

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

**“COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO,  
EN SUELOS HETEROGÉNEOS CONSIDERANDO  
INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA,  
EL TAMBO, JUNÍN”**

**PRESENTADO POR:**

Bach. CHOCCE CURO, Meiguer Jhon

**Línea de Investigación Institucional:**

Transporte y Urbanismo

**Línea de Investigación de la Escuela Profesional:**

Estructuras

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

**HUANCAYO – PERÚ**

**2022**

**ASESORES:**

DR. ING. ABEL ALBERTO MUÑIZ PAUCARMAYTA

Asesor Metodológico

ING. ALCIDES LUIS FABIÁN BRAÑEZ

Asesor temático

## **DEDICATORIA:**

A mis padres, Alejandro y Crisanta por ser motivo de infinita e inagotable de superación, por ser quienes, con fé, valor, enseña y motiva; principios y valores para impulsarme a lograr mis metas, en cada paso que doy y mejorar profesional y personalmente en el transcurso del tiempo.

*Bach. CHOCCE CURO, Meiguer Jhon*

## **AGRADECIMIENTO:**

Primero ante todo a Dios por fortalecer mis conocimientos y al PhD. Genner Alvarito Villarreal Castro, por sus conocimientos y consejos.

A mi familia, a Natali, verdaderos amigos, asesores y profesores, por sus conocimientos y darme motivos de superación, y a lograr desarrollarme profesionalmente en esta digna y maravillosa profesión.

***Bach. CHOCCE CURO, Meiguer Jhon***

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0187 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

**COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO, EN SUELOS HETEROGÉNEOS, CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, EL TAMBO, JUNÍN**

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. CHOCCE CURO MEIGUER JHON**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) Metodológico : **Dr. MUÑIZ PAUCARMAYTA ABEL ALBERTO**

Asesor(a) Tematico : **Ing. FABIAN BRAÑEZ ALCIDES LUIS**

Fue analizado con fecha **16/05/2024**; con **217 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

**Excluye Bibliografía.**

X

**Excluye citas.**

X

**Excluye Cadenas hasta 20 palabras.**

X

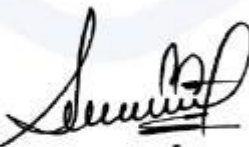
Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **19 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 16 de mayo del 2024.

**MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI**  
**JEFA**

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO



---

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera  
**Presidente**



---

Ing. Christian Mallaupoma Reyes  
**Jurado Revisor**



---

Ph. D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed  
**Jurado Revisor**



---

MTRO. Carlos Alberto Gonzales Rojas  
**Jurado Revisor**



---

MTRO. Leonel Untiveros Peñaloza  
**Secretario Docente**

## CONTENIDO GENERAL

<b>DEDICATORIA:</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO:</b> .....	<b>iv</b>
<b>HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO</b> .....	<b>vi</b>
<b>CONTENIDO GENERAL</b> .....	<b>vii</b>
<b>CONTENIDO DE TABLAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>CONTENIDO DE FIGURAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>CONTENIDO DE FOTOGRAFIAS</b> .....	<b>xix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xx</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xxi</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>xxii</b>
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>24</b>
<b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>24</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	24
1.2. Formulación y sistematización del problema .....	27
1.2.1. Problema general .....	27
1.2.2. Problemas específicos.....	27
1.3. Justificación .....	27
1.3.1. Práctica o social .....	27
1.3.2. Científica o teórica .....	27
1.3.3. Metodológica.....	28
1.4. Delimitación del problema.....	28
1.4.1. Espacial.....	28
1.4.2. Temporal .....	28
1.4.3. Económica.....	29
1.5. Limitaciones.....	29
1.6. Objetivos .....	29
1.6.1. Objetivo general.....	29
1.6.2. Objetivos específicos.....	29
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>30</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>30</b>
2.1. Antecedentes .....	30
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	30
2.1.2. Antecedentes Nacionales: .....	32
2.2. Marco conceptual .....	34

2.2.1. Suelos heterogéneos .....	34
2.2.1.1. Suelos cohesivos.....	34
2.2.1.2. Suelos granulares.....	35
2.2.2. Comportamiento estructural .....	36
2.2.2.1. Derivas de piso .....	36
2.2.2.2. Asentamientos .....	38
2.2.2.3. Deformaciones de losa aligerada .....	39
2.2.3. Tipo De la cimentación analizada .....	40
2.2.3.1. Cimentación superficial – zapatas aisladas: .....	40
2.2.4. Interacción sísmica suelo – estructura .....	41
2.2.4.1. Pre Dimensionamiento para la Interacción Suelo Estructura .....	41
2.2.5. Modelos dinámicos de Interacción Suelo Estructura:.....	42
2.2.5.1. Modelo de Winkler o módulo de balasto.....	42
2.2.5.2. Modelo Dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov .....	43
2.2.5.3. Modelo Dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 .....	46
2.2.6. Consideraciones para el Análisis sísmico NTE. E.030 - 2018:.....	48
2.2.6.1. Análisis Sísmico Estático.....	48
2.2.6.2. Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral. ....	49
a. Factor de Zona (Z) .....	50
b. Parámetros de Sitio .....	50
c. Factor de Suelo “S” .....	50
d. Factor de Uso. (U).....	51
e. Factor de Amplificación Sísmica. (C) .....	51
f. Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas. (R) .....	51
<i>f.1.</i> Estructuras de Concreto Armado: .....	52
2.2.6.3. Análisis Dinámico Tiempo Historia: .....	52
2.3. Definición de Términos .....	55
2.4. Hipótesis.....	57
2.4.1. Hipótesis general .....	57
2.4.2. Hipótesis específicas .....	57
2.5. Variables.....	57
2.5.1. Definición conceptual de las variables .....	57
2.5.2. Definición operacional de las variables .....	58
<b>CAPITULO III:.....</b>	<b>59</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>59</b>



3.1	Método de investigación.....	59
3.2	Tipo de investigación .....	59
3.3	Nivel de investigación.....	59
3.4	Diseño de la investigación .....	59
3.5	Población y muestra.....	60
3.5.1.	Población: .....	60
3.5.2.	Muestra: .....	60
3.5.3.	Muestreo: .....	60
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	60
3.6.1.	Observación estructurada .....	60
3.6.2.	Análisis de documentos.....	60
3.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	61
3.7.1.	Técnicas de procesamiento .....	62
3.7.2.	Análisis de datos.....	62
<b>CAPITULO IV</b>	<b>.....</b>	<b>63</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>.....</b>	<b>63</b>
4.1.	Descripción de la zona de estudio .....	63
4.1.1.	Ubicación:.....	63
4.1.2.	Características de la zona de estudio.....	63
4.2.	Estudios ejecutados .....	63
4.2.1.	Estudios de campo: .....	64
4.2.1.1.	Exploración de suelos.....	64
4.2.1.2.	Técnicas y reglamentos aplicados.....	67
4.2.1.3.	Estudios de laboratorio .....	67
4.3.	Análisis de la información.....	69
4.3.1.	Determinación de la modificación de las derivas de entrepiso, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo estructura.....	69
4.3.1.1.	Estructuración y características Sismo-Resistente: .....	69
4.3.1.2.	Análisis sísmico considerando la Base Empotrada. ....	76
4.3.1.3.	Análisis Estático incorporando el programa Etabs v21. ....	83
A)	Análisis estático en suelo granular o intermedio (S2) .....	85
B)	Análisis estático en suelo cohesivo (S3) .....	85
4.3.1.4.	Análisis Dinámico Modal Espectral. ....	89
4.3.1.5.	Análisis sísmico con I.S.E - Modelo Barkan - Savinov.....	110
4.3.1.6.	Análisis sísmico dinámico modal - espectral empotrado .....	122

4.3.1.7. Análisis sísmico dinámico modal espectral - modelo de D.D. Barkan - O.A. Savinov con I.S.E.....	128
a. Incorporación Interacción Suelo Estructura Barkan - Savinov en el programa Etabs.	129
4.3.1.8. Modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.....	131
b. Incorporación Interacción Suelo Estructura Norma Rusa en el programa Etabs.	133
4.3.2. Estimación de la variación en los asentamientos, en el comportamiento Estructural de un Edificio, en suelos heterogéneos, considerando Interacción Suelo – Estructura. ....	135
4.3.2.1. Discretización de las zapatas. ....	136
4.3.2.2. Resultado de esfuerzos en las zapatas aisladas. ....	137
4.3.2.3. Cálculo del Punzonamiento.....	139
4.3.2.4. Cálculo de los asentamientos en cada zapata. ....	143
4.3.3. Cuantificación de la alteración en las deformaciones de losas aligeradas, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura. ....	146
4.3.3.1. Análisis convencional - empotrado .....	146
4.3.3.2. Análisis con interacción suelo - estructura.....	150
4.4. Resultados .....	153
4.4.1. Objetivo específico 1 .....	153
4.4.1.1. Resultados del comportamiento estructural mediante análisis convencional y considerando interacción suelo estructura (I.S.E.) .....	153
4.4.2. Objetivo específico 2.....	161
4.4.2.1. Resultados de asentamientos mediante análisis convencional.....	161
4.4.2.2. Resultados de los asentamientos, considerando interacción suelo estructura (I.S.E.) .....	163
4.4.2.3. Resultados del comportamiento estructural mediante análisis convencional y considerando Interacción suelo estructura (I.S.E.) .....	166
4.4.3. Objetivo específico 3 .....	168
4.4.3.1. Resultados de deformaciones de losas mediante análisis convencional – ISE	168
4.4.3.2. Resultados del comportamiento estructural mediante análisis convencional y considerando interacción suelo estructura (I.S.E.) .....	168
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>171</b>
<b>DISCUSION DE RESULTADOS.....</b>	<b>171</b>
5.1. Discusión 1 .....	171
5.2. Discusión 2 .....	172
5.3. Discusión 3 .....	173

5.4. Discusión 4 .....	174
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>175</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>177</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>178</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>180</b>
ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA TESIS .....	181
ANEXO B: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES .....	182
ANEXO C: VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN.....	183
ANEXO D: CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO .....	187
ANEXO E: MEMORIAS DE CÁLCULO .....	204
ANEXO F: PLANOS.....	209
ANEXO G: REGISTROS FOTOGRÁFICOS .....	214

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Resistencia de los suelos cohesivos .....	35
Tabla 2: Valores de Derivas de piso máximas .....	37
Tabla 3: Límites de asentamientos tolerables .....	39
Tabla 4: Límites para deflexiones máximas admisibles en losas.....	40
Tabla 5: Ecuaciones para cálculo de masas rotacional y traslacional .....	43
Tabla 6: Coeficientes de compresión modelo dinámico D.D Barkan – Savinov .....	44
Tabla 7: Coeficientes de Rigidez Modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov.....	44
Tabla 8: Valores de Co en función al tipo de suelo .....	45
Tabla 9: Coeficientes de Rigidez Método de la Norma Rusa .....	46
Tabla 10: Coeficientes de desplazamiento elástico uniforme .....	47
Tabla 11: Amortiguaciones relativas-vibraciones horizontales y rotacionales.....	47
Tabla 12: Coeficientes de Amortiguamiento Norma Rusa .....	48
Tabla 13: Clasificación de los Perfiles De Suelo (NTE E.030 - 2018) .....	50
Tabla 14: Factor de Suelo “S” (NTE E.030 - 2018).....	50
Tabla 15: Periodos "TP" y "TL" (NTE E.030 - 2018).....	51
Tabla 16: Factor de Amplificación Sísmica (NTE E.030 - 2018).....	51
Tabla 17: Sistemas Estructurales de Concreto Armado” (NTE E.030 - 2018).....	51
Tabla 18: Intervalos de confiabilidad.....	61
Tabla 19: Tipos de edificaciones .....	64
Tabla 20: Técnicas y Reglamentos aplicados para exploración .....	64
Tabla 21: Números de puntos de Investigación.....	65
Tabla 22: Técnicas y reglamentos aplicados.....	67
Tabla 23: Técnicas y ensayos aplicados en laboratorio.....	67
Tabla 24: Estructuración y características sismo-resistentes .....	69
Tabla 25: Características de los materiales .....	71
Tabla 26: Metrado de cargas por servicio.....	72
Tabla 27: Metrado de cargas por servicio Piso 1 .....	72
Tabla 28: Metrado de cargas por servicio Piso 2, 3, 4.....	73
Tabla 29: Metrado de cargas por servicio Piso 5.....	73
Tabla 30: Esfuerzo admisible según Clasificación de suelos .....	74
Tabla 31: Control de capacidad portante .....	74

Tabla 32: Distorsiones angulares máximas.....	75
Tabla 33: Rango de esfuerzo admisible en tipos de suelos .....	76
Tabla 34: Control por Asentamiento tolerable .....	76
Tabla 35: Metrado de cargas por sismo.....	77
Tabla 36: Metrado de cargas por sismo Piso 1 .....	77
Tabla 37: Metrado de cargas por sismo Piso 2, 3, 4 .....	78
Tabla 38: Metrado de cargas por sismo Piso 5.....	78
Tabla 39: Parámetros de cálculo de fuerza cortante (V) en X.....	79
Tabla 40: Parámetros de cálculo de fuerza cortante (V) en Y.....	79
Tabla 41: Factores de zona (Z).....	80
Tabla 42: Factor de Uso. ....	80
Tabla 43: Factor de Suelo "S" .....	81
Tabla 44: Periodos TP y TL.....	81
Tabla 45: Coeficiente de reducción de fuerza sísmica .....	82
Tabla 46: Distribución sísmica en Altura Norma E-030-2018.....	83
Tabla 47: Registros Sísmico Analizados (IGP).....	96
Tabla 48: Valores de Amplitudes críticas (Amplitud Fourier y Potencia) - S2 .....	100
Tabla 49: Escalamiento del Registro Sísmico Sencico Tacna, dirección EW .....	102
Tabla 50: Escalamiento del Registro Sísmico Sencico Tacna, dirección NS.....	102
Tabla 51: Valores de Amplitudes críticas (Amplitud Fourier y Potencia) - S3.....	104
Tabla 52: Escalamiento del Registro Sísmico Lamas 2005 dirección EW .....	106
Tabla 53: Escalamiento del Registro sismo Lamas 2005 NS.....	106
Tabla 54: Masas traslacional y rotacional de cimentación(Suelo granular).....	113
Tabla 55: Momento de Inercia de masa de Cimentación (suelo granular S2).....	114
Tabla 56: Coeficientes de Rigidez, Método D.D. Barkan-O.A. Savinov (S2) .....	115
Tabla 57: Cálculo para masa de entrepiso .....	120
Tabla 58: Cálculo de la masa rotacional y traslacional de la estructura .....	121
Tabla 59: Factores de cálculo del factor de escala A.S.D para suelo S2 .....	123
Tabla 60: Espectro de respuesta - aceleración espectral (suelo granular S2).....	123
Tabla 61: Factores de cálculo del factor de escala A.S.D para suelo S3 .....	125
Tabla 62: Espectro de respuesta - aceleración espectral-suelo cohesivo S3 .....	125
Tabla 63: Combinaciones de cargas para análisis con ISE.....	131
Tabla 64: Cuantificación de los Coeficientes Elásticos Uniformes .....	131

Tabla 65: Determinación de los Coeficientes Elásticos .....	131
Tabla 66: Coeficientes de Rigidez Modelo Dinámico Norma Rusa .....	132
Tabla 67: Coeficientes de Amortiguación relativa: vibraciones verticales, horizontales y rotacionales .....	132
Tabla 68: Coeficientes de Amortiguamiento Modelo Dinámico Norma Rusa.....	133
Tabla 69: Combinaciones de carga para cálculo de presiones .....	135
Tabla 70: Combinaciones de carga para diseño .....	135
Tabla 71: Combinaciones de carga para cálculo de presiones .....	137
Tabla 72: Esfuerzos en zapatas modelo D.D. Barkan - O.A. Savinov – S2.....	137
Tabla 73: Esfuerzos en zapatas modelo D.D. Barkan - O.A. Savinov - S3. ....	138
Tabla 74: Esfuerzos en zapatas modelo Norma Rusa – S2 .....	138
Tabla 75: Esfuerzos en zapatas modelo Norma Rusa – S3 .....	139
Tabla 76: Cálculo del punzonamiento para suelo granular y cohesivo .....	140
Tabla 77: Control por punzonamiento .....	143
Tabla 78: Valores de los asentamientos en zapatas con ISE.....	144
Tabla 79: Valores de los asentamientos en zapatas método convencional .....	145
Tabla 80: Metrado de cargas por vigueta .....	147
Tabla 81: Valores de las deflexiones calculadas .....	152
Tabla 82: Desplazamiento “X”-análisis convencional e ISE por tipo de Suelo .....	153
Tabla 83: Desplazamiento “Y”-análisis convencional e ISE por tipo de Suelo .....	155
Tabla 84: Derivas en “X” con Análisis convencional e ISE por tipo de suelo.....	157
Tabla 85: Derivas en “Y” con análisis convencional e ISE por tipo de Suelo .....	159
Tabla 86: Valores de los asentamientos en zapatas método convencional .....	161
Tabla 87: Análisis de variación % de asentamientos-método convencional.....	162
Tabla 88: Valores de los asentamientos calculados con ISE.....	163
Tabla 89: Análisis de variación % de asentamientos con ISE.....	165
Tabla 90: Análisis de variación % de asentamientos por método para S3 .....	166
Tabla 91: Análisis de variación % de asentamientos por método para S2.....	167
Tabla 92: Deformaciones máx. y mín. en losa con análisis convencional e ISE por tipo Suelo .....	168
Tabla 93: Coeficientes de Rigidez, D.D. Barkan – O.A. Savinov. (Suelo S3).....	205

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1: Colapso de columnas el edificio Montecarlo, Venezuela 1967.....	26
Figura 2 : Colapso De Edificio Comercial, Ciudad De Pisco 2007 .....	26
Figura 3: Ubicación de la investigación .....	28
Figura 4: Perfil de suelos heterogéneos.....	34
Figura 5: Deriva de Piso de un edificio .....	36
Figura 6: Desplazamiento de la cimentación .....	37
Figura 7: Control de asentamiento diferencial .....	38
Figura 8: Zapata aislada en cimentación superficial .....	40
Figura 9: Fundación Suelo-Cimentación. ....	41
Figura 10: Modelo zapata aislada I.S.E.....	42
Figura 11: Ensayo de placa cargada.....	42
Figura 12: Modelo dinámico I.S.E. de D.D. Barkan – OA Savinov .....	43
Figura 13: Masas traslacionales y rotacionales en zapata.....	43
Figura 14: Esquema Interacción Suelo – Estructura - Modelo Norma Rusa.....	46
Figura 15: Comparación del Espectro de Pseudo aceleraciones Elástico .....	53
Figura 16: Configuración de valores de entrada de registro sísmico a escalar .....	53
Figura 17: Gráfica de Registro Sísmico Original .....	54
Figura 18: Espectro de Respuesta Elástico. ....	54
Figura 19: Registro sísmico con convergencia.....	54
Figura 20: Espectro escalado al espectro objetivo .....	55
Figura 21: Registro sísmico Escalado .....	55
Figura 22: Flujograma de Ejecución de proyecto .....	62
Figura 23: Configuración en planta .....	69
Figura 24: Configuración en elevación .....	70
Figura 25: Tipos de asentamientos .....	74
Figura 26: Factor de zona Sísmica.....	80
Figura 27: Modelo para Análisis sísmico estático – empotrado .....	83
Figura 28: Definición del material para componente de cimentación .....	84
Figura 29: Asignar las restricciones para el modelo .....	84
Figura 30: Definición de la sección de los elementos estructurales .....	84
Figura 31: Factor de cortante Basal y definición de la dirección X, Y para S2.....	85

Figura 32: Factor de cortante Basal y definición de la dirección X, Y para S3.....	86
Figura 33: Asignación de diafragma rígido en los niveles.....	87
Figura 34: Definición de la Masa con excentricidad de $\pm 5\%$ en X e Y.....	87
Figura 36: Liberación de momento en elementos con restricciones en apoyos.....	88
Figura 35: Discretizado de las placas, columnas y muros.....	88
Figura 37: Parámetro de sitio para construir Espectro de Pseudo Aceleración.....	89
Figura 38: Espectro De Pseudo Aceleraciones.....	89
Figura 39: Definición del Espectro de Pseudo aceleraciones en Etabs.....	90
Figura 40: Espectro en la dirección XX.....	90
Figura 41: Espectro en la dirección YY.....	91
Figura 42: Espectro sísmico E.030 – Suelo intermedio S2.....	91
Figura 43: Espectro en la dirección XX.....	92
Figura 44: Espectro en la dirección YY.....	92
Figura 45: Espectro sísmico E.030 – Suelo cohesivo S3.....	93
Figura 46: Espectro en la dirección XX.....	93
Figura 47: Espectro en la dirección YY.....	93
Figura 48: Definición: Análisis no Lineal Estático: Excentricidad (X+, Y+).....	94
Figura 49: Definición de sismos Dinámicos, para envolvente de casos espectrales excentricidad +/-.....	95
Figura 50: Espectro de Pseudo Aceleraciones Elástico.....	97
Figura 51: Valores De Periodos En Función Al Tipo De Suelo.....	98
Figura 52: Registros de aceleración, velocidad y desplazamiento Suelo S2.....	99
Figura 53: Espectro de Fourier y Amplitud de Potencia – Suelo S2.....	100
Figura 54: Amplitudes: desplazamiento, derivas, cortantes y M. volteo – S2.....	101
Figura 55: Registros de aceleración, velocidad y desplazamiento Suelo S3.....	103
Figura 56: Espectro de Fourier y Amplitud de potencia – Suelo S3.....	104
Figura 57: Amplitudes: desplazamiento, derivas, cortantes y M. volteo – S3.....	105
Figura 58: Definición de Funciones Tiempo Historia (Dirección EW).....	107
Figura 59: Definición de Funciones Tiempo Historia en (Dirección NS).....	108
Figura 60: Definición de Funciones Tiempo - Historia (Dirección EW y NS).....	109
Figura 61: Definición del componente cimentación.....	111
Figura 62: Definición de secciones de los elementos estructurales.....	112
Figura 63: Asignación de restricciones en eje Z.....	112



Figura 64: Modelo para análisis sísmico modelo Barkan – Savinov. ....	112
Figura 65: Asignación de resortes para suelo granular S2.....	118
Figura 66: Asignación de resortes para suelo granular S2.....	119
Figura 67: Valores de coeficientes de rigidez de suelo cohesivo – S3. ....	120
Figura 68: Masas de entrepiso.....	121
Figura 69: Espectro de respuestas T vs. CS del A.S.D. suelo S2 .....	124
Figura 70: Espectro de respuestas T vs. CS del A.S.D. Suelo S2.....	124
Figura 71: Espectro de respuestas T vs. CS del A.S.D. Suelo S3.....	126
Figura 72: Espectro de respuestas T vs. CS del A.S.D. Suelo S3.....	126
Figura 73: Programación de restricciones en la base empotrada.....	127
Figura 74: Programación de Máss source (Masa participativa) .....	127
Figura 75: Programación de la herramienta Modal.....	127
Figura 76: Programación del espectro para suelo cohesivo S3 .....	128
Figura 77: Programación para casos de carga y espectro. ....	128
Figura 78: Definición de propiedad del material de la cimentación. ....	129
Figura 79: Definición de los elementos estructurales.....	129
Figura 80: Asignación de los coeficientes de rigidez .....	129
Figura 81: Modelamiento con ISE y asignación de coeficientes de rigidez.....	130
Figura 82: Asignación de masas rotacional y traslacional por zapata .....	130
Figura 83: Asignación de las restricciones. ....	130
Figura 84: Definición de Amortiguamiento, Rigidez del Suelo propiedad Link .....	134
Figura 85: Incorporación de la I.S.E. Modelo Dinámico Norma Rusa.....	134
Figura 86: Gráfica en planta y elevación de zapata – nudo - resorte .....	135
Figura 87: Asignación del módulo de balasto .....	136
Figura 88: Discretización de zapatas.....	136
Figura 89: Transferencias de cargas.....	136
Figura 90: Combinación de cargas .....	137
Figura 91: Distribución de esfuerzos modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov-S2.....	138
Figura 92: Distribución de esfuerzos modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov-S3.....	138
Figura 93: Distribución de esfuerzos modelo Norma Rusa - S2 .....	139
Figura 94: Distribución de esfuerzos modelo Norma Rusa – S3.....	139
Figura 95: Verificación por punzonamiento en zapata Z5.....	142
Figura 96: Verificación de los valores de punzonamiento en la cimentación .....	142

Figura 97: Gráfica de asentamientos considerando I.S.E-suelo cohesivo S3.....	143
Figura 98: Gráfica de asentamientos considerando I.S.E.- suelo granular S2.....	144
Figura 99: Cuadro de valores para módulo de balasto (Winkler).....	145
Figura 100: Diagrama de momentos por combinación C1 .....	146
Figura 101: Sección de franja de losa más crítico para análisis .....	147
Figura 102: Envolvente final de combinaciones de carga en eje 3-3 .....	147
Figura 103: Colocación de acero de grado para losa.....	148
Figura 105: Deflexión inmediata elástica de la losa .....	149
Figura 106: Deflexión a largo plazo agrietado total.....	149
Figura 107: Esquema del perfil de una losa aligerada.....	150
Figura 108: Dimensiones de la losa aligerada.....	151
Figura 109: Desplazamiento en “X”-A. convencional e ISE, por tipo de suelo .....	153
Figura 110: Desplazamiento de la estructura en “X” para suelo granular S2.....	154
Figura 111: Desplazamiento de la estructura en “X” para suelo cohesivo S3.....	154
Figura 112: Desplazamiento en “Y”-A. convencional e ISE, por tipo de suelo .....	155
Figura 113: Desplazamiento de la estructura en “Y” para suelo granular S2 .....	156
Figura 114: Desplazamiento de la estructura en “Y” para suelo cohesivo S3.....	156
Figura 115: Derivas en “X” análisis convencional e ISE, por tipo de suelo .....	157
Figura 116: Derivas de la estructura en “X” para suelo granular S2.....	158
Figura 117: Derivas de la estructura en “X” para suelo cohesivo S3. ....	158
Figura 118: Derivas en “Y” con A. convencional e ISE, por tipo de Suelo.....	159
Figura 119: Derivas de la estructura en “Y” para suelo granular S2.....	160
Figura 120: Derivas de la estructura en “Y” para suelo cohesivo S3 .....	160
Figura 121: Análisis de asentamientos - suelo granular S2-A. convencional .....	162
Figura 122: Asentamiento zapatas - suelo cohesivo S3-A. convencional.....	162
Figura 123: Análisis de asentamientos por tipos de suelos-A. Convencional .....	163
Figura 124: Análisis de asentamientos para suelo granular S2- método ISE.....	164
Figura 125: Asentamiento zapatas para suelo cohesivo S3 – Método ISE .....	164
Figura 126: Análisis de asentamientos por tipos de suelos.....	165
Figura 127: Análisis de variación A. convencional versus ISE – para S3 .....	166
Figura 128: Análisis de variación método convencional versus I.S.E-para S2 .....	167
Figura 129: Deflexiones en losas con A. Convencional e ISE por tipo suelo .....	169
Figura 130: Deformaciones en losas - A. convencional e ISE – s. granular .....	169

Figura 131: Deformaciones en losas - A. convencional e ISE – s. cohesivo .....	170
--	-----

### CONTENIDO DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1: Profundidad de excavación para Calicata 1 - Suelo granular S2 .....	66
Fotografía 2: Profundidad de excavación para Calicata 2 - Suelo cohesivo S3 .....	66
Fotografía 3: Ensayo de Compresión No Confinada - Suelos Cohesivos .....	68
Fotografía 4: Ensayo de Corte directo - Limites de Consistencia .....	68
Fotografía 5: Ensayo de Compresión No Confinada - Extracción espécimen .....	68
Fotografía 6: Perfil de suelo granular analizado .....	215
Fotografía 7: Profundidad excavada $P=Df+1.5B = 3.00$ m. ....	215
Fotografía 8: Perfil de suelo cohesivo analizado .....	215
Fotografía 9: Profundidad excavada $P=Df+1.5B = 3.00$ m .....	216
Fotografía 10: Ensayo corte directo consolidado drenado–suelo granular .....	216
Fotografía 11: Ensayo de compresión no confinada - suelos cohesivos.....	216
Fotografía 12: Determinación límite líquido y límite plástico de la muestra. ....	217
Fotografía 13: Muestras para cálculo de esfuerzo cortante máximo de rotura .....	217
Fotografía 14: Extracción de muestras de los especímenes.....	217

## RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿Cuánto varía el comportamiento estructural de un Edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín?, fijó por objetivo: Analizar la variación del comportamiento estructural de un edificio en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín, como metodología, se aplicó el método Científico, del tipo aplicada, del nivel explicativo y diseño cuasi experimental.

Los resultados obtenidos fueron: variaciones en el comportamiento estructural (Análisis convencional - ISE), variaciones en las derivas de piso máximas en suelo granular de 0.0068 a 0.0076, de igual manera en suelo de fundación cohesivo de 0.0104 a 0.0138. En asentamientos máximos de estructura variaron de 0.39 cm (suelo granular con A. convencional) a 0.46 cm (s. granular con ISE), y de 0.925 cm (s. cohesivo con A. convencional) a 1.02 cm (s. cohesivo con ISE). Asimismo, en deformaciones máximas de losa variaron de 1.67 cm (suelo granular con A. convencional) a 1.80 cm (s. granular con ISE), y de 1.736 cm (s. cohesivo con A. convencional) a 2.54 cm (s. cohesivo con ISE).

La investigación concluye que el análisis ISE en suelos granulares y en suelos cohesivos, incrementa en un 42% los parámetros de control del comportamiento estructural; desplazamientos derivas de piso, asentamientos y deformaciones. Lo cual se recomienda incrementar el refuerzo de los elementos estructurales y coeficiente de rigidez, cuya cimentación sea apoyada en suelo cohesivo, para garantizar un mejor comportamiento ante sollicitaciones sísmicas.

**Palabras Clave:** Comportamiento estructural, suelo de fundación, suelos heterogéneos, interacción suelo estructura, coeficiente de rigidez.

