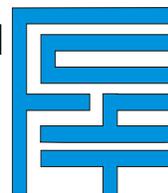


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DINÁMICO DE UN SISTEMA
ESTRUCTURAL APORTICADO SIN CONSIDERAR Y
CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA”**

Proyecto de Grado, Presentado Para Optar al Diploma Académico de
Licenciatura en Ingeniería Civil.

Presentado por: ERICK FERDINAND MURIEL PINTO

Tutor: Ing. Felipe Ramiro Saavedra Antezana

COCHABAMBA – BOLIVIA

Marzo, 2017

AGRADECIMIENTO:

Le Agradezco a Dios por estar siempre a mi lado y por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi apoyo en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Marcial y Rosa por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de una excelente educación en el transcurso de mi vida.

Le doy las gracias también a mi Esposa, que siempre me brindó su apoyo y que al lado de mis hijas fueron un impulso para no claudicar y conseguir mi objetivo de ser profesional.

Le doy las gracias a mis hermanos, que me brindaron su apoyo moral y muchas veces económico, para lograr mis objetivos dentro de la carrera universitaria.

Le doy las gracias también a mi suegra ya que ella también me brindo apoyo moral para cumplir mis objetivos.

Les doy las gracias a Mis tías y tíos que me brindaron apoyo moral y así terminar mi proyecto de grado.

DEDICATORIA:

Mi proyecto de grado lo dedico con todo mi amor y cariño:

A mis padres que me apoyaron mucho y hacer un acápite a parte dedicándolo a mi amada madre que partió al lado de Dios hace más de 6 años, allá en el cielo espero estés orgullosa de mi, también mi papa que a pesar de haber quedado solo siempre me apoyó y fue mi soporte moral y sobre todo económico para poder llegar a mi objetivo.

También e igual de importante dedico mi proyecto a mi amada esposa Vanessa y a mis hermosas hijas Camila y Rosa que son mi soporte para lograr mis objetivos y no claudicar además de que son mi motivo para seguir creciendo profesionalmente.

Lo dedico también a mis hermanos ya que nunca dejaron de apoyarme.

Lo dedico también a mis adoradas tías Carmen y Virtud, ya que desde que mi mama nos dejó, ellas pasaron a ser como una madre para mí y siempre me apoyaron.

FICHA RESUMEN

El presente Proyecto de Grado trata del Análisis Estructural Dinámico de un Sistema Estructural Aporticado sin Considerar Interacción Suelo - Estructura y Considerando Interacción Suelo - Estructura, para así determinar las diferencias que hay entre el Análisis Dinámico sin Considerar el factor Suelo (Cálculo normalmente realizado en la actualidad pero no es tan real, simulando un empotramiento en la base) y el Cálculo Dinámico considerando La Interacción Suelo - Estructura (Cálculo considerando al suelo como un elemento de cálculo) que es un cálculo más real y que cumple con los fines de la Ingeniería Sismo Resistente, así también demostrar los aportes que le da a la Ingeniería Sísmica el Análisis con dicha Interacción.

Para el Análisis Dinámico con Interacción Suelo Estructura se Utilizará el modelo dinámico de BARKAN D.D, científico Ruso, que trabaja el factor Suelo, con coeficientes de Rigidez Equivalentes, que dependen de las propiedades elásticas del suelo.

El análisis se realiza para una institución Educativa conformada de 3 pisos, ubicada en la ciudad de Trujillo - La Libertad - Perú, con una altura de entrepisos de 4 metros, la estructura estará conformada por columnas, vigas y losas, prediseñadas utilizando la Norma Peruana del Reglamento Nacional de Estructuras, se separara las columnas en el eje longitudinal cada 4 m y en el eje Lateral cada 5 m.

Al finalizar el presente Proyecto de Grado, se logra demostrar las diferencias que existe entre el Análisis Dinámico sin considerar y considerando la Interacción Suelo Estructura, en cuanto a los modos de vibración, la distorsión de entrepisos, las fuerzas de diseño y el alcance que da el modelo con Interacción Suelo Estructura, el cuál es el Alabeo en Losas Y más importante el de economizar en gastos ya que las fuerzas de diseño son menores al analizar la estructura utilizando Interacción Suelo Estructura, estos cálculos están presentes en las conclusiones del Proyecto de grado.

INDICE:

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES GENERALES:	1
I.I. INTRODUCCIÓN:	1
I.II. ANTECEDENTES:	1
I.III. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:	2
I.IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	2
I.V. OBJETIVOS:	3
I.V.I. OBJETIVO GENERAL:	3
I.V.II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO:	4
II.I. ESQUEMAS DE CALCULO DE EDIFICACIONES, CONSIDERANDO LA FLEXIBILIDAD DE LA BASE DE FUNDACION:	4
II.II. MODELO DINÁMICO D. D. BARKAN – O. A. SAVINOV:	9
CAPÍTULO III. MARCO PRÁCTICO:	13
III.I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:	13
III.II. ESTRUCTURACIÓN:	14
III.III. NORMATIVIDAD:	15
III.IV. PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES:	15
III.IV.I. PREDIMENSIONAMIENTO DE LA LOSA:	15
III.IV.II. PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS VIGAS:	17
III.IV.III. PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS COLUMNAS:	18
III.IV.IV. PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS ZAPATAS:	19
III.V. CARGA DE DISEÑO:	20
III.V.I. METRADO DE CARGAS:	21
III.V.I.I. CARGA MUERTA:	22
III.V.I.II. CARGA VIVA:	22
III.VI. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS SÍSMICAS:	23
III.VII. ANÁLISIS DINÁMICO SIN CONSIDERAR LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA:	25
III.VII.I. ANÁLISIS MODAL:	26
a. PERIODO DE VIBRACIÓN:	26
b. MODO DE VIBRACIÓN:	27
III.VII.II. DETERMINACIÓN DE MASAS A NIVEL DE ENTREPISOS:	27
III.VII.III. ANALISIS ESPECTRAL:	27

III.VII.IV. EXCENRICIDAD ACCIDENTAL:	36
III.VII.V. PROCESAMIENTO DEL ANÁLISIS DINÁMICO ESTRUCTURAL SIN CONSIDERAR LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA:	37
III.VII.V.I. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES PREVIOS AL ANÁLISIS COMPUTACIONAL DEL ANÁLISIS DINÁMICO SIN CONSIDERAR ISE:	37
A. DETERMINACIÓN DE MASAS A NIVEL DE ENTREPISOS EN NUESTRA ESTRUCTURA:	37
B. FACTOR DE ESCALA:	37
C. EXCENRICIDAD ACCIDENTAL:	37
III.VII.V.II. ANÁLISIS Y MODELADO DE LA ESTRUCTURA EN EL PROGRAMA SAP 2000 V.16:	38
1. CREACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CONFORMACION DE LAS GRILLAS PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DINÁMICO:.....	38
2. DEFINICIÓN DEL MATERIAL Y SECCIONES DE LA ESTRUCTURA:.....	42
3. ASIGNACION DE SECCIONES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES:	45
4. ASIGNACIÓN DEL BRAZO RIGIDO A LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES:.....	49
5. ASIGNACIÓN DE RESTRICCIONES AL CENTRO DE MASAS EN EL SAP:	50
6. GENERACIÓN DE DIAFRAGMA RÍGIDO:	51
7. ASIGNACIÓN DE MASAS SOBRE EL NUDO DEL CENTRO DE MASA:	55
8. ASIGNACIÓN DEL ESPECTRO DE RESPUESTA EN LA ESTRUCTURA:	58
9. CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA SAP PARA HACER EL ANALISIS MODAL:	60
10. CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA SAP PARA HACER EL ANALISIS ESPECTRAL:	61
11. GENERACIÓN DEL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS:..	63
12. VERIFICAR QUE EN EL CÁLCULO ESTÉN TODOS LOS GRADOS DE LIBERTAD: ..	64
13. CORRIDA DEL PROGRAMA CON EL ANÁLISIS DINÁMICO SIN INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA:.....	64
14. DETERMINACIÓN DE LOS MODOS DE VIBRACIÓN CON EL ANÁLISIS DINÁMICO SIN INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA:	65
15. DETERMINACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN X, Y ASÍ COMO LAS DISTORSIONES DE CADA NUDO EXTREMO DE LAS LOSAS DE ENTREPISOS CON EL MODELO DINÁMICO SIN INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA:	66
16. DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS DE DISEÑO:.....	70
III.VIII. ANALISIS DINÁMICO CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA:	77
III.VIII.I. ZAPATAS AISLADAS: (Paralelepípedo Rectangular)	79
III.VIII.II. MODELO DINAMICO D.D. BARKAN – O.A. SAVINOV:.....	80

III.VIII.II.I. PRESIÓN ESTÁTICA:	80
III.VIII.II.II. COEFICIENTE DE BALASTO INICIAL (C_0):	81
III.VIII.II.III. COEFICIENTE D_0 :	82
III.VIII.II.IV. DETERMINACION DE COEFICIENTES DE COMPRESION Y DESPLAZAMIENTO:	82
III.VIII.II.V.DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES DE RIGIDEZ:.....	83
III.VIII.III. PROCESAMIENTO DEL ANÁLISIS DINÁMICO ESTRUCTURAL CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA:	83
III.VIII.III.I. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES PREVIOS AL ANÁLISIS COMPUTACIONAL CONSIDERANDO ISE:.....	83
A. DETERMINACIÓN DE MASAS A NIVEL DE ENTREPISOS EN NUESTRA ESTRUCTURA:.....	83
B. FACTOR DE ESCALA:	84
C. EXCENRICIDAD ACCIDENTAL:	84
D. DETERMINACIÓN DE LAS MASAS DE LAS ZAPATAS:.....	84
III.VIII.III.II. DETERMINACIÓN DE RIGIDEZ POR EL MODULO DE D.D. BARKAN:.....	84
E. PRESIÓN ESTÁTICA:	84
F. COEFICIENTE D_0 :	84
G. DETERMINACION DE COEFICIENTES DE COMPRESION Y DESPLAZAMIENTO:	85
H. DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES DE RIGIDEZ:.....	85
III.VIII.III.III. ANÁLISIS Y MODELADO DE LA ESTRUCTURA EN EL PROGRAMA SAP 2000 V.16:.....	86
1. GENERACIÓN DE LAS ZAPATAS EN EL PROGRAMA SAP 2000	87
2. DEFINICIÓN DE LA SECCION Y ENTRADA DE LAS ZAPATAS EN EL SAP2000:	88
3. ASIGNACIÓN DE MASAS EN LOS CENTROIDES DE LAS ZAPATAS	92
4. ASIGNACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE RÍGIDEZ CALCULADOS POR EL MODELO DINÁMICO DE D. D. BARKAN:	93
5. ASIGNACIÓN DE LA RESTRICCIÓN DE ROTACIÓN EN Z EN LA ZAPATA:	94
6. CORRIDA DEL PROGRAMA CON EL ANÁLISIS DINÁMICO CON INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA:.....	95
7. DETERMINACIÓN DE LOS MODOS DE VIBRACIÓN CON EL ANÁLISIS DINÁMICO CON INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA:.....	96
8. DETERMINACIÓN DEL ALABEO EN LOSAS:.....	96
9. DETERMINACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN X, Y ASÍ COMO LAS DISTORSIONES DE CADA NUDO EXTREMO DE LAS LOSAS DE ENTREPISOS CON EL MODELO DINÁMICO CON INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA:.....	99

10. DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS DE DISEÑO CON INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA:.....	103
CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:.....	104
IV.I. CONCLUSIONES:.....	104
IV.II. RECOMENDACIONES:.....	107
IV.III. BIBLIOGRAFÍA:.....	107
V. ANEXO:.....	108

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1 Esquema de Cálculo de las condiciones de fijación de Estructura.....	4
Figura N° 2.2 Esquema de Cálculo Dinámico para el caso de Aproximación de la estructura en el plano	7
Figura N° 2.3 Esquema Espacial de Cálculo de la Cimentación tipo Zapata Aislada.....	7

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01 Modos de Vibración determinados sin ISE.....	65
Tabla N° 02 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección X para el nudo A sin ISE.....	67
Tabla N° 03 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección X para el nudo B sin ISE.....	67
Tabla N° 04 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección X para el nudo C sin ISE.....	68
Tabla N° 05 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección X para el nudo D sin ISE.....	68
Tabla N° 06 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección Y para el nudo A sin ISE.....	68
Tabla N° 07 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección Y para el nudo B sin ISE.....	68
Tabla N° 08 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección Y para el nudo C sin ISE.....	68
Tabla N° 09 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección Y para el nudo D sin ISE.....	69
Tabla N° 10 Distorsión de entrepisos determinados en el Sismo en dirección X sin ISE .	69
Tabla N° 11 Distorsión de entrepisos determinados en el Sismo en dirección Y sin ISE .	69
Tabla N° 12 Resumen de Fuerzas de Diseño determinados en el Sismo en las direcciones X, Y sin ISE	76
Tabla N° 13 Modos de Vibración determinados con ISE.....	96
Tabla N° 14 Resumen de Alabeo en losas determinados con ISE	96
Tabla N° 15 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección X para el nudo A con ISE.....	100
Tabla N° 16 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección X para el nudo B con ISE.....	101
Tabla N° 17 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección X para el nudo C con ISE.....	101
Tabla N° 18 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección X para el nudo D con ISE.....	101

Tabla N° 19 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección Y para el nudo A con ISE.....	101
Tabla N° 20 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección Y para el nudo B con ISE.....	101
Tabla N° 21 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección Y para el nudo C con ISE.....	102
Tabla N° 22 Desplazamientos determinados en el Sismo en dirección Y para el nudo D con ISE.....	102
Tabla N° 23 Distorsión de entrepisos determinados en el Sismo en dirección X con ISE	102
Tabla N° 24 Distorsión de entrepisos determinados en el Sismo en dirección Y con ISE	102
Tabla N° 25 Resumen de Fuerzas de Diseño determinados en el Sismo en las direcciones X, Y con ISE.....	103
Tabla N° 26 Comparación de los Modos de Vibración usando ISE y sin ISE.....	104
Tabla N° 27 Comparación en dirección X para el nudo A con ISE y sin ISE.....	104
Tabla N° 28 Comparación en dirección X para el nudo B con ISE y sin ISE.....	104
Tabla N° 29 Comparación en dirección X para el nudo C con ISE y sin ISE.....	105
Tabla N° 30 Comparación en dirección X para el nudo D con ISE y sin ISE.....	105
Tabla N° 31 Comparación en dirección Y para el nudo A con ISE y sin ISE.....	105
Tabla N° 32 Comparación en dirección X para el nudo B con ISE y sin ISE.....	105
Tabla N° 33 Comparación en dirección X para el nudo C con ISE y sin ISE.....	105
Tabla N° 34 Comparación en dirección X para el nudo D con ISE y sin ISE.....	105
Tabla N° 35 Comparación entre las fuerzas de diseño determinadas con ISE y sin ISE.	106

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES GENERALES:

I.I. INTRODUCCIÓN:

En la actualidad en el mundo no existe una concepción única de normatividad de las fuerzas sísmicas. De acuerdo a la metodología usada en la mayoría de países, la intensidad de la carga sísmica, es la base en la cual se calcula una estructura, se determina en dependencia de la fuerza sísmica esperada en el lugar de la construcción y la importancia de la edificación (gravedad de las consecuencias de su destrucción o fallas estructurales)

La asignación de cálculo sísmico para los diferentes tipos de edificaciones dependiendo de la zona sísmica, se realiza por medio de los puntos correspondientes de las normas de diseño sismo resistente. Conociendo que las vibraciones del suelo durante el sismo tienen una característica de tres componentes; por ello, las fuerzas sísmicas pueden tener cualquier dirección en el espacio. En los cálculos será necesario efectuarlo por medio de la dirección más desfavorable. Para el armazón de una edificación el mayor peligro está dado por la acción de las fuerzas horizontales. En la práctica es suficiente analizar las vibraciones sísmicas horizontales en los planos principales (por los ejes longitudinales y transversal) del edificio, para ello, la norma (Reglamento Nacional de Estructuras-Perú) E.030 "Diseño Sismorresistente" permite calcular las fuerzas sísmicas para estas direcciones en forma separada (independiente una de la otra).

I.II. ANTECEDENTES:

El Perú es un país altamente sísmico y según la clasificación mundial le corresponde 9 grados en la escala Mercalli Modificada por el hecho que se encuentra situado en el llamado cinturón de fuego del pacífico; por lo tanto, está expuesto a ser afectado por la ocurrencia de terremotos, ellos tienen su origen en la interacción de placas, grandes piezas de mosaico que forma la corteza terrestre, todas ellas en constante movimiento. A nivel mundial solo la placa de Nazca alcanza velocidades de desplazamientos de 8-10 cm/año, es por ello que se producen los terremotos de mayor magnitud, teniendo en cuenta la continua dinámica de las placas subyacentes siempre ocurrirán terremotos. Cada siglo más de una veintena de terremotos sacuden al país y aunque aún no sepamos cuando será el próximo terremoto, la ingeniería sísmica contribuye a identificar las áreas de probable terremoto a ocurrir, esta información es muy relevante ya que con el uso adecuado podemos predecir las fuerzas a las que el edificio estará sometido en el movimiento sísmico.

La fuerza sísmica esperada en la región de construcción se determina por la zona sísmica en grados y se da por medio de los mapas de zonificación sísmica determinados por la norma del Reglamento Nacional de Estructuras E.030 (Diseño sismorresistente), así como

por medio de los datos sísmicos de las principales regiones habitables, siendo más específicos las Provincias de cada Región del País. En estos documentos los datos asumidos de grados de intensidad se refieren a las regiones con condiciones intermedias de suelos, por ello el grado de intensidad se debe de precisar por medio de los mapas de microzonificación sísmica o por medio de las exploraciones geotécnicas o hidrogeológicas. Tal precisión determina la sismicidad de la zona a edificar considerando los datos reales ingeniero-geológicas.

En este sentido, el territorio Peruano se encuentra dividido en 4 zonas, de acuerdo a la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.

Adicionalmente a lo dicho, es de importancia singular la consideración en el análisis estructural de la real interacción suelo-estructura, que se usa con mucha frecuencia en la práctica y se considera un campo abierto en la investigación sísmica mundial.

La flexibilidad del suelo de fundación se refleja en los periodos, frecuencias y formas de vibración libre de la estructura, que a su vez influyen en la magnitud de las fuerzas sísmicas. La consideración de la flexibilidad del suelo de fundación nos lleva a la precisión del esquema de cálculo de la edificación.

I.III. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:

Las construcciones en zonas sísmicas se incrementan a diario en el Perú. En consecuencia, la seguridad estructural tiene un valor importante en el desarrollo nacional del país. La reducción de los costos, con la consecuente seguridad de las obras en zonas sísmicas es el problema central de la construcción. La razón fundamental en la solución de este problema es la elaboración de metodologías de cálculo sísmico de edificaciones considerando la real interacción suelo-estructura.

I.IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Para el análisis de la edificación se considerará los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones – Perú, siguiendo los criterios planteados en la norma E 030 “Diseño Sismoresistente” y en la bibliografía de textos que contengan el Análisis Dinámico de Estructuras sin considerar y considerando la Interacción Suelo - Estructura, así como recomendaciones de orden práctico, para posteriormente hacer el respectivo control de cargas horizontales (desplazamiento debido a la fuerza sísmica) procurando que se cumpla con lo planteado en la norma E 030 antes mencionada.

Con el fin de hacer el análisis sísmico de la estructura se utilizará el software SAP 2000, con el cual podemos determinar los desplazamientos máximos, así como también los desplazamientos relativos de entrepiso, alabeo en lozas, y optimizar las secciones de los elementos estructurales. La Interacción Suelo-Estructura, es un campo nuevo de la Ingeniería Civil, el cual une a la Ingeniería Geotécnica con la Ingeniería Estructural. La necesidad de esta unificación ha sido evidente por el simple hecho de que ningún edificio al momento de su diseño podría aislarse de su interacción con el suelo de fundación, existiendo aún un sin número de espectros y parámetros a resolver. En los últimos años el desarrollo de las capacidades de las computadoras, ha permitido analizar diversos tipos de estructuras, considerando su interacción con el suelo de fundación.

El efecto de la interacción suelo-estructura es muy notorio en el cálculo de edificaciones, porque influye en la determinación de los modos de vibración libre, así como en la redistribución de los esfuerzos en el edificio y cimentación, cambiando las fuerzas internas en los diferentes elementos estructurales.

I.V. OBJETIVOS:

I.V.I. OBJETIVO GENERAL:

Realizar un análisis estructural dinámico de un sistema Aporticado sin considerar la Interacción Suelo Estructura y considerando la Interacción suelo estructura, para estudiar el comportamiento estructural de un colegio ubicado en la ciudad de Trujillo – Perú, con el uso del programa SAP 2000, utilizando los conceptos de la Norma E030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones - Perú.

I.V.II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

01. Modelar y Analizar la edificación con el programa SAP 2000 y determinar los 9 primeros periodos de vibración utilizando el análisis Dinámico sin considerar la ISE y considerando la ISE (Modelo de Barkan D.D)

02.Efectuar el control de distorsiones de entrepisos para el Sismo en dirección X y Sismo en dirección Y e indicar si es necesario reforzar la estructura, utilizando el análisis Dinámico sin considerar la ISE y considerando la ISE (Modelo de Barkan D.D)

03. Determinar las fuerzas internas Máximas, indicando lo que ocurre, utilizando el análisis Dinámico sin considerar la ISE y considerando la ISE (Modelo de Barkan D.D)

04. Calcular los coeficientes de rigidez con el modelo dinámico de Barkan D.D., considerando distribución uniforme de esfuerzos.

05. Determinar el Alabeo de Losas, para demostrar si es necesario reforzar la estructura en algún nudo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO:

II.1. ESQUEMAS DE CALCULO DE EDIFICACIONES, CONSIDERANDO LA FLEXIBILIDAD DE LA BASE DE FUNDACION:

El empotramiento perfecto de las columnas con las cimentaciones, nos lleva a la necesidad de una descripción más detallada de las condiciones de fijación de los apoyos de la edificación, esto es, a una formulación correcta de las condiciones de frontera, si se habla acerca de la formulación del problema de cálculo de la edificación dentro del campo de la mecánica de cuerpo sólido.

Para aclarar las principales dificultades, que surgen en la formulación de tal problema, es necesario analizar el problema más sencillo de interacción suelo-estructura, es decir, el de péndulo invertido con masas puntuales a nivel de entrepisos.

Para ello admitimos la concepción de flexibilidad elástica de la base de fundación, llegando al siguiente esquema de fijación de la base del péndulo mostrado en la figura 2.1, donde "c" es el ancho de la cimentación.

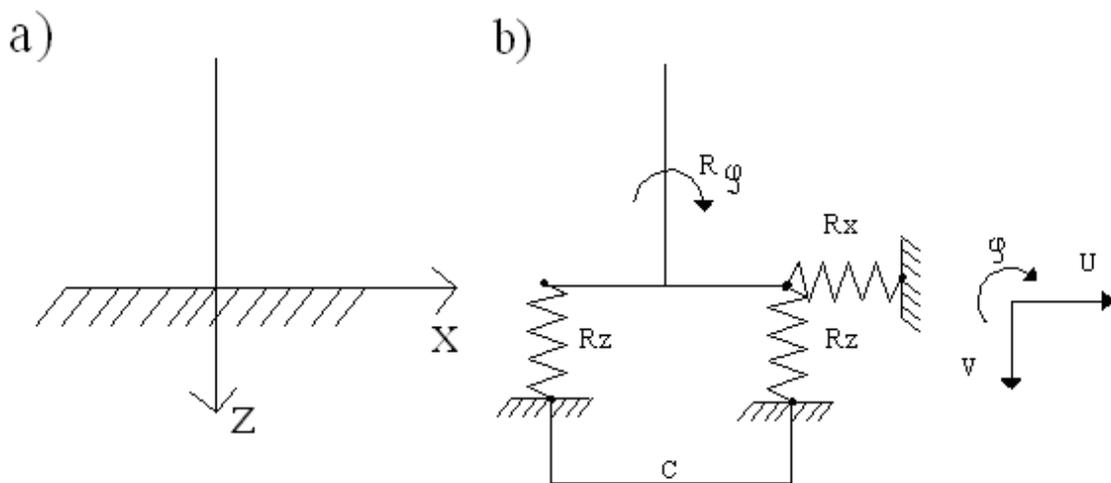


Fig. 2.1. Esquemas de cálculo de las condiciones de fijación de la estructura tipo péndulo invertido: a) Esquema tradicional, b) Esquema considerando la flexibilidad de la base de fundación

FUENTE: Interacción Suelo Estructura en Edif. Con Zapatas Aisladas Dr. Genner Villareal

Se puede observar que las conexiones elástico-flexibles, cumplen con las condiciones de un sistema geoméricamente invariable y surgen las tres fuerzas de reacción:

$$\begin{aligned} R_x &= K_x \cdot \mu \\ R_z &= K_z \cdot v \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$R_\varphi = K_\varphi \cdot \varphi$$

Donde:

K_x, K_z, K_φ - coeficientes de rigidez de las conexiones

μ, v - desplazamientos en las direcciones x, z

φ - ángulo de giro.

Como es conocido, en concordancia con la metodología reglamentada en la Norma Rusa SNIP II-7-81* [100], la siguiente etapa de cálculo consiste en la determinación de las frecuencias y períodos de vibración libre.

De acuerdo a la teoría de cálculo dinámico de un sistema con “n” grados de libertad, se resuelve a través de la solución de valores propios del siguiente sistema de ecuaciones algebraicas:

$$\begin{aligned} \left(\delta_{11} + \frac{1}{\lambda^2} \right) x_{11} + \delta_{12} x_{12} + \delta_{13} x_{13} + \dots + \delta_{1n} x_{1n} &= 0 \\ \delta_{21} x_{21} + \left(\delta_{22} + \frac{1}{\lambda^2} \right) x_{22} + \delta_{23} x_{23} + \dots + \delta_{2n} x_{2n} &= 0 \\ \delta_{31} x_{31} + \delta_{32} x_{32} + \left(\delta_{33} + \frac{1}{\lambda^2} \right) x_{33} + \dots + \delta_{3n} x_{3n} &= 0 \\ \dots & \\ \dots & \\ \delta_{n1} x_{n1} + \delta_{n2} x_{n2} + \delta_{n3} x_{n3} + \dots + \left(\delta_{nn} + \frac{1}{\lambda^2} \right) x_{nn} &= 0 \end{aligned} \quad (2.2)$$

FUENTE: Interacción Suelo Estructura en Edif. Con Zapatas Aisladas Dr. Genner Villareal

Donde:

δ_{ik} - Coeficientes del sistema de ecuaciones canónicas del método de las fuerzas, que deben de calcularse considerando la flexibilidad de la base de fundación, es decir, su desplazamiento y giro

X_{ik} - Coeficientes de amplitud de las formas libres de vibración.

Los coeficientes δ_{ik} se determinan a través de la siguiente fórmula:

$$\delta_{ik} = \delta_{ik}^0 + \frac{1}{K_x} + \frac{H_i \cdot H_k}{K_\varphi} \quad (2.3)$$

FUENTE: Interacción Suelo Estructura en Edif. Con Zapatas Aisladas Dr. Genner Villareal

δ_{ik}^0 - Coeficientes del sistema de ecuaciones canónicas, determinados a partir de la condición de inexistencia de la flexibilidad de la base de fundación

H_i, H_k - distancias hasta las masas puntuales i y k .

No es difícil observar, que lo específico de la consideración de la flexibilidad del suelo de fundación, consiste en determinar los coeficientes del sistema de ecuaciones (2.2).

Se puede demostrar, que cuando se aplica el método de desplazamientos se obtienen resultados análogos, esto es, el sistema dinámico con “n” grados de libertad es análogo al (2.2), reemplazándose los coeficientes δ_{ik} por los coeficientes r_{ik} del sistema de ecuaciones canónicas del método de desplazamientos y los coeficientes $1/\lambda^2$ se reemplazan por los coeficientes dinámicos λ^2 .

De esta manera, la consideración de la flexibilidad de la base de fundación se reemplaza por los coeficientes de rigidez K_x, K_z, K_φ .

En el esquema plano de cálculo de edificaciones ante la componente horizontal del sismo, el coeficiente de rigidez K_z influye en el resultado, debido a que en las columnas surgen las fuerzas axiales como consecuencia de la flexibilidad de la base de fundación.

Además, dicho esquema de cálculo nos permite apreciar el efecto de las vibraciones verticales de las losas, que surgen en forma inevitable, a pesar que la acción del sismo sea horizontal.

En este tipo de cálculo, lo fundamental, es la elección del esquema de cálculo de la edificación, siendo para el esquema plano el mostrado en la figura 2.2.

En la Norma Rusa SNIP II-7-81* [100], las masas de los entrepisos se aplican en los nudos, tal como se muestra en la figura 2.2,a). En tal tipo de esquema se tiene que considerar que las losas son absolutamente rígidas a la flexión.

Cuando el esquema de cálculo incluye 5 masas puntuales distribuidas con una misma distancia de separación (figura 2.2, b)), se puede observar el efecto de la flexibilidad de las losas en flexión.

Es entendible, que debido al cambio del esquema plano al espacial, el problema de flexibilidad de la base de fundación será mucho mayor y complicado.

En particular, el carácter espacial del trabajo del armazón estructural permite la posibilidad del surgimiento de vibraciones torsionales en las columnas, quedando el

esquema espacial de cálculo el mostrado en la figura 2.3, donde "0" es el centro de rigidez de la cimentación.

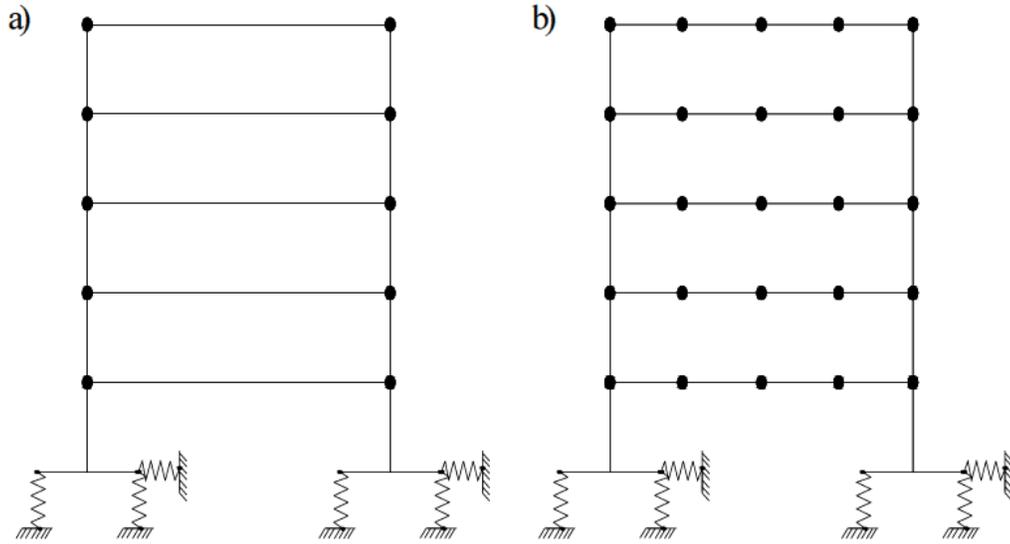


Fig. 2.2 Esquemas de cálculo dinámico para el caso de aproximación de la estructura en el plano

FUENTE: Interacción Suelo Estructura en Edif. Con Zapatas Aisladas Dr. Genner Villareal

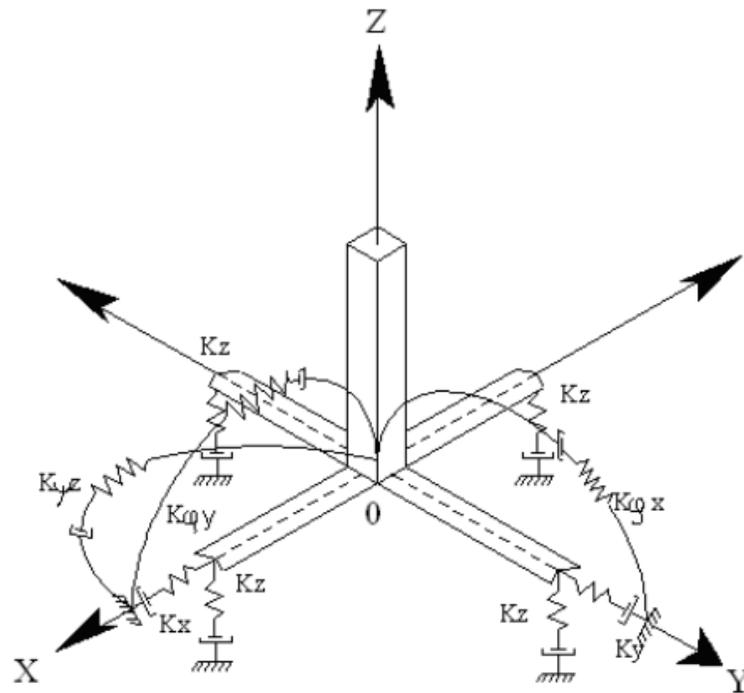


Fig. 2.3 Esquema espacial de cálculo de la cimentación tipo zapata aislada

FUENTE: Interacción Suelo Estructura en Edif. Con Zapatas Aisladas Dr. Genner Villareal

Como se indicó anteriormente, el problema principal de la consideración de la flexibilidad de la base de fundación, consiste en la determinación de los coeficientes de rigidez (figura 2.3):

K_Z - coeficiente de rigidez de compresión elástica uniforme; (kN/m)

K_X, K_Y - coeficientes de rigidez de desplazamiento elástico uniforme; (kN/m)

$K_{\phi X}, K_{\phi Y}$ - coeficientes de rigidez de compresión no uniforme; (kN.m)

$K_{\psi Z}$ - coeficiente de rigidez de desplazamiento no uniforme; (kN.m)

En la figura 2.3 se analiza la posibilidad de considerar el amortiguamiento, dado por los parámetros de amortiguación relativa $\xi_Z, \xi_X, \xi_\phi, \xi_\psi$ o por los módulos de amortiguación $\Phi_Z, \Phi_X, \Phi_\phi, \Phi_\psi$.

De esta manera, las vibraciones pueden ser descritas parcialmente por:

- vibraciones verticales;
- vibraciones horizontales;
- vibraciones horizontal-rotacionales;
- vibraciones rotacionales alrededor del eje vertical.

Dicho modelo de cálculo (figura 2.3) debe ser corregido, para el caso de la acción sísmica, bajo los siguientes principios:

- 1) La cimentación debe ser analizado como un cuerpo absolutamente rígido.
- 2) En el sistema dinámico suelo-estructura, la cimentación debe ser descrita como una masa puntual en el centro de gravedad de la zapata aislada.
- 3) En calidad de acción externa actúa el efecto sísmico. Para hacer más fácil el esquema de cálculo, puede ser descrito en forma de un vector espacial $\tilde{V}(t)$, actuante en el centro de gravedad de la zapata aislada. Como esta acción es cinemática, se da en forma de un oscilograma de aceleraciones (oscilograma).

En la práctica, mayormente se dan los datos de un componente de desplazamientos o aceleraciones en el plano horizontal. Por ello, en los cálculos sísmicos el componente externo, se da en forma de vector, actuante en el plano horizontal.

Desde un punto de vista, es necesaria la aclaración del algoritmo de solución del cálculo sísmico de edificaciones con zapatas aisladas, que es materia de investigación de la presente publicación.

Desde otro punto de vista, considerando su adaptación de los trabajos [11, 42-45, 93, 102] a la realidad nacional y el sentido práctico de aplicación en proyectos reales, la

presente investigación debe de ser de suma utilidad a los especialistas e investigadores peruanos.

II.II. MODELO DINÁMICO D. D. BARKAN – O. A. SAVINOV:

Como resultado de muchas investigaciones experimentales para determinar los coeficientes de rigidez de las cimentaciones, el científico ruso D.D. Barkan en el año 1948 propuso utilizar las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} K_z &= C_z \cdot A \\ K_x &= C_x \cdot A \\ K_\varphi &= C_\varphi \cdot I \end{aligned} \quad (2.4)$$

Donde:

C_z, C_φ - coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme;

C_x - coeficiente de desplazamiento elástico uniforme;

A - área de la base de la cimentación;

I - momento de inercia de la base de la cimentación respecto al eje principal, perpendicular al plano de vibración.

Por cuanto los coeficientes C_z, C_x, C_φ dependen no solo de las propiedades elásticas del suelo, sino de otros factores, es necesario analizarlos como ciertas características generalizadas de la base de fundación.

Con el propósito de obtener las fórmulas de cálculo para los coeficientes C_z, C_x, C_φ analizamos dos modelos: modelo del semiespacio elástico isotrópico con poco peso y el modelo M.M. Filonenko - Borodich.

Como resultado de la investigación se obtuvieron las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} C_z &= \chi_z \cdot \frac{E}{1 - \mu^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{A}} \\ C_x &= \chi_x \cdot \frac{E}{(1 + \chi_x \mu)(1 + \mu)} \cdot \frac{1}{\sqrt{A}} \\ C_\varphi &= \chi_\varphi \cdot \frac{E}{1 - \mu^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{A}} \end{aligned} \quad (2.5)$$

FUENTE: Interacción Suelo Estructura en Edif. Con Zapatas Aisladas Dr. Genner Villareal

Donde:

$\chi_z, \chi_x, \chi_\phi$ - coeficientes, dependientes de la relación de las dimensiones de la base de la cimentación

μ - coeficiente de Poisson.

Los experimentos realizados por diversos investigadores, nos mostraron, que las fórmulas (2.5) nos llevan a ciertos errores, aunque estas dependencias en sentido general son cercanas a la realidad.

Las principales deficiencias de este modelo, consiste en que no describe la dependencia entre los coeficientes C_z, C_x, C_ϕ con las dimensiones de la base de la cimentación, y lo que es mucho más importante, no considera las propiedades inerciales de los suelos.

Las siguientes precisiones de tal modelo se realizaron en base a las investigaciones teóricas, efectuadas por el científico O.A. Shejter para el problema de vibraciones forzadas de un cuño circular muy pesado, apoyado sobre un semiespacio elástico isotrópico pesado [118]. Aunque la concepción de masa “adherida” del suelo, introducida por O.A. Shejter, no tuvo una repercusión directa, las investigaciones teóricas y experimentales permitieron identificar la dependencia de los coeficientes C_z, C_x, C_ϕ con la presión estática ρ , que transmite la cimentación a la base.

La forma final para determinar los coeficientes de compresión y desplazamiento de la base en el modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov es:

$$\begin{aligned} C_z &= C_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta \cdot A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \\ C_x &= D_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta \cdot A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \\ C_\phi &= C_0 \left[1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta \cdot A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \end{aligned} \quad (2.6)$$

FUENTE: Interacción Suelo Estructura en Edif. Con Zapatas Aisladas Dr. Genner Villareal

Donde:

C_0, D_0 - coeficientes determinados a través de experimentos realizados para $\rho = \rho_0$

a, b - dimensiones de la cimentación en el plano

Δ - coeficiente empírico, asumido para cálculos prácticos igual a $\Delta=1\text{m}^{-1}$

Para el coeficiente D_0 , como se mostraron en los experimentos, se puede utilizar la dependencia empírica:

$$D_0 = \frac{1-\mu}{1-0,5\mu} \cdot C_0 \quad (2.7)$$

Para cálculos prácticos se recomienda utilizar las siguientes fórmulas:

$$C_0 = 1,7 \cdot \frac{E_0}{1-\mu^2} \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{kg}{cm^3} \right) \quad (2.8)$$

$$D_0 = 1,7 \cdot \frac{E_0}{(1+\mu)(1-0,5\mu)} \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{kg}{cm^3} \right)$$

FUENTE: Interacción Suelo Estructura en Edif. Con Zapatas Aisladas Dr. Genner Villareal

Donde:

E_0 - módulo de elasticidad, calculado experimentalmente para presión estática del suelo de 0,1 - 0,2 kg/cm².

También se pueden usar los valores del coeficiente C_0 cuando $\rho_0 = 0,2 \text{ kg / cm}^2$, elegidos de acuerdo al tipo de suelo de la base de fundación, a través de la tabla 2.1.

Tabla 2.1

Tipo de perfil	Característica de la base de fundación	Suelo	$C_0(kg/cm^3)$
S1	Roca o suelos muy rígidos	Arcilla y arena arcillosa dura ($I_L < 0$)	3,0
		Arena compacta ($I_L < 0$)	2,2
		Cascajo, grava, canto rodado, arena densa	2,6
S2	Suelos intermedios	Arcilla y arena arcillosa plástica ($0,25 < I_L \leq 0,5$)	2,0
		Arena plástica ($0 < I_L \leq 0,5$)	1,6
		Arena polvorosa medio densa y densa ($e \leq 0,80$)	1,4
		Arenas de grano fino, mediano y grueso, independientes de su densidad y humedad	1,8
S3	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad ($0,5 < I_L \leq 0,75$)	0,8
		Arena plástica ($0,5 < I_L \leq 1$)	1,0
		Arenas polvorosa, saturada, porosa ($e > 0,80$)	1,2
		Arcilla y arena arcillosa muy blanda	0,6

FUENTE: Interacción Suelo Estructura en Edif. Con Zapatas Aisladas Dr. Genner Villareal

Se puede indicar que el modelo dinámico analizado D.D. Barkan - O.A. Savinov es teórico-experimental, basado en la interacción de la cimentación con la base de fundación en forma de proceso establecido de vibraciones forzadas.

Esta suposición permitió diversas críticas fundamentadas científicamente, tratándose de su aplicación del determinado modelo en el cálculo sísmico de edificaciones considerando la interacción suelo-estructura. Esto es mucho más claro, porque es conocido que el sistema suelo-estructura ante sismos se analiza como un proceso ondulatorio no estacionario.

CAPÍTULO III. MARCO PRÁCTICO:

III.I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Se tiene una edificación de concreto armado de 3 Pisos, destinada para una institución educativa, Ubicada en la Ciudad de Trujillo – La Libertad - Perú, de tipo Aporticado con zapatas aisladas y separación de entrepisos de 4 metros.

Especificaciones del Suelo:

Tipo de Suelo S1 : Muy Rígido

Coefficiente de Poisson del Suelo : $\mu_s = 0.35$

Especificaciones del Concreto:

Resistencia a la Compresión del concreto : $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 = 2100 \text{ Tn/m}^2$

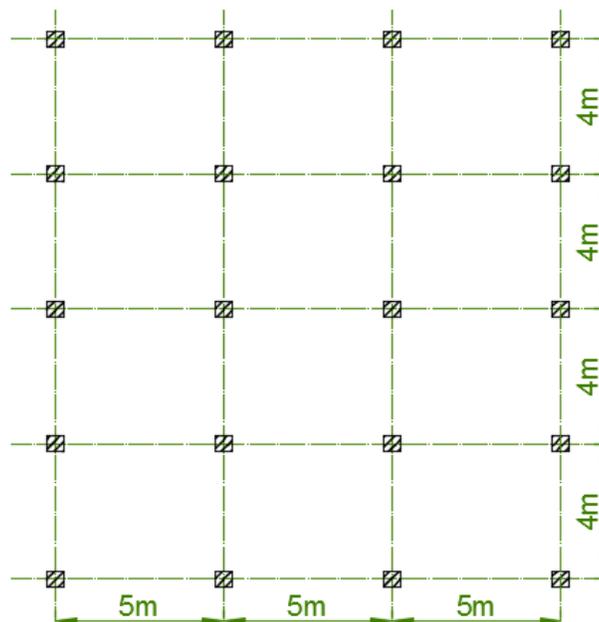
Coefficiente de Poisson del Concreto : $\mu_c = 0.2$

Módulo de Elasticidad del Concreto : $E_c = 15000 \times \sqrt{f'_c} = 2173706 \text{ Tn/m}^2$

Las secciones de las columnas, vigas y losas se determinaran en el predimensionamiento al igual que las zapatas que nos servirán solo para el análisis Dinámico con Interacción Suelo - Estructura.

