suelos clasificados según esta norma deriva de los ensayos y granulometría que se realizó minuciosamente en laboratorios de mecánica de suelos, teniendo en cuenta la velocidad promedio de propagación de onda de corte, los promedios ponderados N60 que se obtienen a través de un ensayo de penetración, la resistencia al corte en condiciones drenadas. Estas condiciones deben determinarse para los 30 metros superiores de profundidad medida desde la superficie hasta el suelo de cimentación, [...] (p.8).

El tipo de suelo hace referencia a la clasificación de suelo de manera local, en un punto determinado para cualquier tipo de construcción, según la norma E 030 del diseño sismorresistente existen 5 tipos de suelos, los cuales se determinan a través del estudio de mecánica de suelos EMS, donde se aplican ensayos de penetración estándar, ensayos de resistencia al corte, entre otros.

### ✓ **Coefficiente de reducción de fuerzas (R)**

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: El coeficiente R es determinado a través de los datos obtenidos en las tablas N° 7 donde se halla el  $R_0$ , y en la tabla N°8 y N°9 donde se hallan los factores  $I_a$ ,  $I_p$  respectivamente. Cuyo valor resultante de R es el producto de estos 3 factores (p.19).

$$R = (R_0) \times (I_a) \times (I_p)$$

### ✓ **Respuesta sísmica**

Según la NCSE (2002), Norma de construcción sismorresistente española manifiesta: El espectro de respuestas es un valor que se utiliza para los cálculos en la ingeniería sísmica, que mide la reacción estructural ante las vibraciones del suelo que lo soporta

Hay diversos tipos de espectro de respuestas dependiendo de las reacciones que se desea comparar, tenemos: espectro de respuestas elástico, espectro de respuestas de velocidad, espectro de respuestas de deformación, siendo el más usado y habitual el espectro de respuesta elástica ya que se relaciona directamente con la aceleración.

Tiene la denominación de espectros de respuesta debido a que lo que mide es cómo reacciona o responde la estructura cuando se le añaden fuerzas externas (p.18).

### ✓ **Cortante basal**

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: Se establece que el 80% del esfuerzo cortante en la base del elemento estructural actúa sobre las columnas de los pórticos de la estructura, en caso de muros estructurales, estos se deben diseñar para soportar la fricción de la acción sísmica total según su rigidez del elemento (p.14).

### ✓ **Periodos**

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: Los periodos son espacios de tiempo donde se realiza o se elabora un acontecimiento sísmico o vibratorio. Los periodos están en relación del tipo de suelo y de la zona sísmica geográficamente (p.11).

### ✓ **Desplazamientos máximos**

Según la NCSE (2002) manifiesta: Para determinar el desplazamiento máximo para cada modo de vibración de suelo y cada planta, este se calcula multiplicando los desplazamientos máximos equivalentes, calculado por el coeficiente de comportamiento de ductilidad (p.28)

#### ✓ **Aceleración espectral**

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: Que para cada una de las direcciones horizontales que se analicen se obtendrá un espectro de respuesta inelástico de pseudo-aceleraciones que están definido por la siguiente expresión:

$$S_a = ((Z \cdot U \cdot C \cdot S)/(R)) \cdot (g)$$

Para realizar el estudio en la dirección vertical podrá usarse un espectro igual multiplicado por el valor de 2/3 (p.24).

#### ✓ **Fuerzas**

Según Lefevre y Villar (2015), En su libro de resistencia de materiales manifiesta: Se puede analizar lo que ocurre dentro de un elemento cualquiera que se pueda encontrar sometida a la acción de un sistema de fuerzas externas ( $F_1, F_2 \dots F_n$ ), los cuales generan reacciones ( $R_a, R_b$ ) para lograr un equilibrio. El sistema de fuerzas activas y reactivas generaran las fuerzas internas que se oponen a la deformación del cuerpo del elemento procurando impedir la rotura del elemento (p.16).

#### ✓ **Momentos**

Según Lefevre y Villar (2015), En su libro de resistencia de materiales manifiesta: Es una sollicitación común que aparece en elementos como vigas, columnas y lozas cuando se le aplica una carga puntual o distribuida, en sentido perpendicular a su eje.

Existen momentos flectores positivos y momentos flectores negativos esto dependerá desde que posición se le aplica la fuerza al cuerpo, pero siempre perpendicular a su eje (p.24).

#### ✓ **Cortantes**

Según Lefevre y Villar (2015), En su libro de resistencia de materiales manifiesta: También se le conoce como esfuerzo de cizallamiento o de cortadura, es el esfuerzo resultante de las fuerzas internas y las fuerzas externas que son aplicados paralelamente en sentidos opuestos a la sección transversal. Que podría ser aplicado a una viga o columna por lo general

Esta sollicitación de esfuerzo cortante está formada por tensiones paralelas al eje del elemento (p.36)

#### ✓ **Axiales**

Según Lefevre y Villar (2015), En su libro de resistencia de materiales manifiesta: Se le denomina fuerza axial a las fuerzas que van en dirección del eje del cuerpo ya sean salientes o entrantes, esto puede ocasionar tensión o compresión respectivamente en el elemento. La fuerza normal viene a ser la resultante de las fuerzas externas perpendicular al plano de la sección del elemento sometido.

Fuerzas divergentes = tracción.

Fuerzas convergentes = compresión.

En las fuerzas axiales aplicadas a un elemento se producen curvaturas, de tal manera que una curvatura cóncava hacia arriba es positiva y una curvatura en sentido contrario se le considera negativa (p.13).

#### ✓ **Torsión**

Según Lefevre y Villar (2015), En su libro de resistencia de materiales manifiesta: En resistencia a los materiales esta sollicitación se efectúa cuando dos fuerzas en sentido horario o anti horario actúan a la misma vez sobre el eje de un elemento sobre un extremo, teniendo el otro extremo fijo el elemento (p.13).

#### **1.3.3.1 Parámetros sísmicos**

Según Millones (2015), en su estudio de investigación manifiesta: Se miden de diferentes maneras los terremotos y sus efectos que pueda ocasionar. La magnitud es la unidad de medida para determinar la intensidad del tamaño y la severidad del sismo, a través de la

energía liberada del núcleo de la tierra, esta magnitud se denomina la escala de Richter y es logarítmica debido a que cada unidad en la escala de Richter equivale a 33 veces más el incremento de la energía anterior, la magnitud dependerá de la liberación de energía que se da a través de la ruptura de las cortezas terrestres al momento de colisionar unas con otras.

La intensidad determina los efectos que pueden causar las vibraciones y diferentes modos de ondas sísmicas en un lugar en específico que se le conoce como epicentro. El daño ocasionado por el terremoto estará en función de la duración del terremoto, la velocidad de propagación de las ondas sísmicas y la profundidad en el que se encuentra el hipocentro que es el punto de origen de la liberación de energía.

El planeta es un terreno en constante movimiento, a diario suceden vibraciones las cuales no son fáciles de percibir, en la escala de Richter de 4 grados hacia abajo son las más frecuentes, las de 5 a 7 grados son los que ocasionan daño a las propiedades dependiendo de la calidad de construcción de dicha propiedad, las de 8 grados en la escala de Richter a más son las raras y poco frecuente, sin embargo son las más devastadoras y puede causar daños serios a la propiedad aun estando bien construido por licuación de suelo.

La velocidad máxima y la aceleración máxima del movimiento de las cortezas terrestres son parámetros sísmicos para determinar la amplitud de la vibración y el diagrama del sismograma.

Los movimientos verticales, licuefacción de suelo, deslizamiento y asentamiento de estructuras, se les denominan como deformación permanente (p.2).

### **1.3.3.2 Zona sísmica**

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: El mapa del Perú está dividido en 4 zonas sísmicas como lo indica gráficamente la norma técnica E 030 diseño sismo resistente para el Perú, esta división está elaborada en base a estudios de sismicidad, a través de instrumentos y la geografía peruana, las cuales determina las características de un sismo en función a la distancia epicentral y otros factores. El anexo N° 1 de la norma establece la clasificación de las provincias y distritos correspondientes a cada una de las 4 zonas sísmicas (p.6).

Para este proyecto de investigación la zona sísmica se evaluará de acuerdo a la zonificación establecido por el reglamento nacional de edificaciones 2016, Diseño sismorresistente E 030.

### **1.3.3.3 Categoría de la edificación**

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: De acuerdo a la tabla N° 5 de la norma técnica diseño sismorresistente para las estructuras deberán clasificarse de acuerdo a su uso e importancia (U), para estructuras con aislamiento sísmico en la base el valor de U=1 (p.12).

Para determinar la categoría de la edificación (U), se debe conocer el tipo de uso de la construcción, para determinar si es una construcción esencial, importante, común o provisional, teniendo en cuenta las condiciones y recomendaciones del cuadro de categorías establecido en la norma de diseño sismorresistente.

### **1.3.4 Análisis tiempo-historia**

Según ESCALETTI (2015) A partir de uno o más componentes para el registro de un sismo se pueden integrar ecuaciones diferenciales desacopladas, de tal manera obtener los componentes pertinentes de cada modo en relación del tiempo, haciendo las combinaciones apropiadas de los componentes se hallan historias para los desplazamientos que están unidos a cada grado de libertad del sistema:

$$\{x(t)\} = S c_i(t) F_i$$

A partir de estos resultados obtenidos se determinan otros efectos tales como momentos flectores en los elementos, cortantes en los entre pisos, etc.

Este procedimiento económicamente es costoso, debido a que demanda muchas operaciones y se necesita una capacidad de memoria interna en la computadora para almacenar los resultados intermedios. Se debe repetir el procedimiento para obtener valores más precisos con una colección de posibles registros sísmicos, como mínimo 5 que puedan afectar al terreno. En conclusión, esta alternativa de análisis no es recomendable para oficinas debido a lo trabajoso que resultan los procedimientos, sin embargo, puede ser

de suma importancia para elaborar comparaciones con otros procesos para garantizar de la mejor manera un diseño estructural.

#### **1.3.4.1 Espectro de respuesta sísmica**

Según Crisafulli (2002) En su revista manifiesta que el espectro de respuesta es una herramienta de la dinámica estructural, de gran utilidad en el área de diseño y análisis sísmoresistente, en forma general podemos decir que el espectro como una respuesta máxima expresada en termino de aceleración, velocidad y desplazamiento o cualquier otro para metro de interés que produce una acción dinámica estructural u oscilador de un grado de libertad.

#### **1.3.4.2 Aceleraciones máximas**

Según GERARDO Y MAURICIO (2017) en su revista geológica de América Central manifiesta: En ingeniería sísmica la aceleración máxima es una medida que consiste en determinar las aceleraciones que tienen las cortezas de la superficie terrestre. En genera la medida de unidad de aceleración gravitatoria es:  $g=9.81 \text{ m/s}^2$

#### **1.3.4.3 Distancia epicentro**

Según GERARDO Y MAURICIO (2017) en su revista geológica de América Central manifiesta: Es la distancia en kilómetros del punto de del hipocentro hacia la ubicación en la superficie de la tierra en posición vertical al foco.

#### **1.3.4.4 Magnitud sísmica**

Según LÓPEZ Y MUÑOZ (2003) en su revista científica manifiesta: la magnitud es un instrumento de medida de la energía liberada en el foco de un sismo, fue desarrollado por primera vez por C. F. Richter (1935), para estudiar y comparar el «tamaño de los sismos en diferentes escalas de magnitud», de manera similar a como anteriormente se definió la magnitud para clasificar a las estrellas por su brillo. Richter, usando los datos de la red sísmica de California, representó para cada terremoto, la amplitud máxima del registro frente a la distancia, y comprobó que las curvas obtenidas eran prácticamente paralelas entre sí para todas las distancias, diferenciándose únicamente en un factor de escala, hecho que permite expresar esta diferencia como un número constante independiente de la distancia (p.2).

$$M = \log A - \log A_0$$

Dónde: M=Magnitud y A=Amplitud

#### **1.3.4.5 Longitud**

Según la universidad de Alicante (2018) Manifiesta lo siguiente: La longitud es la magnitud de medición de distancias terrestre a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la tierra. Todos los puntos que se encuentran ubicados sobre el mismo meridiano tienen la misma longitud.

Con la combinación de la latitud y la longitud se puede ubicar un punto específico geográficamente dentro de la superficie terrestre.

#### **1.3.4.6 Registro sísmico**

Los registros sísmicos es un historial de todos los acontecimientos sísmicos que viene aconteciendo por medio de una institución, en el Perú el IGP, a través de sismógrafos, cuyo instrumento nos facilita conocer las características de cada sismo, brindándonos información como el epicentro, hipocentro, magnitud, ubicación a través de coordenadas geográficas.

Según MARIA (2014) Menciona al registro sísmico como un conjunto de eventos sísmicos sucedidos cuyo registro se da gracias a los sismógrafos ubicados en diferentes puntos estratégicos, para determinar las características de un sismo.

Fecha y hora local	Lugar	Magnitud
2018-09-27 17:00:07	<a href="#">85 km al SO de Huacho, Huaura - Lima</a>	4.9 ML
2018-07-18 17:00:54	<a href="#">31 km al S de Chosica, Lima - Lima</a>	4 ML
2018-05-22 13:08:34	<a href="#">61km al Oeste de Huacho, Huaura - Lima</a>	4.9 ML
2018-05-17 06:07:13	<a href="#">30km al SO de Mala, Cañete - Lima</a>	5.5 ML
2018-04-19 15:19:09	<a href="#">35km al O de Chilca, Canete Lima</a>	3.7 ML
2018-04-05 19:40:15	<a href="#">60km al oeste de San Juan de Marcona, Ica</a>	5.4 ML
2018-04-05 11:12:12	<a href="#">40km al Oeste de Iquique, Chile</a>	5.6 Mw
2018-04-05 04:16:53	<a href="#">62km al oeste de San Juan de MARcona, Ica</a>	4.9 ML
2018-03-15 05:05:07	<a href="#">Moquegua</a>	4.1 ML
2018-02-13 19:26:45	<a href="#">6 Km S de Tamboraque-Lima</a>	3.6 ML
2018-02-04 16:47:25	<a href="#">29 km NO de Locumba, Tacna</a>	4.8 ML
2018-02-01 00:35:49	<a href="#">63km al suroeste de Salaverry, La Libertad</a>	5 ML
2018-01-30 09:23:49	<a href="#">58km al suroeste de Yauca, Arequipa</a>	5.5 ML
2018-01-18 20:11:39	<a href="#">40km al sur de Lircay, Huancavelica</a>	5.2 ML
2018-01-14 09:18:42	<a href="#">56km al sur de Lomas, Arequipa</a>	6.8 Mw
2017-12-07 02:37:44	<a href="#">Norte de Piura, Ecuador</a>	4.7 ML
2017-11-29 06:29:03	<a href="#">Frente a Ica</a>	5.6 ML
2017-11-24 11:15:53	<a href="#">32 Km SE de Matucana-Lima</a>	4.7 ML

Figura 3: Registros sísmicos. Fuente: Cismid

Según la universidad de Según MARIA (2014) manifiesta que: La latitud es la magnitud que mide el ángulo o abertura entre el ecuador y cualquier punto de la tierra. La latitud son círculos paralelos al ecuador de la superficie de la tierra, es la medición de distancia que existe entre el ecuador y un punto cualquiera. Tiene las siguientes características: Las líneas que se ubican al norte del ecuador tiene denominación Norte (N), Las línea que se encuentren ubicadas al sur del ecuador tiene denominación Sur (S), Se mide en el rango de 0° a 90° grados sexagesimales, otro dato importante es la ubicación de los polos Norte y Sur, cada uno de ellos tiene 90° de latitud (polo norte latitud 90° N, polo sur latitud 90° S).

### 1.3.5 Cargas por sismo

Según KASSIMALI, (2014). Los terremotos son movimientos de porciones de tierra del planeta, lo cual genera movimientos sísmicos tanto vertical como horizontal, de los cuales los verticales son insignificantes al momento de interactuar con la estructura, sucede lo contrario para los movimientos horizontal lo cual es de gran consideración. Al momento de

vibrar el suelo también vibra una edificación esto debido a la inercia de su masa de la estructura lo cual genera fuerzas cortantes en cada uno de los elementos estructural, que para determinar con mayor precisión se debe realizar un análisis dinámico teniendo en cuenta la masa y la rigidez propios de la estructura.

En cambio, para edificaciones de mediana o baja altura los efectos causados por los eventos sísmicos tienen poco efecto dinámico por lo cual se recomienda un análisis estático para estos casos para determinar los esfuerzos de la estructura (p.45).

### 1.3.6 Muro pantalla

Según Mozo (2012) en su tesis de Análisis y diseño de muros de pantalla en suelos arenosos. Lo define como muros pantallas o pantallas continuas de hormigón armado a los muros construidos mediante el proceso de excavación en el suelo de zanjas profundas en las cuales primero se añade la estructura de acero armado, colocación de encofrado para luego ser llenado de concreto armado. Asegurándose que no se desplome totalmente sino mantenga el nivel adecuado



Figura 4: Proceso constructivo de muro pantalla. Fuente: Propia



*Figura 5: Vaciado de losa en el sótano 1. Fuente: Propia*

### **1.3.7 Edificaciones aporricadas**

Según GENARO (2011). Dice que los pórticos principales soportan el peso de la losa es decir las vigas de los pórticos reciben cargas y se las transmiten a las columnas y está a la zapata y las zapatas transmiten las cargas al suelo.

Por otro lado, cabe mencionar a los elementos estructurales que son capaces de resistir a cualquier efecto externo tales como.

- ✓ Vigas
- ✓ Columnas
- ✓ Placas
- ✓ Zapatas

Según la norma E 0.30, (2016). Los pórticos, el 80% de fuerza cortante trabaja sobre las columnas, y en caso estos posean muros estructurales de deberán diseñarse para resistir una fracción de acción sísmica (p.14).



*Figura 6: Edificación aporricado. Fuente: Propia*

### **1.3.8 Ductilidad de la estructura**

Según Mohsen, (2017) en su tesis *Seismic analysis of multistorey hybrid buildings* de La ductilidad se define como la capacidad de deformarse más allá de la zona elástica sin fracturarse. Este es un concepto importante en ingeniería, y aún más importante en híbridos. Estructura con diferentes materiales y resistencia a la exposición al terremoto efectivo. Es aquí donde la masa y la rigidez de la estructura juegan un papel vital en cómo la estructura reacciona a estas fuerzas, y cuán mal se desplaza la estructura. El movimiento del suelo y la energía que envía a través de la estructura es dinámico. Para retener la fuerza y función de una estructura, estos requisitos deben cumplirse.

### **1.4 Formulación del problema**

En relación a nuestra realidad problemática planteó los siguientes problemas de investigación.

### **1.4.1 Problema general**

¿Actualmente se carecen de información comparativa de resultados entre análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en estructuras de edificios altos en el distrito de Magdalena del Mar-Lima?.

### **1.4.2 Problemas específicos**

- ✓ ¿Actualmente se carece de información comparativa de los desplazamientos laterales entre el análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en estructuras de edificios de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar, Lima?
- ✓ ¿Actualmente se carece de información comparativa de las derivas entre el análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en estructuras de edificios de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar, Lima?
- ✓ ¿Actualmente se carece de información comparativa de fuerzas entre el análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en estructuras de edificios de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar, Lima?

## **Justificación del estudio**

### **1.5.1 Justificación teórica**

Este trabajo de tesis tiene el propósito de analizar y elaborar un estudio comparativo entre los 2 principales métodos de análisis dinámico asistido por un programa de software, ETABS 2016. Con el propósito de dar a conocer a los ingenieros estructurales a nivel nacional e internacional las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos de análisis dinámico para estructuras ya mencionados. De este modo salvaguardar las edificaciones y la vida humana ante fenómenos sísmicos que son propensos a ocurrir en cualquier momento ya que Lima está ubicada en una zona donde hay actividad sísmica.

### **1.5.2 Justificación metodológica**

Mediante la utilización del software de diseño y análisis estructural ETABS 2016, se hará un estudio comparativo de resultados del análisis dinámico modal entre el análisis dinámico tiempo-historia. Tales como desplazamientos máximos, derivas, fuerzas

### **1.5.3 Justificación tecnológica**

En el presente estudio de investigación se plantea evaluar ambos métodos de análisis estructural, modal y tiempo-historia a una misma edificación. Identificando en cada caso el comportamiento estructural del edificio.

Es necesario el estudio de cada uno de estos métodos de análisis estructural dinámico, para posteriormente elaborar el estudio comparativo para resaltar las diferencias, ventajas y desventajas de cada método de análisis. Con el propósito de incentivar a los ingenieros estructurales a elaborar un adecuado diseño estructural bajo los parámetros y normas peruanas ya establecidas como es el caso del E- 0.30 del RNE (Reglamento nacional de edificaciones).

### **1.5.4 Justificación económica**

Económicamente este proyecto de investigación comprende de bastante dedicación y compromiso, lo cual se ve reflejado en la inversión de tiempo y dinero, con la finalidad de elaborar un óptimo trabajo de investigación que pueda aportar conocimientos extras en el ámbito de análisis dinámico estructural para el beneficio de la sociedad.

Según informes, manifestaciones y cotizaciones en empresas constructoras de viviendas y edificaciones el costo del análisis estructural en el Perú oscila entre el 1% y 5% del costo del proyecto, esto dependerá del modelo arquitectónico al cual se va a realizar el diseño y análisis estructural correspondiente. Otra manera es el costo por metro cuadrado a construir.

Cabe resaltar que algunos diseños y análisis de muy bajo costo se realizan principalmente por que usan trabajos anteriores similares para ahorrarse el trabajo de un nuevo análisis, ahorrarse tiempo y cobrar por debajo del costo de mercado. Poniendo en riesgo la construcción, la integridad y vida humana.

## **1.5 Hipótesis**

### **1.5.1 Hipótesis general**

Los resultados de análisis dinámico modal espectral varía en 20% respecto al análisis dinámico tiempo historia para la estructura de un edificio 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.

### **1.5.2 Hipótesis específicas**

- ✓ Los desplazamientos laterales obtenidos por el análisis dinámico modal espectral varían en 20% respecto al análisis dinámico tiempo historia para la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar, Lima.
- ✓ Las derivas obtenidas por el análisis dinámico modal espectral varían en 20% respecto al análisis dinámico tiempo historia para la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.
- ✓ Las fuerzas obtenidas por el análisis dinámico modal espectral varía en 20% respecto al análisis dinámico tiempo historia para la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo general**

Analizar y comparar las respuestas sísmicas entre análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- ✓ Analizar y comparar los desplazamientos laterales entre análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar, Lima.
- ✓ Analizar y comparar las derivas entre análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.

- ✓ Analizar y comparar las fuerzas entre análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.

## **II. MÉTODO**

## **2.1 Diseño de la investigación**

### **Enfoque: Cuantitativo**

Según Gómez (2009), En su libro de Metodología de investigación menciona que el enfoque cuantitativo por lo común, se utiliza primero para descubrir y refinar preguntas de investigación que puedan generar hipótesis. No necesariamente se prueba las hipótesis. Mayormente se basa en métodos de recolección de datos numéricos, Utiliza las descripciones numéricas, profundas y las interpretaciones de los fenómenos (p.70).

Por ende, esta tesis tendrá como objetivo determinar y evaluar el comportamiento sismorresistente de la estructura del edificio de 16 pisos, ubicado en el distrito de Magdalena del Mar, aplicando los métodos dinámicos modal y tiempo historia.

### **Investigación: No Experimental**

Hernández, Fernández y Baptista (2010), En su libro de Metodología de investigación nos dice que La investigación no experimental observa fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después ser analizarlos (p.151).

Para este estudio de investigación no se hará la manipulación deliberada de las variables, se observará los fenómenos que acontecen al aplicar los métodos dinámico modal y tiempo-historia para después analizar los resultados que nos proporcionará el software ETABS y posteriormente determinar los beneficios de ambos análisis.

### **Diseño: transversal**

Hernández, Fernández y Baptista (2010), En su libro de Metodología de investigación, definieron que la investigación transversal, recolecta los datos en un momento determinado. Su objetivo principal es el de describir las variables y analizar su relación. Es como tomar una foto de algo que sucede en el preciso momento (p.151).

Con los instrumentos a usar como es el caso del ETABS se van a recolectar datos de dimensionamiento de la estructura, materiales y estudio de suelos en un momento único para el análisis dinámico modal espectral y tiempo-historia.

### **Nivel: Descriptivo**

Porque se va a realizar un conjunto de procedimientos lógicos y prácticos para determinar a la estructura y su relación con el análisis sísmico, tanto dinámico modal espectral y

dinámico tiempo-historia.

## **2.2 Variables, operacionalización**

### **2.2.1 Variables**

V.1.: Respuesta sísmica del análisis dinámico modal espectral

V.2.: Respuesta sísmica del análisis dinámico tiempo-historia

### **2.2.2 Operacionalización de las variables**

**Variable 1:** Respuesta sísmica del análisis dinámico modal espectral

El análisis se evalúa mediante el software ETABS, bajo las condiciones de parámetros sísmicos, que establece el reglamento nacional de edificaciones E 0.30 diseño sismorresistente 2016. Para determinar las fuerzas y respuesta sísmica en la estructura.

**Variable 2:** Respuesta sísmica del análisis dinámico tiempo-historia

El análisis se evalúa mediante el software ETABS, bajo las condiciones de parámetros sísmicos, que establece el reglamento nacional de edificaciones E 0.30 diseño sismorresistente 2016. Para determinar las fuerzas y respuesta sísmica en la estructura.

### 2.2.3 Matriz de Operacionalización de las variables

**Tabla 1:** Estudio comparativo de respuestas sísmicas entre modal espectral y tiempo-historia aplicado a un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar, Lima 2018.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>V.1. RESPUESTA SÍSMICA DEL ANÁLISIS DINÁMICO MODAL</b>	Según Arqhys, (2012) manifestó que es un método bastante práctico para determinar las fuerzas internas de los elementos y los desplazamientos en un sistema estructural. Este método implica el cálculo de los valores máximos de aceleraciones y desplazamientos en cada modo usando un espectro de respuestas para diferentes modos de vibraciones.	El análisis se evalúa mediante el software ETABS 2016, bajo las condiciones de parámetros sísmicos que establece el reglamento nacional de edificaciones E 0.30 (Diseño sismorresistente 2016), para determinar las derivas máximas, periodos y fuerzas en la estructura.	<p><b>Desplazamiento laterales</b> Es el movimiento de un lugar a otro de manera horizontal, ejercida por una fuerza lateral, cuya distancia de desplazamiento estará en función de la masa, rigidez, altura y el periodo (<b>Villarreal, 2009</b>).</p>	<p>*Peso W (ton) *Altura (m) *Fuerzas laterales (tonf) *Periodo (seg) *Rigidez</p>
			<p><b>Derivas</b> Las derivas máximas de entre piso no es más que el desplazamiento relativo de piso dividido para la altura de entre piso (<b>Aguilar, 2006</b>).</p>	<p>*Altura de entre piso (m) *Desplazamiento relativo (cm)</p>
			<p><b>Fuerzas</b> [...] Existen sistemas de fuerzas externas (F1, F2... Fn), los cuales generan reacciones (Ra Rb) para lograr un equilibrio con las fuerzas internas que impiden la rotura del cuerpo (<b>Lefevre y Villar, 2015</b>).</p>	<p>*Momentos (tonf-m) *Cortantes (tonf-m) *Torsión (Tonf-m)</p>

**V.2.  
RESPUESTA  
SÍSMICA  
DEL  
ANÁLISIS  
TIEMPO-  
HISTORIA**

Según Scaletti, (2017) Manifestó que a partir de uno o más componentes para el registro de un sismo se puede integrar ecuaciones diferenciales desacopladas, de tal manera obtener los componentes correspondientes de cada modo en función del tiempo, haciendo las combinaciones apropiadas de los componentes se hallan historias para los desplazamientos.