## ABSTRACT

The research had as a general problem: ¿How much does the Structural behavior of a Building, in heterogeneous soils, considering soil-structure interaction, El Tambo, Junín? fixed by objective: Analyze the variation of the structural behavior of a building in heterogeneous soils, considering soil-structure interaction, The Tambo, Junín, as a methodology, the scientific method was applied, of the applied type, of the explanatory level and quasi-experimental design.

The results obtained were: variations in the structural behavior (Conventional analysis - ISE), variations in the maximum floor drifts in granular soil from 0.0068 to 0.0076, in the same way in cohesive soil of foundation from 0.0104 to 0.0138. In maximum structure settlements, they varied from 0.39 cm (granular soil with conventional A.) to 0.46 cm (s. Granular with ISE), and from 0.925 cm (s. Cohesive with conventional A.) to 1.02 cm (s. Cohesive with ISE). Likewise, in maximum slab deformations they ranged from 1.67 cm (granular soil with conventional A.) to 1.80 cm (s. Granular with ISE), and from 1,736 cm (s. Cohesive with conventional A.) to 2.54 cm (s. Cohesive) with ISE).

The research shows as conclusions that the ISE analysis in granular soils and in cohesive soils increases by 42% the control parameters of structural behavior; displacements, floor drifts, settlements and deformations. Which is recommended to increase the reinforcement of the structural elements and stiffness coefficient, whose foundation is supported by cohesive soil, to guarantee a better behavior against seismic stresses.

**Key Words:** Structural behavior, foundation soil, heterogeneous soils, soil structure interaction, stiffness coefficient.

## INTRODUCCIÓN

En el análisis con interacción suelo estructura para edificaciones se pueden aplicar metodologías como el método Barkan – Savinov, Norma Rusa o el Método Winkler, para la solución y comparación de resultados entre estos. La problemática radica en las variaciones de resultados entre lo convencional e ISE.

La presente investigación titulada: Comportamiento estructural de un Edificio en suelos heterogéneos, considerando Interacción Suelo – Estructura, El Tambo, Junín, busca la solución del problema: ¿Cuánto varía el comportamiento estructural de un Edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín?

En su desarrollo se fija como objetivo: determinar la variación del comportamiento estructural de un edificio en suelos heterogéneos (granulares y cohesivos), considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín, con lo cual se obtiene los siguientes resultados: las variaciones en las derivas de piso (de A. convencional a ISE), en suelo granular mediante análisis convencional es de 0.0068 en X, en Y 0.0067. Mientras con análisis I.S.E. resultó 0.0076 en X, en Y 0.0078  $\pm$  0.0008. En suelo cohesivo (S3), alcanzó derivas mediante análisis convencional de 0.0104 en X, en Y 0.0076. Mientras con ISE es de 0.0138 en X, en Y 0.0139. Los asentamientos máximos variaron de 0.39 cm (suelo granular con A. convencional) a 0.46 cm (s. granular con ISE), y de 0.925 cm (s. cohesivo con A. convencional) a 1.02 cm (s. cohesivo con ISE). Asimismo, las deflexiones máximas de losa variaron de 1.67 cm (suelo granular con A. convencional) a 1.80 cm (s. granular con ISE), y de 1.736 cm (s. cohesivo con A. convencional) a 2.54 cm (s. cohesivo con ISE).

Para el análisis estructural de los asentamientos de la estructura se ven afectados en función al suelo analizado demostrándose que un suelo granular para la investigación base es más resistente a asentamientos máximos respecto a un suelo cohesivo. En las deflexiones en losas considerando análisis convencional se concluye que las deflexiones

inmediatas no varían considerablemente entre un suelo y otro; al contrario, no ocurre lo mismo considerando análisis ISE, y en cada suelo tenga comportamientos diferentes.

La importancia se fundamenta en la existencia real de la variación en el comportamiento estructural, considerando ISE en suelos granulares y cohesivos.

La presente investigación está estructurada en 5 capítulos:

#### **EL CAPÍTULO I.- El problema de la investigación**

Se detalla el planteamiento, formulación y sistematización del problema, justificación social, científica y metodológica, las delimitaciones, limitaciones y objetivos general y específicos

#### **EL CAPÍTULO II.- Marco teórico**

Se desarrolla los antecedentes nacionales e internacionales, establece el marco conceptual, realiza definición de términos, formulación de hipótesis general y específicos y las variables de la investigación.

#### **EL CAPÍTULO III.- Metodología**

Detalla el método de investigación, tipo, nivel y diseño de investigación, asimismo se analiza la población, muestra de la investigación, se describe las técnicas e instrumentos.

#### **EL CAPÍTULO IV.- Resultados**

Se sustenta detalladamente los resultados generales y específicos, análisis de resultados, contrastación de los objetivos y contrastación de hipótesis.

#### **EL CAPÍTULO V, Sección que desarrolla las discusiones de resultados.**

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos de la investigación.

*Bach. CHOCCE CURO, Meiguer Jhon*

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

Actualmente el American Concrete Institute (ACI) a través del Comité ACI 318, establece criterios en cuanto a un análisis de interacción sísmica suelo-estructura evalúa la respuesta colectiva de la propia estructura, los cimientos y los medios geológicos subyacentes y que rodean la cimentación, a un movimiento del suelo en campo libre especificado.

Una estructura requiere de un análisis interacción suelo estructura siempre que se cumpla la siguiente relación  $\frac{h_{edif.}}{V_{suelo} * T} > 0.1$ . Los efectos SSI están ausentes para la condición teórica de una cimentación apoyada en suelo rígido. En consecuencia, SSI implica diferencias entre la respuesta real de la estructura y la respuesta de la condición de base rígida teórica. Según American Concrete Institute ACI (2015) (p.326).

Según Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018), el Perú es un país sísmico con problemas de suelo, causando incremento de la aceleración sísmica y ocasionando daños mayores, la norma técnica E.030 cuenta con metodologías y parámetros de diseño mediante la determinación de fuerzas internas, desplazamientos y derivas con fines de monitorear al comportamiento estructural, de tal manera que exista una mejor distribución de esfuerzos. Actualmente Perú no cuenta con una normativa específica asociada al desarrollo de éste campo, (p.12).



Este problema se viene presentándose a razón de que paralelamente en el tiempo que se vienen desarrollando nuevos modelos dinámicos que conlleven a su mejoramiento y brinden soporte a los modelos “básicos” tal es el caso de Winkler, analizando como un apoyo-muelle.

El problema ocurre debido a que se siguen perfeccionando modelos de cálculo más precisos, respecto a las condiciones que implica, puesto que una edificación es sometida a eventos sísmicos reales y con el desarrollo de nuevas e innovadores softwares que brinden confiabilidad.

Los modelos dinámicos de interacción suelo estructura, tanto Winkler, B.D. Barkan - O.A. Savinov y Norma Rusa, es aplicado por ingenieros en Rusia o China obteniéndose excelentes resultados, debido que su propósito es de considerar en los modelos matemáticos, dichos efectos causados por la interacción del suelo, cimentación y estructura, sometido a evento sísmico, dando varios comportamientos, en una estructura sometida a un sismo real.

En la actualidad el país no difunde un método analítico que permita desarrollar el análisis y diseño de edificaciones considerando los efectos de la interacción suelo estructura, con criterios de seguridad y confiabilidad, sin embargo, se vienen desarrollando investigaciones vinculadas al tema en desarrollar este campo y aplicar en procesos constructivos de edificaciones de concreto armado considerando la interacción suelo – cimentación – superestructura.

Sin embargo, el uso y aplicación del modelo de B.D. Barkan y Norma Rusa, que desarrolla el análisis en el centroide de la zapata y concentrar los coeficientes “ $K_x, K_y, K_z, K_{\phi x}, k_{\phi y}$ ” y los amortiguamientos (Joint Springs, ETABS), asignando un área modelada en Etabs, discretizada en áreas de un metro cuadrado, y se asigna un elemento resorte por m<sup>2</sup> (área Springs, ETABS). Aplicándose estos análisis a nuevas construcciones.

Es por esta razón que nos avocaremos a determinar cómo varía el comportamiento estructural de la edificación, en suelos heterogéneos incorporando o considerando el efecto de la interacción suelo estructura, logrando mejorar la

calidad de los análisis de los aspectos considerados en el análisis estructural de cualquier edificación u obra civil.



*Figura 1:*  
Colapso de columnas el edificio Montecarlo, Venezuela 1967.  
Fuente: Phd. Genner Villarreal Castro.



*Figura 2 :*  
Colapso De Edificio Comercial, Ciudad De Pisco 2007  
Fuente: Archivo Instituto Geofísico del Perú.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuánto varía el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos considerando, interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuánto se modifica las derivas de piso, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo estructura, El Tambo, Junín?
- b) ¿Cómo varía los asentamientos, en el comportamiento estructural de un edificio en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín?
- c) ¿Cuál es la alteración de las deformaciones de losas aligeradas, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando Interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Práctica o social**

Contribuirá al análisis del comportamiento estructural de edificio considerando I.S.E. cuyos resultados, garanticen adecuados controles de los parámetros en los desplazamientos y derivas, optimizando el comportamiento de la edificación mediante un análisis adecuado, buena distribución de esfuerzos, reduciéndose las fuerzas internas por sismo.

### **1.3.2. Científica o teórica**

Es evidente considerar el efecto de la interacción suelo estructura del proyecto lo cual ayuda a analizar cualquier estructura de manera más proba, lo cual conllevó a realizar la investigación del comportamiento estructural del edificio multifamiliar para su respectivo análisis.

### 1.3.3. Metodológica

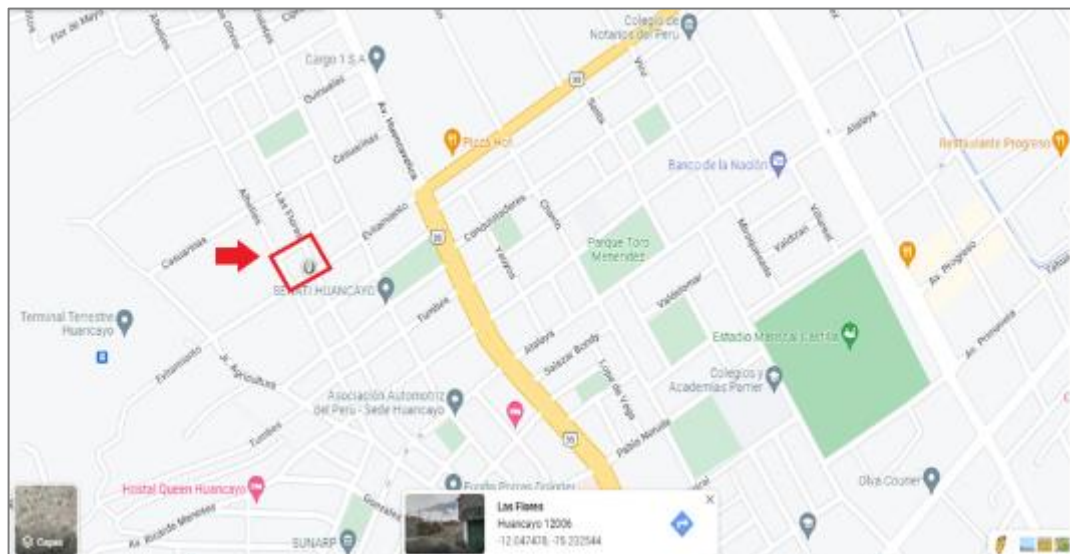
Los resultados de la investigación contribuirán en el análisis del comportamiento estructural, como también el desarrollo de la misma teniendo mucha importancia metodológica porque detalla su procedimiento de análisis, cuyos resultados obtenidos, ayuden en cierta medida, a profesionales de la especialidad en el análisis del comportamiento estructural de edificaciones, en suelos heterogéneos, considerando la ISE, aplicando el método de O.A. Barkan – B.D. Savinov.

A su vez permita analizar adecuadamente las estructuras desde el punto de vista del estado de arte de Interacción dinámica suelo estructura.

## 1.4. Delimitación del problema

### 1.4.1. Espacial

La investigación está circunscrita en el área de estudio en la región Junín, provincia Huancayo, distrito El Tambo, situado a 3260 m.s.n.m.



*Figura 3:*  
Ubicación de la investigación  
Fuente: Google Earth Maps.

### 1.4.2. Temporal

El periodo en que se desarrolló la presente investigación corresponde al transcurso de los meses junio a octubre del año 2020.

### **1.4.3. Económica**

La investigación fue financiada por recursos propios del investigador durante el proceso de obtención de datos para el procesamiento de información, ensayos, etc para la culminación de la presente tesis.

### **1.5. Limitaciones**

En la presente investigación presenta carencia de antecedentes como normativas de diseño considerando la interacción suelo estructura. Asimismo, se corroboró que son pocas las investigaciones sobre la Interacción Suelo-Estructura. Por efecto de la contingencia mundial no se ha podido contar realizar ensayos SPT para los análisis.

### **1.6. Objetivos**

#### **1.6.1. Objetivo general**

Analizar la variación en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando Interacción Suelo – Estructura, El Tambo, Junín.

#### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la modificación en las derivas de piso, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín.
- b) Estimar la variación en los asentamientos, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín.
- c) Cuantificar la alteración en las deformaciones de losas aligeradas, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Peñafiel (2019), en su artículo de postgrado **titulado**: “*Análisis sísmico comparativo de un edificio de mediana altura considerando el sistema de base fija versus la interacción suelo-estructura*”, fijó como **objetivos**: comparar los resultados del análisis de una edificación en la ciudad de Jipijapa con zapata aislada con sistema base rígida versus ISE aplicando metodologías FEMA, ASCE, y Barkan. Aplicando una **metodología**: realiza pre dimensionamiento de elementos estructurales, para efectuar el modelamiento convencional e ISE, obtuvo los **resultados** obtenidos de las derivas para base fija de 0.00745 y para Barkan se obtuvo 0.00911 en el sexto nivel (h=18.00m). Finalmente, fija como **conclusiones**, los desplazamientos aumentan hasta un 86%, asimismo las derivas bajo el mismo concepto dado en el nivel 3+0,00, sin sobrepasar el 2% de la deriva máxima e incrementa un 22.28% (de convencional - análisis con ISE).

Castro & Pérez (2018), en el artículo **titulado**: “*Análisis de la interacción suelo-estructura estática para una edificación regular de hormigón armado y 3 tipos de suelos*”, fijó como **objetivos**: determinar cómo influye el tipo de suelo en análisis con interacción suelo-estructura. Aplica una **metodología**: se realizó el análisis sísmico estático y el método modal espectral considerando la ISE, obtuvo como **resultados** en deflexiones sentido X en instantáneas 0.13cm (suelo A), 0.007cm (suelo C) y 0.11cm (suelo E); para deflexiones diferidas 0.16cm (suelo A), 0.008cm (Suelo C) y 0.13cm (Suelo E) y deflexiones máximas 1.18cm (Suelo A),

0.59cm (SC) y 1.18cm (SE). Finalmente, fija como **conclusiones** que las deformaciones en modelo empotrado en suelo A son de 0.00014m mientras con modelo ISE es de 0.000144m, con diferencia de 2.78% y para suelo C la diferencia porcentual entre ambas es 32.38% siendo no significativa en suelos A y C.

León (2016) en la tesis grado **titulado**: “Análisis comparativo del diseño De una edificación de hormigón armado, considerando sistema de base Rígida versus la interacción suelo – estructura”, fijó como **objetivos** comparar los resultados del análisis y diseño estructural de una edificación de hormigón armado, considerando el sistema de base rígida versus la I.S.E. Aplicó una **metodología**: emplea la comparación del diseño de un edificio considerando el sistema de base rígida versus la I.S.E. con el uso del programa de cálculo estructural del programa ETABS, obtuvo los **resultados** en disminución en las fuerzas internas de columna analizada de 3.42 ton-m en el momento máximo por carga sísmica. Finalmente, **conclusiones**: la disminución en fuerzas internas de columna analizada a causa de momento máximo por carga sísmica.

Christie (2017), la tesis de grado **titulado**: “Estudio Del Fenómeno De La Interacción Dinámica Suelo-Estructura y Su Influencia En La Demanda Sísmica Estructural”, fijó como **objetivo**: demostrar que su modelación considerando I.S.E., resulta beneficioso para evaluar la demanda sísmica. Aplica una **metodología**: en función a dos tipos de modelaciones emplea 5 estratos de suelos de distintas zonas del país, a una edificación típica con variable altitud (5, 10, y 15 niveles) sometido a 8 registros de aceleraciones sísmicas de roca basal usando Etabs 2016, obtuvo los **resultados** concentraciones altas de esfuerzos de 12.52 % respecto al comparado del análisis de interacción suelo estructura. Finalmente, **Conclusiones**: que los análisis sometidos a aceleraciones amplificadas de sismo, en estratos superficiales con altas concentraciones de esfuerzos por aceleración.

Ojeda (2016), en su artículo **titulado**: “Análisis de la interacción suelo-estructura de fundación, mediante el método de las diferencias finitas”, fijó como **objetivos**: realizar el método de las diferencias finitas al análisis de fundaciones, empleando Interacción-suelo estructura. Aplicando una **metodología**: basada en el análisis de

la fundación con ecuaciones que desarrollen un programa computarizado, obtuvo los **resultados** la incidencia es de mayor precisión y margen de error es +/- 0.31 a otros. Finalmente, fija como **conclusiones**: los resultados del programa computacional son de soporte ya que el margen de error es menor respecto a incidencia precisiones.

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales:

Escobar (2019), en la tesis **titulada**: “Análisis y Diseño Estructural Con Interacción Suelo-Estructura De Una Vivienda Multifamiliar De 7 Niveles”, fija como **objetivos**: realizar un análisis y diseño estructural considerando apoyo sobre soportes de rigidez o interacción suelo estructura. Aplicando una **metodología**: de análisis y diseño basado en el modelamiento estructural, y análisis sísmico estático y dinámico empotrado y considerando flexibilidad en la base, obtuvo los **resultados** siguientes: los valores de los desplazamientos incrementaron en 18.69% eje X, en Y incrementó en 32.80 %. Finalmente, fija como **conclusiones**: los desplazamientos obtenidos varia en 8.5 %. respecto al empotrado.

Tasilla (2019), en la tesis **titulada**: “Efecto De La Interacción Suelo - Estructura en el comportamiento estructural, Del Sector “E” Del Hospital Regional De Cajamarca considerando diferentes tipos de suelos, Cajamarca - 2017”, fija como **objetivos**: Determinar los efectos de interacción suelo estructura para diferentes tipos de suelos descritos en la norma E.030 en la respuesta estructural del edificio sector “E” del hospital regional de Cajamarca. Aplicando una **metodología** de análisis para modelación de un hospital, considerando el efecto que genera la interacción suelo estructura considerando distintos tipos de suelos muy rígido, intermedio y blando usó el programa Etabs y Excel, obtuvo como **resultados** siguientes: las derivas de piso máximas aumentaron. En cuanto al Suelo rígido con ISE aumentó 0.063 en X y 0.074 en Y, para el Suelo Intermedio aumentó 0.0173 en X y 0.0233 en Y; y en suelo blando aumentó 0.0339 en X y 0.0436 en Y. Finalmente, fija en **conclusiones**: al considerar ISE respecto al análisis empotrado las derivas máximas para suelo rígido aumentaron 125.00% en X y 88.24% en Y, para el Suelo Intermedio aumentó 271.43% en X y 295.00% en Y; en suelo cohesivo aumentó 246.67% en X y 357.14% en Y.



Picón y Ruiz (2019), en la publicación **titulado**: “Análisis del problema de interacción suelo – estructura para un pórtico 2D en suelos granulares”, fijo como **objetivos**: evaluar el impacto al no considerar interacción suelo estructura comparado frente al análisis convencional. Aplicaron una **metodología**: empleando un modelo bajo el programa Etabs de un pórtico de 4 niveles considerando ISE y comparar con un análisis empotrado, se obtuvo los **resultados**: un asentamiento final de 8mm (diseño convencional) en asentamientos resultó: 0.54cm (Z1), 0.65cm(Z2), 0.62 cm (Z3), 0.58cm(Z4) y 0.47cm(Z5) para cada zapata. Finalmente, fija como **conclusiones**, que la consideración del suelo como material deformable, en la etapa de análisis estructural, produce variaciones notables en los asentamientos de la estructura siendo 4.8%(Z1), -3.1%(Z2), 0.2% (Z3), -5.6% (Z4) y 13.6%(Z5).

Eche y Pérez (2018), en la tesis de grado **titulado**: “Análisis Del Comportamiento Sísmico De Un Edificio Con Muros Estructurales Aplicando la interacción suelo-estructura (Condominio Los Girasoles-Comas-Lima)”, fijó como **objetivos** analizar la influencia de la interacción suelo-estructura, en el comportamiento sísmico de un edificio con sistema de muros estructurales. La **metodología**: en análisis sísmico estático y dinámico evaluando el efecto de la interacción suelo-estructura en el estado estructural, usando el programa Etabs. Obtuvo como **resultado** un incremento, en el desplazamiento de 16.87% en eje X y en eje Y varió 27.20%. Finalmente, como **conclusiones**: se demostró que la norma Rusa es el más adecuado en resultados reales al modelo convencional.

Villareal (2017), en el artículo **titulado**: “Interacción Sísmica Suelo-Estructura En Edificaciones con zapatas aisladas”, fijo como **objetivo**: elaborar y aplicar modelos dinámicos de interacción suelo-estructura para el cálculo de edificaciones con plateas de cimentación, considerando la flexibilidad de base en cimentación y desarrollo de los problemas de ISE. Aplicando una **metodología**: de cálculo considerando flexibilidad en la base de fundación usando programa Sap2000, obteniéndose como **resultados**: la flexibilidad de la base influye en los parámetros de vibración del 14.85% al 65.41% por modelos dinámicos B.D.

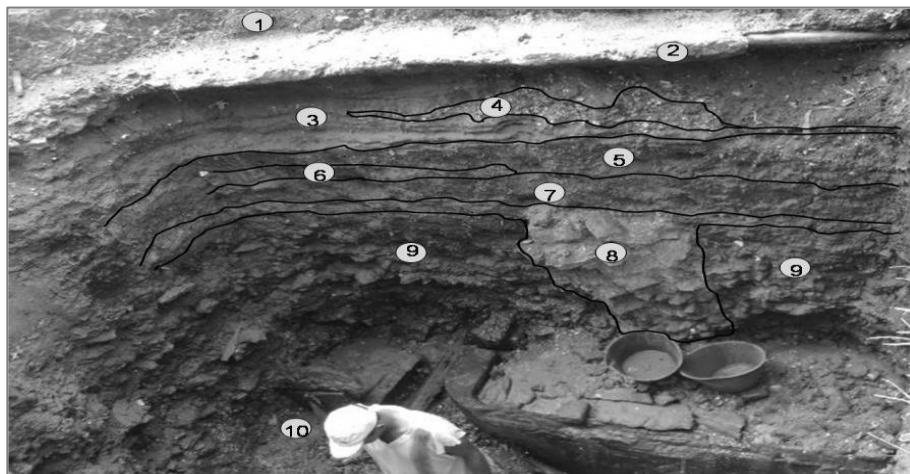
Barkan y O.A. Savinov además de la norma Rusa. Finalmente, fija como *conclusiones*, la flexibilidad de la base permite el incremento de desplazamientos máximos en eje OX hasta 34.42% al 136.78% y en eje OY de 34.68% al 160.68%.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. Suelos heterogéneos

Montero (2010) afirma que es un perfil formado por un depósito heterogéneo compuesto de balsones erráticos de suelos granulares y cohesivos, que se presentan sin arreglo ni orden alguno. Se analiza considerando un perfil compuesto por suelo cohesivo más desfavorable y viceversa, evaluándose la capacidad admisible por corte (p.14).

Asimismo, se consideró un segundo perfil idealizado compuesto por un suelo granular al que se podría asignar un valor de N promedio más desfavorable, obteniendo así el cálculo de la presión admisible por asentamiento (p.15)



*Figura 4:*  
Perfil de suelos heterogéneos  
Fuente: Montero John 2010

#### 2.2.1.1. Suelos cohesivos

Alva (2014), afirma “Suelo finos como arcillas y limos, poseen propiedades físicas de compresibilidad alta y baja permeabilidad. Los tamaños de sus partículas son menores a 0.003mm (arcillas) teniendo una alta concentración de arcilla o limo, siendo de baja o alta plasticidad” (p.16) según Tabla 1 se muestran los siguientes valores:

Tabla 1:  
*Resistencia de los suelos cohesivos*

Nº de golpes	Consistencia	Resistencia a compresion (kg/cm2)
< 2	Muy blanda	< 0.25
2-4	blanda	0.25-0.50
4-8	media	0.50-1.00
8-15	Rigida	1.00-2.00
15-30	Muy rigida	2.00-4.00
>30	Dura	>4.00

Fuente: Alva Hurtado, 2012

### 2.2.1.2. Suelos granulares

Alva (2014) Comprenden las arenas y gravas, no están juntos firmemente, ni presentan cementación, de manera se desintegra en granos individuales al sumergirse en agua, siendo sus partículas de 0.05 mm. Las arenas y gravas son típicos, poseen regular capacidad portante, llamado suelo intermedio (p. 14).

#### 2.2.1.2.1. Capacidad admisible ( $\rho$ ) (I1)

Berry (2010), Afirma “Es la presión intersticial generado en el suelo de cimentación, por factores físicos y químicos cuyos análisis de estabilidad se realiza en términos de esfuerzos efectivos” (p.331).

McCarty (2012) Define “Es la relación empírica existente entre la presión estática y área del terreno analizado con la ley de fricción de Amonton del deslizamiento entre de dos o más suelos (p.665)

#### 2.2.1.2.2. Coeficiente de balasto ( $K_s$ ) (I2)

Arora (2004) Define la relación entre el esfuerzo admisible ( $p$ ) y la deflexión vertical correspondiente, existen dos tipos de coeficiente de balastro el vertical (módulo de Winkler) y el horizontal o lateral uno determinará el análisis pseudo estático las otras presiones (p.624).

#### 2.2.1.2.3. Coeficiente de rigidez ( $K_x, K_y, K_z, K_{\phi x}, K_{\phi y}, K_{\psi z}$ ) (I3)

Villarreal (2017) afirma que son factores que determinan las traslaciones laterales y rotacionales en la cimentación (zapatas o plateas), considerando flexibilidad de la base de fundación, cuya finalidad es la de

verificar los esfuerzos últimos en cada punto sobre el suelo, siendo transmitidos hacia el suelo, para su control” (p. 25).

## 2.2.2. Comportamiento estructural

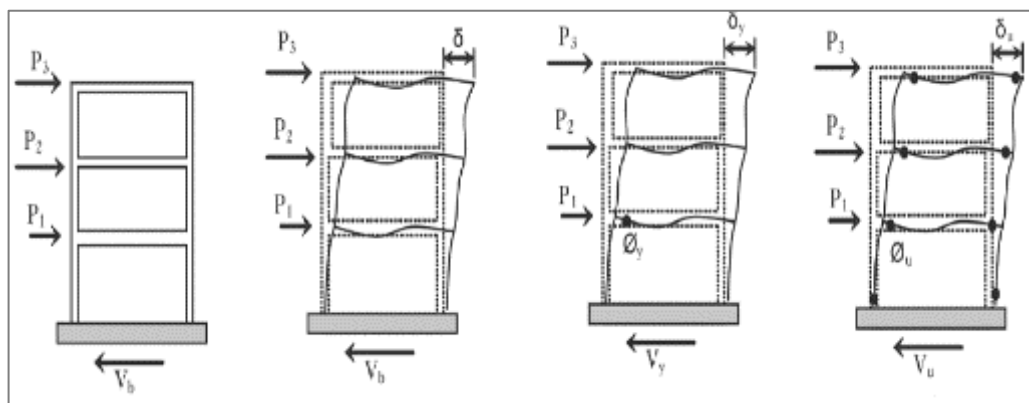
Según Rochel (2012) afirma como la respuesta de la estructura frente a eventos sísmicos, y que la distribución de las fuerzas horizontales tiende a formar una distribución de forma escalonada” (p.95).

Según Blanco (1990) afirma como el producto dado por la fuerza inercial producida por sismos, superiores a la carga más severa que soporta la estructura durante su vida útil, razón que se diseña evitando una falla frágil logrando comportamiento elástico” ( p. 12).

### 2.2.2.1. Derivas de piso

Rochel (2012) afirma: “Son desplazamientos relativos entre 2 niveles consecutivos de un edificio, se evalúa para las cargas horizontales sin repartirlas por el factor de modificación respuesta R.

Al someter a cargas sísmicas, los entrepisos sufren desplazamientos calculables” (p.51). valores máximos según Tabla 2:



*Figura 5:*  
Deriva de Piso de un edificio  
Fuente: Rochel Abad, 2012

$$\Delta_i = \frac{(\delta_i - \delta_{i-1})}{h_{i-1}} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

$$\Delta_{\text{Real}} = (0.75 \cdot R) * \Delta_{\text{Elástico}} \quad (\text{Estructuras Regulares}) \quad (\text{Ec. 2.2})$$

$$\Delta_{\text{Real}} = (0.85 \cdot R) * \Delta_{\text{Elástico}} \quad (\text{Estructuras Irregulares}) \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Tabla 2:

*Valores de Derivas de piso máximas*

<b>Límites para Distorsiones de piso</b>	
Material Predominante	$(\Delta_1/h_{ei})$
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductibilidad limitada	0.005

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E-030 2018.

#### 2.2.2.1.1. Deriva en sentido CSX $\Delta/h(x)$

Rochel (2012) afirma: “Se produce al someter una estructura a cargas sísmicas, los entresijos sufren desplazamientos horizontales (x)  $\delta_i$ , las derivas de entresijo  $\Delta_i$  para la estructura se calculan Piso i;  $\delta_i = \Delta_i - \Delta_{i-1}$ ”, son denominados también distorsiones. (p.55).

- Piso 1;  $\delta_1 = \Delta_1$
- Piso i;  $\delta_i = \Delta_i - \Delta_{i-1}$

#### 2.2.2.1.2. Deriva en sentido CSY $\Delta/h(y)$

Rochel (2012) afirma “Es la distorsión que sufre el entresijo o elemento a consecuencia de las variaciones en las derivas elásticas en cada nivel al cual se ha afectado por los desplazamientos absolutos producidos en cualquier dirección a causa del sismo” (p.56).