Profundidad de desplante (Contacto Con Zapatas) : 1 m

A continuación se Muestra el esquema de la estructura a analizar:



III.II. ESTRUCTURACIÓN:

Debido a que mientras más compleja es la estructura, más difícil resulta predecir su comportamiento sísmico, es recomendable que la estructura sea lo más simple y sencilla posible, de manera que la idealización necesaria para su análisis sísmico sea lo más real posible. También debe evitarse que los elementos no estructurales distorsionen la distribución de fuerzas consideradas, pues generan fuerzas en elementos que no fueron diseñados para esas condiciones.

Por ello es recomendable seguir los siguientes criterios para la estructuración del edificio:

➤ **Simplicidad y simetría:**

La estructura debe ser lo más simple posible, porque la experiencia ha demostrado repetidamente que las estructuras simples se comportan mejor durante los sismos, además la simetría en las dos direcciones de la estructura es recomendable para evitar los efectos torsionales que son difíciles de evaluar y pueden ser muy destructivos.

➤ **Resistencia y ductilidad:**

Las estructuras deben tener resistencia sísmica adecuada en todas las direcciones, es decir se debe asegurar que existan por lo menos dos direcciones ortogonales donde la resistencia sísmica garantice la estabilidad de la estructura.

➤ **Hiperestaticidad y monolitismo:**

Toda estructura debe tener una disposición hiperestática de tal manera que pueda lograr una mayor capacidad resistente al permitir que al formarse las rótulas plásticas disipe mejor la energía sísmica.

➤ **Uniformidad y continuidad de la estructura:**

La estructura debe ser continua tanto en planta como en elevación con elementos que no cambien bruscamente de rigidez, de manera que pueda evitar concentraciones de esfuerzos.

➤ **Rigidez lateral:**

Las estructuras deben ser provistas de la suficiente cantidad de elementos estructurales que aporten rigidez lateral en sus direcciones principales, para ser capaces de resistir fuerzas horizontales sin tener deformaciones importantes.

➤ **Existencia de diafragma rígido:**

Se debe considerar como hipótesis la existencia de una losa rígida en el plano de la estructura, que permita la idealización de esta como una unidad donde las fuerzas horizontales puedan distribuirse en los elementos verticales (placas y columnas) de acuerdo a su rigidez lateral.

➤ **Elementos no estructurales:**

En todas las estructuras existen elementos no estructurales tales como tabiques, parapetos, etc., ocasionando sobre la estructura efectos positivos y negativos siendo los más importantes.

El principal efecto positivo es el que colaboran aun mayor amortiguamiento dinámico, pues al agrietarse contribuyen a la disipación de energía sísmica aliviando de esta manera a los elementos resistentes.

Lo negativo es que al tomar esfuerzos no previstos en el cálculo distorsionan la distribución supuesta de esfuerzos.

Otro aspecto desfavorable se da que al tener una cantidad de tabiques estos pudiesen alterar y modificar el centro de rigidez de la estructura y con ello ocasionar efectos torsionales muy desfavorables.

➤ **Sub-estructura o cimentación:**

La regla básica respecto a la resistencia sísmica de la sub-estructura es que se debe tener una acción integral de la misma durante el sismo.

III.III. NORMATIVIDAD:

En todo el proceso de análisis y diseño se utilizarán las normas comprendidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.):

- Metrado de cargas Norma E.020 (RNE – Perú)
- Diseño Sismorresistente Norma E.030 (Anexo Proyecto)
- Concreto Armado Norma E.060 (RNE - Perú)

III.IV. PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

El pre-dimensionamiento consiste en dar dimensiones tentativas a los elementos según recomendaciones basadas en la práctica ingenieril, la **Norma E-060 “CONCRETO ARMADO” del Reglamento Nacional de Edificaciones** o limitaciones arquitectónicas, con cargo a verificarlos al momento del diseño final.

III.IV.I. PREDIMENSIONAMIENTO DE LA LOSA:

Se utilizara Losa Aligerada ya que para Cargas Verticales (Flexible) y para **Sismos (Diafragma Rígido)**.

LOSA ALIGERADA:

*Para los aligerados armados en una dirección y con sobrecargas de hasta **350 kg/m²** se pueden emplear los siguientes peraltes Según el Reglamento nacional de Edificaciones:*

H = 17 cm. Para luces menores de 4m.

H = 20 cm. Para luces comprendidas entre 4 y 5 m.*

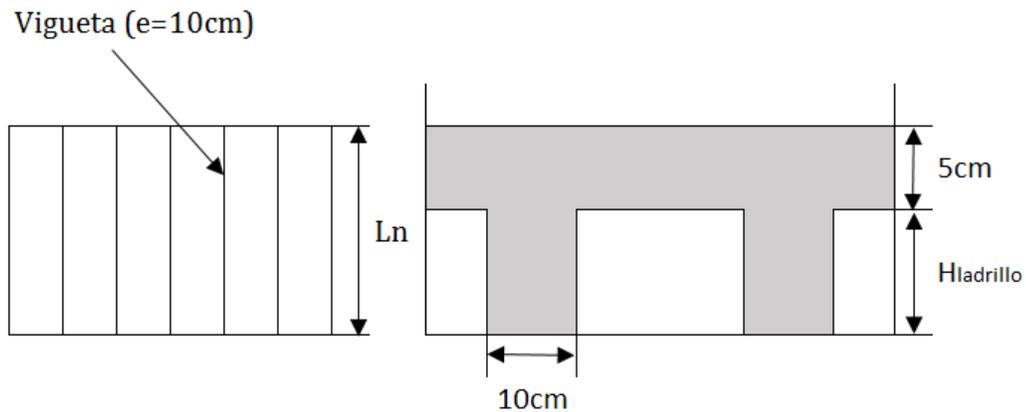
H = 25 cm. Para luces comprendidas entre 5 y 6m.

H = 30 cm. Para luces comprendidas entre 6 y 7.5 m.

Donde:

“H” es el peralte total de la losa aligerada incluyendo los 5cm. De losa superior. Estos valores no son exactos y podrían abarcar hasta 5.5 m. para el H = 20 cm., y hasta 6.5 para el H = 25 cm.

El peralte de las losas aligeradas podrá ser dimensionado considerando el siguiente criterio (RNE):



Elaboración Propia

De acuerdo a la siguiente tabla;

Ln	H	Hladrillo
4m	17 cm	12 cm
5m	20 cm	15 cm
6m	25 cm	20 cm
7m	30 cm	25 cm

$$H = Ln/25$$

Donde:

H = Peralte

Ln = Longitud del lado Mayor

Para nuestra estructura:

$$H = 5/25 = 0.20m$$

Por consiguiente el espesor de la Losa Aligerada será de 20 cm .

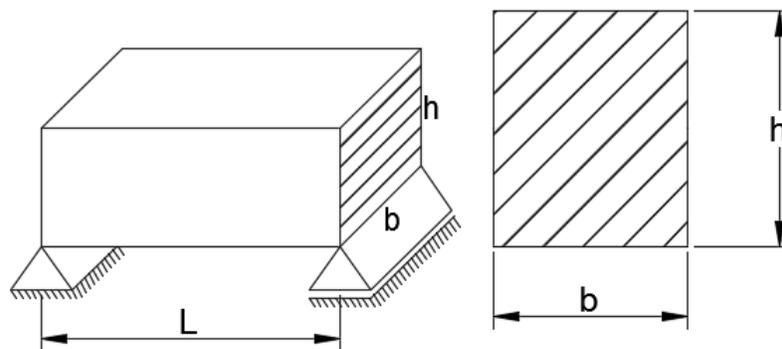
Si consideramos la observación anterior la losa cumple con el espesor de 20 cm.....* (Por cada nivel).

III.IV.II. PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS VIGAS:

Para de pre-dimensionamiento de las vigas se empleó el criterio que recomienda que, el peralte deba ser del orden de 1/10 a 1/12 de la luz libre, mientras que el ancho del orden de 3/10 a 1/2 del peralte de la viga.

*La Norma Peruana recomienda que las vigas que formen parte de pórticos o elementos sismo resistente no deberán tener un ancho menor a 25cm **.* Tomando como base lo anterior, se pre-dimensionaron las vigas en base a la luz más desfavorable.

Para Vigas entonces será dimensionado considerando el siguiente criterio (RNE):



Elaboración Propia

$$\text{Peralte}=h \quad h = \left(\frac{1}{10}\right)L$$

$$\text{Base}=b \quad b = \left(\frac{1}{2}\right)h$$

Entonces para el diseño de Estructuras sísmica se calcula en dirección x , y en dirección Y.

Vigas en Dirección X: (Transversales al eje horizontal del plano)

Con Longitud igual a 5 metros.

$$\text{Peralte}=h \quad h_{Transv} = \left(\frac{5m}{10}\right) = 0.50 \text{ m}$$

$$\text{Base}=b \quad b_{Transv} = \left(\frac{0.50m}{2}\right) = 0.25 \text{ m}$$

Vigas en Dirección Y: (Longitudinales al eje vertical del plano)

Con Longitud igual a 4 metros.

$$\text{Peralte}=h \qquad h_{Long} = \left(\frac{4m}{10}\right) = 0.40 \text{ m}$$

$$\text{Base}=b \qquad b_{Long} = \left(\frac{0.40m}{2}\right) = 0.25 \text{ m} \quad **$$

** Por norma peruana donde *se recomienda que las vigas que formen parte de pórticos o elementos sismo resistente no deberán tener un ancho menor a 25cm.*

La base será de 0.25 cm.

III.IV.III. PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS COLUMNAS:

Las formas y dimensiones de las columnas deben satisfacer dos condiciones estructurales importantes:

- Resistir cargas de gravedad.
- Resistir fuerzas sísmicas laterales.

Para ambas condiciones se tomaran en cuenta las recomendaciones dadas por Antonio Blasco Blanco (1991). Sin embargo, la segunda condición será complementada con alternativas de pre-dimensionamiento que permitan obtener suficiente rigidez lateral de las columnas en ambas direcciones.

Si una columna soporta mucho momento, se buscara que tenga un mayor peralte. Si tuviera mucha carga y poco momento, interesara buscar una sección suficiente y no interesara el peralte.

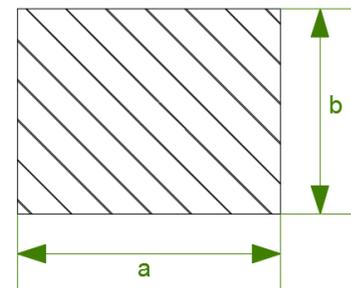
Para el siguiente proyecto se tomará en cuenta las secciones de columna igual ah:

Tomando en cuenta el siguiente criterio que se encuentra en el Reglamento Nacional de Edificaciones dice que:

Tomando en cuenta una columna rectangular, ya que estructura es más corta a un lado de la estructura que otro, se puede dimensionar de la siguiente manera, h el peralte máximo de la viga de la estructura:

$$a = (0.9)h \qquad a = (0.9)0.5m \qquad a = 0.45m$$

$$b = (0.8)h \qquad b = (0.8)0.5m \qquad b = 0.40m$$



la
al
es

Para que se dimensione con el criterio anterior antes debe cumplir con:

$$b \geq 30 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{Cumple}$$

$$\left(\frac{b}{a}\right) \geq 0.30 \quad \left(\frac{0.45}{0.40}\right) = 0.89 \geq 0.30 \dots\dots\dots \text{Cumple}$$

$$A \geq 900 \text{ cm}^2 \quad 1800 \text{ cm}^2 \geq 900 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots \text{Cumple}$$

Y no menos importante se debe considerar que se cumpla con lo siguiente:

$$K_{\text{Columna}} \geq K_{\text{Viga}}$$

Donde:

K = Rigidez

Esto se hace para evitar la rápida aparición de Rótulas Plásticas.

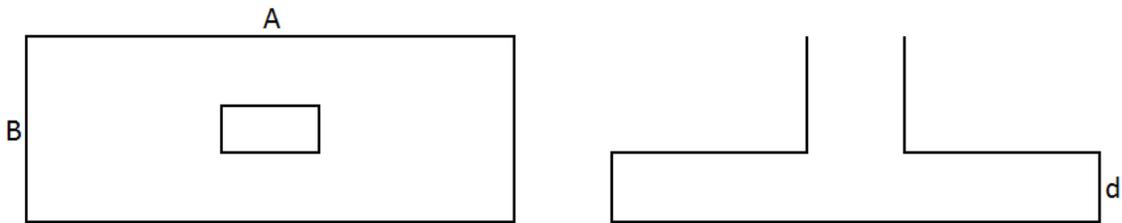
Tomando en cuenta estos criterios las secciones de la columna serán de:

$$a = (0.9)0.5 \text{ cm} = 0.45 \text{ cm}$$

$$b = (0.8)0.5 \text{ cm} = 0.40 \text{ cm}$$

III.IV.IV. PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS ZAPATAS:

Para determinar la sección de las zapatas se toma en cuenta el siguiente criterio:



$$Q_a = \frac{P}{A \times B}$$

Donde:

Q_a = Capacidad Portante del suelo para un suelo rígido se tomará: $4.5 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$

A,B = Dimensiones de las Zapatas

P = Carga de Servicio

$$A \times B = \frac{122.4}{45} \quad A \times B = 2.72 \text{ m}^2$$

A= 1.7, B= 1.6

Para determinar el peralte efectivo de la zapata se realizará el criterio por punzonamiento los valores de a= 0.45 y b= 0.40, secciones de la columna.

$$v_u = \frac{q_u (AB - A_0)}{\phi b_o d}$$

$$A_0 = (a + d)(b + d)$$

$$b_o = 2 \cdot (a + b + 2d)$$

$$122.4 = \frac{45 \times ((1.7 \times 1.6) - ((0.45 + d) \times (0.40 + d)))}{0.75 \times (2 \times (0.45 + 0.40 + 2d)) \times d}$$

Despejando el valor de d más el recubrimiento d= 0.6 m

Entonces la zapata tendrá las dimensiones de 1.7 m x 1.6 m x 0.6 m, esto solo se utilizará para el análisis dinámico con Interacción Suelo – Estructura explicado más adelante.

III.V. CARGA DE DISEÑO:

Las cargas de gravedad cumplen con la norma E.020. Para el caso de la Carga Viva, está conformada por el peso de los usuarios del edificio y del mobiliario. Su magnitud está en función del uso de la edificación y del tipo de ambiente.

En el análisis se considera la alternancia de carga viva, ya que su magnitud es importante comparada con la carga muerta, como si lo es en estadios, auditorios, etc.

La carga muerta corresponde básicamente al peso propio del concreto, piso terminado y tabiquería.

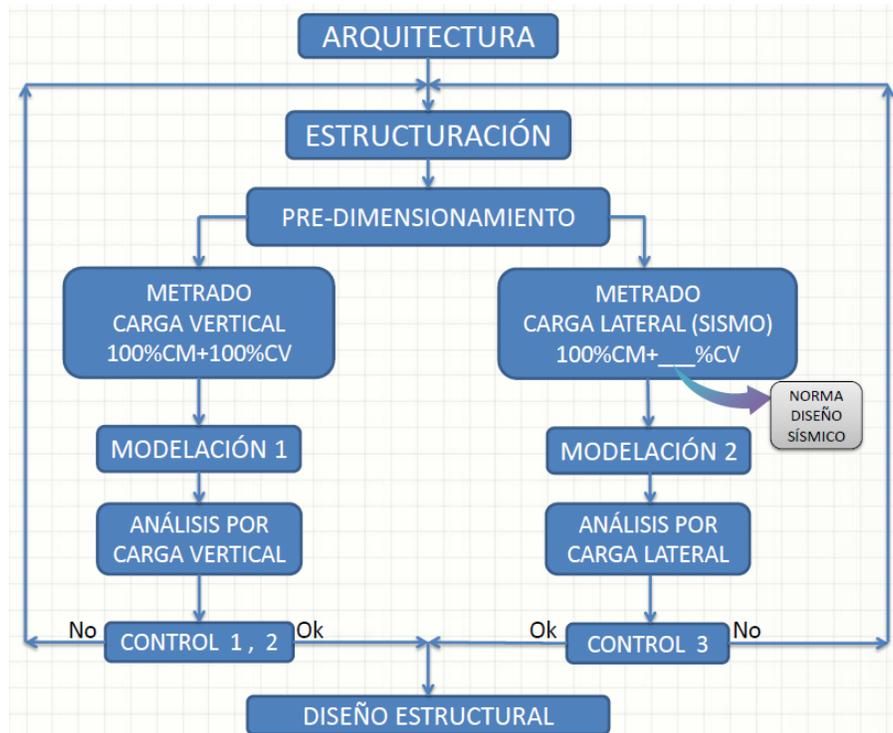
Las cargas dinámicas son producto de la aceleración que le imprime el movimiento sísmico a la masa del edificio.

A diferencia de las cargas de gravedad, este tipo de sollicitaciones se representan como horizontales y se rigen por la norma E.030.

El Análisis Sísmico dinámico solo se calcula con las cargas sísmicas, más no las cargas verticales o gravitacionales.

III.V.I. METRADO DE CARGAS:

Para el metrado de cargas se sigue el siguiente esquema de cálculo:



Fuente: Dr. Genner Villareal Castro. Ingeniería Sísmica

Al ser el proyecto un Análisis Sísmico Dinámico se trabajará solo con el metrado de carga lateral, entonces para el % que se multiplicara a la carga viva en el metrado lateral (Sísmico), se utilizará el artículo 4.3 Estimación para el Peso Sísmico Lateral que dice:

4.3 Estimación del Peso (P)

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

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

Fuente: Norma E.030 "Diseño Sismorresistente"

Para definir que categoría es el edificio vamos al artículo 3.7.1 Categoría de Edificación e Irregularidad.

Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: Norma E.030 "Diseño Sismorresistente"

Por consiguiente:

Carga de Sismo = 100% Carga Muerta + 50% Carga Viva

III.V.I.I. CARGA MUERTA:

La carga muerta se determinara utilizando la siguiente fórmula:

$$P_{CM} = \gamma_{Mat} \times V_{Elem}$$

Donde:

P_{CM} = Peso por carga muerta

γ_{Mat} = Peso específico = $\gamma_C = 2400 \text{ Kg/m}^3$

V_{Elem} = Volumen del elemento Estructural

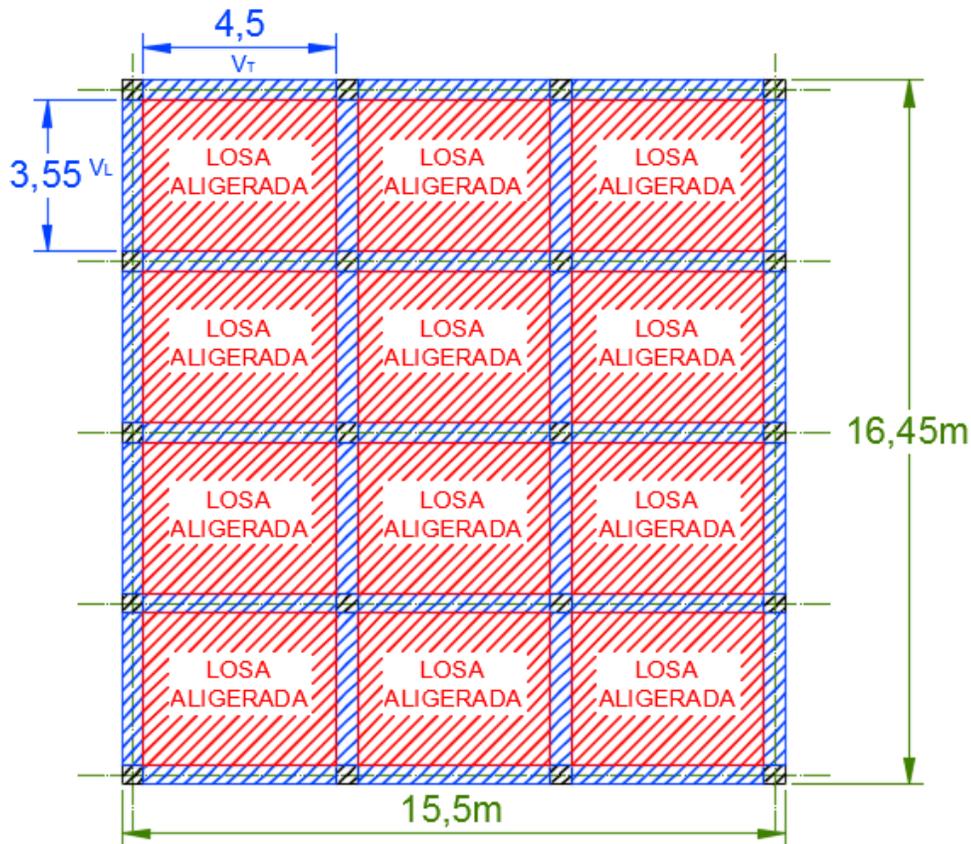
Según Norma E.020 para losa aligerada cumple lo siguiente:

$e_{LOSA} = 17 \text{ cm}$ $W_{20} = 300 \text{ Kg/m}^2$ $W_{20} = 0.30 \text{ Tn/m}^2$

III.V.I.II. CARGA VIVA:

Sobrecargas (CV)	
Ocupación o Uso	Sobrecarga (kg/m ²)
Viviendas	200
Techos Azotea	100
Institución Educativa (aulas)	250

Fuente: Norma E.020 Cargas, 1era Edición, 2006.



Para efectos de cálculo se realizó el esquema anterior para así facilitar el cálculo de las cargas Sísmicas, ya que gracias al esquema se puede determinar las áreas de cada elemento estructural, el área de color azul son las vigas, el área de color negro son las columnas y el área de color rojo son las losas aligeradas, con sus respectivas longitudes.

III.VI. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS SÍSMICAS:

PISO 3:

CARGA MUERTA:

LOSA ALIGERADA (e=20cm)	$W_{Losa} \times \text{Area} \times \text{Cantidad}$	
	$0.30 \text{ Tn/m}^2 \times 3.55\text{m} \times 4.5\text{m} \times 12$	=57.51 Tn
COLUMNAS (0.45x 0.40)	$\gamma_{Col} \times \text{Volumen}_{Col}$	
	$2.4 \text{ Tn/m}^3 \times 0.45\text{m} \times 0.40\text{m} \times 4\text{m} \times 20$	=34.56 Tn
VIGAS X TRANSV (0.25X0.50)	$\gamma_{Vx} \times \text{Volumen}_{Vx}$	
	$2.4 \text{ Tn/m}^3 \times 0.25\text{m} \times 0.50\text{m} \times 4.5\text{m} \times 15$	=20.25 Tn

VIGAS Y LONG (0.25X0.40)	$\gamma_{VY} \times \text{Volumen}_{VY}$	
	$2.4 \text{Tn/m}^3 \times 0.25 \text{m} \times 0.40 \text{m} \times 3.55 \text{m} \times 16$	$= 13.63 \text{ Tn}$

		125.96 Tn

CARGA VIVA:

TECHO	$W_{Techo} \times \text{Area}$	
	$0.1 \text{Tn/m}^2 \times 15.5 \text{m} \times 16.45 \text{m}$	$= 25.50 \text{ Tn}$
	$P_{Piso3} = 125.96 \text{ Tn} + 25.50 \text{ Tn}$	$= 151.45 \text{Tn}$

PESO SÍSMICO - PISO 3:

$Peso_{Piso3}^{Sismo} = 125.26 \text{ Tn} + ((0.1 \text{Tn/m}^2 \times 15.50 \text{m} \times 16.45 \text{m}) \times 50\%)$ (por lo explicado anteriormente)

$Peso_{Piso3}^{Sismo} = 138.01 \text{ Tn}$

PISO 1 y 2:

CARGA MUERTA:

LOSA ALIGERADA (e=20cm)	$W_{Losa} \times \text{Area} \times \text{Cantidad}$	
	$0.30 \text{ Tn/m}^2 \times 3.55 \text{m} \times 4.5 \text{m} \times 12$	$= 57.51 \text{ Tn}$

COLUMNAS (0.45x 0.40)	$\gamma_{Col} \times \text{Volumen}_{Col}$	
	$2.4 \text{ Tn/m}^3 \times 0.45 \text{m} \times 0.40 \text{m} \times 4 \text{m} \times 20$	$= 34.56 \text{ Tn}$

VIGAS X TRANSV (0.25X0.50)	$\gamma_{VX} \times \text{Volumen}_{VX}$	
	$2.4 \text{ Tn/m}^3 \times 0.25 \text{m} \times 0.50 \text{m} \times 4.5 \text{m} \times 15$	$= 20.25 \text{ Tn}$

VIGAS Y LONG (0.25X0.40)	$\gamma_{VY} \times \text{Volumen}_{VY}$	
	$2.4 \text{ Tn/m}^3 \times 0.25 \text{m} \times 0.40 \text{m} \times 3.55 \text{m} \times 16$	$= 13.63 \text{ Tn}$

		125.95 Tn

CARGA VIVA:

TECHO	$W_{Techo} \times \text{Area}$	
	$0.25 \text{ Tn/m}^2 \times 15.5 \text{m} \times 16.45 \text{m}$	$= 63.74 \text{ Tn}$
	$P_{Piso 1y2} = 125.95 \text{ Tn} + 63.76 \text{ Tn}$	$= 189.70 \text{Tn}$

PESO SÍSMICO – PISOS 1 Y 2:

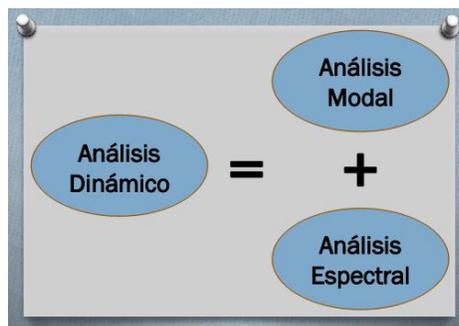
$Peso_{Pisos\ 1\ y\ 2}^{Sismo} = 125.95\ Tn + ((0.25\ Tn/m^2 \times 15.5m \times 16.45m) \times 50\%)$ (por lo explicado anteriormente)

$$Peso_{Pisos\ 1\ y\ 2}^{Sismo} = 157.82\ Tn$$

III.VII. ANÁLISIS DINÁMICO SIN CONSIDERAR LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA:

El análisis dinámico incluye un generador de movimiento las que son las masas y en el centro de masas son 3, 2 de traslación y 1 de Rotación, son 3 porque los grados de libertad del centro de masa también son 3, Desplazamiento x, Desplazamiento y i Rotación z.

El análisis sísmico Dinámico se determina de la siguiente manera:



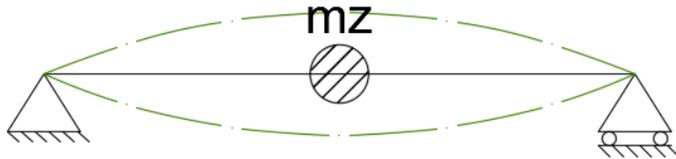
El Análisis Sísmico Dinámico estará formado por la suma del Análisis Modal (T_{V1B} - Período de vibración) y el ($\%_{Masa\ Part}$ - Porcentaje de Masa Participativa) más el Análisis Espectral (Δ_{Lat} - Desplazamiento Lateral) y (N, V, M- fuerzas internas de diseño).

Y el análisis Espectral viene dado como el Espectro de Respuesta, para eso se debe determinar la Aceleración Espectral y estará dada por el factor de Amplificación Sísmica o también llamado Espectro de Suelo y se determina también siguiendo la Norma Peruana (Reglamento Nacional de Estructuras) E. 030.

Para iniciar la Norma indica que primero debemos de entender que tipo de forma de combinación vamos a hacer, según norma la combinación que nos recomienda hacer es la combinación cuadrática completa

III.VII.I. ANÁLISIS MODAL:

Estudio de las vibraciones libres de la estructura (Interacción entre la masa generadora del movimiento y la rigidez de la estructura) y la Masa participativa y se determina siguiendo la Norma Peruana (Reglamento Nacional de Estructuras) E. 030.

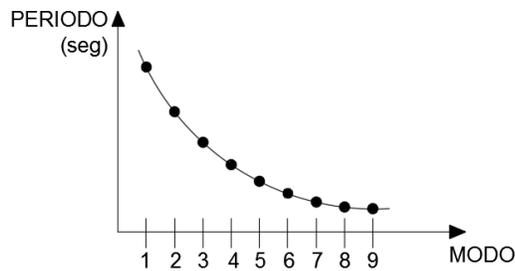


Vibración libre:

Solo hay una Masa y Rigidez, no existe excitación externa.

a. PERIODO DE VIBRACIÓN:

Se genera un periodo de vibración, que es el tiempo necesario para realizar un ciclo de movimiento.



Elaboración Propia – Fuente Ing. Genner Villareal C

Aproximadamente el periodo cumple: $T_1 = 0.1 \times (N_{\text{pisos}})$ (seg.)

• Modos o formas de vibración libre (mínimo N° de modos >90% masa participativa)

N° pisos	N° mínimo de modos	1° periodo
<5	3	< 0.5 seg
6 – 10	5	0.6 – 1
11 – 15	8	1.1 – 1.5
>= 16	10	>= 1.6

Fuente: Dr. Genner Villareal Castro. Ingeniería Sísmica

b. MODO DE VIBRACIÓN:

Es la Forma de Vibración libre de la Estructura.

Por norma E.030 "Diseño Sismorresistente" nos sugiere considerar:

- Mínimo 3 modos.
- También por Norma me indica que debo analizar 3 modos de vibración por piso.

Las masas que se van a generar en el movimiento se aplicaran en el centro de Masas, generando:

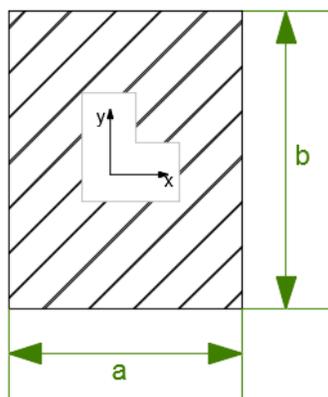
Grados de libertad: U_x Desplazamiento en x, U_y Desplazamiento en y, R_z Rotación en z.

Restricciones: U_z , Desplazamiento en z, R_x Rotación en x, R_y Rotación en y.

Cálculo de Masas Traslacional y Rotacional.

III.VII.II. DETERMINACIÓN DE MASAS A NIVEL DE ENTREPISOS:

En una Estructura Regular se determina de la siguiente manera:



$$M_T = M_X = M_Y = \left(\frac{P_{Piso}}{g} \right) \text{ (Tn.s}^2\text{/m)}$$

$$M_{RZ} = \frac{M_T \cdot (a^2 + b^2)}{12} \text{ (Tn.s}^2\text{/m)}$$

Donde:

M_T = Masa Traslacional en x o y

M_{RZ} = Masa Rotacional en z

III.VII.III. ANALISIS ESPECTRAL:

Se determina por una Plataforma o Espectro de Respuesta para ello se calcula la aceleración espectral.

- Aceleración Espectral (S_a):

Se efectuó un análisis por superposición espectral, representando las sollicitaciones sísmicas por el espectro de diseño del código peruano (espectro inelástico de pseudo - aceleraciones), la respuesta de los diferentes modos se combinó usando el criterio de combinación cuadrática completa.

El Espectro de diseño está definido por la siguiente ecuación:

$$S_a = \left(\frac{Z_{UCS}}{R} \right) g = \left(\frac{Z_{UGS}}{R} \right) C = S_a = (F \cdot E) C$$

$F.E. = \left(\frac{Z U g S}{R} \right)$ Para el Análisis en el SAP se necesita este valor.

Los parámetros a emplear serán los siguientes:

4.6.2 Aceleración Espectral

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

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

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales.

Fuente: Norma Técnica E.030 "DISEÑO SISMORESISTENTE"

- Factor de Zona (Z): (Depende de la ubicación geográfica del edificio)

Para la determinación del factor de zona, la norma E.030 “Diseño Sismorresistente” hace una zonificación.

CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO

2.1 Zonificación

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. El Anexo N° 1 contiene el listado de las provincias y distritos que corresponden a cada zona.



Fuente: Norma Técnica E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”

FIGURA N° 1

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

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

Por consiguiente el valor de $Z=0.45$

Fuente: Norma Técnica E.030 "DISEÑO SISMORESISTENTE"

- Factor de Uso (U): (La categoría del edificio)

CAPÍTULO 3 CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES

3.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 5. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N° 5 se usará según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar $U = 1$.

Fuente: Norma Técnica E.030 "DISEÑO SISMORESISTENTE"

El factor “U” se determina de la siguiente tabla:

La tabla N° 05, extraída de la Norma E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”, nos da el Factor U para cada Categoría de Edificación

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	<p>A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. <p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</p> <p>Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</p> <p>Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</p>	1,5

Por consiguiente el valor de U=1.5

Fuente: Norma Técnica E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”

- Factor de Amplificación Sísmica (C): es el factor de amplificación estructural respecto de la aceleración en el suelo, depende del periodo fundamental de la estructura. Está dado por las siguientes expresiones:

2.5 Factor de Amplificación Sísmica (C)

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

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

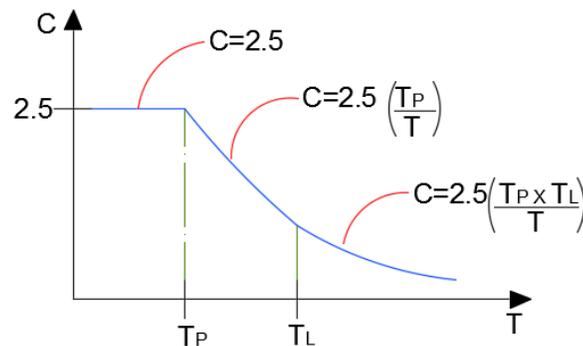
$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

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

T es el período de acuerdo al numeral 4.5.4, concordado con el numeral 4.6.1.

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

Fuente: Norma Técnica E.030 "DISEÑO SISMORESISTENTE"



Elaboración Propia

Sabiendo los valores de T_P (Período Límite de la Meseta) y T_L (Período de Inicio de la Sedencia) descritos más adelante en la **Tabla Nº 04 Periodos "T_P" Y "T_L"**, se puede simplificar el espectro a unas fórmulas más sencillas.

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

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{0.4}{T}\right) \quad C = \left(\frac{1}{T}\right)$$

$$T < T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{0.4 \times 2.5}{T^2} \right) \quad C = \left(\frac{2.5}{T^2} \right)$$

A continuación se especificará en la siguiente tabla los valores determinados gracias a los cálculos que se realizaron para determinar el espectro del Sismo, con un amortiguamiento de 5% que se utiliza para colocar en el SAP 2000.

SUELO ROCA O MUY RÍGIDO							
T	C	T	C	T	C	T	C
0,0	2,50	1,3	0,77	2,3	0,43	4,5	0,12
0,4	2,50	1,4	0,71	2,4	0,42	5,0	0,10
0,5	2,00	1,5	0,67	2,5	0,40	5,5	0,08
0,6	1,67	1,6	0,63	2,6	0,37	6,0	0,07
0,7	1,43	1,7	0,59	2,7	0,34	6,5	0,06
0,8	1,25	1,8	0,56	2,8	0,32	7,0	0,05
0,9	1,11	1,9	0,53	2,9	0,30	8,0	0,04
1,0	1,00	2,0	0,50	3,0	0,28	-	-
1,1	0,91	2,1	0,48	3,5	0,20	-	-
1,2	0,83	2,2	0,45	4,0	0,16	-	-

Este espectro se ingresará al programa SAP 2000

- Parámetro de Suelo (S): (Tipo de suelo) Es de Tipo S₁ según dato del proyecto.

b. Perfil Tipo S₁: Roca o Suelos Muy Rígidos

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte \bar{v}_S , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada qu mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con \bar{N}_{60} mayor que 50.

Fuente: Norma Técnica E.030 "DISEÑO SISMORESISTENTE"

Tabla N° 4 PERÍODOS "T _p " Y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma Técnica E.030 "DISEÑO SISMORESISTENTE"

Por consiguiente el valor de TP = 0.4 y el valor de TL = 2.5

- Coeficiente de Reducción de las fuerzas Sísmicas (R): (SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO de concreto armado, siendo además una estructura regular). Este coeficiente de reducción "R" representa que ante un sismo severo la estructura ingresa a un rango inelástico donde los desplazamientos aumentan pero la resistencia máxima de la estructura permanece constante.

3.8 Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, R

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determinará como el producto del coeficiente R_0 determinado a partir de la Tabla N° 7 y de los factores I_a , I_p obtenidos de las Tablas N° 8 y N° 9.

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

Fuente: Norma Técnica E.030 "DISEÑO SISMORESISTENTE"

Donde:

- R = Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas
- R₀ = Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas
- I_a = Factor de Irregularidad en Altura
- I_p = Factor de Irregularidad en Planta

3.4 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_b)

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla N° 7.

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

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_b (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8 6
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	8
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

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

Para construcciones de tierra debe remitirse a la Norma E.080 "Adobe" del RNE. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos S_3 , ni se permite en suelos S_4 .

Fuente: Norma Técnica E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE"

Para determinar el Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R), se necesita determinar los valores de I_a e I_p , detallados en la siguiente imagen extraída de la norma Técnica E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”, tomando en cuenta que se trata de una estructura Regular.

3.5 Regularidad Estructural

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares para los fines siguientes:

- Cumplir las restricciones de la Tabla N° 10.
- Establecer los procedimientos de análisis.
- Determinar el coeficiente R de reducción de fuerzas sísmicas.

Estructuras Regulares son las que en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

En estos casos, el factor I_a o I_p será igual a 1,0.

Estructuras Irregulares son aquellas que presentan una o más de las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

Fuente: Norma Técnica E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”

III.VII.IV. EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL:

Viene dada por el artículo 4.6.5 de la Norma Técnica E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”

4.6.5 Excentricidad Accidental (Efectos de Torsión)

La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable.

Fuente: Norma Técnica E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”

III.VII.V. PROCESAMIENTO DEL ANÁLISIS DINÁMICO ESTRUCTURAL SIN CONSIDERAR LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA:

III.VII.V.I. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES PREVIOS AL ANÁLISIS COMPUTACIONAL DEL ANÁLISIS DINÁMICO SIN CONSIDERAR ISE:

A. DETERMINACIÓN DE MASAS A NIVEL DE ENTREPISOS EN NUESTRA ESTRUCTURA:

Piso 3:

$$M_{T3} = \left(\frac{P_{Piso}}{g} \right) = \left(\frac{138.01}{9.81} \right) = 14.068 (\text{Tn.s}^2/\text{m})$$

$$M_{RZ} = \frac{M_T \cdot (a^2 + b^2)}{12} = \frac{14.068 \cdot (15.5^2 + 16.45^2)}{12} = 598.889 (\text{Tn.s}^2/\text{m})$$

Piso 2:

$$M_{T2} = \left(\frac{P_{Piso}}{g} \right) = \left(\frac{157.82}{9.81} \right) = 16.088 (\text{Tn.s}^2/\text{m})$$

$$M_{RZ} = \frac{M_T \cdot (a^2 + b^2)}{12} = \frac{16.088 \cdot (15.5^2 + 16.45^2)}{12} = 684.882 (\text{Tn.s}^2/\text{m})$$

Piso 1:

$$M_{T1} = \left(\frac{P_{Piso}}{g} \right) = \left(\frac{157.82}{9.81} \right) = 16.088 (\text{Tn.s}^2/\text{m})$$

$$M_{RZ} = \frac{M_T \cdot (a^2 + b^2)}{12} = \frac{16.088 \cdot (15.5^2 + 16.45^2)}{12} = 684.882 (\text{Tn.s}^2/\text{m})$$

B. FACTOR DE ESCALA:

Z=0.45 (Trujillo)

U=1.5 (Unidad Educativa)

S= 1.00 (Suelo S₁ y Zona 4)

g= 9.81 m/s²

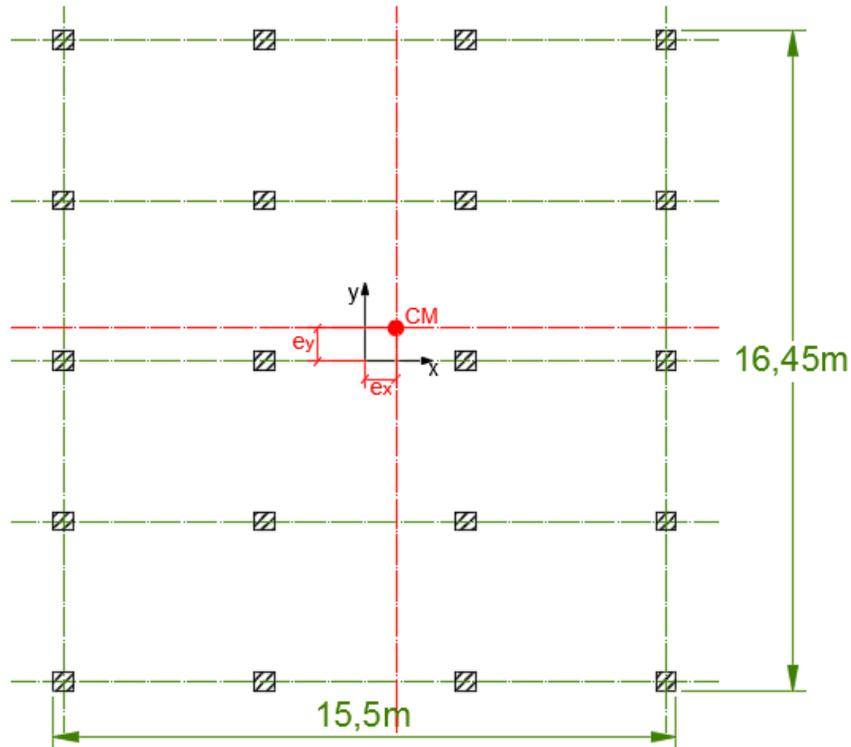
R=R₀xI_axI_p =8x1.0x1.0

$$F.E. = \left(\frac{ZUgS}{R} \right) = \left(\frac{0.45 \times 1.5 \times 9.81 \times 1.00}{8} \right) = 0.82772$$

C. EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL:

e_x = 0.05 x 15.5 = 0.78 m

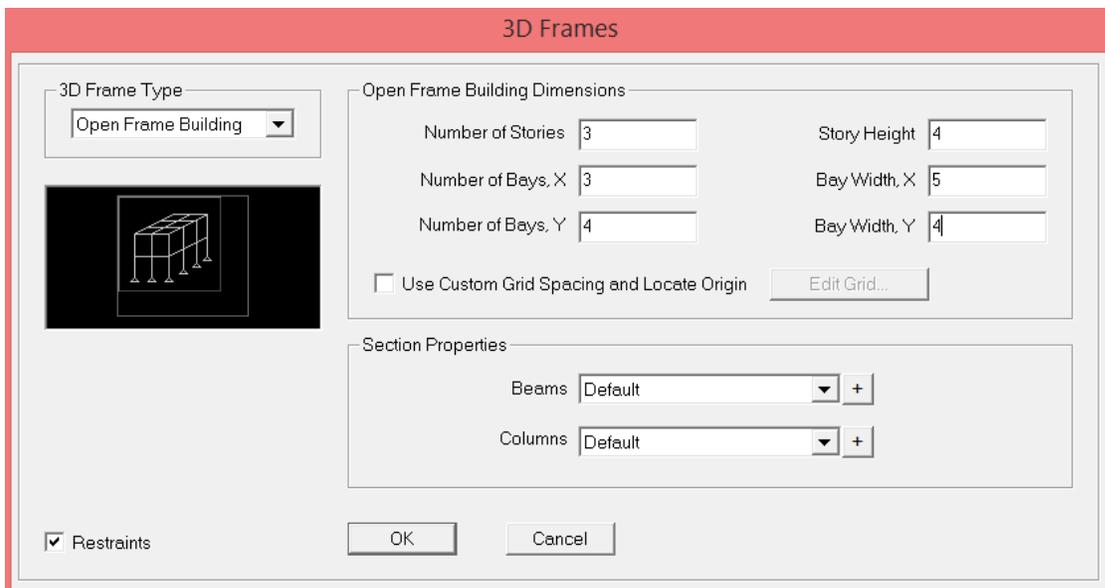
e_y = 0.05 x 16.45 = 0.82 m

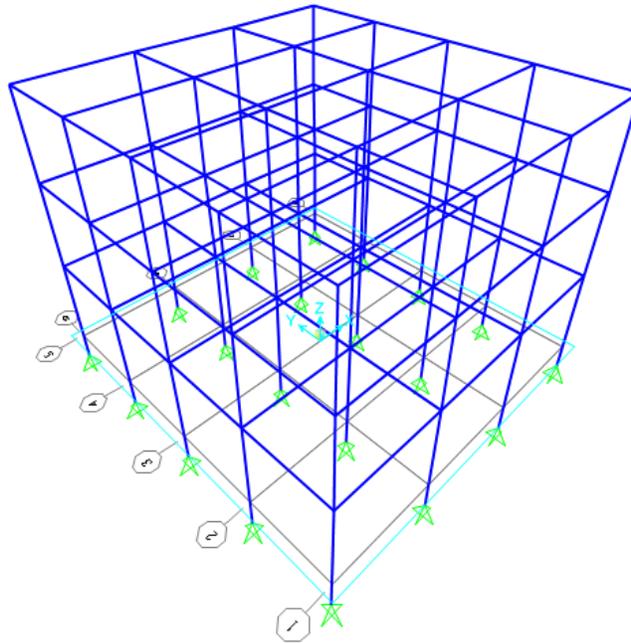


III.VII.V.II. ANÁLISIS Y MODELADO DE LA ESTRUCTURA EN EL PROGRAMA SAP 2000 V.16:

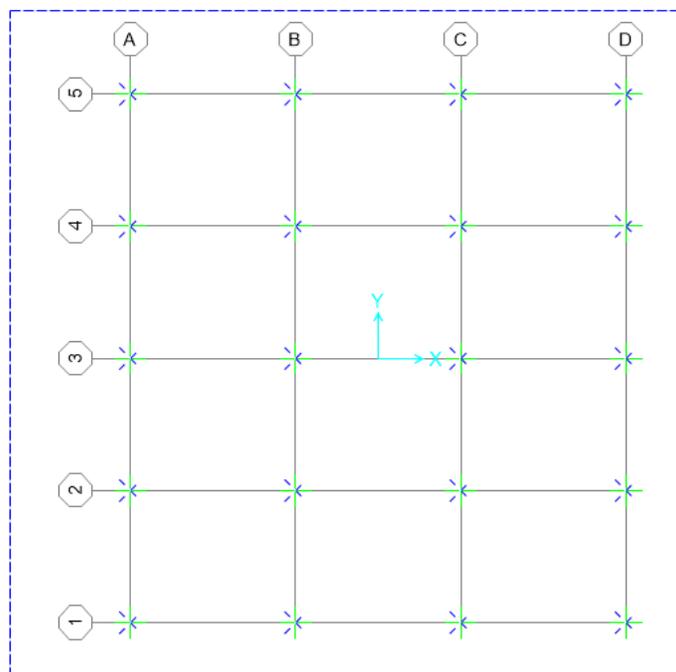
1. CREACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CONFORMACION DE LAS GRILLAS PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DINÁMICO:

Cambiar las unidades a Tonf, m, C y realizar el esquema de la estructura, este es el Análisis sin considerar Interacción Suelo Estructura.