El análisis se evalúa mediante el software ETABS 2016, bajo las condiciones de parámetros sísmicos que establece el reglamento nacional de edificaciones E 0.30 (Diseño sismorresistente 2016), para determinar las derivas máximas, periodos y fuerzas en la estructura.

**Desplazamiento laterales**

Es el movimiento de un lugar a otro de manera horizontal, ejercida por una fuerza lateral, cuya distancia de desplazamiento estará en función de la masa, rigidez, altura y el periodo (Villarreal, 2009).

- \*Peso W (ton)
- \*Altura (m)
- \*Fuerzas laterales (tonf)
- \*Periodo (seg)
- \*Rigidez

**Derivas**

Las derivas máximas de entre piso no es más que el desplazamiento relativo de piso dividido para la altura de entre piso (Aguilar, 2006).

- \*Altura de entre piso (m)
- \*Desplazamiento relativo (cm)

**Fuerzas**

[...] Existen sistemas de fuerzas externas (F1, F2... Fn), los cuales generan reacciones (Ra Rb) para lograr un equilibrio con las fuerzas internas que impiden la rotura del cuerpo (Lefevre y Villar, 2015).

- \*Momentos (tonf-m)
- \*Cortantes (tonf-m)
- \*Torsión (Tonf-m)

**Selección de registros sísmicos**

Según el RNE en la norma E 0.30 (Diseño sismorresistente) se tomará 5 registros sísmicos como mínimo para un análisis dinámico tiempo -historia.

- \*Compatibilidad o semejanza de aceleraciones sísmicas.
- \*Intensidad de magnitud.

## **2.3 Población y muestra**

### **Población**

La población viene a ser el edificio de 16 pisos de uso de oficinas, multifamiliar, ubicado en la Av. Ejército N° 261-281 esquina Jirón Sáenz Peña N° 281 Magdalena del Mar, Lima.

Según Hernández, Fernández, y Baptista (2015). En su libro de metodología de investigación manifestó: Una vez que se ha definido cuál será la unidad de muestreo de análisis, se procede a delimitar la población que va a ser estudiada en la investigación y sobre la cual se pretende generalizar los resultados pertinentes. (p.174).

### **Muestra**

Para un estudio de investigación con características de la presente tesis de un estudio comparativo aplicado al edificio de 16 pisos, la muestra viene a ser los elementos estructurales por ser único cada elemento en su comportamiento estructural.

Según Hernández, Fernández, y Baptista (2015). Manifiesta sobre el uso de muestra en una investigación: No siempre se realiza el estudio en una muestra, pero si en la mayoría de las situaciones. [...] (p.172).

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

Todo instrumento de medición del investigador debe tener como requisitos tres elementos fundamentales: Confiabilidad, validez y objetividad.

Para este trabajo de investigación se utilizarán los siguientes softwares de cálculo estructural y programas office tales como: ETABS 2016, AutoCAD 2016, Excel y Word 2013.

Como instrumento principal para el estudio y análisis de esta investigación usaremos el software de computadora ETABS 2016, con la cual se realizará el modelamiento con las dimensiones y tipos de materiales correspondientes, tanto en concreto como en acero, para posteriormente realizar el análisis y comparación de los diferentes resultados que arroja el programa ETABS 2016. El software es una herramienta que aplica el método de elementos finitos, con gráficos en 3D para la modelación de cada uno de los elementos de una

edificación. Es un software potente y versátil por tener la característica de dimensionar y analizar diferentes tipos de estructuras tales como: Edificaciones, puentes, tanques de almacenamiento de agua, estructuras marinas, estructuras metálicas, etc.

### **Confiabilidad**

Los resultados de este trabajo de investigación serán de confiabilidad, puesto que el software ETABS 2016 es un instrumento mundial de la CSI Spain, que es gestionada por IGENMAI, la cual está acreditada por el colegio de ingenieros de Portugal (OE) a través del sistema de acreditación de la formación continua para ingenieros, con el objetivo de garantizar la calidad y confiabilidad.

Según Hernández et al. (2015). La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales. Por ejemplo, si se midiera en este momento la temperatura ambiental usando un termómetro y éste indicara que hay 30°C, y un minuto más tarde se consultara otra vez y señalara 7°C, tres minutos después se observara nuevamente y éste indicara 45°C, dicho termómetro no sería confiable, ya que su aplicación repetida produce resultados distintos. [...] (p.200).

### **Validez**

Los resultados de este proyecto de investigación cuentan con validez puesto que el instrumento es el adecuado para medir las dos variables: Análisis dinámico modal y análisis dinámico tiempo-historia. A través de los resultados que proporcionará el ETABS 2016, se analiza cada uno de los dos métodos de análisis dinámico, para luego identificar los beneficios de cada método.

Hernández, Fernández, y Baptista (2015). La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable en relación a sus resultados que pretende medir. Por ejemplo, un instrumento válido para medir la inteligencia debe medir la inteligencia y no la memoria. Un método para medir el rendimiento bursátil tiene que medir precisamente esto y no la imagen de una empresa. [...] (p.200).

## **Objetividad**

El ETABS 2016 como instrumento de medición principal cumple con las expectativas que se requiere para los análisis dinámicos de esta investigación, el comportamiento del programa y su forma de respuesta de datos son permeables para lo que se busca como objetivo que es elaborar un estudio comparativo de los beneficios de ambos métodos.

Hernández, Fernández, y Baptista (2015). Dice que, en un instrumento de medición, la objetividad se refiere al grado en que éste es o no permeable a la influencia de los sesgos y tendencias del investigador o investigadores que lo administran, califican e interpretan. (p.206).

### **2.5 Métodos de análisis de datos**

Para este trabajo de investigación se utilizarán los siguientes softwares de cálculo estructural y programas office: ETABS 2016, AutoCAD 2016, Excel y Word 2013, y los datos establecidos en el plano estructural y arquitectónico del edificio elaborado por profesionales colegiados y cumpliendo los parámetros establecidos en el reglamento nacional de edificaciones.

### **2.6 Aspectos éticos**

En este presente trabajo de investigación se da fe que el planteamiento y desarrollo es de nuestra autoría y que todas las fuentes, párrafos e información ajena a nuestra autoría están debidamente citados y referenciados, del mismo modo los datos obtenidos del presente análisis sísmico serán plasmados adecuadamente en la parte de resultados de esta tesis.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1 Parámetros generales para el análisis

#### 3.1.1 Ubicación y arquitectura

##### Ubicación

El edificio para el análisis dinámico modal espectral y tiempo historia es un proyecto multifamiliar para el uso de departamentos, cuenta con 16 pisos, un semi sótano y un sótano. Ubicado en la Av. Ejército N° 261-281 esquina Jirón Sáenz Peña N° 281 Magdalena del Mar, Lima. Y tiene la siguiente fachada (Ver figura).



Figura 7: Fachada del edificio de 16 pisos. Fuente: AutoCAD

### Descripción de arquitectura

El terreno tiene un arrea de 1030.50m<sup>2</sup> y el área construida es de 715.57m<sup>2</sup>, en Los un semi sótano y sótano uno están destinados para el estacionamiento vehicular, y en la parte más baja un cuarto de bombas y cisterna, el primer piso contará con departamentos, terraza, áreas verdes, estacionamiento vehicular, sub estación eléctrica, sala de recepción, vestuario del personal de seguridad, servicio higiénico, a partir del segundo piso empieza los 4 departamentos por piso con las siguientes áreas (ver figura).

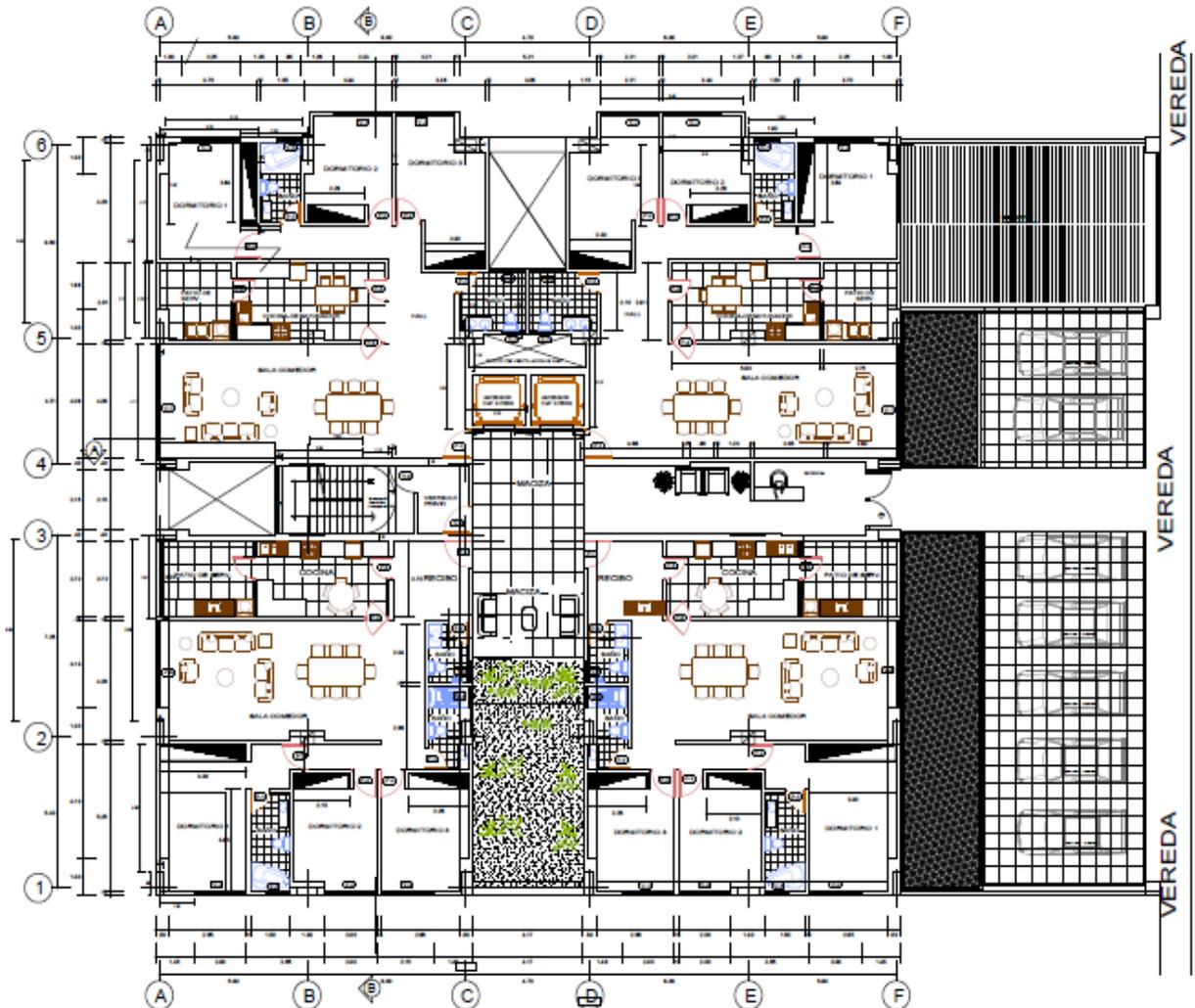
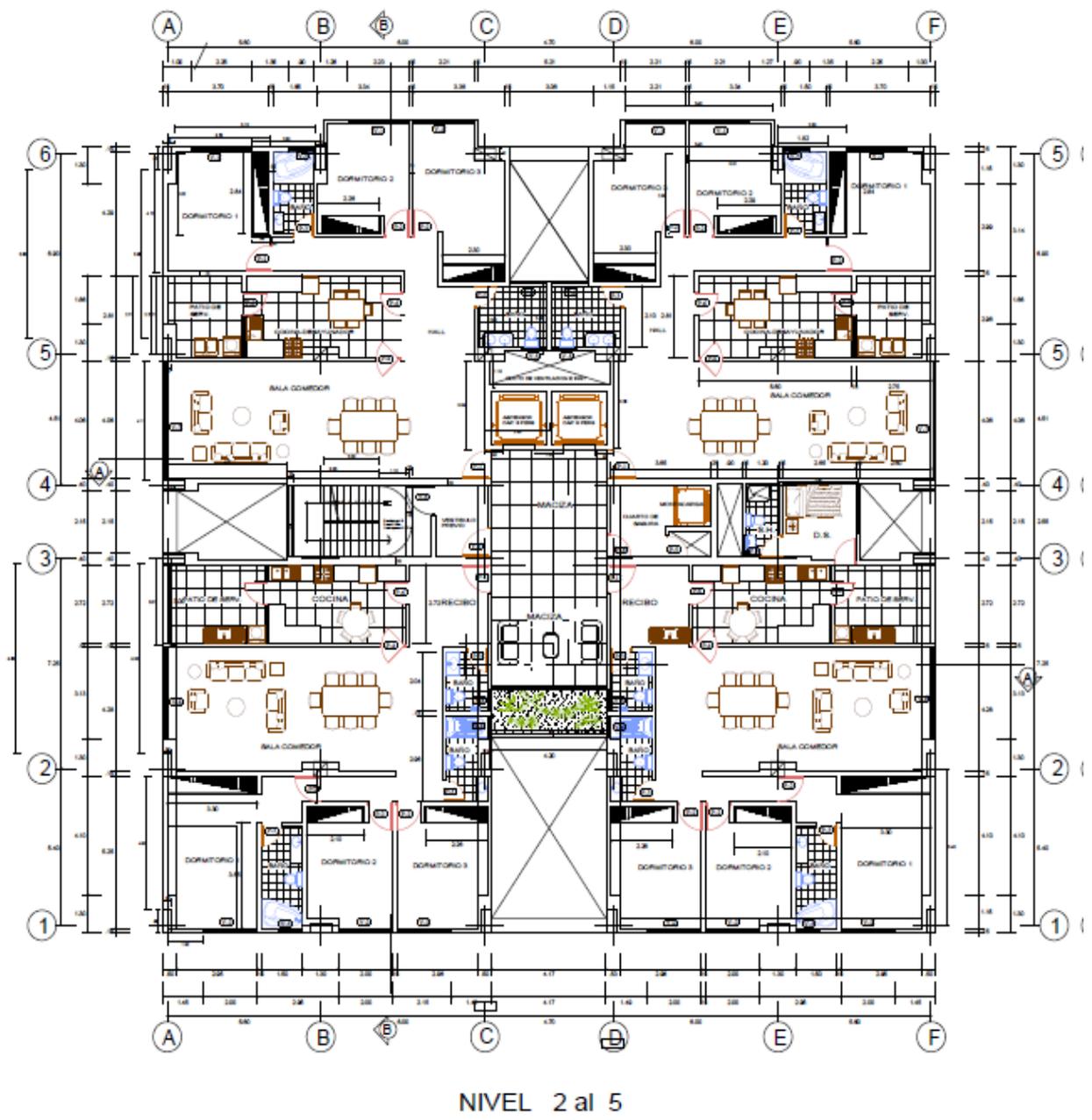
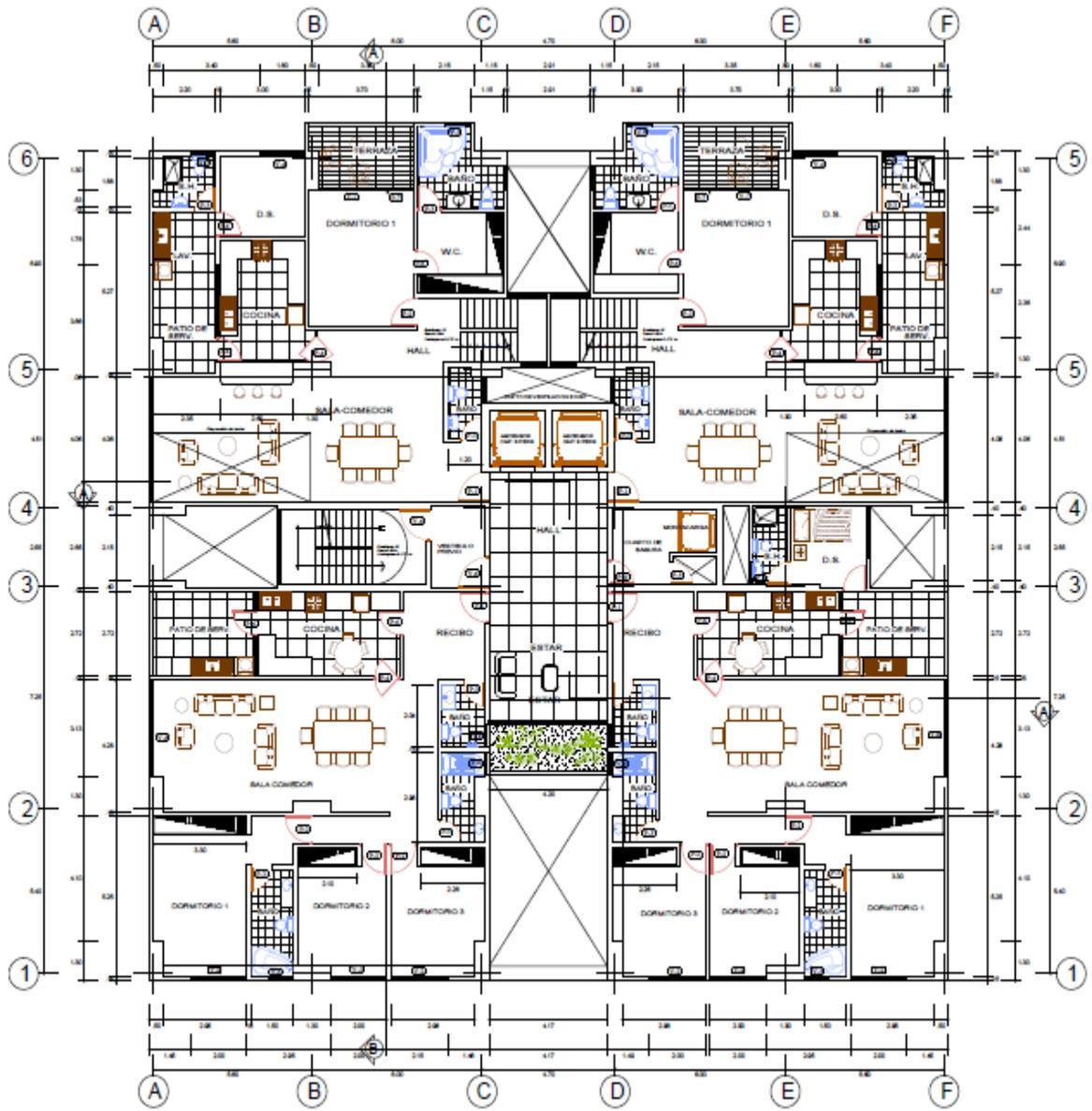


Figura 8: plano de arquitectura, primer piso. Fuente: AutoCAD



NIVEL 2 al 5

Figura 9: Plano de arquitectura del segundo al quinto piso. Fuente: AutoCAD.



NIVEL 6 al 10

Figura 10: Plano de arquitectura del sexto al décimo nivel. Fuente: AutoCAD

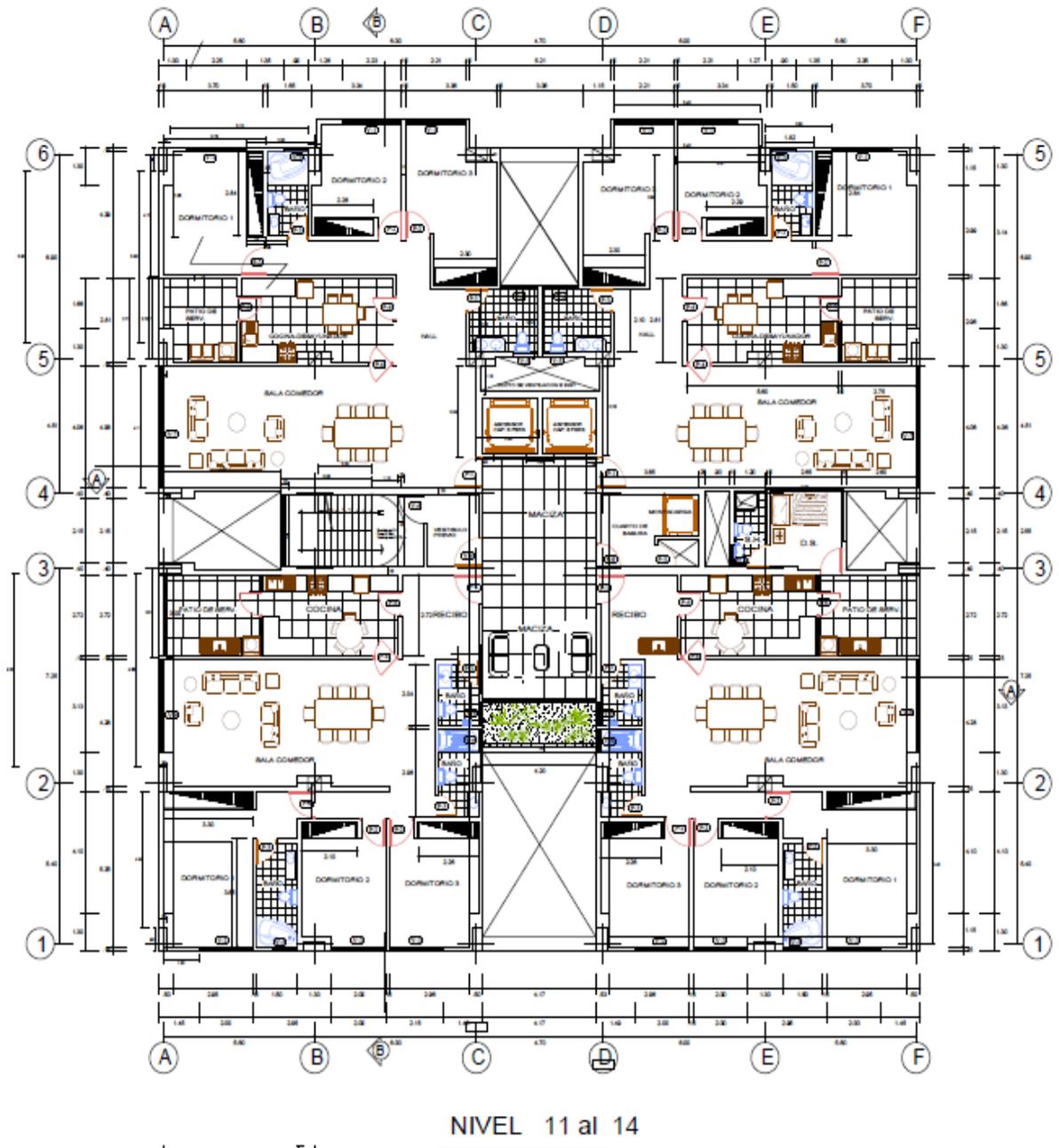


Figura 11: Plano de arquitectura del piso 11 al piso 14. Fuente: AutoCAD

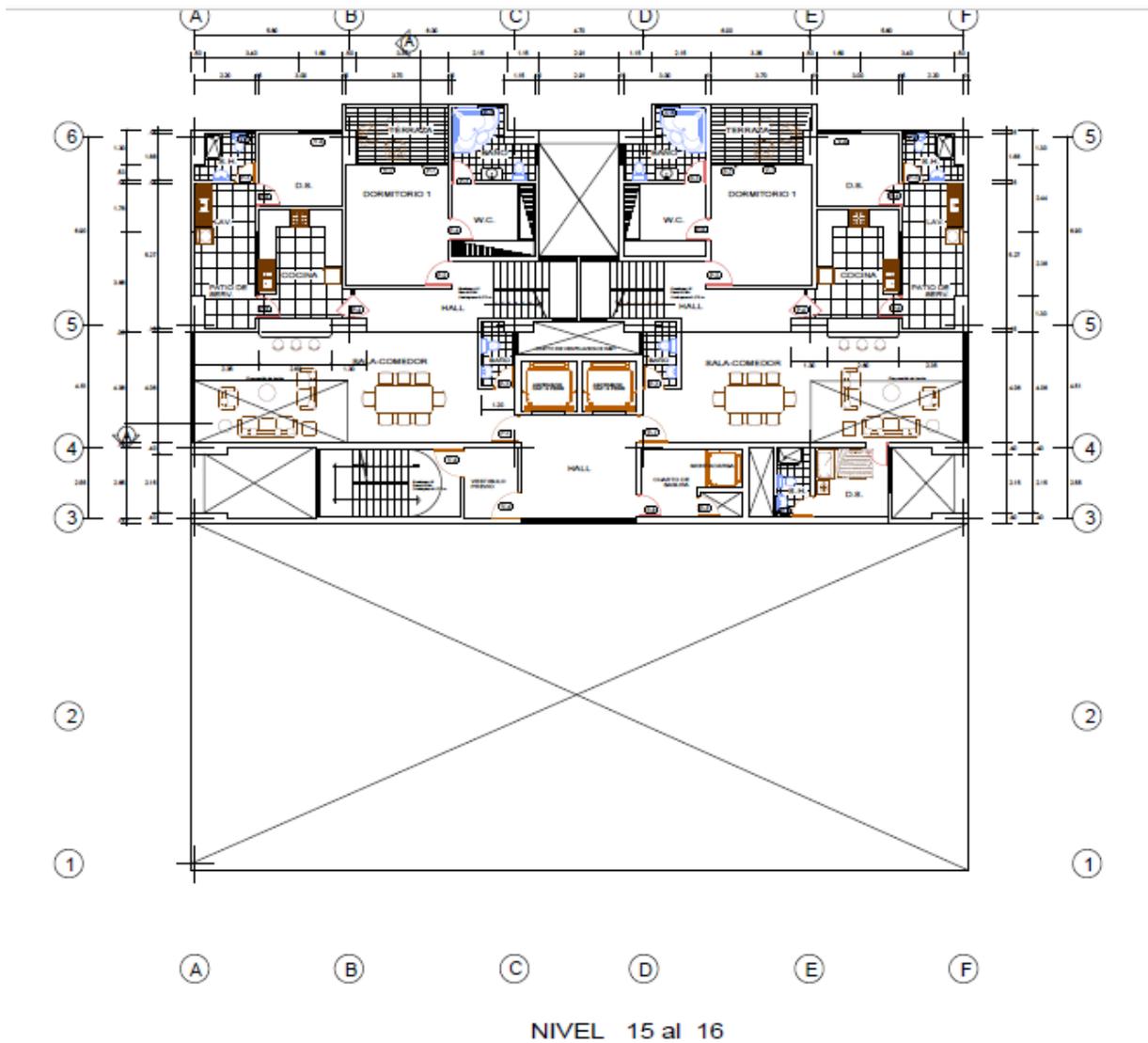


Figura 12: Plano de arquitectura del nivel quince al dieciséis. Fuente: AutoCAD

### 3.1.2 Estudio de mecánica de suelos

#### Resumen

- ✓ Hecho por: Ing. José Díaz Collante (CIP 28467)
- ✓ Fecha: Junio2016
- ✓ Estratigrafía: La estratigrafía natural típica está conformada por material grava mal granulada, de origen fluvio aluvial, en estado denso a semi denso. El material tiene humedad y color gris oscuro.