*Figura 6:*  
Desplazamiento de la cimentación  
Fuente: Terremoto de Ica, 2007.

#### 2.2.2.1.3. Deriva máxima ( $\Delta'_{\text{max}}$ )

Rochel (2012) “Es la distorsión que sufre una losa tomando una forma curvada hacia arriba o hacia abajo y encorvando sus bordes, esta distorsión puede levantar los bordes de la losa, dejándolo sin apoyo a un borde ocasionando fisuración por cargas pesadas” (p. 60).

### 2.2.2.2. Asentamientos

Alva (2012), Afirma: “El asentamiento es la deformación que sufre el suelo de fundación. se estima primero el asentamiento tolerable por la estructura y luego se calculará el asentamiento de la cimentación aislada. Una vez comprobada la capacidad de carga del suelo, deberá estimarse el grado de deformación que se producirá al aplicar las cargas más elevadas” (p.121).

#### 2.2.2.2.1. Asentamiento elástico

Alva (2012) Evalúa asentamientos promedio de cimentaciones flexibles en suelos arcillosos en condición saturada (relación Poisson=0.5) (p.132)

$$S_e = A_1 A_2 \frac{q_0 B}{E_S} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:

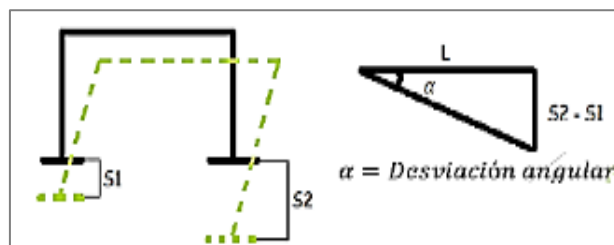
$A_1, A_2$  = Área de la cimentación

$Q_0$  = Capacidad de carga

$B$  = ancho de cimentación

#### 2.2.2.2.2. Asentamiento diferencial:

Según Villarreal (2017) “Es la diferencia en altura que se produce entre zapatas y relacionados entre sí, dicho control, se emplea para controlar y a la vez evitar la pérdida de estabilidad de la superestructura”. (p.152, 153)



$$\alpha = \theta \rightarrow \tan \alpha \cong \alpha = \frac{s_2 - s_1}{L} \leq [\alpha]$$

Figura 7:  
Control de asentamiento diferencial

### 2.2.2.2.3. Asentamientos tolerables en edificios ( $\beta_{max}$ )

Rodríguez (2018), Afirma: “comprende valores en subsuelo y suelo no homogéneo y la carga soportada por varias cimentaciones superficiales, se recomienda considerar grados de asentamientos en diferentes puntos de la estructura del edificio” (p184).

Tabla 3:

#### *Límites de asentamientos tolerables*

Asentamientos Tolerables En Edificios			
Asentamientos máximos,		Asentamiento diferencial máximo,	
En grava	26 mm	Cimentaciones aisladas en arena	51 mm
En arena	32 mm	Cimentaciones aisladas en arcilla	76 mm
En limo	38 mm	Losa en arena	51-76 mm
En arcilla	45 mm	Losa en arcilla	76-127mm
Distorsión máxima angular 1/200		Distorsión máxima angular 1/300	

Fuente: Rodríguez Serquén.

### 2.2.2.3. Deformaciones de losa aligerada

Morales (2016) afirma “Producidos por momentos y esfuerzos cortantes en la superficie de la losa, también en elementos reforzados sujetos a flexión al limitar las deformaciones” (p.22). Donde:

- A mayor carga y dimensión longitudinal (luz), mayor deformación.
- A mayor sección resistente y mejor material, menor deformación.

#### 2.2.2.3.1. Deformación instantánea

Morales (2016) Se producen por deflexiones excesivas causando fatiga entre los elementos estructurales, pudiéndose dañar los elementos no estructurales, causadas por cargas de servicio total.

#### 2.2.2.3.2. Deformación diferida

Producidos por el 100 % de CM y el 20% de CV. Controla las deformaciones, asegurando que la sección de los elementos tenga rigidez controlando así sus deformaciones bajo cargas de servicio.

#### 2.2.2.3.3. Deformación máxima admisible

Morales (2016) Las deflexiones transversales de elementos estructurales y sus combinaciones en losa, causada por cargas de trabajo no deben exceder de los valores máximos permisibles.

Tabla 4:  
*Límites para deflexiones máximas admisibles en losas*

Tipo de miembro	Condición	Deflexión considerada	Deflexión Límite
Cubiertas Planas	Cubiertas planas que no están unidas a elementos no estructurales que puedan ser dañados por deflexiones grandes	Deflexión instantánea debida a la carga viva	$\frac{ln}{180}$
Entrepisos	Losas que no están unidos a elementos no estructurales puedan ser dañados por altas deflexiones.	Deflexión instantánea debida a la carga viva	$\frac{ln}{360}$
Cubiertas y entrepisos	Cubiertas o losas que soportan o están unidos a elementos susceptibles de daño	La parte de la deflexión total que se presenta después de la unión a elementos no estructurales, es decir la suma de las deflexiones a largo plazo debida a cargas.	$\frac{ln}{480}$
	Cubiertas o losas que soportan o estén unidos a elementos no estructurales que no puedan ser dañados por deflexiones		$\frac{ln}{240}$

Fuente: Código de Diseño ACI 318.

### 2.2.3. Tipo De la cimentación analizada

#### 2.2.3.1. Cimentación superficial – zapatas aisladas:

Rodríguez (2018), afirma: “El contenido de un estrato de suelo más fuerte sobre un suelo más débil que se extiende hasta una gran profundidad. Para los dos estratos de suelo, los parámetros físicos están definidos como”:  
 (p.124)

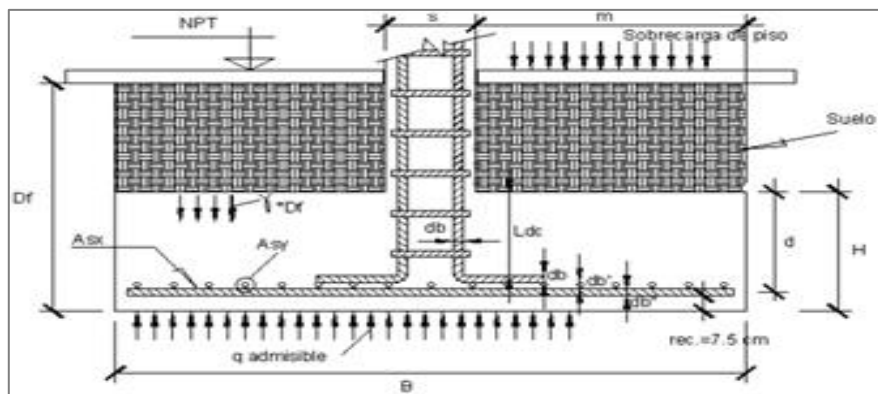


Figura 8:  
 Zapata aislada en cimentación superficial

Fuente: Rodríguez Serquén.

Donde:

- $db$  = Diámetro de barra
- $Ldc$  = longitud desarrollo columna
- $\gamma$  = Peso específico
- $Df$  = Profundidad de desplate.



## 2.2.4. Interacción sísmica suelo – estructura

Hayes (2014) “Es la modificación del movimiento del suelo en la base de la estructura a causa de eventos sísmicos en la estructura, su análisis implica participar la estructura y la influencia de las propiedades del suelo”. (p.27). “existe mayor interacción a medida que el movimiento en la base se ve más modificada por la presencia de la estructura”.

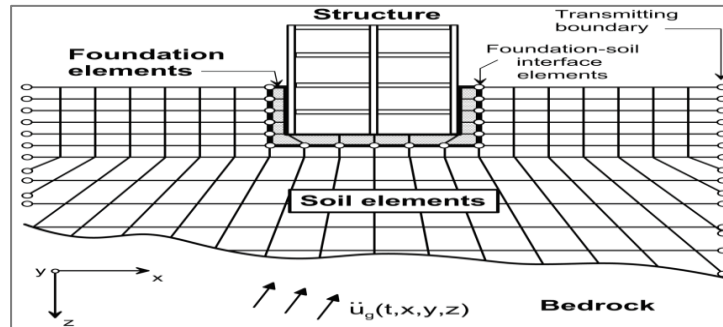


Figura 9:  
Fundación Suelo-Cimentación.  
Fuente: John R. Hayes

### 2.2.4.1. Pre Dimensionamiento para la Interacción Suelo Estructura

Primero se debe determinar la necesidad de realizar la interacción Suelo Estructura, como es de conocer en suelos rocosos o muy rígidos no existen variaciones respecto al de base empotrada. Una estructura requiere de un análisis interacción suelo estructura siempre que se cumpla la siguiente relación (Villarreal , 2009, p.28)

$$\frac{h_{edif.}}{V_{suelo} * T} > 0.1 \quad (Ec. 2.5a)$$

Donde:

h: Altura efectiva, equivalente a 2/3 de la altura total de la edificación. V:  
Velocidad de ondas de corte del suelo.

T: Periodo fundamental de vibración de la estructura.

- Cuando la relación es mayor a 0.1, Identifica que los efectos de interacción sueloestructura deben de considerarse.
- Si la relación es menor a 0.1, los efectos de interacción suelo estructura pueden serdespreciables.

- También se puede determinar el límite de 0.1, para evaluar los efectos P-delta, pero solo sirve como pre dimensionamiento.

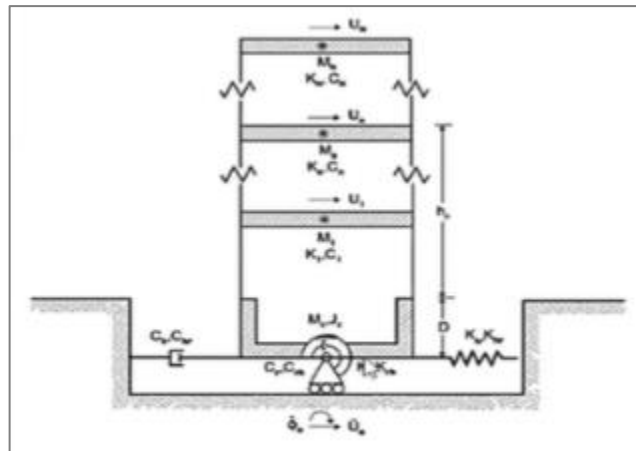


Figura 10:  
Modelo zapata aislada I.S.E  
Fuente: Genner Villarreal Castro.

### 2.2.5. Modelos dinámicos de Interacción Suelo Estructura:

Los modelos dinámicos de Interacción Suelo Estructura se basaron en los artículos científicos del Dr.PhD Genner Villarreal Castro. 2017 “Interacción Suelo estructura en cimentaciones superficiales con Zapatas Aisladas”

#### 2.2.5.1. Modelo de Winkler o módulo de balasto

Parámetro del esfuerzo normal de tensiones transmitida al suelo de fundación a través de una placa rígida conocido también como “Modulo de Winkler”. Se obtiene mediante el ensayo de carga. Es la tensión necesaria ( $q$ ) para penetrar una placa de espesor 0.05 plg. Produce un desplazamiento 0.127cm. (Morrison , 1993, p. 59).

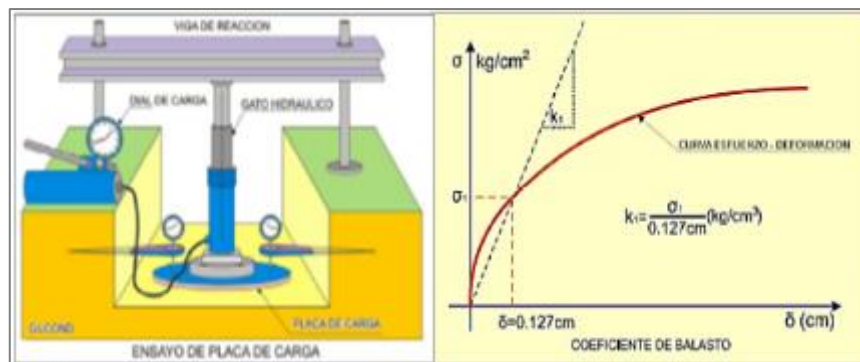


Figura 11:  
Ensayo de placa cargada  
Fuente: Gustavo Condori U.

### 2.2.5.2. Modelo Dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov

Villarreal (2017), basado en la interacción de la cimentación y el suelo o base de cimentación como un proceso establecido de vibraciones forzadas, para determinar y analizar el cálculo sísmico del sistema suelo estructura cómo proceso ondulatorio no estacionario (p.27, p.28)

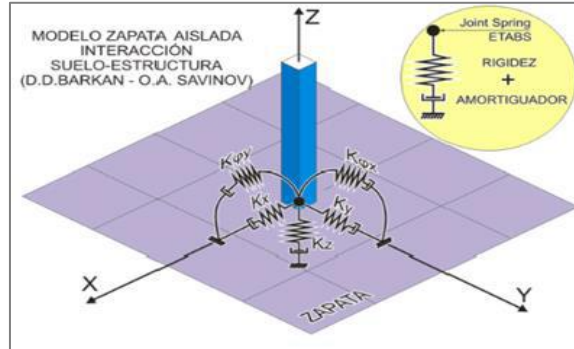


Figura 12:  
Modelo dinámico I.S.E. de D.D. Barkan – OA Savinov  
Fuente: Genner Villarreal Castro.

- Cálculo de las masas rotacionales y traslacionales.

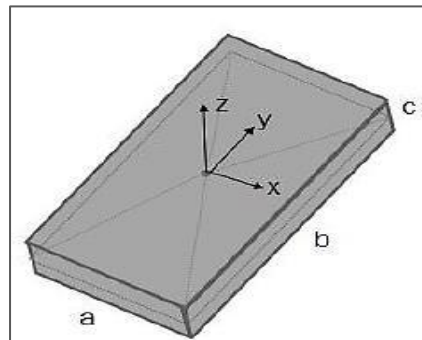


Figura 13:  
Masas traslacionales y rotacionales en zapata  
Fuente: Genner Villarreal Castro.

Tabla 5:

*Ecuaciones para cálculo de masas rotacional y traslacional*

Cálculo de masas rotacional y traslacional en centroide de la cimentación		
Coefficiente de masa $\mathbf{M_x, M_y}$ (Tn.s <sup>2</sup> /m)	$M_t = M_x = M_y = M_z = \frac{P_{zapata}}{g} = \frac{\gamma \cdot a \cdot b \cdot c}{g}$	(Ec. 2.5)
Coefficiente de masa $\mathbf{M_{\phi x}}$ (Tn.s <sup>2</sup> .m)	$M_{\phi x} = M_t d^2 + I_{mx} = M_t \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \frac{M_t (b^2 + c^2)}{12}$	(Ec. 2.6)
Coefficiente de masa $\mathbf{M_{\phi y}}$ (Tn.s <sup>2</sup> .m)	$M_{\phi y} = M_t d^2 + I_{my} = M_t \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \frac{M_t (a^2 + c^2)}{12}$	(Ec. 2.7)
Coefficiente de masa $\mathbf{M_{\psi z}}$ (Tn.s <sup>2</sup> .m)	$M_{\psi z} = \frac{M_t (a^2 + b^2)}{12}$	(Ec. 2.8)

Fuente: (Villarreal Castro, G. 2017)

Donde:

- $P_{zapata}$  = Peso de la zapata o platea.
- $\gamma$ =Peso específico del concreto, como material de la zapata o platea.
- $d$  =Distancia desde el centro de gravedad de la platea hasta el suelo
- $I_{mx}, I_{my}$  =Momentos de inercia de masa respecto a X, Y, Z.

- Cálculo Coeficientes de compresión modelo D.D Barkan – O.A.Savinov

Tabla 6:

*Coeficientes de compresión modelo dinámico D.D Barkan – Savinov*

<b>Coeficientes de compresión y desplazamiento de la base de la Cimentación.</b>		
Coeficiente de compresión $C_x, C_y$ (kg/cm <sup>3</sup> )	$C_x = C_y = D_0 \left[ 1 + \frac{2(a+b)}{\Delta A} \right] \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$	(Ec. 2.9)
Coeficiente de compresión $C_z$ (kg/cm <sup>3</sup> )	$C_z = C_0 \left[ 1 + \frac{2(a+b)}{\Delta A} \right] \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$	(Ec. 2.10)
Coeficiente de compresión $C_{\phi x}$ (kg/cm <sup>3</sup> )	$C_{\phi x} = C_0 \left[ 1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta A} \right] \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$	(Ec. 2.11)
Coeficiente de compresión $C_{\phi y}$ (kg/cm <sup>3</sup> )	$C_{\phi y} = C_0 \left[ 1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta A} \right] \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$	(Ec. 2.12)

Fuente: (Villareal Castro, G. 2017)

Donde:

- $C(x,y,z)$  : Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme(en x,y,z).
- $C_0$  : coeficiente determinado a través de ensayos de  $P_0= 0.2\text{kg/cm}^2$
- $a, b$  : dimensiones de la cimentación en ejes x, y respectivamente.
- $\Delta$  : Coef. Empírico igual a  $1\text{m}^{-1}$ .

- Cálculo de Coeficientes de Rigidez Modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov

Tabla 7:

*Coeficientes de Rigidez Modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov*

<b>Cálculo coeficientes traslacionales y rotacionales en Centroide de zapata.</b>			
Coeficiente de rigidez $K_x, K_y$	(Tn/m)	$K_x = k_y = C_x A$	(Ec. 2.13)
Coeficiente de rigidez $K_z$	(Tn/m)	$K_z = C_z A$	(Ec. 2.14)
Coeficiente de rigidez $K_{\phi x}$	(Tn.m)	$K_{\phi x} = C_{\phi x} I_x$	(Ec. 2.15)
Coeficiente de rigidez $K_{\phi y}$	(Tn.m)	$K_{\phi y} = C_{\phi y} I_y$	(Ec. 2.16)
Coeficiente de rigidez $K_{\psi z}$	(Tn.m)	$K_{\psi z} = C_{\psi z} I_z$	(Ec. 2.17)

Fuente: (Villareal Castro, G. 2017)

Donde:

- $C(x,y,z)$  : Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme(en x,y,z).
- $C_{\phi x}, C_{\phi y}, C_{\psi z}$ : Coeficiente compresión elástica uniforme y no uniforme
- $I_x, I_y, I_z$ : Momentos de Inercia de la zapata aislada (en ejes x,y,z)
- Cálculo de la presión estática de terreno

$$\rho = \frac{P_{edificio} + P_{zapata}}{A_{zapata}} \quad (\text{Ec. 2.18})$$

- Calculo coeficiente (Do):

$$D_o = \frac{1-\mu}{1-0.5\mu} * C_o \quad (\text{Ec. 2.19})$$

Siendo:

- $P_{edificio}$ : Peso del edificio
- $P_{zapata}$ : Peso de la zapata
- $A_{zapata}$ : Área de la base de la zapata
- $\mu$ : Coeficiente de Poisson del suelo.
- $C_o$  : coeficiente determinado a través de ensayos de  $P_o = 0.2 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 8:  
*Valores de  $C_o$  en función al tipo de suelo*

Tipo perfil	Caracterización de base de fundación	Suelo	$C_o$ $\text{kg/cm}^3$
<b>S1</b>	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
<b>S2</b>	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
<b>S3</b>	Suelos flexibles con estratos de gran espesor	Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad ( $0.5 < I_L \leq 0.7$ )	0.8
		Arena plástica ( $0.5 < I_L \leq 1$ )	1.0
		Arena polvorosa saturada, porosa ( $e > 0.80$ )	1.2
<b>S4</b>	Condiciones excepcionales	Arcilla y arena arcillosa muy blanda ( $I_L > 0.75$ )	0.6
		Arena movediza ( $I_L > 1$ )	0.6

Fuente: Genner Villarreal Castro

### 2.2.5.3. Modelo Dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Los coeficientes de rigideces de desplazamiento elástico uniforme  $K_x(T/m)$ ; compresión elástica uniforme  $K_z(T/m)$ ; compresión elástica no uniforme  $K_{\phi x}$ ,  $K_{\phi y}(T/m)$  y desplazamiento elástico no uniforme  $K_{\psi z}(T/m)$ ; se determinaron con ecuaciones mostradas en la Tabla 9. (2.02.05-87, 1987)

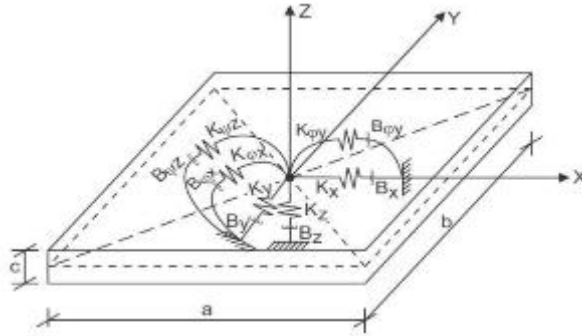


Figura 14:  
Esquema Interacción Suelo – Estructura - Modelo Norma Rusa

Tabla 9:

*Coefficientes de Rigidez Método de la Norma Rusa*

$K_x = K_y = C_x A$	(Ec. 2.20)	$K_{\phi y} = C_{\phi y} I_y$	(Ec. 2.23)
$K_z = C_z A$	(Ec. 2.21)	$K_{\psi z} = C_{\psi z} I_z$	(Ec. 2.24)
$K_{\phi x} = C_{\phi x} I_x$	(Ec. 2.22)		

Donde:

- $A$ : área de la base de la platea de cimentación.
- $I_x, I_y$ : momentos de inercia de cimentación respecto a los ejes X e Y
- $I_z$ : momento de inercia de la platea de cimentación
- Respecto al eje vertical Z (momento polar de inercia)

El coeficiente a la compresión elástica uniforme  $C_z (T/m^3)$ , fue determinado mediante ensayos empíricos. Si en caso que no exista la información, se puede estimar de acuerdo a la ecuación 2.25: (2.02.05-87, 1987)

$$C_z = b_0 E \left[ 1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right] \quad (\text{Ec. 2.25})$$

Donde:

- $b_0$ : Coeficiente de corrección de unidad de medida ( $m^{-1}$ ), para tipo de suelos arenosos igual a 1; para arenas arcillosas 1.2; para arcillas, cascajos, gravas, cantos rodados, arenas densas y muy densas igual a 1.5.

- $E$ : módulo de elasticidad del suelo de fundación.
- $A_{10} = 10m^2$
- $A$ : área de la platea de cimentación.

Para dichos coeficientes de desplazamiento uniforme  $C_x$  ( $T/m^3$ ); compresión elástica no uniforme  $C_{\phi x}$ ,  $C_{\phi y}$  ( $T/m^3$ ) y desplazamiento elástico no uniforme  $C_{\psi z}$  ( $T/m^3$ ), se determinan según las ecuaciones de la Tabla 10: (2.02.05-87, 1987).

Tabla 10:

*Coefficientes de desplazamiento elástico uniforme*

$C_x = 0.7C_z$	(Ec. 2.26)	$C_{\psi z} = C_z$	(Ec. 2.28)
$C_{\phi x} = C_{\phi y} = 2C_z$	(Ec. 2.27)		

Si no existan datos experimentales, la amortiguación relativa para vibraciones verticales  $B_z$ , se puede expresar por la ecuación 2.29:

$$B_z = 2 * \sqrt{\frac{E}{C_z p_m}} \quad (\text{Ec. 2.29})$$

Donde:

- $E$ : módulo de elasticidad del suelo de fundación.
- $C_z$ : coeficiente de compresión elástica uniforme.
- $p_m$ : Presión estática media en la base de la cimentación.

$$p_m \leq \gamma_{t_s} * R \quad (\text{Ec. 2.30})$$

Siendo:

- $\gamma_{t_s}$ : Coeficiente de condición de trabajo del suelo, asumido igual a 0.7 para arcillas de consistencia movediza y arenas saturadas de grano fino o polvorosa; y para el resto de suelos es igual a 1
- $R$ : resistencia o capacidad portante del suelo de fundación.
- Las amortiguaciones relativas para vibraciones horizontales y rotacionales respecto a sus ejes horizontal y vertical, se determinaron por las ecuaciones: Ec. 2.31 - 2.33, de la Tabla 11.

Tabla 11:

*Amortiguaciones relativas-vibraciones horizontales y rotacionales*

$\beta_x = 0.6B_z$	(Ec. 2.31)
$\beta_{\phi x} = B_{\phi y} = 0.5B_z$	(Ec. 2.32)
$\beta_{\psi z} = 0.3B_z$	(Ec. 2.33)

Las características de amortiguamiento del suelo se determinan por las ecuaciones: 2.34 – 2.38, mostradas en la Tabla 12 (Villarreal Castro, 2017).

Tabla 12:

*Coefficientes de Amortiguamiento Norma Rusa*

$B_x = B_y = 2B_x\sqrt{K_x M_x}$	(Ec. 2.34)	$B_{\varphi y} = 2\beta_{\varphi y}\sqrt{K_{\varphi y} M_{\varphi y}}$	(Ec. 2.37)
$B_z = 2\beta_z\sqrt{K_z M_z}$	(Ec. 2.35)	$B_{\psi z} = 2\beta_{\psi z}\sqrt{K_{\psi z} M_{\psi z}}$	(Ec. 2.38)
$B_{\varphi x} = 2\beta_{\varphi}\sqrt{K_{\varphi x} M_{\varphi x}}$	(Ec. 2.36)		

Donde:

- $\beta$ : amortiguación relativa.
- $M$ : masa de la platea de cimentación.
- $K$ : coeficientes de rigidez.

## 2.2.6. Consideraciones para el Análisis sísmico NTE. E.030 - 2018:

### 2.2.6.1. Análisis Sísmico Estático.

#### a. Fuerza cortante en la Base.

La fuerza cortante total en la base, perteneciente a la dirección considerada, se determina en la ecuación Ec. 2.39 (E.030-2018, 2018)

$$V = \frac{Z.U.C.S.}{R} * P \quad (\text{Ec. 2.39})$$

El valor  $C/R$  (Ec. 40), no debe considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125 \quad (\text{Ec. 2.40})$$

#### b. Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura.

El periodo fundamental  $T$  es menor a 0.7 por ende no se le afectó  $F_a$  a la cortante estática ( $V$ ). Por lo que la fuerza cortante se distribuyó a todos los niveles como se muestra en ecuaciones Ec.2.41 y Ec. 2.42 (E.030-2018, 2018)

$$F_i = \alpha_i \cdot V \quad (\text{Ec. 2.41})$$

$$F_5 = \frac{P_5 h_5}{\sum_{j=1}^5 (P_j h_j)} * (V - F_a) \quad (\text{Ec. 2.42})$$

Donde “ $n$ ” corresponde al número de niveles de la edificación, y “ $k$ ” es un exponente que dependerá del periodo fundamental de vibración de la estructura, calculado según la ecuación Ec. (42.a) (42.b). (NTE E.030 - 2018)

Cuando $T \leq 0.5s, k = 1$	(Ec. 42. a)
Cuando $T > 0.5s, k = (0.75 + 0.5T) \leq 2.0s$	(Ec. 42. b)



### **2.2.6.2. Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral.**

De acuerdo con el artículo 26 de la norma de diseño sismorresistente E.030, todas las estructuras se desarrollan utilizando los resultados del análisis dinámico mediante la combinación modal espectral especificada en la norma (NTE E.030 - 2018). Para describir la peligrosidad sísmica, propone un espectro inelástico de pseudo aceleraciones que tiene en cuenta la aceleración máxima del terreno (PGA) para un tiempo de retorno de 475 años, el sistema estructural, el factor suelo, el uso y la aceleración sísmica en el emplazamiento (microzonificación sísmica).(E.030-2018, 2018)

#### **2.2.6.2.1. Modos de Vibración.**

Se tomaron en consideración al menos los tres primeros modos destacados en la dirección de análisis. Para cada dirección, se tomaron en consideración los modos de vibración cuyas masas totales participantes equivalían al 90% de la masa total. (E.030-2018, 2018)

#### **2.2.6.2.2. Combinación Modal y Combinación Direccional.**

El proceso consiste en determinar todas las reacciones posibles que podría tener una estructura a partir de sus modos de deformación (vectores propios) y la frecuencia correspondiente de esos modos (valores propios). La suma de todas las respuestas obtenidas mediante la combinación modal será la respuesta final. Aceleración Espectral.

Según el Artículo 26.2 de la Norma de diseño Sismo Resistente E.030, para cada una de las direcciones analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo – aceleraciones definido por Ec. 2.43: (E.030-2018, 2018)

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} * g \quad (\text{Ec. 2.43})$$

Del mismo modo, un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro utilizado para las direcciones horizontales puede utilizarse para el examen en la dirección vertical.

Donde:

$S_a$  = Aceleración Espectral en cada dirección de Análisis

$g$  = Aceleración de la gravedad

$Z$  = Factor de Zona

$U$  = Factor de Uso

$C$  = Factor de Amplificación Sísmica

$S$  = Factor de Suelo

$R$  = Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas.

**a. Factor de Zona (Z)**

Se entiende como la aceleración horizontal máxima en un suelo rígido con un 10% de probabilidad de que se produzca un sismo durante los 50 años de vida útil del edificio. En términos de aceleración, el factor Z se expresa como una fracción. (E.030-2018, 2018) Según zona se asigna un Factor Z, como indica en la Tabla 14.