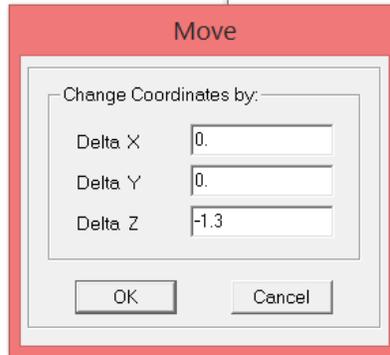




Para ir al eje centroidal de la Zapata seleccionar los nudos de la base y moverlos hasta el eje centroidal de la zapata.



Clic en Edit -- Clic en Move -- Y desplazar el eje z = -1.30 (ya que la profundidad de desplante de la zapata está a 1m y de las secciones de la zapata en el eje z tiene una sección total de 0.60m encontrándose el eje en una altura de 0.30m, entonces el eje de la zapata estará a una altura de -1.3 m.



Crear las grillas para ubicar las coordenadas del Centro de Masas de la estructura, para ello clic derecho en la ventana de trabajo – Clic Edit Grid Data – Clic Modify Show System e ingresar las coordenadas del Centro de Masas.

Edit Format

System Name: GLOBAL Units: Tont, m, C

Grid Lines: Quick Start...

X Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	A	-7.5	Primary	Show	End	
2	B	-2.5	Primary	Show	End	
3	C	2.5	Primary	Show	End	
4	D	7.5	Primary	Show	End	
5	E	0.78				
6						
7						
8						
9						

Y Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	1	-8.	Primary	Show	Start	
2	2	-4.	Primary	Show	Start	
3	3	0.	Primary	Show	Start	
4	4	4.	Primary	Show	Start	
5	5	8.	Primary	Show	Start	
6	6	.83				
7						
8						
9						

Z Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	Z1	0.	Primary	Show	End	
2	Z2	4.	Primary	Show	End	
3	Z3	8.	Primary	Show	End	
4	Z4	12.	Primary	Show	End	
5	Z5	-1.3				
6						

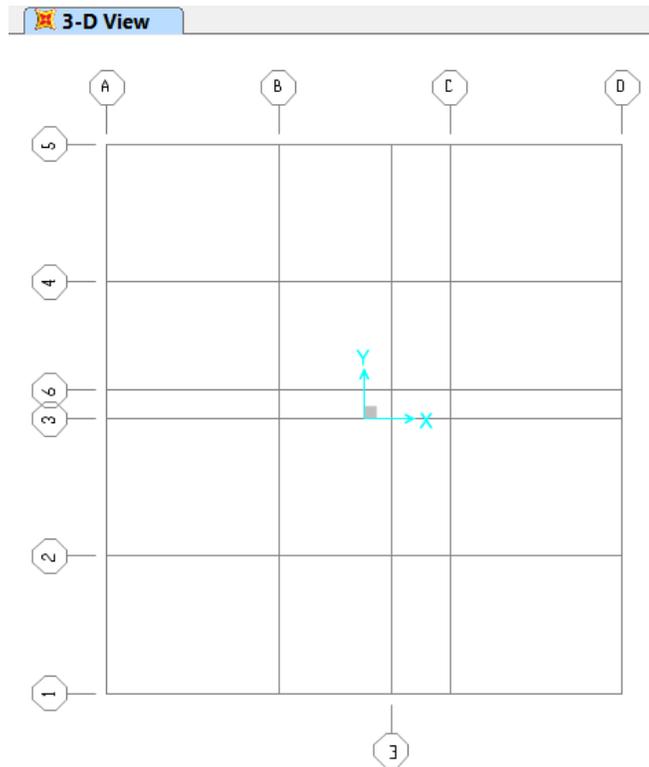
Display Grids as: Ordinates Spacing

Hide All Grid Lines
 Glue to Grid Lines

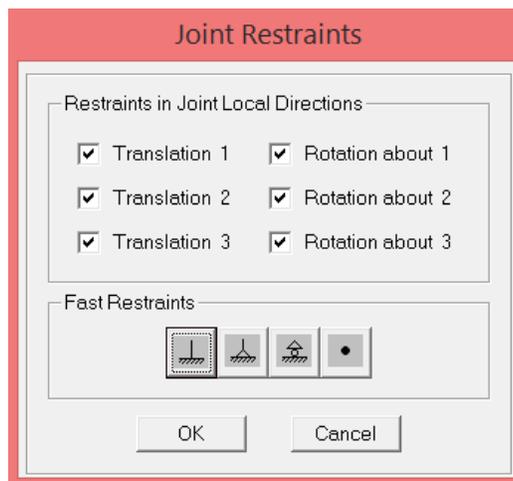
Bubble: 1.

Reset to Default Color
Reorder Ordinates

Luego se muestra la siguiente figura ya con las grillas puestas para el Centro de Masas.



Asignar las restricciones en la base de la estructura (Análisis Dinámico se simula un empotramiento Perfecto).



2. DEFINICIÓN DEL MATERIAL Y SECCIONES DE LA ESTRUCTURA:

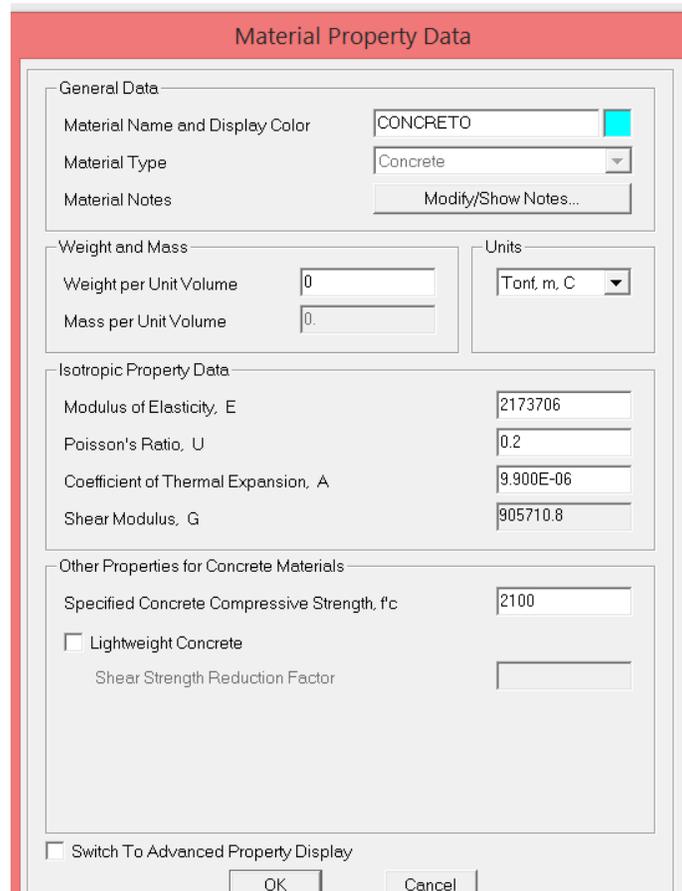
Definir el material y las secciones de la estructura.

Para la definición del material se debe tomar en cuenta que:



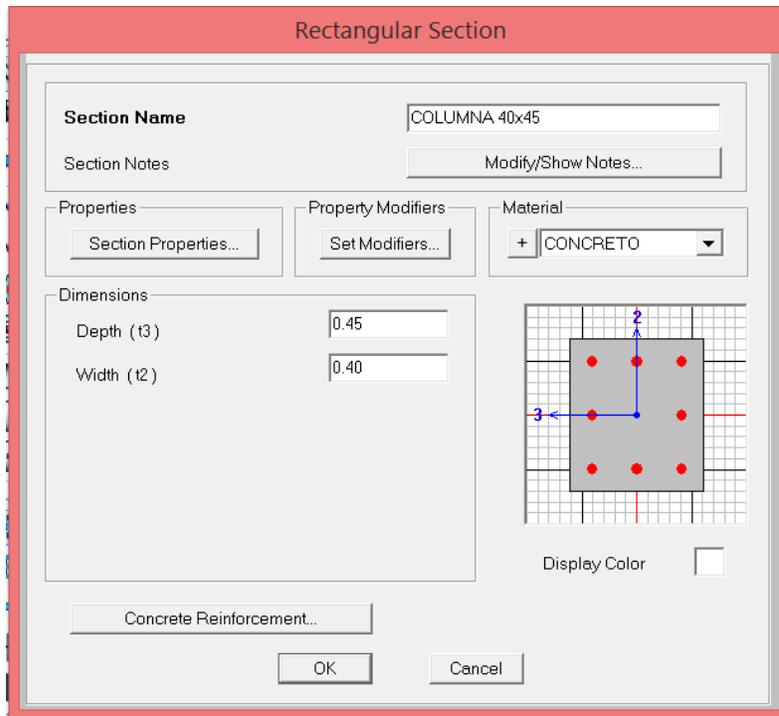
Section	Field	Value
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	0
	Mass per Unit Volume	0.
Units	Units	Tonf, m, C

El peso específico será 0 ya que se le agregará las masas calculadas anteriormente de manera manual.

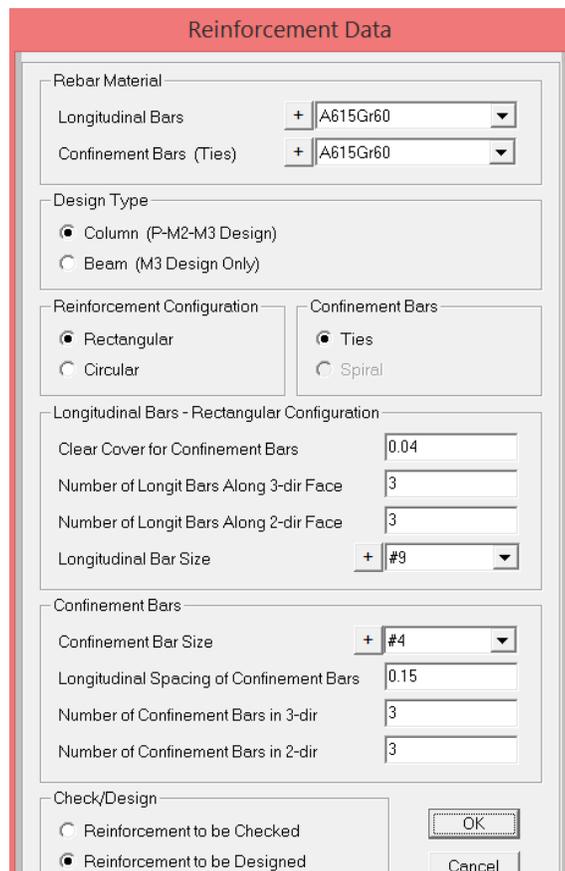


Section	Field	Value
General Data	Material Name and Display Color	CONCRETO
	Material Type	Concrete
	Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	0
	Mass per Unit Volume	0.
Isotropic Property Data	Modulus of Elasticity, E	2173706
	Poisson's Ratio, U	0.2
	Coefficient of Thermal Expansion, A	9.900E-06
	Shear Modulus, G	905710.8
Other Properties for Concrete Materials	Specified Concrete Compressive Strength, f'c	2100
	Lightweight Concrete	<input type="checkbox"/>
Switch To Advanced Property Display		<input type="checkbox"/>

Definir las secciones de la estructura – Clic en Define – Clic en section properties – Clic en frame sections – Clic en Add New Property – Colocar en Frame Section Property Type CONCRETE – Rectangular y colocar las secciones ya determinadas con anticipación.



Como se trata de una columna - Clic en Concrete Reinforcement, para indicar que trabaja como columna, mostrado en la siguiente imagen.



Hacer el mismo procedimiento para definir las vigas pero teniendo especial cuidado en el Reinforcement Data, para indicar que trabaja como viga (Beam).

Para la viga de 0.25m x 0.50m se define:

Rectangular Section

Section Name: VIGA 0.25x0.5

Section Notes: Modify/Show Notes...

Properties: Section Properties...

Property Modifiers: Set Modifiers...

Material: + CONCRETO

Dimensions:

Depth (t3): 0.5

Width (t2): 0.25

Concrete Reinforcement...

OK Cancel

Reinforcement Data

Rebar Material:

Longitudinal Bars: + A615Gr60

Confinement Bars (Ties): + A615Gr60

Design Type:

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center:

Top: 0.06

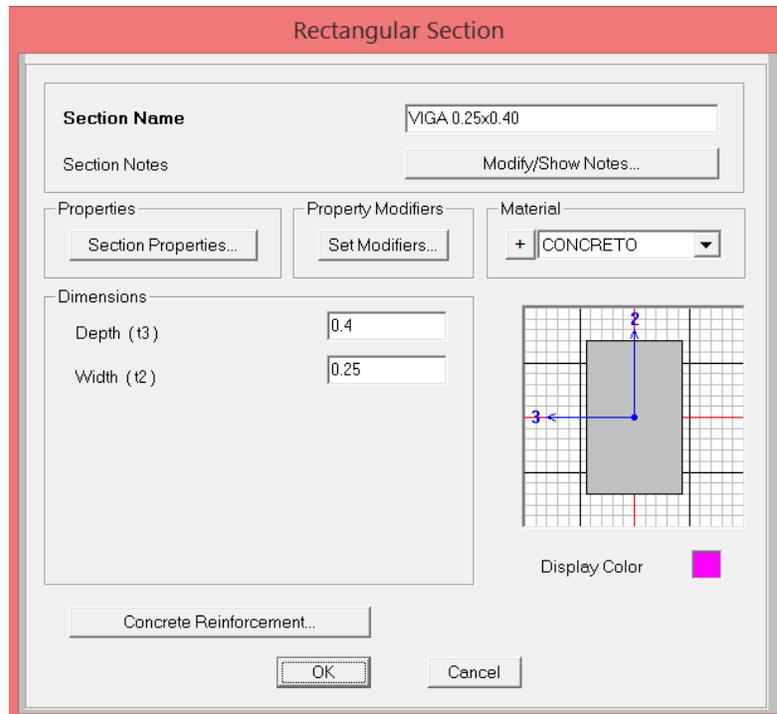
Bottom: 0.06

Reinforcement Overrides for Ductile Beams:

	Left	Right
Top	0.	0.
Bottom	0.	0.

OK Cancel

Hacer el mismo procedimiento para la viga de 0.25m x 0.40m.

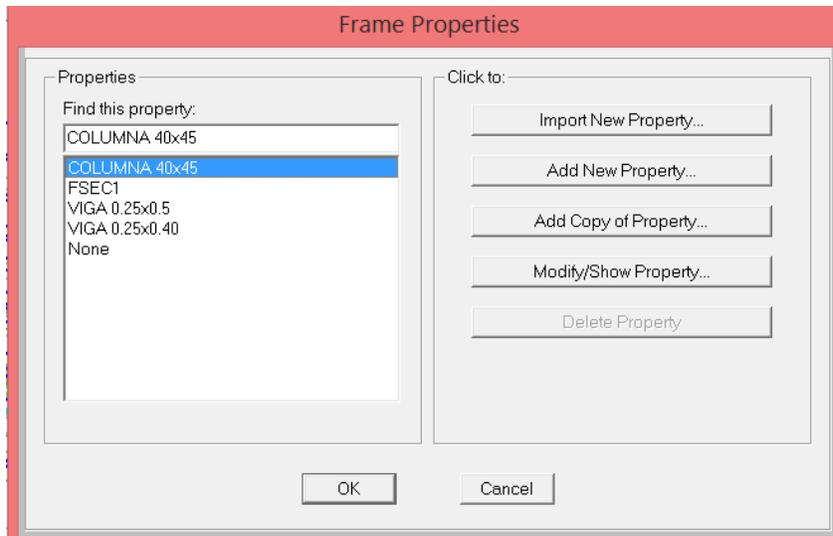


De igual manera –Clic en Concrete Reinforcement para que trabaje como viga, así como en la viga anterior de sección 0.25m x 0.50m.

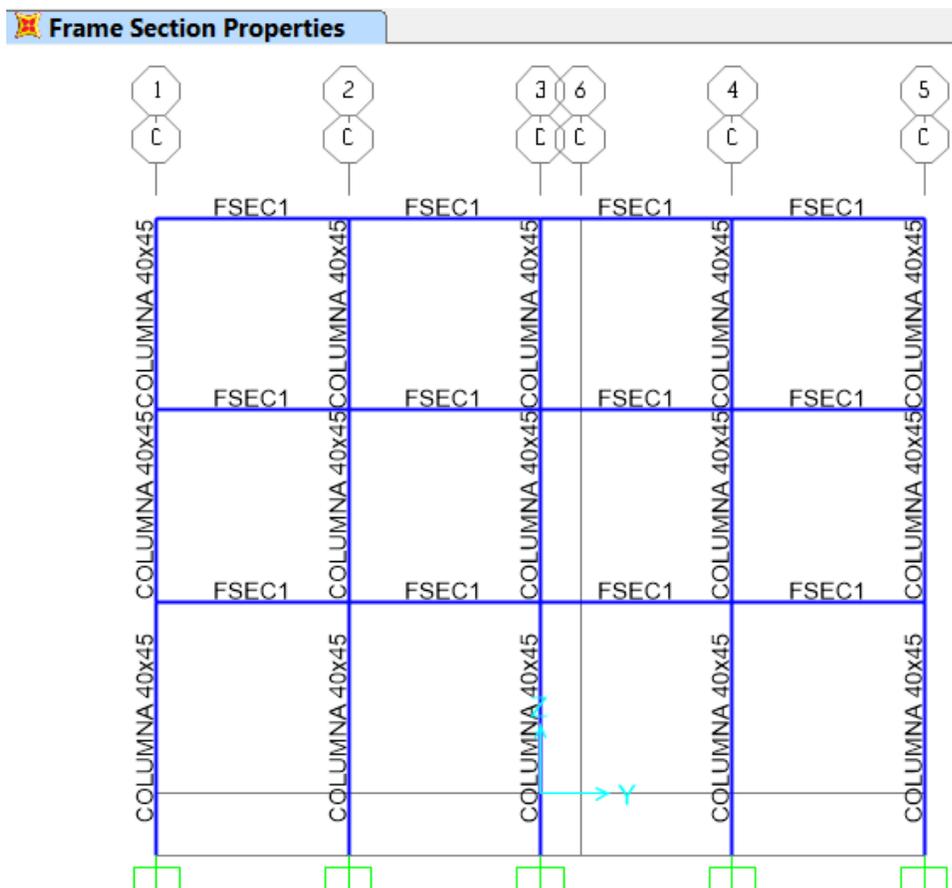
3. ASIGNACION DE SECCIONES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

COLUMNAS 0.45x0.40:

Para asignar a las columnas sus dimensiones -Seleccionar todas las columnas pórtico por pórtico– Clic en Asign – Clic en Frame – Clic en Frame Sections.



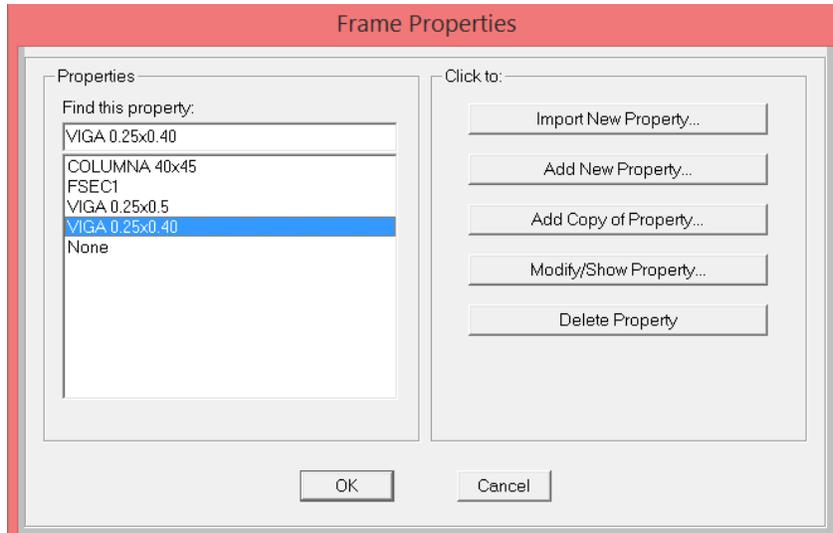
-Clic en Ok y se asignan las secciones de las Columnas de 0.40m x 0.45m, tal como se muestra en la siguiente imagen.



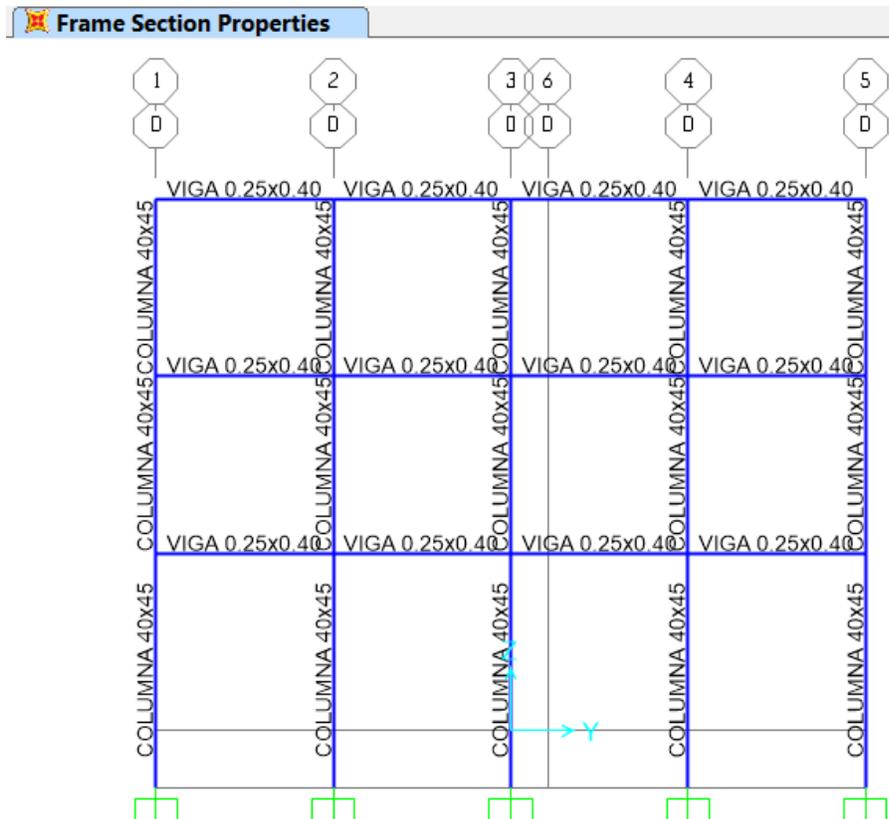
Luego de Asignar las secciones de las columnas de 0.40m x 0.45m, se procederá a asignar las secciones de las vigas.

VIGAS 0.25x0.40 LONGITUDINALES:

Para asignar a las vigas longitudinal - Seleccionar todas las vigas LONGITUDINALES pórtico por pórtico- Clic en Asign - Clic en Frame - Clic en Frame Sections.



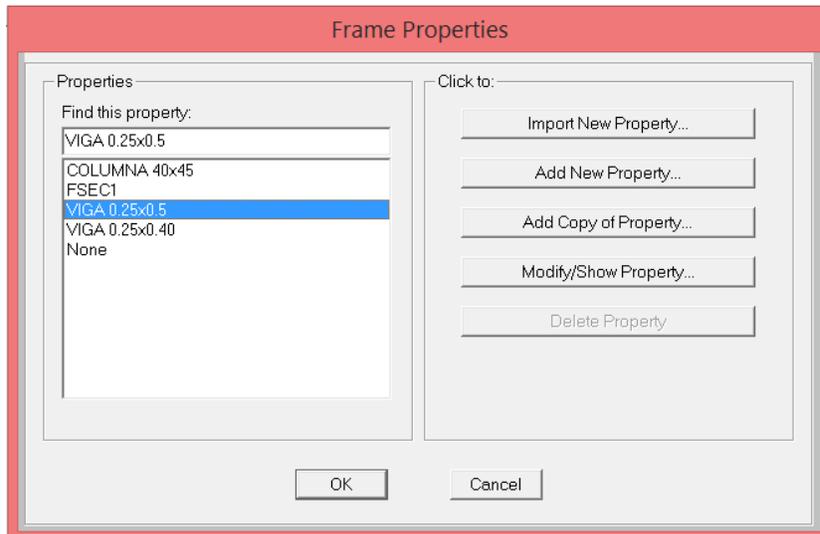
-Clic en Ok y se asignan las secciones de las Vigas 0.25m x 0.40m, tal como se muestra en la siguiente imagen.



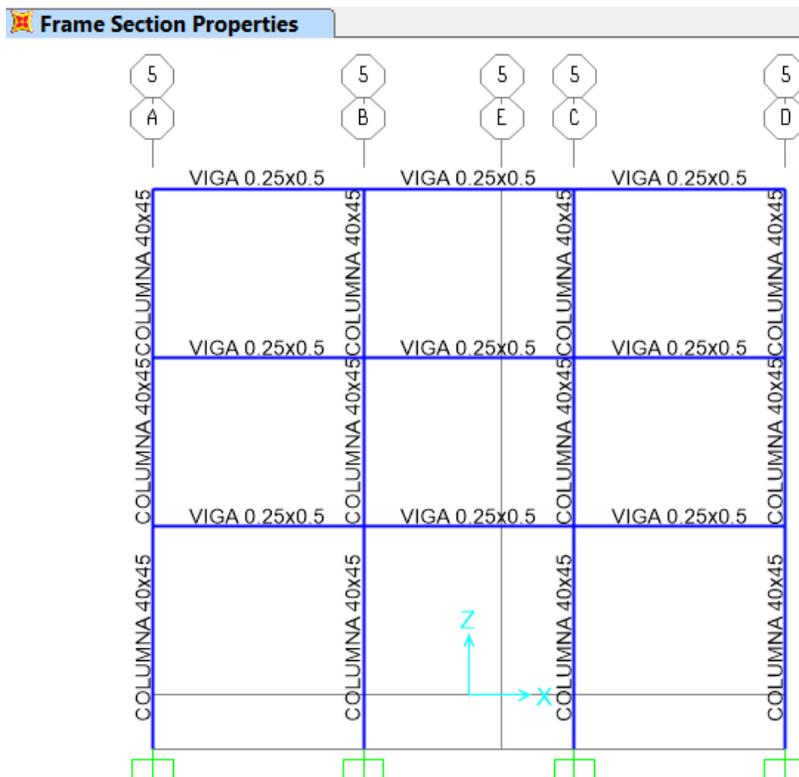
Luego de Asignar las secciones de las vigas longitudinales de 0.25m x 0.40m, se procederá a asignar las secciones de las vigas transversales de 0.50m x 0.50m.

VIGAS 0.25x0.50 TRANSVERSALES:

Para asignar a las vigas transversales -Seleccionar todas las vigas transversales pórtico por pórtico- Clic en Asign - Clic en Frame - Clic en Frame Sections.



-Clic en Ok y se asignan las secciones de las Vigas 0.25m x 0.50m, tal como se muestra en la siguiente imagen.

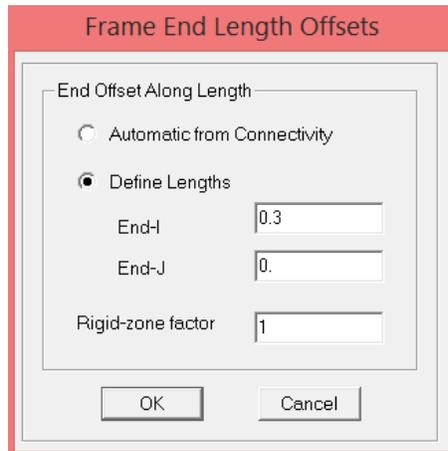


4. ASIGNACIÓN DEL BRAZO RÍGIDO A LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

El brazo rígido se utiliza cuando deseamos que el programa considere la luz real de la viga en lugar de la teórica que es de centro a centro.

BRAZO RÍGIDO DE LAS COLUMNAS PRIMER PISO:

Seleccionar todas las columnas del primer piso – Clic en Assign – Clic en Frame – Clic en End (Length)Offsets – Clic en Define Lengths e ingreso los datos.



Frame End Length Offsets

End Offset Along Length

Automatic from Connectivity

Define Lengths

End-I

End-J

Rigid-zone factor

OK Cancel

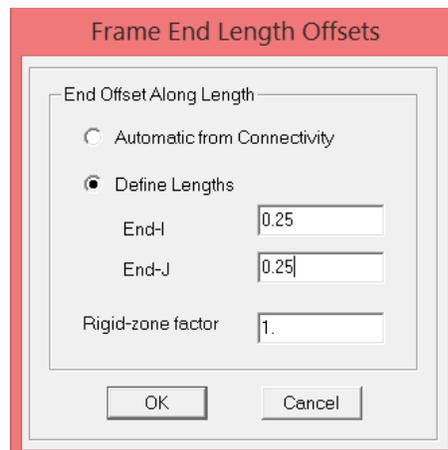
Para el Factor de Rigidez se debe tomar en cuenta que:

Rigid zone factor = 0 No hay rigidez en el nudo y cachos rígidos

Rigid zone factor = 1 Rigidez total en el nudo y cachos rígidos

BRAZO RÍGIDO DE LAS VIGAS TRANSVERSALES:

Para asignar en las Vigas Transversales, seleccionar todas las vigas transversales de sección 0.25m x 0.50m, luego asignar el brazo rígido, colocando en End-I = 0.25 y End-J = 0.25, ya que la sección de la viga en esa sección es =0.50m en esa dirección, entonces – Clic en Assign – Clic en Frame – Clic en End (Length) Offsets – Clic en Define Lengths e ingresar datos.



Frame End Length Offsets

End Offset Along Length

Automatic from Connectivity

Define Lengths

End-I

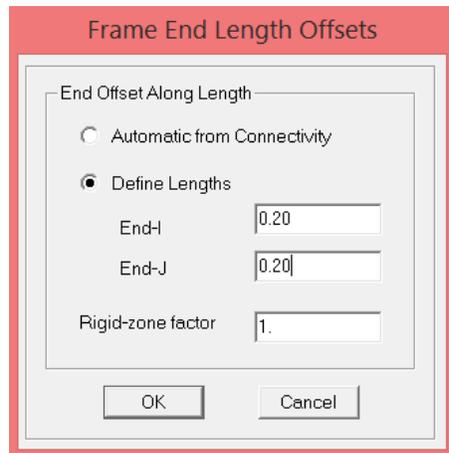
End-J

Rigid-zone factor

OK Cancel

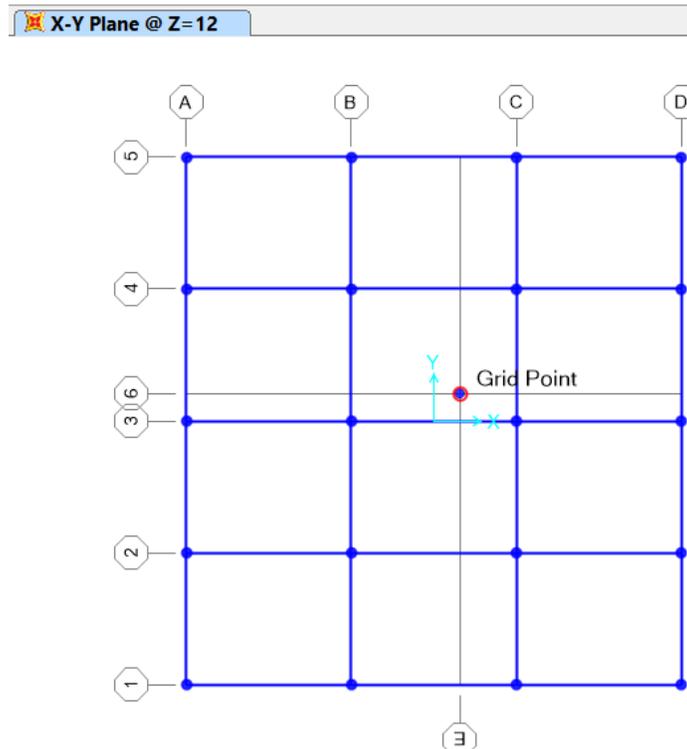
BRAZO RÍGIDO DE LAS VIGAS LONGITUDINALES:

Para asignar en las Vigas Longitudinales -Seleccionar todas las vigas longitudinales de sección 0.25m x 0.40m, luego asignar el brazo rígido, colocando en End-I = 0.20 y End-J = 0.20, ya que la sección de la viga en esa dirección es =0.40m en esa dirección, entonces hacer- Clic en Assign - Clic en Frame - Clic en End (Length) Offsets - Clic en Define Lengths e ingresar datos.

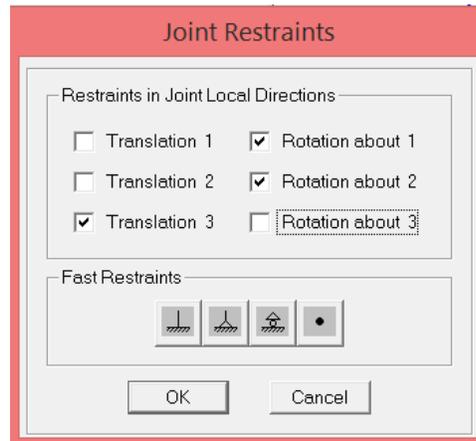


5. ASIGNACIÓN DE RESTRICCIONES AL CENTRO DE MASAS EN EL SAP:

Para generar el nudo que corresponde al centro de masas - Clic en Draw Special Joint y dibujar manualmente los nudos del centro de masas de la estructura.

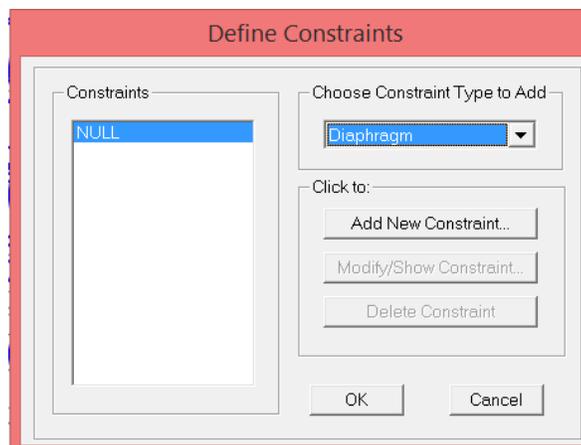


Seleccionar los nudos (Centros de Masa) de cada piso y le asignamos restricciones, para desplazarse en x, desplazarse en y i Rotar en z.



6. GENERACIÓN DE DIAFRAGMA RÍGIDO:

Para generar el diafragma rígido – Clic en Define – Clic en Joint Constraints – clic en la opción choose constraints Type to add – Diaphragm.



Y adicionar una nueva contracción Para Cada Techo– Add new Constraint

Techo 1:

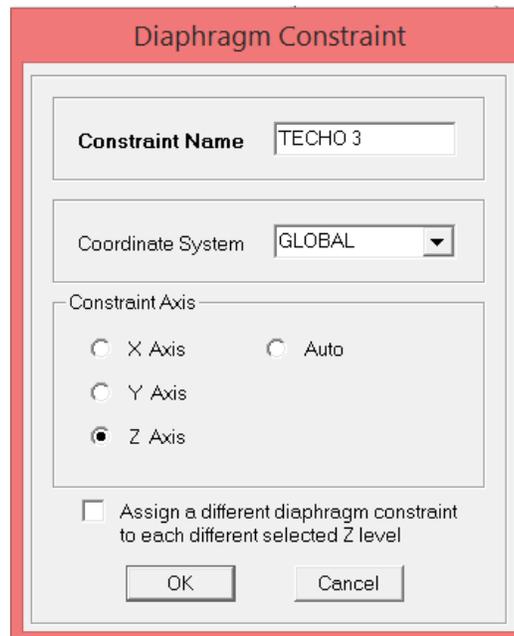
The screenshot shows the 'Diaphragm Constraint' dialog box. The 'Constraint Name' field contains 'TECHO 1'. The 'Coordinate System' dropdown is set to 'GLOBAL'. Under 'Constraint Axis', the 'Z Axis' radio button is selected. There is an unchecked checkbox for 'Assign a different diaphragm constraint to each different selected Z level'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

No se puede desplazar en el eje z

Techo 2:

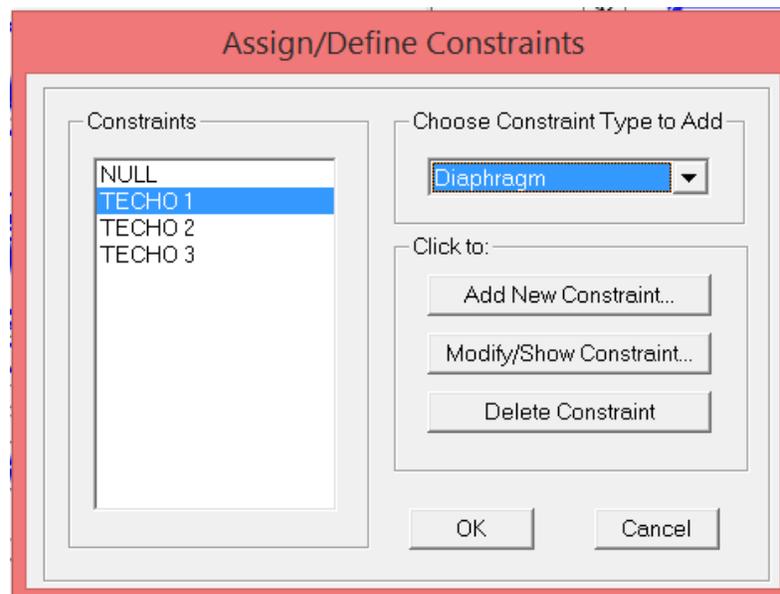
The screenshot shows the 'Diaphragm Constraint' dialog box. The 'Constraint Name' field contains 'TECHO 2'. The 'Coordinate System' dropdown is set to 'GLOBAL'. Under 'Constraint Axis', the 'Z Axis' radio button is selected. There is an unchecked checkbox for 'Assign a different diaphragm constraint to each different selected Z level'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Techo 3:



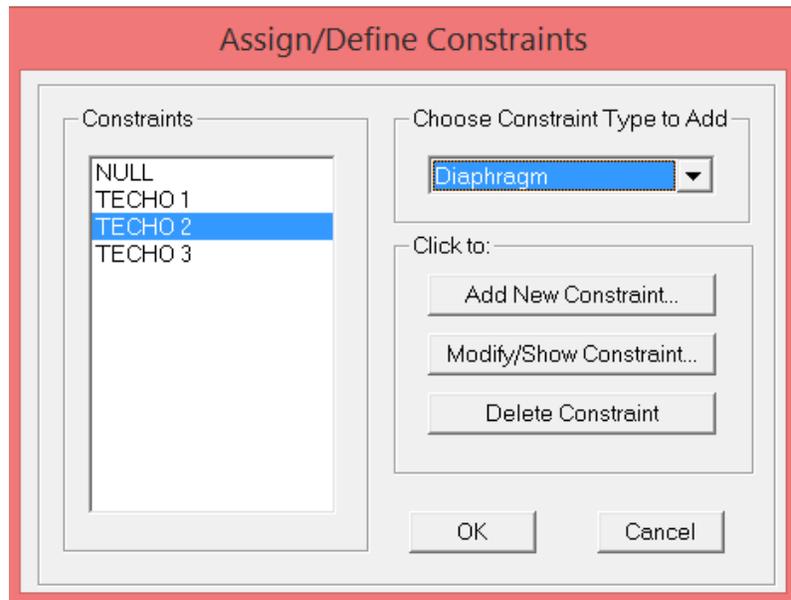
Para asignar el diafragma por techo, se debe seleccionar cada nudo del piso incluyendo el nudo del Centro de Masas, para esto -Clic en Assign – Clic en Joint – Clic en Constraints, así como se muestra en la figura.

Techo 1:

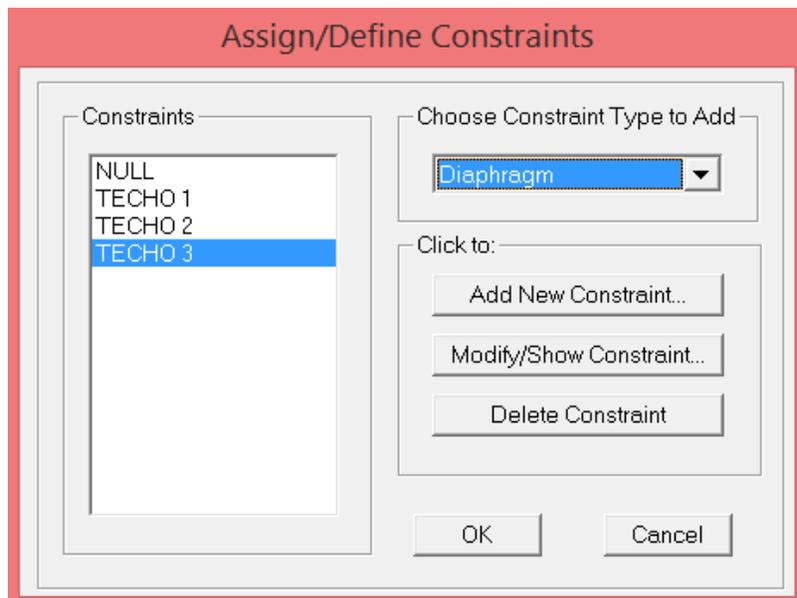


Hacer lo mismo para cada piso:

Techo 2:



Techo 3:



7. ASIGNACIÓN DE MASAS SOBRE EL NUDO DEL CENTRO DE MASA:

Para incorporar las masas seleccionar el centro de masa del techo –Clic en Asign – Clic en Joint – Clic en Masses.