- ✓ Clasificación unificada (SUCS): Grava mal Granulada (GP)
- ✓ Capacidad de carga: 5.8 kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Profundidad (mínima) de la cimentación (Df): 1.00 m (Debajo del sótano más bajo)
- ✓ Clasificación RNE: S1 suelo muy rígido
- ✓ Factor del suelo (S): 1.0
- ✓ Máximo asentamiento esperado: -1.25cm
- ✓ Profundidad de nivel freático: no se encontró napa freática
- ✓ Periodo que define la plataforma del espectro para este suelo T<sub>p</sub>: 0.4 segundos
- ✓ Profundidad máxima investigada: 20 m.
- ✓ Factor de zona (Z): 0.45 (zona 4)
- ✓ Peso específico: 2037 Kg/m<sup>3</sup>
- ✓ Ángulo de fricción interna: 32°
- ✓ Cohesión: (c): 0.00 Kg/cm<sup>2</sup>

#### **Observaciones:**

- ✓ no se encontraron una concentración considerable de sulfato o sales agresivas al concreto.
- ✓ Utilizar cemento portland tipo I en el concreto de la cimentación y en aquel para elementos estructurales en contacto con suelo.
- ✓ Emplear algún impermeabilizante en los acabados de los elementos estructurales que tendrán contacto permanente con el agua.

### **3.1.3 Materiales**

Para el modelado y análisis de este edificio se ha tomado en cuenta como materiales elementales al concreto y acero, de los cuales mencionaremos sus características y propiedades de cada uno a continuación.

#### **Concreto**

- ✓ Resistencia a la compresión (F'c): falsa zapata concreto ciclopio + 30% de piedra grande en volumen (f'c=100kg/cm<sup>2</sup>), cimiento corrido de concreto simple + 30% de piedra grande en volumen (f'c=100kg/cm<sup>2</sup>), zapatas aisladas de las columnas (f'c=350kg/cm<sup>2</sup>), zapatas aisladas de las placas (f'c=350kg/cm<sup>2</sup>), zapatas corridas de

las placas ( $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ), zapatas corridas de los muros de cimentación ( $f'c=350\text{kg/cm}^2$ ), muro de cimentación ( $f'c=280\text{kg/cm}^2$ ), muros de contención en las sifernas ( $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ), placas ( $f'c=280, 210, 350, \text{kg/cm}^2$ ), vigas de cimentación ( $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ), vigas y encofrados de losas de techo ( $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ), columnas de arrioste y vigas soleras en la tabiquería ( $f'c=175\text{kg/cm}^2$ ),

- ✓ Módulo de elasticidad (E): Fórmula  $[E=150000*\text{SQR}(F'c)]$  Ton/m<sup>2</sup>. Estará en función del  $F'c$ .
- ✓ Módulo de Poisson ( $\nu$ ): 0.15 - 0.20, Es variable de acuerdo al  $F'c$
- ✓ Peso volumétrico del concreto: 2.4 Ton/m<sup>3</sup>

### **Acero de refuerzo**

Se utilizan varillas de acero corrugado con las siguientes características

- ✓ Límite de fluencia ( $F'y$ ): 42000 Ton/m<sup>2</sup>, grado 60
- ✓ Módulo de elasticidad (E):  $2*10^6$  Ton/m<sup>2</sup>
- ✓ Peso volumétrico: 7.850 Ton/m<sup>3</sup>

### **3.1.4 Normativa**

Para un óptimo y adecuado estudio comparativo dinámico modal y tiempo historia nos basamos en las siguientes normas del reglamento nacional de edificaciones:

- ✓ Norma E. 020 (Cargas)
- ✓ Norma E. 030 (Diseño sismorresistente)
- ✓ Norma E. 050 (Suelos y cimentaciones)
- ✓ Norma E. 060 (Concreto armado)

### **3.1.5 Cargas**

#### **Cargas**

Según la NORMA E 0.20, (2016) Establece que las cargas son fuerzas y/o acciones que resultan del peso propio de los materiales de la edificación, sus pertenencias (muebles, equipos, máquinas, vehículos), efectos generados por el medio ambiente (nieve, viento), movimientos vibratorios del suelo (sismos).

## Carga muerta

Según la NORMA E 0.20, (2016) Establece a la carga muerta como el peso de los componentes estructurales y arquitectónicos de la edificación tales como Zapatas, columnas, vigas, losas, placas, muros, acabados, etc.

## Carga viva

Según la NORMA E 0.20, (2016) Establece a la carga viva como el peso de los ocupantes del edificio, los muebles, materiales que se encuentran dentro de la edificación, así mismo a los vehículos y equipos móviles que puedan trasladarse.

### 3.2 Modelamiento

Para el modelamiento del edificio de 16 pisos con el programa ETABS 2016 se sigue los siguientes pasos:

- ✓ Configuración y cambio de unidades al sistema internacional (Kg-m-s-C).

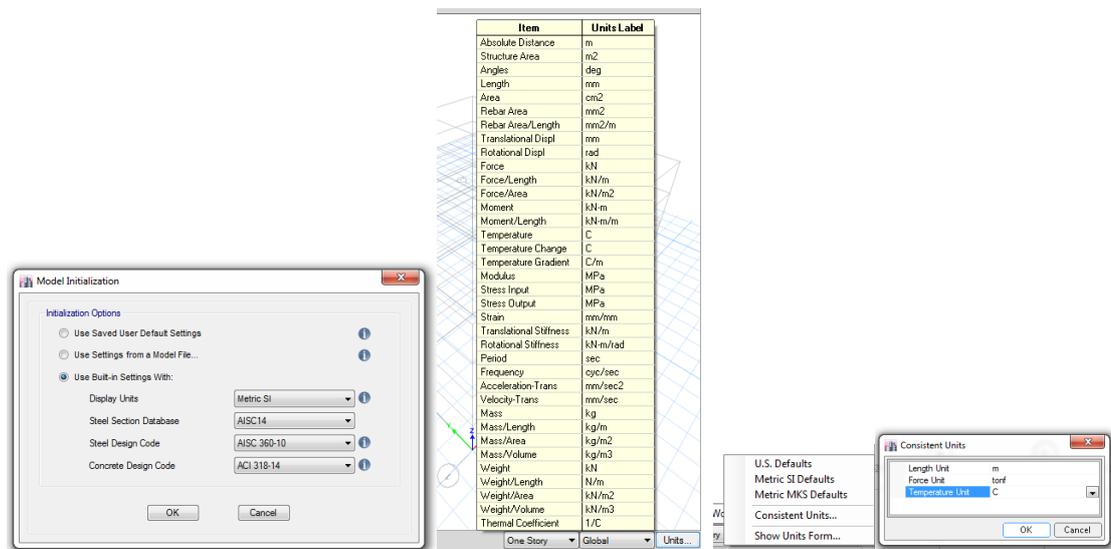


Figura 13: Configuración de unidades en el ETABS. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS

- ✓ Creación de grillas de acuerdo a los ejes y números de pisos que establece el plano del edificio.

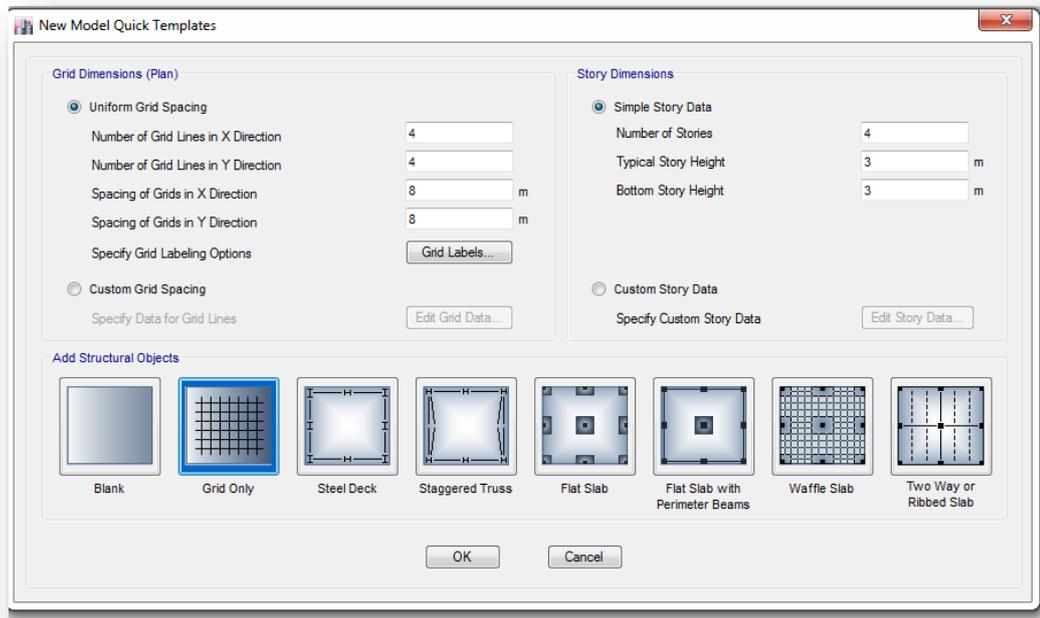
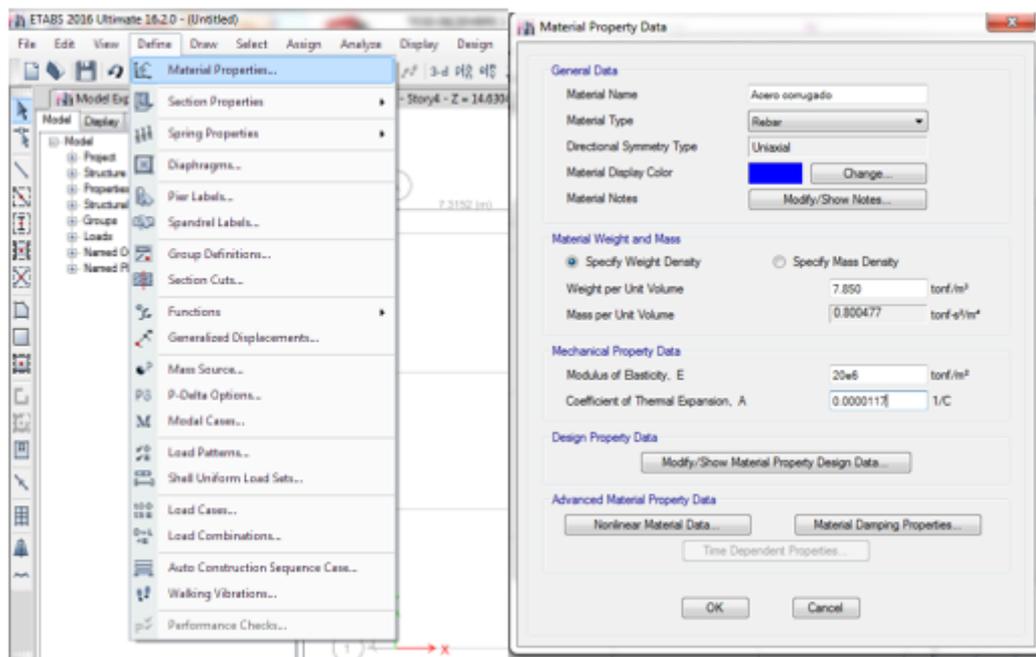


Figura 14: Elaboración de grillas para la estructura. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS

- ✓ Definición de los materiales: Concreto y acero (Con los parámetros y propiedades establecidos en el plano).



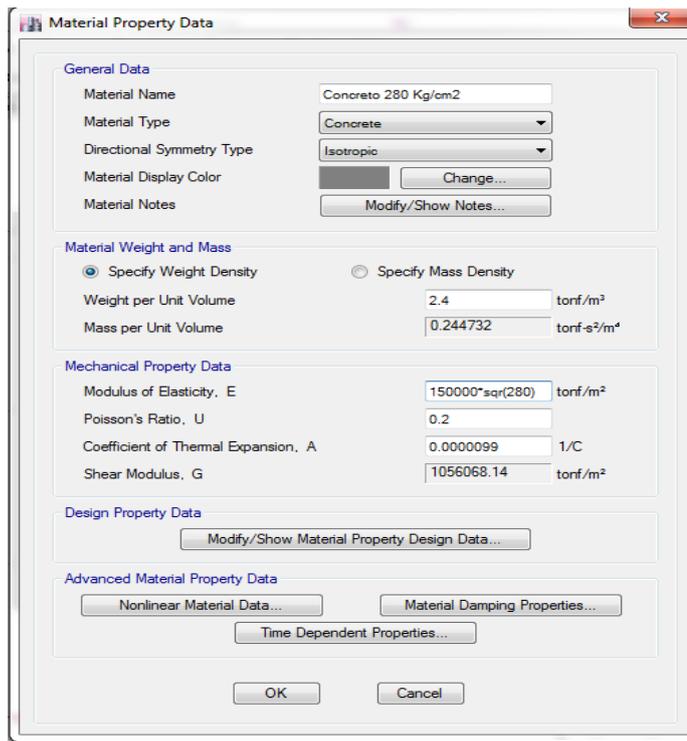


Figura 15: Definición de los materiales acero y concreto Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS

✓ Definición de las secciones (Columnas y vigas)

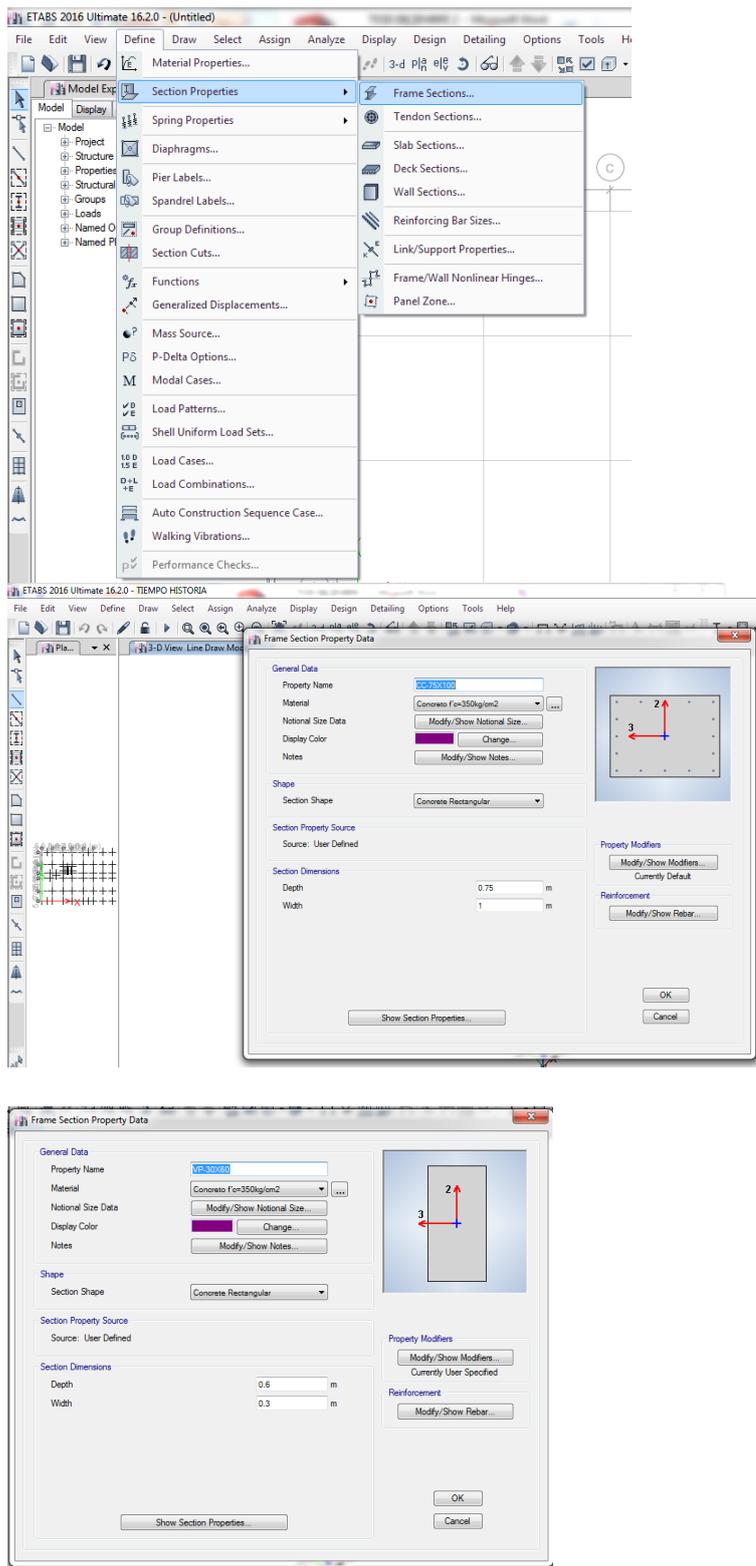


Figura 16: Definición de secciones de vigas y columnas. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS

- ✓ Definición de áreas (Muros estructurales, losas, escaleras)

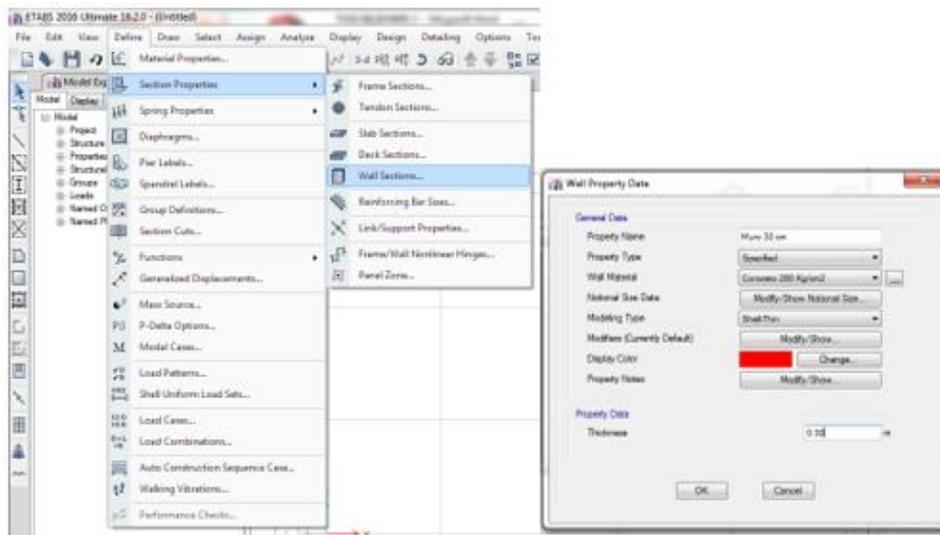


Figura 17: Definición de las áreas para las losas. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS

- ✓ Asignación de las secciones y áreas en las grillas (Asignar las secciones de columnas, vigas y áreas de losas y escaleras creadas de acuerdo al plano estructural).

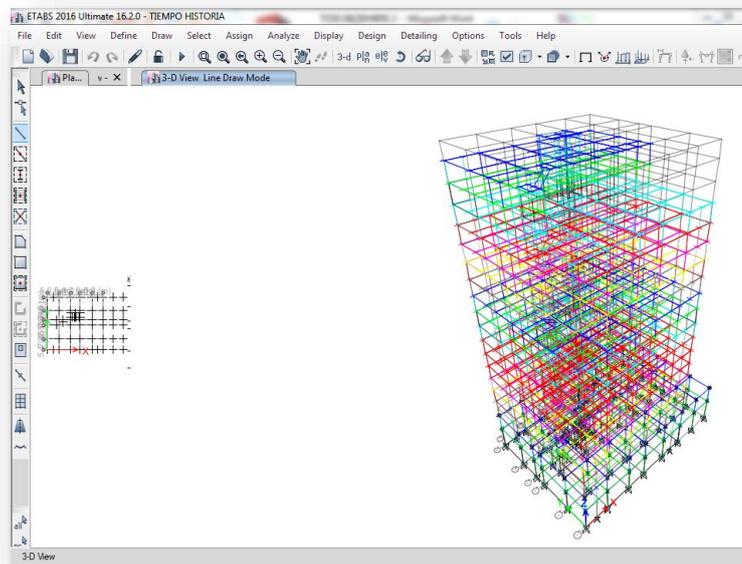


Figura 18: Asignación de vigas, columnas, losas y muros a las grillas para el modelamiento. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS

- ✓ Empotramiento en la base (Restringir como empotramiento perfecto en la planta más baja).

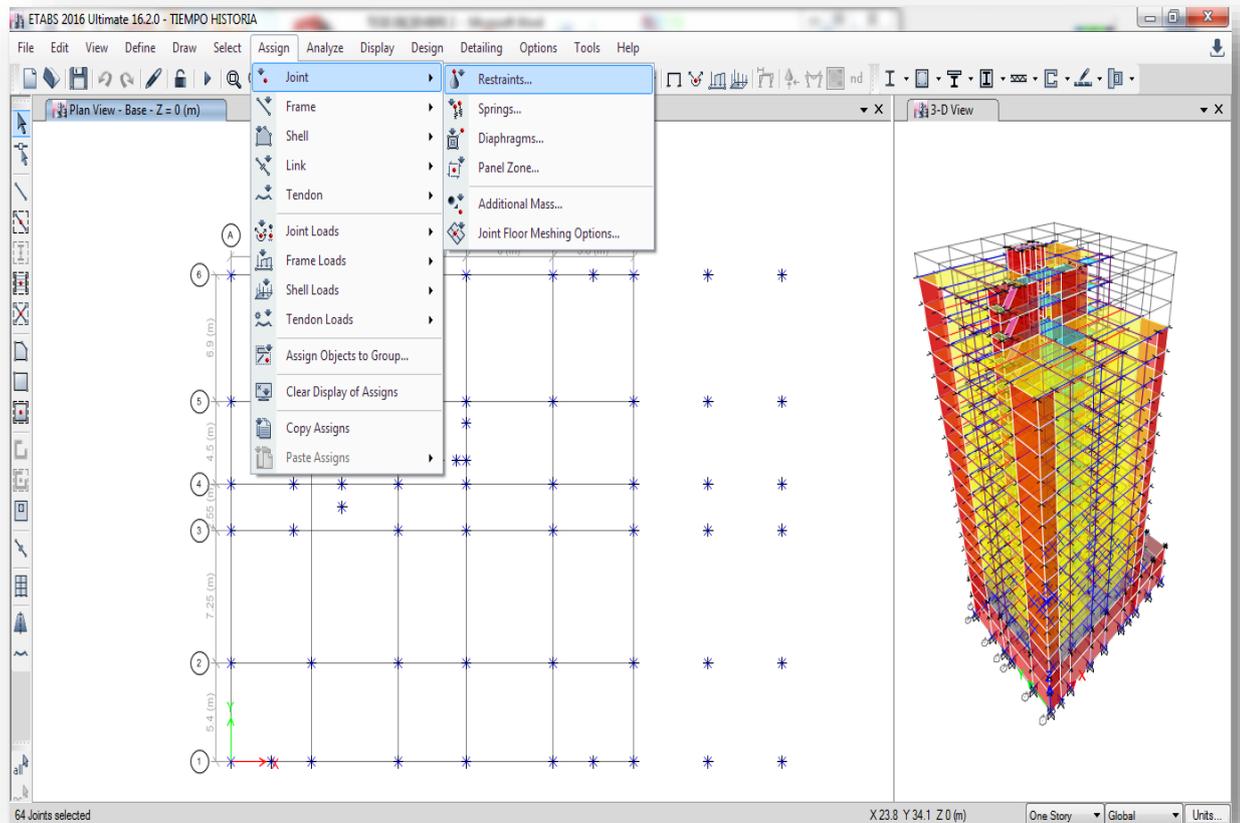


Figura 19: Asignación de restricciones. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS

✓ Modelamiento final 3D

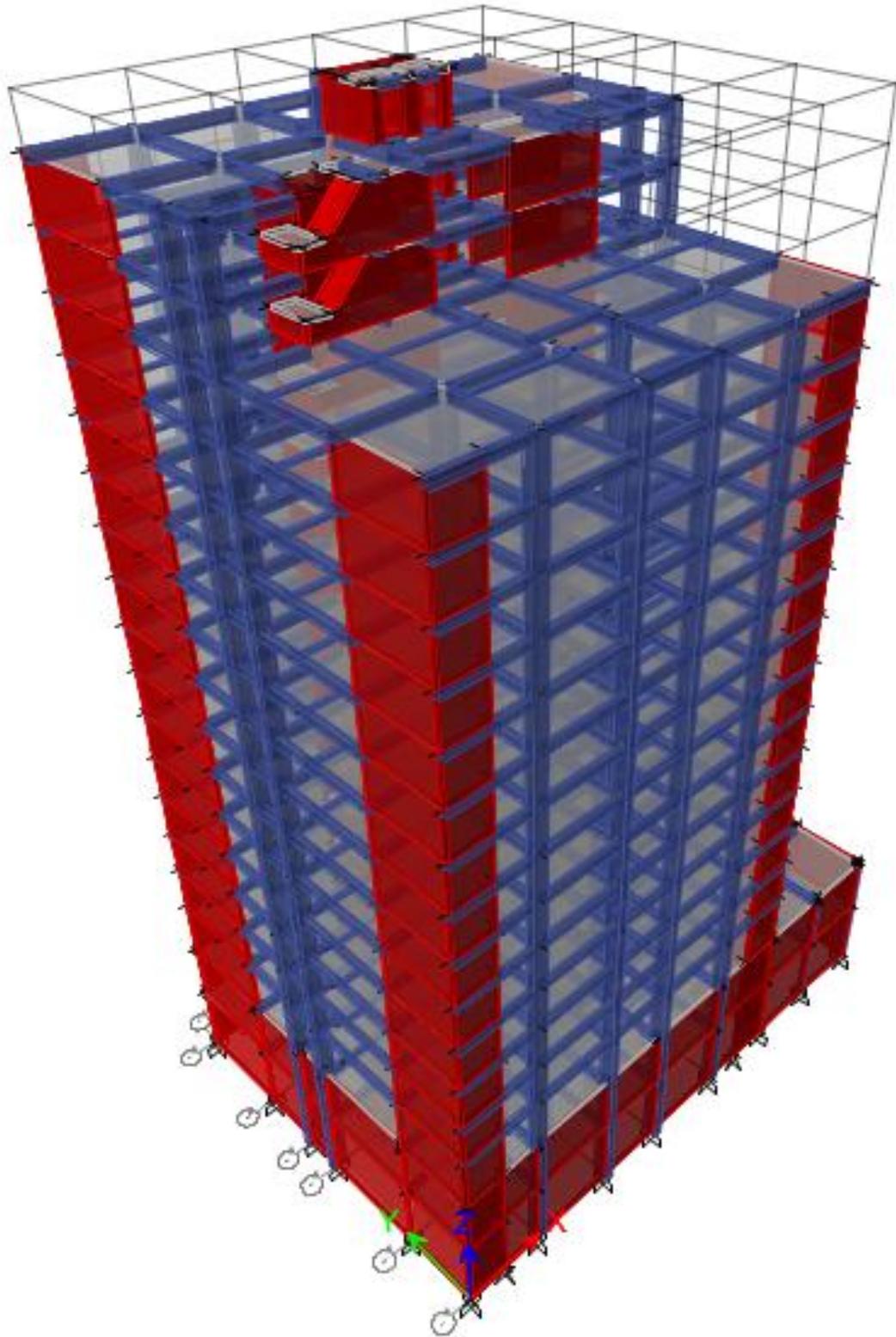


Figura 20: Modelamiento final (vista 3D). Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS

### **3.3 Análisis dinámico modal espectral**

Según Sucumar, B. (2012) en su tesis manifiesta que el análisis dinámico de la estructura es una parte del análisis estructural en el que el comportamiento de la flexibilidad se estudia la estructura sometida a carga dinámica. La carga dinámica siempre cambia con el tiempo. La carga dinámica se compone de viento, carga viva, carga sísmica, etc. Así, en general, podemos decir casi todos los problemas de la vida real pueden ser estudiados dinámicamente. las cargas dinámicas cambian gradualmente, la respuesta de la estructura puede ser aproximadamente de una estática.