**b. Parámetros de Sitio**

Se consideran los valores adecuados del factor de amplificación del suelo S y los períodos  $T_p$  y  $T_L$ , determina qué tipo de perfil capta mejor las condiciones locales., dados en las tablas 14 y 15. (E.030-2018, 2018)

**c. Factor de Suelo “S”**

Depende del tipo de suelo sobre el que se construirá la estructura, así como del factor de zona “Z”. En la Norma Técnica E.030 se consideran cuatro categorías de suelos., cuyas propiedades se presentan en la Tabla 15. Los periodos  $T_p$  y  $T_L$  dependen del tipo de suelo y que definen el espectro de pseudo aceleraciones, visto en Tabla 15. (E.030-2018, 2018)

Tabla 13:  
*Clasificación de los Perfiles De Suelo (NTE E.030 - 2018)*

<b>CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO</b>				
<b>Perfil</b>	<b>Descripción</b>	<b>Velocidad Promediode Ondas de corte del Suelo (<math>\bar{v}_\delta</math>)</b>	<b>Promedio ponderado del SPT Normalizado (<math>\bar{N}_{60}</math>)</b>	<b>Promedio Ponderado de la Resistencia al corte en Condición no drenada (<math>\bar{s}_u</math>)</b>
$S_0$	Roca Dura	> 1500 m/s	–	–
$S_1$	Roca o suelos muy rígidos	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
$S_2$	Suelos Intermedios	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
$S_3$	Suelos Blandos	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
$S_4$	Cond. Excepcionales	Clasificación basada en el EMS		

Tabla 14:  
*Factor de Suelo “S” (NTE E.030 - 2018)*

<b>FACTOR DE SUELO “S”</b>				
<b>Suelo/Zona</b>	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_4$	0.80	1.00	1.05	1.10
$Z_3$	0.80	1.00	1.15	1.20
$Z_2$	0.80	1.00	1.20	1.40
$Z_1$	0.80	1.00	1.60	2.00

Tabla 15:  
Periodos "TP" y "TL" (NTE E.030 - 2018)

PERIODOS "T <sub>P</sub> " y "T <sub>L</sub> "				
	Perfil de Suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub> (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
T <sub>L</sub> (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

**d. Factor de Uso. (U)**

Depende de la capacidad de la estructura para resistir los daños, a su vez depende de la capacidad del edificio para seguir prestando servicios, y del número de personas que habiten en la estructura durante y después de los eventos sísmicos. La norma técnica E.030 divide estos factores en cuatro categorías. (E.030-2018, 2018)

**e. Factor de Amplificación Sísmica. (C)**

De acuerdo a características de sitio, se define el factor de Amplificación Sísmica (C) por las expresiones de la Tabla 16: (NTE E.030 - 2018)

Tabla 16:  
Factor de Amplificación Sísmica (NTE E.030 - 2018)

$T < T_P$	$C = 2.5$	(40. a)
$T_P < T < T_L$	$C = 2.5 \cdot (T_P / T_L)$	(40. b)
$T > T_L$	$C = 2.5 \left( \frac{T_P \cdot T_L}{T^2} \right)$	(40. c)

Donde:

T: es el Periodo Fundamental de Vibración de la Estructura.

**f. Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas. (R)**

La incursión de la estructura en el rango inelástico del espectro de pseudo aceleración se consigue añadiendo este factor de reducción sísmica al sistema estructural relacionado con la capacidad de disipación de energía. (E.030-2018, 2018)

Tabla 17:  
Sistemas Estructurales de Concreto Armado" (NTE E.030 - 2018)

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural (Concreto Armado)	Coefficiente Básico de Reducción R <sub>0</sub>
Pórticos	8
Dual	7
Muros Estructurales	6
Muros de Ductilidad Limitada	4

Donde:

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

$R_0$ : Coeficiente básico de Reducción.

$I_a$ : Irregularidad de la Estructura en Altura.

$I_p$ : Irregularidad de la estructura en planta.

### **f.1. Estructuras de Concreto Armado:**

En función de la proporción de esfuerzo cortante basal que actúa sobre los elementos estructurales resistentes, la Norma Técnica E.030 describe detalladamente los sistemas estructurales de hormigón armado. (placas, columnas) (E.030-2018)

- **Pórticos:** Mínimo el 80% de la fuerza cortante es absorbida por las columnas.
- **Sistema Dual:** La fuerza cortante que es absorbida por los muros es mayor al 20% y menor al 70%.
- **Muros Estructurales:** < el 70% de la fuerza cortante es absorbida por los muros.
- **Muros de Ductilidad Limitada:** Se caracterizan por poseer un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad, dada por muros de concreto de espesores reducidos, confinados extremos y el refuerzo vertical.

### **2.2.6.3. Análisis Dinámico Tiempo Historia:**

Es complementario al diseño por el Análisis Estático Equivalente y Dinámico Espectral. Emplea un modelo matemático de la estructura que combina la integración directa de las ecuaciones de equilibrio con la integración directa del comportamiento histerético de los elementos. (E.030-2018, 2018)

#### **2.2.6.3.1 Construcción del Espectro Elástico de Pseudo aceleraciones Elástico:**

Según el Artículo 27 inciso 1.3 de la Norma técnica E.030, Se crea un espectro de pseudo aceleraciones para cada par de componentes horizontales del movimiento del suelo, teniendo en cuenta la raíz cuadrada de la suma de cuadrados (SRSS) de los valores espectrales descubiertos con una amortiguación del 5% y un coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas  $R$  igual a 1., (E.030-2018, 2018)

$$S_a = Z \cdot U \cdot C \cdot S \cdot g \quad (\text{Ec. 2.44})$$

Donde:

$S_a$  = Aceleración Espectral por dirección

$C$  = Factor de Amplificación Sísmica

$Z$  = Factor de Zona

$S$  = Factor de Suelo

$U$  = Factor de Uso

$g$  = Aceleración de la gravedad

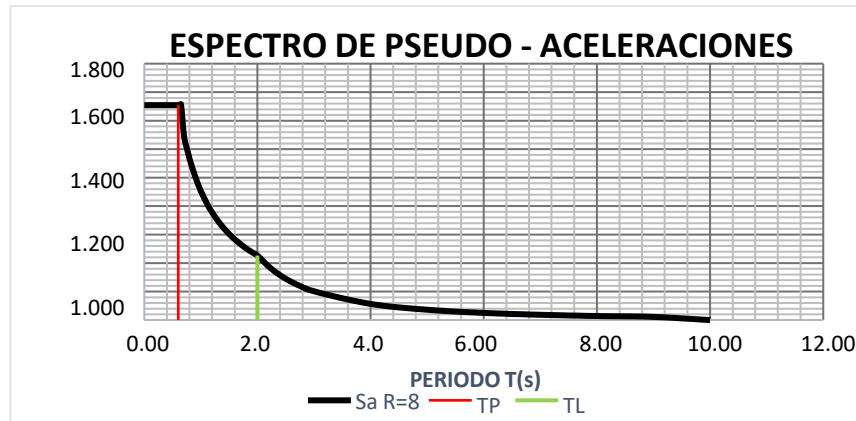


Figura 15:  
Comparación del Espectro de Pseudo aceleraciones Elástico

### 2.2.6.3.2. Ajuste Espectral

Es necesario encontrar 4 espectros compatibles para ambos componentes se escalan por el mismo factor, de modo que los valores espectrales SRSS medios obtenidos por bloques de registros no sean inferiores a la ordenada correspondiente del espectro de diseño dinámico con  $R=1$  y el intervalo de periodos fluctúe entre  $0,2T$  y  $1,5T$  (siendo  $T$  el periodo fundamental). (E.030-2018, 2018)

### 2.2.6.3.3. Ajuste Espectral en El Programa Seismo Match versión 2021.

Consiste en elegir la dirección de la aceleración que se va a escalar y cargar el registro sísmico que hay que escalar. El registro sísmico se compone de dos direcciones horizontales ortogonales entre sí: Este-Oeste y Norte-Sur. Luego, ingresar los datos de entrada: el número de valores, el periodo de tiempo, el factor de escala (donde “ $g$ ” significa unidades logarítmicas), proporcione las columnas a las que pertenece cada valor y los datos de entrada (Tiempo y Aceleración). como indica Figura 16.

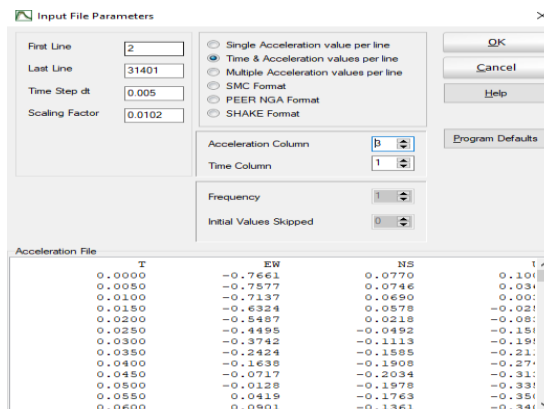


Figura 16:  
Configuración de valores de entrada de registro sísmico a escalar

A continuación, se generó el gráfico original del acelerograma, con los valores temporales en las ordenadas y la aceleración en las abscisas, colocando adecuadamente los datos de entrada del registro sísmico, como se muestra en la Figura 17.

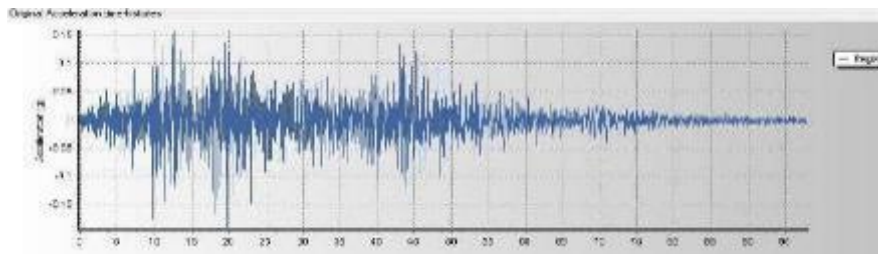


Figura 17:  
Gráfica de Registro Sísmico Original

Las especificaciones del emplazamiento del edificio y los parámetros para crear el espectro de respuesta elástica de acuerdo con la norma técnica E.030 se incluyen en la base de datos del software Seismo Match para el escalado de registros analizados.

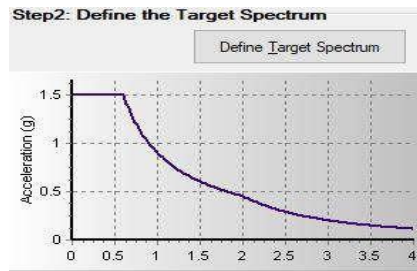


Figura 18:  
Espectro de Respuesta Elástica.

Una vez establecido esto, se fijó el intervalo de periodos del análisis: de  $0,2 T$  a  $1,50 T$ , siendo  $T$  el periodo básico de vibración de la estructura. A continuación, se completó el escalado. Después es crucial verificar que el escalado del registro sísmico inicial converge al espectro inelástico., como en la Figura 19.

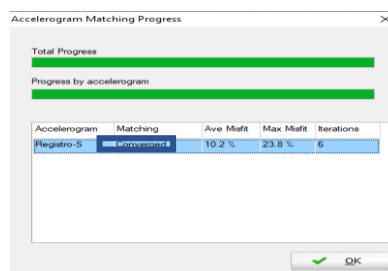
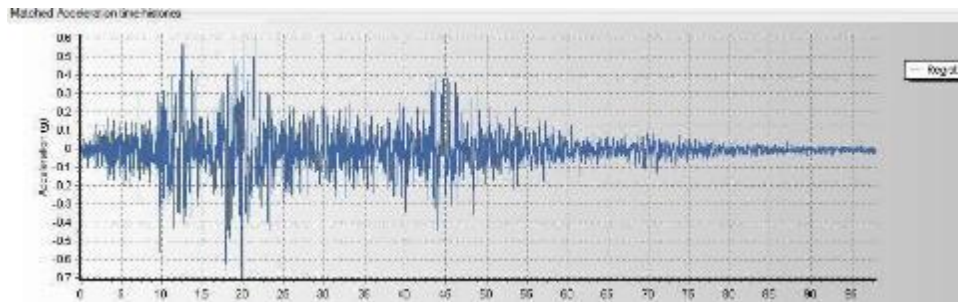
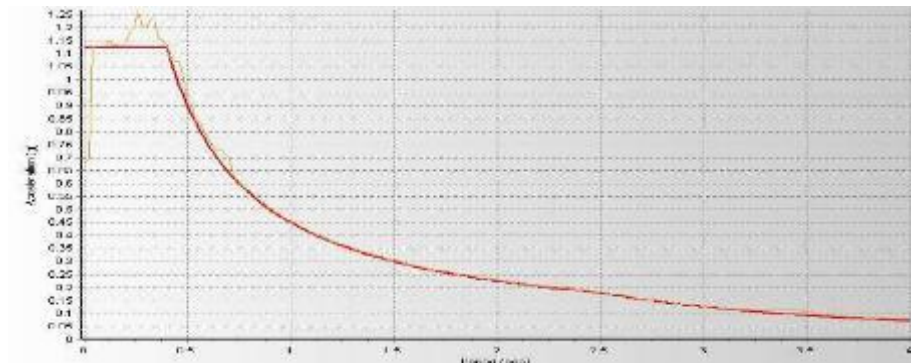


Figura 19:  
Registro sísmico con convergencia

Y finalmente, se obtuvo el registro sísmico escalado (Figura 19 y Figura 20), y se comparó el registro sísmico original. (Figura 20) y la versión escalada en función al espectro elástico.



*Figura 20:*  
Espectro escalado al espectro objetivo



*Figura 21:*  
Registro sísmico Escalado

### 2.3. Definición de Términos

- **Análisis estático:** Análisis mediante un conjunto de fuerzas horizontales internas, interactuando en cada nivel de la edificación, Norma E-030 (2016) p.11.
- **Análisis dinámico:** Análisis realizado mediante procedimientos de combinación espectral o por medio de análisis tiempo – historia, Norma E-030 (2016) p.12.
- **Análisis Tiempo - Historia:** Aplicación de 3 registros de aceleraciones horizontales (acelerogramas) reales o artificiales tal que la aceleración máxima con sus respectivas normalizaciones, corresponda al valor máximo esperado en el sitio del proyecto. (Villarreal , 2009) p.39.
- **Amortiguamiento:** Mecanismos en la cual las estructuras o el suelo absorben energía y disipan la misma. Chopra (2006) Se produce por:
  - Disipación energética en el terreno (en elementos no estructurales)
  - Amortiguamiento histerético dado a singularidades de la fuerza restauradora Elastoplástica (Elementos estructurales y juntas)

- **Coefficiente de Balasto:** Relación entre el esfuerzo admisible ( $\rho$ ) y la deformación producida por la presión vertical en el asentamiento experimentado por ensayo de placa. Arora (2004) p.624
- **Coefficiente de rigidez:** Factores que calculan las traslaciones laterales y rotacionales en cualquier cimentación (zapatas o plateas) considerando flexibilidad en la base de fundación, cuya finalidad es la de verificar los esfuerzos últimos al suelo por malla de elementos finitos. Villarreal (2017)
- **Módulo de Elasticidad:** o Modulo Young, relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente a esfuerzos de tensión y/o compresión, menores al límite de proporcionalidad del material.. NTP 339.047. (2014)
- **Espectro de respuesta Elástica:** Respuesta máxima de la estructura frente a un sismo, dando la aceleración máxima absoluta de la vibración de la estructura, cuantifica la reacción de una estructura ante vibración del suelo. Chopra (2006)
- **Aceleración espectral:** Según el Artículo 26.2 de la Norma técnica de diseño Sismorresistente E.030, para cada dirección analizada se utiliza un espectro inelástico de pseudo – aceleraciones E.030 (2018)
- **Modos de vibración:** Son conocidos como modos naturales de vibración, Este periodo representa el tiempo requerido para que la estructura complete un ciclo en movimiento armónico simple. Chopra (2006).
- **Interacción Suelo-Estructura:** modificación del movimiento de terreno en la base de la estructura debido a la presencia de una estructura por flexibilidad, en el espacio semi elástico del suelo, Hayes (2014) p.21.
- **Suelos cohesivos:** poseen sus partículas finas constituyentes (inferior a 0.08 mm.), sus propiedades importantes el ángulo de fricción  $\phi$  disminuye al aumentar su plasticidad, Brajas (2013) p. 54.
- **Suelos granulares:** Conformado por partículas agregadas y sin cohesión entre ellas dado el gran tamaño de las mismas. Su origen se debe a procesos como la termoclastia o hidratación física, Brajas (2013) p. 54.



- **Suelos heterogéneos:** Perfil formado por depósitos heterogéneos conformado por balsones erráticos de suelos granulares y cohesivos presentados sin arreglo ni orden alguno, Montero (2010) p. 14.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos varía considerablemente en un 42%, al considerar interacción suelo – estructura, en comparación del método convencional, El Tambo, Junín.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

Hia: La modificación de las derivas de piso, en el comportamiento estructural de un edificio en suelos heterogéneos son mayores o menores al considerar el método de interacción suelo – estructura en comparación del método convencional, El Tambo, Junín.

Hib: La variación de los asentamientos, en el comportamiento estructural de un edificio en suelos heterogéneos son mayores o menores al considerar el método de interacción suelo – estructura en comparación del método convencional, El Tambo, Junín.

Hic: La alteración de las deformaciones en losas aligeradas, en el comportamiento estructural de un edificio en suelos heterogéneos son mayores o menores al considerar el método de interacción suelo – estructura en comparación del método convencional, El Tambo, Junín.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de las variables**

#### **Variable independiente (X) - Suelos heterogéneos**

Los suelos heterogéneos son variables que determinaran las características de los suelos, en función a sus propiedades física, mecánicas y químicas considerando sus indicadores.

Montero (2010) Afirma como “perfil formado por depósitos heterogéneos compuesto por balsones erráticos de suelos granulares y cohesivos que se muestran sin un orden ni arreglo alguno” (p.14).

### **Variable dependiente (Y) - Comportamiento estructural:**

El comportamiento estructural de un edificio está en función de los resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos para cada tipo de suelo considerado en la Norma E-030 y la E-060, siendo una variable cuantitativa porque los datos a obtener son numéricos. (Y está en función de X).

Rochel (2012) Es el “rendimiento de la estructura, después de una sollicitación de fuerzas sísmicas, considerando que las propiedades dinámicas de las estructuras sean similares con el suelo de cimentación y evitar resonancias dinámicas en estructura y suelo” (p.95).

### **2.5.2. Definición operacional de las variables**

$$Y = F(X)$$

#### **Variable independiente (X): Suelos heterogéneos**

Los suelos heterogéneos se operacionalizan mediante sus dimensiones D1: Suelos Cohesivos y D2: Suelos granulares siendo tipos. Y a su vez cada una de las dimensiones se subdividen en sus indicadores; como I1: Capacidad admisible. ( $q$ ), I2: Coeficiente de balasto ( $\mu$ ) y I3: Coeficiente de rigidez ( $K_x, K_y, K_z, K_{\phi x}, K_{\phi y}, K_{\psi z}$ ).

#### **Variable dependiente (Y): Comportamiento estructural**

El comportamiento estructural, se operacionaliza mediante sus dimensiones D1: Deriva de piso, D2: Asentamientos y D3: Deformaciones siendo componentes. Y cada dimensión se descompone en indicadores para D1 Derivas de piso I1: Deriva en X  $\Delta/h(x)$ , I2: Deriva en Y  $\Delta/h(y)$  e I3: Deriva máxima  $\Delta$  máx; para D2 Asentamientos: I1: A. Mínimo, I2: A. máximo e I3 A. tolerable) y para D3 Deformaciones: I1: deformación mínima, I2: deformación máxima y I3: deflexión máxima admisible.

## **CAPITULO III:**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Método de investigación**

El método de investigación fue el Científico, a razón que aplica procedimientos sistematizados logrando la factibilidad y la generalidad, alcanzando las cualidades de una investigación científica y el enfoque específico que corresponde es el Cualitativo-Cuantitativo.

#### **3.2 Tipo de investigación**

Se empleó el tipo de investigación Aplicada debido a que dependió de conocimientos teóricos de la investigación como ecuaciones y teorías, guardando relación estricta con la solución de un problema generando bienestar a la sociedad.

#### **3.3 Nivel de investigación**

El nivel de investigación fue el explicativo a razón que se analizó la variación o efecto que se produjo en la variable dependiente (comportamiento estructural) al considerar la variable independiente (suelos heterogéneos: granulares y cohesivos) logrando la relación de causa – efecto.

#### **3.4 Diseño de la investigación**

El diseño de la presente investigación fue el Cuasi Experimental, porque a través de ensayos de laboratorio de suelos se analizaron múltiples factores y luego se obtuvieron resultados considerando y no considerando el efecto de la interacción dinámica suelo estructura y analizar si fehacientemente se logra

determinar la variación en el comportamiento estructural de un edificio de concreto armado en 2 tipos de suelos, suelo granular y suelo cohesivo (suelos heterogéneos).

### **3.5 Población y muestra**

#### **3.5.1. Población:**

En la presente investigación la población estuvo determinada por el diseño de una edificación multifamiliar, diseñada en concreto armado de 5 niveles, en el Jr. Las Flores N° 401 ubicado en el distrito de El Tambo. Teniendo como unidad de estudio la edificación.

#### **3.5.2. Muestra:**

En la presente investigación la muestra estuvo conformada por 6 diseños originarios del proyecto base, realizándose 2 diseños con análisis convencional tanto para suelo granular y cohesivo, además de 4 diseños considerando la interacción suelo - estructura para suelos heterogéneos (suelos granulares y cohesivos), modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov Y Modelo Norma Rusa.

#### **3.5.3. Muestreo:**

Para la investigación se aplicó el muestreo No Probabilístico, y es Dirigido debido a que aplica un procedimiento de selección dirigido por las características propias y específicas de la investigación.

### **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Observación estructurada**

La técnica que se usó en la presente investigación es la Observación estructurada, todo eso con el fin de medir la relación que existe la variable independiente y la variable dependiente.

#### **3.6.2. Análisis de documentos**

El instrumento es la ficha de recopilación de datos, siendo revisadas, analizadas, validadas y finalmente siendo calificada por 3 especialistas expertos, según los intervalos de evaluación. (ver tabla 18)

### Medida de Confiabilidad de los Instrumentos:

Las fichas de recopilación fueron validadas con la supervisión a juicio de expertos y calificada según el intervalo para la Ficha de recopilación de datos (ver Anexo C, que se adjunta) Para darle confiabilidad al instrumento se empleó este coeficiente para estimar la consistencia de la prueba, considerado una medida de homogeneidad de una prueba o test.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum \delta^2 t}{S^2 t} \right] \quad (\text{Ec. 3.1})$$

$$\alpha = \frac{10}{10-1} \left[ 1 - \frac{452.50}{1236.50} \right] \quad \alpha = 0.7245$$

Donde:

- k= Numero de preguntas o ítems
- S<sup>2</sup><sub>i</sub> = Varianza de cada ítem
- S<sup>2</sup><sub>t</sub> = Varianza de la suma de los ítems

El Coeficiente de Confiabilidad de Cuestionario de Encuesta usado para medir los parámetros del comportamiento estructural del edificio, en suelos heterogéneos mediante el método de B.D. Barkan – O.A. Savinov considerando ISE y el método Norma Rusa, de la siguiente manera:

### Validez de la Confiabilidad de los Instrumentos:

Para la validez del instrumento se usó los siguientes intervalos.

Tabla 18:

*Intervalos de confiabilidad*

PARAMETRO	CONDICION
0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy valida
0.72 a 0.99	<u>Excelente validez</u>
1.00	Validez perfecta

Fuente: Gonzales, Oseda, Ramírez (2011)

### 3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

### 3.7.1. Técnicas de procesamiento

- Para análisis de datos y cálculos : Microsoft Excel
- Para análisis sísmico estático y dinámico : CSI ETABS,).
- Para análisis y cálculo de punzonamiento : MathCad
- Modelos gráficos : AutoCAD 2020

### 3.7.2. Análisis de datos

Para el análisis e interpretación de datos a obtener fueron generados por los siguientes tanto para suelo granular y suelo cohesivo:

Se presentará a continuación el diagrama de flujo de las actividades contempladas en la realización del análisis y diseño para la edificación.

#### Flujograma – Análisis Preliminar

En el desarrollo del presente informe de investigación se realizará 3 segmentos en conjunto; como se muestra a continuación.

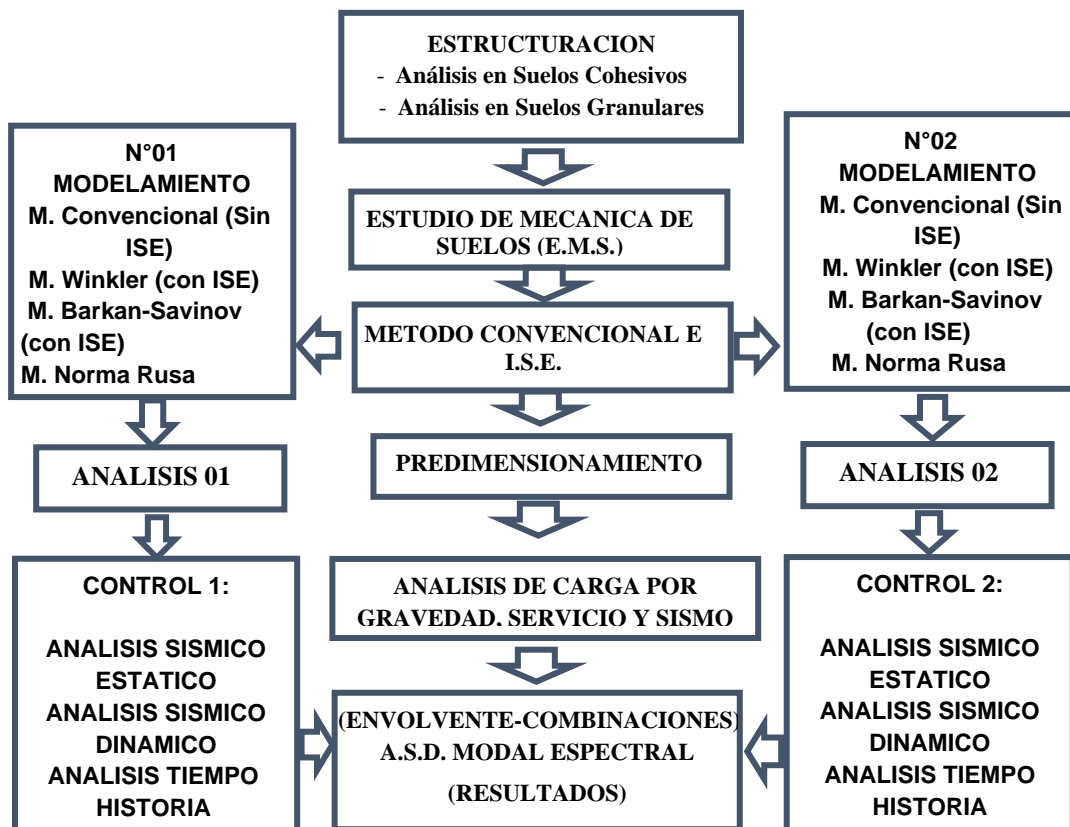


Figura 22:  
Flujograma de Ejecución de proyecto  
Fuente: Elaboración propia.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Descripción de la zona de estudio**

##### **4.1.1. Ubicación:**

La presente muestra de estudio está ubicada en sector de parque industrial, distrito El Tambo, provincia de Huancayo, sector industrial de la ciudad de Huancayo, ubicada en Jr. Las Flores No 401. Asimismo, la zona de estudio 2 está ubicada en Jr. Circuito turístico Huaytapallana S/N.

##### **4.1.2. Características de la zona de estudio**

La edificación estará estructurada con el sistema de placas, columnas, vigas y losas aligeradas. Las placas poseen espesores de 15, 20 y 25 cm, para muros de concreto armado. Las losas son de 20 cm para soportar cargas estipuladas en la normativa y evitar excesivas vibraciones y deformaciones de las losas, para la cimentación del edificio se usaron zapatas aisladas centradas concéntricas y excéntricas con una capacidad portante de 2.39 kg/cm<sup>2</sup> (suelo no cohesivo S2) y 0.59 kg/cm<sup>2</sup> (suelo cohesivo S3) según informe de capacidad portante (adjuntado en anexo D), la profundidad de desplante Df es 1.5 metros

El área techada consta de 122.56 m<sup>2</sup> con una altura típica de entresijos de 2.95, cada nivel tiene 8 habitaciones, además 10 baños, 02 salas 02 cocina/comedor y 02 estar por cada nivel además 01 estacionamiento, 01 cámara vapor, 01 cámara seca, 01 mezanine, 01 gimnasio y 03 duchas.

#### **4.2. Estudios ejecutados**

#### 4.2.1. Estudios de campo:

En esta sección se ha definido y desarrollado los siguientes estudios que se consideran en la presente investigación. Una vez comprendido el área y magnitud de la investigación en la mencionada zona de estudio se ha establecido en considerar estudio de mecánica de suelos como también estudio de laboratorio, como se detalla a continuación.

Tabla 19:

##### *Tipos de edificaciones*

Clase de estructura	Distancia Mayor Entre Apoyos (m)	NUMERO DE PISOS (incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	>12
Aporticada de acero	<12	C	C	C	B
Pórticos y/o muros de concreto	<10	C	C	B	A
Muros portantes de albañilería	<12	B	A	+-	----
Bases y maquinas similares	Cualquiera	A	----	----	----
Estructuras especiales	Cualquiera	A	A	A	A
Otras estructuras	Cualquiera	B	A	A	A
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.</li> </ul>					
Tanques Elevados Y Similares		≤ 9 m. de altura		> 9 m. de altura	
		B		A	

Fuente: Reglamento Nacional edificaciones, Norma E.050, Suelos y Cimentaciones.

#### 4.2.1.1. Exploración de suelos

##### A. Técnicas y Reglamentos Aplicados.

Las técnicas de investigación de campo aplicadas en el EMS son:

Tabla 20:

##### *Técnicas y Reglamentos aplicados para exploración*

Técnicas y Reglamentos aplicados en Exploración de Suelos		
Nº	Técnica	Reglamento Aplicable
01	Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de clasificación de suelos SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D 2487) (Ver anexo D)
02	Ensayo de corte directo (consolidado drenado) para suelos granulares.	NTP 339.171 (ASTM D 3080) (Ver anexo D)
03	Ensayo de compresión no confinada para suelos cohesivos.	NTP 339.167 (Ver anexo D)

Fuente: Reglamento Nacional Edificaciones, Norma E.050, Suelos y Cimentaciones.

##### B. Determinación del número de calicatas.



El número de puntos de investigación se determina en la Tabla 21 de La Norma e.050, que está en función del tipo de edificación y del área de la superficie a ocupar.

Tabla 21:

*Números de puntos de Investigación*

Tipo de edificación	Número de puntos de investigación
A	1 cada 225 m <sup>2</sup>
B	1 cada 450 m <sup>2</sup>
C	1 cada 800 m <sup>2</sup>
Urbanizaciones para viviendas unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada Ha. De terreno habilitado

Fuente: Reglamento Nacional Edificaciones, Norma E.050, Suelos y Cimentaciones.