ASIGNACIÓN DE MASAS AL TECHO Nº 3:

Asignar la carga calculada con anticipación en las masas de entrepisos.

Joint Masses

Specify Joint Mass

As Mass
 As Weight
 As Volume and Material Property

Material

Mass Direction

Coordinate System

Mass

Global X Axis Direction
Global Y Axis Direction
Global Z Axis Direction

Mass Moment of Inertia

Rotation About Global X Axis
Rotation About Global Y Axis
Rotation About Global Z Axis

Options

Add to Existing Masses
 Replace Existing Masses
 Delete Existing Masses

Units

ASIGNACIÓN DE MASAS AL TECHO Nº 2:

Asignar la carga calculada con anticipación en las masas de entresijos.

Joint Masses

Specify Joint Mass

As Mass
 As Weight
 As Volume and Material Property

Material

Mass Direction

Coordinate System

Mass

Global X Axis Direction
Global Y Axis Direction
Global Z Axis Direction

Mass Moment of Inertia

Rotation About Global X Axis
Rotation About Global Y Axis
Rotation About Global Z Axis

Options

Add to Existing Masses
 Replace Existing Masses
 Delete Existing Masses

Units

ASIGNACIÓN DE MASAS AL TECHO Nº 1:

Asignar la carga calculada con anticipación en las masas de entresijos.

Joint Masses

Specify Joint Mass

As Mass
 As Weight
 As Volume and Material Property

Material

Mass Direction

Coordinate System

Mass

Global X Axis Direction
Global Y Axis Direction
Global Z Axis Direction

Mass Moment of Inertia

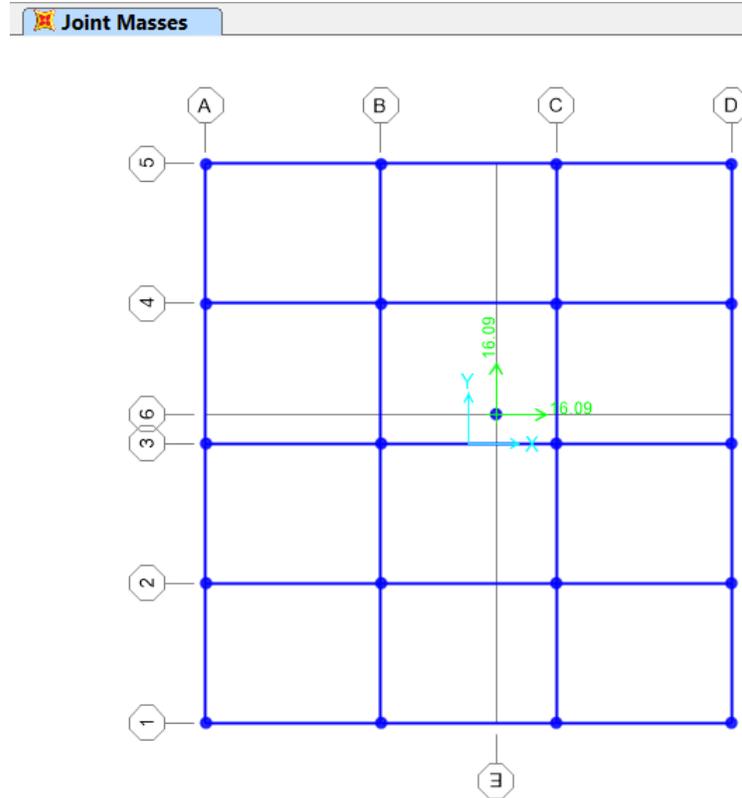
Rotation About Global X Axis
Rotation About Global Y Axis
Rotation About Global Z Axis

Options

Add to Existing Masses
 Replace Existing Masses
 Delete Existing Masses

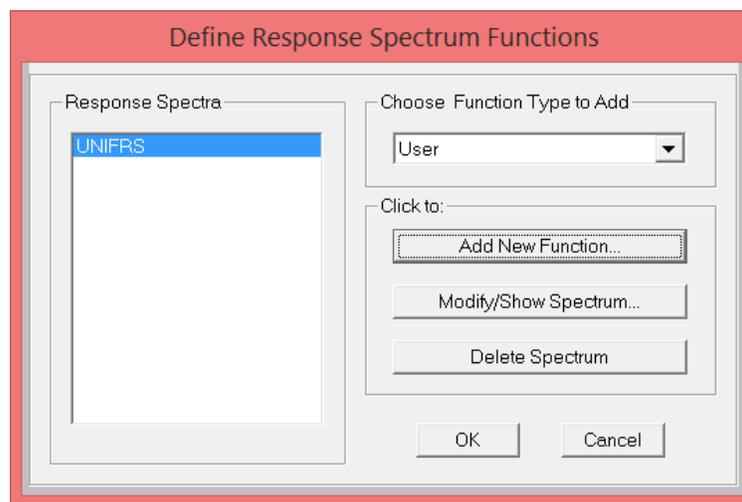
Units

Quedando la estructura de la siguiente manera:

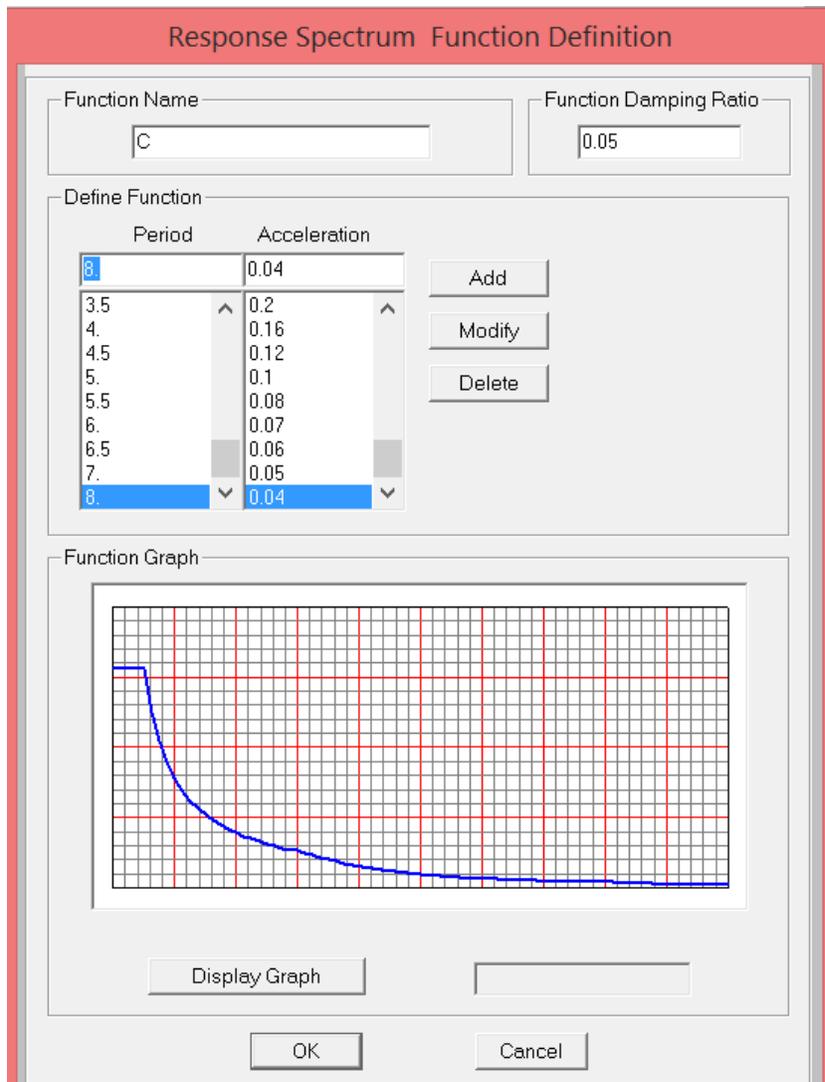


8. ASIGNACIÓN DEL ESPECTRO DE RESPUESTA EN LA ESTRUCTURA:

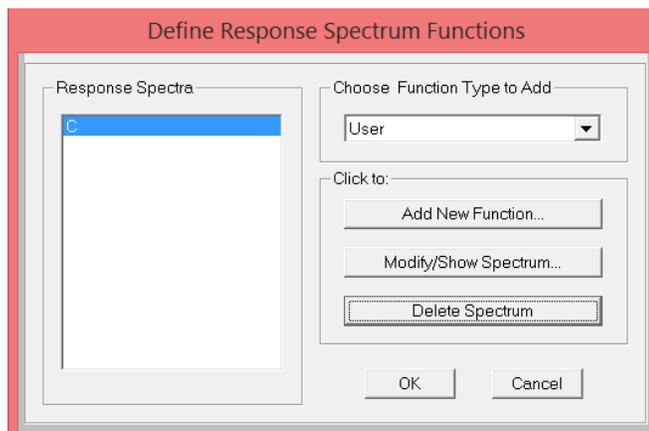
Para incorporar el espectro de respuesta –Clic en Define – Clic en Functions – Clic en Response Spectrum, Clic en Choose Function Type to Add User – Clic en Add New Function.



Introducir de forma manual el espectro de respuesta anteriormente calculado.

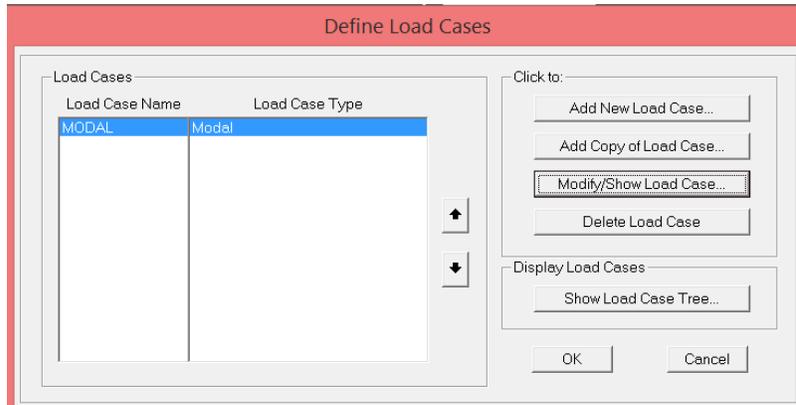


Y borrar el otro espectro solo debe quedar C.

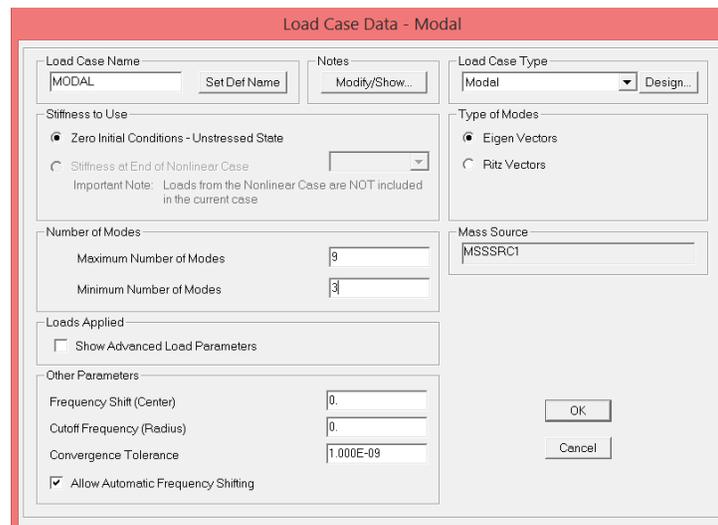


9. CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA SAP PARA HACER EL ANALISIS MODAL:

Para hacer el análisis modal y espectral -- clic en Define – Clic en load cases – Borrar Dead – Clic en Modify / Show Load Cases (Hacer una variación al Modal).



En la ventana que abre –Clic en Load Case Type debe estar en Modal, Type of Models debe estar en Eigen Vectors (Vectores Propios), Colocar en Maximum Number of Models 9 (Ya que son 3 pisos y por cada piso se toma 3 modos de vibración) y en Minimum Number of Models 3 (Número mínimo por Norma) – Clic en OK.



10. CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA SAP PARA HACER EL ANALISIS ESPECTRAL:

DEFINICIÓN DEL ESPECTRO EN EL EJE X:

Para definir el Análisis espectral en el eje x –Clic en Add New Load Cases –Clic en Load Case Name colocar SISMO X (Nombre eje x) – En el desplegable de Load Case Type colocar Response Spectrum (Para cargar el espectro) – En Load Name dejar con U1 que es dirección x - Cambiar Scale Factor a 0.82772 (Valor calculado como FE anteriormente – Clic en Show advanced Load Paterns (Desglosar) – Clic en Add – Clic OK.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: SISMO X [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Response Spectrum [Design...]

Modal Combination:

- CQC
- SRSS
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

GMC f1: 1.0
GMC f2: 0.0
Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute

Scale Factor: []

Mass Source: Previous (MSSSRC1)

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor	Coord Sys	Angle
Accel	U1	C	0.82772	GLOBAL	0
Accel	U1	C	0.82772	GLOBAL	0

Show Advanced Load Parameters [Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

DEFINICIÓN DEL ESPECTRO EN EL EJE Y:

Para definir el Análisis espectral en el eje y, – Clic en Add New Load Cases – Clic en Load Case Name colocar SISMO Y (Nombre eje y) – En el desplegable de Load Case Type colocar Response Spectrum (Para cargar el espectro) – En Load Name cambiar a U2 porque que es dirección y - cambiar Scale Factor a 0.82772 (Valor calculado como FE anteriormente) – Clic en Show advanced Load Paterns (Desglosar) – Clic en Add – Clic en OK.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: SISMO Y [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Response Spectrum [Design...]

Modal Combination:

- CQC GMC f1: 1.0
- SRSS GMC f2: 0.0
- Absolute
- GMC Periodic + Rigid Type: SRSS
- NRC 10 Percent
- Double Sum

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute
- Scale Factor: []

Mass Source: Previous (MSSSRC1)

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor	Coord Sys	Angle
Accel	U2	C	0.82772	GLOBAL	0
Accel	U2	C	0.82772	GLOBAL	0

Show Advanced Load Parameters [Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

[OK]

11. GENERACIÓN DEL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS:

GENERACIÓN DE FACTOR DE AMPLIFICACIÓN EN EL EJE X:

Clic en Define – Clic en Load Combinations -- Add New Combo – Clic Load Combination Name poner DX (desplazamiento en x) En load Case Name Colocar SISMO X – Clic en Scale Factor y colocar 1 Valor de Factor de Amplificación– Clic en Add – Clic en OK.

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box. The 'Load Combination Name' field is set to 'DX'. The 'Load Combination Type' is set to 'Linear Add'. The 'Define Combination of Load Case Results' table contains one entry:

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
SISMO X	Response Spectrum	1.

Buttons for 'Add', 'Modify', and 'Delete' are visible to the right of the table. The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

GENERACIÓN DE FACTOR DE AMPLIFICACIÓN EN EL EJE Y:

Clic en Add New Combo – Clic Load Combination Name poner DY (desplazamiento en y) En load Case Name Colocar SISMO Y – Clic en Scale Factor y colocar 1 Valor de Factor de Amplificación – Clic en Add – Clic en OK.

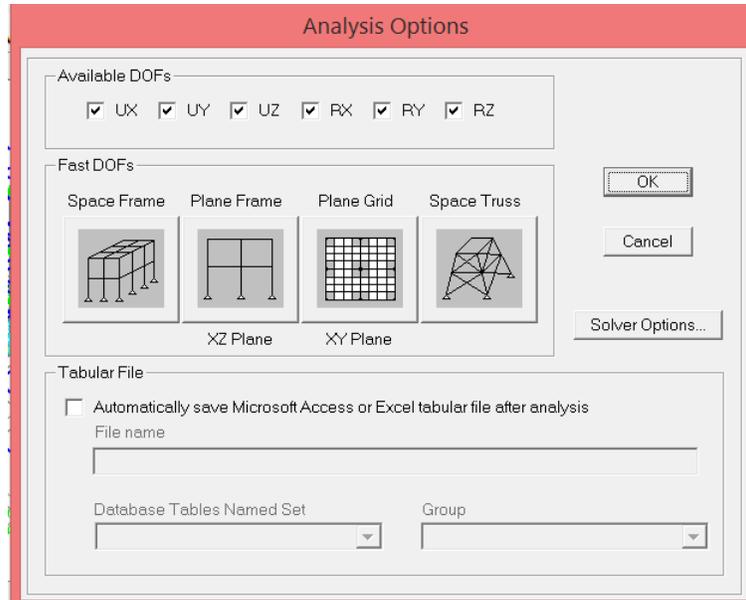
The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box. The 'Load Combination Name' field is set to 'DY'. The 'Load Combination Type' is set to 'Linear Add'. The 'Define Combination of Load Case Results' table contains one entry:

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
SISMO Y	Response Spectrum	1.

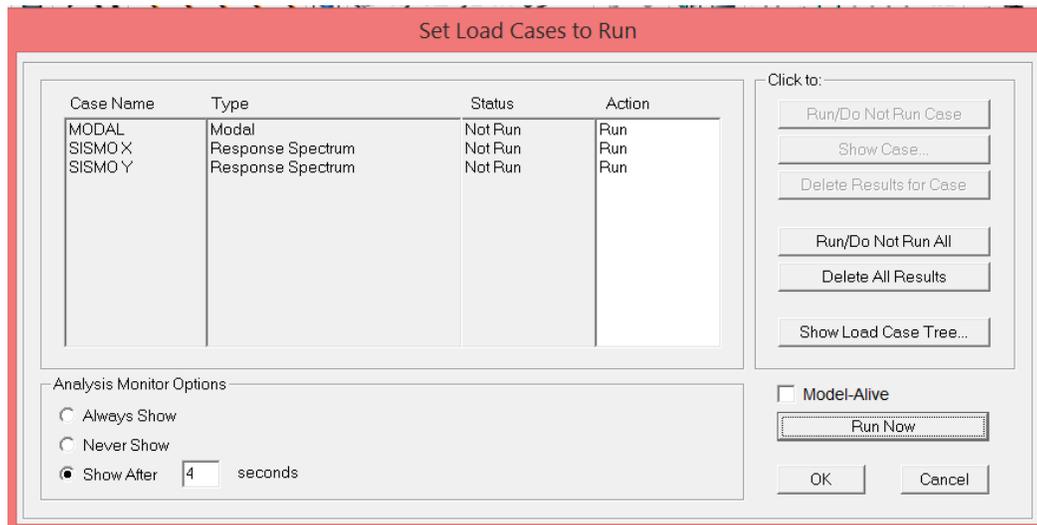
Buttons for 'Add', 'Modify', and 'Delete' are visible to the right of the table. The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

12. VERIFICAR QUE EN EL CÁLCULO ESTÉN TODOS LOS GRADOS DE LIBERTAD:

Clic en Analyze – Set Analysis Options, todos los desplazamientos estén chequeados.

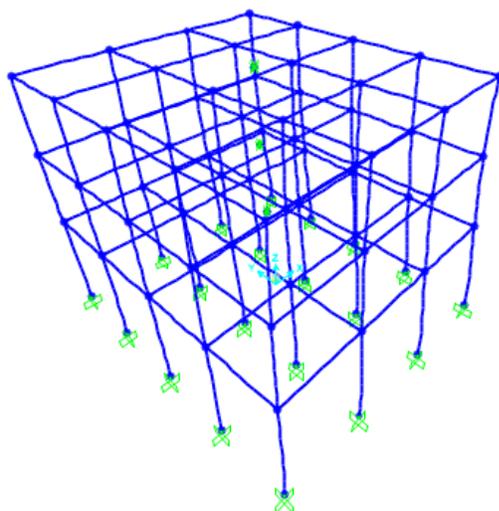


13. CORRIDA DEL PROGRAMA CON EL ANÁLISIS DINÁMICO SIN INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA:



Se determina que el primer modo sale:

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 0.67007; f = 1.49239



14. DETERMINACIÓN DE LOS MODOS DE VIBRACIÓN CON EL ANÁLISIS DINÁMICO SIN INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA:

Luego de hacer el modelado por cada modo se arma el siguiente Cuadro de Modos determinados por el programa SAP 2000V16.

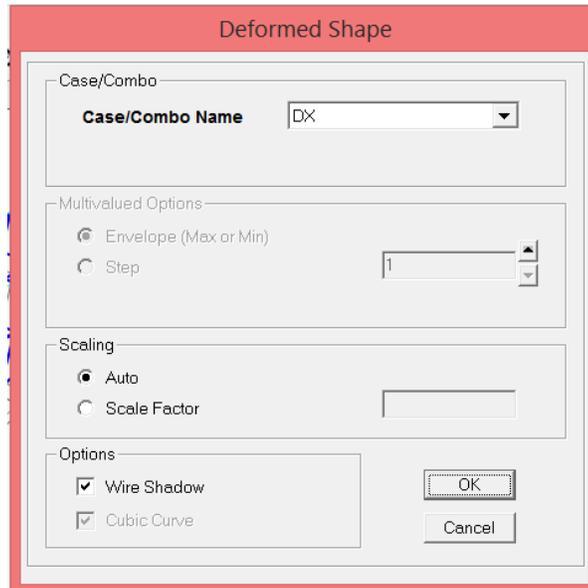
MODO	PERIODO (seg)
1	0.67007
2	0.58671
3	0.48022
4	0.20579
5	0.18126
6	0.14855
7	0.11494
8	0.10245
9	0.08409

TABLA N° 01

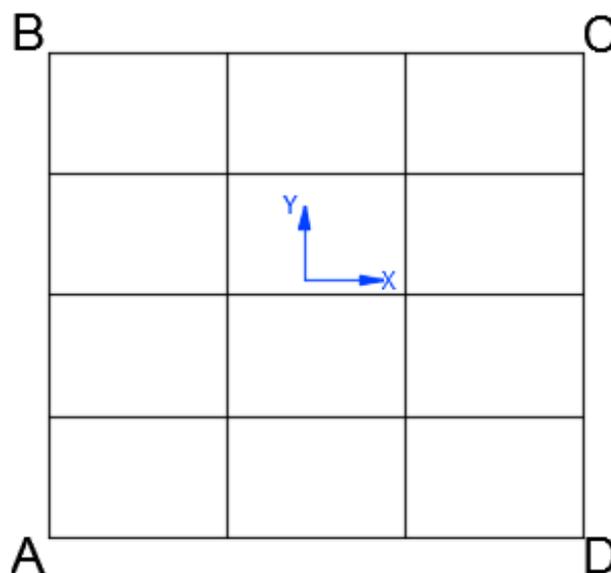
15. DETERMINACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN X, Y ASÍ COMO LAS DISTORSIONES DE CADA NUDO EXTREMO DE LAS LOSAS DE ENTREPISOS CON EL MODELO DINÁMICO SIN INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA:

DETERMINACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN X:

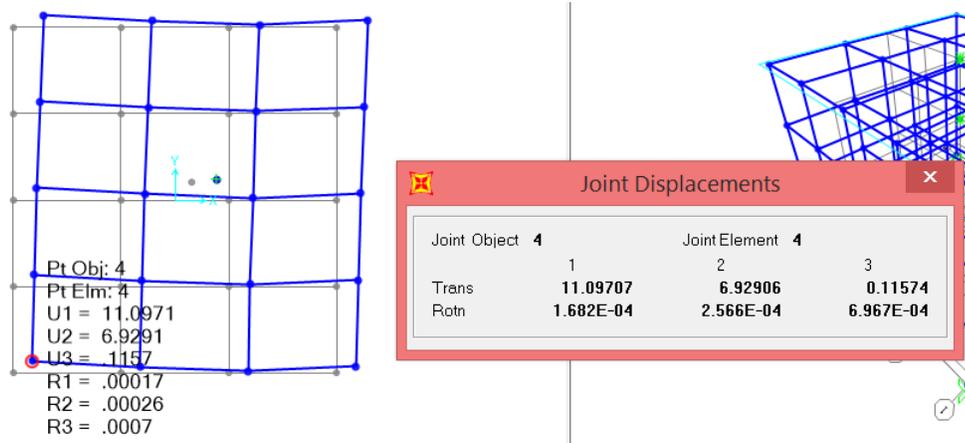
Ir al último piso (Piso 3), para ver los desplazamientos en la dirección x, -Clic en Show Deformed Shape – Clic en Case / Combo Name DX (Desplazamiento en x) – en Opciones tiquear la opción Wire Shadow (Para ver en el estado inicial y estado deformado de la estructura).



En la siguiente figura esquematizamos los nudos extremos de la losa como A, B, C, D, para determinar los desplazamientos laterales.



Para ver cuánto se desplazó el nudo -Clic derecho sobre los extremos de la estructura, para así verificar las deformaciones de la estructura, para esto cambiar las unidades a mm.



Luego realizar el mismo procedimiento para cada nudo y por cada piso, entonces hacer lo mismo en el piso 2 y piso 3, luego se determina la distorsión de los nudos, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$= \text{Distorsión Nudos} = \left(\frac{\Delta_{\text{Desplazamiento}}}{\text{Altura de entrepisos}} \right)$$

Y en el piso N° 01 para hallar la distorsión se usa la siguiente fórmula:

$$= \text{Distorsión PISO 1} = \left(\frac{\text{Desplazamiento}_{\text{Piso 1}}}{\text{Altura de entrepisos} + \text{Profundidad de Desplante Zapata}} \right)$$

En las tablas del N°02 al N°05 se muestran los desplazamientos en x:

SISMO X PARA EL NUDO A

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	11.09 mm	0.001
2	9.06 mm	0.001
1	5.39 mm	0.001

TABLA N° 02

SISMO X PARA EL NUDO B

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	17.89 mm	0.001
2	14.61 mm	0.001
1	8.68 mm	0.002

TABLA N° 03

SISMO X PARA EL NUDO C

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	17.89 mm	0.001
2	14.61 mm	0.001
1	8.68 mm	0.002

TABLA N° 04

SISMO X PARA EL NUDO D

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	11.09 mm	0.001
2	9.06 mm	0.001
1	5.39 mm	0.001

TABLA N° 05

DETERMINACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN Y:

Hacemos el mismo procedimiento que para x solo cambiamos el desplazamiento.

En las tablas del N°06 al N°09 se muestran los desplazamientos en y:

SISMO Y PARA EL NUDO A

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	14.26	0.001
2	11.55	0.001
1	6.75	0.001

TABLA N° 06

SISMO Y PARA EL NUDO B

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	14.26	0.001
2	11.55	0.001
1	6.75	0.001

TABLA N° 07

SISMO Y PARA EL NUDO C

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	19.39	0.001
2	15.74	0.002
1	9.24	0.002

TABLA N° 08

SISMO Y PARA EL NUDO D

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	19.39	0.001
2	15.74	0.002
1	9.24	0.002

TABLA N° 09

De acuerdo a la Norma E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”, la distorsión de entre piso se calculará como el promedio de las distorsiones de los extremos de entrepiso, mostrándose en las tablas N°10 y N° 11.

DISTORSIÓN DE ENTREPISO EN X

PISO	DISTORSIÓN DEL EXTREMO A	DISTORSIÓN DEL EXTREMO B	DISTORSIÓN DEL EXTREMO C	DISTORSIÓN DEL EXTREMO D	DISTORSIÓN DE ENTREPISO	CUMPLE
3	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	SI
2	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	SI
1	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	SI

TABLA N° 10

DISTORSIÓN DE ENTREPISO EN Y

PISO	DISTORSIÓN DEL EXTREMO A	DISTORSIÓN DEL EXTREMO B	DISTORSIÓN DEL EXTREMO C	DISTORSIÓN DEL EXTREMO D	DISTORSIÓN DE ENTREPISO	CUMPLE
3	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	SI
2	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	SI
1	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	SI

TABLA N° 11

De los resultados obtenidos, se desprende que cumple dirección en X y en Y, así que no es necesario reforzar la estructura en ambas direcciones ya que cumple con lo dicho en el art. 5.2 **Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles**, de la norma E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” del RNE.

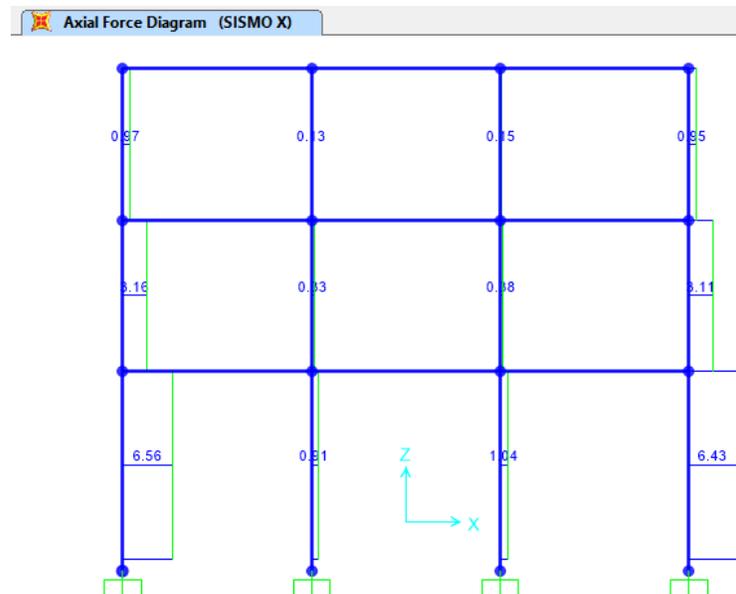
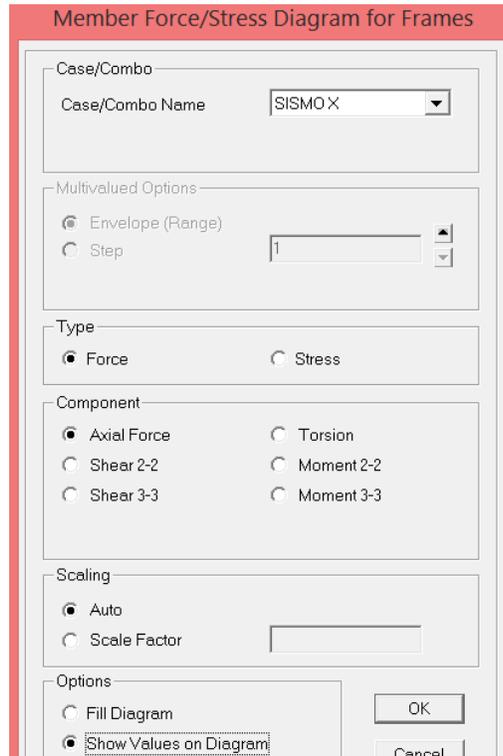
Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: Norma Técnica E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”

16. DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS DE DISEÑO:

DETERMINACIÓN DE MAYOR FUERZA AXIAL EN EL SISMO X:

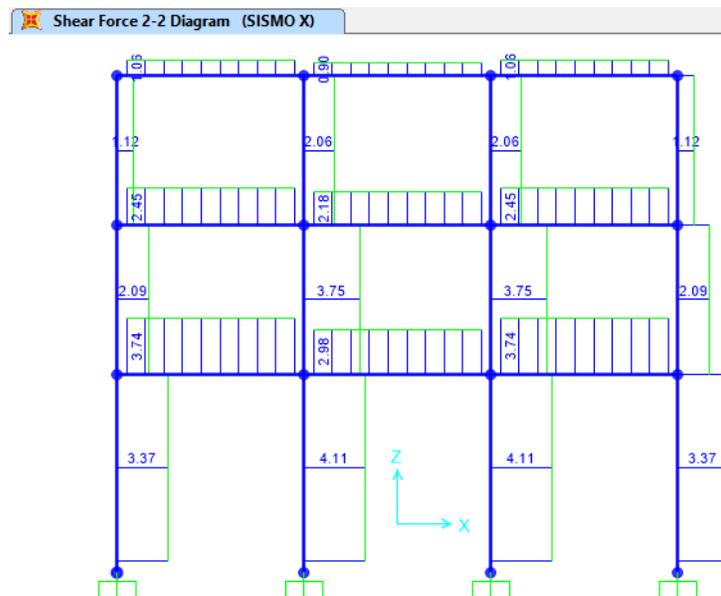
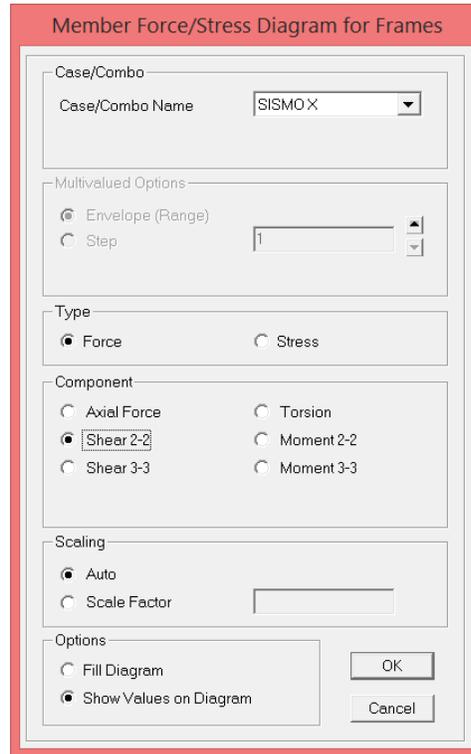
Trabajar en el pórtico xz (Para ver la fuerza Axial)—Clic en Show Forces / Stresses – Clic en Frames/Cables/Tendoms – Clic en Case /Combo Name – Desglosar—Clic en SISMO X – para fuerzas axiales (Axial force)– En options chequear Show Values on Diagram – Clic en OK.



La Fuerza Axial Mayor en el Sismo en dirección X es de 6.56 Tn.

DETERMINACIÓN DE LA MAYOR FUERZA CORTANTE EN EL SISMO X:

Trabajar en el pórtico xz (Para ver la fuerza Cortante)—Clic en Show Forces / Stresses – Clic en Frames/Cables/Tendoms – Clic en Case /Combo Name – Desglosar—Clic en SISMO X – para fuerzas cortantes (Shear 2-2)— En options chequear Show Values on Diagram – Clic OK.



La Fuerza Cortante Mayor en el Sismo en dirección X es de 4.11 Tn.

DETERMINACIÓN DEL MAYOR MOMENTO EN EL SISMO X:

Trabajar en el pórtico xz (Para ver los momentos)—Clic en Show Forces / Stresses -Clic en Frames/Cables//Tendoms – Clic en Case /Combo Name – Desglosar—Clic en SISMO X – para momentos (Moment 3-3)- En options chequear Show Values on Diagram – Clic OK.

Member Force/Stress Diagram for Frames

Case/Combo
Case/Combo Name: SISMO X

Multivalued Options
 Envelope (Range)
 Step: 1

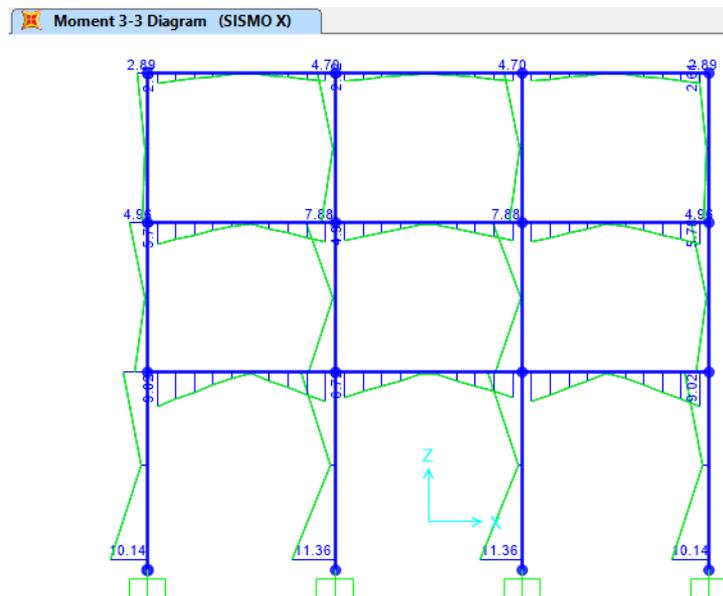
Type
 Force
 Stress

Component
 Axial Force
 Shear 2-2
 Shear 3-3
 Torsion
 Moment 2-2
 Moment 3-3

Scaling
 Auto
 Scale Factor

Options
 Fill Diagram
 Show Values on Diagram

OK
Cancel



El Momento Mayor en el Sismo en dirección X es de 11.36 Tn.

DETERMINACIÓN DE MAYOR FUERZA AXIAL EN EL SISMO Y:

Trabajar en el pórtico xz (Para ver la fuerza Axial) -Clic en Show Forces / Stresses – Clic en Frames/Cables/Tendoms – Clic en Case /Combo Name – Desglosar—Clic en SISMO Y – para fuerzas axiales (Axial force)– En options chequear Show Values on Diagram – Clic OK.

Member Force/Stress Diagram for Frames

Case/Combo
Case/Combo Name: SISMO Y

Multivalued Options
 Envelope (Range)
 Step

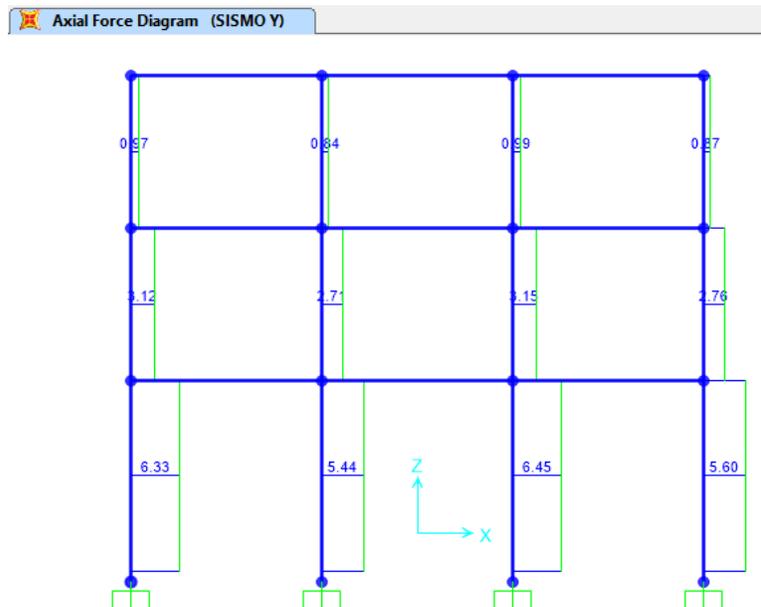
Type
 Force
 Stress

Component
 Axial Force
 Torsion
 Shear 2-2
 Moment 2-2
 Shear 3-3
 Moment 3-3

Scaling
 Auto
 Scale Factor

Options
 Fill Diagram
 Show Values on Diagram

OK Cancel



La Fuerza Axial Mayor en el Sismo en dirección X es de 6.45 Tn.

DETERMINACIÓN DE LA MAYOR FUERZA CORTANTE EN EL SISMO Y:

Trabajar en el pórtico yz (Para ver la fuerza Cortante) -Clic en Show Forces / Stresses - Clic en Frames/Cables/Tendoms – Clic en Case /Combo Name – Desglosar—Clic SISMO Y – para fuerzas cortantes (Shear 3-3)– En options chequear Show Values on Diagram – Clic OK.

Member Force/Stress Diagram for Frames

Case/Combo
Case/Combo Name: SISMO Y

Multivalued Options
 Envelope (Range)
 Step: 1

Type
 Force
 Stress

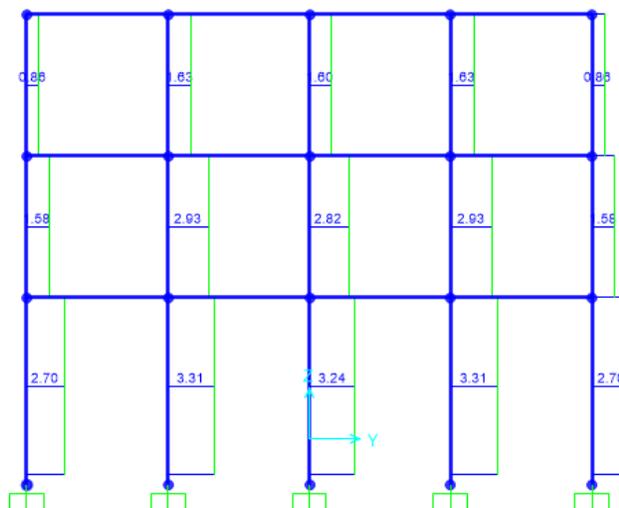
Component
 Axial Force
 Torsion
 Shear 2-2
 Moment 2-2
 Shear 3-3
 Moment 3-3

Scaling
 Auto
 Scale Factor

Options
 Fill Diagram
 Show Values on Diagram

OK Cancel

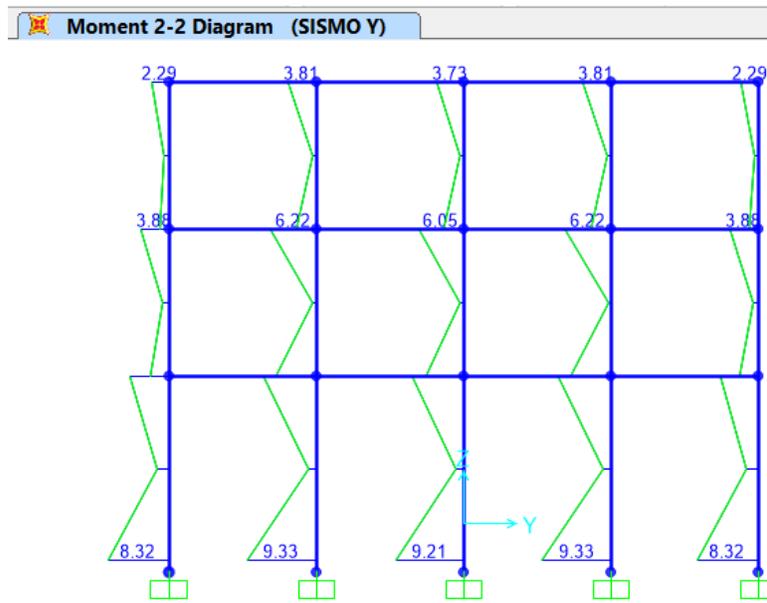
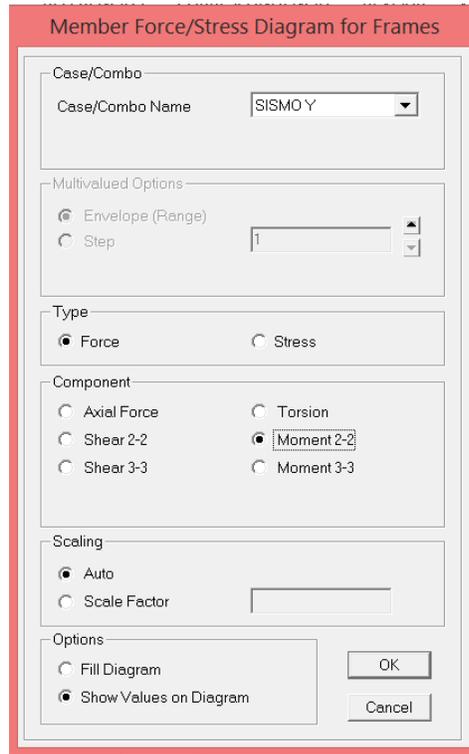
Shear Force 3-3 Diagram (SISMO Y)



La Mayor Fuerza Cortante en el Sismo en dirección Y es de 3.31 Tn.