#### **3.3.1 Procedimiento**

Una vez realizado el modelamiento de la edificación seguir los siguientes pasos:

- ✓ **Crear el espectro de diseño según la Norma E 0.30 del RNE**

##### **Zonificación**

Departamento: Lima

Provincia: Lima

Distrito: Magdalena del mar

Zona Sísmica: 4

Z: 0.45 g

##### **Parámetros de sitio:**

Perfil de suelo (tipo): S1

S= 1

Tp=0.40

Tl=2.5

##### **Categoría de la edificación:**

Categoría: Común (C)

U=1

##### **Restricciones de irregularidades:**

No se permiten irregularidades extremas

##### **Coefficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas:**

Sistema estructural: Concreto armado dual (Por contar con placas en la estructura)

Ro= 7

##### **Factores de irregularidad:**

Irregularidad en altura (Ia): Regular – Sistema estructural continuo

Ia= 1.0

Irregularidad en planta (Ip): Regular – Sistema estructural simétrico

Ip= 1.0

**Coefficiente de reducción de fuerzas sísmicas:**

$$R=R_0 \cdot I_a \cdot I_p = 7$$

**Cálculo y gráfico del espectro de sismo de diseño (Sa/g):**

$$\text{Fórmula: } S_a = (ZUCS/R) \cdot g$$

Gráfico de espectro:

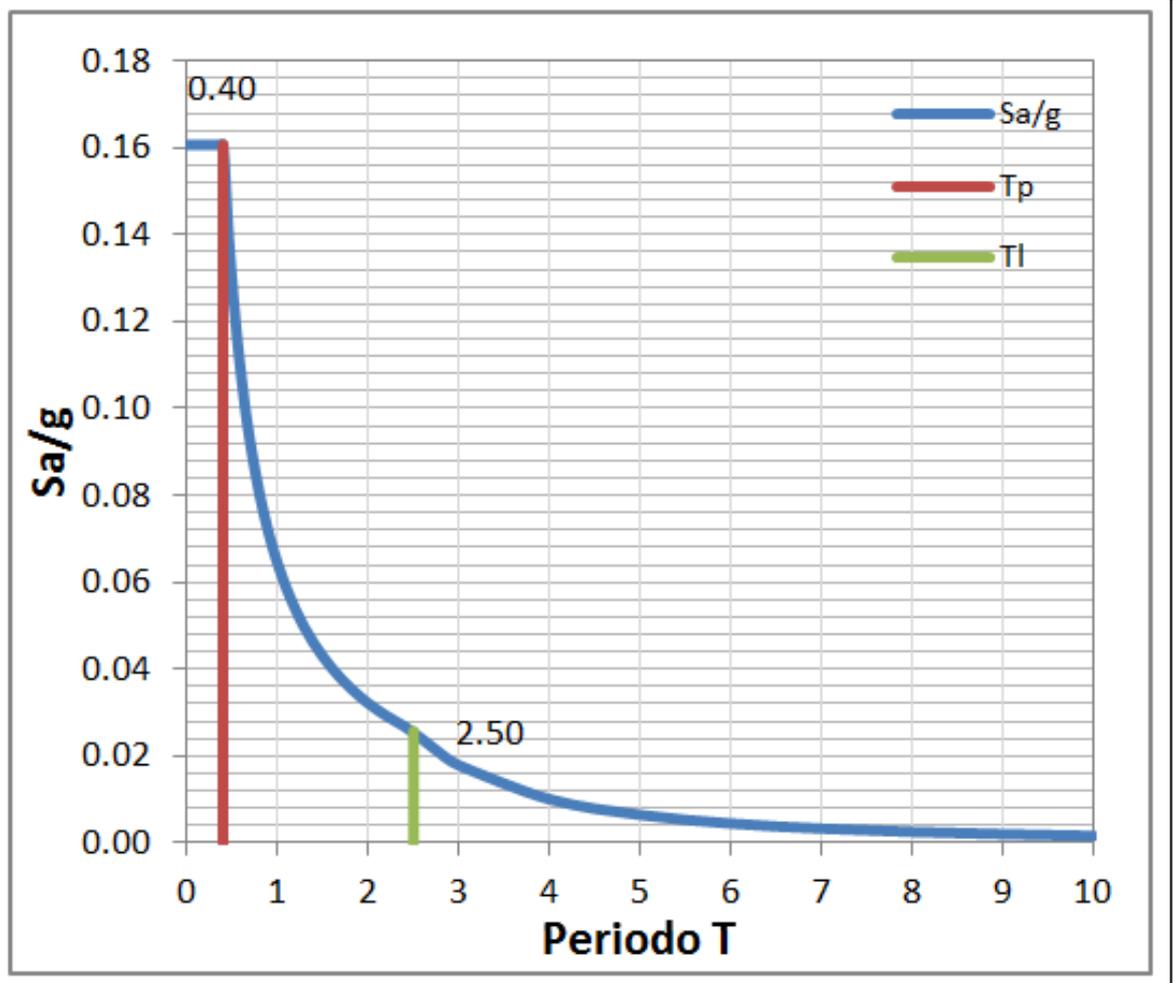


Figura 21: Espectro de sismo de diseño (Sa/g). Fuente: Crixus ingeniería y construcción SAC.

✓ **Introducir datos al programa ETABS**

**Asignación de cargas vivas**

Según la Norma E 0.20 (cargas) establece como mínimo que para el uso de departamentos se considere 200 Kg/m<sup>2</sup>

**Insertar el espectro de diseño**

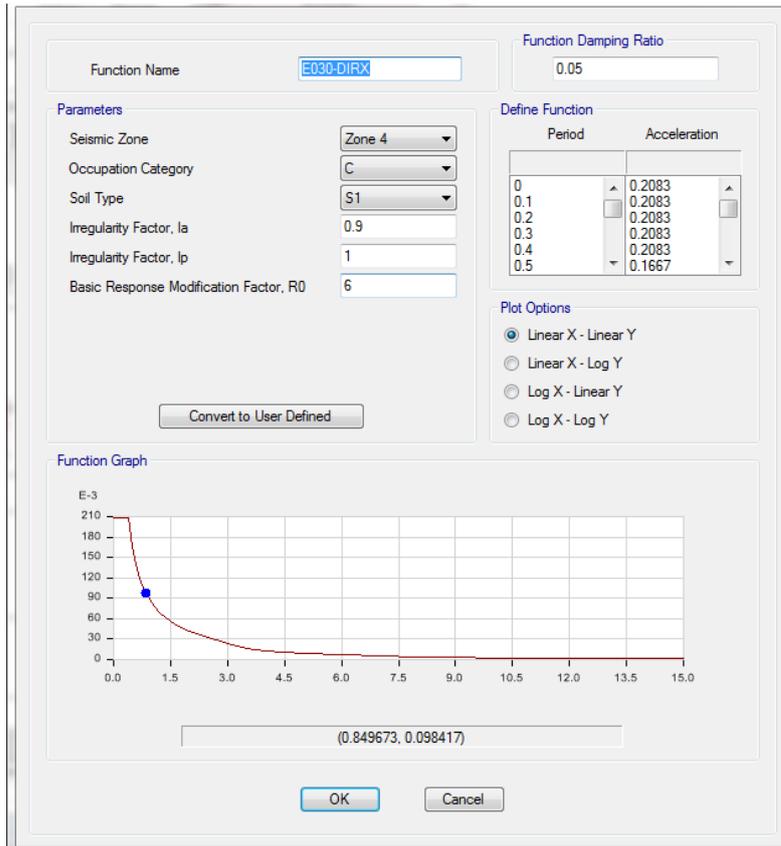


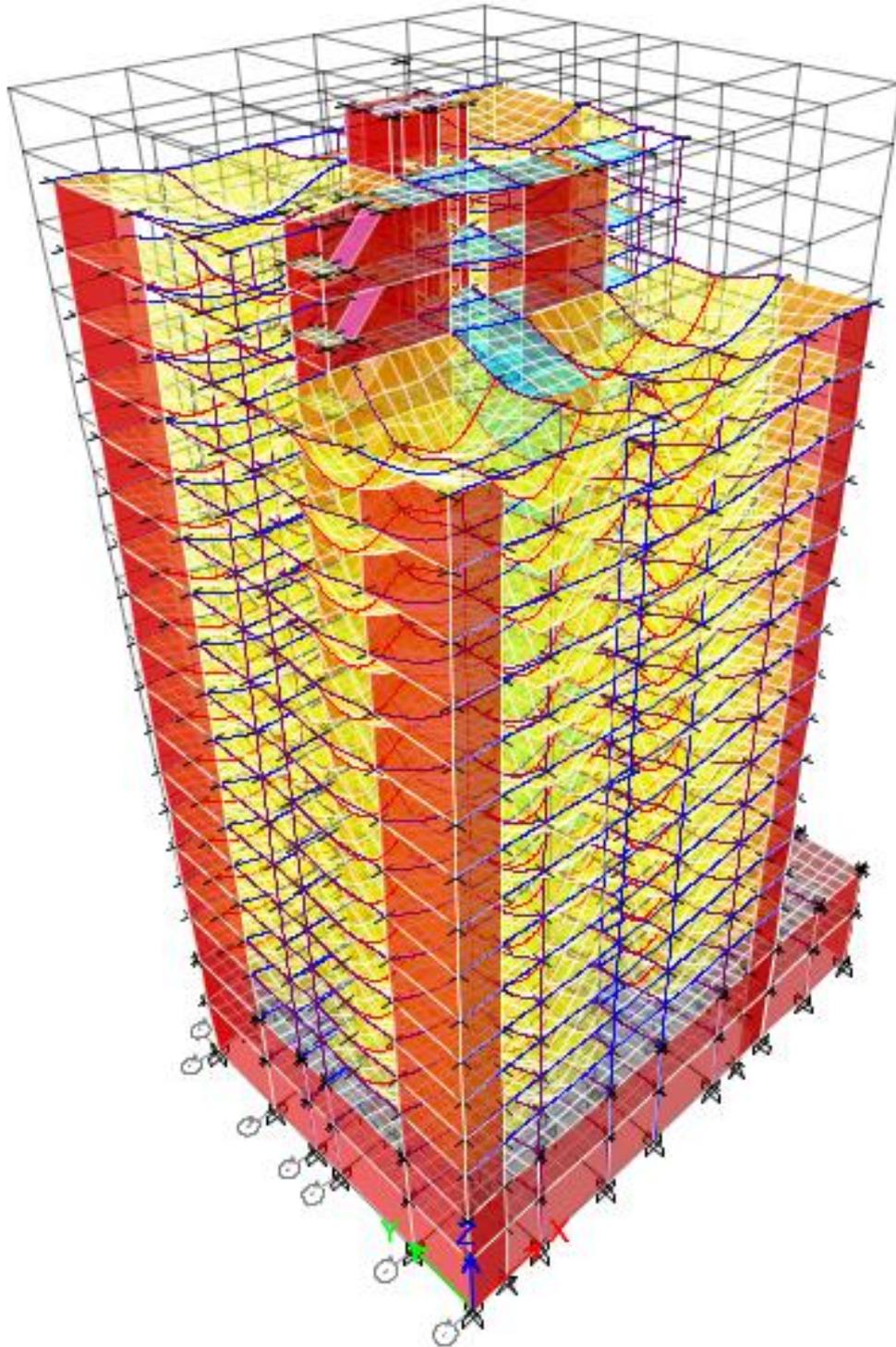
Figura 22: Elaboración del espectro de diseño en el ETAB. Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS

**Crear los casos de carga**

SDX (Sismo dinámico en X), 5% amortiguamiento

SDY (Sismo dinámico en Y), 5% amortiguamiento

✓ **Correr análisis**



*Figura 23:* Imagen de la edificación sometida a esfuerzos de sismo por el método dinámico modal espectral.  
*Fuente:* Elaborada por los autores en el ETABS

### 3.3.2 Resultado modal espectral

#### 3.3.2.1 Desplazamientos

##### Desplazamientos máximos (sismo dinámico en X)

Tabla 2: Desplazamientos (sismo dinámico en X)

Desplazamientos máximos (cm) – Sismo Dinámico X			
Piso	elevación (cm)	Direc Y	Direc X
CM	6445	1.155	7.0097
TECHO 16	6185	1.7095	7.5723
TECHO 15	5865	1.614	7.1253
TECHO 14	5545	1.5147	6.6654
TECHO 13	5225	1.411	6.1905
TECHO 12	4905	1.3032	5.7004
TECHO 11	4585	1.1915	5.1963
TECHO 10	4265	1.0761	4.6796
TECHO 09	3945	0.9578	4.1529
TECHO 08	3625	0.8374	3.6198
TECHO 07	3305	0.7159	3.0852
TECHO 06	2985	0.5977	2.5567
TECHO 05	2665	0.4793	2.0385
TECHO 04	2345	0.3643	1.5385
TECHO 03	2025	0.2588	1.0741
TECHO 02	1705	0.1636	0.6583
TECHO 01	1385	0.0838	0.3092
SEMISOTANO	960	0.0172	0.0142
SOTANO	535	0.0104	0.0044
BASE	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores

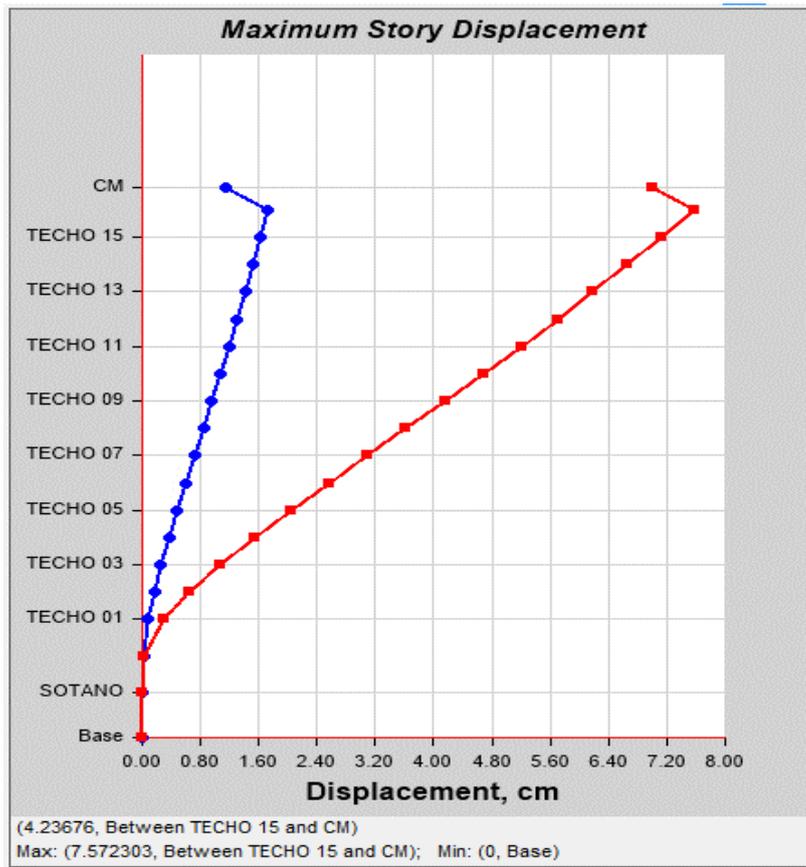


Figura 24: Gráfico de desplazamiento (sismo dinámico X) Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS

### Desplazamientos máximos (sismo dinámico en Y)

Tabla 3: Desplazamientos (sismo dinámico en Y)

Desplazamientos máximos (cm) - Sismo Y			
Piso	elevación (cm)	Direc Y	Direc X
CM	6445	3.7472	0.588
TECHO 16	6185	3.7214	0.9225
TECHO 15	5865	3.5356	0.8795
TECHO 14	5545	3.737	0.8342
TECHO 13	5225	3.5087	0.7843
TECHO 12	4905	3.2659	0.7308
TECHO 11	4585	3.0082	0.6739
TECHO 10	4265	2.7361	0.6135
TECHO 09	3945	2.4513	0.5498
TECHO 08	3625	2.1562	0.4834
TECHO 07	3305	1.8541	0.4151
TECHO 06	2985	1.5513	0.347

TECHO 05	2665	1.2473	0.2781
TECHO 04	2345	0.9477	0.2097
TECHO 03	2025	0.6662	0.1463
TECHO 02	1705	0.4107	0.0891
TECHO 01	1385	0.1912	0.0412
SEMISOTANO	960	0.0096	0.0014
SOTANO	535	0.0076	0.0012
BASE	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores

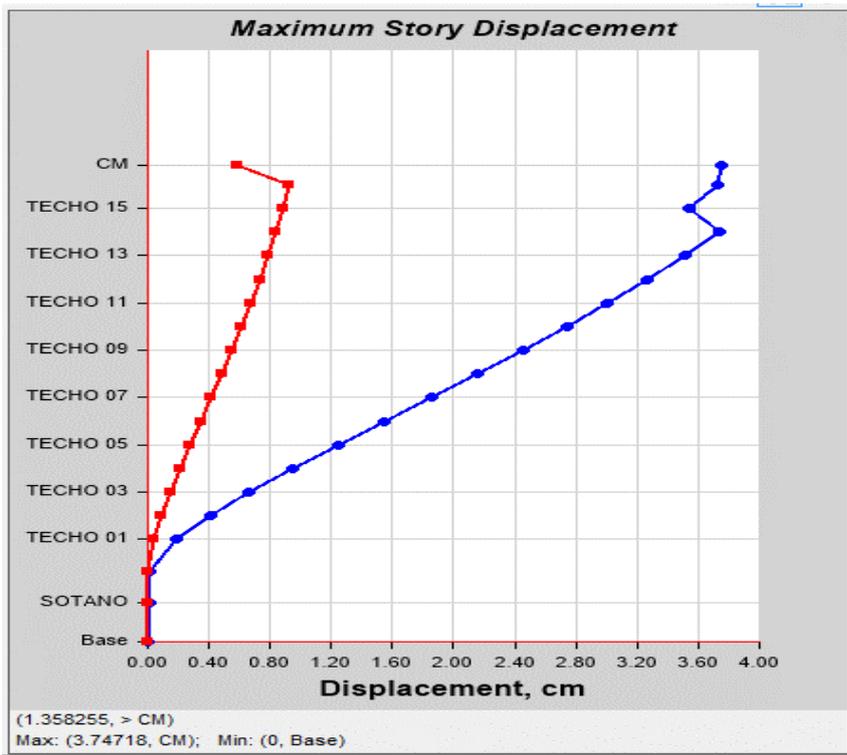


Figura 25: Gráfico de desplazamiento (sismo dinámico en Y). Fuente: Elaborada por los autores en el ETABS

### 3.3.2.2 Derivas por piso

#### Determinación de las derivas entre piso y sus posibles daños que puedan ocurrir

Según Vielma en su artículo de umbrales de daño para estados límite de edificios aportados de concreto armado manifestó para determinar los umbrales de daño es necesario graficar la evolución de las derivas de entre pisos respecto a los desplazamientos del nivel de cubierta respecto a la altura total del edificio, es posible obtener la deriva global correspondiente a un estado límite.

<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i / h_{ei}</math>)</b>
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Figura 26: Límite para las distorsiones de entre piso. Fuente: Norma E 0.30

### Derivas máximas (sismo X)

Tabla 4: Derivas (sismo X)

<b>DINAMICO MODAL ESPECTRAL</b>				
<b>N° PISOS</b>	<b>Z (cm)</b>	<b>UX (cm)</b>	<b>DERIVAS ENTRE PISO</b>	<b>NORMA &lt;0.007</b>
CM	260	7.01	0.0022	si cumple
TECHO 16	320	7.572	0.0014	si cumple
TECHO 15	320	7.125	0.0014	si cumple
TECHO 14	320	6.665	0.0015	si cumple
TECHO 13	320	6.191	0.0015	si cumple
TECHO 12	320	5.7	0.0016	si cumple
TECHO 11	320	5.196	0.0016	si cumple
TECHO 10	320	4.68	0.0016	si cumple
TECHO 09	320	4.153	0.0017	si cumple
TECHO 08	320	3.62	0.0017	si cumple
TECHO 07	320	3.085	0.0017	si cumple
TECHO 06	320	2.557	0.0016	si cumple
TECHO 05	320	2.039	0.0016	si cumple
TECHO 04	320	1.539	0.0015	si cumple
TECHO 03	320	1.074	0.0013	si cumple
TECHO 02	320	0.658	0.0011	si cumple
TECHO 01	425	0.309	0.0007	si cumple
SEMISOTANO	425	0.014	0	si cumple
SOTANO	535	0.004	0	si cumple
BASE	0	0	0	si cumple

Fuente: Elaborado por los autores

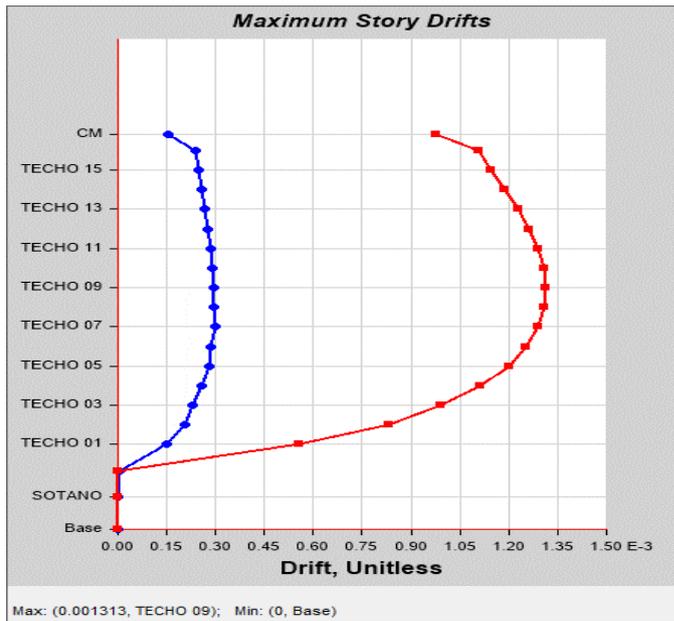


Figura 27. Diagrama de derivas (sismo dinámico en X). Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

Tabla 5: Derivas (sismo en Y)

DINAMICO MODAL ESPECTRAL				
Nº PISOS	Z (cm)	UY (cm)	DERIVAS ENTRE PISO	Norma <0.007
CM	320	3.747	0.000081	si cumple
TECHO 16	320	3.721	0.000581	si cumple
TECHO 15	320	3.536	0.000629	si cumple
TECHO 14	320	3.737	0.000713	si cumple
TECHO 13	320	3.509	0.000759	si cumple
TECHO 12	320	3.266	0.000805	si cumple
TECHO 11	320	3.008	0.00085	si cumple
TECHO 10	320	2.736	0.00089	si cumple
TECHO 09	320	2.451	0.000922	si cumple
TECHO 08	320	2.156	0.000944	si cumple
TECHO 07	320	1.854	0.000946	si cumple
TECHO 06	320	1.551	0.00095	si cumple
TECHO 05	320	1.247	0.000936	si cumple
TECHO 04	320	0.948	0.00088	si cumple
TECHO 03	320	0.666	0.000798	si cumple
TECHO 02	425	0.411	0.000516	si cumple
TECHO 01	425	0.191	0.000427	si cumple
SEMISOTANO	535	0.01	0.000004	si cumple
SOTANO	0	0.008	0	si cumple

Fuente: Elaborado por los autores

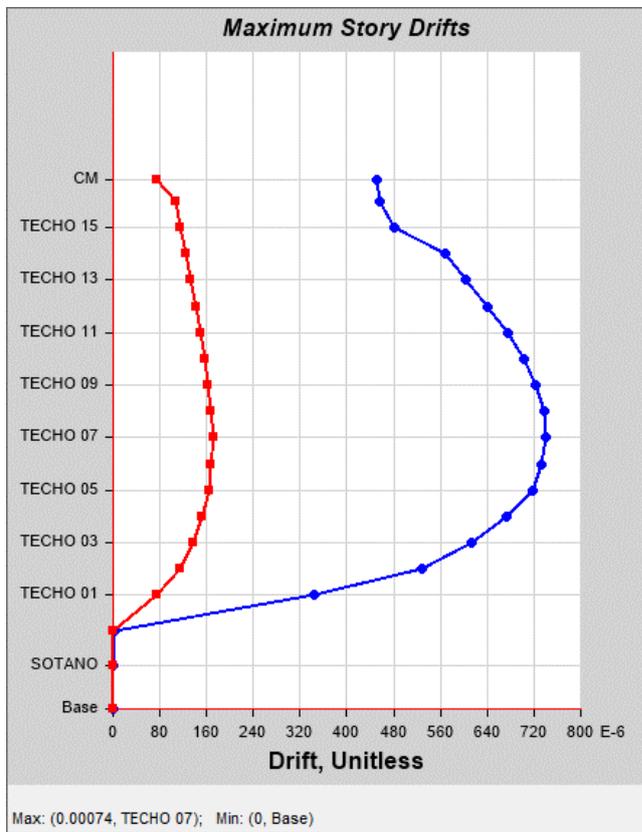


Figura 28: Diagrama de derivas (sismo dinámico en Y) Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