- a. En el caso constaría de 01 calicata (Suelo Granular S2; A=121.20 m<sup>2</sup>)

La profundidad mínima “p” alcanzar en cada punto de investigación:

- C-1 Cimentación superficial (con zapatas aisladas).

EDIFICACION SIN SOTANO:

Profundidad mínima excavación calicata C-01

$$P = D_f + 1.5B \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Donde:

$D_f$  = En una edificación sin sótano, es la distancia vertical desde la superficie del terreno hasta el fondo de la cimentación. En edificaciones con sótano, es la distancia vertical entre el nivel de piso terminado del sótano y el fondo de la cimentación.

$h$  = Distancia vertical entre el nivel de piso terminado del sótano y la superficie del terreno natural.

$z = 1,5 B$ ; siendo  $B$  el ancho de cimentación prevista de mayor área.

Entonces tenemos lo siguiente:

$$P = (1.5) + 1.5(1.00)$$

$$P = 3.00 \text{ m}$$



*Fotografía 1: Profundidad de excavación para Calicata 1 - Suelo granular S2*

b. Para el caso constaría de 01 calicata (suelo cohesivo S3; A=121.20 m<sup>2</sup>)

- C-2 Cimentación superficial – Zapatas aisladas.

EDIFICACION SIN SOTANO:

Profundidad mínima excavación calicata C-02

Entonces tendríamos la profundidad:

$$P = (1.5) + 1.5(1.00)$$

$$P = 3.00 \text{ m}$$



*Fotografía 2: Profundidad de excavación para Calicata 2 - Suelo cohesivo S3*

#### 4.2.1.2. Técnicas y reglamentos aplicados

A. Normas aplicadas.

Se aplicaron las siguientes normas del Reglamento Nacional de Edificaciones que se detallan a continuación en la Tabla 22.

Tabla 22:

##### *Técnicas y reglamentos aplicados*

Técnicas y Reglamentos Aplicados en Aforo de Corrientes Naturales		
N°	Normas	Reglamento Aplicable
01	Cargas	Norma E-020
02	Diseño sismo resistente	Norma E-030
03	Suelos y cimentaciones	Norma E-050
04	Concreto armado	Norma E-060
05	Análisis y diseño en concreto armado	ACI 318-11

Nota: En todos los casos se utilizará la última versión de la Norma.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### 4.2.1.3. Estudios de laboratorio

Se realizaron los siguientes ensayos exigidos y reglamentados por el Reglamento Nacional de Edificaciones

A. Técnicas y ensayos aplicados.

Las técnicas de investigación de campo aplicadas para estudios en el laboratorio son las que se indican (ver Tabla 23)

B. Ensayos y la Norma aplicada.

Se realizaron los siguientes ensayos, mencionados (ver tabla 23).

Tabla 23:

##### *Técnicas y ensayos aplicados en laboratorio*

Técnicas y Reglamentos Aplicados en Laboratorio		
Suelo Granular/Suelo cohesivo		
N°	Ensayo - Técnica	Reglamento Aplicable
01	Ensayo de corte directo (cons. drenado)	NTP 339.171 (ASTM D 3080)
02	Ensayo para resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos	NTP 339.167
03	Análisis Granulométrico por Tamizado	NTP 339.128 (ASTM D422)
04	Límite Líquido y Límite Plástico (*)	NTP 339.129 (ASTM D4318)
05	Contenido de Humedad	NTP 339.127 (ASTM D2216)
06	Clasificación Unificada Suelos (SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D2487)
07	Densidad máxima y densidad mínima	NTP 339.138 y NTP 339.137
08	Peso volumétrico suelo cohesivo (*)	NTP 339.139 (BS 1377)
09	Gravedad específica	MTC E113

Fuente: Reglamento Nacional Edificaciones, Norma E.050, Suelos y Cimentaciones



*Fotografía 5: Ensayo de Compresión No Confinada - Extracción espécimen*



*Fotografía 3: Ensayo de Corte directo - Límites de Consistencia*



*Fotografía 4: Ensayo de Compresión No Confinada - Suelos Cohesivos*

### 4.3. Análisis de la información.

#### 4.3.1. Determinación de la modificación de las derivas de entrepiso, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo estructura.

##### 4.3.1.1. Estructuración y características Sismo-Resistente:

Tabla 24:

*Estructuración y características sismo-resistentes*

Características y estructuración		
Configuración estructural	Característica material	Dimensiones
Placas	$F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	PL-01: 5.31x0.15x2.95m 0.25x0.35x2.95m PL-02: 2.49x0.15x2.95m 0.25x0.50x2.95m PL-03: 1.40x0.25x2.95m
Zapatas	$F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	Z-1:3.50x1.20+1.00x2.01m Z-2: Z-3:1.25x3.40m Z-4:1.50x1.80m Z-5:2.00x1.40m Z-6:0.90x1.25m Z-8:0.90x1.25m Z-7:1.60x1.25m Z-9:1.60x1.25m Z-10:0.40x0.50m
Losas aligeradas	$F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	Área 72.04m <sup>2</sup> por nivel
Vigas	$F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	0.25x0.45m,0.25x0.2m,0.20x0.2
Columnas	$F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	0.25x0.50m 0.75x0.52m

Fuente: Elaboración propia

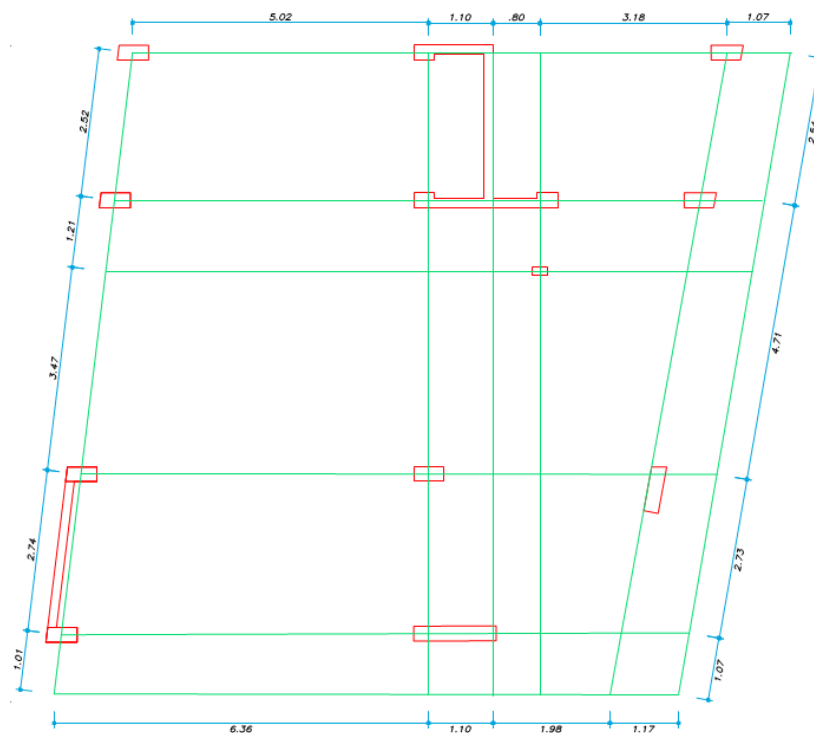
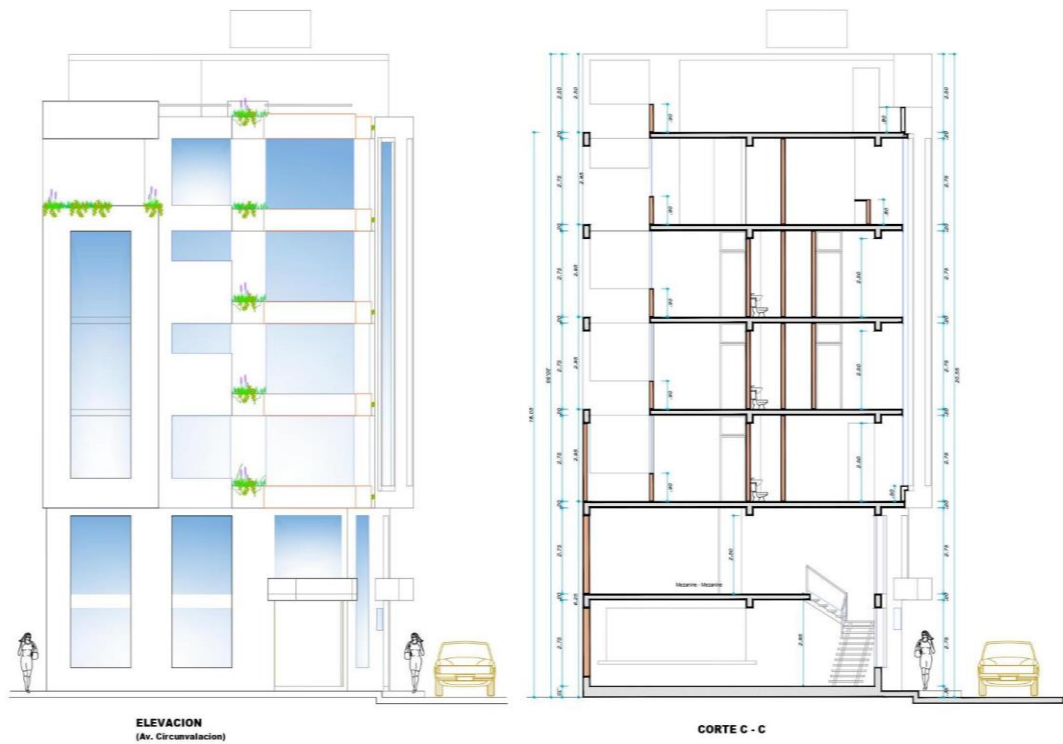


Figura 23:  
Configuración en planta



*Figura 24:*  
Configuración en elevación

El área techada consta de 122.56 m<sup>2</sup> con una altura típica de entresijos de 2.95, cada nivel tiene 8 habitaciones, además 10 baños, 02 salas 02 cocina/comedor y 02 estar por cada nivel además de 01 estacionamiento, 01 cámara vapor, 01 cámara seca, 01 mezanine, 01 gimnasio, 03 duchas y sus respectivos vestidores.

### 1. Características de los materiales

El sistema estructural cuenta con columnas, placas de concreto armado y albañilería confinada. Para dicho diseño se han considerado las siguientes características de materiales mostrados en la Tabla 25:

Tabla 25:

*Características de los materiales*

<b>Característica del material</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<b>Concreto</b>	Resistencia a la compresión	$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ Columnas y Placas
	Resistencia a flexo compresión	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ Otros
	Peso por unidad de volumen	$\gamma = 2400 \text{ kg/cm}^3$
	Módulo de elasticidad	$E_c: 15000\sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$
	Módulo de Poisson	$\nu = 0.15$
<b>Acero de refuerzo:</b>	Esfuerzo de fluencia	$f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
	Módulo de Poisson	$\nu = 0.25$

Fuente: Elaboración propia.

## 2. Análisis de carga por gravedad:

Para esta sección se realizará el metrado de cargas de la edificación, considerando cargas vivas y cargas muertas de incidencia del 100%, no amplificada (por servicio) – 100%CV+100%CM.

### a) Metrado de cargas.

El análisis se aplicará al metrado de cargas de la edificación, considerando cargas vivas y cargas muertas de incidencia del 100%, no amplificada (por servicio) – 100%CV+100%CM.

### b) Cargas de peso propio (DL)

Para el cálculo de las demandas por peso propio, se consideró un peso específico de  $\gamma_s = 2.40 \text{ Tonf/m}^3$

### c) Cargas permanentes (DC)

- Tabiquería (SDL): Se consideró un P.E de  $\gamma_s = 1.80 \text{ Tonf/m}^3$ .
- Acabados (CM): Se consideró acabados típicos de  $100 \text{ kgf/m}^2$ .
- Losa aligerada (CM): Losa de 0.20 m de espesor.

Se efectuarán análisis por Gravedad y análisis sísmico y el metrado de cargas por servicio y metrado de cargas por sismo. Ver Tabla 26.

Tabla 26:  
Metrado de cargas por servicio.

METRADO DE CARGAS POR SERVICIO							
(Mezanine)							
CARGA MUERTA C.M.							
Elementos	Base (m)	Ancho (m)	Largo (m)	S/C (Kg/m2)	Y Concreto (Kg/m3)	Cantidad	Parcial (KG)
LOSA ALIGERADA	Área	72.04	-	300.00	-	1.00	21612.00
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.45	11.11	-	2400.00	2.00	5999.40
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.45	10.50	-	2400.00	1.00	2835.00
VIGAS SECUNDARIAS(T)	0.25	0.45	11.52	-	2400.00	3.00	9331.20
VIGAS V2 (0.25 X0.45) (T)	0.25	0.45	5.30	-	2400.00	3.00	4293.00
VIGAS VCH-01 (0.25X0.20)	0.25	0.20	8.92	-	2400.00	1.00	1070.40
VIGAS VCH-03 (0.20X0.20)	0.20	0.20	2.25	-	2400.00	1.00	216.00
COLUMNA C 1	0.25	0.50	3.95	-	2400.00	1.00	1185.00
COLUMNA C 2	0.25	0.80	3.80	-	2400.00	1.00	1824.00
COLUMNA C 3	0.25	0.15	3.95	-	2400.00	1.00	355.50
COLUMNA C1 - A	0.25	0.52	3.95	-	2400.00	2.00	2464.80
COLUMNA C1 - B	0.25	0.52	3.95	-	2400.00	2.00	2464.80
PLACAS PL - 01	5.31	0.15	3.95	-	2400.00	1.00	7550.82
	0.25	0.35	3.95	-	2400.00	3.00	2488.50
PLACAS PL - 02	2.49	0.15	3.95	-	2400.00	1.00	3540.78
	0.25	0.50	3.95	-	2400.00	2.00	2370.00
PLACAS PL - 03	1.40	0.25	3.80	-	2400.00	1.00	3192.00
PISO TERMINADO	Área	72.04	-	100.00	-	1.00	7204.00
TABIQUERIA	Área	72.04	-	100.00	-	1.00	7204.00
						C.M.	87201.20
CARGA VIVA C.V.							
Uso (Norma E-030)	Base (m)	Ancho (m)	Largo (m)	S/C (kg/m2)	Y Concreto (Kg/m3)	Cantidad	Sub Total (Kg)
S/C RESTAURANTE	Área	72.04		400	-	1.00	28816
						<b>Total(Tn)</b>	116.017

Tabla 27:  
Metrado de cargas por servicio Piso 1

NIVEL 01							
CARGA MUERTA C.M.							
Elementos	Base (m)	Ancho (m)	Largo (m)	S/C (Kg/m2)	YConcreto (Kg/m3)	Cantidad	Parcial (KG)
LOSA ALIGERADA	10.87	11.14	-	300.00	-	1.00	36327.54
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.45	11.11	-	2400.00	2.00	5999.40
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.45	10.50	-	2400.00	1.00	2835.00
VIGAS SECUNDARIAS (T)	0.25	0.45	11.52	-	2400.00	4.00	12441.60
VIGAS VCH-04 (0.25X0.20)	0.25	0.20	10.87	-	2400.00	1.00	1304.40
VIGAS VCH-03 (0.20X0.20)	0.20	0.20	13.38	-	2400.00	1.00	1284.48
VIGA VAM (0.25X0.45)	0.25	0.45	2.94	-	2400.00	1.00	793.80
COLUMNA C 1	0.25	0.50	2.95	-	2400.00	1.00	885.00
COLUMNA C 2	0.25	0.80	2.95	-	2400.00	1.00	1416.00
COLUMNA C1 - A	0.25	0.52	2.95	-	2400.00	2.00	1840.80
COLUMNA C1 - B	0.25	0.52	2.95	-	2400.00	2.00	1840.80
PLACAS PL - 01	5.31	0.15	2.95	-	2400.00	1.00	5639.22
	0.25	0.35	2.95	-	2400.00	3.00	1858.50
PLACAS PL - 02	2.49	0.15	2.95	-	2400.00	1.00	2644.38
	0.25	0.50	2.95	-	2400.00	2.00	1770.00
PLACAS PL - 03	1.40	0.25	2.95	-	2400.00	1.00	2478.00
PISO TERMINADO	10.87	11.14	-	100.00	-	1.00	12109.18
TABIQUERIA	10.87	11.14	-	100.00	-	1.00	12109.18
						C.M.	105577.28
CARGA VIVA C.V.							
Uso (Norma E-030)	Base (m)	Ancho (m)	Largo (m)	S/C (kg/m2)	Y C° (Kg/m3)	Cantidad	Sub Total (Kg)
S/C HOTELES	10.87	11.14		200	-	1.00	24218.36
						<b>Total (Tn)</b>	<b>129.796</b>



Tabla 28:  
*Metrado de cargas por servicio Piso 2, 3, 4.*

<b>NIVEL 02, 03, 04</b>							
<b>CARGA MUERTA C.M.</b>							
<b>Elementos</b>	<b>Base (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>S/C (Kg/m2)</b>	<b>YConcreto (Kg/m3)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial (KG)</b>
LOSA ALIGERADA	10.87	11.14	-	300.00	-	1.00	36327.54
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.45	11.11	-	2400.00	2.00	5999.40
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.45	10.50	-	2400.00	1.00	2835.00
VIGAS SECUNDARIAS (T)	0.25	0.45	11.52	-	2400.00	4.00	12441.60
VIGAS VCH-04 (0.25X0.20)	0.25	0.20	10.87	-	2400.00	1.00	1304.40
VIGAS VCH-03 (0.20X0.20)	0.20	0.20	13.38	-	2400.00	1.00	1284.48
VIGAS VCH-03 (0.20X0.20)	0.20	0.20	8.52	-	2400.00	1.00	817.92
VIGA VAM (0.25X0.45)	0.25	0.45	2.94	-	2400.00	1.00	793.80
COLUMNA C 1	0.25	0.50	2.95	-	2400.00	1.00	885.00
COLUMNA C 2	0.25	0.80	2.95	-	2400.00	1.00	1416.00
COLUMNA C1 - A	0.25	0.52	2.95	-	2400.00	2.00	1840.80
COLUMNA C1 - B	0.25	0.52	2.95	-	2400.00	2.00	1840.80
PLACAS PL - 01	5.31	0.15	2.95	-	2400.00	1.00	5639.22
	0.25	0.35	2.95	-	2400.00	3.00	1858.50
PLACAS PL - 02	2.49	0.15	2.95	-	2400.00	1.00	2644.38
	0.25	0.50	2.95	-	2400.00	2.00	1770.00
PLACAS PL - 03	1.40	0.25	2.95	-	2400.00	1.00	2478.00
PISO TERMINADO	10.87	11.14	-	100.00	-	1.00	12109.18
TABIQUERIA	10.87	11.14	-	100.00	-	1.00	12109.18
						<b>C.M.</b>	<b>106395.2</b>
<b>CARGA VIVA C.V.</b>							
<b>Uso (Norma E-030)</b>	<b>Base (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>S/C (kg/m2)</b>	<b>YConcreto (Kg/m3)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sub Total (Kg)</b>
S/C HOTELES	10.87	11.14	-	200	-	1.00	24218.36
						<b>Total (Tn)</b>	<b>130.614</b>

Tabla 29:  
*Metrado de cargas por servicio Piso 5*

<b>NIVEL 05</b>							
<b>CARGA MUERTA C.M.</b>							
<b>Elementos</b>	<b>Base (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>S/C (Kg/m2)</b>	<b>YConcreto (Kg/m3)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial (KG)</b>
LOSA ALIGERADA	10.87	11.14	-	300.00	-	1.00	36327.54
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.35	11.11	-	2400.00	2.00	4666.20
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.35	10.50	-	2400.00	1.00	2205.00
VIGAS SECUNDARIAS (T)	0.25	0.35	11.52	-	2400.00	4.00	9676.80
VIGAS VCH-04 (0.25X0.20)	0.25	0.20	10.87	-	2400.00	1.00	1304.40
VIGAS VCH-03 (0.20X0.20)	0.20	0.20	13.38	-	2400.00	1.00	1284.48
VIGAS VCH-03 (0.20X0.20)	0.20	0.20	8.52	-	2400.00	1.00	817.92
VIGA VAM (0.25X0.35)	0.25	0.35	2.94	-	2400.00	1.00	617.40
COLUMNA C 1	0.25	0.50	2.95	-	2400.00	1.00	885.00
COLUMNA C 2	0.25	0.80	2.95	-	2400.00	1.00	1416.00
COLUMNA C1 - A	0.25	0.52	2.95	-	2400.00	2.00	1840.80
COLUMNA C1 - B	0.25	0.52	2.95	-	2400.00	2.00	1840.80
PLACAS PL - 01	5.31	0.15	2.95	-	2400.00	1.00	7497.72
PLACAS PL - 02	2.49	0.15	2.95	-	2400.00	1.00	2644.38
	0.25	0.50	2.95	-	2400.00	2.00	1770.00
PLACAS PL - 03	1.40	0.25	2.95	-	2400.00	1.00	2478.00
PISO TERMINADO	10.87	11.14	-	100.00	-	1.00	12109.18
TABIQUERIA	10.87	11.14	-	100.00	-	1.00	12109.18
						<b>C.M.</b>	<b>101490.8</b>
<b>CARGA VIVA C.V.</b>							
<b>Uso (Norma E-030)</b>	<b>Base (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>S/C (kg/m2)</b>	<b>YConcreto (Kg/m3)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sub Total (Kg)</b>
S/C HOTELES	10.87	11.14	-	100	-	1.00	12109.18
						<b>Total (Tn)</b>	<b>113.600</b>
						<b>P. EDIFICIO</b>	<b>751.254</b>
						<b>P. CIMENTACION</b>	<b>42.900</b>
						<b>P. EDIF.+P.CIMENTACION</b>	<b>794.154</b>

### 3. Control por capacidad portante

Es el peso total del edificio más el peso propio de la cimentación (control por carga vertical por servicio), relacionados al área de la cimentación, siendo menor a la capacidad admisible del terreno.

Tabla 30:

*Esfuerzo admisible según Clasificación de suelos*

<b>E 030-2018</b>		
Perfil	Suelo	St (cm)
S0	Roca	> 6
S1	Rígido	3 - 6
S2	Intermedio	1.2 - 3
S3	Flexible	≤ 1.2

Fuente: Norma E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 31:

*Control de capacidad portante*

Características	Valor	unidad
P. Edificación	751.254	Tn
P. Cimentación	42.900	m
A. Cimentación	33.97	m <sup>2</sup>
control por capacidad portante	23.38	Tn/m <sup>2</sup>
q. admisible	23.9 Tn/m <sup>2</sup>	(2.39 kg/cm <sup>2</sup> )

Fuente: Elaboración propia.

$$\frac{P_{\text{edificio}} + P_{\text{cimiento}}}{A_{\text{cimiento}}} \leq q_a \quad 23.38 < 23.9 \quad (\text{Ec. 4.2})$$

### Asentamientos

Para estimar los asentamientos de una cimentación se basó en la teoría de la elasticidad, en el cual se utilizó el módulo de la elasticidad “E” y la relación de Poisson u. Para lo cual se desarrolló y calculo asentamiento elástico o inmediato y el asentamiento diferencial.

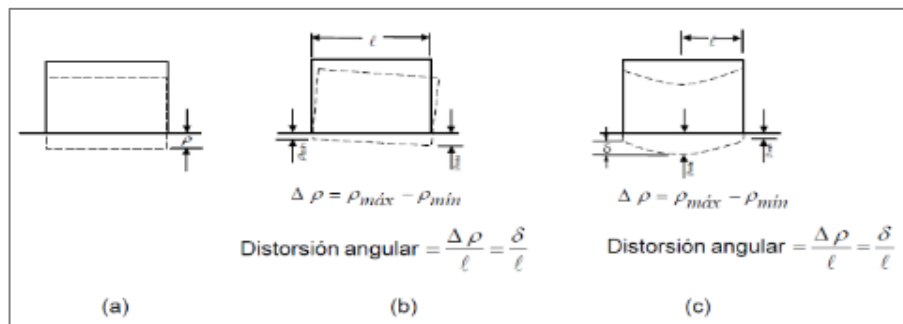


Figura 25:

Tipos de asentamientos

Fuente: Jorge Alva Hurtado.

**a. Asentamiento elástico:**

Alva (2012) Evalúa asentamientos promedio de cimentaciones flexibles en suelos arcillosos saturados (relación Poisson=0.5) dada por: (p.132).

$$S_e = A_1 A_2 \frac{q_0 B}{E_s} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

Donde:

$A_1, A_2$  = Área de la cimentación

$q_0$  = Capacidad de carga

$B$  = ancho de cimentación

**b. Asentamiento diferencial:**

Se realizó la diferencia entre los asentamientos producidos entre las zapatas para dicho control, todo EMS debe indicar un asentamiento tolerable considerado para la edificación, dicho asentamiento no debe ocasionar una distorsión angular mayor que la indicada en la Tabla 32. (RNE, E-050 2018, p. 37, 38)

Tabla 32:

*Distorsiones angulares máximas*

$\alpha = d/L$	DESCRIPCION
1/150	Limite en el que se debe esperar daño estructural en edificio convencional
1/250	Limite en que la perdida de verticalidad de edificios altos y rígidos es visible
1/300	Limite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas.
1/300	Limite en l que se debe esperar las primeras grietas en paredes
1/500	Limite seguro para edificios en los que no se permiten grietas
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares o anillos rígidas altas y esbelta.
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto armado cimentados sobre un solado con espesor aproximado de 1.20 m.
1/750	Limite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos

Fuente: Norma E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**c. Asentamientos tolerables en edificios ( $\beta_{max}$ )**

Rodríguez (2018), Para subsuelo no homogéneos y la carga soportada por varias cimentaciones superficiales de la estructura es razonable asimilar grados diversos de asentamientos en diferentes niveles (p184).

$$St = \frac{P_{edificio} + P_{cimiento}}{C1 * A_{cimiento}} \quad (\text{Ec. 4.4})$$

Donde  $C1$ : Balasto vertical

Tabla 33:

*Rango de esfuerzo admisible en tipos de suelos*

<b>E 030-2018</b>			
<b>Tipos</b>	<b>Descripción</b>		<b>Rango qadm.</b>
S0	Roca	0	> 12
S1	Rígido	≤ 0.5	6 - 12
S2	Intermedio	0.5 – 1.0	3 - 6
S3	Flexible	1.0 – 1.5	≤ 3

Fuente: Normativa E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 34:

*Control por Asentamiento tolerable*

<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>unidad</b>
P. edificación	751.254	Tn
P. cimentación	42.900	Tn
A. cimentación	33.97	m2
C1	4780	Tn/m3
St	0.0049	m
St	0.510	cm
Suelo Intermedio (St)	0.7-1	cm

Fuente: Propia

$$St = \frac{P_{\text{edificio}} + P_{\text{cimentación}}}{C_1 * A_{\text{cimentación}}} = \frac{751.254 Tn + 42.900 Tn}{4780 \frac{Tn}{m^3} * 33.97 m^2} = 0.0049 m \quad (\text{Cumple})$$

Estos valores se determinaron de tablas de módulo de balastro (Figura 73)

- Tipo de suelo      Esfuerzo admisible / Módulo de Winkler
  - Suelo Granular      2.39 kg/cm2 / 4.78 kg/cm3 4780 T/m3
  - Suelo cohesivo      0.59 kg/cm2 / 1.47 kg/cm3 1470 T/m3

#### **4.3.1.2. Análisis sísmico considerando la Base Empotrada.**

En esta sección se presenta el segundo análisis del desarrollo del flujograma, lo cual se desarrollarán el metrado de cargas por sismo de la edificación, teniendo en consideración la incidencia al 100% para CM y 25% por CV, siendo (100% CM + 25% CV).

##### **A) Análisis sísmico estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes:**

Este análisis verifica a las fuerzas horizontales que representan las solicitaciones sísmicas que actúan sobre cada piso del edificio.

Se realiza el metrado de cargas considerándose para una incidencia de sismo la relación de (100%CM + 25%CV). Ver tabla 35, 36, 37 y 38.