DETERMINACIÓN DEL MAYOR MOMENTO EN EL SISMO Y:

Trabajar en el pórtico yz (Para ver los momentos)—Clic en Show Forces / Stresses – Clic en Frames/Cables/Tendoms – Clic en Case /Combo Name – Desglosar—Clic en SISMO Y – para momentos (Moment 2-2)– En options chequear Show Values on Diagram – Clic OK.



El Momento Mayor en el Sismo en dirección Y es de 9.33 Tn.

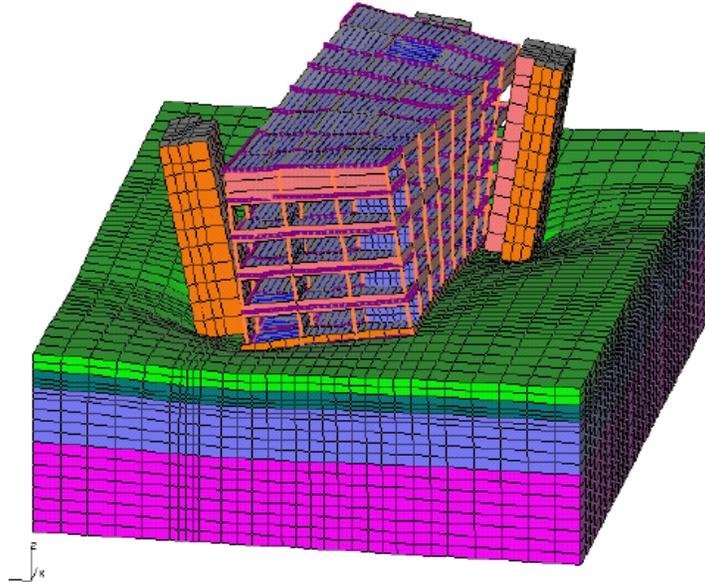
Las fuerzas internas Máximas, se muestran en la tabla N°12

FUERZA INTERNA	SISMO X	SISMO Y
Nmáx	6.56 Tn	6.45 Tn
Vmáx	4.11 Tn	3.31 Tn
Mmáx	11.36 Tn	9.33 Tn

TABLA N° 12

III.VIII. ANALISIS DINÁMICO CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA:

La interacción suelo estructura es un trabajo conjunto entre Suelo – Cimentación y Superestructura, es un trabajo más real y cumple los fines de la Ingeniería Sismorresistente, el suelo no es empotrado y ya no es un factor sino un elemento de cálculo.

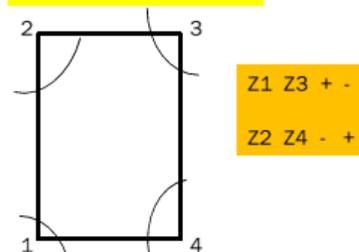


Para ello la ISE Interacción suelo estructura tiene 2 tendencias:

- **GEOTECNIA:**
Se maneja mediante un comité (TC 207) de la Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos, que modela con elementos sólidos, mediante los programas: FEM MODELS, PLAXIS, FOUNDATION 3D, ANSYS, NASTRAN, ETC. Pero el cálculo demora demasiado incluso llega a tarda días.
- **ESTRUCTURAL:**
Se maneja mediante normas de diseño, que modela con coeficientes de rigidez equivalentes, mediante los programas: SAP 2000, ETABS, ETC. El cálculo demora unos segundos y es el más utilizado (Ya que el cálculo equivalente es muy similar al resultado con la tendencia de Geotecnia).

El análisis con Interacción Suelo Estructura ayuda a determinar fallas a priori como Alabeo en losas.

ALABEO EN LOSAS



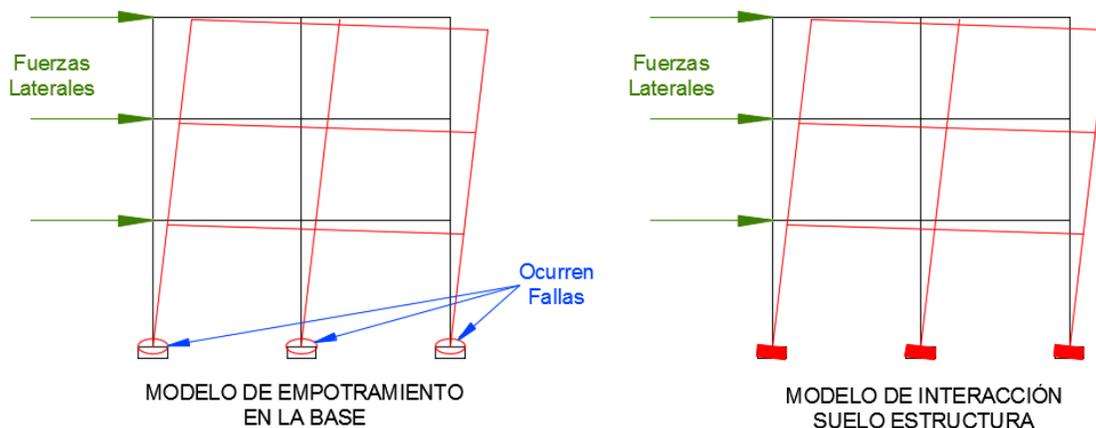
- SE DETERMINA CON EXACTITUD LA UBICACIÓN DE LAS ROTULAS PLASTICAS EN COLUMNAS (PUEDE GENERAR COLAPSO O DAÑO INESPERADO)

ROTULA PLASTICA (ALTA CONCENTRACION DE ESFUERZOS)

$K_{.col} > K_{.viga}$

EVITA UNA RAPIDA APARICION DE ROTURA PLASTICA

En la Interacción Suelo Estructura ISE la estructura simula un comportamiento real del Sismo, para ello vamos a hacer una comparación entre empotramiento perfecto y con interacción Suelo Estructura.



Para el modelo de empotramiento en la base, en teoría cuando haya una fuerza lateral, la cimentación no va desplazarse, lo que podría generar una falla al nivel de conexión entre la zapata y la columna.

Para el modelo de Interacción Suelo Estructura, todo gira debido a la fuerza lateral, consecuentemente ya no ocurre la fractura en el nivel de conexión entre la zapata y la columna, de ahí se determina que la cimentación en un Sismo es **Infinitamente Rígida** (Para que se produzcan los giros).

Es así que para el uso de programas computacionales se recomienda valores altos para el módulo de elasticidad y módulo de Poisson de las zapatas.

MATERIAL

E zapata = 9.10e8T/m2

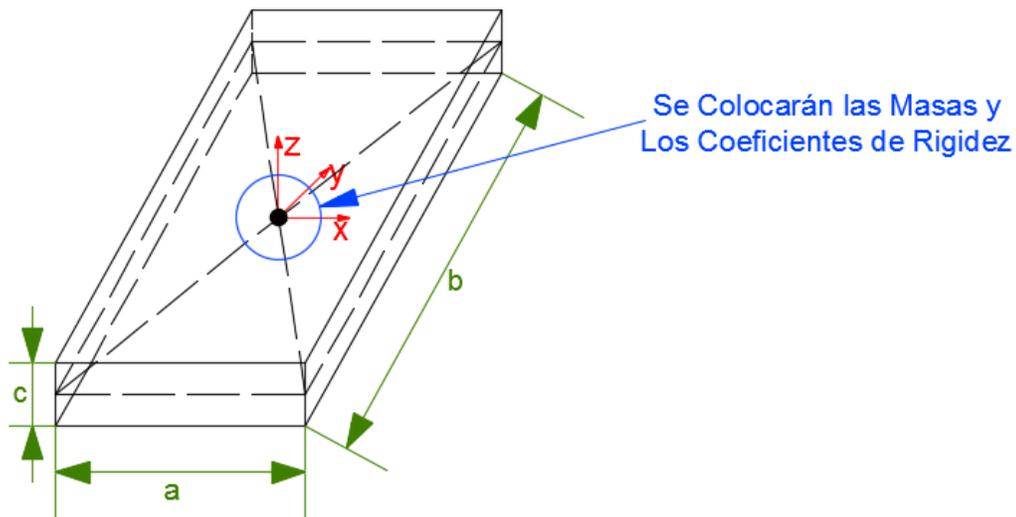
μ zapata = 0,05

Zapata se modela como infinitamente rígido

Para el cálculo de masas en un empotramiento perfecto tengo 6 **restricciones** ($U_x, U_y, U_z, R_x, R_y, R_z$), pero en Interacción suelo estructura esas restricciones pasan a ser **Grados de Libertad** ($U_x, U_y, U_z, R_x, R_y, R_z$). Y para calcular las masas hay dos tipos uno trabajando con Zapatas Aisladas (Trabajan como Paralelepipedo Rectangular) y Plateas de cimentación (Trabajan como Lamina Rectangular Delgada).

En nuestro proyecto estamos trabajando con Zapatas Aisladas y las masas se calculan de la siguiente manera.

III.VIII.I. ZAPATAS AISLADAS: (Paralelepípedo Rectangular)



Las Masas Traslacionales y Rotacionales deben asignarse en el centroide de cada zapata y, en este caso, son iguales para todas las zapatas: ($M_x, M_y, M_z, M_{\phi x}, M_{\phi y}, M_{\psi z}$) y los coeficientes de rigidez que también se deben asignar al centroide de cada zapata son ($K_x, K_y, K_z, M_{\phi x}, M_{\phi y}, M_{\psi z}$).

Utilizando los conceptos de la dinámica estructural las masas se calculan de la siguiente manera:

$$M_t = M_x = M_y = M_z = \left(\frac{P_{ZAPATA}}{g} \right) = \left(\frac{\gamma \cdot a \cdot b \cdot c}{g} \right) (\text{Tn.s}^2/\text{m})$$

$$M_{\phi x} = M_t \times \left(\frac{c}{2} \right)^2 + \frac{M_t \times (b^2 + c^2)}{12} (\text{Tn.s}^2.\text{m})$$

$$M\varphi_y = M_t \times \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \frac{M_t \times (a^2 + c^2)}{12} \text{ (Tn.s}^2\text{.m)}$$

$$M\varphi_z = \frac{M_t \times (a^2 + b^2)}{12} \text{ (Tn.s}^2\text{.m)}$$

Donde:

a, b, c : Dimensiones de la Zapata Aislada

M_t, M_x, M_y, M_z : Masas Traslacionales en los ejes x, y, z.

M_{φ_x}, M_{φ_y}, M_{φ_z} : Masas Rotacionales en los ejes x, y, z.

Para calcular los coeficientes de Rigidez del suelo hay diferentes modelos dinámicos, para nuestro proyecto propusimos trabajar con el modelo dinámico de D.D. BARKAN – O.A. SAVINOV

III.VIII.II. MODELO DINAMICO D.D. BARKAN – O.A. SAVINOV:

Como resultado de muchas investigaciones experimentales para determinar los coeficientes de rigidez de las cimentaciones, el científico ruso D.D. Barkan determino el cálculo de los coeficientes de la siguiente manera, Para esto se utilizó el texto de “Interacción Suelo Estructura en Edificaciones con Zapatas Aisladas” – Dr Genner Villareal Castro (Libro Premio Nacional ANR 2006) . .

Para utilizar el modelo dinámico es necesario primero calcular:

III.VIII.III. PRESIÓN ESTÁTICA:

La presión estática para una Zapata Aislada (Utilizada en el Proyecto) es:

$$\rho = \frac{Peso_{Edif}^{Tribut} + P_{Zapata}}{A_{Zapata}} \text{ (Kgf/cm}^2\text{)}$$

Fuente: Ing. Ph. Genner Villareal Castro

III.VIII.II.II. COEFICIENTE DE BALASTO INICIAL (C_0):

Es un coeficiente determinado a través de experimentos realizadas para $\rho = \rho_0$

También se pueden usar los valores del coeficiente C_0 cuando $\rho_0 = 0,2 \text{ kg/cm}^2$, elegidos de acuerdo al tipo de suelo de la base de fundación, a través de la tabla 2.1.

Tabla 2.1

Tipo de perfil	Característica de la base de fundación	Suelo	$C_0 (\text{kg/cm}^2)$
S1	Roca o suelos muy rígidos	Arcilla y arena arcillosa dura ($I_L < 0$)	3,0
		Arena compacta ($I_L < 0$)	2,2
		Cascajo, grava, canto rodado, arena densa	2,6
S2	Suelos intermedios	Arcilla y arena arcillosa plástica ($0,25 < I_L \leq 0,5$)	2,0
		Arena plástica ($0 < I_L \leq 0,5$)	1,6
		Arena pulverosa medio densa y densa ($e \leq 0,80$)	1,4
		Arenas de grano fino, mediano y grueso, independientes de su densidad y humedad	1,8
S3	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad ($0,5 < I_L \leq 0,75$)	0,8
		Arena plástica ($0,5 < I_L \leq 1$)	1,0
		Arenas pulverosa, saturada, porosa ($e > 0,80$)	1,2
S4	Condiciones excepcionales	Arcilla y arena arcillosa muy blanda ($I_L > 0,75$)	0,6
		Arena movediza ($I_L > 1$)	0,6

Fuente: Interacción Suelo Estructura en edificaciones con Zapatas Aisladas Ing Genner Villareal Castro

Por consiguiente el Coeficiente de Balasto Inicial es:

$$\rho_0 = 0.2 \text{ Kg/cm}^2 \quad C_0 = 2.6 \text{ Kg/cm}^3$$

III.VIII.II.III. COEFICIENTE D_0 :

Para el coeficiente D_0 , como se mostraron en los experimentos, se puede utilizar la dependencia empírica:

$$D_0 = \frac{1-\mu}{1-0.5\mu} \times C_0 \text{ (Kg/cm}^3\text{)}$$

Fuente: Fórmula (2.7) del texto Interacción Suelo Estructura en edificaciones con Zapatas Aisladas Ing Ph. D Genner Villareal Castro

Donde:

μ = Poisson del Suelo

III.VIII.II.IV. DETERMINACION DE COEFICIENTES DE COMPRESION Y DESPLAZAMIENTO:

La forma final para determinar los coeficientes de compresión y desplazamiento de la base en el modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov es:

$$C_X = C_Y = D_0 \times \left[1 + \frac{2x(a+b)}{\Delta A} \right] \times \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

$$C_Z = C_0 \times \left[1 + \frac{2x(a+b)}{\Delta A} \right] \times \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

$$C_{\phi X} = C_0 \times \left[1 + \frac{2x(a+3b)}{\Delta A} \right] \times \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

$$C_{\phi Y} = C_0 \times \left[1 + \frac{2x(b+3a)}{\Delta A} \right] \times \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

Fuente: Fórmula (2.6) del texto Interacción Suelo Estructura en edificaciones con Zapatas Aisladas Ing Ph. D Genner Villareal Castro

Donde:

C_X : Coeficiente de Desplazamiento Elástico uniforme en X

C_Y : Coeficiente de Desplazamiento Elástico uniforme en Y

C_Z : Coeficiente de Compresión Elástica uniforme y no uniforme en Z

$C_{\phi X}$: Coeficiente de Compresión Elástica uniforme y no uniforme en X

$C_{\phi Y}$: Coeficiente de Compresión Elástica uniforme y no uniforme en Y

Δ : Coeficiente empírico de corrección de la unidad (1 m^{-1})

A : Área Zapata

III.VIII.II.V.DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES DE RIGIDEZ:

Según el modelo de D.D. Barkan, los coeficientes se determinan de la siguiente manera:

$$K_x = K_y = C_x \cdot A \quad (\text{Tn/m})$$

$$K_z = C_z \cdot A \quad (\text{Tn/m})$$

$$K_{\phi x} = C_{\phi x} \cdot I_x \quad (\text{Tn} \cdot \text{m})$$

$$K_{\phi y} = C_{\phi y} \cdot I_y \quad (\text{Tn} \cdot \text{m})$$

$$I_x = \frac{a \times b^3}{12} \quad I_y = \frac{b \times a^3}{12}$$

Donde:

K_x, K_y : Coeficientes de Rigidez de Traslación Elástica Uniforme

K_z : Coeficientes de Rigidez de Compresión Elástica Uniforme y no Uniforme.

$K_{\phi x}, K_{\phi y}$: Coeficientes de Rigidez de Compresión Elástica Uniforme y no Uniforme alrededor de los ejes x, y.

III.VIII.III. PROCESAMIENTO DEL ANÁLISIS DINÁMICO ESTRUCTURAL CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA:

III.VIII.III.I. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES PREVIOS AL ANÁLISIS COMPUTACIONAL CONSIDERANDO ISE:

A. DETERMINACIÓN DE MASAS A NIVEL DE ENTREPISOS EN NUESTRA ESTRUCTURA:

Piso 3:

$$M_{T3} = \left(\frac{P_{Piso}}{g} \right) = \left(\frac{138.01}{9.81} \right) = 14.068 (\text{Tn} \cdot \text{s}^2/\text{m})$$

$$M_{RZ} = \frac{M_T \cdot (a^2 + b^2)}{12} = \frac{14.068 \cdot (15.5^2 + 16.45^2)}{12} = 598.889 (\text{Tn} \cdot \text{s}^2/\text{m})$$

Piso 2:

$$M_{T3} = \left(\frac{P_{Piso}}{g} \right) = \left(\frac{157.82}{9.81} \right) = 16.088 (\text{Tn} \cdot \text{s}^2/\text{m})$$

$$M_{RZ} = \frac{M_T \cdot (a^2 + b^2)}{12} = \frac{16.088 \cdot (15.5^2 + 16.45^2)}{12} = 684.882 (\text{Tn} \cdot \text{s}^2/\text{m})$$

Piso 1:

$$M_{T3} = \left(\frac{P_{Piso}}{g} \right) = \left(\frac{157.82}{9.81} \right) = 16.088 (\text{Tn} \cdot \text{s}^2/\text{m})$$

$$M_{RZ} = \frac{M_T \cdot (a^2 + b^2)}{12} = \frac{16.088 \cdot (15.5^2 + 16.45^2)}{12} = 684.882 (\text{Tn.s}^2/\text{m})$$

B. FACTOR DE ESCALA:

$$Z = 0.45 \text{ (Trujillo)}$$

$$U = 1.5 \text{ (Unidad Educativa)}$$

$$S = 1.00 \text{ (Suelo } S_1 \text{ y Zona 4)}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$R = R_0 \times I_a \times I_p = 8 \times 1.0 \times 1.0$$

$$F.E. = \left(\frac{Z U g S}{R} \right) = \left(\frac{0.45 \times 1.5 \times 9.81 \times 1.00}{8} \right) = 0.82772$$

C. EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL:

$$e_x = 0.05 \times 15.5 = 0.78 \text{ m}$$

$$e_y = 0.05 \times 16.45 = 0.82 \text{ m}$$

D. DETERMINACIÓN DE LAS MASAS DE LAS ZAPATAS:

$$M_t = M_x = M_y = M_z = \left(\frac{2.4 \cdot 1.7 \cdot 1.6 \cdot 0.6}{9.81} \right) = 0.399 (\text{Tn.s}^2/\text{m})$$

$$M_{\varphi x} = 0.399 \times \left(\frac{0.6}{2} \right)^2 + \frac{0.399 \times (1.6^2 + 0.6^2)}{12} = 0.133 (\text{Tn.s}^2.\text{m})$$

$$M_{\varphi y} = 0.399 \times \left(\frac{0.6}{2} \right)^2 + \frac{0.399 \times (1.7^2 + 0.6^2)}{12} = 0.144 (\text{Tn.s}^2.\text{m})$$

$$M_{\psi z} = \frac{0.399 \times (1.7^2 + 1.6^2)}{12} = 0.181 (\text{Tn.s}^2.\text{m})$$

III.VIII.III.II. DETERMINACIÓN DE RIGIDEZ POR EL MODULO DE D.D. BARKAN:

E. PRESIÓN ESTÁTICA:

$$\rho = \frac{138010 + 2X(157820) + 20 \times 2400 \times 1.7 \times 1.6 \times 0.6}{20 \times 170 \times 160} = 0.978 (\text{Kgf/cm}^2)$$

F. COEFICIENTE D₀:

Para el coeficiente D₀, como se mostraron en los experimentos, se puede utilizar la dependencia empírica:

$$D_0 = \frac{1 - 0.35}{1 - 0.5 \times 0.35} \times 2.6 = 2.048 (\text{Kg/cm}^3)$$

G. DETERMINACION DE COEFICIENTES DE COMPRESION Y DESPLAZAMIENTO:

La forma final para determinar los coeficientes de compresión y desplazamiento de la base en el modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov es:

$$C_X = C_Y = 2.048 \times \left[1 + \frac{2x(1.7+1.6)}{1 \times 1.7 \times 1.6} \right] \times \sqrt{\frac{0.978}{0.2}} = 15.518(\text{kg/cm}^3) = 15518 (\text{Tn/m}^3)$$

$$C_Z = 2.6 \times \left[1 + \frac{2x(1.7+1.6)}{1 \times 1.7 \times 1.6} \right] \times \sqrt{\frac{0.978}{0.2}} = 19.700(\text{kg/cm}^3) = 19700 (\text{Tn/m}^3)$$

$$C_{\varphi X} = 2.6 \times \left[1 + \frac{2x(1.7+3x1.6)}{1 \times 1.7 \times 1.6} \right] \times \sqrt{\frac{0.978}{0.2}} = 33.229(\text{kg/cm}^3) = 33229 (\text{Tn/m}^3)$$

$$C_{\varphi Y} = 2.6 \times \left[1 + \frac{2x(1.6+3x1.7)}{1 \times 1.7 \times 1.6} \right] \times \sqrt{\frac{0.978}{0.2}} = 34.074(\text{kg/cm}^3) = 34074 (\text{Tn/m}^3)$$

H. DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES DE RIGIDEZ:

$$K_X = K_Y = 15518 \times 1.7 \times 1.6 = 42208.96 (\text{Tn/m})$$

$$K_Z = 19700 \times 1.7 \times 1.6 = 53584.00 (\text{Tn/m})$$

$$K_{\varphi X} = 33229 \times \frac{1.7 \times 1.6^3}{12} = 19281.681(\text{Tn} \cdot \text{m})$$

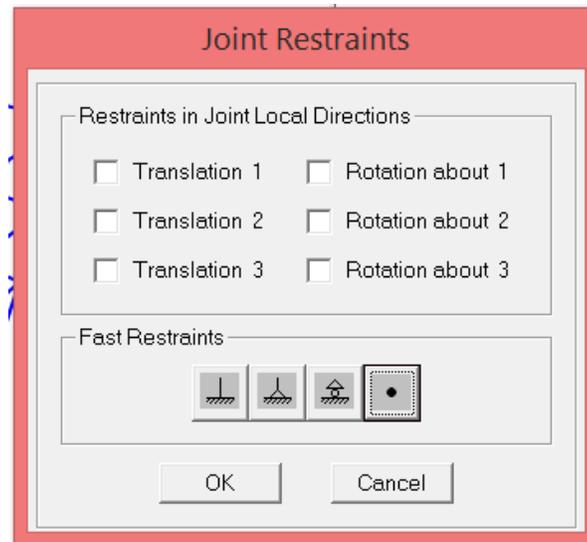
$$K_{\varphi Y} = 34074 \times \frac{1.6 \times 1.7^3}{12} = 22320.742(\text{Tn} \cdot \text{m})$$

III.VIII.III.III. ANÁLISIS Y MODELADO DE LA ESTRUCTURA EN EL PROGRAMA SAP 2000 V.16:

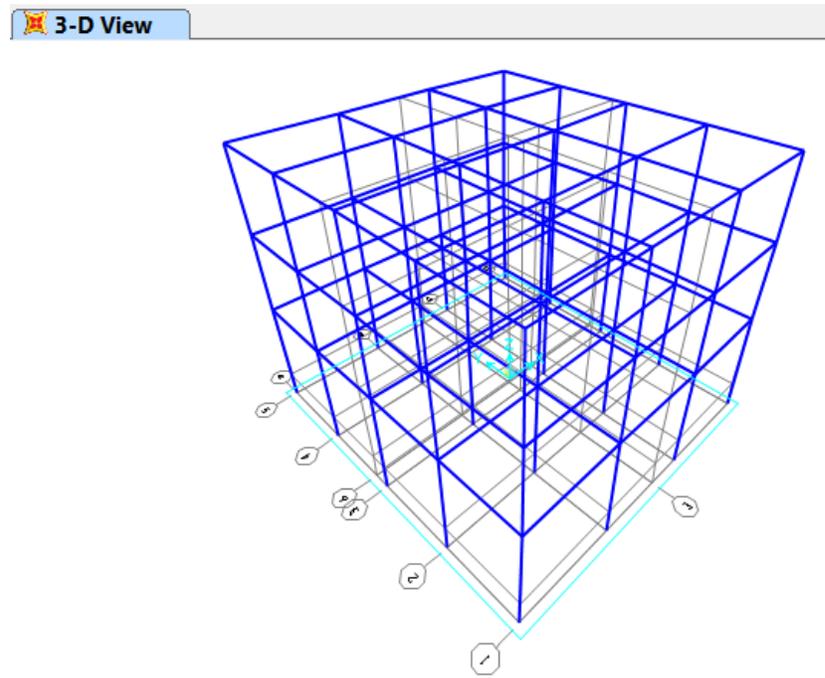
Análisis considerando Interacción Suelo Estructura.

La primera diferencia en el modelado por SAP será que en la estructura la cimentación se modela como estructura libre, no tiene empotramiento, Porque ahí se colocará las Zapatas en el SAP.

Primero seleccionar la base de la estructura y quitarle las restricciones como en la siguiente figura.



Quedando la estructura de la siguiente manera.

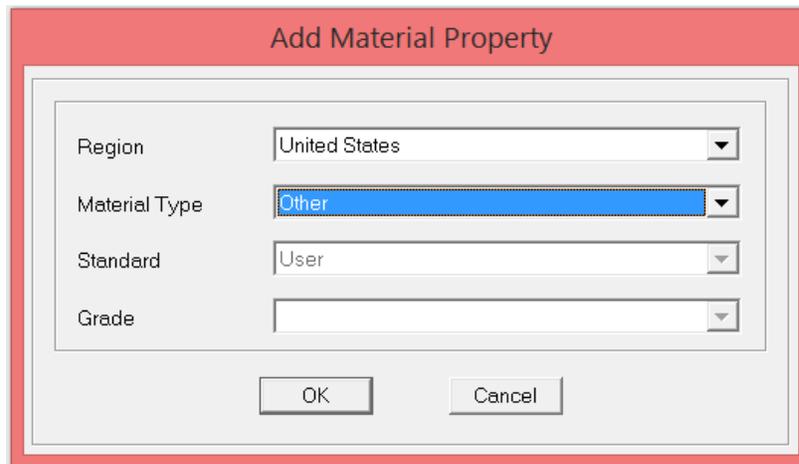


Se define los materiales y las estructuras, también se define los centros de masa, también se asignan los brazos rígidos, también se asignan restricciones en el centro de masas, Se genera los diafragmas rígidos, se asignan las masas en cada uno de los nudos del centro de masas por cada piso, también se define el espectro de respuesta y se configura el programa para hacer el análisis modal , se genera el factor de amplificación del desplazamiento en los ejes x, y **TODO ESTO SE HACE DE IGUAL MANERA QUE EN EL ANALISIS DINAMICO SIN CONSIDERAR INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA.**

Pero en este caso tenemos que agregar las zapatas en el programa SAP 2000 V16, para asignar en sus centroides los coeficientes de rigidez determinados por el modelo dinámico de D. D. BARKAN, además de asignar sus respectivas masas, entonces se hace el siguiente procedimiento.

1. GENERACIÓN DE LAS ZAPATAS EN EL PROGRAMA SAP 2000

Definir primero el material, debiendo tomar en cuenta que será infinitamente rígido, Clic en Define – Clic en Materials – Clic en Add New Material – Clic en Material Type y escoger Other – Clic en Ok



En material Name colocar el nombre de INF. RÍGIDO y colocar las características antes planteadas, para que la zapata se comporte como infinitamente rígido $E= 9E8$ y $\mu=0.05$

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: INF. RIGIDO

Material Type: Other

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 0

Mass per Unit Volume: 0.

Units: Tonf. m. C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 9E8

Poisson's Ratio, U: 0.05

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 3.462E+08

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

2. DEFINICIÓN DE LA SECCION Y ENTRADA DE LAS ZAPATAS EN EL SAP2000:

Clic en Define – Clic en Section Properties – Clic en Area Sections – Clic en Add New Section – En Section Name Poner de nombre Zapata – Cambiar el type a Shell Thick – En ticknees Cambiar Membrane y Bending a 0.6 (Alto de la zapata) – Cambiar el material a INF RIGIDO – Clic en OK.

Shell Section Data

Section Name ZAPATA

Section Notes

Display Color

Type

Shell - Thin

Shell - Thick

Plate - Thin

Plate Thick

Membrane

Shell - Layered/Nonlinear

Material

Material Name + INF. RIGIDO

Material Angle 0.

Thickness

Membrane 0.6

Bending 0.6

Concrete Shell Section Design Parameters

Stiffness Modifiers

Temp Dependent Properties

Luego editar las grillas para asignar las zapatas en la estructura.

Para ello al nudo A, le sumamos y restamos los valores de la mitad de la zapata, es decir:

En X, Nudo A = -7.5 Longitud de la zapata en X = 1.7 m entonces:

$$\text{Nudo F} = -7.5 - \frac{1.7}{2} = -8.35 \quad \text{Nudo G} = -7.5 + \frac{1.7}{2} = -6.65$$

En Y, Nudo 1 = -8.0 Longitud de la zapata en X = 1.6 m entonces:

$$\text{Nudo 7} = -8 - \frac{1.6}{2} = -8.8 \quad \text{Nudo 8} = -8 + \frac{1.6}{2} = -7.2$$

Define Grid System Data

Edit Format

System Name: GLOBAL Units: Tonf. m. C Grid Lines: Quick Start...

X Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	A	-7.5	Primary	Show	End	
2	B	-2.5	Primary	Show	End	
3	E	0.78	Primary	Show	Start	
4	C	2.5	Primary	Show	End	
5	D	7.5	Primary	Show	End	
6	F	-8.35				
7	G	-6.65				
8						
9						

Y Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	1	-8.	Primary	Show	Start	
2	2	-4.	Primary	Show	Start	
3	3	0.	Primary	Show	Start	
4	6	0.83	Primary	Show	Start	
5	4	4.	Primary	Show	Start	
6	5	8.	Primary	Show	Start	
7	7	-8.8				
8	8	-7.2				
9						

Z Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	Z5	-1.3	Primary	Show	Start	
2	Z1	0.	Primary	Show	End	
3	Z2	4.	Primary	Show	End	
4	Z3	8.	Primary	Show	End	
5	Z4	12.	Primary	Show	End	

Grid Lines: Quick Start...

Display Grids as: Ordinates Spacing

Hide All Grid Lines

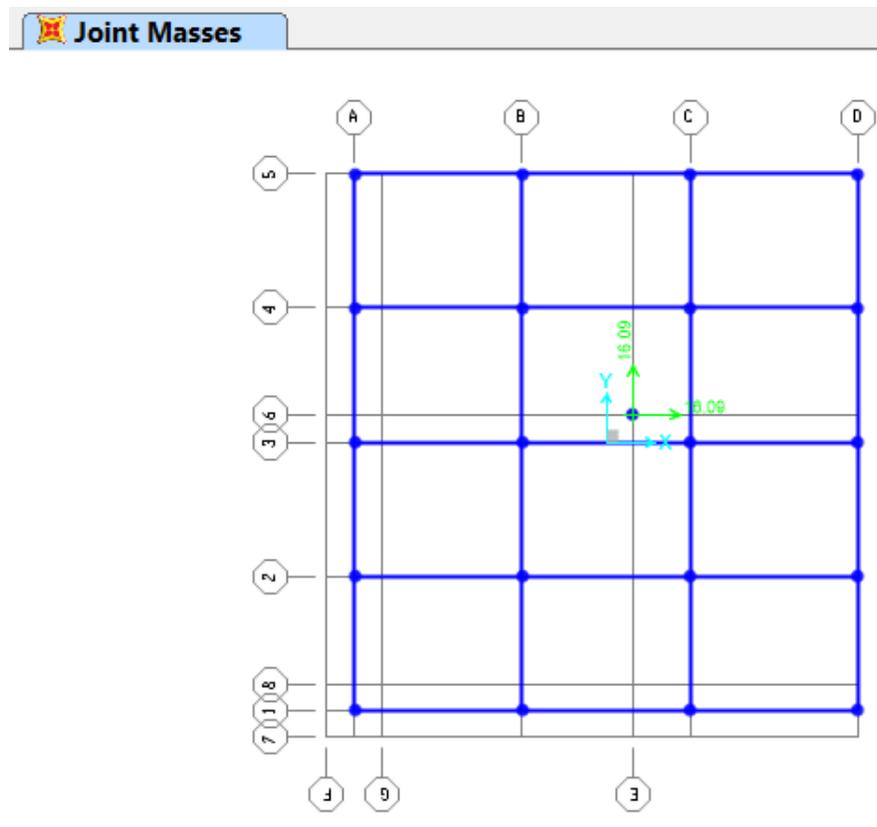
Glue to Grid Lines

Bubble: 1.

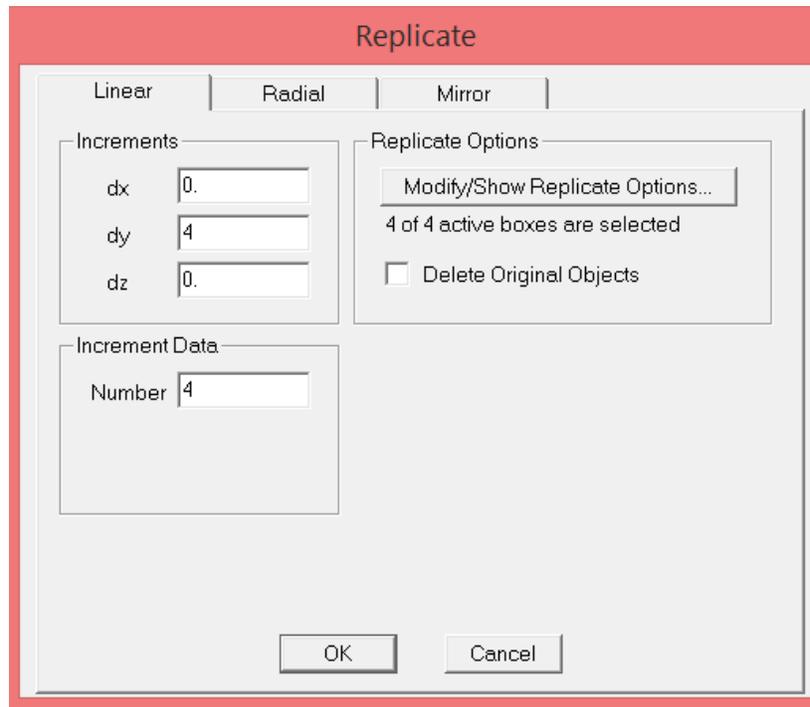
Reset to Default Color

Reorder Ordinates

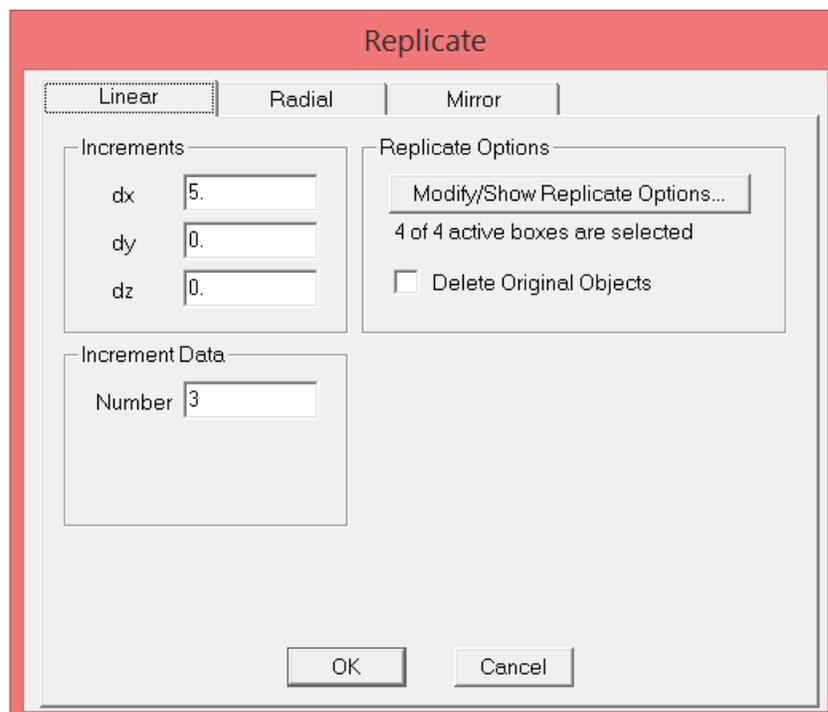
Quedando las grillas de la siguiente manera, en ese lugar se ubicará la zapata:



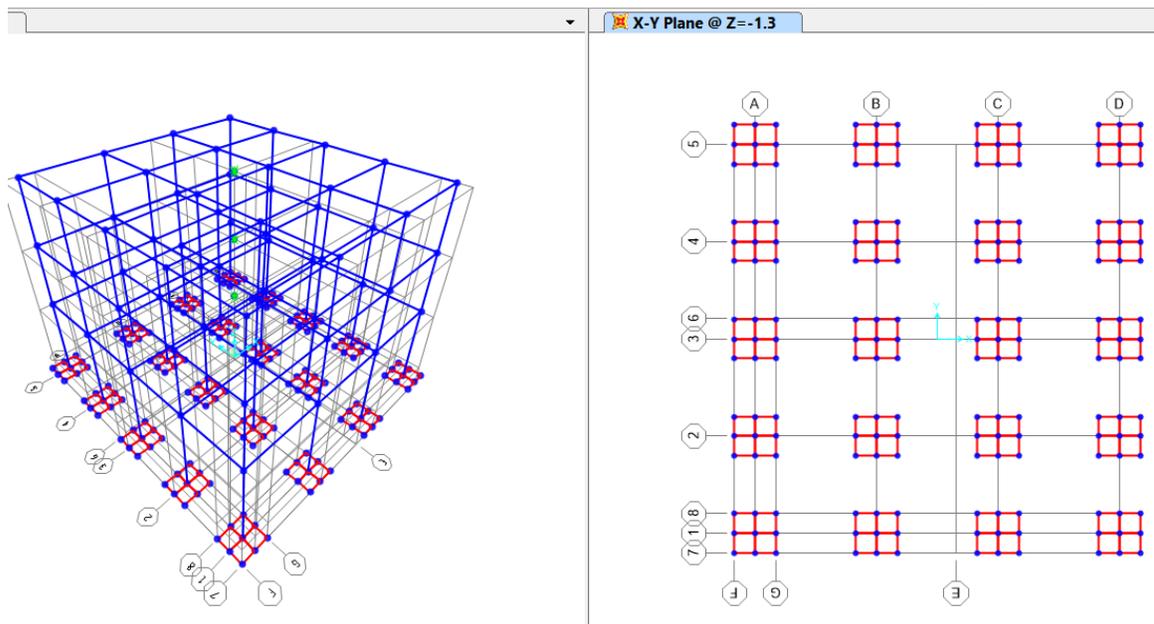
Para replicar la zapata en el eje Y –Clic en Quick Draw Area – Clic en cada sección de la Zapata – Seleccionamos la Zapata –Clic en Edit – Clic en Replicate (Así se copia la zapata en el eje y).



Luego hacer el mismo procedimiento en el eje X.

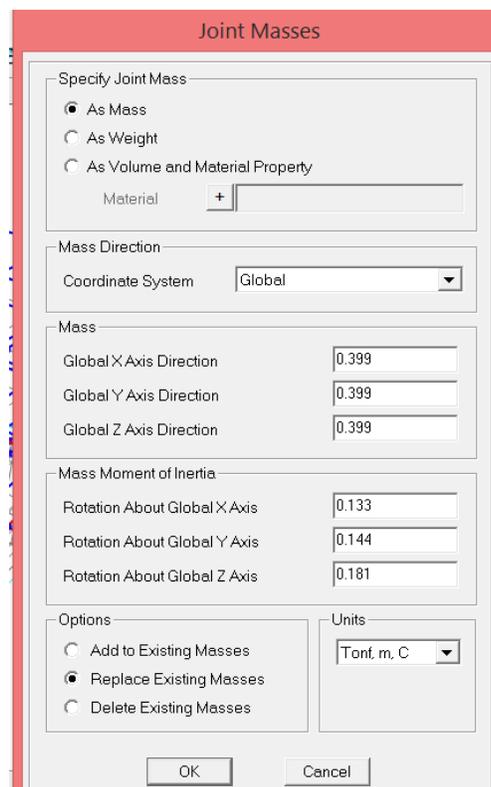


Y la estructura se verá de la siguiente forma:



3. ASIGNACIÓN DE MASAS EN LOS CENTROIDES DE LAS ZAPATAS

Asignar la masa por cada zapata, previamente calculada – Clic en Assign – Clic en Joint – Masses y colocamos las masas.



4. ASIGNACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE RÍGIDEZ CALCULADOS POR EL MODELO DINÁMICO DE D. D. BARKAN:

Para colocar los coeficientes de Rigidez calculados previamente por el modelo dinámico de D. D. Barkan, Seleccionar los centroides de las zapatas – Clic en Assign – Clic en Joint – Clic en Springs – Cambiar las coordenadas a global – y Colocar los coeficientes de Rigidez.

Joint Springs

Spring Direction

Coordinate System GLOBAL

Spring Stiffness

Translation Global X 42208.96

Translation Global Y 42208.96

Translation Global Z 53584

Rotation about Global X 19281.681

Rotation about Global Y 22320.742

Rotation about Global Z 0.

Options

Add to Existing Springs

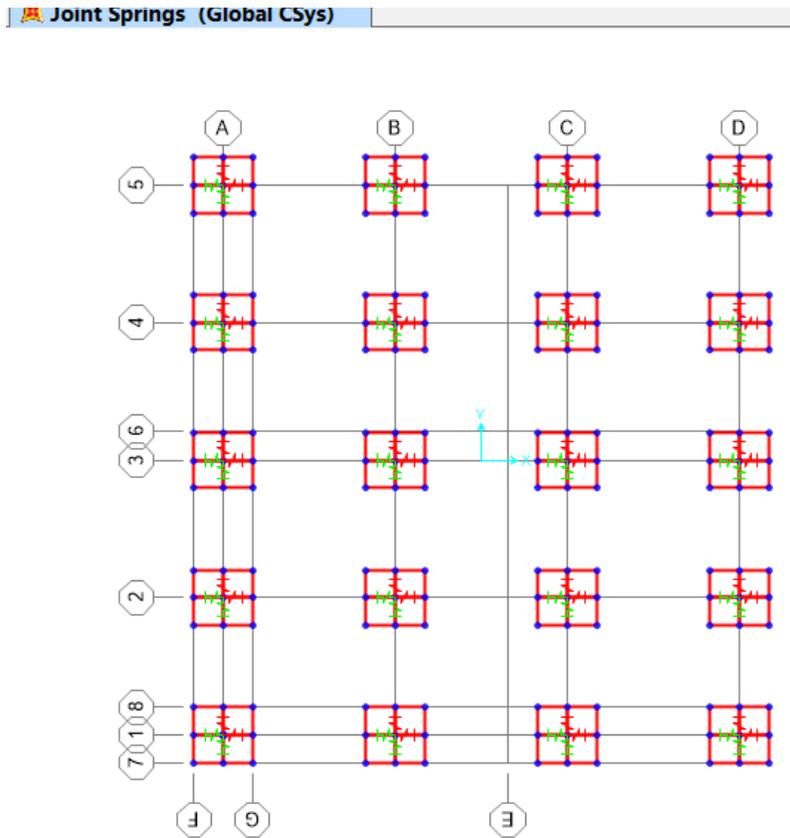
Replace Existing Springs

Delete Existing Springs

Advanced...