### 3.3.2.3 Fuerzas

#### Fuerzas laterales en X

Tabla 6: Fuerzas laterales (sismo x)

Fuerzas laterales - Sismo X		
Pisos	Elevación (m)	Fuerza (Ton)
CM	64.45	6.8372
TECHO 16	61.85	70.3031
TECHO 15	58.65	106.8814
TECHO 14	55.45	160.2993
TECHO 13	52.25	150.6866
TECHO 12	49.05	135.2807
TECHO 11	45.85	120.2069
TECHO 10	42.65	105.4905
TECHO 09	39.45	91.1611

TECHO 08	36.25	77.2554
TECHO 07	33.05	63.8187
TECHO 06	29.85	50.91
TECHO 05	26.65	38.6085
TECHO 04	23.45	27.0285
TECHO 03	20.25	16.3514
TECHO 02	17.05	6.9252
TECHO 01	13.85	0
SEMISOTANO	9.6	0
SOTANO	5.35	0
BASE	0	0

Fuente: Elaborado por los autores

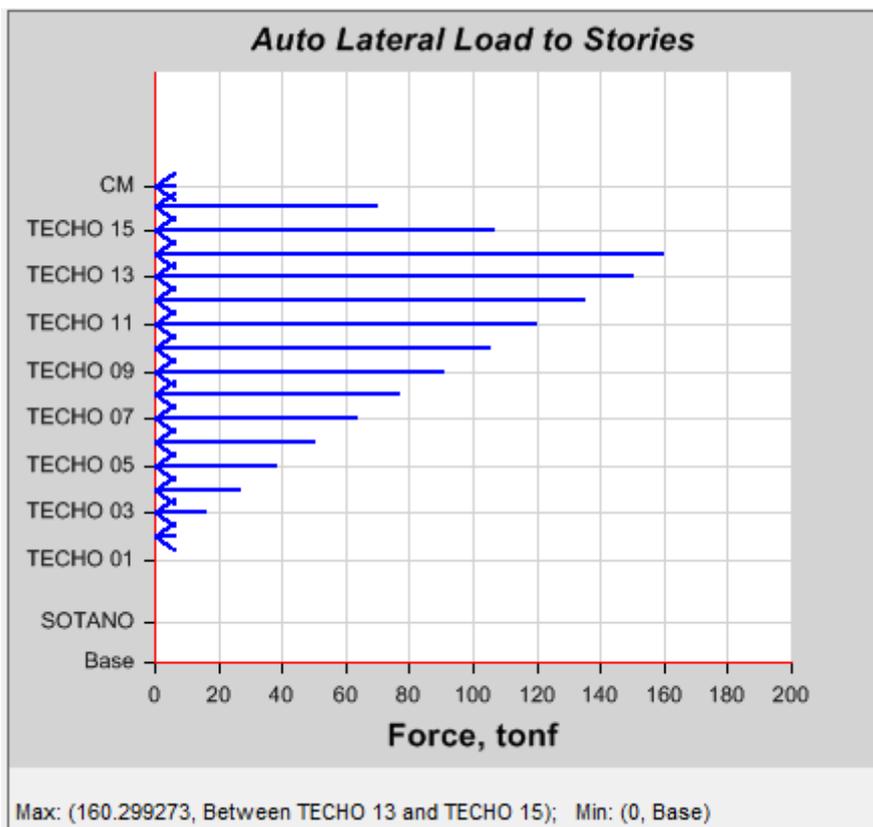


Figura 29: Fuerzas laterales por piso (sismo dinámico en X). Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

### Fuerzas laterales en Y

Tabla 7: Fuerzas laterales (sismo en Y)

Fuerzas laterales - Sismo Y		
Pisos	Elevación (m)	Fuerza (Ton)

CM	64.45	4.889
TECHO 16	61.85	49.4559
TECHO 15	58.65	73.5965
TECHO 14	55.45	107.8721
TECHO 13	52.25	98.9182
TECHO 12	49.05	86.4416
TECHO 11	45.85	74.5735
TECHO 10	42.65	63.3408
TECHO 09	39.45	52.7743
TECHO 08	36.25	42.9106
TECHO 07	33.05	33.7933
TECHO 06	29.85	25.4764
TECHO 05	26.65	18.0292
TECHO 04	23.45	11.5447
TECHO 03	20.25	6.1593
TECHO 02	17.05	2.1042
TECHO 01	13.85	0
SEMISOTANO	9.6	0
SOTANO	5.35	0
BASE	0	0

Fuente: Elaborado por los autores

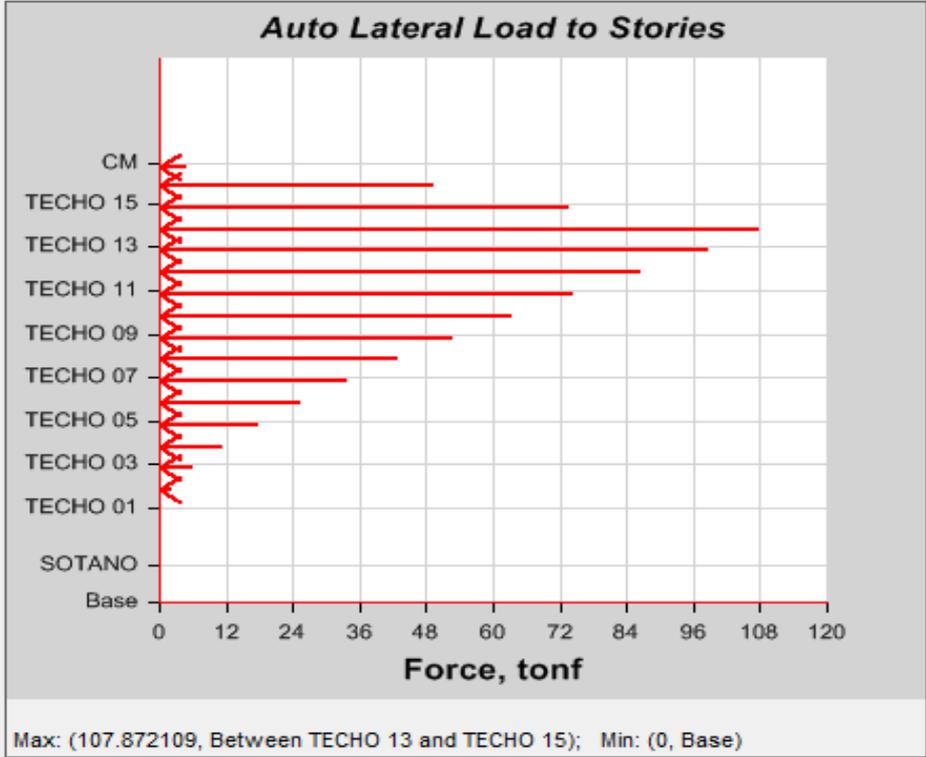


Figura 30: Fuerzas laterales por piso (sismo dinámico Y). Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

### Fuerzas internas en el primer piso

fuerzas modal espectral								
Piso	Caso de car	Localizació	P (tonf)	Vx (tonf)	Vy (Tonf)	T (Tonf -m)	Mx (ton-f)	My (ton-f)
TECHO 01	SDXX Max	Top	0	1009.2768	104.1062	13090.4501	2942.3717	27469.2933
TECHO 01	SDYY Max	Top	0	138.8072	1084.8392	18999.2346	26948.864	4107.3881

Figura 31: Esfuerzos máximos registrados en el primer nivel de la estructura. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

#### 3.3.2.4 Periodos

Se puede apreciar en la tabla de resultados de periodos que en el modo 1 se obtiene el periodo máximo (1.215 seg).

Case	Mode	Period sec
Modal	1	1.215
Modal	2	0.916
Modal	3	0.816
Modal	4	0.297
Modal	5	0.24
Modal	6	0.208
Modal	7	0.133
Modal	8	0.112
Modal	9	0.096
Modal	10	0.08
Modal	11	0.069
Modal	12	0.059
Modal	13	0.058
Modal	14	0.05
Modal	15	0.044
Modal	16	0.043
Modal	17	0.037

Figura 32: Periodos en unidad de segundos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

<b>Periodo máximo</b>	<b>1.215 seg.</b>
-----------------------	-------------------

### **3.4 Análisis dinámico tiempo-historia**

#### **3.4.1 Procedimiento**

Una vez realizado el modelamiento de la edificación seguir los siguientes pasos:

✓ **Categoría de la edificación**

La norma E 0.30 establece a la edificación en la categoría común con un factor U igual a 1. (pag. 13).

Categoría: Edificaciones comunes “C”

Factor U: 1

✓ **Elección de los registros sísmico**

Se pueden usar registros sísmicos reales o ficticio, de preferencia reales para poder elaborar un óptimo análisis. Para este caso se está considerando los sismos de Huacho 1966, Huaraz 1970 y Cañete 1974. Donde las aceleraciones pueden estar de forma positiva o negativa.

**Figura 1:** muestra de tiempos y aceleraciones (positivas y negativas) tomadas de uno de los sismos (Huaraz 1970, dirección Este a Oeste).

DT	E-W
0	-0.01449847
0.02	0.01295413
0.04	0.00210907
0.06	-0.00833945
0.08	-0.00433945
0.1	-0.01077676
0.12	0.00058818
0.14	0.00256677
0.16	-0.01163099
0.18	-0.00202039
0.2	0.01328033
0.22	0.00983384
0.24	0.00306422
0.26	0.00751274
0.28	0.01420285
0.3	0.02644648
0.32	0.0324791
0.34	0.02039144
0.36	0.02141692
0.38	0.02402446
0.4	0.01057187
0.42	-0.00149847
0.44	-0.01721203
0.46	-0.0377737
0.48	-0.03302752
0.5	-0.0227472
0.52	-0.03362589
0.54	-0.02328542
0.56	0.00846789
0.58	0.0069001
0.6	-0.00528236
0.62	0.00918043
0.64	0.02209786

Figura 33: Tiempos y aceleraciones para crear registro de aceleración sísmica. Fuente: Elaborado por los autores.

✓ **Escalamiento de acelerogramas al espectro de diseño**

Se debe escalar los registros sísmicos elegidos para poder aproximar las aceleraciones máximas respecto a las aceleraciones máximas que puedan ocurrir en el sitio de la edificación. Esto se realiza en el mismo software ETABS

✓ **Registro de aceleraciones horizontales**

La norma E 0.30 establece que para el análisis sísmico severo por tiempo historia se debe considerar como mínimo 5 registros de aceleraciones horizontales, de las cuales se tomó en cuenta los sismos de: Huacho 1966, Huaraz 1970 y Cañete 1974. De los cuales cada uno se sub divide en dos registros sísmicos, de norte a Sur y de Este a Oeste para cada uno, formando así un total de 6 aceleraciones sísmicas. Lo cual

cumple lo que la Norma solicita. Teniendo en cuenta que el análisis será lineal elástico.

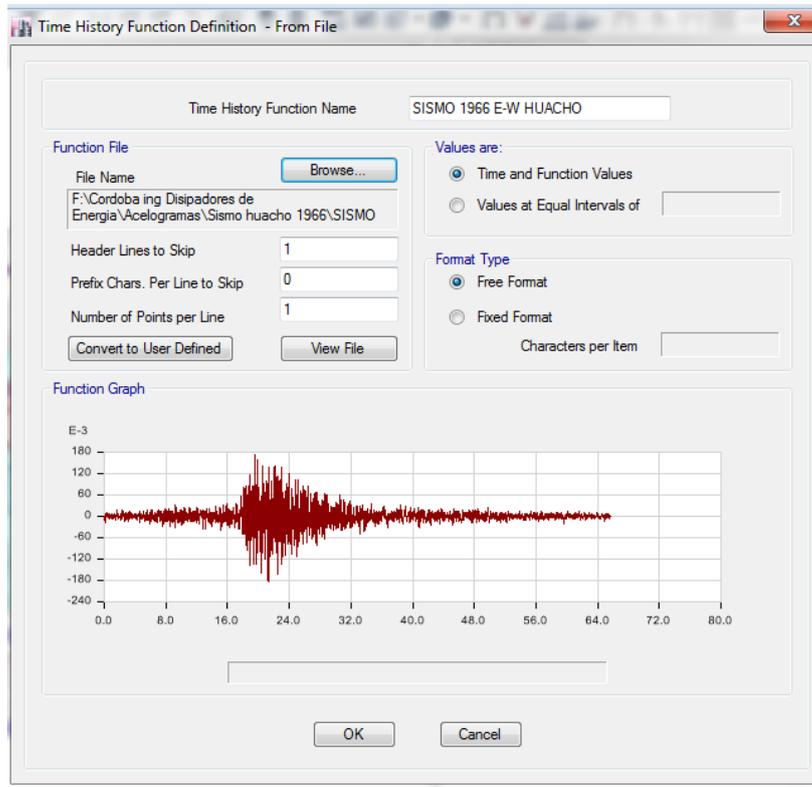
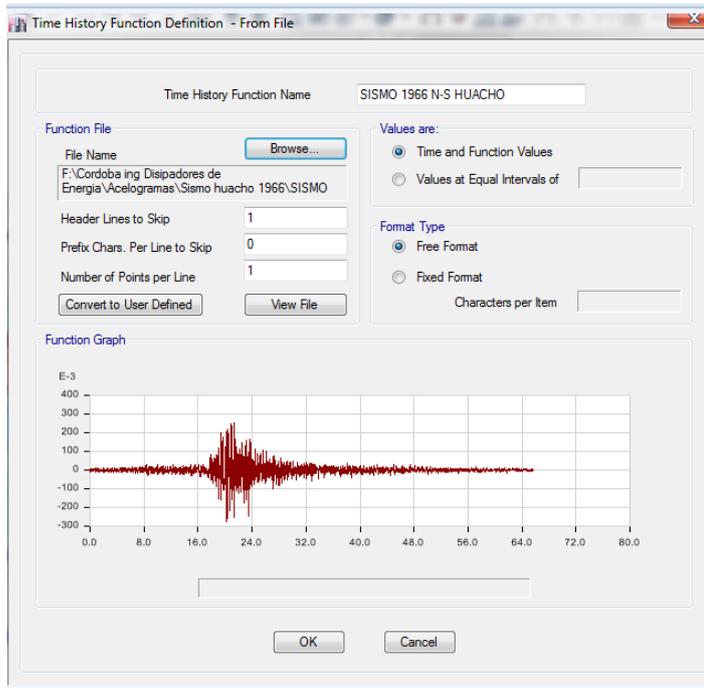
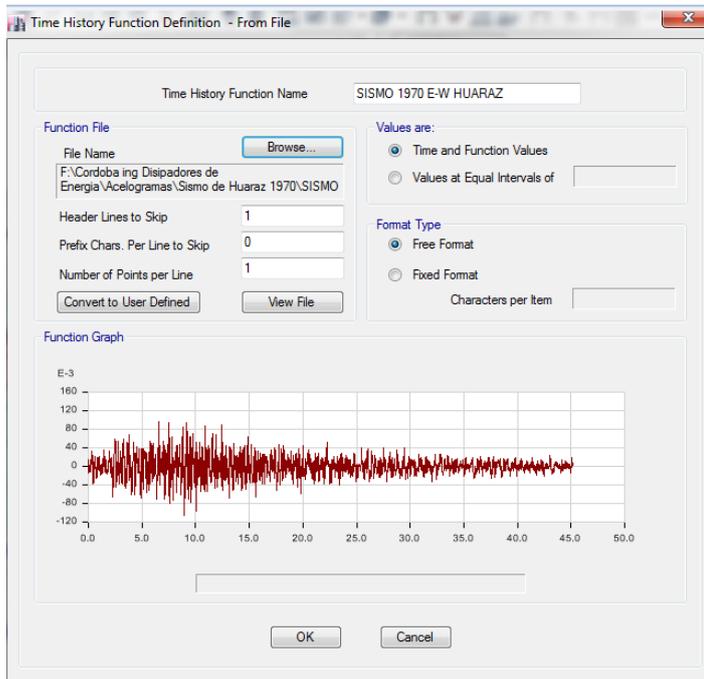


Figura 34: Acelerograma sismo Huacho 1966, dirección Este a Oeste. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS.



*Figura 35:* Acelerograma sismo Huacho 1966, dirección Norte a Sur. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS



*Figura 36:* Acelerograma sismo Huaraz 1970, dirección Este a Oeste. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

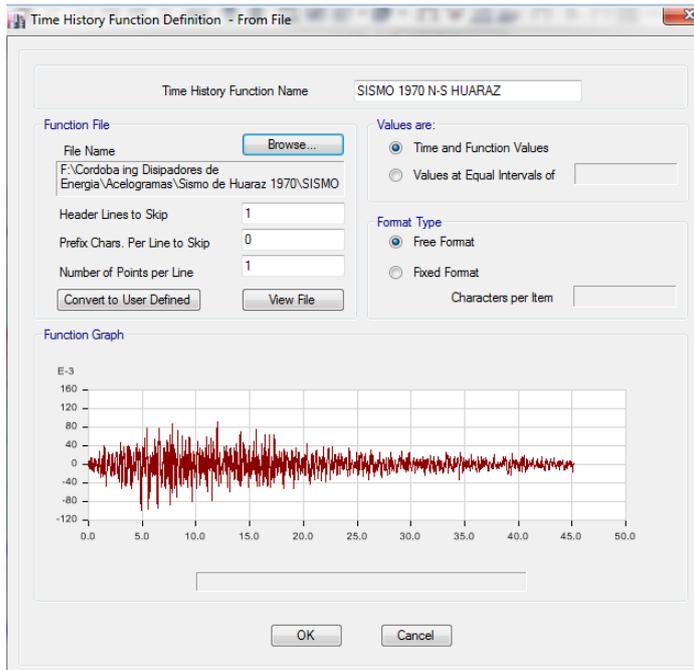


Figura 37: Acelerograma sismo Huaraz 1970, dirección Norte a Sur. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

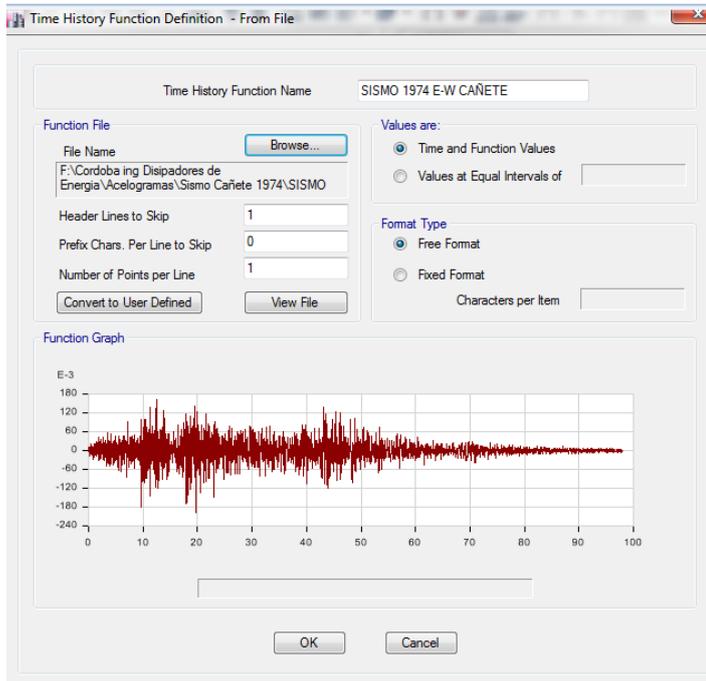
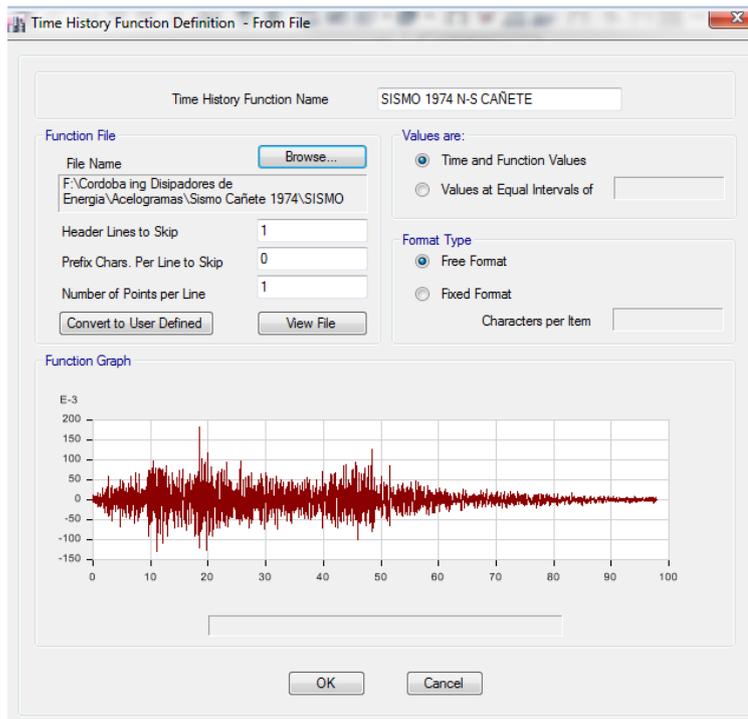


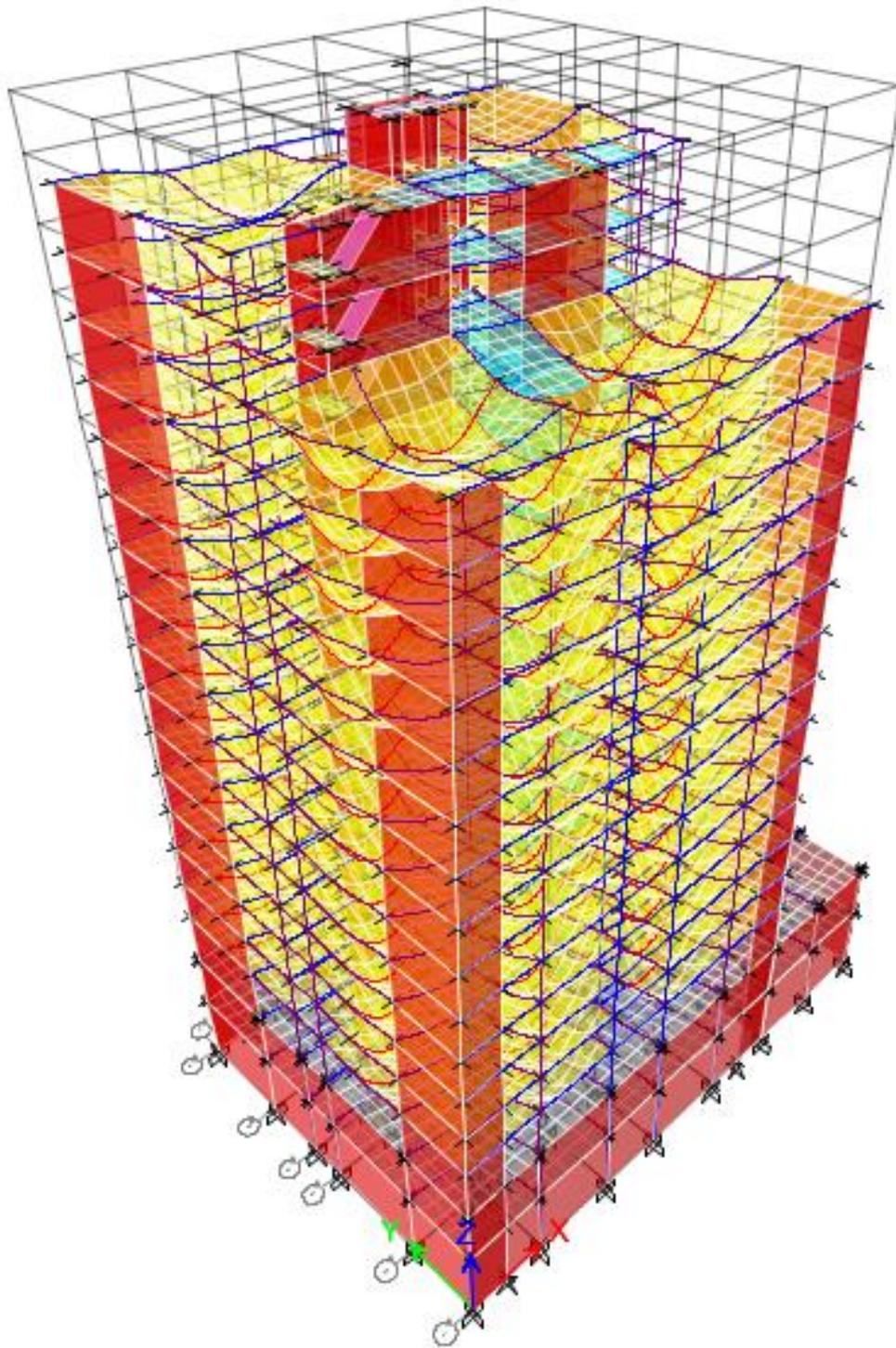
Figura 38: Acelerograma sismo Cañete 1974, dirección Este a oeste. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS



*Figura 39:* Acelerograma sismo Cañete 1974, dirección Norte a Sur. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

✓ **Correr análisis**

Finalmente se corre el análisis en el programa ETABS y a continuación nos muestra de forma gráfica a la edificación sometida a esfuerzos y movimientos vibratorios, de donde se hallarán los resultados de análisis para el método dinámico tiempo-historia.



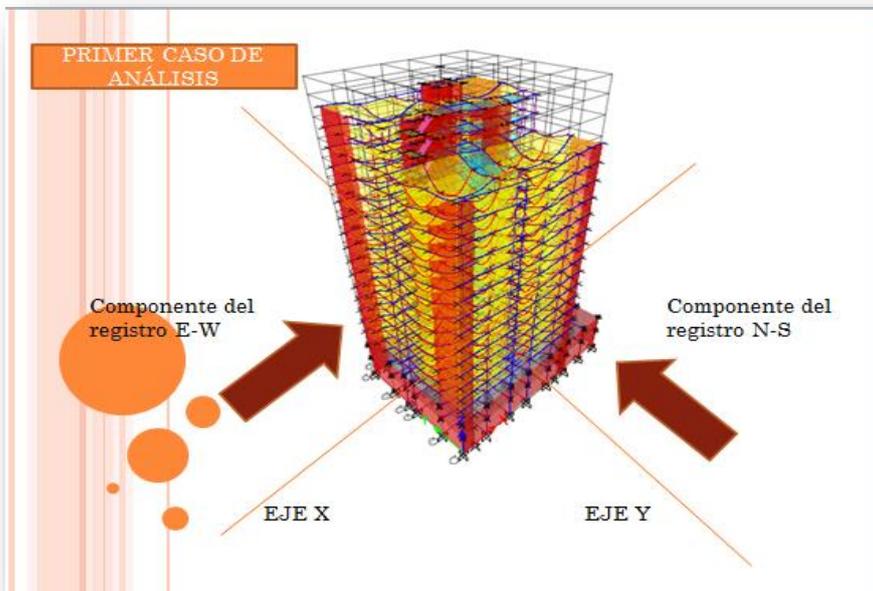
*Figura 40:* Estructura de la edificación sometida a esfuerzos de sismo por el método dinámico modal espectral.  
Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

### 3.4.2 Resultados Tiempo-historia

Para la interpretación de resultados en el análisis dinámico tiempo historia debemos considerar que por cada registro sísmico que se emplee se debe analizar por separado cada caso.