Tabla 35:  
*Metrado de cargas por sismo.*

METRADO DE CARGAS POR SISMO (100%CM + 25%CV)							
(Mezanine)							
CARGA MUERTA C.M.							
Elementos	Base (m)	Ancho (m)	Largo (m)	S/C (Kg/m <sup>2</sup> )	Y Concreto (Kg/m <sup>3</sup> )	Cantidad	Parcial (KG)
LOSA ALIGERADA	AREA	72.04	-	300.00	-	1.00	21612.00
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.45	11.11	-	2400.00	2.00	5999.40
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.45	10.50	-	2400.00	1.00	2835.00
VIGAS SECUNDARIAS (T)	0.25	0.45	11.52	-	2400.00	3.00	9331.20
VIGAS V2 (0.25 X0.45) (T)	0.25	0.45	5.30	-	2400.00	3.00	4293.00
VIGAS VCH-01 (0.25X0.20)	0.25	0.20	8.92	-	2400.00	1.00	1070.40
VIGAS VCH-03 (0.20X0.20)	0.20	0.20	2.25	-	2400.00	1.00	216.00
COLUMNA C 1	0.25	0.50	3.95	-	2400.00	1.00	1185.00
COLUMNA C 2	0.25	0.80	3.80	-	2400.00	1.00	1824.00
COLUMNA C 3	0.25	0.15	3.95	-	2400.00	1.00	355.50
COLUMNA C1 - A	0.25	0.52	3.95	-	2400.00	2.00	2464.80
COLUMNA C1 - B	0.25	0.52	3.95	-	2400.00	2.00	2464.80
PLACAS PL - 01	5.31	0.15	3.95	-	2400.00	1.00	7550.82
	0.25	0.35	3.95	-	2400.00	3.00	2488.50
PLACAS PL - 02	2.49	0.15	3.95	-	2400.00	1.00	3540.78
	0.25	0.50	3.95	-	2400.00	2.00	2370.00
PLACAS PL - 03	1.40	0.25	3.80	-	2400.00	1.00	3192.00
PISO TERMINADO	AREA	72.04	-	100.00	-	1.00	7204.00
TABIQUERIA	AREA	72.04	-	100.00	-	1.00	7204.00
						C.M.	87201.20
CARGA VIVA C.V.							
Uso (Norma E-030)	Base (m)	Ancho (m)	Largo (m)	S/C (kg/m <sup>2</sup> )	Y Concreto (Kg/m <sup>3</sup> )	Cantidad	Sub Total (Kg)
S/C RESTAURANTE	AREA	72.04		400	-	0.25	7204.00
						<b>Total (Tn)</b>	94.405

Tabla 36:  
*Metrado de cargas por sismo Piso 1*

NIVEL 01							
CARGA MUERTA C.M.							
Elementos	Base (m)	Ancho (m)	Largo (m)	S/C (Kg/m <sup>2</sup> )	Y Concreto (Kg/m <sup>3</sup> )	Cantidad	Parcial (KG)
LOSA ALIGERADA	10.87	11.14	-	300.00	-	1.00	36327.54
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.45	11.11	-	2400.00	2.00	5999.40
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.45	10.50	-	2400.00	1.00	2835.00
VIGAS SECUNDARIAS (T)	0.25	0.45	11.52	-	2400.00	4.00	12441.60
VIGAS VCH-04 (0.25X0.20)	0.25	0.20	10.87	-	2400.00	1.00	1304.40
VIGAS VCH-03 (0.20X0.20)	0.20	0.20	13.38	-	2400.00	1.00	1284.48
VIGA VAM (0.25X0.45)	0.25	0.45	2.94	-	2400.00	1.00	793.80
COLUMNA C 1	0.25	0.50	2.95	-	2400.00	1.00	885.00
COLUMNA C 2	0.25	0.80	2.95	-	2400.00	1.00	1416.00
COLUMNA C1 - A	0.25	0.52	2.95	-	2400.00	2.00	1840.80
COLUMNA C1 - B	0.25	0.52	2.95	-	2400.00	2.00	1840.80
PLACAS PL - 01	5.31	0.15	2.95	-	2400.00	1.00	5639.22
	0.25	0.35	2.95	-	2400.00	3.00	1858.50
PLACAS PL - 02	2.49	0.15	2.95	-	2400.00	1.00	2644.38
	0.25	0.50	2.95	-	2400.00	2.00	1770.00
PLACAS PL - 03	1.40	0.25	2.95	-	2400.00	1.00	2478.00
PISO TERMINADO	10.87	11.14	-	100.00	-	1.00	12109.18
TABIQUERIA	10.87	11.14	-	100.00	-	1.00	12109.18
						C.M.	105577.28
CARGA VIVA C.V.							
Uso (Norma E-030)	Base (m)	Ancho (m)	Largo (m)	S/C (kg/m <sup>2</sup> )	Y C° (Kg/m <sup>3</sup> )	Cantidad	Sub Total (Kg)
S/C HOTELES	10.87	11.14		200	-	0.25	6054.59
						<b>Total (Tn)</b>	<b>111.632</b>

Tabla 37:  
*Metrado de cargas por sismo Piso 2, 3, 4*

<b>NIVEL 02, 03, 04</b>							
<b>CARGA MUERTA C.M.</b>							
<b>Elementos</b>	<b>Base (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>S/C (Kg/m2)</b>	<b>Y Concreto (Kg/m3)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial (KG)</b>
LOSA ALIGERADA	10.87	11.14	-	300.00	-	1.00	36327.54
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.45	11.11	-	2400.00	2.00	5999.40
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.45	10.50	-	2400.00	1.00	2835.00
VIGAS SECUNDARIAS (T)	0.25	0.45	11.52	-	2400.00	4.00	12441.60
VIGAS VCH-04 (0.25X0.20)	0.25	0.20	10.87	-	2400.00	1.00	1304.40
VIGAS VCH-03 (0.20X0.20)	0.20	0.20	13.38	-	2400.00	1.00	1284.48
VIGAS VCH-03 (0.20X0.20)	0.20	0.20	8.52	-	2400.00	1.00	817.92
VIGA VAM (0.25X0.45)	0.25	0.45	2.94	-	2400.00	1.00	793.80
COLUMNA C 1	0.25	0.50	2.95	-	2400.00	1.00	885.00
COLUMNA C 2	0.25	0.80	2.95	-	2400.00	1.00	1416.00
COLUMNA C1 - A	0.25	0.52	2.95	-	2400.00	2.00	1840.80
COLUMNA C1 - B	0.25	0.52	2.95	-	2400.00	2.00	1840.80
PLACAS PL - 01	5.31	0.15	2.95	-	2400.00	1.00	5639.22
	0.25	0.35	2.95	-	2400.00	3.00	1858.50
PLACAS PL - 02	2.49	0.15	2.95	-	2400.00	1.00	2644.38
	0.25	0.50	2.95	-	2400.00	2.00	1770.00
PLACAS PL - 03	1.40	0.25	2.95	-	2400.00	1.00	2478.00
PISO TERMINADO	10.87	11.14	-	100.00	-	1.00	12109.18
TABIQUERIA	10.87	11.14	-	100.00	-	1.00	12109.18
						<b>C.M.</b>	<b>106395.2</b>
<b>CARGA VIVA C.V.</b>							
<b>Uso (Norma E-030)</b>	<b>Base (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>S/C (kg/m2)</b>	<b>Y Concreto (Kg/m3)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sub Total (Kg)</b>
S/C HOTELES	10.87	11.14		200	-	0.25	6054.59
						<b>Total (Tn)</b>	<b>112.450</b>

Tabla 38:  
*Metrado de cargas por sismo Piso 5*

<b>NIVEL 05</b>							
<b>CARGA MUERTA C.M.</b>							
<b>Elementos</b>	<b>Base (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>S/C (Kg/m2)</b>	<b>Y Concreto (Kg/m3)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial (KG)</b>
LOSA ALIGERADA	10.87	11.14	-	300.00	-	1.00	36327.54
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.35	11.11	-	2400.00	2.00	4666.20
VIGAS PRINCIPALES (L)	0.25	0.35	10.50	-	2400.00	1.00	2205.00
VIGAS SECUNDARIAS (T)	0.25	0.35	11.52	-	2400.00	4.00	9676.80
VIGAS VCH-04 (0.25X0.20)	0.25	0.20	10.87	-	2400.00	1.00	1304.40
VIGAS VCH-03 (0.20X0.20)	0.20	0.20	13.38	-	2400.00	1.00	1284.48
VIGAS VCH-03 (0.20X0.20)	0.20	0.20	8.52	-	2400.00	1.00	817.92
VIGA VAM (0.25X0.35)	0.25	0.35	2.94	-	2400.00	1.00	617.40
COLUMNA C 1	0.25	0.50	2.95	-	2400.00	1.00	885.00
COLUMNA C 2	0.25	0.80	2.95	-	2400.00	1.00	1416.00
COLUMNA C1 - A	0.25	0.52	2.95	-	2400.00	2.00	1840.80
COLUMNA C1 - B	0.25	0.52	2.95	-	2400.00	2.00	1840.80
PLACAS PL - 01	5.31	0.15	2.95	-	2400.00	1.00	5639.22
	0.25	0.35	2.95	-	2400.00	3.00	1858.50
PLACAS PL - 02	2.49	0.15	2.95	-	2400.00	1.00	2644.38
	0.25	0.50	2.95	-	2400.00	2.00	1770.00
PLACAS PL - 03	1.40	0.25	2.95	-	2400.00	1.00	2478.00
PISO TERMINADO	10.87	11.14	-	100.00	-	1.00	12109.18
TABIQUERIA	10.87	11.14	-	100.00	-	1.00	12109.18
						<b>C.M.</b>	<b>101490.8</b>
<b>CARGA VIVA C.V.</b>							
<b>Uso (Norma E-030)</b>	<b>Base (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>S/C (kg/m2)</b>	<b>Y Concreto (Kg/m3)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sub Total (Kg)</b>
S/C HOTELES	10.87	11.14	-	100	-	0.25	3027.295
						<b>Total (Tn)</b>	<b>104.518</b>
						<b>P. EDIFICIO</b>	<b>647.905</b>
						<b>P. CIMENTACION</b>	<b>42.900</b>
						<b>P. EDIF.+P.CIMENTACION</b>	<b>690.805</b>

Asimismo, calcular la fuerza cortante en la base mediante:

$$V = \frac{Z*U*C*S}{R} \cdot P \quad (\text{Ec. 4.5})$$

Para relación  $C/R$  deberá ser mayor o igual a:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125 \quad (\text{Ec. 4.6})$$

Los datos requeridos se obtienen en el cuadro siguiente:

Tabla 39:

*Parámetros de cálculo de fuerza cortante (V) en X*

<b>PARAMETROS DE CALCULO EN DIRECCION X-X</b>		
Símbolo	Descripción	Valor según E-030
Z	Factor de zona	0.35
U	Factor de uso	1 (E. común)
C	Factor De amplificación sísmica	( $T < T_p = 0.3008 < 0.6 \rightarrow C = 2.5$ )
S	Factor de suelo	1.15 (Z3; S2)
TP	Factor que define la plataforma del espectro	0.6 seg.
TL	Periodo que define el inicio en zona factor C	2 seg.
T	Periodo fundamental de la estructura	0.3008 seg.
R	Coficiente de Reducción por Ductilidad	6
G	Gravedad especifica	9.81 m/s <sup>2</sup>
P	Peso de la edificación	647.905Tonf

Fuente: Elaboración Propia.

$$V = \frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1.15}{6} * 647.905 \Rightarrow V = 108.6590 \text{ tonf}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{2.5}{6} = 0.4166 \geq 0.125 \text{ OK}$$

Tabla 40:

*Parámetros de cálculo de fuerza cortante (V) en Y*

<b>PARAMETROS DE CALCULO EN DIRECCION Y-Y</b>		
Símbolo	Descripción	E-030-2016
Z	Factor de zona	0.35
U	Factor de uso	1 (E. común)
C	Factor De amplificación sísmica	( $T < T_p = 0.3008 < 0.6 \rightarrow C = 2.5$ )
S	Factor de suelo	1.15 (Z3; S2)
TP	Factor que define la plataforma del espectro	0.6 seg.
TL	Periodo que define el inicio en zona factor C	2 seg.
T	Periodo fundamental de la estructura	0.3008 seg.
R	Coficiente de Reducción por Ductilidad	6
G	Gravedad especifica	9.81 m/s <sup>2</sup>
P	Peso de la edificación	647.905Tonf

Fuente: Elaboración Propia

$$V = \frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1.15}{7} * 647.905 \Rightarrow V = 93.1363 \text{ Tonf}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{2.5}{7} = 0.3571 \geq 0.125 \text{ OK}$$

## PARÁMETROS SISMICOS

### a) Factor de zona (Z):

Huancayo se sitúa en la zona 3, por lo tanto, el valor para:

$$Z = 0.35.$$

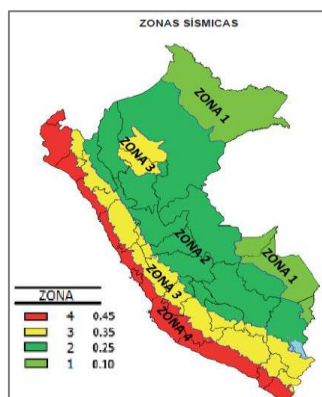


Figura 26:  
Factor de zona Sísmica  
Fuente: Norma E-030.

Tabla 41:

Factores de zona (Z)

Zona	Z (2016)	Z (2018)
4	0.45	0.45
3	0.35	0.35
2	0.25	0.25
1	0.10	0.10

Fuente: Norma E-030-2016/2018 del Reglamento Nacional de Edificaciones E.030.

### b) Factor de uso (U):

Pertenece al tipo C Edificaciones comunes, por lo expuesto sería:

$$U = 1$$

Tabla 42:

Factor de Uso.

Tipo	Categoría	Descripción	Factor U
A	A1	1.5	Ver nota 1.
	A2		1.5
B	Edificaciones Importantes	1.3	1.3
C	Edificaciones Comunes	1	1.0
D	Edificaciones Temporales	(°)	Ver nota 2.

Nota1. En zonas 3 y 4 será obligatorio el aislamiento sísmico y en zonas 1 y 2 dependerá su consideración del proyectista, tomando U:1.5 si no se considera realizar un aislamiento sísmico.

Nota2. Se provee rigidez y resistencia para acciones laterales.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E-030 (2018)-Adaptado.



**c) Factor de suelo (S):**

Para este caso el factor de zona es “Z3”, y para el tipo de suelo-perfil es S2 (suelo granular) por lo tanto el valor para:

$$S = 1.15$$

Tabla 43:

Factor de Suelo "S"

Zona/Suelo	Factor De Suelo "S"			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0.80	1.00	1.05	1.10
Z <sub>3</sub>	0.80	1.00	1.15	1.20
Z <sub>2</sub>	0.80	1.00	1.20	1.40
Z <sub>1</sub>	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E-030 (2016)

**d) Factor de amplificación sísmica (C):**

Se obtiene de:  $T = \frac{h_n}{c_T}$  (Ec. 4.7)

- Calculando el periodo fundamental:

$$H_n = 18.05 \quad c_T = 60 \quad T = 0.3008$$

$c_T=60$  por que pertenece a edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales (el caso)

En conclusión, se define el factor de amplificación sísmica  $C$  según:

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

$$\text{Entonces: } T = \frac{h_n}{c_T} = \frac{18.05}{60} = 0.3008$$

$$1) T < T_p; 0.3008 < 0.6 \rightarrow C = 2.5 \text{ (Pertenece al caso 1)}$$

$$2) T_p < T < T_1 \rightarrow C = 2.5 * \left( \frac{T_n}{T} \right) \quad (\text{Ec. 4.8})$$

$$3) T > T_1 \rightarrow C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right) \quad (\text{Ec. 4.9})$$

Tabla 44:

Periodos TP y TL

Periodos	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
TP (s)	0.3	0.4	0.6	1
TL (s)	3	2.5	2	1.6

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E-030 (2016)

Por lo cual el valor de  $C$ :  $C = 2.5$

**e) El factor o coeficiente básico de reducción sísmica R**

Este factor fue:  $R_o = 6$

Tabla 45:  
Coeficiente de reducción de fuerza sísmica

Sistema Estructural	Coeficiente Reducción
Acero	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concentricamente Arriostrados (BCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concentricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excentricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado	
Porticos	
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de Ductibilidad Limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	
	7 (°°)

Fuente: Norma E-030.

De igual manera se realizó el mismo procedimiento para los otros casos.

- Aplicando los factores de irregularidad en planta y elevación será:

Los cual  $C/R > 0.11 = 2.5/6 = 0.4167 > 0.11$  (OK)

$$R = R_o * I_a * I_p \quad (\text{Ec. 4.10})$$

$$R = 6 * 1 * 1 \text{ entonces } R = 6$$

#### f) Distribución de la fuerza sísmica en altura (Fi)

Según la norma E.030 (2018), el periodo fundamental T es menor que 0.7 por lo que no se le afecta  $F_a$  a la cortante estática (V). Por lo que la fuerza cortante se distribuirá en todos los niveles como se muestra:

$$F_5 = \frac{P_5 h_5}{\sum_{j=1}^5 (P_j h_j)} * (V - F_a) \quad (\text{Ec. 4.11})$$

$$F_5 = \frac{104.518 \text{ Tonf} * 18.05 \text{ mt}}{7273.079 \text{ Ton.m}} * 108.659 = 28.185 \text{ Tonf}$$

Según la norma E.030 (2018), si T es menor que 0.5 usaríamos el K=1 en este caso  $T = 0.3008$  s, entonces se usó k=1 y reemplazando en la fórmula para calcular la distribución sísmica en altura, como se muestra.

$$F_5 = \frac{P_5 h_5}{\sum_{j=1}^5 (P_j h_j)} * (V) \quad (\text{Ec. 4.12})$$

$$F_5 = \frac{104.518 \text{ Tonf} * (6.25m)}{7273.079 \text{ Ton.m}} * 108.659 = 9.759 \text{ Tonf}$$

En la Tabla 46 calcula la distribución de fuerzas sísmicas en ambas direcciones.

Tabla 46:

*Distribución sísmica en Altura Norma E-030-2018*

<b>Distribución En Dirección X, Y</b>						
P	647.905	Tn	<b>T</b>	0.3008	s	
hn	18.05	m	<b>k</b>	1		
Ct	60		<b>V</b>	108.659067	Tn	
NIVEL	PESO	h	Pi*hi	$\alpha$	Fi	V
1°	206.037	6.25	1287.732	0.177	19.239	19.239
2°	112.450	9.20	1034.538	0.142	15.456	34.695
3°	112.450	12.15	1366.265	0.188	20.412	55.107
4°	112.450	15.10	1697.992	0.233	25.368	80.475
5°	104.518	18.05	1886.552	0.259	28.185	108.659
Total	<b>647.905</b>		<b>7273.079</b>		<b>108.659</b>	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1.3. Análisis Estático incorporando el programa Etabs v21.

##### Procedimiento de análisis:

Para el análisis del edificio multifamiliar de los modelos empotrado e ISE se analizó utilizando la herramienta Etabs para diversos suelos. Estos se mejoraron continuamente mediante la siguiente interpretación y registro de los datos:

- a) Definición de los materiales
- b) Definición de secciones (columnas, vigas, placas, losa aligerada)
- c) Asignación de restricciones
- d) Gráfico de secciones
- e) Asignación de brazos rígidos  
(Asignar apoyos, para modelo empotrado)
- f) Definición de patrones de cargas (carga muerta, viva, sismos estáticos en X+/-0.05e (excentricidad) así como en eje Y +/-0.05e
- g) Asignación por cargas concentradas

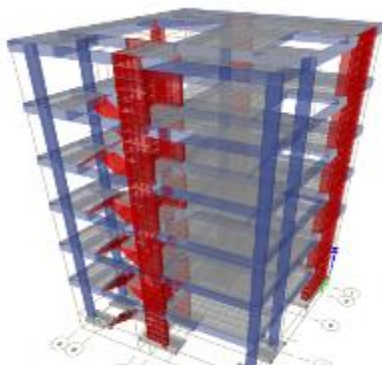


Figura 27:

Modelo para Análisis sísmico estático – empotrado

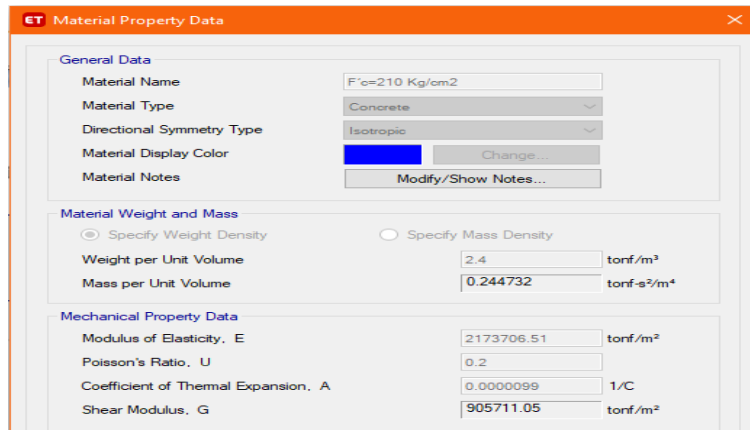


Figura 28:  
Definición del material para componente de cimentación

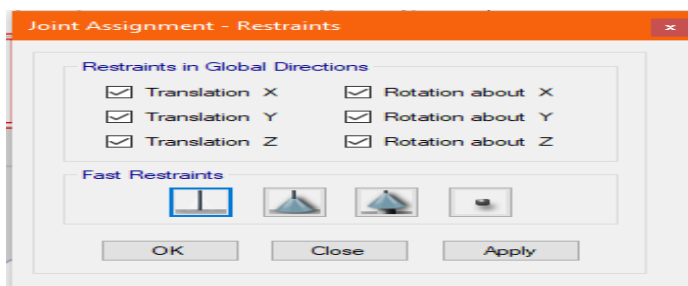


Figura 29:  
Asignar las restricciones para el modelo

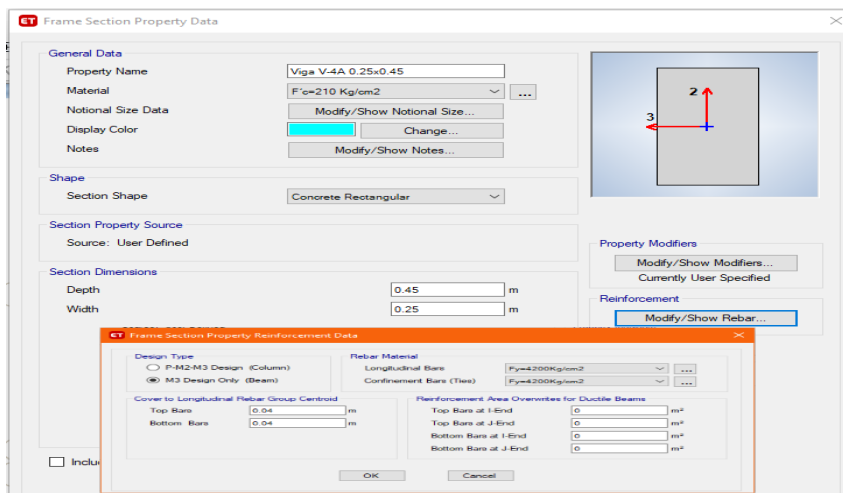


Figura 30:  
Definición de la sección de los elementos estructurales

### Periodo fundamental de la vibración Estática:

El periodo de vibración por cada dirección se calculó con la ecuación 4.13

Seguidamente se obtendrá un factor de escala para ambas direcciones X, Y respectivamente:

### A) Análisis estático en suelo granular o intermedio (S2)

Se ingresó el factor de escala para la dirección X y para dirección Y, cuyo cálculo previo se realizó del modo siguiente:  $C_T = 60$ , Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean columnas.

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{18.05}{60} = 0.3008 \quad (\text{Ec. 4.13})$$

$$T_P = 0.6$$

$$T_L = 2.0$$

Del factor de ampliación sísmica se tiene tanto para dirección X e Y:

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

$$0.3008 < 0.6$$

Entonces,  $C = 2.5$

Factor de zona :  $Z = 0.35$

Categoría o uso :  $U = 1.0$

Factor de ampliación sísmica :  $C = 2.50$

Factor de suelo :  $S = 1.15$

Factor de reducción sísmica :  $R = 6.0$

$$f_e = \frac{(0.35)(1.0)(2.5)(1.15)}{6.0} = 0.1677$$

Patrones de Carga: Sismo estático en X, Y en suelo Granular S2:

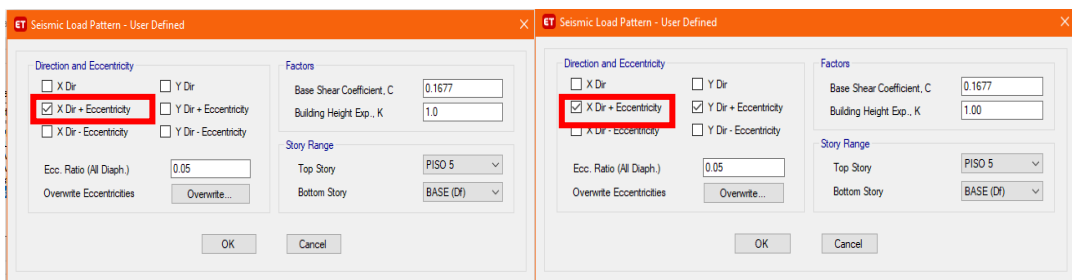


Figura 31:

Factor de cortante Basal y definición de la dirección X, Y para S2

### B) Análisis estático en suelo cohesivo (S3)

Se ingresa en factor de escala para dirección X, Y. Se ingresó en factor de escala para dirección X, Y  $C_T = 60$ , cuyo cálculo se muestra.

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{18.05}{60} = 0.3008$$

$$T_P = 1.0$$

$$T_L = 1.6$$

Para el factor de ampliación sísmica se tiene:

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

Entonces,  $C = 2.5$

Factor de zona. :  $Z = 0.35$

Categoría :  $U = 1.0$

Factor de ampliación sísmica :  $C = 2.5$

Factor de suelo :  $S = 1.2$

Factor de reducción :  $R = 6.0$

$$f_e = \frac{(0.35)(1.0)(2.5)(1.2)}{6.0} = 0.175$$

Patrones de Carga: Sismo estático en X, Y en suelo cohesivo S3:

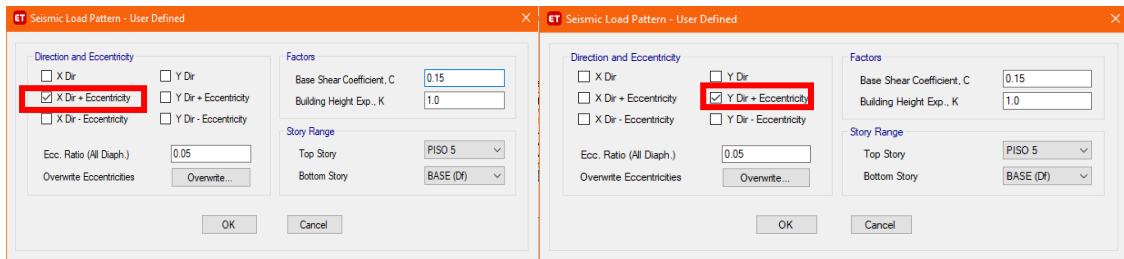
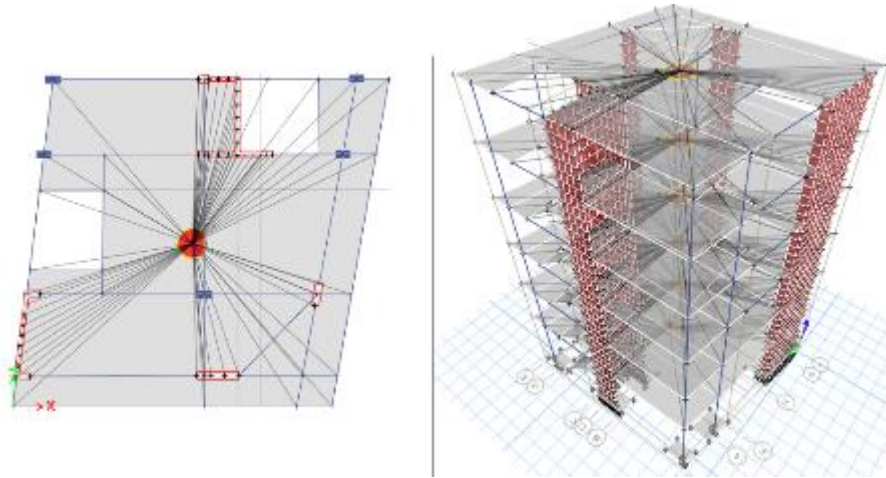


Figura 32:

Factor de cortante Basal y definición de la dirección X, Y para S3

- h) Asignación de Piers en columnas y placas, para visualizar las fuerzas internas en estos elementos estructurales
- i) Se definen y aplican diafragmas rígidos en todos los niveles. Para determinar los desplazamientos de los diafragmas y compararlos con los de los demás niveles, se han tenido en cuenta los diafragmas del semisótano y el entrepiso. Seguidamente se ha asignado las combinaciones de cargas
- j) Montaje de losa con vigas, para otorgar buena transferencia de cargas.
- k) Ensamblaje de losas con muros o placas, para lograr una adecuada transferencia de cargas de las losas apoyadas sobre el apoyo de muros.

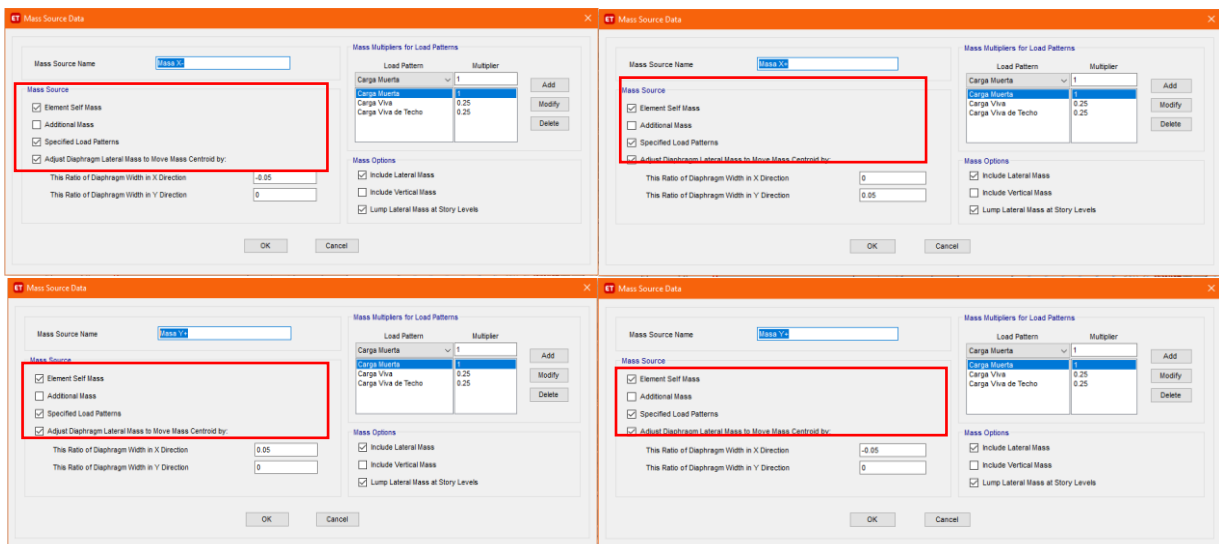
- l) Definición y asignación de masa sísmica incorporando la excentricidad de 5%, las cuales de consideraron 2 casos de excentricidad.



*Figura 33:*  
Asignación de diafragma rígido en los niveles

Para un edificio típico, la excentricidad de la masa se tuvo en cuenta con un valor del 5%, y el peso sísmico de la estructura se calculó como toda la carga permanente o concentrada más un porcentaje de la carga viva. Como se muestra en la Figura 34:

$$\text{Peso Sísmico} = 100\% \text{ CM} + 25\% \text{ CV} + 25\% \text{ CV Techo}$$



*Figura 34:*  
Definición de la Masa con excentricidad de  $\pm 5\%$  en X e Y

- m) Se realizó la discretización de vigas, columnas muros con propósito de uniformizar la transferencia de cargas, y de simular el apoyo del muro para distintos puntos de la unión con el suelo, discretizándose a cada 0.50m.