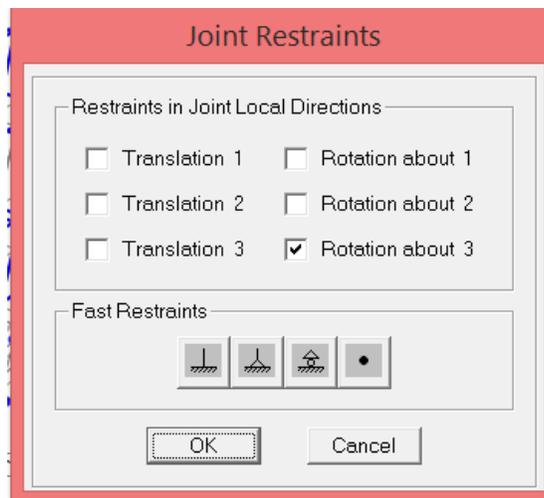
OK Cancel

Quedando la estructura de la siguiente manera:

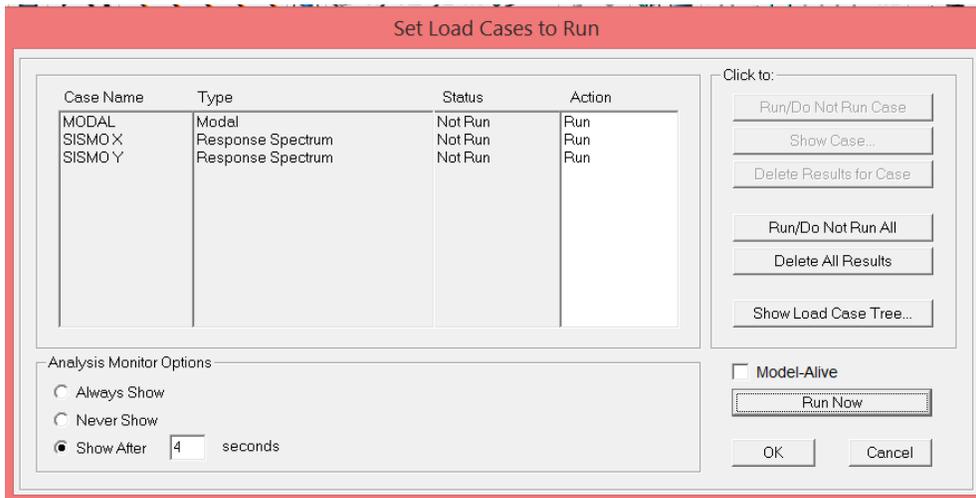


5. ASIGNACIÓN DE LA RESTRICCIÓN DE ROTACIÓN EN Z EN LA ZAPATA:

Seleccionar los centroides de las zapatas y asignar la restricción para la rotación en z.

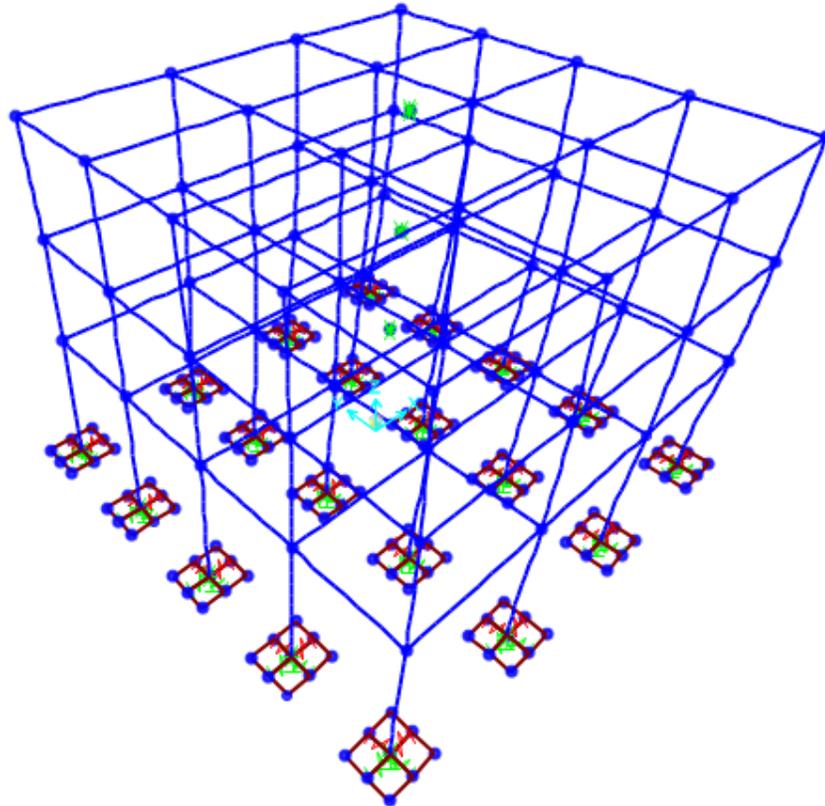


6. CORRIDA DEL PROGRAMA CON EL ANÁLISIS DINÁMICO CON INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA:



El primer modo sale:

 **Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 0.70665; f = 1.41513**



7. DETERMINACIÓN DE LOS MODOS DE VIBRACIÓN CON EL ANÁLISIS DINÁMICO CON INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA:

Luego de hacer el modelado por cada modo se arma el siguiente Cuadro de Modos determinados por el programa SAP 2000V16, utilizando el modelo Dinámico de D.D.BARKAN

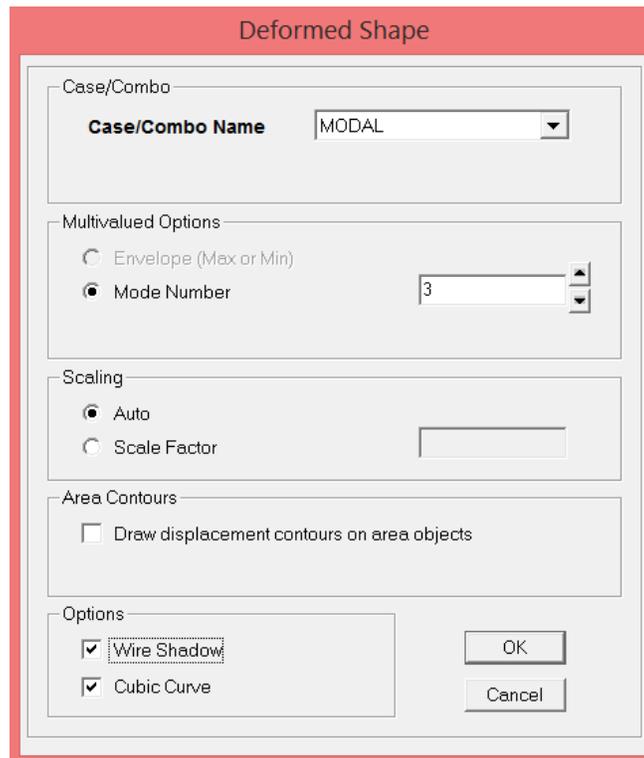
MODO	PERIODO (seg)
1	0.70665
2	0.62518
3	0.51613
4	0.21217
5	0.18722
6	0.15313
7	0.11607
8	0.10352
9	0.08519

TABLA N° 13

8. DETERMINACIÓN DEL ALABEO EN LOSAS:

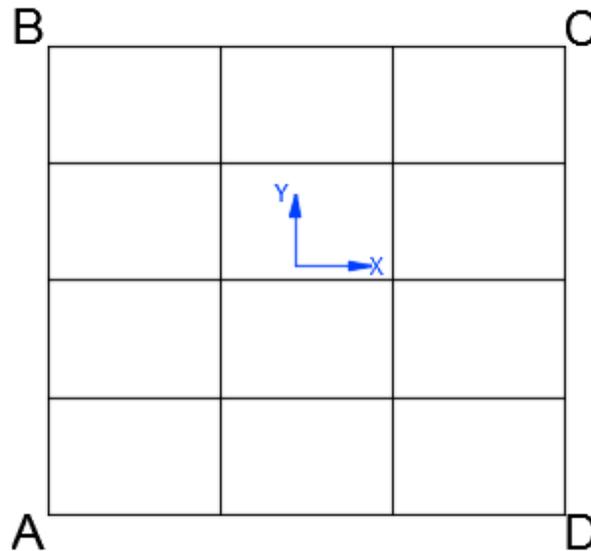
Para verificar el tema de alabeo.

Trabajar en el último Nivel – Clic en Show deformed shape – Seleccionar el Case/Combo Name modal – Tiquear wire shadow.



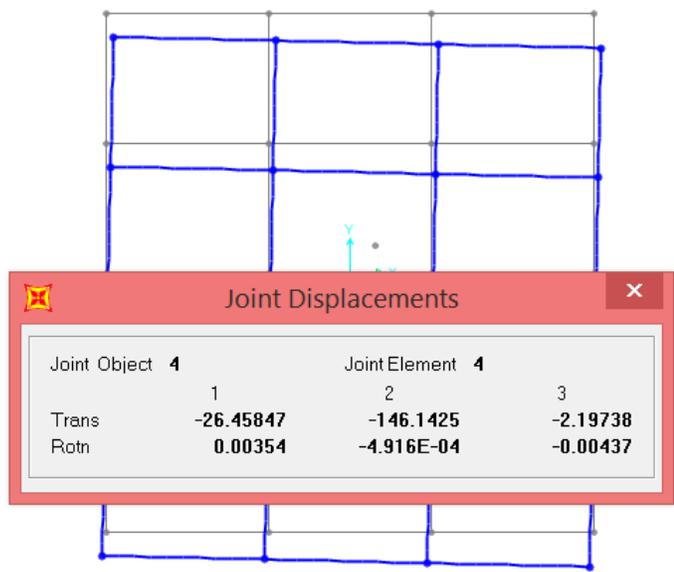
Cambiar las unidades a mm y verificar con los nudos de los extremos en diagonal, debe cumplir que uno es positivo y el otro negativo, sino cumple habría alabeo de lozas.

En la siguiente figura esquematizamos los nudos extremos de la losa como A, B, C, D y en la tabla N° 14, se muestran los desplazamientos verticales de dichos nudos, correspondientes al Piso 3, los resultados están dados en milímetros.



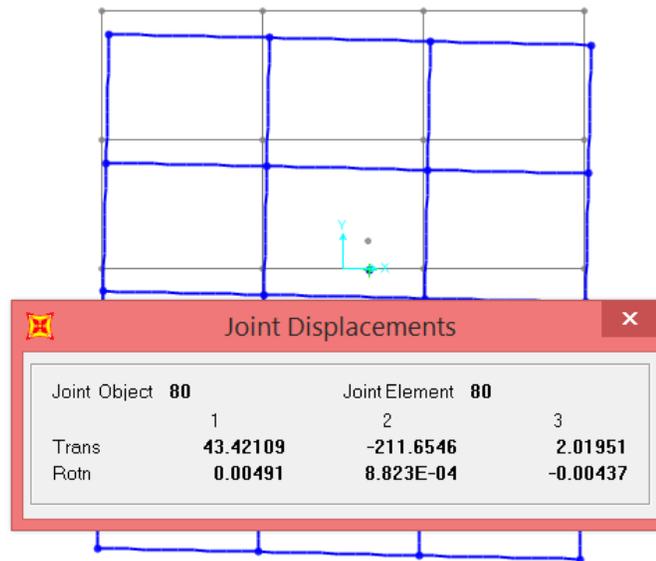
Para el Nudo A el desplazamiento en Z= -2.20

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 0.70665; f = 1.41513



Para el Nudo C el desplazamiento en Z= 2.02

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 0.70665; f = 1.41513



Se hace el mismo procedimiento para los Nudos A y C, B y D, en todos los periodos de vibración y eso se verá reflejado en la siguiente tabla.

NUDO	MODO DE VIBRACIÓN								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	-2.20	2.58	-0.82	-6.93	8.43	-3.27	2.83	-3.51	-1.09
B	2.44	2.26	-0.89	7.93	7.18	-3.33	-3.29	-2.79	-1.59
C	2.02	-2.82	-0.28	6.35	-9.38	-0.30	-2.63	3.79	0.004
D	-2.38	-1.46	0.75	-7.33	-6.37	7.23	2.81	3.73	5.80

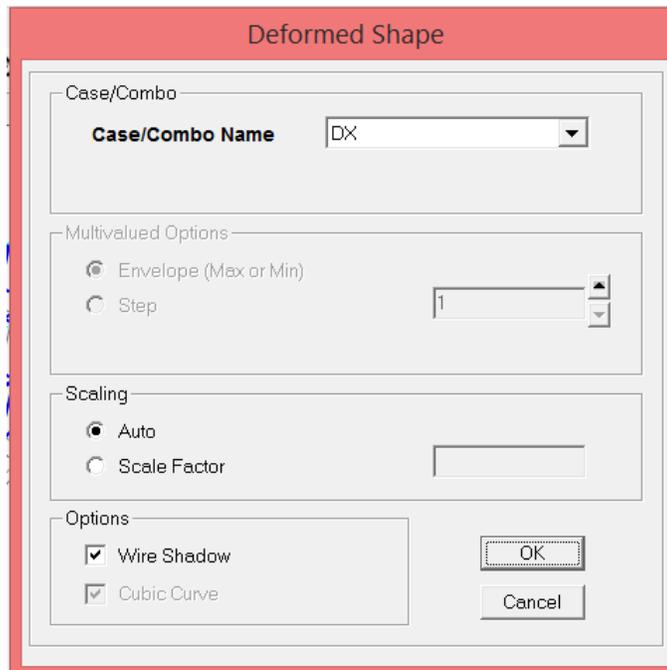
TABLA N° 14

De acuerdo a estos resultados, llegamos a la conclusión, que el efecto de alabeo surge en los modos 3 y 6 de vibración libre de la estructura, por consiguiente es necesario reforzar la estructura, ya que habrán rajaduras en la estructura.

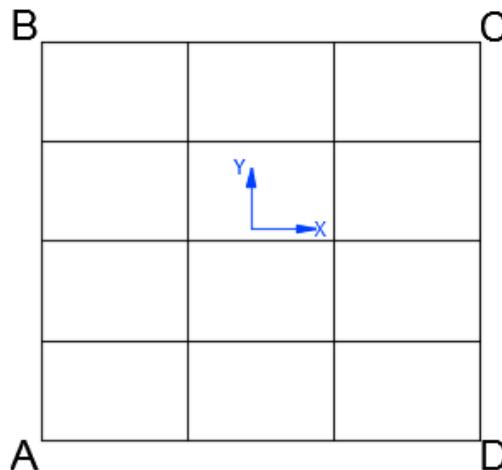
9. DETERMINACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN X, Y ASÍ COMO LAS DISTORSIONES DE CADA NUDO EXTREMO DE LAS LOSAS DE ENTREPISOS CON EL MODELO DINÁMICO CON INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA:

DETERMINACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN X:

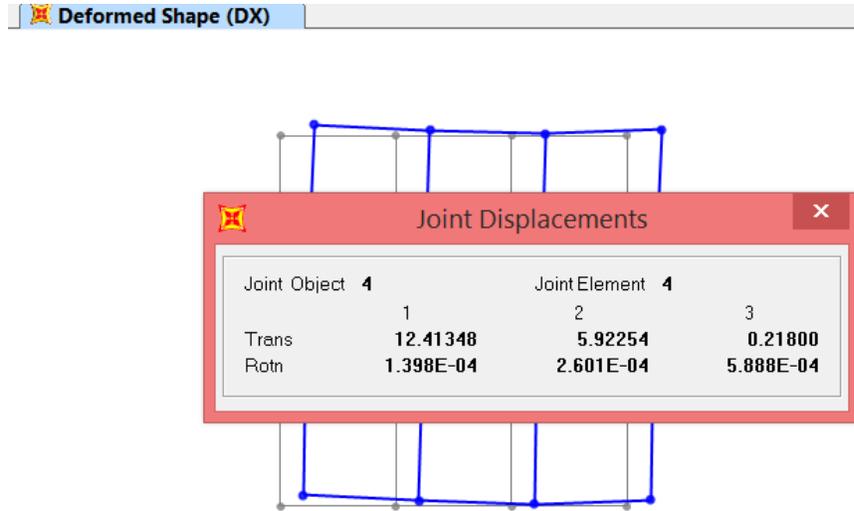
Ir al último piso (Piso 3), para ver los desplazamientos en la dirección x, -Clic en Show Deformed Shape – Clic en Case / Combo Name DX (Desplazamiento en x) – en Opciones tiquear la opción Wire Shadow (Para ver en el estado inicial y estado deformado de la estructura.



En la siguiente figura esquematizamos los nudos extremos de la losa como A,B,C,D, para determinar los desplazamientos laterales.



Para ver cuánto se desplazó el nudo -Clic derecho sobre los extremos de la estructura, para así verificar las deformaciones de la estructura, para esto cambiar las unidades a mm.



Luego realizar el mismo procedimiento para cada nudo y por cada piso, entonces hacer lo mismo en el piso 2 y piso 3, luego se determina la distorsión de los nudos, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$= \text{Distorsión}_{\text{Nudos}} = \left(\frac{\Delta_{\text{Desplazamiento}}}{\text{Altura de entrepisos}} \right)$$

Y en el piso N° 01 para hallar la distorsión se usa la siguiente fórmula:

$$= \text{Distorsión}_{\text{PISO 1}} = \left(\frac{\text{Desplazamiento}_{\text{Piso 1}}}{\text{Altura de entrepisos} + \text{Profundidad de Desplante Zapata}} \right)$$

En las tablas del N°15 al N°18 se muestran los desplazamientos en x:

SISMO X PARA EL NUDO A

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	12.41 mm	0.001
2	10.40 mm	0.001
1	6.53 mm	0.001

TABLA N° 15

SISMO X PARA EL NUDO B

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	18.45 mm	0.001
2	15.35 mm	0.001
1	9.69 mm	0.002

TABLA N° 16

SISMO X PARA EL NUDO C

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	18.45 mm	0.001
2	15.35 mm	0.001
1	9.69 mm	0.002

TABLA N° 17

SISMO X PARA EL NUDO D

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	12.41 mm	0.001
2	10.40 mm	0.001
1	6.53 mm	0.001

TABLA N° 18

DETERMINACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN Y:

Hacemos el mismo procedimiento que para x solo cambiamos el desplazamiento.

En las tablas del N°19 al N°22 se muestran los desplazamientos en y:

SISMO Y PARA EL NUDO A

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	14.76 mm	0.001
2	12.16 mm	0.001
1	7.52 mm	0.002

TABLA N° 19

SISMO Y PARA EL NUDO B

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	14.76 mm	0.001
2	12.16 mm	0.001
1	7.52 mm	0.002

TABLA N° 20

SISMO Y PARA EL NUDO C

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	20.25 mm	0.001
2	16.75 mm	0.002
1	62.41 mm	0.002

TABLA N° 21

SISMO Y PARA EL NUDO D

PISO	DESPLAZAMIENTO	DISTORSIÓN
3	20.25 mm	0.001
2	16.75 mm	0.002
1	10.41 mm	0.002

TABLA N° 22

De acuerdo a la Norma **E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”**, la distorsión de entre piso se calculará como el promedio de las distorsiones de los extremos de entrepiso, mostrándose en las tablas N° 23 y N° 24.

DISTORSIÓN DE ENTREPISO EN X

PISO	DISTORSIÓN DEL EXTREMO A	DISTORSIÓN DEL EXTREMO B	DISTORSIÓN DEL EXTREMO C	DISTORSIÓN DEL EXTREMO D	DISTORSIÓN DE ENTREPISO	CUMPLE
3	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	SI
2	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	SI
1	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	SI

TABLA N° 23

DISTORSIÓN DE ENTREPISO EN Y

PISO	DISTORSIÓN DEL EXTREMO A	DISTORSIÓN DEL EXTREMO B	DISTORSIÓN DEL EXTREMO C	DISTORSIÓN DEL EXTREMO D	DISTORSIÓN DEL EXTREMO A	CUMPLE
3	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	SI
2	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	SI
1	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	SI

TABLA N° 24

De los resultados obtenidos, se desprende que cumple dirección en X y en Y, así que no es necesario reforzar la estructura en ambas direcciones ya que cumple con lo dicho en el art. 5.2 **Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles**, de la norma E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” del RNE.

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

Fuente: Norma Técnica E.030 "DISEÑO SISMORESISTENTE"

10. DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS DE DISEÑO CON INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA:

Se realiza el mismo procedimiento que en el Análisis Dinámico, entonces las fuerzas de diseño en el análisis Sísmico Dinámico con Interacción Suelo – Estructura son:

FUERZA INTERNA	SISMO X	SISMO Y
N _{máx}	6.22 Tn	6.10 Tn
V _{máx}	3.84 Tn	3.17 Tn
M _{máx}	10.00 Tn	8.47 Tn

TABLA N° 25

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

IV.I. CONCLUSIONES:

1. Se puede concluir que al utilizar un Análisis Sísmico Dinámico con Interacción Suelo Estructura hay un mayor periodo de vibración en comparación con el obtenido en el Análisis Sísmico Dinámico sin Interacción Suelo Estructura, esto se demuestra en la Tabla N° 26.

MODO	ANÁLISIS DINÁMICO SIN ISE PERIODO (Seg)	ANÁLISIS DINÁMICO CON ISE PERIODO (Seg)
1	0.67007	0.70665
2	0.58671	0.62518
3	0.48022	0.51613
4	0.20579	0.21217
5	0.18126	0.18722
6	0.14855	0.15313
7	0.11494	0.11607
8	0.10245	0.10352
9	0.08409	0.08519
	TABLA N° 1	TABLA N° 13

TABLA N° 26

2. Se concluye que al Realizar un Análisis Sísmico Dinámico considerando la Interacción Suelo – Estructura los desplazamientos laterales serán mayores a los Calculados por un Análisis Sísmico Dinámico sin Considerar la Interacción Suelo Estructura. Ello se demostrara en las siguientes tablas, demostrando la diferencia de los desplazamientos por ambos métodos y el porcentaje de variación.
- Los desplazamientos laterales En el eje X, se encuentran reflejados en las Tablas N° 27 a la Tabla N° 30.

DESPLAZAMIENTO EN EL EJE X PARA EL NUDO A

PISO	A. SIN ISE	A. CON ISE	DIFERENCIA	%Variación
3	11.09 mm	12.41 mm	1.320 mm	10.64
2	9.06 mm	10.40 mm	1.340 mm	12.88
1	5.39 mm	6.53 mm	1.140 mm	17.46

TABLA N° 27

DESPLAZAMIENTO EN EL EJE X PARA EL NUDO B

PISO	A. SIN ISE	A. CON ISE	DIFERENCIA	%Variación
3	17.89 mm	18.45 mm	0.560 mm	3.04
2	14.61 mm	15.35 mm	0.740 mm	4.82
1	8.68 mm	9.69 mm	1.010 mm	10.42

TABLA N° 28

DESPLAZAMIENTO EN EL EJE X PARA EL NUDO C

PISO	A. SIN ISE	A. CON ISE	DIFERENCIA	%Variación
3	17.89 mm	18.45 mm	0.560 mm	3.04
2	14.61 mm	15.35 mm	0.740 mm	4.82
1	8.68 mm	9.69 mm	1.010 mm	10.42

TABLA N° 29

DESPLAZAMIENTO EN EL EJE X PARA EL NUDO D

PISO	A. SIN ISE	A. CON ISE	DIFERENCIA	%Variación
3	11.09 mm	12.41 mm	1.320 mm	10.64
2	9.06 mm	10.40 mm	1.340 mm	12.88
1	5.39 mm	6.53 mm	1.140 mm	17.46

TABLA N° 30

- Los desplazamientos laterales En el eje Y, se encuentran reflejados en las Tablas N° 31 a la Tabla N° 34.

DESPLAZAMIENTO EN EL EJE Y PARA EL NUDO A

PISO	A. SIN ISE	A. CON ISE	DIFERENCIA	%Variación
3	14.26 mm	14.76 mm	0.500 mm	3.39
2	11.55 mm	12.16 mm	0.610 mm	5.02
1	6.75 mm	7.52 mm	0.770 mm	10.24

TABLA N° 31

DESPLAZAMIENTO EN EL EJE Y PARA EL NUDO B

PISO	A. SIN ISE	A. CON ISE	DIFERENCIA	%Variación
3	14.26 mm	14.76 mm	0.500 mm	3.39
2	11.55 mm	12.16 mm	0.610 mm	5.02
1	6.75 mm	7.52 mm	0.770 mm	10.24

TABLA N° 32

DESPLAZAMIENTO EN EL EJE Y PARA EL NUDO C

PISO	A. SIN ISE	A. CON ISE	DIFERENCIA	%Variación
3	19.39 mm	20.25 mm	0.860 mm	4.25
2	15.74 mm	16.75 mm	1.010 mm	6.03
1	9.24 mm	10.40 mm	1.160 mm	11.15

TABLA N° 33

DESPLAZAMIENTO EN EL EJE Y PARA EL NUDO D

PISO	A. SIN ISE	A. CON ISE	DIFERENCIA	%Variación
3	19.39 mm	20.25 mm	0.860 mm	4.25
2	15.74 mm	16.75 mm	1.010 mm	6.03
1	9.24 mm	10.40 mm	1.160 mm	11.15

TABLA N° 34

3. Se concluye que al utilizar la Interacción Suelo Estructura se puede determinar fallas a priori demostradas en la tabla N° 14, demostrado en la siguiente tabla.

NUDO	MODO DE VIBRACIÓN								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	-2.20	2.58	-0.82	-6.93	8.43	-3.27	2.83	-3.51	-1.09
B	2.44	2.26	-0.89	7.93	7.18	-3.33	-3.29	-2.79	-1.59
C	2.02	-2.82	-0.28	6.35	-9.38	-0.30	-2.63	3.79	0.004
D	-2.38	-1.46	0.75	-7.33	-6.37	7.23	2.81	3.73	5.80

TABLA N° 14

Los valores que se encuentran resaltados en negrita, demuestran que puede ocurrir Alabeo de Losas (fracturas), en los nudos A y C de la estructura, para ello se debe reforzar esos nudos.

4. Se puede concluir que el modelo que considera Interacción Suelo Estructura Logra una mejor Redistribución de Esfuerzos (Se reducen las fuerzas Internas de Diseño por Sismo, si el edificio está correctamente modelado, caso contrario se incrementara.

Para demostrar esta conclusión se comparan las fuerzas Internas de Diseño (Modelo Empotrado) con las fuerzas Internas de Diseño (Modelo con Interacción Suelo Estructura, en la Tabla N° 35.

FUERZA INTERNA	A. SIN ISE		A. CON ISE		DIF. EN X	DIF. EN Y
	SISMO X	SISMO Y	SISMO X	SISMO Y		
Nmáx	6.56 Tn	6.45 Tn	6.22 Tn	6.10 Tn	0.34 Tn	0.35 Tn
Vmáx	4.11 Tn	3.31 Tn	3.84 Tn	3.17 Tn	0.27 Tn	0.14 Tn
Mmáx	11.36 Tn	9.33 Tn	10.00 Tn	8.47 Tn	1.36 Tn	0.86 Tn

TABLA N° 35

IV.II. RECOMENDACIONES:

1. Se recomienda la Utilización en el Análisis Dinámico de la Interacción Suelo Estructura, ya que al ser una interacción más Real, proporciona a la estructura una idealización más real de cómo será el comportamiento en presencia de un Sismo.
2. Se recomienda también ya que podemos determinar la ubicación de fallas a priori como el alabeo de Losas (Fractura).
3. Se recomienda ya que podemos determinar los desplazamientos laterales con más exactitud en presencia de actividad Sísmica.
4. El Análisis Sísmico Dinámico nos proporciona una mejor redistribución de esta manera se logra optimizar en los costos de construcción de la estructura ya que nos determina fuerzas de diseño más óptimas que las halladas sin utilizar la Interacción Suelo - Estructura

IV.III. BIBLIOGRAFÍA:

- Villarreal Castro Genner. Diseño y construcción de edificaciones antisísmicas. 1er Seminario Taller Binacional de Desastres Naturales y Antrópicos y IV Congreso Ecuatoriano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica. Cuenca, Ecuador, 2001. – 10p.
- Villarreal Castro Genner. Cálculo sísmico con acelerogramas. Revista Alma Vallejana, AñoVI, Nº 20. Trujillo, 2002, p. 22-23.
- Villarreal Castro Genner. Principales áreas de la investigación sísmica. Revista Alma Vallejana, Año VI, Nº 28. Trujillo, 2003, p. 14-15.
- Villarreal Castro Genner. Cálculo de edificios altos bajo la acción sísmica, considerando la flexibilidad del suelo de fundación. Primer Encuentro de Científicos Peruanos en Rusia. Moscú, Rusia, 2003. – 10p.
- Villarreal Castro Genner. Interacción sísmica suelo-pilote-superestructura en edificios altos. ISBN 9972-33-175-X. Trujillo, 2005. – 120p.
- Villarreal Castro Genner. Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con zapatas Aisladas.
- Reglamento Nacional de Edificaciones – Peru, con las normas E.020 “METRADO DE CARGAS”, E.030 “DISEÑO SISMORESISTENTE” y E.060 “CONCRETO ARMADO”

V. ANEXO:

Norma Técnica E 030 "Diseño Sismorresistente"



El Peruano

190 AÑOS

1825-2015. LA HISTORIA PARA CONTAR | **DIARIO OFICIAL**



Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2016-VIVIENDA**

**DECRETO SUPREMO QUE MODIFICA
LA NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO
SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO
NACIONAL DE EDIFICACIONES,
APROBADA POR DECRETO SUPREMO
N° 011-2006-VIVIENDA, MODIFICADA CON
DECRETO SUPREMO
N° 002-2014-VIVIENDA**

NORMAS LEGALES

SEPARATA ESPECIAL



DECRETO SUPREMO QUE MODIFICA LA NORMA TÉCNICA E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE" DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, APROBADA POR DECRETO SUPREMO N° 011-2006-VIVIENDA, MODIFICADA CON DECRETO SUPREMO N° 002-2014-VIVIENDA

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2016-VIVIENDA**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, es competencia del Ministerio formular, normar, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar las políticas nacionales y sectoriales en materia de vivienda, construcción, saneamiento, urbanismo y desarrollo urbano, bienes estatales y propiedad urbana, para lo cual dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento;

Que, el Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, aprobó el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones, en adelante RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones, como instrumento técnico normativo que rige a nivel nacional, el cual contempla sesenta y nueve (69) Normas Técnicas;

Que, mediante Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, se aprobaron sesenta y seis (66) Normas Técnicas del RNE, comprendidas en el referido Índice, y se constituyó la Comisión Permanente de Actualización del RNE, encargada de analizar y formular las propuestas para la actualización de las Normas Técnicas; precisándose que a la fecha las referidas normas han sido modificadas por sendos Decretos Supremos;

Que, es preciso señalar que con los Decretos Supremos N° 001-2010-VIVIENDA y N° 017-2012-VIVIENDA, se aprobaron dos normas técnicas adicionales, de acuerdo al Índice y a la Estructura del RNE aprobado mediante Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA; y con los Decretos Supremos N° 011-2012-VIVIENDA, N° 005-2014-VIVIENDA y N° 006-2014-VIVIENDA, se incorporaron tres nuevas normas al citado cuerpo legal;

Que, con Informe N° 001-2015-CPARNE de fecha 17 de junio de 2015, el Presidente de la Comisión Permanente de Actualización del RNE, eleva la propuesta de modificación de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del RNE, aprobada con Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA; la misma que ha sido materia de evaluación y aprobación por la mencionada Comisión conforme al Acta de aprobación de la Quincuagésima Segunda Sesión de fecha 10 de junio de 2015, que forma parte del expediente correspondiente;

Que, la propuesta normativa tiene por objeto actualizar la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" de acuerdo con las nuevas tecnologías en sismorresistencia y los avances científicos en el campo de la sismología, a fin de disminuir la vulnerabilidad de las edificaciones nuevas, evitar las pérdidas de vidas humanas en caso de sismos y asegurar la continuidad de los servicios básicos;

Que, conforme a lo señalado por la Comisión Permanente de Actualización del RNE, corresponde disponer la modificación de la Norma Técnica a que se refiere el considerando anterior, a fin de actualizar y complementar su contenido; y,

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; el numeral 3) del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; y el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA, modificado por el Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA;

DECRETA:

Artículo 1.- Modificación de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE

Modifícase la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" contenida en el Numeral III.2 Estructuras,

del Título III Edificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA, la cual forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Publicación y Difusión

Publícase el presente Decreto Supremo y la Norma Técnica a que se refiere el artículo 1 de la presente norma, en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), el mismo día de su publicación en el Diario Oficial "El Peruano", de conformidad con lo dispuesto por el Decreto Supremo N° 001-2009-JUS.

Artículo 3.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- Normativa aplicable a proyectos de inversión pública y procedimientos administrativos en trámite

Los proyectos de inversión pública que a la fecha de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, cuentan con la declaratoria de viabilidad en el marco del Sistema Nacional de Inversión Pública - SNIP, y los procedimientos administrativos en los que se haya solicitado a las Municipalidades la licencia de edificación correspondiente, se rigen por la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA, hasta su conclusión.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintidós días del mes de enero del año dos mil dieciséis.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente de la República

FRANCISCO ADOLFO DUMLER CUYA
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

NORMA TÉCNICA E.030

"DISEÑO SISMORRESISTENTE"

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

- 1.1 Nomenclatura
- 1.2 Alcances
- 1.3 Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente
- 1.4 Concepción Estructural Sismorresistente
- 1.5 Consideraciones Generales
- 1.6 Presentación del Proyecto

CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO

- 2.1 Zonificación
- 2.2 Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio
- 2.3 Condiciones Geotécnicas
- 2.4 Parámetros de Sitio (S , T_p y T_f)
- 2.5 Factor de Amplificación Sísmica (C)

CAPÍTULO 3 CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES

- 3.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)
- 3.2 Sistemas Estructurales
- 3.3 Categoría y Sistemas Estructurales
- 3.4 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_o)
- 3.5 Regularidad Estructural
- 3.6 Factores de Irregularidad (I_a , I_b)
- 3.7 Restricciones a la Irregularidad
- 3.8 Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas,

R

3.9 Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

- 4.1 Consideraciones Generales para el Análisis
- 4.2 Modelos para el Análisis
- 4.3 Estimación del Peso (P)
- 4.4 Procedimientos de Análisis Sísmico
- 4.5 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes
- 4.6 Análisis Dinámico Modal Espectral
- 4.7 Análisis Dinámico Tiempo - Historia

CAPÍTULO 5 REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD

- 5.1 Determinación de Desplazamientos Laterales
- 5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles
- 5.3 Separación entre Edificios (s)
- 5.4 Redundancia
- 5.5 Verificación de Resistencia Última

CAPÍTULO 6 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS

- 6.1 Generalidades
- 6.2 Responsabilidad Profesional
- 6.3 Fuerzas de Diseño
- 6.4 Fuerza Horizontal Mínima
- 6.5 Fuerzas Sísmicas Verticales
- 6.6 Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos
- 6.7 Otras Estructuras
- 6.8 Diseño Utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles

CAPÍTULO 7 CIMENTACIONES

- 7.1 Generalidades
- 7.2 Capacidad Portante
- 7.3 Momento de Volteo
- 7.4 Cimentaciones sobre suelos flexibles o de baja capacidad portante

CAPÍTULO 8 EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

- 8.1 Evaluación de estructuras después de un sismo
- 8.2 Reparación y reforzamiento

CAPÍTULO 9 INSTRUMENTACIÓN

- 9.1 Estaciones Acelerométricas
- 9.2 Requisitos para su Ubicación
- 9.3 Mantenimiento
- 9.4 Disponibilidad de Datos

ANEXOS

ANEXO N° 1 ZONIFICACIÓN SISMICA

ANEXO N° 2 PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1 Nomenclatura

Para efectos de la presente Norma Técnica, se consideran las siguientes nomenclaturas:

C Factor de amplificación sísmica.

C_T Coeficiente para estimar el período fundamental de un edificio.

d_i Desplazamientos laterales del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f_i .

e_i Excentricidad accidental en el nivel " i ".

F_i Fuerza sísmica horizontal en el nivel " i ".

g Aceleración de la gravedad.

h_i Altura del nivel " i " con relación al nivel del terreno.

h_{ei} Altura del entrepiso " i ".

h_n Altura total de la edificación en metros.

M_{θ} Momento torsor accidental en el nivel " i ".

m Número de modos usados en la combinación modal.

n Número de pisos del edificio.

P Peso total de la edificación.

P_i Peso del nivel " i ".

R Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.

r Respuesta estructural máxima elástica esperada.

r_i Respuestas elásticas máximas correspondientes al modo " i ".

S Factor de amplificación del suelo.

S_a Espectro de pseudo aceleraciones.

T Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.

T_p Período que define la plataforma del factor C .

T_i Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.

U Factor de uso o importancia.

V Fuerza cortante en la base de la estructura.

Z Factor de zona.

R_0 Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.

I_a Factor de irregularidad en altura.

I_p Factor de irregularidad en planta.

f_i Fuerza lateral en el nivel i .

\bar{V}_S Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte.

\bar{N}_{60} Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar.

\bar{S}_{u} Promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada.

1.2 Alcances

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en numeral 1.3.

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaran dañadas por la acción de los sismos.

El empleo de sistemas estructurales diferentes a los indicados en el numeral 3.2, deberá ser aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y demostrar que la alternativa propuesta produce adecuados resultados de rigidez, resistencia sísmica y ductilidad.

Para estructuras tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico difiera del de las edificaciones, se podrá usar esta Norma en lo que sea aplicable.

Además de lo indicado en esta Norma, se deberá tomar medidas de prevención contra los desastres que puedan producirse como consecuencia del movimiento sísmico: tsunamis, fuego, fuga de materiales peligrosos, deslizamiento masivo de tierras u otros.

1.3 Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente

La filosofía del Diseño Sismorresistente consiste en:

- a. Evitar pérdida de vidas humanas.
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c. Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en la presente Norma los siguientes principios:

- a. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- b. La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- c. Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N° 5, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

1.4 Concepción Estructural Sismorresistente

Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada frente a las cargas laterales.
- Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad, entendida como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.
- Deformación lateral limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia (redundancia estructural).
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva y supervisión estructural rigurosa.

1.5 Consideraciones Generales

Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las solicitaciones sísmicas prescritas en esta Norma, siguiendo las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados.

No es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento.

Deberá considerarse el posible efecto de los tabiques, parapetos y otros elementos adosados en el comportamiento sísmico de la estructura. El análisis, el detallado del refuerzo y anclaje deberá hacerse acorde con esta consideración.

En concordancia con los principios de diseño sismorresistente del numeral 1.3, se acepta que las edificaciones tengan incursiones inelásticas frente a solicitaciones sísmicas severas. Por tanto, las fuerzas sísmicas de diseño son una fracción de la solicitación sísmica máxima elástica.

1.6 Presentación del Proyecto

Los planos, memoria descriptiva y especificaciones técnicas del proyecto estructural, deberán estar firmados por el ingeniero civil colegiado responsable del diseño, quien será el único autorizado para aprobar cualquier modificación a los mismos.

Los planos del proyecto estructural deberán incluir la siguiente información:

- a. Sistema estructural sismorresistente.
- b. Período fundamental de vibración en ambas direcciones principales.
- c. Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.
- d. Fuerza cortante en la base empleada para el diseño, en ambas direcciones.

- e. Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.
- f. La ubicación de las estaciones acelerométricas, si éstas se requieren conforme al Capítulo 9.

CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO

2.1 Zonificación

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. El Anexo N° 1 contiene el listado de las provincias y distritos que corresponden a cada zona.

ZONAS SÍSMICAS

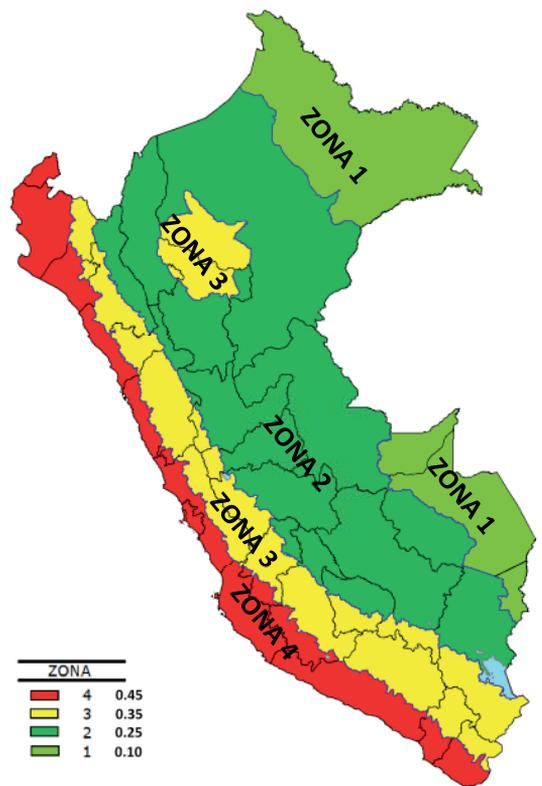


FIGURA N° 1

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

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

2.2 Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio

2.2.1 Microzonificación Sísmica

Son estudios multidisciplinarios que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuación

de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Los estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño, construcción de edificaciones y otras obras.

Para los siguientes casos podrán ser considerados los resultados de los estudios de microzonificación correspondientes:

- Áreas de expansión de ciudades.
- Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismos y fenómenos asociados.

2.2.2 Estudios de Sitio

Son estudios similares a los de microzonificación, aunque no necesariamente en toda su extensión. Estos estudios están limitados al lugar del proyecto y suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas y otros fenómenos naturales por las condiciones locales. Su objetivo principal es determinar los parámetros de diseño.

Los estudios de sitio deberán realizarse, entre otros casos, en grandes complejos industriales, industria de explosivos, productos químicos inflamables y contaminantes.

No se considerarán parámetros de diseño inferiores a los indicados en esta Norma.

2.3 Condiciones Geotécnicas

2.3.1 Perfiles de Suelo

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (\bar{V}_s), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los \bar{N}_{60} obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada (\bar{S}_u) para suelos cohesivos. Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación, como se indica en el numeral 2.3.2.

Para los suelos predominantemente granulares, se calcula \bar{N}_{60} considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos predominantemente cohesivos, la resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u se calcula como el promedio ponderado de los valores correspondientes a cada estrato cohesivo.

Este método también es aplicable si se encuentran suelos heterogéneos (cohesivos y granulares). En tal caso, si a partir de \bar{N}_{60} para los estratos con suelos granulares y de \bar{S}_u para los estratos con suelos cohesivos se obtienen clasificaciones de sitio distintas, se toma la que corresponde al tipo de perfil más flexible.

Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

a. Perfil Tipo S_0 : Roca Dura

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte \bar{V}_s mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de \bar{V}_s .

b. Perfil Tipo S_1 : Roca o Suelos Muy Rígidos

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada qu mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con \bar{N}_{60} mayor que 50.

- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u mayor que 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

c. Perfil Tipo S_2 : Suelos Intermedios

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT \bar{N}_{60} , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada \bar{S}_u , entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

d. Perfil Tipo S_3 : Suelos Blandos

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT \bar{N}_{60} menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u , entre 25 kPa (0,25 kg/cm²) y 50 kPa (0,5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo S_4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad P_i mayor que 20, contenido de humedad ω mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u menor que 25 kPa.

e. Perfil Tipo S_4 : Condiciones Excepcionales

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S_4 cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

La Tabla N° 2 resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo:

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S_0	> 1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

2.3.2 Definición de los Perfiles de Suelo

Las expresiones de este numeral se aplicarán a los 30 m superiores del perfil de suelo, medidos desde el nivel del fondo de cimentación. El subíndice i se refiere a uno cualquiera de los n estratos con distintas características, m se refiere al número de estratos con suelos granulares y k al número de estratos con suelos cohesivos.

a. Velocidad Promedio de las Ondas de Corte, \bar{V}_s

La velocidad promedio de propagación de las ondas de corte se determinará con la siguiente fórmula:

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

donde d_i es el espesor de cada uno de los n estratos y V_{si} es la correspondiente velocidad de ondas de corte (m/s).

b. Promedio Ponderado del Ensayo Estándar de Penetración, \bar{N}_{60}

El valor \bar{N}_{60} se calculará considerando solamente los estratos con suelos granulares en los 30 m superiores del perfil:

$$\bar{N}_{60} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{d_i}{N_{60i}} \right)}$$

Donde d_i es el espesor de cada uno de los m estratos con suelo granular y \bar{N}_{60} es el correspondiente valor corregido del SPT.

c. Promedio Ponderado de la Resistencia al Corte en Condición no Drenada, \bar{S}_u

El valor \bar{S}_u se calculará considerando solamente los estratos con suelos cohesivos en los 30 m superiores del perfil:

$$\bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k \left(\frac{d_i}{S_{ui}} \right)}$$

Donde d_i es el espesor de cada uno de los k estratos con suelo cohesivo y \bar{S}_u es la correspondiente resistencia al corte en condición no drenada (kPa).