Para el primer caso la “componente Este-Oeste” actúa sobre el eje X de la edificación, y la “componente Norte-Sur” actúa sobre el eje Y.

Para el segundo caso la “componente Norte-Sur” actúa sobre el eje X de la edificación, y la “componente Este-Oeste” actúa sobre el eje Y. como se puede apreciar en las siguientes imágenes:



*Figura 41:* Primer caso cuando la “componente Este-Oeste” actúa sobre el eje X de la edificación, y la “componente Norte-Sur” actúa sobre el eje Y. *Fuente:* Elaborado por los autores en el ETABS.

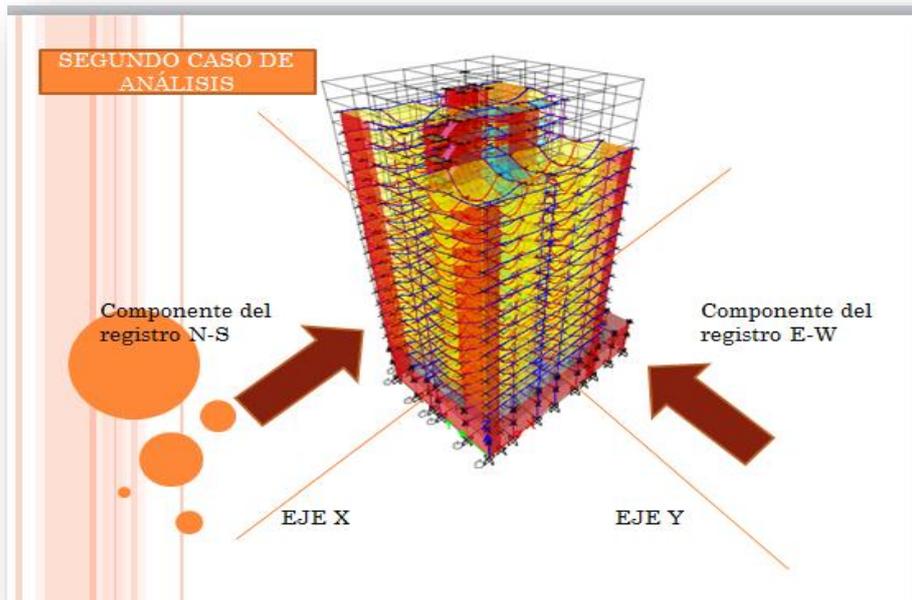


Figura 42: Segundo caso cuando la “componente Norte-Sur” actúa sobre el eje X de la edificación, y la “componente Este-Oeste” actúa sobre el eje Y. Fuente: Propia

### 3.4.2.1 Desplazamientos por pisos

Tabla y gráfico de desplazamientos con el registro de aceleración “Huacho 1966”, Caso 1.

Tabla 8: Desplazamiento sismo Huacho 1966 caso 1

Desplazamientos (cm)			
TH-Huacho 1966, caso 1			
Piso	Elevación	Direc. X	Direc. Y
CUARTO DE MAQUINA	6445	15.523	25.816
TECHO 16	6185	14.896	27.864
TECHO 15	5865	13.983	25.99
TECHO 14	5545	15.161	24.043
TECHO 13	5225	14.044	22.193
TECHO 12	4905	12.89	20.267
TECHO 11	4585	11.918	18.262
TECHO 10	4265	11.033	16.317
TECHO 09	3945	10.199	14.311
TECHO 08	3625	9.251	12.271
TECHO 07	3305	8.196	10.235
TECHO 06	2985	7.096	8.728

TECHO 05	2665	5.905	7.204
TECHO 04	2345	4.624	5.588
TECHO 03	2025	3.367	3.987
TECHO 02	1705	2.138	2.484
TECHO 01	1385	1.016	1.183
SEMISOTANO	960	0.05	0.066
SOTANO	535	0.034	0.02
BASE	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores

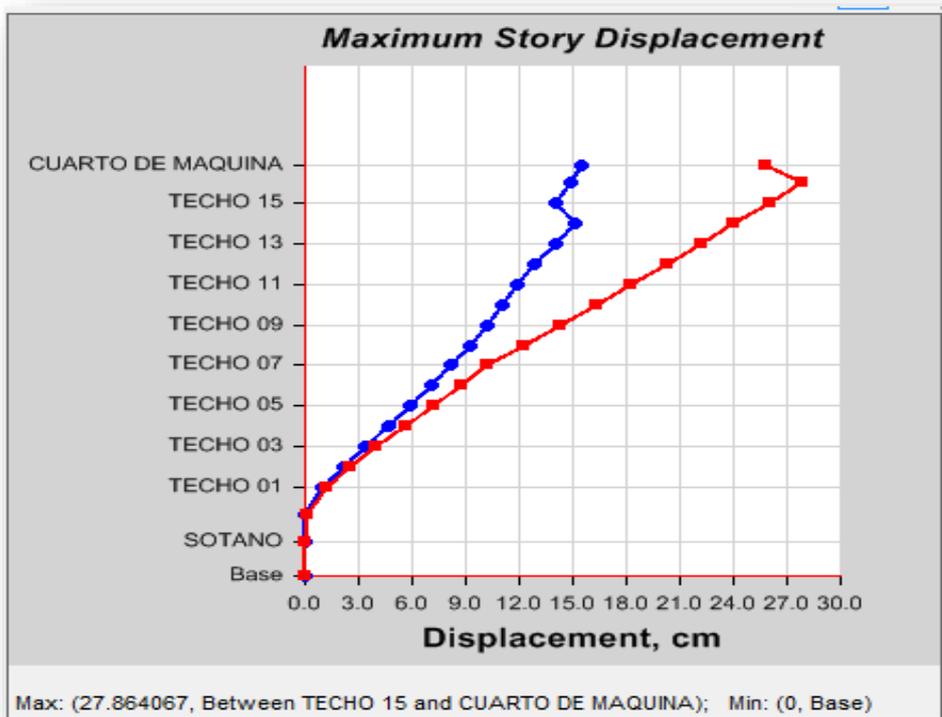


Figura 43: Diagrama de desplazamientos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

**Tabla y gráfico de desplazamientos con el registro de aceleración “Huacho 1966”, Caso 2.**

**Tabla 9:** Desplazamientos sismo huacho 1966 caso 2

Desplazamientos (cm)			
TH-Huacho 1966, caso 2			
Piso	Elevación	Direc. X	Direc. Y
CUARTO DE MAQUINA	6445	17.075	25.856

TECHO 16	6185	16.776	26.732
TECHO 15	5865	15.752	25.111
TECHO 14	5545	15.965	23.503
TECHO 13	5225	14.575	21.925
TECHO 12	4905	13.113	20.289
TECHO 11	4585	11.616	18.602
TECHO 10	4265	11.111	16.897
TECHO 09	3945	10.633	15.116
TECHO 08	3625	9.927	13.268
TECHO 07	3305	9.048	11.374
TECHO 06	2985	8.043	9.467
TECHO 05	2665	6.776	7.564
TECHO 04	2345	5.311	5.704
TECHO 03	2025	3.84	3.97
TECHO 02	1705	2.418	2.421
TECHO 01	1385	1.14	1.138
SEMISOTANO	960	0.051	0.061
SOTANO	535	0.023	0.022
BASE	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores

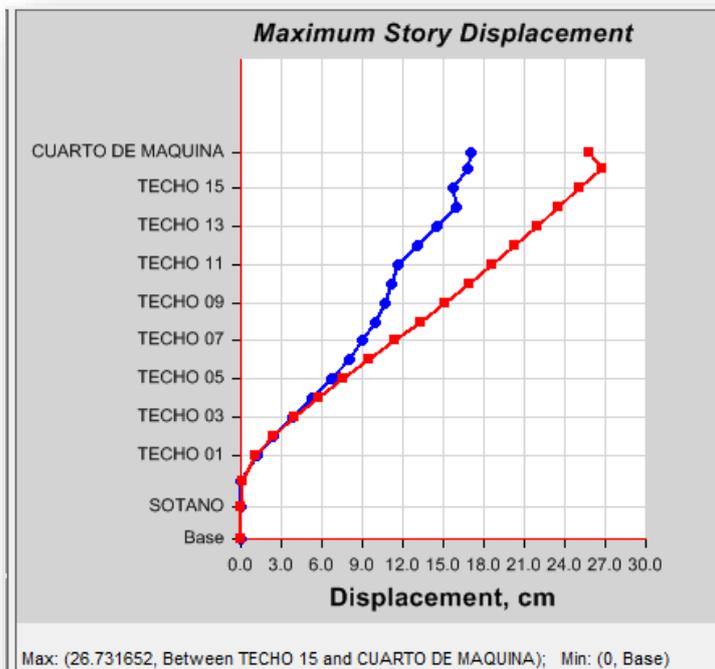


Figura 44: Diagrama de desplazamientos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

**Tabla y gráfico de desplazamientos con el registro de aceleración “Huaraz 1970”, Caso 1.**

**Tabla 10:** *Desplazamientos sismo Huaraz 1970 caso 1*

Desplazamientos (Cm)			
TH-Huaraz 1970, caso 1			
Piso	Elevación	Direc. X	Direc. Y
CUARTO DE MAQUINA	6445	16.062	23.814
TECHO 16	6185	15.7508	24.8077
TECHO 15	5865	14.9608	23.0293
TECHO 14	5545	15.2501	21.1815
TECHO 13	5225	14.3187	19.2684
TECHO 12	4905	13.3255	17.2968
TECHO 11	4585	12.2659	15.3597
TECHO 10	4265	11.141	13.5001
TECHO 09	3945	9.9579	11.8339
TECHO 08	3625	8.7284	10.469
TECHO 07	3305	7.4691	9.3603
TECHO 06	2985	6.2085	8.0855
TECHO 05	2665	4.953	6.7607
TECHO 04	2345	3.7707	5.3193
TECHO 03	2025	2.6715	3.8509
TECHO 02	1705	1.6598	2.4365
TECHO 01	1385	0.7792	1.1764
SEMISOTANO	960	0.0453	0.0405
SOTANO	535	0.0215	0.014
BASE	0	0	0

*Fuente: Elaborado por los autores*

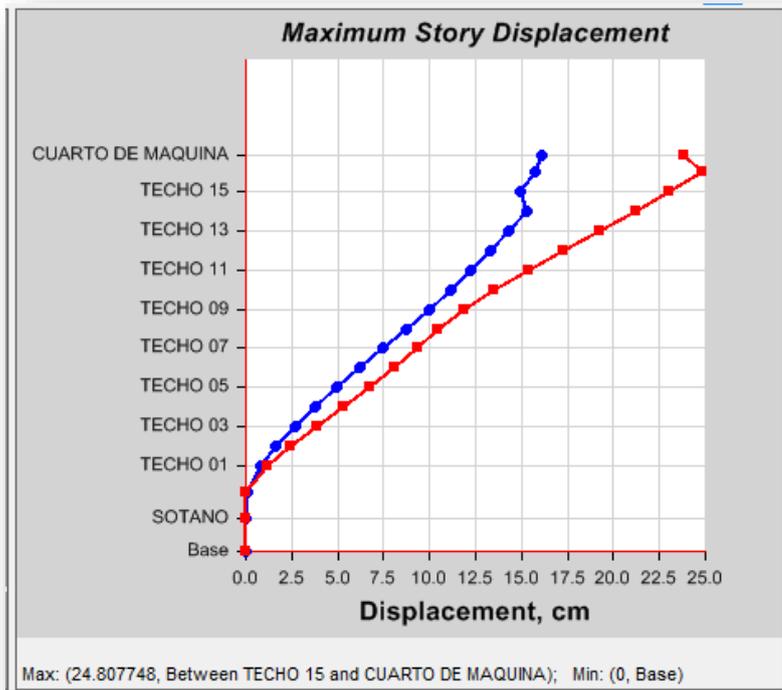


Figura 45: Diagrama de desplazamientos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

## Tabla y gráfico de desplazamientos con el registro de aceleración “Huaraz 1970”, Caso 2.

Tabla 11: Desplazamientos sismo Huaraz 1970 caso 2

Desplazamientos (Cm)			
TH-Huaraz 1970, caso 2			
Piso	Elevación	Direc. X	Direc. Y
CUARTO DE MAQUINA	6445	18.615	26.788
TECHO 16	6185	18.123	26.106
TECHO 15	5865	16.931	23.854
TECHO 14	5545	17.83	21.512
TECHO 13	5225	16.608	19.125
TECHO 12	4905	15.303	16.729
TECHO 11	4585	13.92	14.401
TECHO 10	4265	12.467	12.125
TECHO 09	3945	10.965	10.473
TECHO 08	3625	9.44	9.198
TECHO 07	3305	7.921	8.458
TECHO 06	2985	6.72	7.52

TECHO 05	2665	5.602	6.39
TECHO 04	2345	4.383	5.098
TECHO 03	2025	3.17	3.752
TECHO 02	1705	2.003	2.426
TECHO 01	1385	0.953	1.195
SEMISOTANO	960	0.041	0.058
SOTANO	535	0.029	0.018
BASE	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores

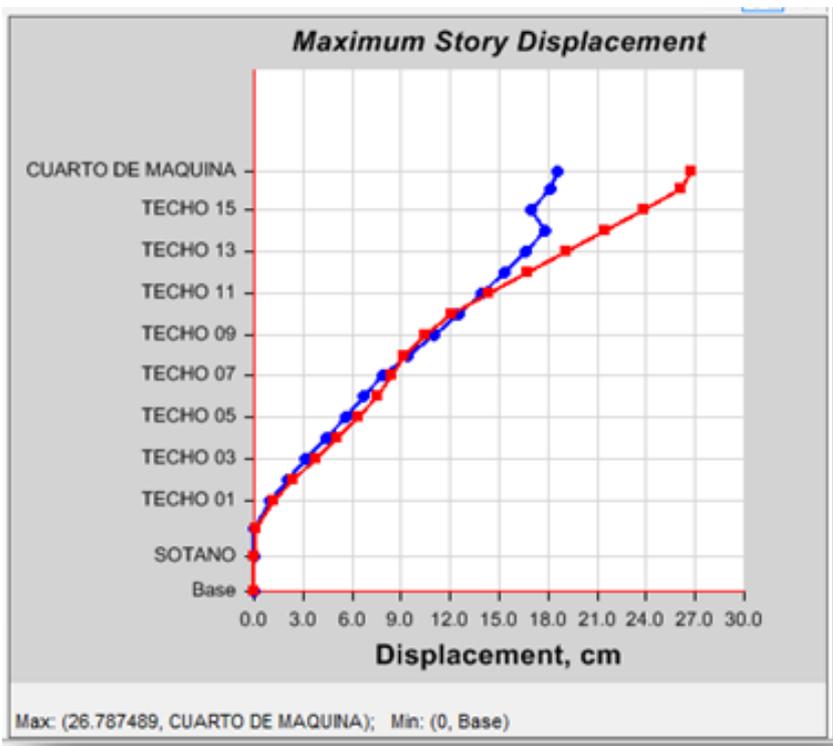


Figura 46: Diagrama de desplazamientos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

**Tabla y gráfico de desplazamientos con el registro de aceleración “Cañete 1974”, Caso 1.**

**Tabla 12: Desplazamientos sismo Cañete 1974 caso 1**

Desplazamientos (Cm)			
TH-Cañete 1974, caso 1			
Piso	Elevación	Direc. X	Direc. Y
CUARTO DE MAQUINA	6445	16.106	18.387
TECHO 16	6185	15.684	20.064

TECHO 15	5865	14.872	18.675
TECHO 14	5545	14.828	17.231
TECHO 13	5225	13.895	15.865
TECHO 12	4905	12.895	14.606
TECHO 11	4585	11.825	13.497
TECHO 10	4265	10.688	12.508
TECHO 09	3945	9.496	11.448
TECHO 08	3625	8.295	10.367
TECHO 07	3305	7.084	9.153
TECHO 06	2985	5.966	7.83
TECHO 05	2665	4.833	6.422
TECHO 04	2345	3.692	4.967
TECHO 03	2025	2.608	3.54
TECHO 02	1705	1.624	2.206
TECHO 01	1385	0.766	1.05
SEMISOTANO	960	0.045	0.052
SOTANO	535	0.017	0.017
BASE	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores

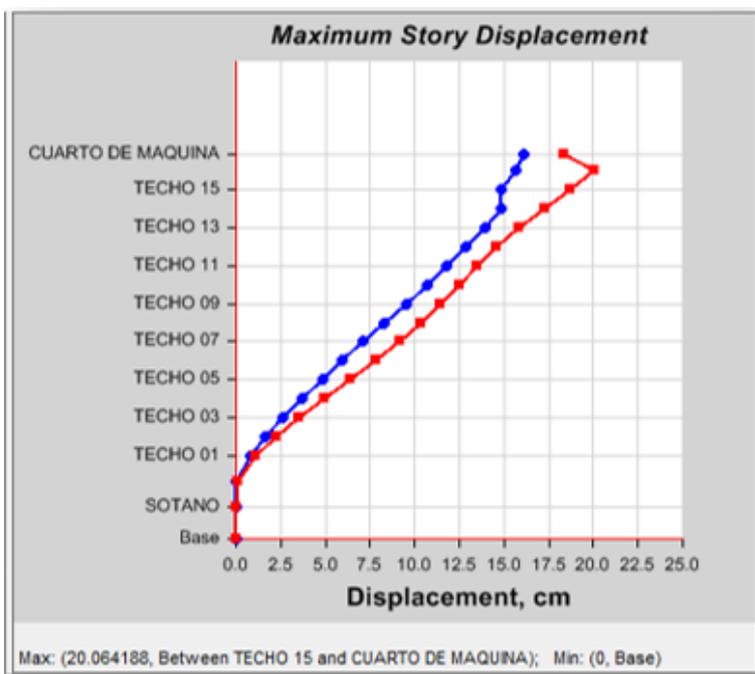


Figura 47: Diagrama de desplazamientos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

**Tabla y gráfico de desplazamientos con el registro de aceleración “Cañete 1974”, Caso 2.**

**Tabla 13:** *Desplazamientos sismo Cañete 1974 caso 2*

Desplazamientos (Cm)			
TH-Cañete 1974, caso 2			
Piso	Elevación	Direc. X	Direc. Y
CUARTO DE MAQUINA	6445	15.214	23.909
TECHO 16	6185	16.179	26.232
TECHO 15	5865	15.336	24.248
TECHO 14	5545	14.457	22.191
TECHO 13	5225	13.532	20.059
TECHO 12	4905	12.552	17.865
TECHO 11	4585	11.516	15.64
TECHO 10	4265	10.428	13.82
TECHO 09	3945	9.295	12.388
TECHO 08	3625	8.13	10.89
TECHO 07	3305	6.949	9.344
TECHO 06	2985	5.779	7.798
TECHO 05	2665	4.62	6.265
TECHO 04	2345	3.497	4.888
TECHO 03	2025	2.466	3.509
TECHO 02	1705	1.599	2.199
TECHO 01	1385	0.783	1.051
SEMISOTANO	960	0.046	0.054
SOTANO	535	0.028	0.017
BASE	0	0	0

*Fuente: Elaborado por los autores*

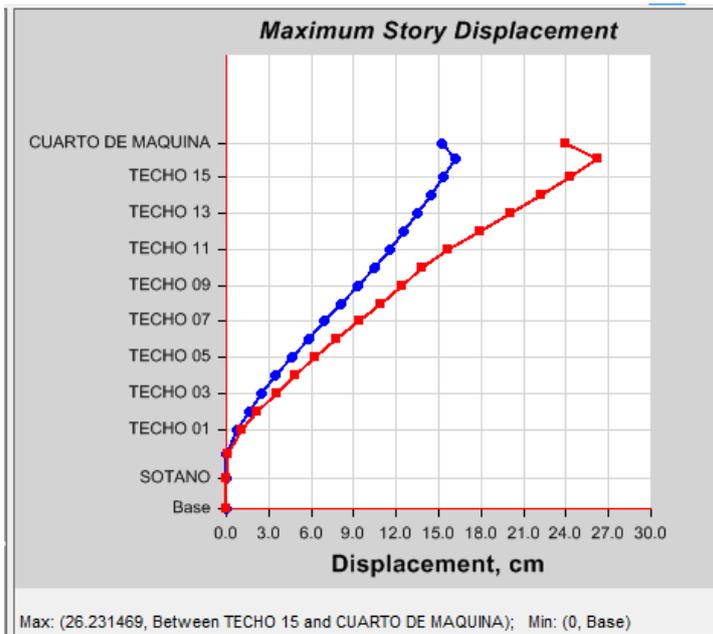


Figura 48: Diagrama de desplazamientos. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS.

### 3.4.2.2 Derivas por piso

Tabla y gráfico de derivas con el registro de aceleración “Huacho 1966”, Caso 1.

Tabla 14: Derivas sismo Huacho 1966 caso 1

TH-HUACHO 1966, CASO 1				
N° PISOS	ELEVACIÓN	DERIVAS ENTRE PISO (X)	DERIVAS ENTRE PISO (Y)	NORMA <0.007
CM	260	0.0024	-0.0079	no cumple
TECHO 16	320	0.0029	0.0059	si cumple
TECHO 15	320	-0.0037	0.0061	si cumple
TECHO 14	320	0.0035	0.0058	si cumple
TECHO 13	320	0.0036	0.006	si cumple
TECHO 12	320	0.003	0.0063	si cumple
TECHO 11	320	0.0028	0.0061	si cumple
TECHO 10	320	0.0026	0.0063	si cumple
TECHO 09	320	0.003	0.0064	si cumple
TECHO 08	320	0.0033	0.0064	si cumple
TECHO 07	320	0.0034	0.0047	si cumple
TECHO 06	320	0.0037	0.0048	si cumple
TECHO 05	320	0.004	0.0051	si cumple
TECHO 04	320	0.0039	0.005	si cumple

TECHO 03	320	0.0038	0.0047	si cumple
TECHO 02	320	0.0035	0.0041	si cumple
TECHO 01	425	0.0023	0.0026	si cumple
SEMISOTANO	425	0	0.0001	si cumple
SOTANO	535	0.0001	0	si cumple
BASE	0	0	0	si cumple

Fuente: Elaborado por los autores

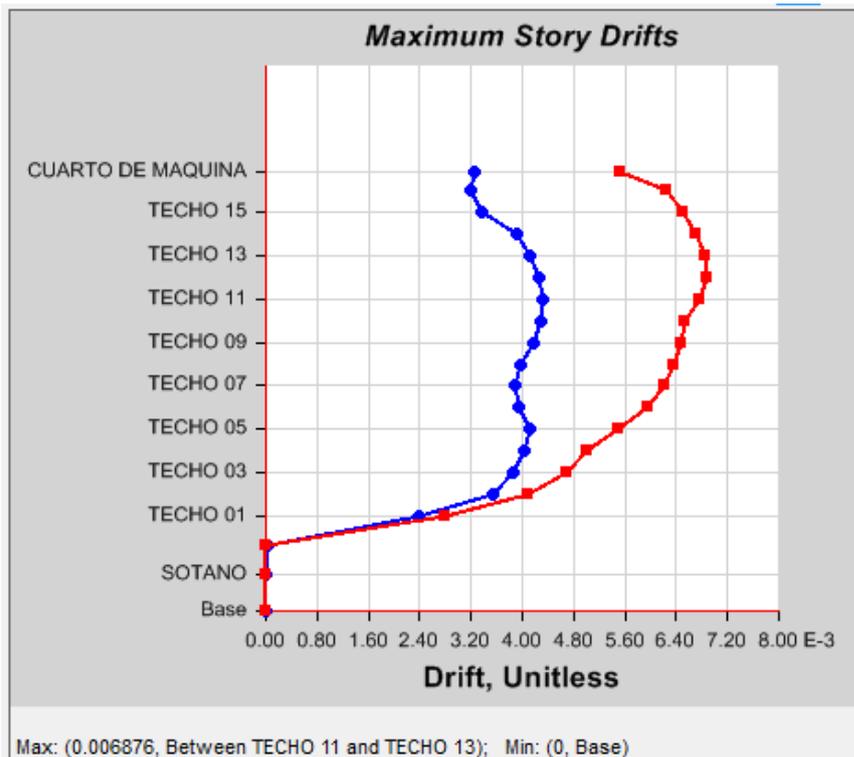


Figura 49: Diagrama de derivas TH. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS.