- n) Sólo la discretización es realizada automáticamente por el programa, y la longitud discretizada tiene que coincidir con la longitud de las paredes u otros componentes de soporte.
- o) Es fundamental para el análisis liberar los momentos en vigas apoyadas en elementos de menor espesor que no cumplen con longitudes de desarrollo, para que se comporten como vigas simplemente apoyadas y no generen momentos en la longitud apoyada.

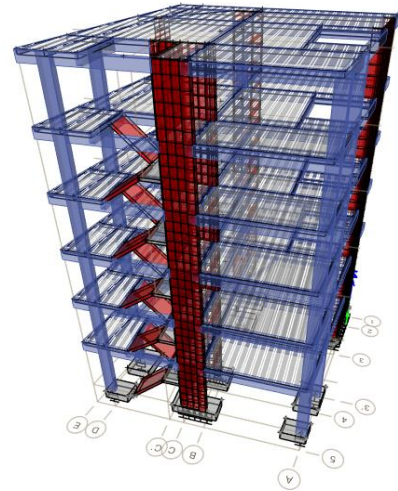


Figura 35:  
Discretizado de las placas, columnas y muros

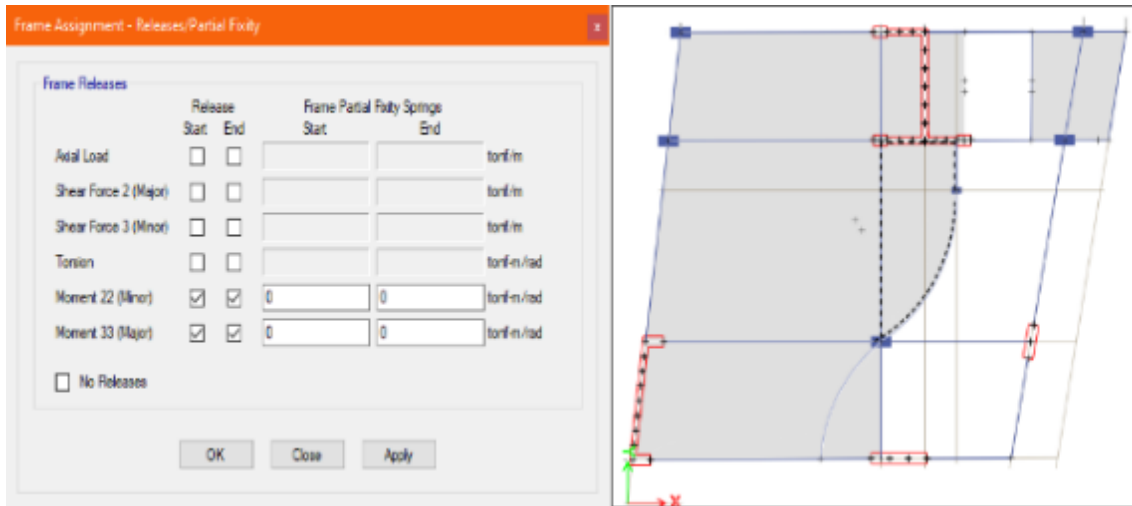


Figura 36:  
Liberación de momento en elementos con restricciones en apoyos

Cálculo del Cortante Sísmico, para en Análisis Estático:  $P = 856.644 \text{ Tn}$

$$P = 858.45 \text{ Tn (ETABS)}$$

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

$$V = \frac{(0.35)(1.0)(2.5)(1.15)}{6.0} * P = 0.1677P = V = 143.6592 \quad (\text{SUELO S2})$$

$$V = \frac{(0.35)(1.0)(2.5)(1.2)}{6.0} * P = 0.175P = V = 149.9127 \quad (\text{SUELO S3})$$



#### 4.3.1.4. Análisis Dinámico Modal Espectral.

##### A) Espectro de respuesta Norma técnica E.030 - 2018

Se ingresó el espectro de diseño conforme a la norma E.030.

En esta sección se definió los factores de zona (Z), Uso (U), categoría (C.) factor para cada tipo de suelo S2 y S3 (S) según tipo de suelo además de los factores de irregularidad como Ip y Ia, como se muestra y el factor básico de reducción sísmica. Ver Figura 37.

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y	DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.35	Ro	6	6	Z	0.35	Ro	6	6
U	1.00	Ia	1.00	1.00	U	1.00	Ia	1.00	1.00
S	1.15	Ip	1.00	1.00	S	1.20	Ip	1.00	1.00
TP	0.60	1.00	6	6	TP	0.60	1.00	6	6
TL	2.00	g	1m/s <sup>2</sup>		TL	2.00	g	1m/s <sup>2</sup>	

Figura 37:

Parámetro de sitio para construir Espectro de Pseudo Aceleración

En figura 38 se muestra el espectro de Pseudo aceleraciones, en direcciones de análisis para XX, asimismo en YY siendo como se muestra:

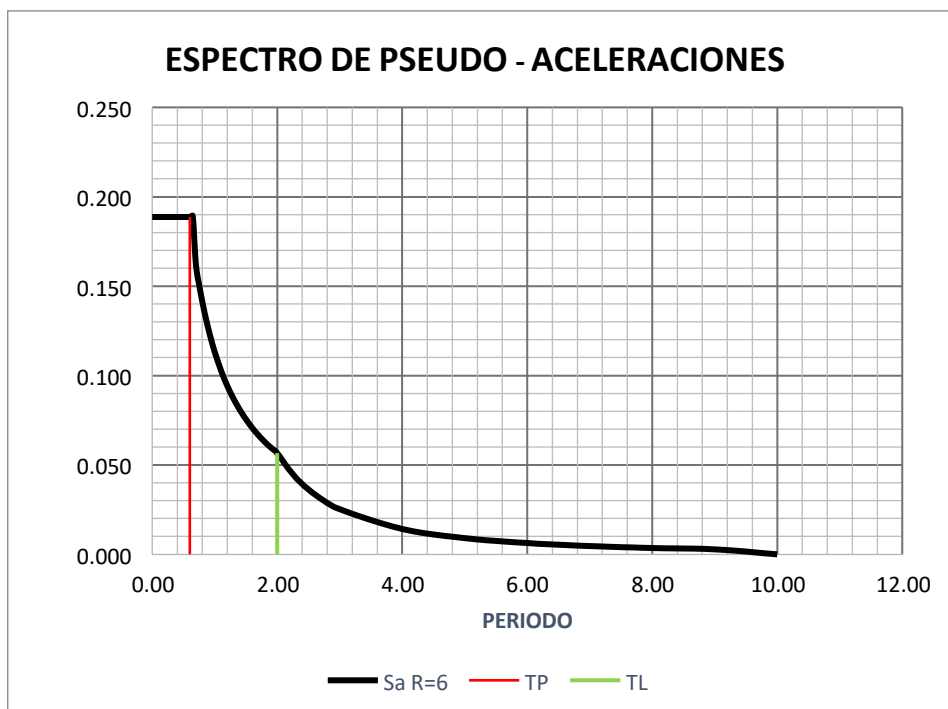


Figura 38:  
Espectro De Pseudo Aceleraciones

## B) Análisis Dinámico Espectral en el Software Etabs V.21

Se definió el espectro de pseudo aceleraciones logrando vincular nuestros casos espectrales; y considerar los casos de carga con excentricidad accidental como indica la norma técnica E.030 enlazando casos dinámicos a las fuentes de masa definida con cada caso de excentricidad en (X+, X-, Y+, Y-)

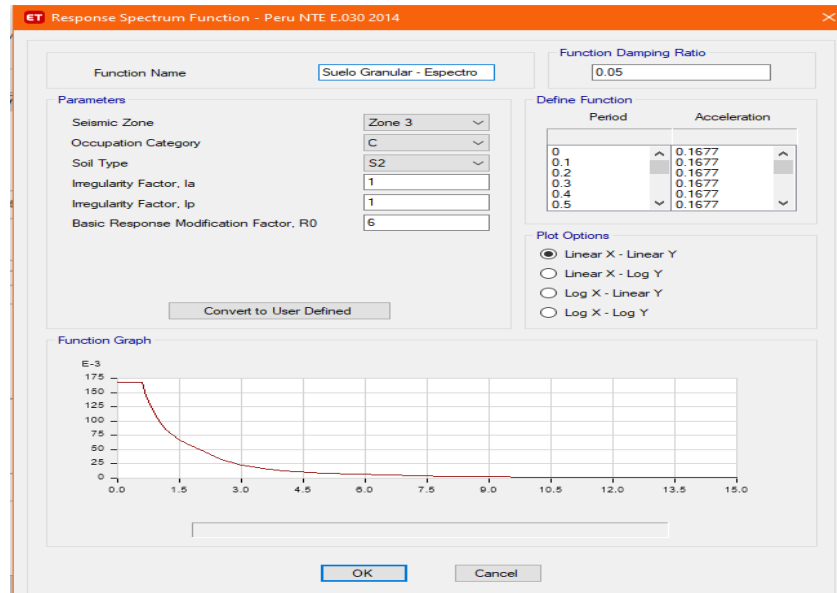


Figura 39:  
Definición del Espectro de Pseudo aceleraciones en Etabs .

## Excentricidad Accidental

Con una excentricidad accidental del 5% en las direcciones X e Y debido a la ambigüedad en la ubicación indicada del centro de masa.

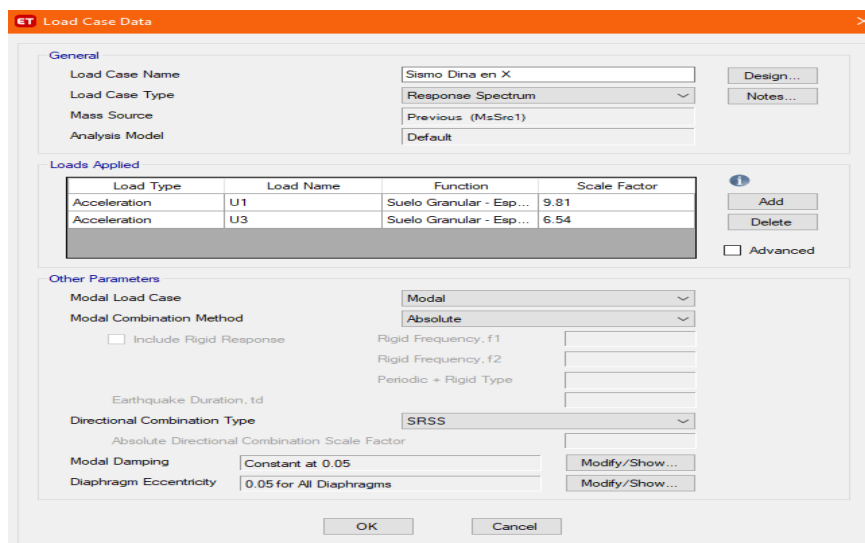


Figura 40:  
Espectro en la dirección XX.

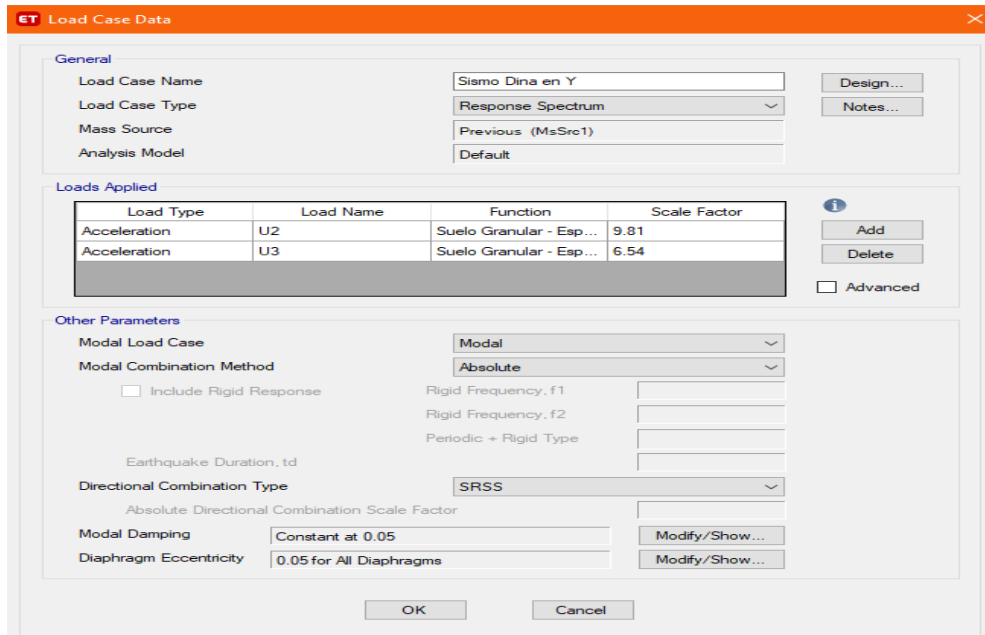


Figura 41:  
Espectro en la dirección YY.

- a. Análisis dinámico en suelo granular o intermedio (S2)

Se ingresa el espectro de diseño normativa peruana E.030-2018

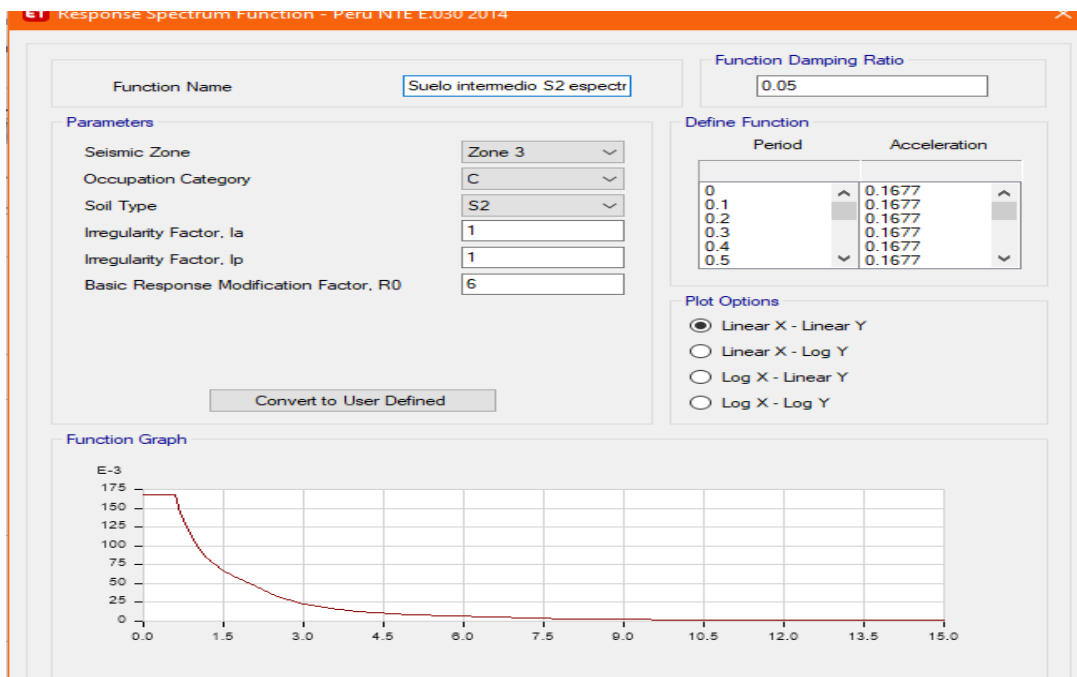


Figura 42:  
Espectro sísmico E.030 – Suelo intermedio S2.

Espectro en la dirección X e Y con 5% de excentricidad accidental.

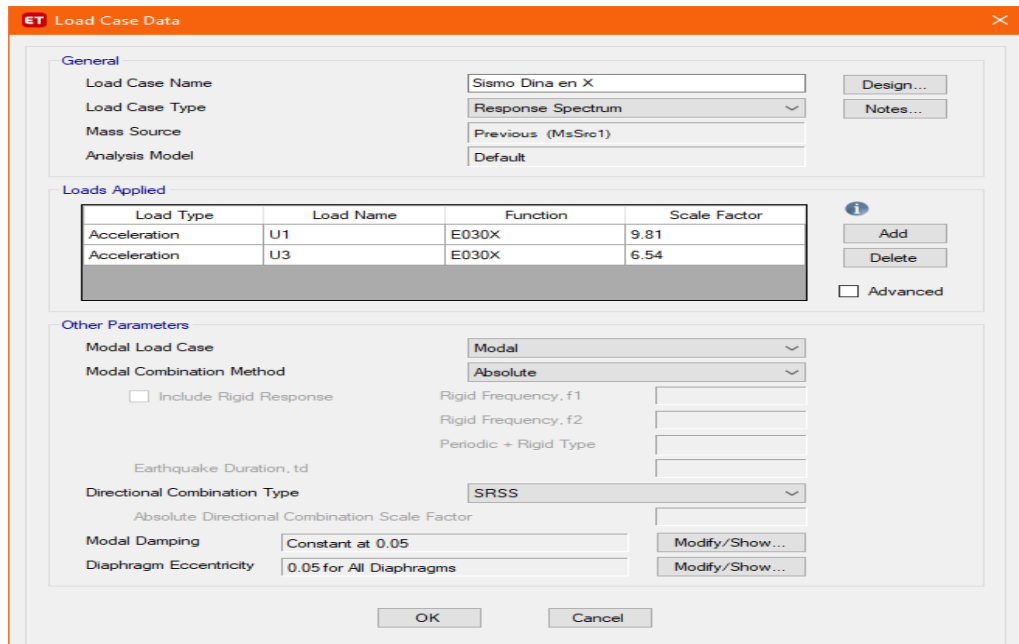


Figura 43:  
Espectro en la dirección XX.

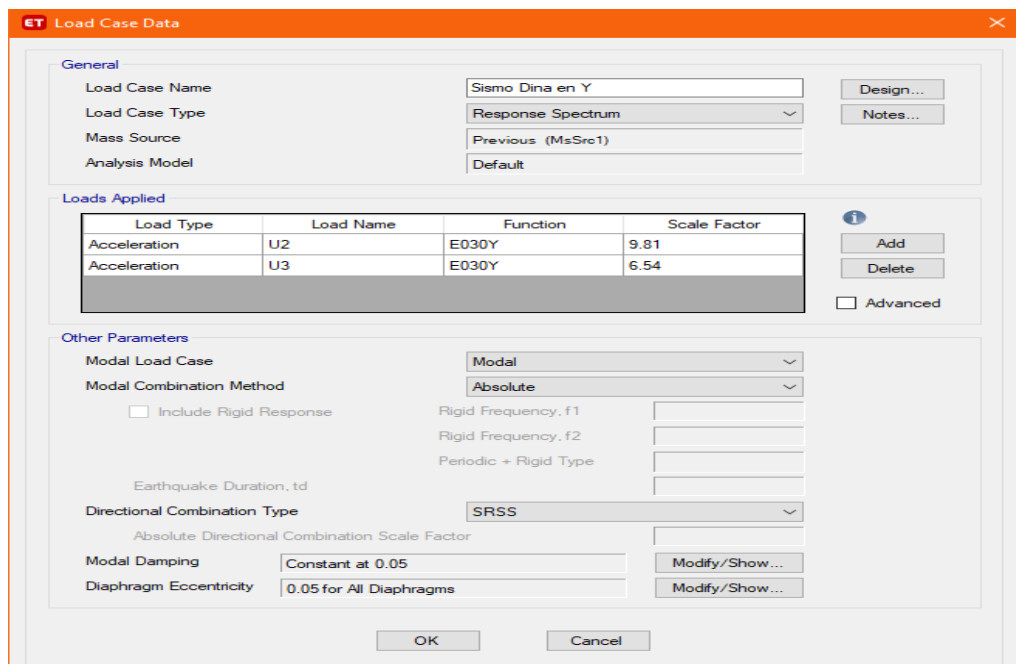


Figura 44:  
Espectro en la dirección YY.

- b. Análisis Dinámico en Suelo cohesivo o blando (S3)

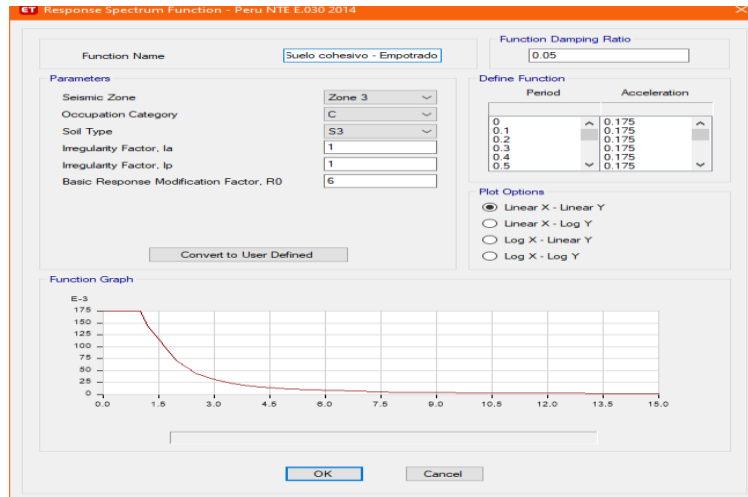


Figura 45:  
Espectro sísmico E.030 – Suelo cohesivo S3

Espectro en la dirección X e Y con 5% de excentricidad accidental y factor de escala igual a la aceleración de la gravedad (g).

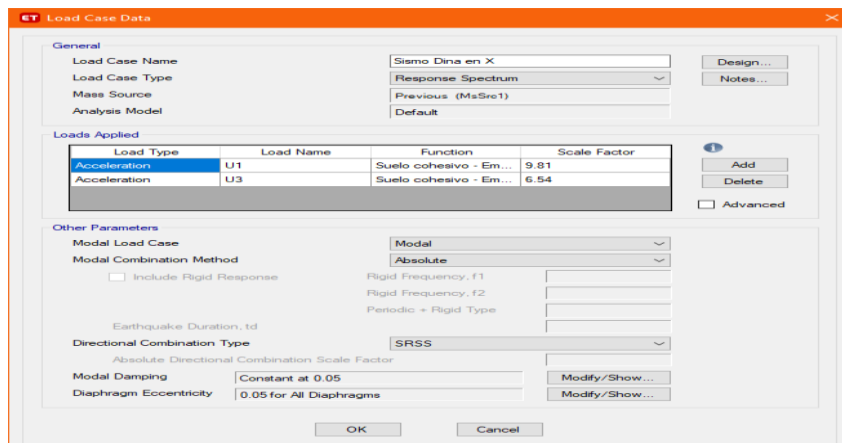


Figura 46:  
Espectro en la dirección XX

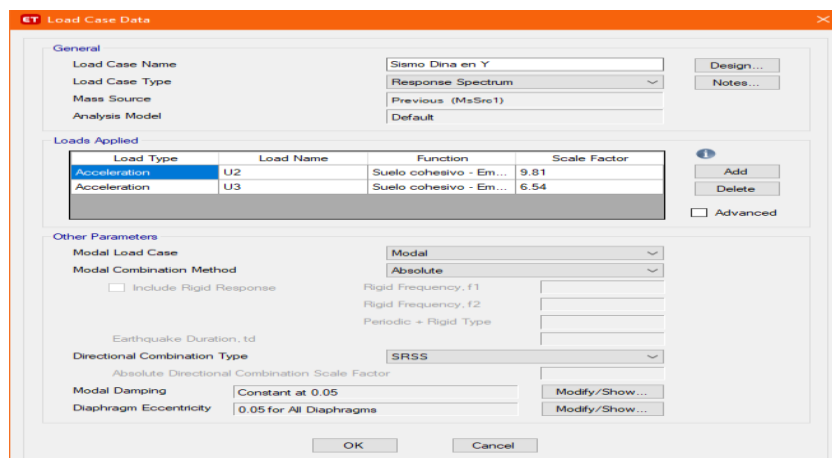


Figura 47:  
Espectro en la dirección YY.

## Definición de los casos No Lineal Estático

Especificamos los casos de análisis no lineal, que incluyen las fuentes de masa definidas con estas excentricidades, y los que vinculan las excentricidades de masas positivas y negativas para vincular las fuentes de masa con la excentricidad. en la Figura 48 como se muestran:

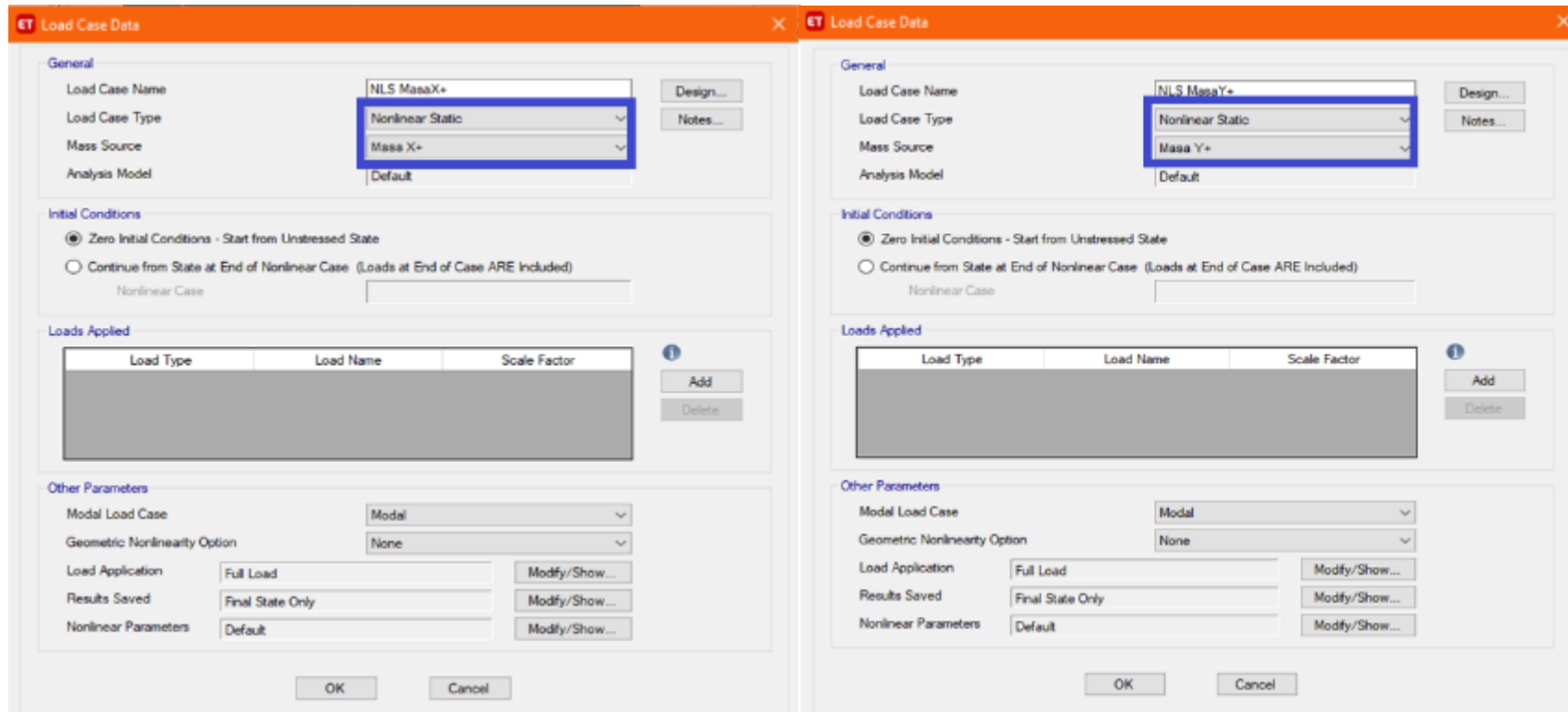
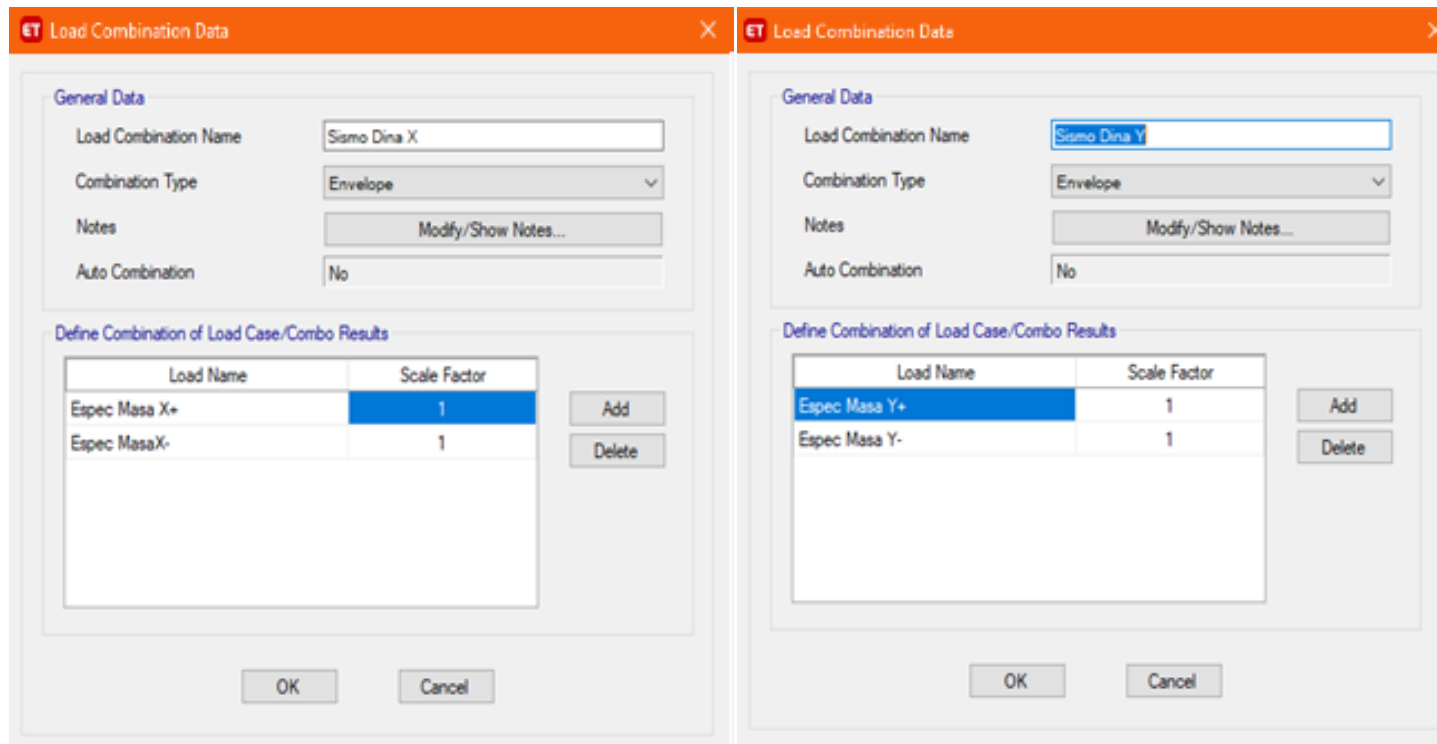


Figura 48:  
Definición: Análisis no Lineal Estático: Excentricidad (X+, Y+)

### Definición De Los Sismos Dinámicos

Para la definición de los terremotos dinámicos se creó una envolvente que sólo tenía en cuenta un escenario -el caso espectral con la excentricidad positiva de +5% y la excentricidad negativa de +5%- combinando los escenarios idénticos., como lo mostrado a continuación en la Figura 49:



*Figura 49:*  
Definición de sismos Dinámicos, para envolvente de casos espectrales excentricidad +/-

### C) Análisis Dinámico Tiempo – Historia

Para el estudio se utilizan al menos tres conjuntos de registros de aceleración del terreno, cada uno con dos componentes en direcciones ortogonales. A la hora de seleccionar los registros sísmicos se tuvo en cuenta que los valores de aceleración se hubieran obtenido en un suelo idéntico o similar al estudiado. (NTE E.030 2018)

Dado que los perfiles del suelo son comparables a los del suelo de la investigación, las estaciones de Arequipa proporcionaron los datos de los registros sísmicos. Se tomaron en consideración las siguientes estaciones: ver Tabla 47.