Consideraciones Adicionales:

En los casos en los que no sea obligatorio realizar un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) o cuando no se disponga de las propiedades del suelo hasta la profundidad de 30 m, se permite que el profesional responsable estime valores adecuados sobre la base de las condiciones geotécnicas conocidas.

En el caso de estructuras con cimentaciones profundas a base de pilotes, el perfil de suelo será el que corresponda a los estratos en los 30 m por debajo del extremo superior de los pilotes.

2.4 Parámetros de Sitio (S , T_p y T_L)

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos T_p y T_L dados en las Tablas N° 3 y N° 4.

ZONA	SUELO			
	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

2.5 Factor de Amplificación Sísmica (C)

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

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

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

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

T es el período de acuerdo al numeral 4.5.4, concordado con el numeral 4.6.1.

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

CAPÍTULO 3 CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES

3.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 5. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N° 5 se usará según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar $U = 1$.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud .	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.	1,5
Edificaciones Esenciales	Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de *U* será como mínimo 1,5.

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

3.2 Sistemas Estructurales

3.2.1 Estructuras de Concreto Armado

Todos los elementos de concreto armado que conforman el sistema estructural sismorresistente deberán cumplir con lo previsto en el Capítulo 21 "Disposiciones especiales para el diseño sísmico" de la Norma Técnica E.060 Concreto Armado del RNE.

Pórticos. Por lo menos el 80 % de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

Muros Estructurales. Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70 % de la fuerza cortante en la base.

Dual. Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros está entre 20 % y 70 % del cortante en la base del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 30 % de la fuerza cortante en la base.

Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL). Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa.

Con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

3.2.2 Estructuras de Acero

Los Sistemas que se indican a continuación forman parte del Sistema Estructural Resistente a Sismos.

Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)
Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la fluencia por flexión de las vigas y limitada fluencia en las zonas de panel de las columnas. Las columnas deberán ser diseñadas para tener una resistencia mayor que las vigas cuando estas incursionan en la zona de endurecimiento por deformación.

Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)

Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)

Estos pórticos deberán proveer una mínima capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la resistencia post-pandeo en los arriostres en compresión y fluencia en los arriostres en tracción.

Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)

Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica principalmente por fluencia en flexión o corte en la zona entre arriostres.

3.2.3 Estructuras de Albañilería

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

3.2.4 Estructuras de Madera

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

3.2.5 Estructuras de Tierra

Son edificaciones cuyos muros son hechos con unidades de albañilería de tierra o tierra apisonada in situ.

3.3 Categoría y Sistemas Estructurales

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N° 6 y respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albanilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

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

3.4 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_o)

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla N° 7.

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

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albanilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

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

Para construcciones de tierra debe remitirse a la Norma E.080 "Adobe" del RNE. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos S_3 , ni se permite en suelos S_4 .

3.5 Regularidad Estructural

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares para los fines siguientes:

- Cumplir las restricciones de la Tabla N° 10.
- Establecer los procedimientos de análisis.
- Determinar el coeficiente R de reducción de fuerzas sísmicas.

Estructuras Regulares son las que en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

En estos casos, el factor I_a o I_p será igual a 1,0.

Estructuras Irregulares son aquellas que presentan una o más de las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

3.6 Factores de Irregularidad (I_a, I_p)

El factor I_a se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis. El factor I_p se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

Si al aplicar las Tablas N° 8 y 9 se obtuvieran valores distintos de los factores I_a o I_p para las dos direcciones de análisis, se deberá tomar para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones.

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

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_a
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10) Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total.	0,60
Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_p
Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,75
Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ_{CM}), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,60
Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.	0,90
Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0,85
Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.	0,90

3.7 Restricciones a la Irregularidad

3.7.1 Categoría de la Edificación e Irregularidad

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

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

3.7.2 Sistemas de Transferencia

Los sistemas de transferencia son estructuras de losas y vigas que transmiten las fuerzas y momentos desde elementos verticales discontinuos hacia otros del piso inferior.

En las zonas sísmicas 4, 3 y 2 no se permiten estructuras con sistema de transferencia en los que más del 25 % de las cargas de gravedad o de las cargas sísmicas en cualquier nivel sean soportadas por elementos verticales que no son continuos hasta la cimentación. Esta disposición no se aplica para el último entrepiso de las edificaciones.

3.8 Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, R

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determinará como el producto del coeficiente R_0 determinado a partir de la Tabla N° 7 y de los factores I_a , I_p obtenidos de las Tablas N° 8 y N° 9.

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

3.9 Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía

Se permite la utilización de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía en la edificación, siempre y cuando se cumplan las disposiciones de esta Norma (mínima fuerza cortante en la base, distorsión de entrepiso máxima permisible), y en la medida que sean aplicables los requisitos del documento siguiente:

“Minimum Design Loads for Building and Other Structures”, ASCE/SEI 7-10, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 2010.

La instalación de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía deberá someterse a una supervisión técnica especializada a cargo de un ingeniero civil.

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

4.1 Consideraciones Generales para el Análisis

Para estructuras regulares, el análisis podrá hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales predominantes. Para estructuras irregulares deberá suponerse que la acción sísmica ocurre en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño.

Las solicitaciones sísmicas verticales se considerarán en el diseño de los elementos verticales, en elementos horizontales de gran luz, en elementos post o pre tensados y en los voladizos o salientes de un edificio. Se considera que la fuerza sísmica vertical actúa en los elementos simultáneamente con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable para el análisis.

4.2 Modelos para el Análisis

El modelo para el análisis deberá considerar una distribución espacial de masas y rigideces que sean adecuadas para calcular los aspectos más significativos del comportamiento dinámico de la estructura.

Para propósito de esta Norma las estructuras de concreto armado y albañilería podrán ser analizadas considerando las inercias de las secciones brutas, ignorando la fisuración y el refuerzo.

Para edificios en los que se pueda razonablemente suponer que los sistemas de piso funcionan como diafragmas rígidos, se podrá usar un modelo con masas concentradas y tres grados de libertad por diafragma, asociados a dos componentes ortogonales de traslación horizontal y una rotación. En tal caso, las deformaciones de los elementos deberán compatibilizarse mediante la condición de diafragma rígido y la distribución en planta de las fuerzas horizontales deberá hacerse en función a las rigideces de los elementos resistentes.

Deberá verificarse que los diafragmas tengan la rigidez y resistencia, suficientes para asegurar la distribución antes mencionada, en caso contrario, deberá tomarse en cuenta su flexibilidad para la distribución de las fuerzas sísmicas.

El modelo estructural deberá incluir la tabiquería que no esté debidamente aislada.

Para los pisos que no constituyan diafragmas rígidos, los elementos resistentes serán diseñados para las fuerzas horizontales que directamente les corresponde.

En los edificios cuyos elementos estructurales predominantes sean muros, se deberá considerar un modelo que tome en cuenta la interacción entre muros en direcciones perpendiculares (muros en H, muros en T y muros en L).

4.3 Estimación del Peso (P)

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

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

4.4 Procedimientos de Análisis Sísmico

Deberá utilizarse uno de los procedimientos siguientes:

- Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes (numeral 4.5).
- Análisis dinámico modal espectral (numeral 4.6).

El análisis se hará considerando un modelo de comportamiento lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas.

El procedimiento de análisis dinámico tiempo - historia, descrito en el numeral 4.7, podrá usarse con fines de verificación, pero en ningún caso será exigido como sustituto de los procedimientos indicados en los numerales 4.5 y 4.6.

4.5 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes

4.5.1 Generalidades

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

Podrán analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1, las estructuras clasificadas como regulares según el numeral 3.5 de no más de 30 m de altura y las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

4.5.2 Fuerza Cortante en la Base

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

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

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

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

4.5.3 Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

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

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

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

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

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

4.5.4 Período Fundamental de Vibración

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

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

Donde:

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

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

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

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

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

Alternativamente podrá usarse la siguiente expresión:

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

Donde:

- f_i es la fuerza lateral en el nivel i correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.

- d_i es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f_i . Los desplazamientos se calcularán suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.

Cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales, el período fundamental T deberá tomarse como 0,85 del valor obtenido con la fórmula precedente.

4.5.5 Excentricidad Accidental

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

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

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

Para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel (e_i), se considerará como 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis.

b) Se puede suponer que las condiciones más desfavorables se obtienen considerando las excentricidades accidentales con el mismo signo en todos los niveles. Se considerarán únicamente los incrementos de las fuerzas horizontales no así las disminuciones.

4.5.6 Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como una fracción del peso igual a $2/3 Z \cdot U \cdot S$.

En elementos horizontales de grandes luces, incluyendo volados, se requerirá un análisis dinámico con los espectros definidos en el numeral 4.6.2.

4.6 Análisis Dinámico Modal Espectral

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en este numeral.

4.6.1 Modos de Vibración

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

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

4.6.2 Aceleración Espectral

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

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

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los $2/3$ del espectro empleado para las direcciones horizontales.

4.6.3 Criterios de Combinación

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

La respuesta máxima elástica esperada (r) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados (r_i) podrá determinarse

usando la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.

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

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

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

β , fracción del amortiguamiento crítico, que se puede suponer constante para todos los modos igual a 0,05

ω_i, ω_j son las frecuencias angulares de los modos i, j

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

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

4.6.4 Fuerza Cortante Mínima

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado según el numeral 4.5 para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

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

4.6.5 Excentricidad Accidental (Efectos de Torsión)

La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable.

4.7 Análisis Dinámico Tiempo - Historia

El análisis dinámico tiempo - historia podrá emplearse como un procedimiento complementario a los especificados en los numerales 4.5 y 4.6.

En este tipo de análisis deberá utilizarse un modelo matemático de la estructura que considere directamente el comportamiento histerético de los elementos, determinándose la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio.

4.7.1 Registros de Aceleración

Para el análisis se usarán como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluirá dos componentes en direcciones ortogonales.

Cada conjunto de registros de aceleraciones del terreno consistirá en un par de componentes de aceleración horizontal, elegidas y escaladas de eventos individuales. Las historias de aceleración serán obtenidas de eventos cuyas magnitudes, distancia a las fallas, y mecanismos de fuente sean consistentes con el máximo sismo considerado. Cuando no se cuente con el número requerido de registros apropiados, se podrán usar registros simulados para alcanzar el número total requerido.

Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construirá un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con 5 % de amortiguamiento. Ambas componentes se escalarán por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre $0,2 T$ y $1,5 T$ (siendo T el período fundamental),

el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, calculada según el numeral 4.6.2 con $R = 1$.

Para la generación de registros simulados deberán considerarse los valores de C , definidos en el numeral 2.5, excepto para la zona de períodos muy cortos ($T < 0,2 T_p$) en la que se considerará:

$$T < 0,2 T_p \quad C = 1 + 7,5 \cdot \left(\frac{T}{T_p}\right)$$

4.7.2 Modelo para el Análisis

El modelo matemático deberá representar correctamente la distribución espacial de masas en la estructura.

El comportamiento de los elementos será modelado de modo consistente con resultados de ensayos de laboratorio y tomará en cuenta la fluencia, la degradación de resistencia, la degradación de rigidez, el estrechamiento de los lazos histeréticos, y todos los aspectos relevantes del comportamiento estructural indicado por los ensayos.

La resistencia de los elementos será obtenida en base a los valores esperados sobre resistencia del material, endurecimiento por deformación y degradación de resistencia por la carga cíclica.

Se permite suponer propiedades lineales para aquellos elementos en los que el análisis demuestre que permanecen en el rango elástico de respuesta.

Se admite considerar un amortiguamiento viscoso equivalente con un valor máximo del 5 % del amortiguamiento crítico, además de la disipación resultante del comportamiento histerético de los elementos.

Se puede suponer que la estructura está empotrada en la base, o alternativamente considerar la flexibilidad del sistema de cimentación si fuera pertinente.

4.7.3 Tratamiento de Resultados

En caso se utilicen por lo menos siete juegos de registros del movimiento del suelo, las fuerzas de diseño, las deformaciones en los elementos y las distorsiones de entrepiso se evaluarán a partir de los promedios de los correspondientes resultados máximos obtenidos en los distintos análisis. Si se utilizaran menos de siete juegos de registros, las fuerzas de diseño, las deformaciones y las distorsiones de entrepiso serán evaluadas a partir de los máximos valores obtenidos de todos los análisis.

Las distorsiones máximas de entrepiso no deberán exceder de 1,25 veces de los valores indicados en la Tabla N° 11.

Las deformaciones en los elementos no excederán de 2/3 de aquellas para las que perderían la capacidad portante para cargas verticales o para las que se tendría una pérdida de resistencia en exceso a 30 %.

Para verificar la resistencia de los elementos se dividirán los resultados del análisis entre $R = 2$, empleándose las normas aplicables a cada material.

CAPÍTULO 5 REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD

5.1 Determinación de Desplazamientos Laterales

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de C/R indicados en el numeral 4.5.2 ni el cortante mínimo en la base especificado en el numeral 4.6.4.

5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el numeral 5.1, no deberá exceder la

fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11.

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

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

5.3 Separación entre Edificios (s)

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas, desde el nivel del terreno natural, una distancia mínima s para evitar el contacto durante un movimiento sísmico.

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

$$s = 0,006 h \geq 0,03 \text{ m}$$

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

El edificio se retirará de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores de 2/3 del desplazamiento máximo calculado según el numeral 5.1 ni menores que $s/2$ si la edificación existente cuenta con una junta sísmica reglamentaria.

En caso de que no exista la junta sísmica reglamentaria, el edificio deberá separarse de la edificación existente el valor de $s/2$ que le corresponde más el valor $s/2$ de la estructura vecina.

5.4 Redundancia

Cuando sobre un solo elemento de la estructura, muro o pórtico, actúa una fuerza de 30 % o más del total de la fuerza cortante horizontal en cualquier entrepiso, dicho elemento deberá diseñarse para el 125 % de dicha fuerza.

5.5 Verificación de Resistencia Última

En caso se realice un análisis de la resistencia última se podrá utilizar las especificaciones del ASCE/SEI 41 SEISMIC REHABILITATION OF EXISTING BUILDINGS. Esta disposición no constituye una exigencia de la presente Norma.

CAPÍTULO 6 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS

6.1 Generalidades

Se consideran como elementos no estructurales aquellos que, estando conectados o no al sistema resistente a fuerzas horizontales, aportan masa al sistema pero su aporte a la rigidez no es significativo.

Para los elementos no estructurales que estén unidos al sistema estructural sismorresistente y deban acompañar la deformación de la estructura deberá asegurarse que en caso de falla no causen daños.

Dentro de los elementos no estructurales que deben tener adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas se incluyen:

- Cercos, tabiques, parapetos, paneles prefabricados.
- Elementos arquitectónicos y decorativos entre ellos cielos rasos, enchapes.

- Vidrios y muro cortina.
- Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- Instalaciones eléctricas.
- Instalaciones de gas.
- Equipos mecánicos.
- Mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo.

6.2 Responsabilidad Profesional

Los profesionales que elaboran los diferentes proyectos serán responsables de proveer a los elementos no estructurales la adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas.

6.3 Fuerzas de Diseño

Los elementos no estructurales, sus anclajes, y sus conexiones deberán diseñarse para resistir una fuerza sísmica horizontal en cualquier dirección (F) asociada a su peso (P_e), cuya resultante podrá suponerse aplicada en el centro de masas del elemento, tal como se indica a continuación:

$$F = \frac{a_i}{g} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Donde a_i es la aceleración horizontal en el nivel donde el elemento no estructural está soportado, o anclado, al sistema estructural de la edificación. Esta aceleración depende de las características dinámicas del sistema estructural de la edificación y debe evaluarse mediante un análisis dinámico de la estructura.

Alternativamente podrá utilizarse la siguiente ecuación:

$$F = \frac{F_i}{P_i} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Donde F_i es la fuerza lateral en el nivel donde se apoya o se ancla el elemento no estructural calculada de acuerdo al numeral 4.5 y P_i el peso de dicho nivel.

Los valores de C_1 se tomarán de la Tabla N° 12.

Para calcular las solicitaciones de diseño en muros, tabiques, parapetos y en general elementos no estructurales con masa distribuida, la fuerza F se convertirá en una carga uniformemente distribuida por unidad de área. Para muros y tabiques soportados horizontalmente en dos niveles consecutivos, se tomará el promedio de las aceleraciones de los dos niveles.

Tabla N° 12 VALORES DE C_1	
- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3,0
- Muros y tabiques dentro de una edificación.	2,0
- Tanques sobre la azotea, casa de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3,0
- Equipos rígidos conectados rígidamente al piso.	1,5

6.4 Fuerza Horizontal Mínima

En ningún nivel del edificio la fuerza F calculada con el numeral 6.3 será menor que $0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$.

6.5 Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como 2/3 de la fuerza horizontal.

Para equipos soportados por elementos de grandes luces, incluyendo volados, se requerirá un análisis dinámico con los espectros definidos en el numeral 4.6.2.

6.6 Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos

Los elementos no estructurales localizados a nivel de la base de la estructura o por debajo de ella (sótanos) y los cercos deberán diseñarse con una fuerza horizontal calculada con:

$$F = 0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$$

6.7 Otras Estructuras

Para letreros, chimeneas, torres y antenas de comunicación instaladas en cualquier nivel del edificio, la fuerza de diseño se establecerá considerando las propiedades dinámicas del edificio y de la estructura a instalar. La fuerza de diseño no deberá ser menor que la correspondiente a la calculada con la metodología propuesta en este capítulo con un valor de C_1 mínimo de 3,0.

6.8 Diseño Utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles

Cuando el elemento no estructural o sus anclajes se diseñen utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles, las fuerzas sísmicas definidas en este Capítulo se multiplicarán por 0,8.

CAPÍTULO 7 CIMENTACIONES

7.1 Generalidades

Las suposiciones que se hagan para los apoyos de la estructura deberán ser concordantes con las características propias del suelo de cimentación.

La determinación de las presiones actuantes en el suelo para la verificación por esfuerzos admisibles, se hará con las fuerzas obtenidas del análisis sísmico multiplicadas por 0,8.

7.2 Capacidad Portante

En todo estudio de mecánica de suelos deberán considerarse los efectos de los sismos para la determinación de la capacidad portante del suelo de cimentación. En los sitios en que pueda producirse licuación del suelo, debe efectuarse una investigación geotécnica que evalúe esta posibilidad y determine la solución más adecuada.

7.3 Momento de Volteo

Toda estructura y su cimentación deberán ser diseñadas para resistir el momento de volteo que produce un sismo, según los numerales 4.5 o 4.6. El factor de seguridad calculado con las fuerzas que se obtienen en aplicación de esta Norma deberá ser mayor o igual que 1,2.

7.4 Cimentaciones sobre suelos flexibles o de baja capacidad portante

Para zapatas aisladas con o sin pilotes en suelos tipo S_3 y S_4 y para las Zonas 4 y 3 se proveerá elementos de conexión, los que deben soportar en tracción o compresión, una fuerza horizontal mínima equivalente al 10 % de la carga vertical que soporta la zapata.

Para suelos de capacidad portante menor que 0,15 MPa se proveerá vigas de conexión en ambas direcciones.

Para el caso de pilotes y cajones deberá proveerse de vigas de conexión o deberá tenerse en cuenta los giros y deformaciones por efecto de la fuerza horizontal diseñando pilotes y zapatas para estas solicitaciones. Los pilotes tendrán una armadura en tracción equivalente por lo menos al 15 % de la carga vertical que soportan.

CAPÍTULO 8 EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

Las estructuras dañadas por sismos deben ser evaluadas, reparadas y/o reforzadas de tal manera que se corrijan los posibles defectos estructurales que provocaron los daños y recuperen la capacidad de resistir un nuevo evento sísmico, acorde con la filosofía del diseño sismorresistente señalada en el Capítulo 1.

8.1 Evaluación de estructuras después de un sismo

Ocurrido el evento sísmico la estructura deberá ser evaluada por un ingeniero civil, quien deberá determinar si la edificación se encuentra en buen estado o requiere de reforzamiento, reparación o demolición. El estudio deberá necesariamente considerar las características geotécnicas del sitio.

8.2 Reparación y reforzamiento

La reparación o reforzamiento deberá dotar a la estructura de una combinación adecuada de rigidez, resistencia y ductilidad que garantice su buen comportamiento en eventos futuros.

El proyecto de reparación o reforzamiento incluirá los detalles, procedimientos y sistemas constructivos a seguirse.

Para la reparación y el reforzamiento sísmico de edificaciones se seguirán los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Solo en casos excepcionales se podrá emplear otros criterios y procedimientos diferentes a los indicados en el RNE, con la debida justificación técnica y con aprobación del propietario y de la autoridad competente.

Las edificaciones esenciales se podrán intervenir empleando los criterios de reforzamiento sísmico progresivo y en la medida que sea aplicable, usando los criterios establecidos en el documento "Engineering Guideline for Incremental Seismic Rehabilitation", FEMA P-420, Risk Management Series, USA, 2009.

CAPÍTULO 9 INSTRUMENTACIÓN

9.1 Estaciones Acelerométricas

Las edificaciones que individualmente o en forma conjunta, tengan un área techada igual o mayor que 10 000 m², deberán contar con una estación acelerométrica, instalada a nivel del terreno natural o en la base del edificio. Dicha estación acelerométrica deberá ser provista por el propietario, siendo las especificaciones técnicas, sistemas de conexión y transmisión de datos debidamente aprobados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP).

En edificaciones con más de 20 pisos o en aquellas con dispositivos de disipación sísmica o de aislamiento en la base, de cualquier altura, se requerirá además de una estación acelerométrica en la base, otra adicional, en la azotea o en el nivel inferior al techo.

9.2 Requisitos para su Ubicación

La estación acelerométrica deberá instalarse en un área adecuada, con acceso fácil para su mantenimiento y apropiada iluminación, ventilación, suministro de energía eléctrica estabilizada. El área deberá estar alejada de fuentes generadoras de cualquier tipo de ruido antrópico. El plan de instrumentación será preparado por los proyectistas de cada especialidad, debiendo indicarse claramente en los planos de arquitectura, estructuras e instalaciones del edificio.

9.3 Mantenimiento

El mantenimiento operativo de las partes, de los componentes, del material fungible, así como el servicio de los instrumentos, deberán ser provistos por los propietarios del edificio y/o departamentos, bajo control de la municipalidad y debe ser supervisado por el Instituto Geofísico del Perú. La responsabilidad del propietario se mantendrá por 10 años.

9.4 Disponibilidad de Datos

La información registrada por los instrumentos será integrada al Centro Nacional de Datos Geofísicos y se encontrará a disposición del público en general.

**ANEXO N° 01
ZONIFICACIÓN SÍSMICA**

Las zonas sísmicas en las que se divide el territorio peruano, para fines de esta Norma se muestran en la Figura 1.

A continuación se especifican las provincias y distritos de cada zona.

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO				
LORETO	MARISCAL RAMÓN CASTILLA	RAMÓN CASTILLA	1	TODOS LOS DISTRITOS				
		PEBAS						
		SAN PABLO						
		YAVARI						
	MAYNAS	MAYNAS	ALTO NANAY	1	TODOS LOS DISTRITOS			
			BELÉN					
			FERNANDO LORES					
			INDIANA					
			IQUITOS					
			LAS AMAZONAS					
			MAZÁN					
			NAPO					
			PUNCHANA					
			PUTUMAYO					
			SAN JUAN BAUTISTA					
			TNTE. MANUEL CLAVERO					
TORRES CAUSANA								
LORETO	REQUENA	SAQUENA	1	UN DISTRITO				
		REQUENA	2	DIEZ DISTRITOS				
		CAPELO						
		SOPLIN						
		TAPICHE						
		JENARO HERRERA						
		YAQUERANA						
		ALTO TAPICHE						
		EMILIO SAN MARTÍN						
		MAQUÍA						
		PUINAHUA						
		LORETO			LORETO	NAUTA	2	TODOS LOS DISTRITOS
						PARINARI		
						TIGRE		
TROMPETEROS								
ALTO AMAZONAS	ALTO AMAZONAS	LAGUNAS	2	UN DISTRITO				
		YURIMAGUAS	3	CINCO DISTRITOS				
		BALSAPUERTO						
		JEBEROS						
		SANTA CRUZ						
TNTE. CÉSAR LÓPEZ ROJAS								

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LORETO	UCAVALI	CONTAMANA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		INAHUAYA		
		PADRE MÁRQUEZ		
		PAMPA HERMOSA		
		SARAYACU		

DATEM DEL MARAÑÓN	ALFREDO VARGAS GUERRA	2	CUATRO DISTRITOS
	YANAYACU		
	MANSERICHE		
	MORONA	3	DOS
	PASTAZA		
	ANDOAS		
	BARRANCA		
CAHUAPANAS			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
UCAVALI	PURÚS	PURÚS	1	ÚNICO DISTRITO
	ATALAYA	RAIMONDI	2	TODOS LOS DISTRITOS
		SEPAHUA		
		TAHUANIA		
	PADRE ABAD	YURÚA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CURIMANÁ		
		IRAZOLA		
	CORONEL PORTILLO	PADRE ABAD	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CALLERÍA		
		CAMPOVERDE		
		IPARÍA		
		MANANTAY		
		MASISEA		
NUEVA REQUENA				
YARINACOCHA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
MADRE DE DIOS	TAMBOPATA	INAMBARI	1	TODOS LOS DISTRITOS
		LABERINTO		
		LAS PIEDRAS		
		TAMBOPATA		
	TAHUAMANU	IBERIA	1	TODOS LOS DISTRITOS
		INÁPARI		
		TAHUAMANU		
	MANU	FITZCARRALD	2	TODOS LOS DISTRITOS
		HUEPETUHE		
		MADRE DE DIOS		
MANU				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
PUNO	SANDIA	ALTO INAMBARI	1	TRES DISTRITOS
		SAN JUAN DEL ORO		
		YANAHUAYA		
		CUYOCUYO	2	SIETE DISTRITOS
		LIMBANI		
		PATAMBUCO		
		PHARA		
		QUIACA		
		SAN PEDRO DE PUTINA PUNCO		
	SANDIA			
	SAN ANTONIO DE PUTINA	ANANEA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		QUILCAPUNCU		
		SINA		
		PEDRO VILCA APAZA		
		PUTINA		
	CARABAYA	AYAPATA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		COASA		

HUANCANE	CRUCERO	2	TODOS LOS DISTRITOS
	ITUATA		
	SAN GABÁN		
	USICAYOS		
	AJOYANI		
	CORANI		
	MACUSANI		
MOHO	OLLACHEA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	COJATA		
	HUANCANE		
	HUATASANI		
	INCHUPALLA		
	PUSI		
PUNO	ROSASPATA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	TARACO		
	VILQUE CHICO		
	HUAYRAPATA		
PUNO	MOHO	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CONIMA		
	TILALI		
	COATA	2	TRES DISTRITOS
	CAPACHICA		
	AMANTANI		
	ACORA	3	DOCE DISTRITOS
	ATUNCOLLA		
	CHUCUITO		
	HUATA		
	MAÑAZO		
	PAUCARCOLLA		
	PICHACANI		
PLATERIA			
PUNO			
SAN ANTONIO			
TIQUILLACA			
VILQUE			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
PUNO	AZÁNGARO	AZÁNGARO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		ACHAYA		
		ARAPA		
		ASILLO		
		CAMINACA		
		CHUPA		
		JOSÉ DOMINGO CHOQUEHUANCA		
		MUÑANI		
		POTONI		
		SAMAN		
		SAN ANTON		
		SAN JOSÉ		
		SAN JUAN DE SALINAS		
		SANTIAGO DE PUPUJA		
	TIRAPATA			
	CHUCUITO	DESAGUADERO	3	TODOS LOS DISTRITOS
		HUACULLANI		
		JULI		
		KELLUYO		
		PISACOMA		
	EL COLLAO	POMATA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ZEPITA		
		CAPAZO		
		CONDURIRI		
	ILAVE	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	PILCUYO			

PUNO	LAMPA	SANTA ROSA	2	TRES DISTRITOS
		CALAPUJA		
		NICASIO		
		PUCARÁ	3	SIETE DISTRITOS
		CABANILLA		
	LAMPA			
	OCUVIRI			
	PALCA			
	PARATIA			
	SANTA LUCÍA			
	VILAVILA	2	TODOS LOS DISTRITOS	
	ANTAUTA			
	AYAVIRI			
	CUPI			
	LLALLI			
	MACARI			
	NUÑO A			
	ORURILLO			
	SANTA ROSA			
	UMACHIRI	3	TODOS LOS DISTRITOS	
JULIACA				
CABANA				
CABANILLAS				
CARACOTO	3	TODOS LOS DISTRITOS		
YUNGUYO				
ANAPIA				
COPANI				
CUTURAPI				
OLLARAYA				
TINICACHI				
UNICACHI				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
AMAZONAS	CAHACHAPOYAS	ASUNCIÓN	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		BALSAS					
		CHACHAPOYAS					
		CHETO					
		CHILIQUIN					
		CHUQUIBAMBA					
		GRANADA					
		HUANCAS					
		LA JALCA					
		LEVANTO					
		LEYMEBAMBA					
		MAGDALENA					
		MARISCAL CASTILLA					
		MOLINOPAMPA					
		MONTEVIDEO					
		OLLEROS					
		QUINJALCA					
		SAN FRANCISCO DE DAGUAS					
		SAN ISIDRO DE MAINO					
		SOLOCO					
		SONCHE					
		BAGUA			ARAMANGO	2	TODOS LOS DISTRITOS
					BAGUA		
	COPALLIN						
	EL PARCO						
	BONGARÁ	IMAZA	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		LA PECA					
		CHISQUILLA					
		CHURUJA					
		COROSHA					
	CUISPES						

CONDORCANQUI	FLORIDA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	JAZAN		
	JUMBILLA		
	RECTA		
	SAN CARLOS		
	SHIPASBAMBA		
	VALERA		
	YAMBRASBAMBA		
	EL CENEPA		
	NIEVA		
RÍO SANTIAGO			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
AMAZONAS	LUYA	CAMPORREDONDO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		COBACAMBA		
		COLCAMAR		
		CONILA		
		INGUILPATA		
		LAMUD		
		LONGUITA		
		LONYA CHICO		
		LUYA		
		LUYA VIEJO		
		MARÍA		
		OCALLI		
		OCUMAL		
		PISUQUÍA		
		PROVIDENCIA		
		SAN CRISTÓBAL		
		SAN FRANCISCO DEL YESO		
		SAN JERÓNIMO		
		SAN JUAN DE LOPECANCHA		
		SANTA CATALINA		
		SANTO TOMÁS		
		TINGO		
		TRITA		
	UTCUBAMBA	BAGUA GRANDE	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CAJARURO		
		CUMBA		
		EL MILAGRO		
	RODRÍGUEZ DE MENDOZA	JAMALCA	2	ONCE DISTRITOS
		LONYA GRANDE		
		YAMON		
		CHIRIMOTO		
		COCHAMAL		
		HUAMBO		
LIMABAMBA				
LONGAR				
MARISCAL BENAVIDES				
MILPUC				
OMIA				
SAN NICOLÁS				
SANTA ROSA				
TOTORA				
VISTA ALEGRE	3	UN DISTRITO		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
BELLAVISTA		BELLAVISTA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		ALTO BIAVO		
		BAJO BIAVO		
		HUALLAGA		
		SAN PABLO		
SAN RAFAEL				

SAN MARTÍN	HUALLAGA	SAPOSOA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		EL ESLABÓN		
		PISCOYACU		
		SACANCHE		
		TINGO DE SAPOSOA		
		ALTO SAPOSOA		
	LAMAS	LAMAS	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ALONSO DE ALVARADO		
		BARRANQUILLA		
		CAYNARACHI		
		CUÑUMBUQUI		
		PINTO RECODO		
		RUMISAPA		
		SAN ROQUE DE CUMBAZA		
		SHANAO		
		TABALOSOS		
		ZAPATEROS		
	MARISCAL CÁCERES	JUANJUÍ	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CAMPANILLA		
		HUICUNGO		
		PACHIZA		
		PAJARILLO		
	JUANJUICILLO			
	PICOTA	PICOTA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		BUENOS AIRES		
		CASPISAPA		
		PILLUANA		
PUCACACA				
SAN CRISTÓBAL				
SAN HILARIÓN				
SHAMBOYACU				
TINGO DE PONAZA				
TRES UNIDOS				
MOYOBAMBA	MOYOBAMBA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	CALZADA			
	HABANA			
	JEPELACIO			
	SORITOR			
	YANTALO			
RIOJA	RIOJA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	AWAJÚN			
	ELÍAS SOPLÍN VARGAS			
	NUEVA CAJAMARCA			
	PARDO MIGUEL			
	POSIC			
	SAN FERNANDO			
	YORONGOS			
	YURACYACU			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
SAN MARTÍN	SAN MARTÍN	CHIPURANA	2	CUATRO DISTRITOS
		EL PORVENIR		
		HUIMBAYOC		
		PAPAPLAYA		
		TARAPOTO		
		ALBERTO LEVEU	3	DIEZ DISTRITOS
		CACATACHI		
		CHAZUTA		
		JUAN GUERRA		
		LA BANDA DE SHILCAYO		
		MORALES		
		SAN ANTONIO		

TOCACHE	SAUCE	2	TODOS LOS DISTRITOS
	SHAPAJA		
	TOCACHE		
	NUEVO PROGRESO		
	PÓLVORA		
	SHUNTE		
EL DORADO	UCHIZA	3	TODOS LOS DISTRITOS
	SAN JOSÉ DE SISA		
	AGUA BLANCA		
	SAN MARTÍN		
	SANTA ROSA		
SHANTOJA			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
HUÁNUCO	HUÁNUCO	HUÁNUCO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		AMARILIS		
		CHINCHAO		
		CHURUMBAMBA		
		MARGOS		
		PILLCO MARCA		
		QUISQUI		
		SAN FRANCISCO DE CAYRÁN		
		SAN PEDRO DE CHAULÁN		
		SANTA MARÍA DEL VALLE		
		YARUMAYO		
		YACUS		
	HUACAYBAMBA	HUACAYBAMBA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CANCHABAMBA		
		COCHABAMBA		
		PINRA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
HUÁNUCO	LEONCIO PRADO	RUPA-RUPA	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		JOSÉ CRESPO Y CASTILLO					
		MARIANO DÁMASO BERAÚN					
		DANIEL ALOMIA ROBLES					
		FELIPE LUYANDO					
		HERMILIO VALDIZÁN					
		MARAÑÓN			HUACACHUCRO	2	TODOS LOS DISTRITOS
					CHOLÓN		
					SAN BUENAVENTURA		
		PUERTO INCA			PUERTO INCA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CODO DEL POZUZO						
	HONORIA						
	TOURNAVISTA						
	YUYAPICHIS						
	YAROWILCA	CHAVINILLO	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		CAHUAC					
		CHACABAMBA					
		CHUPAN					
		JACAS CHICO					
		OBAS					
PAMPAMARCA							
CHORAS							

PACHITEA	PANAO	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CHAGLLA		
	MOLINO		
	UMARI		
AMBO	AMBO	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CAYNA		
	COLPAS		
	CONCHAMARCA		
	HUÁCAR		
	SAN FRANCISCO		
	SAN RAFAEL		
	TOMAY KICHWA		

DANIEL A. CARRIÓN	SIMÓN BOLÍVAR	3	TODOS LOS DISTRITOS
	TINYAHUARCO		
	VICCO		
	YANAHUANCA		
	CHACAYAN		
	GOYLLARISQUIZGA		
	PAUCAR		
	SAN PEDRO DE PILLAO		
	SANTA ANA DE TUSI		
	TAPUC		
VILCABAMBA			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
HUÁNUCO	HUAMALIES	ARANCAY	2	OCHO DISTRITOS
		CHAVÍN DE PARIARCA		
		JACAS GRANDE		
		JIRCAN		
		MONZÓN		
		PUNCHAO		
		SINGA		
		TANTAMAYO		
		LLATA		
		MIRAFLORES		
	DOS DE MAYO	CHUQUIS	2	TRES DISTRITOS
		MARIAS		
		QUIVILLA		
		LA UNIÓN		
	LAURICOCHA	PACHAS	3	SEIS DISTRITOS
		RIPÁN		
		SHUNQUI		
		SILLAPATA		
		YANAS		
		BAÑOS		
	JESÚS			
	JIVIA			
	QUEROPALCA			
	RONDOS			
	SAN FRANCISCO DE ASÍS			
	SAN MIGUEL DE CAURI			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
JUNÍN	CHANCHAMAYO	CHANCHAMAYO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		PERENÉ		
		PICHANAQUI		
		SAN LUIS DE SHUARO		
		SAN RAMÓN		
		VITOC		
		COVIRIALI		
	LLAYLLA			
	MAZAMARI			
	PAMPA HERMOSA			
	PANGOA			
	RÍO NEGRO			
	RÍO TAMBO			
	SATIPO	2	SEIS DISTRITOS	
	ACOBAMBA			
	HUASAHUASI			
	PALCA			
	PALCAMAYO			
	SAN PEDRO DE CAJAS			
	TAPO			
HUARICOLCA	3	TRES DISTRITOS		
LA UNIÓN				
TARMA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
PASCO	OXAPAMPA	OXAPAMPA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CHONTABAMBA		
		HUANCABAMBA		
		PALCAZU		
		POZUZO		
		PUERTO BERMÚDEZ		
		VILLA RICA		
		HUACHÓN		
	HUARIACA			
	NINACACA			
	PALLANCHACRA			
	PAUCARTAMBO			
	SAN FRANCISCO DE ASÍS DE YARUSYACÁN			
	TICLACAYÁN			
	YANACANCHA			
	CHAUPIMARCA (c. de Pasco)	3	CINCO DISTRITOS	
	HUAYLLAY			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
JUNÍN	CONCEPCIÓN	ANDAMARCA	2	CUATRO DISTRITOS
		COCHAS		
		COMAS		
		MARISCAL CASTILLA		
		ACO		
		CHAMBARA		
		CONCEPCIÓN		
		HEROÍNAS DE TOLEDO		
		MANZANARES		
		MATAHUASI		
		MITO		
		NUEVE DE JULIO		
	ORCOTUNA	3	ONCE DISTRITOS	
	SAN JOSÉ DE QUERO			
	SANTA ROSA DE OCOPA			
	AHUAC			
	CHONGOS BAJO			
	CHUPACA			
	HUACHAC			
	HUAMANCACA CHICO			

JUNÍN		SAN JUAN DE JARPA	2	DOS DISTRITOS
		SAN JUAN DE YSCOS		
		TRES DE DICIEMBRE		
		YANACANCHA		
	HUANCAYO	PARIAHUANCA	3	VEINTISEIS DISTRITOS
		SANTO DOMINGO DE ACOBAMBA		
		CARHUACALLANGA		
		CHACAPAMPA		
		CHICCHE		
		CHILCA		
		CHONGOS ALTO		
		CHUPURO		
		COLCA		
		CULLHUAS		
		EL TAMBO		
		HUACRAPUQUIO		
		HUALHUAS		
		HUANCAN		
		HUANCAYO		
		HUASICANCHA		
		HUAYUCACHI		
		INGENIO		
		PILCOMAYO		
		PUCARA		
		QUICHUAY		
		QUILCAS		
		SAN AGUSTÍN		
		SAN JERÓNIMO DE TUNÁN		
		SAÑO		
		SAPALLANGA		
		SICAYA		
VIQUES				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
JUNÍN	JAUJA	APATA	3	TREINTA DISTRITOS
		MOLINOS		
		MONOBAMBA		
		RICRAN		
		ACOLLA		
		ATAURA		
		CANCHAYLLO		
		CURICACA		
		EL MANTARO		
		HUAMALI		
		HUARIPAMPA		
		HUERTAS		
		JANJAILLO		
		JAUJA		
		JULCAN		
		LEONOR ORDÓÑEZ		
		LLOCLLAPAMPA		
		MARCO		
		MASMA		
		MASMA CHICCHE		
		MUQUI		
		MUQUIYAYUYO		
		PACA		
		PACCHA		
		PANCÁN		
		PARCO		
		POMACANCHA		
	SAN LORENZO			
			2	CUATRO DISTRITOS

JUNÍN		SAN PEDRO DE CHUNAN	2	DOS DISTRITOS
		SAUSA		
		SINCOS		
		TUNANMARCA		
		YAULI		
	YAYUOS			
		CARHUAMAYO	3	DOS DISTRITOS
		ULCUMAYO		
		JUNIN		
		ONDORES		
YAULI		CHACAPALPA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		HUAY-HUAY		
		LA OROYA		
		MARCAPOMACOCHA		
		MOROCOCHA		
		PACCHA		
		SANTA BÁRBARA DE CARHUACAYÁN		
		SANTA ROSA DE SACCO		
		SUITUCANCHA		
		YAULI		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
CUSCO	CALCA	CALCA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		COYA		
		LAMAY		
		LARES		
		PISAC		
		SAN SALVADOR		
		TARAY		
		YANATILE		
	URUBAMBA	CHINCHERO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		HUAYLLABAMBA		
		MACHU PICCHU		
		MARAS		
		OLLANTAYTAMBO		
		URUBAMBA		
	PAUCARTAMBO	YUCAY	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CAICAY		
		CHALLABAMBA		
		COLQUEPATA		
		HUANCARANI		
	ANTA	KOSÑIPATA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		PAUCARTAMBO		
		ANCAHUASI		
		ANTA		
		CACHIMAYO		
		CHINCHAYPUJIO		
		HUAROCONDO		
		LIMATAMBO		
		MOLLEPATA		
		PUCYURA		
	ZURITE			
QUISPICANCHIS	ANDAHUAYLILLAS	2	TODOS LOS DISTRITOS	
	CAMANTI			
	CCARHUAYO			
	CCATCA			
	CUSIPATA			
	HUARO			
	LUCRE			
	MARCAPATA			
	OCONGATE			
	OROPESA			
	QUIQUIJANA			
	URCOS			

PARURO	ACCHA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CCAPI		
	COLCHA		
	HUANOQUITE		
	OMACHA		
	PACCARITAMBO		
	PILLPINTO		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
CUSCO	CANCHIS	ALTO PICHIGUA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		COMBAPATA		
		MARANGANI		
		PITUMARCA		
		SAN PABLO		
		SAN PEDRO		
		SUYCKUTAMBO		
		TINTA		
	CANAS	CHECCA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		KUNTURKANKI		
		LANGUI		
		LAYO		
		PAMPAMARCA		
		QUEHUE		
		TÚPAC AMARU		
	YANAOCA			
	ACOMAYO	ACOMAYO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		ACOPIA		
		ACOS		
		MOSOC LLACTA		
		POMACANCHI		
		RONDOCAN		
		SANGARARÁ		
	CUSCO	CCORCA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CUSCO		
		POROY		
		SAN JERÓNIMO		
		SAN SEBASTIÁN		
		SANTIAGO		
		SAYLLA		
		WANCHAQ		
	LA CONVENCION	ECHERATE	2	TODOS LOS DISTRITOS
HUAYOPATA				
MARANURA				
OCOBAMBA				
PICHARI				
QUELLOUNO				
QUIMBIRI				
SANTA ANA				
SANTA TERESA				
VILCABAMBA				
CHUMBIVILCAS	CAPACMARCA	2	CUATRO DISTRITOS	
	CHAMACA			
	COLOQUEMARCA			
	LIVITACA	3	CUATRO DISTRITOS	
	LLUSCO			
	QUIÑOTA			
ESPINAR	SANTO TOMÁS	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	VELILLE			
	CONDOROMA			
	COPORAQUE			
	ESPINAR			
	OCORURO			
	PALLPATA			
PICHIGUA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO			
HUANCAVELICA	CHURCAMP	ANCO	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		CHINCHUASI					
		CHURCAMP					
		COSME					
		EL CARMEN					
		LA MERCED					
		LOCROJA					
		PACHAMARCA					
		PAUCARBAMBA					
		SAN MIGUEL DE MAYOC					
		SAN PEDRO DE CORIS					
		ACOBAMBA			ACOBAMBA	2	TODOS LOS DISTRITOS
					ANDABAMBA		
					ANTA		
	CAJA						
	MARCAS						
	PAUCARÁ						
	TAYACAJA	POMACOCOCHA	2	DIEZ DISTRITOS			
		ROSARIO					
		COLCABAMBA					
		DANIEL HERNANDEZ					
		HUACHOCOLPA					
		HUARIBAMBA					
		QUISHUAR					
		SALCABAMBA					
		SAN MARCOS DE ROCCHAC					
		SARCAHUASI					
		SURCUBAMBA					
		TINTAY PUNCU					
	ANGARAES	ACOSTAMBO	3	SIETE DISTRITOS			
		ACRAQUIA					
		AHUAYCHA					
		HUANDO					
		ÑAHUIMPUQUIO					
		PAMPAS					
		PAZOS					
		CHINCHO			2	UN DISTRITO	
		ANCHONGA			3	ONCE DISTRITOS	
		CALLANMARCA					
	CCOCHACCASA						
	CONGALLA						
	HUANCA HUANCA						
HUAYLLAY GRANDE							
JULCAMARCA							
LIRCAY							
SAN ANTONIO DE ANTAPARCO							
SECCLLA							
STO TOMÁS DE PATA							