**Tabla y gráfico de derivas con el registro de aceleración “Huacho 1966”, Caso 2.**

**Tabla 15: Derivas sismo Huacho 1966 caso 2**

TH-HUACHO 1966, CASO 2					
Nº PISOS	ELEVACIÓN	DERIVAS ENTRE PISO (X)	DERIVAS ENTRE PISO (Y)	NORMA <0.007	
CM	260	0.001	-0.003	si cumple	
TECHO 16	320	0.003	0.005	si cumple	
TECHO 15	320	-0.001	0.005	si cumple	
TECHO 14	320	0.004	0.005	si cumple	
TECHO 13	320	0.005	0.005	si cumple	

TECHO 12	320	0.005	0.005	si cumple
TECHO 11	320	0.002	0.005	si cumple
TECHO 10	320	0.001	0.006	si cumple
TECHO 09	320	0.002	0.006	si cumple
TECHO 08	320	0.003	0.006	si cumple
TECHO 07	320	0.003	0.006	si cumple
TECHO 06	320	0.004	0.006	si cumple
TECHO 05	320	0.005	0.006	si cumple
TECHO 04	320	0.005	0.005	si cumple
TECHO 03	320	0.004	0.005	si cumple
TECHO 02	320	0.004	0.004	si cumple
TECHO 01	425	0.003	0.003	si cumple
SEMISOTANO	425	0	0	si cumple
SOTANO	535	0	0	si cumple
BASE	0	0	0	si cumple

Fuente: Elaborado por los autores

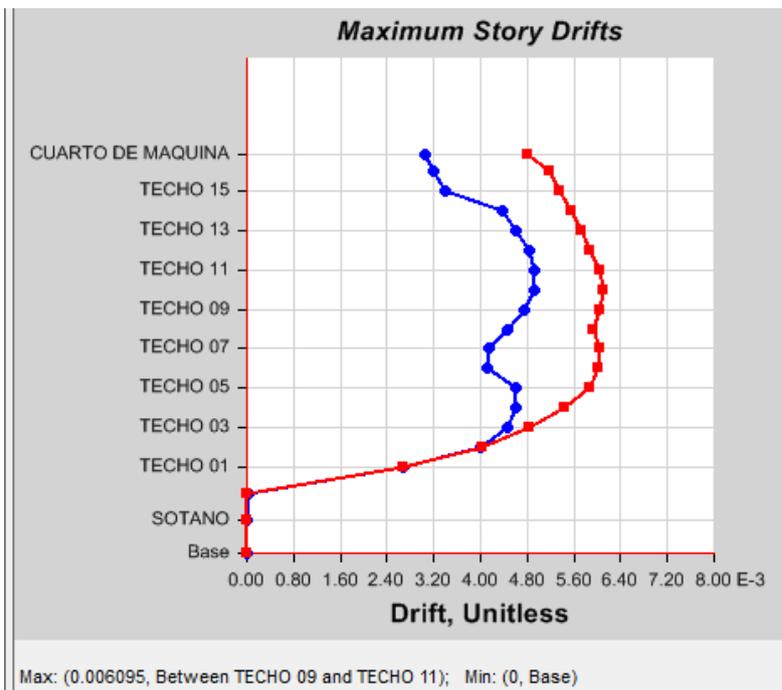


Figura 50: Diagrama de derivas TH. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

## Tabla y gráfico de derivas con el registro de aceleración “Huaraz 1970”, Caso 1.

Tabla 16: Derivas sismo Huaraz 1970 caso 1

TH-HUARAZ 1970, CASO 1				
N° PISOS	ELEVACIÓN	DERIVAS ENTRE PISO (X)	DERIVAS ENTRE PISO (Y)	NORMA <0.007
CM	260	0.0012	-0.0038	si cumple
TECHO 16	320	0.0025	0.0056	si cumple
TECHO 15	320	-0.0009	0.0058	si cumple
TECHO 14	320	0.0029	0.006	si cumple
TECHO 13	320	0.0031	0.0062	si cumple
TECHO 12	320	0.0033	0.0061	si cumple
TECHO 11	320	0.0035	0.0058	si cumple
TECHO 10	320	0.0037	0.0052	si cumple
TECHO 09	320	0.0038	0.0043	si cumple
TECHO 08	320	0.0039	0.0035	si cumple
TECHO 07	320	0.0039	0.004	si cumple
TECHO 06	320	0.0039	0.0041	si cumple
TECHO 05	320	0.0037	0.0045	si cumple
TECHO 04	320	0.0034	0.0046	si cumple
TECHO 03	320	0.0032	0.0044	si cumple
TECHO 02	320	0.0028	0.0039	si cumple
TECHO 01	425	0.0017	0.0027	si cumple
SEMISOTANO	425	0.0001	0.0001	si cumple
SOTANO	535	0	0	si cumple
BASE	0	0	0	si cumple

*Fuente: Elaborado por los autores*

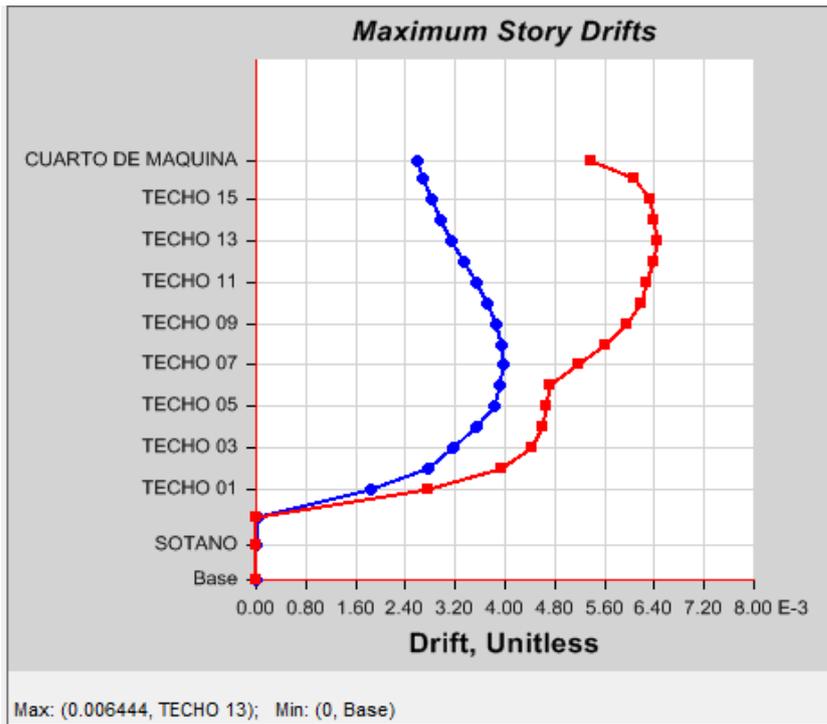


Figura 51: Diagrama de derivas TH. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

**Tabla y gráfico de derivas con el registro de aceleración “Huaraz 1970”, Caso 2.**

**Tabla 17: Derivas sismo Huaraz 1970 caso 2**

TH-HUARAZ 1970, CASO 2				
Nº PISOS	ELEVACIÓN	DERIVAS ENTRE PISO (X)	DERIVAS ENTRE PISO (Y)	NORMA <0.007
CM	260	0.0019	0.0026	si cumple
TECHO 16	260	0.0046	0.0087	NO cumple
TECHO 15	320	-0.0028	0.0073	NO cumple
TECHO 14	320	0.0038	0.0075	NO cumple
TECHO 13	320	0.0041	0.0075	NO cumple
TECHO 12	320	0.0043	0.0073	NO cumple
TECHO 11	320	0.0045	0.0071	NO cumple
TECHO 10	320	0.0047	0.0052	si cumple
TECHO 09	320	0.0048	0.004	si cumple
TECHO 08	320	0.0047	0.0023	si cumple
TECHO 07	320	0.0038	0.0029	si cumple
TECHO 06	320	0.0035	0.0035	si cumple
TECHO 05	320	0.0038	0.004	si cumple
TECHO 04	320	0.0038	0.0042	si cumple

TECHO 03	320	0.0036	0.0041	si cumple
TECHO 02	320	0.0033	0.0038	si cumple
TECHO 01	320	0.0029	0.0036	si cumple
SEMISOTANO	425	0	0.0001	si cumple
SOTANO	425	0.0001	0	si cumple
BASE	535	0	0	si cumple

Fuente: Elaborado por los autores

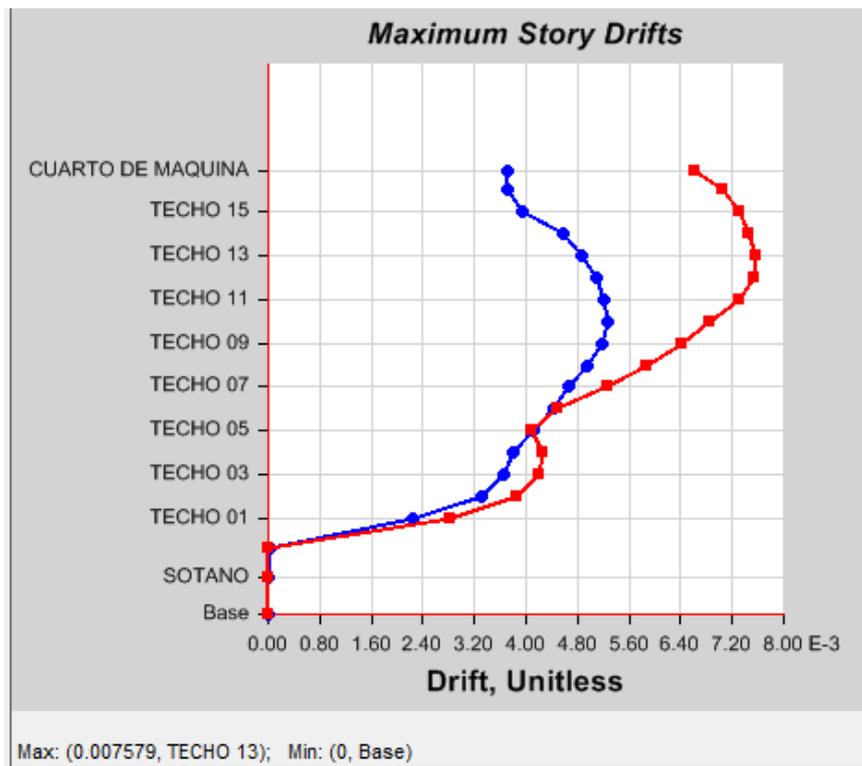


Figura 52: Diagrama de derivas TH. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

**Tabla y gráfico de derivas con el registro de aceleración “Cañete 1974”, Caso 1.**

**Tabla 18: Derivas sismo Cañete 1974 caso 1**

TH-CAÑETE 1974, CASO 1				
Nº PISOS	ELEVACIÓN	DERIVAS ENTRE PISO (X)	DERIVAS ENTRE PISO (Y)	NORMA <0.007
CM	260	0.00162	-0.00645	si cumple
TECHO 16	320	0.00254	0.00434	si cumple
TECHO 15	320	0.00014	0.00451	si cumple

TECHO 14	320	0.00292	0.00427	si cumple
TECHO 13	320	0.00313	0.00393	si cumple
TECHO 12	320	0.00334	0.00347	si cumple
TECHO 11	320	0.00355	0.00309	si cumple
TECHO 10	320	0.00373	0.00331	si cumple
TECHO 09	320	0.00375	0.00338	si cumple
TECHO 08	320	0.00378	0.00379	si cumple
TECHO 07	320	0.00349	0.00413	si cumple
TECHO 06	320	0.00354	0.0044	si cumple
TECHO 05	320	0.00357	0.00455	si cumple
TECHO 04	320	0.00339	0.00446	si cumple
TECHO 03	320	0.00308	0.00417	si cumple
TECHO 02	320	0.00268	0.00361	si cumple
TECHO 01	425	0.0017	0.00235	si cumple
SEMISOTANO	425	0.00007	0.00008	si cumple
SOTANO	535	0.00003	0.00003	si cumple
BASE	0	0	0	si cumple

Fuente: Elaborado por los autores

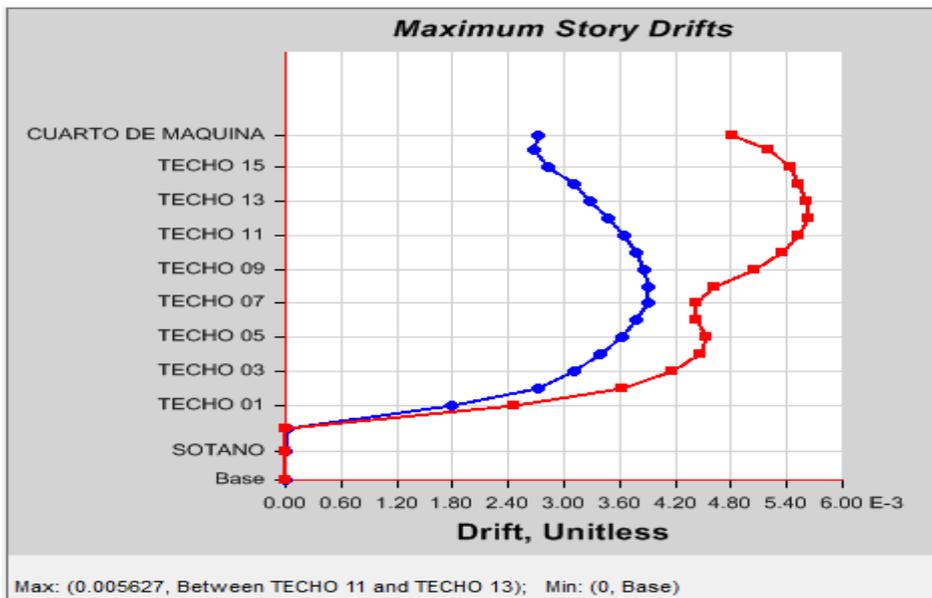


Figura 53: Diagrama de derivas TH. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

**Tabla y gráfico de derivas con el registro de aceleración “Cañete 1974”, Caso 2.**

**Tabla 19:** *Derivas sismo Cañete 1974 caso 2*

<b>TH-CAÑETE 1974, CASO 2</b>				
<b>N° PISOS</b>	<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DERIVAS ENTRE PISO (X)</b>	<b>DERIVAS ENTRE PISO (Y)</b>	<b>NORMA &lt;0.007</b>
CM	260	-0.0037	0.0089	NO cumple
TECHO 16	320	0.0026	0.0062	si cumple
TECHO 15	320	0.0027	0.0064	si cumple
TECHO 14	320	0.0029	0.0067	si cumple
TECHO 13	320	0.0031	0.0069	si cumple
TECHO 12	320	0.0032	0.007	si cumple
TECHO 11	320	0.0034	0.0057	si cumple
TECHO 10	320	0.0035	0.0045	si cumple
TECHO 09	320	0.0036	0.0047	si cumple
TECHO 08	320	0.0037	0.0048	si cumple
TECHO 07	320	0.0037	0.0048	si cumple
TECHO 06	320	0.0036	0.0048	si cumple
TECHO 05	320	0.0035	0.0043	si cumple
TECHO 04	320	0.0032	0.0043	si cumple
TECHO 03	320	0.0027	0.0041	si cumple
TECHO 02	320	0.0026	0.0036	si cumple
TECHO 01	425	0.0017	0.0023	si cumple
SEMISOTANO	425	0	0.0001	si cumple
SOTANO	535	0.0001	0	si cumple
BASE	0	0	0	si cumple

*Fuente: Elaborado por los autores*

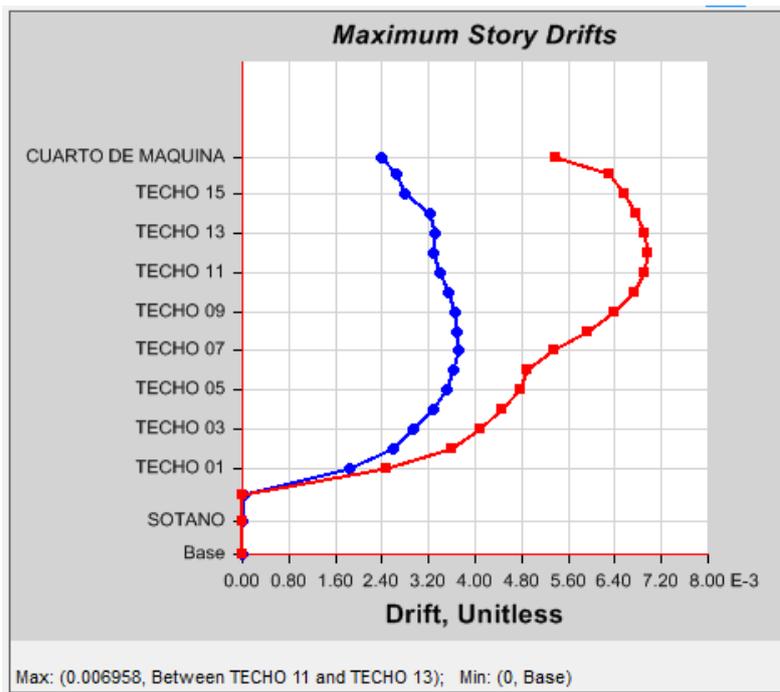


Figura 54: Diagrama de derivas TH. Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

### 3.4.2.3 Fuerzas

#### Fuerzas laterales

Tabla 20: Fuerzas laterales sismo X

Fuerzas laterales sismo X		
Piso	Elevación (m)	Fuerza (ton)
CUARTO DE MAQUINA	64.45	6.8372
TECHO 16	61.85	70.3031
TECHO 15	58.65	106.8814
TECHO 14	55.45	160.2993
TECHO 13	52.25	150.6866
TECHO 12	49.05	135.2807
TECHO 11	45.85	120.2069
TECHO 10	42.65	105.4905
TECHO 09	39.45	91.1611
TECHO 08	36.25	77.2554
TECHO 07	33.05	63.8187
TECHO 06	29.85	50.91
TECHO 05	26.65	38.6085
TECHO 04	23.45	27.0285
TECHO 03	20.25	16.3514
TECHO 02	17.05	6.9252

TECHO 01	13.85	0
SEMISOTANO	9.6	0
SOTANO	5.35	0
Base	0	0

Fuente: Elaborado por los autores

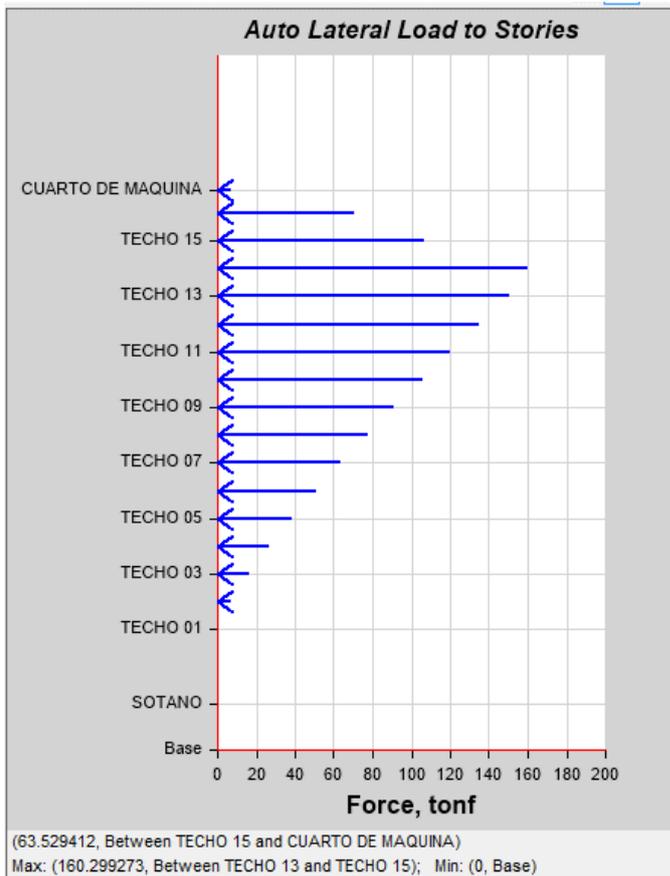


Figura 55: Fuerzas laterales (sismo X). Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

**Tabla 21:** Fuerzas laterales sismo Y

Fuerzas laterales sismo Y		
Piso	Elevación (m)	Fuerza (ton)
CUARTO DE MAQUINA	64.45	4.889
TECHO 16	61.85	49.4559
TECHO 15	58.65	73.5965
TECHO 14	55.45	107.8721
TECHO 13	52.25	98.9182
TECHO 12	49.05	86.4416
TECHO 11	45.85	74.5735
TECHO 10	42.65	63.3408

TECHO 09	39.45	52.7743
TECHO 08	36.25	42.9106
TECHO 07	33.05	33.7933
TECHO 06	29.85	25.4764
TECHO 05	26.65	18.0292
TECHO 04	23.45	11.5447
TECHO 03	20.25	6.1593
TECHO 02	17.05	2.1042
TECHO 01	13.85	0
SEMISOTANO	9.6	0
SOTANO	5.35	0
Base	0	0

Fuente: Elaborado por los autores

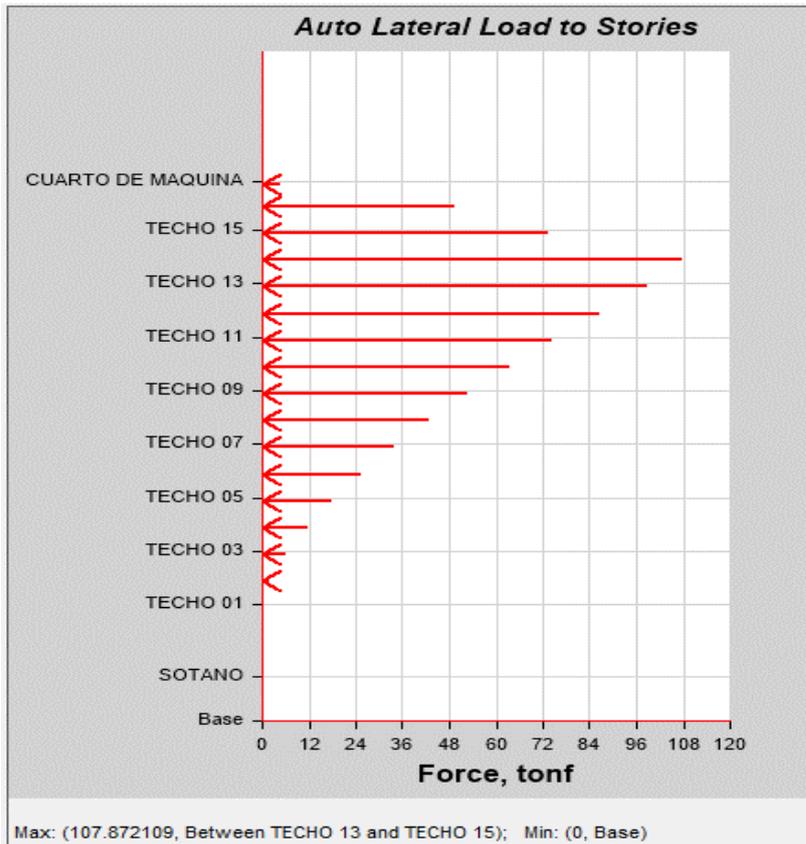


Figura 56: Fuerzas laterales (sismo Y). Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

## Fuerzas internas

**Tabla 22:** Fuerzas internas

FUERZAS TH70 (PRIMER PISO)								
Piso	Caso de carga	Localización	P (Tonf)	Vx (Tonf)	Vy (Tonf)	T (Tonf-m)	Mx (Ton-f)	My (Ton-f)
TECHO 01	TH70 Caso 2 Máx	Top	13314	5186.92	8312.47	165183.42	300986.38	-56059.8

Fuente: Elaborado por los autores en el ETABS

### 3.4.2.4 Periodo

**Tabla 1.** Se obtiene un periodo máximo de 1.215 seg.

<b>Periodo</b>	<b>1.215 seg.</b>
----------------	-------------------

## 3.5 Comparativa de resultados

### Desplazamientos laterales

**Tabla 23:** Desplazamientos laterales

Análisis dinámico Tiempo Historia				Análisis dinámico modal espectral			
Desplazamientos Máximos (cm)				Desplazamientos máximos (cm)			
Piso	Elevación (cm)	Direc. X	Direc. Y	Piso	elevación (cm)	Direc. X	Direc. Y
C. MAQUI	6445	16.43	24.1	C. MAQUI	6445	0.59	3.75
TECHO 16	6185	16.23	25.3	TECHO 16	6185	0.92	3.72
TECHO 15	5865	15.31	23.48	TECHO 15	5865	0.88	3.54
TECHO 14	5545	15.58	21.61	TECHO 14	5545	0.83	3.74
TECHO 13	5225	14.5	19.74	TECHO 13	5225	0.78	3.51
TECHO 12	4905	13.35	17.84	TECHO 12	4905	0.73	3.27
TECHO 11	4585	12.18	15.96	TECHO 11	4585	0.67	3.01
TECHO 10	4265	11.14	14.19	TECHO 10	4265	0.61	2.74
TECHO 09	3945	10.09	12.59	TECHO 09	3945	0.55	2.45
TECHO 08	3625	8.96	11.08	TECHO 08	3625	0.48	2.16
TECHO 07	3305	7.78	9.65	TECHO 07	3305	0.42	1.85
TECHO 06	2985	6.64	8.24	TECHO 06	2985	0.35	1.55
TECHO 05	2665	5.45	6.77	TECHO 05	2665	0.28	1.25
TECHO 04	2345	4.21	5.26	TECHO 04	2345	0.21	0.95
TECHO 03	2025	3.02	3.77	TECHO 03	2025	0.15	0.67
TECHO 02	1705	1.91	2.36	TECHO 02	1705	0.09	0.41
TECHO 01	1385	0.91	1.13	TECHO 01	1385	0.04	0.19

SEMISOTANO	960	0.05	0.06	SEMISOTANO	960	0	0.01
SOTANO	535	0.03	0.02	SOTANO	535	0	0.01
Base	0	0	0	Base	0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores

**Tabla 24:** Comparación de desplazamientos

VARIACIÓN DESPLAZAMIENTOS MÁX. PROMEDIO		
Modal Espectral	7.01 cm	21.20%
Tiempo Historia	26.11 cm	78.80%
<b>Δ</b>	<b>57.60%</b>	

Fuente: Elaborado por los autores

### Derivas máximas.

**Tabla 25:** Derivas de entre piso (Tiempo-historia)

DERIVAS DE ENTRE PISOS (TIEMPO-HISTORIA)									
N° Pisos	Elevación cm	UX cm	Deriva (direc X) cm	Norma E 0.30 <0.007	N° Pisos	Elevación cm	UY cm	Deriva (dierc Y) cm	Norma E 0.30 <0.007
CM	260	16.4	0.0008	Sí cumple	CM	260	24.1	0.0046	Sí cumple
TECHO 16	320	16.2	0.0029	Sí cumple	TECHO 16	320	25.3	0.0057	Sí cumple
TECHO 15	320	15.3	-0.0009	Sí cumple	TECHO 15	320	23.5	0.0059	Sí cumple
TECHO 14	320	15.6	0.0034	Sí cumple	TECHO 14	320	21.6	0.0058	Sí cumple
TECHO 13	320	14.5	0.0036	Sí cumple	TECHO 13	320	19.7	0.0059	Sí cumple
TECHO 12	320	13.3	0.0037	Sí cumple	TECHO 12	320	17.8	0.0059	Sí cumple
TECHO 11	320	12.2	0.0032	Sí cumple	TECHO 11	320	16	0.0055	Sí cumple
TECHO 10	320	11.1	0.0033	Sí cumple	TECHO 10	320	14.2	0.005	Sí cumple
TECHO 09	320	10.1	0.0035	Sí cumple	TECHO 09	320	12.6	0.0047	Sí cumple
TECHO 08	320	9	0.0037	Sí cumple	TECHO 08	320	11.1	0.0044	Sí cumple
TECHO 07	320	7.8	0.0036	Sí cumple	TECHO 07	320	9.7	0.0044	Sí cumple
TECHO 06	320	6.6	0.0037	Sí cumple	TECHO 06	320	8.2	0.0046	Sí cumple
TECHO 05	320	5.4	0.0039	Sí cumple	TECHO 05	320	6.8	0.0047	Sí cumple
TECHO 04	320	4.2	0.0037	Sí cumple	TECHO 04	320	5.3	0.0047	Sí cumple
TECHO 03	320	3	0.0035	Sí cumple	TECHO 03	320	3.8	0.0044	Sí cumple
TECHO 02	320	1.9	0.0031	Sí cumple	TECHO 02	320	2.4	0.0038	Sí cumple
TECHO 01	425	0.9	0.002	Sí cumple	TECHO 01	425	1.1	0.0025	Sí cumple
SEMISÓTANO	425	0	0	Sí cumple	SEMISÓTANO	425	0.1	0.0001	Sí cumple
SÓTANO	535	0	0	Sí cumple	SÓTANO	535	0	0	Sí cumple

BASE	0	0	0	Sí cumple	BASE	0	0	0	Sí cumple
------	---	---	---	-----------	------	---	---	---	-----------

Fuente: Elaborado por los autores

**Tabla 26:** Derivas de entre piso (Modal espectral)

DERIVAS DE ENTRE PISOS (MODAL ESPECTRAL)									
N° Pisos	Elevación cm	UX cm	Deriva (direc X) cm	Norma E 0.30 <0.007	N° Pisos	Elevación cm	UY cm	Deriva (direc Y) cm	Norma E 0.30 <0.007
CM	260	2.5	-0.001	Sí cumple	CM	260	3.8	0.0017	Sí cumple
TECHO 16	320	2.7	0.0004	Sí cumple	TECHO 16	320	4.2	0.0008	Sí cumple
TECHO 15	320	2.6	-0.0002	Sí cumple	TECHO 15	320	4	-0.0008	Sí cumple
TECHO 14	320	2.6	0.0005	Sí cumple	TECHO 14	320	3.7	0.0008	Sí cumple
TECHO 13	320	2.5	0.0005	Sí cumple	TECHO 13	320	3.5	0.0008	Sí cumple
TECHO 12	320	2.3	0.0006	Sí cumple	TECHO 12	320	3.2	0.0009	Sí cumple
TECHO 11	320	2.1	0.0006	Sí cumple	TECHO 11	320	2.9	0.0009	Sí cumple
TECHO 10	320	1.9	0.0006	Sí cumple	TECHO 10	320	2.6	0.0009	Sí cumple
TECHO 09	320	1.7	0.0006	Sí cumple	TECHO 09	320	2.4	0.0009	Sí cumple
TECHO 08	320	1.5	0.0007	Sí cumple	TECHO 08	320	2.1	0.0009	Sí cumple
TECHO 07	320	1.3	0.0007	Sí cumple	TECHO 07	320	1.8	0.0009	Sí cumple
TECHO 06	320	1.1	0.0007	Sí cumple	TECHO 06	320	1.5	0.0009	Sí cumple
TECHO 05	320	0.9	0.0006	Sí cumple	TECHO 05	320	1.2	0.0009	Sí cumple
TECHO 04	320	0.7	0.0006	Sí cumple	TECHO 04	320	0.9	0.0008	Sí cumple
TECHO 03	320	0.5	0.0005	Sí cumple	TECHO 03	320	0.6	0.0007	Sí cumple
TECHO 02	320	0.3	0.0005	Sí cumple	TECHO 02	320	0.4	0.0006	Sí cumple
TECHO 01	425	0.1	0.0003	Sí cumple	TECHO 01	425	0.2	0.0004	Sí cumple
SEMISÓTANO	425	0	0	Sí cumple	SEMISÓTANO	425	0	0	Sí cumple
SÓTANO	535	0	0	Sí cumple	SÓTANO	535	0	0	Sí cumple
BASE	0	0	0	Sí cumple	BASE	0	0	0	Sí cumple

Fuente: Elaborado por los autores

**Tabla 27:** Comparación de derivas

VARIACIÓN DERIVAS MÁXIMAS		
Modal Espectral	0.0039	39.80%
Tiempo Historia	0.0059	60.20%
<b>Δ</b>	<b>20.40%</b>	

Fuente: Elaborado por los autores

### Fuerzas internas máximas

**Tabla 28:** Fuerzas internas modal espectral

FUERZAS MODAL ESPECTRAL								
Piso	Caso de carga	Localización	P (Tonf)	Vx (Tonf)	Vy (Tonf)	T (Tonf-m)	Mx (Ton-f)	My (Ton-f)
TECHO 01	SDXX Máx	Top	0	1009.11	104.11	13090.45	2942.37	27469.29
TECHO 01	SDYY Máx	Top	0	138.81	1084.84	18999.23	26948.87	4107.39

Fuente: Elaborado por los autores

**Tabla 29:** Fuerzas TH70 en el primer piso

FUERZAS TH70 (PRIMER PISO)								
Piso	Caso de carga	Localización	P (Tonf)	Vx (Tonf)	Vy (Tonf)	T (Tonf-m)	Mx (Ton-f)	My (Ton-f)
TECHO 01	TH70 Caso 2 Máx	Top	13314	5186.92	8312.47	165183.42	300986.38	-56059.8

Fuente: Elaborado por los autores

**Tabla 30:** Comparación de fuerzas laterales

VARIACIÓN FUERZAS INTERNAS MÁXIMAS			
	V	T	M
Modal Espectral	16.30%	10.30%	32.89%
Tiempo Historia	83.70%	89.70%	67.11%
<b>Δ</b>	<b>67.40%</b>	<b>79.40%</b>	<b>34.22%</b>

Fuente: Elaborado por los autores

#### **IV. DISCUSIONES**

- ✓ De acuerdo a los resultados de desplazamientos obtenidos, los valores máximo promedio del método Tiempo historia son mayores a los del método modal espectral, 20.3cm y 3.15cm respectivamente. Así mismo los desplazamientos máximos obtenidos por el método tiempo historia se obtiene del registro sísmico de Huaraz 1970 en el segundo caso de análisis (caso 2), 26.11cm de desplazamiento horizontal y tiene una variación de 57.6% respecto al desplazamiento máximo obtenido por el método dinámico modal espectral.

Los resultados de derivas máximas obtenidos por el método tiempo historia son mayores levemente respecto a las derivas obtenidas por el método modal espectral, con una variación del 20.4% y los valores son menores a 0.007 que establece la Norma E 0.30. Los valores máximos obtenidos de fuerzas internas por el método tiempo historia se da en el registro sísmico de Huaraz 1970, en el segundo caso de análisis (caso 2).

Las fuerzas internas máximas obtenidas en el primer piso, cortante, torsión y momento son mayores por el método tiempo historia (Huaraz 1970, caso 2) respecto al método modal espectral y tienen una variación de 67.4%, 79.4%, 34.22%, respectivamente.

Se concuerda con Carlos Hugo Olaza Hinostroza que en su tesis “Análisis comparativo entre el método espectral y el método de tiempo historia para la obtención de ratios de desplazamientos laterales en edificaciones, Perú- 2012” concluye que los valores proporcionados por el método tiempo historia son superiores al modal espectral.

- ✓ Esta investigación tuvo como objetivo analizar y comparar las respuestas sísmicas entre el método dinámico modal espectral y el método dinámico tiempo historia en la estructura de un edificio de 16 pisos, donde los valores de desplazamientos, derivas y fuerzas por el método tiempo historia superan al método modal espectral considerablemente. Esto reafirma Rojas Valencia, Dante Hernán, en su tesis de “comparación entre el método estático y el método dinámico (Modal espectral y tiempo historia) aplicados en una edificación multifamiliar de cuatro niveles de albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca” sostiene que los valores por el método tiempo historia superan al método modal espectral en su análisis de resultados.

- ✓ Angulo Luna Luis Jesús en su tesis de “Análisis sísmico de un edificio de siete pisos con sótano utilizando interacción suelo- estructura en el distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, 2017” concluye que para el análisis sísmico a los sótanos se le considera como un empotramiento perfecto, lo cual concuerda con esta tesis de investigación donde se evidencia que los resultados de desplazamientos laterales obtenidos en el sótano 0.46mm y semi sótano 0.25mm son valores muy pequeños y despreciables para la magnitud de la estructura, por lo tanto se le considera a los sótanos como empotramiento perfecto.

## **V. CONCLUSIONES**

- ✓ Se concluye que para los 3 casos comparativos los valores obtenidos por el método tiempo historia superan al método modal espectral.
- ✓ Las derivas o distorsiones máximas obtenidas por el método tiempo historia y el método modal espectral cumplen el parámetro de ser menores que el valor de 0.007 establecida por la norma E 0.30 2016 en el capítulo 5.2 página 27.
- ✓ Por lo tanto, no se tiene argumentos a favor de la hipótesis planteada que los desplazamientos varían en un 20% Entre el método modal espectral y el método tiempo historia para la edificación alta de 16 pisos.
- ✓ Por lo tanto, no se tiene argumentos a favor de la hipótesis planteada que las derivas máximas varían en un 20% Entre el método modal espectral y el método tiempo historia para la edificación alta de 16 pisos.
- ✓ Se concluye que no se tiene argumentos a favor de la hipótesis planteada que las fuerzas varían en un 20% Entre el método modal espectral y el método tiempo historia para la edificación alta de 16 pisos.
- ✓ Por otro lado, se concluye que los métodos utilizados análisis dinámico modal espectral y tiempo historia son de suma importancia en el ámbito de la ingeniería civil estructural sísmico, pero se le da mayor relevancia al análisis dinámico tiempo historia dado que en ese instante de análisis los resultados son de mayor magnitud lo cual afectan directamente a la estructura de una manera más catastral.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- ✓ Se recomienda extender el estudio comparativo de ambos métodos aplicados a edificaciones altas, ya que se carece de información comparativa para el distrito de Magdalena del Mar y gran parte del Perú.
- ✓ Debido a los valores altos obtenidos por el método de análisis tiempo historia, se recomienda profundizar su estudio y aplicación para edificaciones altas, ya que Lima se ve propenso a sufrir sismos de gran magnitud como la de Huaraz 1970, por estar ubicado en la zona del cinturón de fuego, y la gran concentración de energía acumulada que alberga según expertos.
- ✓ Debido al alto porcentaje de variación de resultados que se obtiene en el método dinámico tiempo historia, se recomienda hacer reajustes en el coeficiente de ampliación sísmica (C) que establece la norma E 0.30 2016 del reglamento nacional de edificaciones a fin de que Los valores por el método dinámico modal espectral sean más coherentes respecto al método dinámico tiempo historia.
- ✓ Se recomienda ampliar y analizar de manera minuciosa los parámetros para la creación de espectros de diseños establecidos por la norma E 0.30 2016 con el propósito de dar mayores garantías de seguridad en las edificaciones altas.

## **VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## Bibliografía

- ✓ Aguiar Roberto (2015) análisis sísmico por desempeño. Recuperado el 14 de octubre de 2018, de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38881557/ANALISIS\\_SISMICO\\_POR\\_DESEMPENO.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1539565601&Signature=Wjt3UM5B7NMJVta7ij0%2F%2F9TiKGw%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DANALISIS\\_SISMICO\\_POR\\_DESEMPENO.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38881557/ANALISIS_SISMICO_POR_DESEMPENO.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1539565601&Signature=Wjt3UM5B7NMJVta7ij0%2F%2F9TiKGw%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DANALISIS_SISMICO_POR_DESEMPENO.pdf)
- ✓ Aguiar, R. (2003). Análisis sísmico por desempeño. *Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército*, 342.
- ✓ Aguiar, R. (2016). análisis sísmico espacial modal espectral del bloque tres de la facultad de administración de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí afectada por el terremoto de 7.8 del 16 de abril de 2016. *Ciencia*, 18(4).
- ✓ Manquelaquén, Rodrigo. (2018). Análisis sísmico con método modal espectral y tiempo historia para un modelo integrado de turbo generador de 375 MW, NCh 2369 actualizada. Recuperado el 18 de junio de 2019, de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/153362/An%c3%a1lisis-s%c3%adsmico-con-m%c3%a9todos-modal-espectral-y-tiempo-historia-para-un-modelo-integrado-de-turbo-generador.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ✓ Angulo, L. (2017). Análisis sísmico de un edificio de siete pisos con sótano utilizando interacción suelo- estructura en el distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, 2017. (p. 63)
- ✓ Calderon, Gilmer. (2018). Analisis sísmico modal espectral y tiempo historia de una edificación con MATHCAD PRIME, CSI SAP2000 Y ETABS. Recuperado el 21 de noviembre de, 2018 de <https://es.scribd.com/document/378154998/Ana-lisis-Si-smico-modal-espectral-Tiempo-historia-de-una-Edificacio-n-con-MATHCAD-Prime-CSI-SAP2000-y-ETABS>
- ✓ Crisafulli, F y Villafane, E. (2002). Espectro de respuesta y diseño. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería. (p. 22). Recuperado el 10 de octubre de 2018 de <http://blog.uca.edu.ni/estructuras/files/2011/02/espectros-de-respuesta-y-de-dise%C3%B1o.pdf>

- ✓ Delgado Genaro. (2011) Diseño de estructuras aporricadas de concreto armado. Recuperado el 16 de octubre del 2018, de <https://civiliestph.files.wordpress.com/2016/04/libro-genaro-delgado-diseno-de-estructuras-aporricadas-cc2baac2ba.pdf>
- ✓ Gomez, M. (2009). Introducción a la metodología de la investigación científica. 2º ed. Córdoba: Editorial Brujas. (p. 186).
- ✓ Gonzales, Maria (2014). “Estrategias Metodológicas para el aprendizaje de medida en los estudiantes del 10mo “D” de Educación Básica del colegio Daniel Córdoba Toral” Recuperado el 17 de noviembre de 2018 de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20846/1/TESIS.pdf>
- ✓ Gerardo, S. y Mauricio, M. (2017). Revista geológica de américa central. Recuperado el 20 de octubre de 2018 de [https://www.researchgate.net/publication/315759560\\_Atenuacion\\_del\\_valor\\_de\\_la\\_aceleracion\\_maxima\\_en\\_superficie\\_de\\_sitios\\_en\\_roca\\_para\\_zonas\\_de\\_subduccion\\_una\\_alternativa\\_neuronal](https://www.researchgate.net/publication/315759560_Atenuacion_del_valor_de_la_aceleracion_maxima_en_superficie_de_sitios_en_roca_para_zonas_de_subduccion_una_alternativa_neuronal)
- ✓ Hernández, R, Fernández, C y Baptista, L. (2014) Metodología de la investigación. 5ª ed. México D.F.: Mc Graw Hill. (p. 556).
- ✓ Hernández, R., Méndez, S., Mendoza, C. P. & Cuevas, A. (2017). Fundamentos de investigación. Ciudad México, México: Mc Graw Hill.
- ✓ Hernández, J. (2017). Implementación del análisis modal espectral para una plataforma de elementos finitos. Chile. Recuperado el 20 de noviembre de 2018 de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146748>
- ✓ Kassimali, A. (2014). Análisis estructural. Quinta edición. México: Cengage editores.
- ✓ Lefevre, R. y Villar, Damian. (2015). Resistencia de materiales. 4º TCO recuperado el 15 de noviembre de 2018 de <https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/4409/20401-15%20RESISTENCIA%20DE%20MATERIALES%20Resistencia%20de%20Materiales.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- ✓ López, C, Muños. D (2003) Fórmulas de magnitud en los Boletines y Catálogos españoles. Recuperado el 21 de noviembre de 2018 de <https://revistas.ucm.es/index.php/FITE/article/viewFile/FITE0303110049A/11794>
- ✓ Millones, J. (2015). Localización de un sismo utilizando una estación de tres componentes. UNMSM. Perú – Lima. (p. 5).

- ✓ NCSE (2002). Norma de construcción sismoresistente: Parte General y edificación (NCSE-02). Recuperado el 21 de noviembre de 2018 de <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BN0222>
- ✓ Revista ARQHYS. 2012, 12. Análisis sísmico dinámico de estructuras. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com Obtenido 05, 2018, de <http://www.arqhys.com/arquitectura/analisis-sismico-dinamico.html>.
- ✓ Revista ARQHY. 2012, 12. Análisis modal espectral de estructuras resistentes a los sismos. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. Obtenido 05, 2018, de <http://www.arquys.com/arquitectura/análisis-modal-espectral.html>.
- ✓ Reyna, Alisson. (2017) Análisis comparativo de la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado con y sin aisladores sísmicos en la base según su variación en la altura. Recuperado de: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1493/Reyna\\_FAK.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1493/Reyna_FAK.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- ✓ Roberto A. (2006). Deriva máxima de piso y curvas de fragilidad en edificios de hormigón armado. Ecuador. (p. 58).
- ✓ Rodríguez, Diego. (2016). Análisis sismorresistente mediante el método modal espectral de un edificio habitacional ubicado en la comuna de tome. Recuperado el 18 de junio de 2019, de: <http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/1044/Diego%20Alionso%20Rodr%C3%ADguez%20Cuevas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ✓ Rojas, Dante. (2017). Comparación entre método estático y el método dinámico (modal espectral y tiempo historia) aplicados en una edificación multifamiliar de cuatro niveles de albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca. Perú- Cajamarca. (p. 175).
- ✓ Segundo, Juan. (2017). Análisis comparativo de los parámetros de la nueva y anterior norma e.030 aplicado en un sistema dual - Tarapoto 2017. Recuperado de: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/16488/Leveau\\_RF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/16488/Leveau_RF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- ✓ Scaletti, H. (2015) Métodos de análisis para determinar la resistencia sísmica. *Organización Panamericana de la Salud. Perú.*
- ✓ Scaletti, H. (2017). Métodos de análisis para determinar la resistencia sísmica. *Organización Panamericana de la Salud. Perú.*
- ✓ Orellana, Gonzalo Parra, Jonnathan Lizardo. (2016). Evaluación de desempeño sísmico de un edificio especial a porticado de hormigos armado según la norma ecuatoriana de construcción (NEC-SE-RE,2015) recuperado el 21 de noviembre de 2018 de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28524/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- ✓ Oscar Vásquez. (2018) según norma técnica E 0.30 Diseño sismo resistente. Recuperado el 14 de octubre de 2018, de <http://www3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf>
- ✓ Olaya, Carlos. (2015). Análisis comparativo entre el método espectral y el método de tiempo historia para la obtención de ratios de desplazamiento laterales en edificaciones. Peru-2012. Perú- Huaraz. (p. 70).
- ✓ Vielma, J, Barbt.A y Oller S. (2006). umbrales de daño para estados límite de edificios porticados de concreto armado diseñados conforme al aci-318/ibc-2006orellana, recuperado el 21 de noviembre de 2018 de <https://core.ac.uk/download/pdf/41761142.pdf>
- ✓ SUKUMAR ,B. (2012) “Seismic analysis of multistorey building with floating column” Rourkela-recuperado el 30 de noviembre de 2018 de [http://ethesis.nitrkl.ac.in/3951/1/Seismic\\_analysis\\_of\\_multistorey\\_building\\_with\\_floating\\_column.pdf](http://ethesis.nitrkl.ac.in/3951/1/Seismic_analysis_of_multistorey_building_with_floating_column.pdf).
- ✓ Mohsen Shafighi. (2017) “Seismic analysis of multistorey hybrid buildings” recuperado el 30 de noviembre de 2018 de [file:///C:/Users/ALEJANDRO/Downloads/Shafighi\\_2017.pdf](file:///C:/Users/ALEJANDRO/Downloads/Shafighi_2017.pdf).

## **VIII. ANEXO**

Anexo 1: Matriz de consistencia “Estudio comparativo de respuestas sísmicas entre modal espectral y tiempo-historia aplicado a un edificio 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – lima, 2018.”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>				
¿Actualmente se carecen de información comparativa de resultados entre análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en estructuras de edificios de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar?	Analizar y comparar las respuestas sísmicas entre análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.	Los resultados de análisis dinámico modal espectral varían en 20% respecto al análisis dinámico tiempo historia para la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.	<b>V1.</b> <b>Respuesta sísmica del análisis dinámico modal</b>	<p><b>Desplazamientos laterales</b></p> <p>Es el movimiento de un lugar a otro de manera horizontal, ejercida por una fuerza lateral, cuya distancia de desplazamiento estará en función de la masa, rigidez, altura y el periodo. (Villarreal, 2009).</p> <hr/> <p><b>Derivas</b></p> <p>las derivas máximas de entre pisos no es más que el desplazamiento relativo de piso dividido para la altura de entre piso. (Aguilar, 2006)</p> <hr/> <p><b>Fuerzas</b></p> <p>[...] Existen sistemas de fuerzas externas (F1, F2... Fn), los cuales generan reacciones (Ra, Rb) para lograr un equilibrio con las fuerzas internas que impiden la rotura del cuerpo (Lefevre y villar, 2015).</p> <hr/> <p><b>Desplazamientos laterales</b></p> <p>Es el movimiento de un lugar a otro de manera horizontal, ejercida por una fuerza lateral, cuya distancia de desplazamiento estará en función de la masa, rigidez, altura y el periodo. (Villarreal, 2009).</p> <hr/> <p><b>Derivas</b></p> <p>las derivas máximas de entre pisos no es más que el desplazamiento relativo de piso dividido para la altura de entre piso. (Aguilar, 2006)</p> <hr/> <p><b>Fuerzas</b></p> <p>[...] Existen sistemas de fuerzas externas (F1, F2... Fn), los cuales generan reacciones (Ra, Rb) para lograr un equilibrio con las fuerzas internas que impiden la rotura del cuerpo (Lefevre y villar, 2015).</p> <hr/> <p><b>Registros sísmicos</b></p> <p>Según el RNE en la norma E030 Diseño sismoresistente se tomará 5 registros sísmicos como mínimo para un análisis dinámico tiempo historia</p>	<p>-Peso w (ton.) -Altura (m) -Fuerzas laterales (ton.) - Periodo (seg.) -Rigidez</p> <p>-Altura entre piso (m) -Desplazamiento relativo (cm)</p> <p>-Momentos (Tonf-m) -Cortantes (tonf-m) -Torsión (tonF-m)</p> <p>-Peso w (ton.) -Altura (m) -Fuerzas laterales (ton.) - Periodo (seg.) -Rigidez</p> <p>-Altura entre piso (m) -Desplazamiento relativo (cm)</p> <p>-Momentos (Tonf-m) -Cortantes (tonf-m) -Torsión (tonf-m)</p> <p>-Compatibilidad o semejanza de aceleración sísmica -Intensidad de magnitud sísmica</p>	<p>-Norma E 0.20 (cargas) -Norma E 0.30 (diseño sismorresistente) -Norma E 0.50 (suelo y cimentaciones) -Norma E 0.60 (concreto armado) -Software ETABS 2016</p> <p>-Norma E 0.30 2016 - Software ETABS 2016</p>
<b>Específico</b>	<b>Específico</b>	<b>Específico</b>				
¿Actualmente se carece de información comparativa de los desplazamientos laterales entre el análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en estructuras de edificios de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar - Lima?	Analizar y comparar los desplazamientos laterales entre análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.	Los desplazamientos laterales obtenidos por el análisis dinámico modal espectral varían en 20% respecto al análisis dinámico tiempo historia para la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.				
¿Actualmente se carece de información comparativa de las derivas entre el análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en estructuras de edificios de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar - Lima?	Analizar y comparar las derivas entre análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.	Las derivas obtenidas por el análisis dinámico modal espectral varían en 20% respecto al análisis dinámico tiempo historia para la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.	<b>V2.</b> <b>Respuesta sísmica del análisis dinámico tiempo-historia</b>			
¿Actualmente se carece de información comparativa de fuerzas entre el análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en estructuras de edificios de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar - Lima?	Analizar y comparar las fuerzas entre análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo historia en la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.	Las fuerzas obtenidas por el análisis dinámico modal espectral varían en 20% respecto al análisis dinámico tiempo historia para la estructura de un edificio de 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima.				



### FACULTAD DE INGENIERIA

#### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Fundido comparativo de respuestas sismicas entre modal espectral y tiempo-historia aplicado a un edificio 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar -

Lima, 2018

#### TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero civil

#### ACTORES:

Esposa: Villalano, Alejandro Amador

Quinto De la Cruz, William Marcelo

#### ASESOR:

Lic. María Ysabel Correa Alvarez

Mg. Dora Hiraluis

#### FINCA DE INVESTIGACION:

Diseño sismico y sismosist

LIMA - PERU

2018



Q.C.

### Resumen de coincidencias

# 24%

24	dds mexico com rnx Fuente de internet	< 1 %	>
25	Entregado a Universidad Trabajo de tesis	< 1 %	>
26	Entregado a Unidad Ed. Trabajo de tesis	< 1 %	>
27	Entregado a Texas A&M Trabajo de tesis	< 1 %	>
28	dispace ucuenca edu ec Fuente de internet	< 1 %	>
29	repositorio unaoiv edu pe Fuente de internet	< 1 %	>
30	Entregado a Pontificia Trabajo de tesis	< 1 %	>
31	Entregado a Universidad Trabajo de tesis	< 1 %	>
32	documents rnx Fuente de internet	< 1 %	>
33	www.cia.gov co	< 1 %	>



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD  
DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 10-12-2018  
Página : 1 de 1

Yo DRA. ING. MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ, docente de la Facultad de ingeniería y Escuela Profesional de ingeniería civil de la Universidad César Vallejo lima este, revisor (a) de la tesis titulada

"Estudio comparativo de respuestas sísmicas entre modal espectral y tiempo-historia aplicado a un edificio 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – lima, 2018.", de los estudiantes: Espinoza Villafane, Alejandro Asunción. constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, San Juan de Lurigancho 10 de diciembre del 2018

Firma

DRA. ING. MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ

DNI: 21453567

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo DRA. ING. MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ, docente de la Facultad de ingeniería y Escuela Profesional de ingeniería civil de la Universidad César Vallejo lima este, revisor (a) de la tesis titulada

"Estudio comparativo de respuestas sísmicas entre modal espectral y tiempo-historia aplicado a un edificio 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – lima, 2018.", de los estudiantes: QUIÑTO DE LA CRUZ WILLIAM JANCARLO. constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, San Juan de Lurigancho 10 de diciembre del 2018

Firma

DRA. ING. MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ

DNI: 21453562

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, DRA. ING. MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ A LA RECEPCION DE LA DOCUMENTACION SOLICITADA PARA LA ENTREGA DE LA VERSION FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACION QUE PRESENTA:

QUINTO DE LA CRUZ WILLIAM JANCARLO

INFORME TÍTULADO:

Estudio comparativo de respuestas sísmicas entre modal espectral y tiempo-historia aplicado a un edificio 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima, 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

---

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: San Juan de Lurigancho, 10 de Diciembre del 2018

NOTA O MENCIÓN: 14 (Catorce)



*Ysabel*

DRA. MARÍA YSABEL GARCÍA ÁLVAREZ



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, DRA. ING. MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ A LA RECEPCION DE LA DOCUMENTACION SOLICITADA PARA LA ENTREGA DE LA VERSION FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACION QUE PRESENTA:

ESPINOZA VILLAFANE, ALEJANDRO ASUNCION

INFORME TITULADO:

Estudio comparativo de respuestas sísmicas entre modal espectral y tiempo-historia aplicado a un edificio 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – Lima, 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

---

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: San Juan de Lurigancho, 10 de Diciembre del 2018

NOTA O MENCIÓN: 14 (Catorce)



DRA. MARÍA YSABEL GARCÍA ÁLVAREZ



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE  
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo ALEJANDRO ASUNCION ESPINOZA VILLAFANE, identificado con DNI No 46721932 egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo ( x ) , No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Estudio comparativo de respuestas sísmicas entre modal espectral y tiempo-historia aplicado a un edificio 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar – lima, 2018"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:



FIRMA

DNI: 46721932

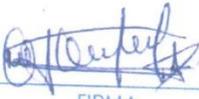
FECHA: Lima, san juan de Lurigancho 10 de diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS          EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 1

Yo QUINTO DE LA CRUZ WILLIAM JIANCARLO identificado con DNI No 46025775 egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo ( x ) , No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Estudio comparativo de respuestas sísmicas entre modal espectral y tiempo-historia aplicado a un edificio 16 pisos en el distrito de Magdalena del Mar - lima, 2018"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:



FIRMA

DNI: 46025775

FECHA: Lima, san juan de Lurigancho 10 de diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------