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
HUANCAVELICA		ACOBAMBILLA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ACORIA		
		ASCENSIÓN		
		CONAYCA		
		CUENCA		
		HUACHOCOLPA		
		HUANCAVELICA		
		HUAYLLAHUARA		
IZCUCHACA				

HUANCAVELICA	LARIA	3	ONCE DISTRITOS	PACAYCASA	3	CINCO DISTRITOS					
				QUINUA							
				SAN JOSÉ DE TICLLAS							
				SANTIAGO DE PISCHA							
				TAMBILLO							
				CARMEN ALTO							
				CHIARA							
				SAN JUAN BAUTISTA							
				SOCOS							
	VINCOS										
	CASTROVIRREYNA	3	ONCE DISTRITOS	CONCEPCIÓN	3	SIETE DISTRITOS					
				ACOMARCA							
				CARHUANCA							
				HUAMBALPA							
				INDEPENDENCIA							
				SAURAMA							
				VILCASHUAMÁN							
				VISCHONGO							
				HUANCASANCOS			4	DOS DISTRITOS	CARAPO	3	TODOS LOS DISTRITOS
									SÁCSAMARCA		
	SANCOS										
	HUAYTARÁ	3	TRES DISTRITOS	SANTIAGO DE LUCANAMARCA	3	TODOS LOS DISTRITOS					
				4			TRECE DISTRITOS	CANGALLO			
								CHUSCHI			
		LOS MOROCHUCOS									
		MARÍA PARADO DE BELLIDO									
		PARAS									
TOTOS											
TAMBO											
SAN ANTONIO DE CUSCANCHA											
PILPICHACA											
QUERCO											
AYAVÍ											
CÓRDOVA											
HUAYACUNDO											
ARMA											
HUAYTARÁ											
LARAMARCA											
OCOYO											
QUITO ARMA											
SAN FRANCISCO DE SANGAYAICO											
SAN ISIDRO											
SANTIAGO DE CHOCORVOS											
SANTIAGO DE QUIRAHUARA											
SANTO DOMINGO DE CAPILLAS											

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
AYACUCHO	HUANTA	AYAHUANCO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		HIGUAIN		
		HUAMANGUILLA		
		HUANTA		
		LLOCHEGUA		
		LURICOCHA		
		SANTILLANA		
	SIVIA			
	LA MAR	ANCO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		AYNA		
		CHILCAS		
		CHUNGUI		
		LUIS CARRANZA		
		SAN MIGUEL		
		SANTA ROSA		
	TAMBO			
	HUAMANGA	ACOCRO	2	DIEZ DISTRITOS
		ACOSVINCHOS		
		AYACUCHO		
JESÚS NAZARENO				
OCROS				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
AYACUCHO	PÁUCAR DEL SARA SARA	COLTA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CORCULLA		
		LAMPA		
		MARCABAMBA		
		OYOLO		
		PARARCA		
		PAUSA		
		SAN JAVIER DE ALPABAMBA		
		SAN JOSÉ DE USHUA		
		SARA SARA		
	SUCRE	BELÉN	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CHALCOS		
		CHILCAYOC		
		HUACAÑA		
		MORCOLLA		
		PAICO		
		QUEROBAMBA		
		SAN PEDRO DE LARCAY		
		SAN SALVADOR DE QUIJE		
		SANTIAGO DE PAUCARAY		
	SORAS			
	VÍCTOR FAJARDO	ALCAMENCA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		APONGO		
		ASQUIPATA		
		CANARIA		
		CAYARA		
		COLCA		
HUAMANQUIQUIA				

PARINACOCHAS	HUANCAPÍ	3	SEIS DISTRITOS		
	HUANCARAYLLA				
	HUAYA				
	SARHUA				
	VILCANCHOS				
	CHUMPI				
	CORACORA				
	CORONEL CASTAÑEDA				
	PACAPAUZA				
	SAN FRANCISCO DE RAVACAYCU				
	UPAHUACHO				
	PULLO			4	DOS DISTRITOS
	PUYUSCA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
AYACUCHO	LUCANAS	AUCARA	3	DIEZ DISTRITOS
		CABANA		
		CARMEN SALCEDO		
		CHAVIÑA		
		CHIPAO		
		LUCANAS		
		PUQUIO		
		SAN JUAN		
		SAN PEDRO DE PALCO		
		SANTA ANA DE HUAYCAHUACHO		
		HUAC HUAS	4	ONCE DISTRITOS
		LARAMATE		
		LEONCIO PRADO		
		LLAUTA		
		OCAÑA		
		OTOCA		
		SAISA		
		SAN CRISTOBAL		
		SAN PEDRO		
		SANCOS		
SANTA LUCÍA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
APURÍMAC	COTABAMBAS	CALLHUAHUACHO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		COTABAMBAS		
		COYLLURQUI		
		HAQUIRA		
		MARA		
		TAMBOBAMBA		
	GRAU	CHUQUIBAMBILLA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CURASCO		
		CURPAHUASI		
		GAMARRA		
		HUAYLLATI		
		MAMARA		
		MICAELA BASTIDAS		
		PATAYPAMPA		
		PROGRESO		
		SAN ANTONIO		
		SANTA ROSA		
		TURPAY		
		VILCABAMBA		
		VIRUNDO		
	ABANCAY	ABANCAY	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CHACOCHÉ		
		CIRCA		
		CURAHUASI		

HUANIPACA
LAMBRAMA
PICHIRHUA
SAN PEDRO DE CACHORA
TAMBURCO

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
APURÍMAC	CHINCHEROS	ANCO-HUALLO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CHINCHEROS		
		COCHARCAS		
		HUACCANA		
		OCOBAMBA		
		ONGOY		
		RANRACANCHA		
		URANMARCA		
	ANDAHUAYLAS	ANDAHUAYLAS	2	TRECE DISTRITOS
		ANDARAPA		
		HUANCARAMA		
		HUANCARAY		
		KAQUIABAMBA		
		KISHUARA		
		PACOBAMBA		
		PACUCHA		
		SAN ANTONIO DE CACHI		
		SAN JERONIMO		
SANTA MARIA DE CHICMO	3	SEIS DISTRITOS		
TALAVERA				
TURPO				
CHIARA				
HUAYANA				
PAMPACHIRI				
POMACOCCHA				
SAN MIGUEL DE CHACCRAMPA				
TUMAY HUARACA				
AYMARAES	CHAPIMARCA	2	CINCO DISTRITOS	
	COLCABAMBA			
	LUCRE			
	SAN JUAN DE CHACÑA			
	TINTAY	3	DOCE DISTRITOS	
	CAPAYA			
	CARAYBAMBA			
	CHALHUANCA			
	COTARUSE			
	HUAYLLO			
	JUSTO APU SAHUARAURA			
	POCOHUANCA			
	SAÑAYCA			
	SORAYA			
TAPAIRIHUA				
TORAYA				
YANACA				
ANTABAMBA	ANTABAMBA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	EL ORO			
	HIAQUIRCA			
	JUAN ESPINOZA MEDRANO			
	OROPESA			
	PACHACONAS			
SABAINO				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
TUMBES	CONTRALMIRANTE VILLAR	CASITAS	4	TODOS LOS DISTRITOS
		ZORRITOS		
	TUMBES	CORRALES	4	TODOS LOS DISTRITOS
		LA CRUZ		
		PAMPAS DE HOSPITAL		
		SAN JACINTO		
		SAN JUAN DE LA VIRGEN		
		TUMBES		
	ZARUMILLA	AGUAS VERDES	4	TODOS LOS DISTRITOS
		MATAPALO		
		PAPAYAL		
		ZARUMILLA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO			
PIURA	HUANCABAMBA	CANCHAQUE	3	TODOS LOS DISTRITOS			
		EL CARMEN DE LA FRONTERA					
		HUANCABAMBA					
		HUARMACA					
		LALAQUIZ					
		SAN MIGUEL DE EL FAIQUE					
		SONDOR					
		SONDORILLO					
		AYABACA			AYABACA	3	SEIS DISTRITOS
	JILILI						
	LAGUNAS						
	MONTERO						
	PACAIPAMPA						
	SICCHEZ						
	FRIAS						
	PAIMAS						
	MORROPÓN	SAPILLICA	4	CUATRO DISTRITOS			
		SUYO					
		PIURA			BUENOS AIRES	3	SEIS DISTRITOS
					CHALACO		
	SALITRAL						
	SAN JUAN DE BIGOTE						
	SANTA CATALINA DE MOSSA						
	YAMANGO						
	CHULUCANAS						
	PIURA	LA MATANZA	4	TODOS LOS DISTRITOS			
		MORROPÓN					
		SANTO DOMINGO					
		CASTILLA					
		CATACAOS					
		CURA MORI					
		EL TALLÁN					
		LA ARENA					
	LA UNIÓN						
	LAS LOMAS						
	PIURA						
	TAMBO GRANDE						

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
	PAITA	AMOTAPE	4	TODOS LOS DISTRITOS
		ARENAL		
		COLÁN		
		LA HUACA		
		PAITA		
		TAMARINDO		

PIURA	SECHURA	VICHAYAL	4	TODOS LOS DISTRITOS
		BELLAVISTA LA UNION		
		BERNAL		
		CRISTO NOS VALGA		
		RINCONADA LLICUAR		
		SECHURA		
		VICE		
	SULLANA	BELLAVISTA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		IGNACIO ESCUDERO		
		LANCONES		
		MARCAVELICA		
		MIGUEL CHECA		
		QUERECOTILLO		
		SALITRAL		
	SULLANA			
	TALARA	EL ALTO	4	TODOS LOS DISTRITOS
		LA BREA		
		LOBITOS		
		LOS ÓRGANOS		
		MÁNCORA		
		PARIÑAS		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
LAMBAYEQUE	FERREÑAFE	CAÑARIS	3	DOS DISTRITOS
		INCAHUASI		
		FERREÑAFE	4	CUATRO DISTRITOS
		MANUEL A. MESONES MURO		
		PITTIPO		
		PUEBLO NUEVO		
	LAMBAYEQUE	SALAS	3	UN DISTRITO
		CHOCHOPE		
		ILLIMO	4	SIETE DISTRITOS
		JAYANCA		
		LAMBAYEQUE		
		MOCHUMI		
		MÓRROPE		
		MOTUPE		
		OLMOS		
		PACORA		
	SAN JOSÉ			
	TÚCUME			
	CHICLAYO	CAYALTÍ	4	TODOS LOS DISTRITOS
		CHICLAYO		
		CHONGOYAPE		
		ETEN		
		ETEN PUERTO		
		JOSÉ LEONARDO ORTIZ		
		LA VICTORIA		
		LAGUNAS		
		MONSEFÚ		
		NUEVAARICA		
		OYOTUN		
		PATAPO		
		PICSI		
		PIMENTEL		
		POMALCA		
PUCALÁ				
REQUE				
SANTA ROSA				
SAÑA				
TUMÁN				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO	
CAJAMARCA	HUALGAYOC	BAMBAMARCA	2	TODOS LOS DISTRITOS	
		CHUGUR			
		HUALGAYOC			
	SAN IGNACIO	CHIRINOS	2	CINCO DISTRITOS	
		HUARANGO			
		LA COIPA			
		NAMBALLE			
		SAN IGNACIO	2	DOS DISTRITOS	
		SAN JOSE DE LOURDES			
		TABACONAS			
	CELENDÍN	CELENDÍN	2	TODOS LOS DISTRITOS	
		CHUMUCH			
		CORTEGANA			
		HUASMIN			
		JORGE CHÁVEZ			
		JOSÉ GÁLVEZ			
		LA LIBERTAD DE PALLAN			
		MIGUEL IGLESIAS			
		OXAMARCA			
		SOROCHUCO			
		SUCRE			
		UTCO			
	CUTERVO	CALLAYUC	2	CATORCE DISTRITOS	
		CHOROS			
		CUJILLO			
		CUTERVO			
		LA RAMADA			
		PIMPINGOS			
		SAN ANDRÉS DE CUTERVO			
		SAN JUAN DE CUTERVO			
		SAN LUIS DE LUCMA			
		SANTA CRUZ			
		SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA			
SANTO TOMÁS					
SOCOTA					
TORBIO					
CASANOVA					
QUEROCOTILLO		3			UN DISTRITO
JAÉN		BELLAVISTA			2
	CHONTALI				
	COLASAY				
	HUABAL				
	JAÉN				
	LAS PIRIAS				
	SAN JOSÉ DEL ALTO	3	CUATRO DISTRITOS		
	SANTA ROSA				
	POMAHUACA				
	PUCARÁ				
	SALLIQUE				
SAN FELIPE					

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
	SAN MARCOS	GREGORIO PITA	2	CUATRO DISTRITOS
		ICHOCÁN		
		JOSÉ MANUEL QUIROZ		
		JOSÉ SABOGAL		

CAJAMARCA	CHOTA	CHANCA Y	3	TRES DISTRITOS
		EDUARDO VILLANUEVA		
		PEDRO GÁLVEZ		
	CHOTA	ANGUIA	2	DOCE DISTRITOS
		CHADIN		
		CHALAMARCA		
		CHIGUIRIP		
		CHIMBAN		
		CHOROPAMPA		
		CHOTA		
		CONCHAN		
		LAJAS		
		PACCHA		
		PIÓN		
		TACABAMBA		
	COCHABAMBA	3	SIETE DISTRITOS	
	HUAMBOS			
	LLAMA			
	MIRACOSTA			
	QUEROCOTO			
	SAN JUAN DE LICUPIS			
	TOCMOCHE			
	CAJABAMBA	SITACOCHA	2	UN DISTRITO
		CACHACHI	3	TRES DISTRITOS
		CAJABAMBA		
		CONDEBAMBA		
	CAJAMARCA	ENCAÑADA	2	UN DISTRITO
		ASUNCIÓN	3	ONCE DISTRITOS
		CAJAMARCA		
		CHETILLA		
		COSPÁN		
		JESÚS		
		LLACANORA		
LOS BAÑOS DEL INCA				
MAGDALENA				
MATARA				
NAMORA				
SAN JUAN				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
CAJAMARCA	CONTUMAZÁ	CHILETE	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CONTUMAZÁ		
		CUPISNIQUE		
		GUZMANGO		
		SAN BENITO		
		SANTA CRUZ DE TOLEDO		
		TANTARICA		
	YONÁN			
	SAN MIGUEL	BOLÍVAR	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CALQUIS		
		CATILLUC		
		EL PRADO		
		LA FLORIDA		
		LLAPA		
		NANCHOC		
		NIEPOS		
		SAN GREGORIO		
		SAN MIGUEL		
		SAN SILVESTRE DE COCHAN		
		TONGOD		
		UNIÓN AGUA BLANCA		

SAN PABLO	SAN BERNARDINO	2	TODOS LOS DISTRITOS
	SAN LUIS		
	SAN PABLO		
	TUMBADEN		
SANTA CRUZ	ANDABAMBA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CATACHE		
	CHANCAYBAÑOS		
	LA ESPERANZA		
	NINABAMBA		
	PULÁN		
	SANTA CRUZ		
	SAUCEPAMPA		
	SEXI		
	UTICYACU		
	YAYUCAN		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LA LIBERTAD	BOLÍVAR	BAMBAMARCA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		BOLÍVAR		
		CONDORMARCA		
		LONGOTEA		
		UCHUMARCA		
		UCUNCHA		
	PATAZ	BULDIBUYO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CHILLIA		
		HUANCASPATA		
		HUAYLILLAS		
		HUAYO		
		ONGÓN		
		PARCOY		
		PATAZ		
		PIAS		
		SANTIAGO DE CHALLAS		
		TAURJA		
		TAYABAMBA		
	URPAY			
	SANCHEZ CARRIÓN	COCHORCO	2	DOS DISTRITOS
		SARTIMBAMBA	3	SEIS DISTRITOS
		CHUGAY		
		CURGOS		
		HUAMACHUCO		
		MARCABAL		
		SANAGORAN		
	SARÍN			
	SANTIAGO DE CHUCO	ANGASMARCA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CACHICADÁN		
		MOLLEBAMBA		
		MOLLEPATA		
		QUIRUVILCA		
		SANTA CRUZ DE CHUCA		
SANTIAGO DE CHUCO				
SITABAMBA				
GRAN CHIMÚ	CASCAS	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	LUCMA			
	MARMOT			
	SAYAPULLO			
JULCÁN	CALAMARCA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	CARABAMBA			
	HUASO			
	JULCÁN			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LA LIBERTAD	OTUZCO	AGALLPAMPA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CHARAT		
		HUARANCHAL		
		LA CUESTA		
		MACHE		
		OTUZCO		
		PARANDAY		
		SALPO		
		SINSICAP		
		USQUIL		
		CHEPÉN		
	PACANGA			
	PUEBLO NUEVO			
	ASCOPE	ASCOPE	4	TODOS LOS DISTRITOS
		CASA GRANDE		
		CHICAMA		
		CHOCOPE		
		MAGDALENA DE CAO		
		PAIJÁN		
		RÁZURI		
	SANTIAGO DE CAO			
	PACASMAYO	GUADALUPE	4	TODOS LOS DISTRITOS
		JEQUETEPEQUE		
		PACASMAYO		
		SAN JOSÉ		
	TRUJILLO	SAN PEDRO DE LLOC	4	TODOS LOS DISTRITOS
		EL PORVENIR		
		FLORENCIA DE MORA		
		HUANCHACO		
		LA ESPERANZA		
		LAREDO		
		MOCHE		
		POROTO		
SALAVERRY				
SIMBAL				
TRUJILLO				
VÍCTOR LARCO HERRERA				
VIRÚ	CHAO	4	TODOS LOS DISTRITOS	
	GUADALUPITO			
	VIRÚ			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
ÁNCASH	ANTONIO RAYMONDI	CHACCHO	2	TRES DISTRITOS
		CHINGA		
		LLAMELLIN		
		ACZO	3	TRES DISTRITOS
		MIRGAS		
		SAN JUAN DE RONTROY		
	HUARI	ANRA	2	SEIS DISTRITOS
		HUACACHI		
		HUACCHIS		
		PAUCAS		
		RAPAYÁN		
	UCO	3	DIEZ DISTRITOS	
	CAJAY			
	CHAVÍN DE HUANTAR			
	HUACHIS			
HUANTAR				

		HUARI		
		MASIN		
		PONTO		
		RAHUAPAMPA		
		SAN MARCOS		
		SAN PEDRO DE CHANA		
	ASUNCIÓN	ACOCHACA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CHACAS		
	CARHUAZ	ACOPAMPA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		AMASHCA		
		ANTA		
		ATAQUERO		
		CARHUAZ		
		MARCARÁ		
		PARIAHUANCA		
		SAN MIGUEL DE ACO		
		SHILLA		
		TINCO		
		YUNGAR		
	CARLOS F. FITZCARRALD	SAN LUIS	3	TODOS LOS DISTRITOS
		SAN NICOLÁS		
		YAUYA		
	CORONGO	ACO	3	TODOS LOS DISTRITOS
		BAMBAS		
		CORONGO		
		CUSCA		
		LA PAMPA		
		YANAC		
		YUPÁN		
	MARISCAL LUZURIAGA	CASCA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ELEAZAR GUZMÁN BARRÓN		
		FIDEL OLIVAS ESCUDERO		
		LLAMA		
		LLUMPA		
		LUCMA		
		MUSGA		
		PISCOBAMBA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
ÁNCASH	PALLASCA	BOLOGNESI	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CABANA		
		CONCHUCOS		
		HUACASCHUQUE		
		HUANDOVAL		
		LACABAMBA		
		LLAPO		
		PALLASCA		
		PAMPAS		
		SANTA ROSA		
	TAUCA			
	POMABAMBA	HUAYLLÁN	3	TODOS LOS DISTRITOS
		PAROBAMBA		
		POMABAMBA		
		QUINUABAMBA		
	SIHUAS	ACOBAMBA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ALFONSO UGARTE		
		CASHAPAMPA		
		CHINGALPO		
		HUAYLLABAMBA		
		QUICHES		
		RAGASH		
		SAN JUAN		
	SICSIBAMBA			

ÁNCASH	HUAYLAS	SIHUAS	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CARAZ		
		HUALLANCA		
		HUATA		
		HUAYLAS		
		MATO		
		PAMPAROMAS		
		PUEBLO LIBRE		
		SANTA CRUZ		
		SANTO TORIBIO		
	YURACMARCA			
	YUNGAY	CASCAPARA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		MANCOS		
		MATACOTO		
		QUILLO		
		RANRAHIRCA		
		SHUPLUY		
		YANAMA		
	YUNGAY			
	HUARAZ	COCHABAMBA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		COLCABAMBA		
		HUANCHAY		
		HUARAZ		
		INDEPENDENCIA		
		JANGAS		
		LA LIBERTAD		
		OLLEROS		
PAMPAS				
PARIACOTO				
PIRA				
TARICA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
ÁNCASH	BOLOGNESI	ABELARDO PARDO	3	TODOS LOS DISTRITOS
		LEZAMETA		
		ANTONIO RAYMONDI		
		AQUIA		
		CAJACAY		
		CANIS		
		CHIQUIAN		
		COLQUIOC		
		HUALLANCA		
		HUASTA		
		HUAYLLACAYAN		
		LA PRIMAVERA		
		MANGAS		
		PACLLON		
	SAN MIGUEL DE CORPANQUI			
	TICLLOS			
	RECUAY	CATAC	3	TODOS LOS DISTRITOS
		COTAPARACO		
		HUAYLLAPAMPA		
		LLACLLIN		
		MARCA		
		PAMPAS CHICO		
		PARARIN		
	RECUAY			
	TAPACCOCHA			
	TICAPAMPA			
	AIJA	AIJA	3	DOS DISTRITOS
		CORIS		
		LA MERCED	4	TRES DISTRITOS
		HUACLLÁN		
	SUCCHA			
	OCROS	ACAS	3	CINCO DISTRITOS

ÁNCASH		CAJAMARQUILLA	4	CINCO DISTRITOS
		CARHUAPAMPA		
		CONGAS		
		LLIPA		
		OCROS		
		S. CRISTÓBAL DE RAJÁN		
		SANTIAGO DE CHILCAS		
		COCHAS		
		SAN PEDRO		
		COCHAPETI		
	HUAYAN			
	MALVAS			
	CULEBRAS	4	DOS DISTRITOS	
	HUARMEY			
	SANTA	CÁCERES DEL PERÚ	3	TRES DISTRITOS
		MACATE		
		MORO		
		CHIMBOTE	4	SEIS DISTRITOS
		COISHCO		
		NEPEÑA		
NUEVO CHIMBOTE				
SAMANCO				
SANTA				
CASMA	BUENA VISTA ALTA	4	TODOS LOS DISTRITOS	
	CASMA			
	COMANDANTE NOEL			
	YAUTÁN			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LIMA	CAJATAMBO	CAJATAMBO	3	CUATRO DISTRITOS
		COPA		
		GORGOR		
		HUACAPÓN		
		MANÁS		
	OYÓN	ANDAJES	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CAUJUL		
		COCHAMARCA		
		NAVÁN		
		OYÓN		
	PACHANGARA			
	YAUYOS	ALIS	3	VEINTINUEVE DISTRITOS
		AYAUCA		
		AYAVIRÍ		
		AZÁNGARO		
		CACRA		
		CARANIA		
		CATAHUASI		
		CHOCOS		
		COCHAS		
		COLONIA		
		HONGOS		
		HUAMPARA		
		HUANCAYA		
		HUANGÁSCAR		
		HUANTÁN		
		HUAÑEC		
		LARAOS		
LINCHA				
MADEAN				
MIRAFLORES				
QUINCHES				
SAN JOAQUÍN				

		SAN LORENZO DE PUTINZA	4	TRES DISTRITOS
		SAN PEDRO DE PILAS TANTA		
		TOMAS		
		TUPE		
		VIÑAC		
		VITIS		
		YAUYOS		
		OMAS		
		QUINOCAY		
		TAURIPAMPA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
LIMA	HUAROCHIRÍ	CALLAHUANCA	3	VEINTICINCO DISTRITOS			
		CARAMPOMA					
		CHICLA					
		HUACHUPAMPA					
		HUANZA					
		HUAROCHIRÍ					
		LAHUAYTAMBO					
		LANGA					
		LARAOS					
		MATUCANA					
		SAN ANDRÉS DE TUPICOCHA					
		SAN BARTOLOMÉ					
		SAN DAMIÁN					
		S. JERÓNIMO DE SURCO					
		SAN JUAN DE IRIS					
		SAN JUAN DE TANTARANCHE					
		SAN LORENZO DE QUINTI					
		SAN MATEO					
		SAN MATEO DE OTAO					
		SAN PEDRO DE CASTA					
		SAN PEDRO DE HUANCAYRE					
		SANGALLAYA					
		SANTA CRUZ DE COCACHACRA					
		SANTIAGO DE ANCHUCAYA					
		SANTIAGO DE TUNA					
		ANTIOQUÍA			4	SIETE DISTRITOS	
		CUENCA					
		MARIATANA					
		RICARDO PALMA					
		SAN ANTONIO DE CHACLLA					
		SANTA EULALIA					
		SANTO DOMINGO DE OLLEROS					
		CANTA			CANTA	3	CUATRO DISTRITOS
					HUAROS		
					LACHAQUI		
	SAN BUENAVENTURA						
	ARAHUAY						
	HUARAL	HUAMANTANGA	4	TRES DISTRITOS			
		SANTA ROSA DE QUIVES					
		ATAVILLOS ALTO	3	NUEVE DISTRITOS			
		ATAVILLOS BAJO					

		IHUARI		
		LAMPIAN		
		PACARAOS		
		SAN MIGUEL DE ACOS		
		SANTA CRUZ DE ANDAMARCA		
		SUMBILCA		
		VEINTISIETE DE NOVIEMBRE		
		AUCALLAMA	4	TRES DISTRITOS
		CHANCAY		
		HUARAL		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LIMA	HUAURA	CHECRAS	3	CUATRO DISTRITOS
		LEONCIO PRADO		
		PACCHO		
		SANTA LEONOR		
		ÁMBAR	4	OCHO DISTRITOS
		CALETA DE CARQUIN		
		HUACHO		
		HUALMAY		
	HUAURA			
	SANTA MARÍA			
	SAYÁN			
	VEGUETA			
	CAÑETE	ZUÑIGA	3	UN DISTRITO
		ASIA	4	QUINCE DISTRITOS
		CALANGO		
		CERRO AZUL		
		CHILCA		
		COAYLLO		
		IMPERIAL		
		LUNAHUANÁ		
		MALA		
NUEVO IMPERIAL				
PACARÁN				
QUILMANÁ				
SAN ANTONIO				
SAN LUIS				
SAN VICENTE DE CAÑETE				
SANTA CRUZ DE FLORES				
BARRANCA	BARRANCA	4	TODOS LOS DISTRITOS	
	PARAMONGA			
	PATIVILCA			
	SUPE			
	SUPE PUERTO			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LIMA	LIMA	ANCÓN	4	TODOS LOS DISTRITOS
		ATE		
		BARRANCO		
		BREÑA		
		CARABAYLLO		
		CHACLACAYO		
		CHORRILLOS		
		CIENEGUILLA		
		COMAS		
		EL AGUSTINO		
		INDEPENDENCIA		
		JESUS MARÍA		
		LA MOLINA		
		LA VICTORIA		

LIMA	LIMA	LIMA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		LINCE		
		LOS OLIVOS		
		LURIGANCHO-CHOSICA		
		LURIN		
		MAGDALENA DEL MAR		
		MIRAFLORES		
		PACHACAMAC		
		PUCUSANA		
		PUEBLO LIBRE		
		PUENTE PIEDRA		
		PUNTA HERMOSA		
		PUNTA NEGRA		
		RIMAC		
		SAN BARTOLO		
		SAN BORJA		
		SAN ISIDRO		
		SAN JUAN DE LURIGANCHO		
		SAN JUAN DE MIRAFLORES		
		SAN LUIS		
		SAN MARTIN DE PORRES		
SAN MIGUEL				
SANTA ANITA				
SANTA MARÍA DEL MAR				
SANTA ROSA				
SANTIAGO DE SURCO				
SURQUILLO				
VILLA EL SALVADOR				
VILLA MARIA DEL TRIUNFO				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
CALLAO	CALLAO	BELLAVISTA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		CALLAO		
		CARMEN DE LA LEGUA-REYNOSO		
		LA PERLA		
		LA PUNTA		
		VENTANILLA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
ICA	CHINCHA	SAN PEDRO DE HUACARPANA	3	UN DISTRITO
		ALTO LARÁN	4	DIEZ DISTRITOS
		CHAVIN		
		CHINCHA ALTA		
		CHINCHA BAJA		
		EL CARMEN		
		GROCIO PRADO		
		PUEBLO NUEVO		
		SAN JUAN DE YANAC		
		SUNAMPE		
	TAMBO DE MORA			
	PALPA	LLIPATA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		PALPA		
		RÍO GRANDE		
		SANTA CRUZ		
		TIBILLO		

ICA	ICA	ICA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		LA TINGUIÑA		
		LOS AQUIJES		
		OCUCAJE		
		PACHACÚTEC		
		PARCONA		
		PUEBLO NUEVO		
		SALAS		
		SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS		
		SAN JUAN BAUTISTA		
		SANTIAGO		
		SUBTANJALLA		
		TATE		
		YAUCA DEL ROSARIO		
	NAZCA	CHANGUILLO	4	TODOS LOS DISTRITOS
		EL INGENIO		
		MARCONA		
		NAZCA		
	PISCO	VISTA ALEGRE	4	TODOS LOS DISTRITOS
HUANCANO				
HUMAY				
INDEPENDENCIA				
PARACAS				
PISCO				
SAN ANDRÉS				
SAN CLEMENTE				
TÚPAC AMARU INCA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
AREQUIPA	LA UNIÓN	ALCA	3	TODOS LOS DISTRITOS			
		CHARCANA					
		COTAHUASI					
		HUAYNACOTAS					
		PAMPAMARCA					
		PUYCA					
		QUECHUALLA					
		SAYLA					
		TAURIA					
		TOME PAMPA					
		TORO					
		CAYLLOMA			ACHOMA	3	DIECINUEVE DISTRITOS
					CABANA CONDE		
					CALLALLI		
	CAYLLOMA						
	CHIVAY						
	COPORAQUE						
	HUAMBO						
	HUANCA						
	ICHUPAMPA						
	LARI						
	LLUTA						
	MACA						
	MADRIGAL						
	SAN ANTONIO DE CHUCA						
	SIBAYO						
	TAPAY						
TISCO							
TUTI							
YANQUE							
	MAJES	4	UN DISTRITO				

CASTILLA	3	ANDAGUA	ONCE DISTRITOS
		AYO	
		CHACHAS	
		CHILCAYMARCA	
		CHOCO	
		MACHAGUAY	
		ORCOPAMPA	
		PAMPACOLCA	
		TIPÁN	
		UÑÓN	
	4	VIRACO	TRES DISTRITOS
		APLAO	
		HUANCARQUI	
		URACA	

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
AREQUIPA	AREQUIPA	ALTO SELVA ALEGRE	3	VEINTIUN DISTRITOS			
		AREQUIPA					
		CAYMA					
		CERRO COLORADO					
		CHARACATO					
		CHIGUATA					
		JACOBO HUNTER					
		JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO					
		MARIANO MELGAR					
		MIRAFLORES					
		MOLLEBAYA					
		PAUCARPATA					
		POCSI					
		QUEQUEÑA					
		SABANDIA					
		SACHACA					
		SAN JUAN DE TARUCANI					
		SOCABAYA					
		TIABAYA					
		YANAHUARA					
	CONDESUYOS	YURA	4	OCHO DISTRITOS			
		LA JOYA					
		POLOBAYA					
		SAN JUAN DE SIGUAS					
		SANTA ISABEL DE SIGUAS					
		SANTA RITA DE SIGUAS					
		UCHUMAYO					
		VÍTOR					
		YARABAMBA					
		ISLAY			CAYARANI	4	TODOS LOS DISTRITOS
					CHICHAS		
					SALAMANCA		
					ANDARAY		
					CHUQUIBAMBA		
		ISLAY			IRAY	4	TRES DISTRITOS
					RÍO GRANDE		
					YANAQUIHUA		
COCACHACRA							
DEAN VALDIVIA							
ISLAY							
ISLAY	MEJÍA	4	CINCO DISTRITOS				
	MOLLENDO						
	PUNTA DE BOMBÓN						

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
AREQUIPA	CAMANÁ	CAMANÁ	4	TODOS LOS DISTRITOS
		JOSÉ MARÍA QUIMPER		
		MARIANO NICOLÁS VALCÁRCEL		
		MARISCAL CÁCERES		
		NICOLÁS DE PIÉROLA		
		OCOÑA		
		QUILCA		
		SAMUEL PASTOR		
		CARAVELÍ		
	ÁTICO			
	ATIQUIPA			
	BELLA UNIÓN			
	CAHUACHO			
	CARAVELÍ			
	CHALA			
	CHAPARRA			
	HUANUHUANU			
	JAQUI			
	LOMAS			
QUICACHA				
YAUCA				

REGION (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
MOQUEGUA	GENERAL SÁNCHEZ CERRO	CHOJATA	3	DIEZ DISTRITOS
		COALAQUE		
		ICHUÑA		
		LLOQUE		
		MATALAQUE		
		OMATE		
		PUQUINA		
		QUINISTAQUILLAS		
		UBINAS		
		YUNGA		
	LA CAPILLA	4	UN DISTRITO	
	MARISCAL NIETO	CARUMAS	3	CINCO DISTRITOS
		CUCHUMBAYA		
		SAMEGUA		
		SAN CRISTÓBAL DE CALACOA		
		TORATA		
	MOQUEGUA	4	UN DISTRITO	
	ILO	EL AGARROBAL	4	TODOS LOS DISTRITOS
		PACOSCHA		
ILO				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
TACNA	TARATA	CHUCATAMANI	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ESTIQUE		
		ESTIQUE-PAMPA		
		SITAJARA		
		SUSAPAYA		
		TARATA		
		TARUCACHI		
	TICACO			
	CANDARAVE	CAIRANI	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CAMILACA		
		CANDARAVE		
		CURIBAYA		
		HUANUARA		
		QUILAHUANI		

JORGE BASADRE	ILABAYA	4	TODOS LOS DISTRITOS
	ITE		
	LOCUMBA		
TACNA	PALCA	3	UN DISTRITO
	ALTO DE LA ALIANZA	4	OCHO DISTRITOS
	CALANA		
	CIUDAD NUEVA		
	INCLÁN		
	PACHIA		
	POCOLLAY		
	SAMA		
TACNA			

ANEXO N° 02

PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS

Las acciones sísmicas para el diseño estructural dependen de la zona sísmica (Z), del perfil de suelo (S, T_p , T_L), del uso de la edificación (U), del sistema sismorresistente (R) y las características dinámicas de la edificación (T, C) y de su peso (P).

ETAPA 1: PELIGRO SÍSMICO (Capítulo 2)

Los pasos de esta etapa dependen solamente del lugar y las características del terreno de fundación del proyecto. No dependen de las características del edificio.

Paso 1 Factor de Zona Z (Numeral 2.1)

Determinar la zona sísmica donde se encuentra el proyecto en base al mapa de zonificación sísmica (Figura N° 1) o a la Tabla de provincias y distritos del Anexo N° 1. Determinar el factor de zona (Z) de acuerdo a la Tabla N° 1.

Paso 2 Perfil de Suelo (Numeral 2.3)

De acuerdo a los resultados del Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) se determina el tipo de perfil de suelo según el numeral 2.3.1 donde se definen 5 perfiles de suelo. La clasificación se debe hacer en base a los parámetros indicados en la Tabla N° 2 considerando promedios para los estratos de los primeros 30 m bajo el nivel de cimentación.

Cuando no se conozcan las propiedades del suelo hasta la profundidad de 30 m, el profesional responsable del EMS determinará el tipo de perfil de suelo sobre la base de las condiciones geotécnicas conocidas.

Paso 3 Parámetros de Sitio S, T_p y T_L (Numeral 2.4)

El factor de amplificación del suelo se obtiene de la Tabla N° 3 y depende de la zona sísmica y el tipo de perfil de suelo. Los periodos T_p y T_L se obtienen de la Tabla N° 4 y solo dependen del tipo de perfil de suelo.

Paso 4 Construir la función Factor de Amplificación Sísmica C versus Período T (Numeral 2.5)

Depende de los parámetros de sitio T_p y T_L . Se definen tres tramos, periodos cortos, intermedios y largos, y se aplica para cada tramo las expresiones de este numeral.

ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO (Capítulo 3)

Los pasos de esta etapa dependen de las características de la edificación, como son su categoría, sistema estructural y configuración regular o irregular.

Paso 5 Categoría de la Edificación y el Factor de Uso U (Numeral 3.1)

La categoría de la edificación y el factor de uso (U) se obtienen de la Tabla N° 5.

Paso 6 Sistema Estructural (Numeral 3.2 y 3.3)

Se determina el sistema estructural de acuerdo a las definiciones que aparecen en el numeral 3.2.

En la Tabla N° 6 (numeral 3.3) se definen los sistemas estructurales permitidos de acuerdo a la categoría de la edificación y a la zona sísmica en la que se encuentra.

Paso 7 Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas, R_0 (Numeral 3.4)

De la Tabla N° 7 se obtiene el valor del coeficiente R_0 , que depende únicamente del sistema estructural.

Paso 8 Factores de Irregularidad I_a , I_p (Numeral 3.6)

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

En la mayoría de los casos se puede determinar si una estructura es regular o irregular a partir de su configuración estructural, pero en los casos de Irregularidad de Rigidez e Irregularidad Torsional se debe comprobar con los resultados del análisis sísmico según se indica en la descripción de dichas irregularidades.

Paso 9 Restricciones a la Irregularidad (Numeral 3.7)

Verificar las restricciones a la irregularidad de acuerdo a la categoría y zona de la edificación en la Tabla N° 10. Modificar la estructuración en caso que no se cumplan las restricciones de esta Tabla.

Paso 10 Coeficiente de Reducción de la Fuerza Sísmica R (Numeral 3.8)

Se determina $R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$.

ETAPA 3: ANÁLISIS ESTRUCTURAL (Capítulo 4)

En esta etapa se desarrolla el análisis estructural. Se sugieren criterios para la elaboración del modelo matemático de la estructura, se indica cómo se debe calcular el peso de la edificación y se definen los procedimientos de análisis.

Paso 11 Modelos de Análisis (Numeral 4.2)

Desarrollar el modelo matemático de la estructura. Para estructuras de concreto armado y albañilería considerar las propiedades de las secciones brutas ignorando la fisuración y el refuerzo.

Paso 12 Estimación del Peso P (Numeral 4.3)

Se determina el peso (P) para el cálculo de la fuerza sísmica adicionando a la carga permanente total un porcentaje de la carga viva que depende del uso y la categoría de la edificación, definido de acuerdo a lo indicado en este numeral.

Paso 13 Procedimientos de Análisis Sísmico (Numerales 4.4 a 4.7)

Se definen los procedimientos de análisis considerados en esta Norma, que son análisis estático (numeral 4.5) y análisis dinámico modal espectral (numeral 4.6).

Paso 13 A Análisis Estático (Numeral 4.5)

Este procedimiento solo es aplicable a las estructuras que cumplen lo indicado en el numeral 4.5.1.

El análisis estático tiene los siguientes pasos:

- Calcular la fuerza cortante en la base $V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$ para cada dirección de análisis (numeral 4.5.2).
- Para determinar el valor de C (Paso 4 o numeral 2.5) se debe estimar el periodo fundamental de vibración de la estructura (T) en cada dirección (numeral 4.5.4).
- Determinar la distribución en la altura de la fuerza sísmica de cada dirección (numeral 4.5.3).
- Aplicar las fuerzas obtenidas en el centro de masas

de cada piso. Además se deberá considerar el momento torsor accidental (numeral 4.5.5).

- Considerar fuerzas sísmicas verticales (numeral 4.5.6) para los elementos en los que sea necesario.

Paso 13 B Análisis Dinámico (Numeral 4.6)

Si se elige o es un requerimiento desarrollar un análisis dinámico modal espectral se debe:

- Determinar los modos de vibración y sus correspondientes periodos naturales y masas participantes mediante análisis dinámico del modelo matemático (numeral 4.6.1).
- Calcular el espectro inelástico de pseudo aceleraciones $S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$ para cada dirección de análisis (numeral 4.6.2).
- Considerar excentricidad accidental (numeral 4.6.5).
- Determinar todos los resultados de fuerzas y desplazamientos para cada modo de vibración.
- Determinar la respuesta máxima esperada correspondiente al efecto conjunto de los modos considerados (numeral 4.6.3).
- Se deben escalar todos los resultados obtenidos para fuerzas (numeral 4.6.4) considerando un cortante mínimo en el primer entrepiso que será un porcentaje del cortante calculado para el método estático (numeral 4.5.3). No se escalan los resultados para desplazamientos.
- Considerar fuerzas sísmicas verticales (numeral 4.6.2) usando un espectro con valores iguales a 2/3 del espectro más crítico para las direcciones horizontales, para los elementos que sea necesario.

ETAPA 4: VALIDACIÓN DE LA ESTRUCTURA

De acuerdo a los resultados del análisis se determinará si la estructura planteada es válida, para lo cual debe cumplir con los requisitos de regularidad y rigidez indicados en este capítulo.

Paso 14 Revisión de las Hipótesis del Análisis

Con los resultados de los análisis se revisarán los factores de irregularidad aplicados en el paso 8. En base a éstos se verificará si los valores de R se mantienen o deben ser modificados. En caso de haberse empleado el procedimiento de análisis estático deberá verificarse lo señalado en el numeral 4.5.1.

Paso 15 Restricciones a la Irregularidad (Numeral 3.7)

Verificar las restricciones a la irregularidad de acuerdo a la categoría y zona de la edificación en la Tabla N° 10. De existir irregularidades o irregularidades extremas en edificaciones en las que no están permitidas según esa Tabla, se debe modificar la estructuración y repetir el análisis hasta lograr un resultado satisfactorio.

Paso 16 Determinación de Desplazamientos Laterales (Numeral 5.1)

Se calculan los desplazamientos laterales de acuerdo a las indicaciones de este numeral.

Paso 17 Distorsión Admisible (Numeral 5.2)

Verificar que la distorsión máxima de entrepiso que se obtiene en la estructura con los desplazamientos calculados en el paso anterior sea menor que lo indicado en la Tabla N° 11. De no cumplir se debe revisar la estructuración y repetir el análisis hasta cumplir con el requerimiento.

Paso 18 Separación entre Edificios (Numeral 5.3)

Determinar la separación mínima a otras edificaciones o al límite de propiedad de acuerdo a las indicaciones de este numeral.