- Estación Lamas, Arequipa, Instituto Geofísico de la Universidad San Agustín
- Estación de la Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Arequipa
- Gerencia Zonal de SENCICO, Tacna (SCARQ)

Tabla 47:

*Registros Sísmico Analizados (IGP)*

Nombre	Fecha	Magnitud	Epicentro	Estación
Lamas 2005	25 de septiembre de 2005	6.8 Mw	90 km al NE de Moyobamba, departamento de San Martín	UNSA
Tacna 2004	11 de Febrero de 2015	6.7 ML	56 km al Sur de Lomas Departamento de Arequipa	SENCICO TACNA

Fuente: CISMID

#### **Registros Sísmicos:**

La base de la Norma Técnica E.030 fue la selección de tres conjuntos de aceleraciones de registros del terreno para su análisis, que luego se escalaron a un espectro objetivo elástico de acuerdo con la Norma E.030, teniendo en cuenta una amortiguación del 5%.

SeismoMatch2020 se utilizó para ejecutar el escalado sísmico, y los valores de las aceleraciones espectrales de los registros se emplearon en rangos de periodos comprendidos entre  $0,2T$  y  $0,5T$  (periodo fundamental). Para cada modelo analizado, este escalado se realizó de forma independiente para cada componente sísmica (considerando base empotrada e ISE).

Las consideraciones tomadas al momento de escoger los sismos fueron:

- Los datos de aceleraciones obtenidos son en condiciones similares al suelo de estudio.



- Se consideró con los registros sísmicos completos, los cuales se obtuvieron de la página del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID ([www.cismid.uni.edu.pe](http://www.cismid.uni.edu.pe))
- Los datos del registro sísmico se obtienen con un amortiguamiento del 5% y son exhaustivos para cada componente de forma independiente.

En la Figura 50 se detalla nuestro espectro objetivo siendo el espectro Elástico de Pseudo aceleraciones:

- Espectro Elástico de Aceleraciones,  $R=1$ .

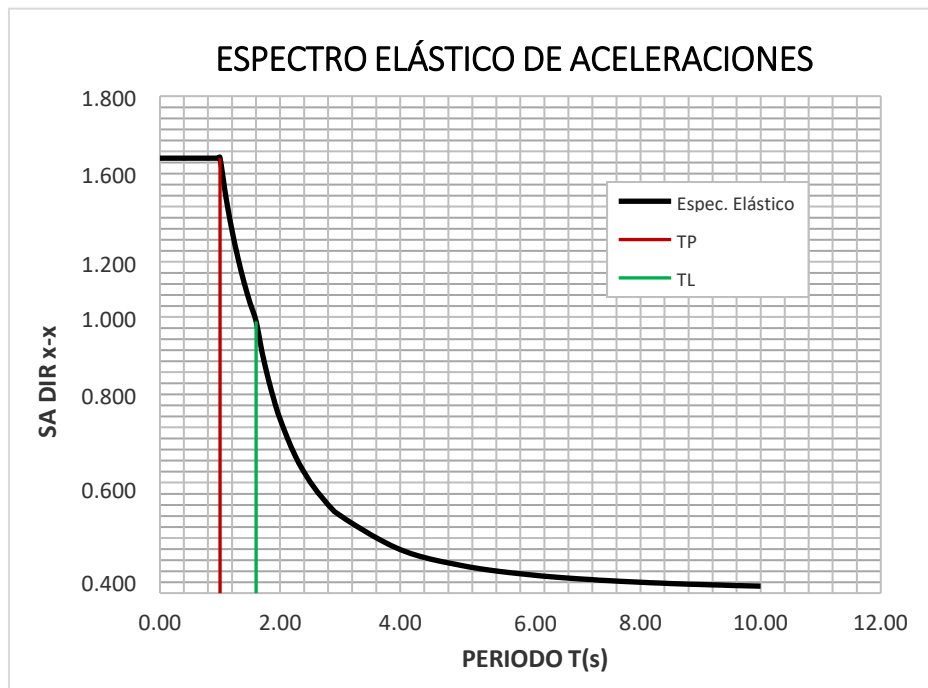


Figura 50:  
Espectro de Pseudo Aceleraciones Elástico.

#### D) Análisis Dinámico Tiempo – Historia con el Programa Etabs.

##### Definición de la Función Tiempo – Historia

Los dos conjuntos de datos sísmicos que se han escalado previamente con el programa SeismoMatch se cargaron especificando la función «Time History» antes de llevar a cabo el análisis dinámico Tiempo - Historia.

Para el análisis se optó tener en cuenta la dirección NS, la dirección X del sistema de coordenadas global y la dirección EW de la aceleración del terremoto para

nuestro análisis. El siguiente diagrama ilustra los papeles desempeñados por los terremotos Sencico Tacna 2004, Lamas - Arequipa 2005. Como se demuestra a continuación:

El registro sísmico para un tiempo- historia tiene que coincidir con el tipo de suelo. Porque el espectro de diseño necesita ser adquirido por un estudio del lugar o aplicando las instrucciones de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. El período básico del estrato  $T_s$  debe ser confirmado cuando se produce el espectro de diseño empleando los perfiles de suelo de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.

Para periodos  $T_s$  mayores que 0,6 segundos es obligatorio efectuar un estudio de sitio detallado.

Tabla N° 4		
Suelo Tipo		$T_s$ (s)
S0	Roca dura	< 0,15
S1	Roca o suelos muy rígidos	< 0,30
S2	Suelos intermedios	< 0,40
S3	Suelos blandos	< 0,60

*Figura 51:*

Valores De Periodos En Función Al Tipo De Suelo

### **Escalamiento con el Programa SeismoMatch:**

#### **- Sismo de Sencico Tacna 2015**

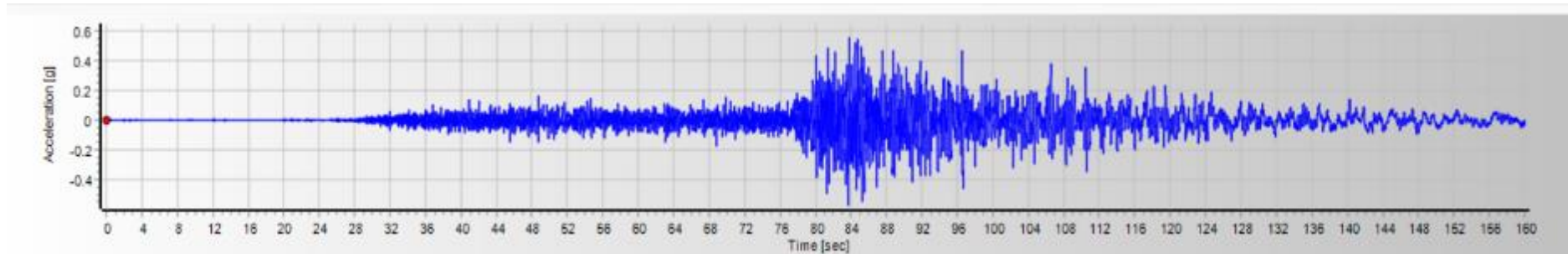
#### **INFORMACIÓN DEL REGISTRO SÍSMICO SUELO S2**

Parámetros del suelo EW:

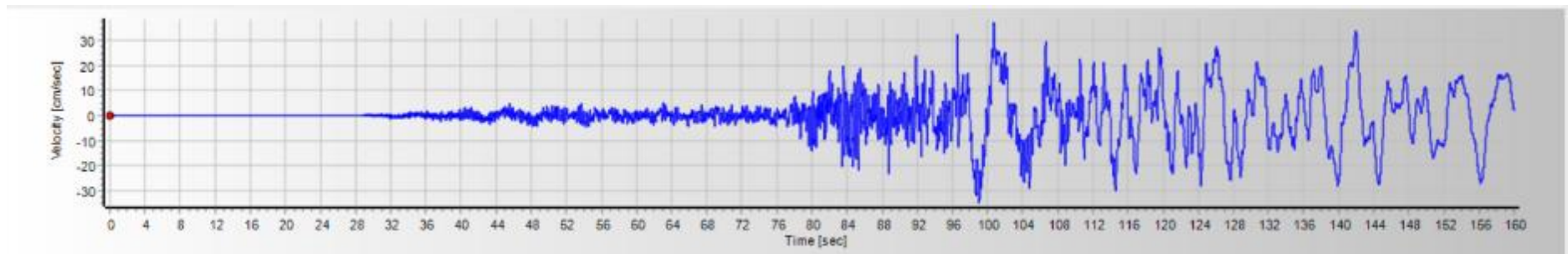
- Max. Acceleration (g) = 0.56730 g
- **Mean Period (sec) = 0.33077**

**Luego se corroboró que el suelo analizado es Suelo Granular S2**

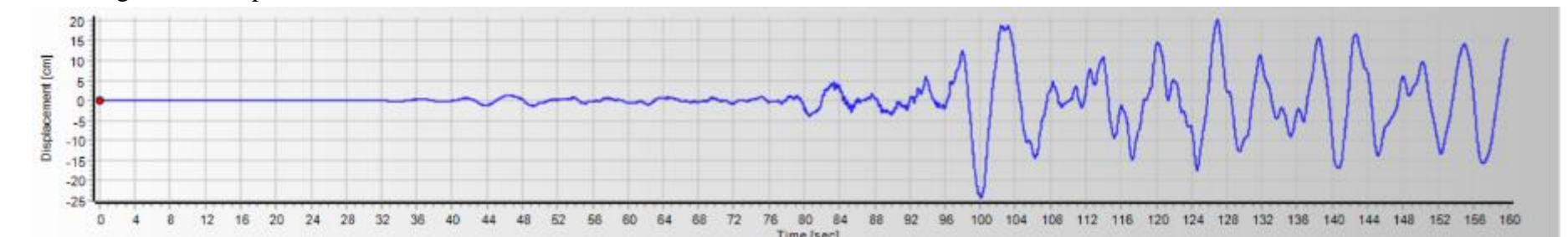
- Registro sísmico de aceleraciones



- Registro de velocidades.



- Registro de desplazamientos



*Figura 52:*  
Registros de aceleración, velocidad y desplazamiento Suelo S2

- Espectro de Fourier y Amplitud de potencia.

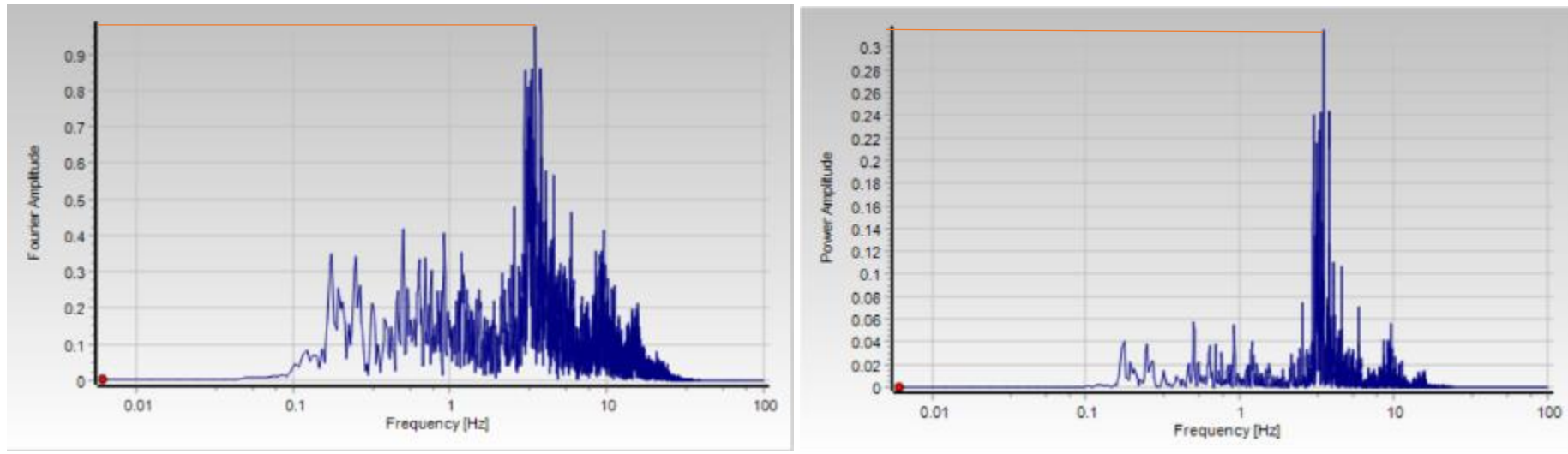


Figura 53: Espectro de Fourier y Amplitud de Potencia – Suelo S2

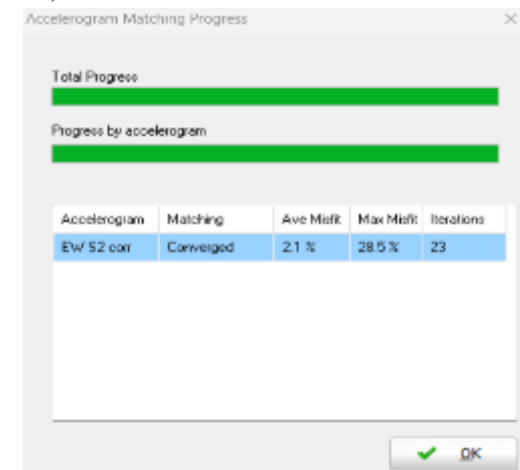
$T=1/f$  =mayor resonancia (ESTRUCTURA TIENE MAYOR DAÑO)

- Parámetros sísmicos y Valores de Amplitudes críticas (Amplitud Fourier y Amplitud de potencia)

Tabla 48:

Valores de Amplitudes críticas (Amplitud Fourier y Potencia) - S2

Parámetros Sísmicos		$T=1/f$	Amplitudes Críticas	
Z=	0.35g	Frecuencia (Hz)	Amplitud Fourier	Amplitud de Potencia
U=	1	5.4	1.1	0.32
C=	2.50	5.0	0.85	0.24
S=	1.15	6.0	0.85	0.24



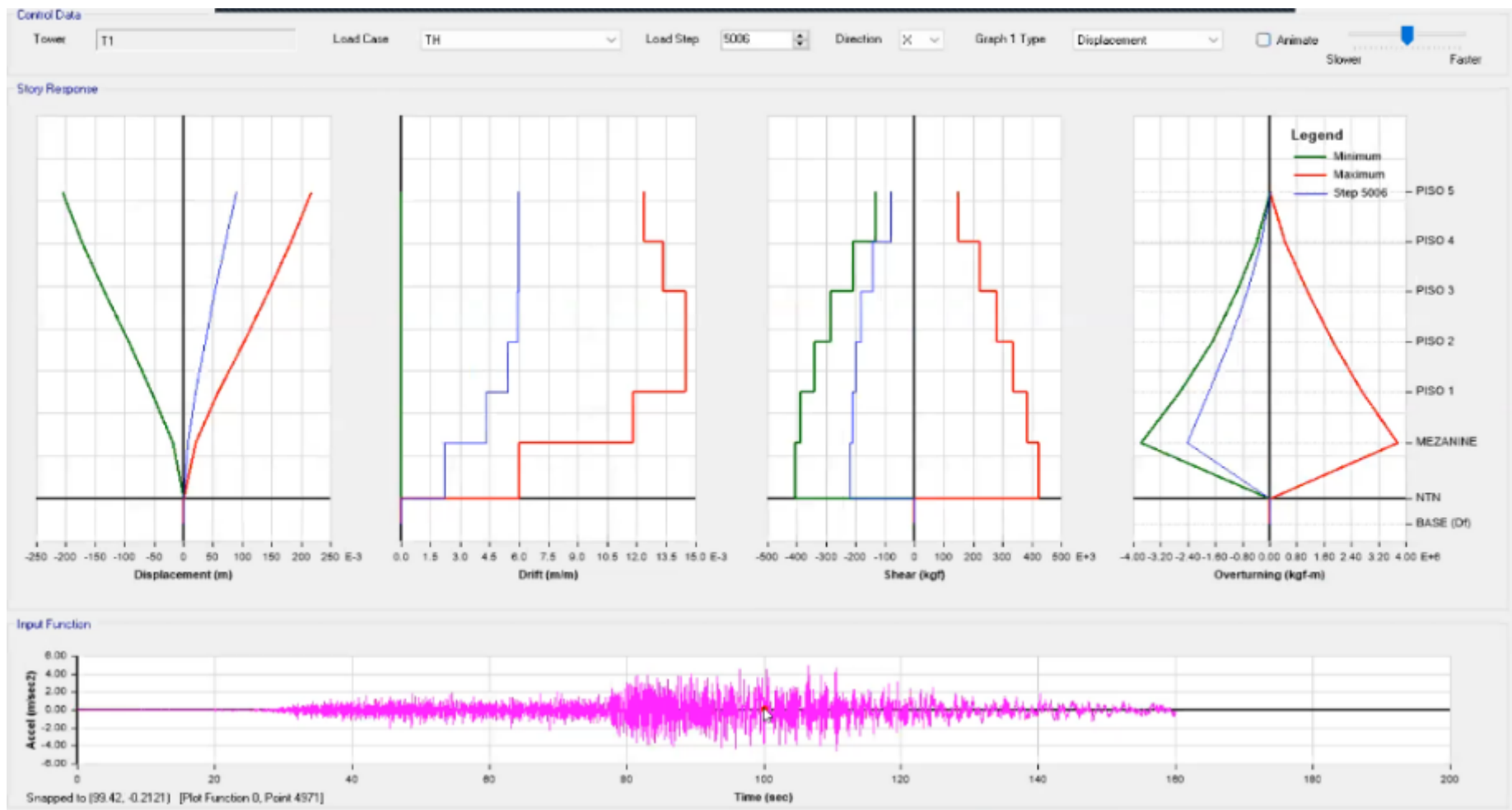
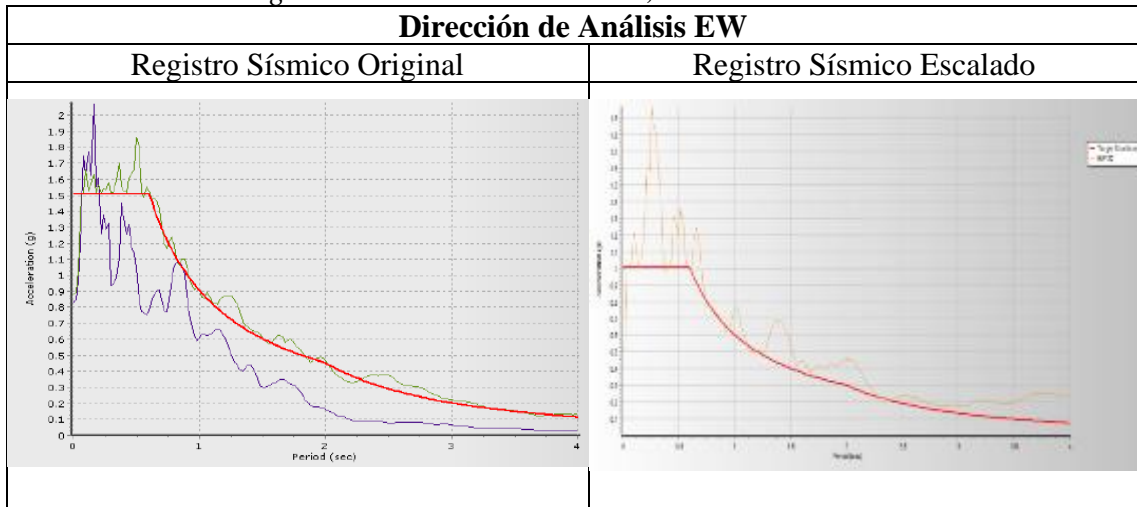


Figura 54:  
Amplitudes: desplazamiento, derivas, cortantes y M. volteo – S2

Escalamiento del registro sísmico al registro objetivo.

Tabla 49:

*Escalamiento del Registro Sísmico Sencico Tacna, dirección EW*

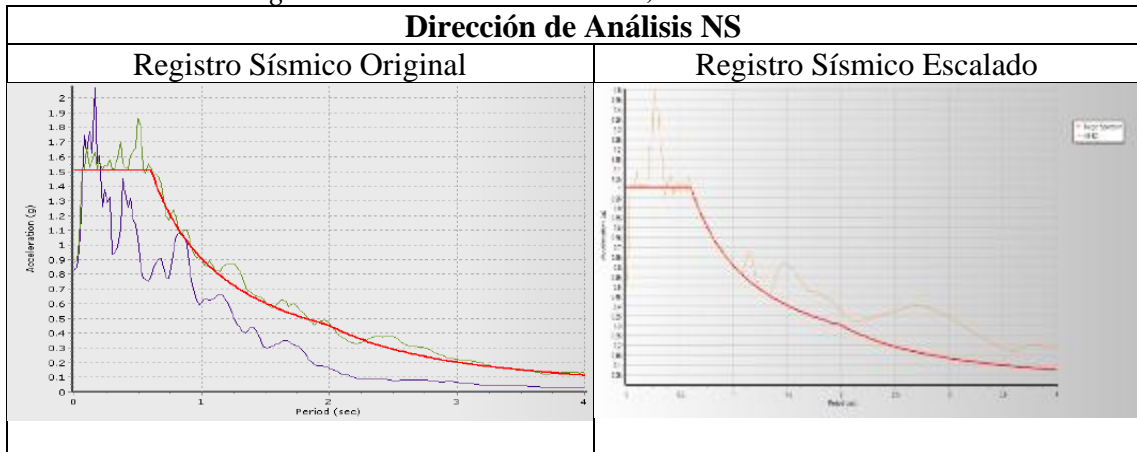


Parámetros del suelo NS:

- Aceleración Máxima (g) = 0.55873 g
- Periodo medio (sec) = 0.33054

Tabla 50:

*Escalamiento del Registro Sísmico Sencico Tacna, dirección NS*



Fuente: Elaboración propia (NTE E.030)

- **INFORMACIÓN DEL REGISTRO SÍSMICO SUELO S3**

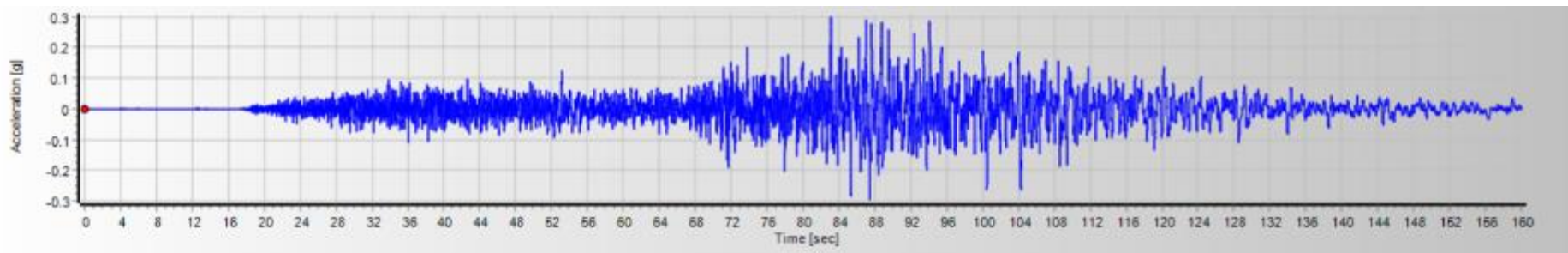
- **Sismo Lamas Arequipa 2005**

Parámetros del suelo EW:

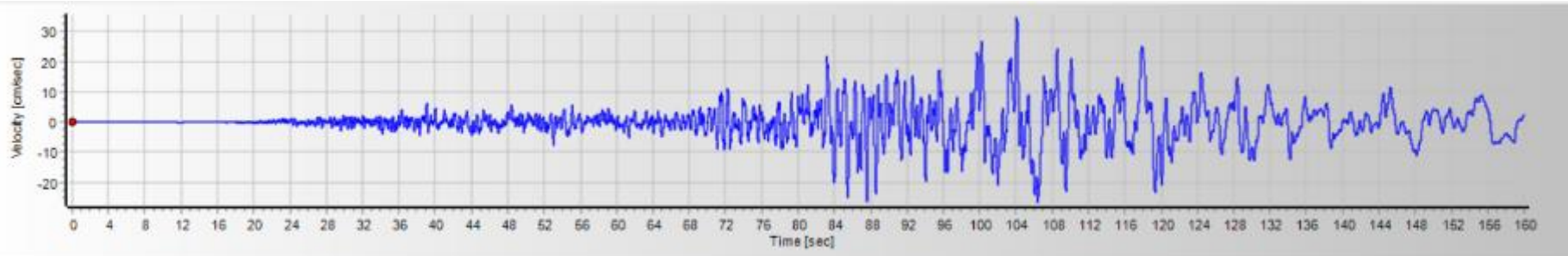
- Aceleración Máxima (g) = 0.29833 g
- **Periodo medio (sec) = 0.53249**

**Luego se corroboró que el suelo analizado es Suelo Cohesivo S3.**

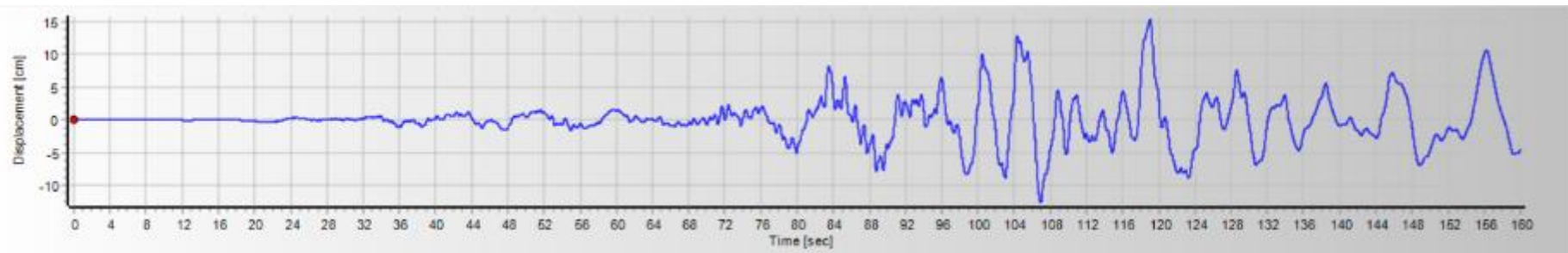
- Registro sísmico de aceleraciones



- Registro de velocidades.



- Registro de desplazamientos



*Figura 55:*  
Registros de aceleración, velocidad y desplazamiento Suelo S3

- Espectro de Fourier y Amplitud de potencia.

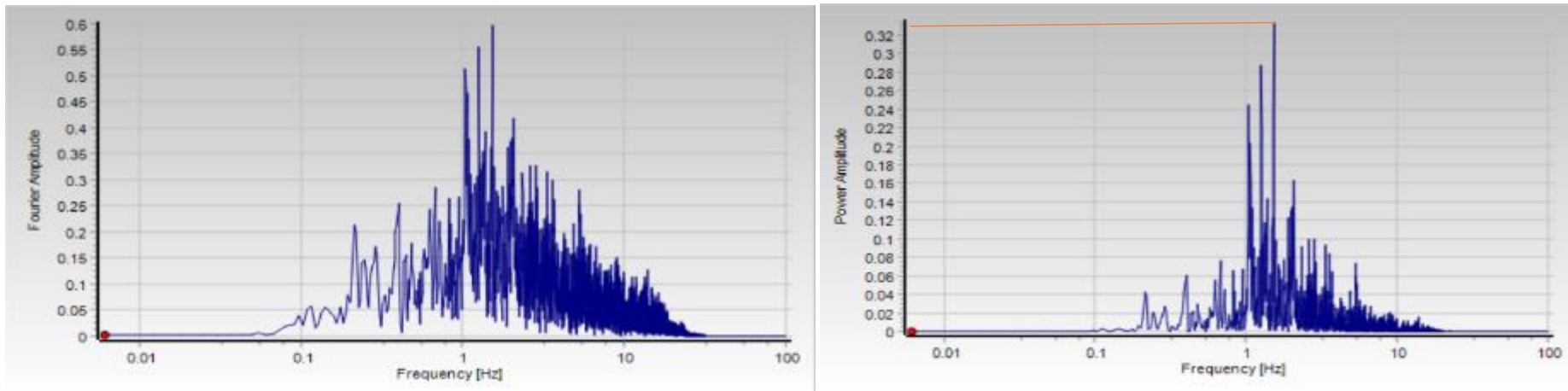


Figura 56: Espectro de Fourier y Amplitud de potencia – Suelo S3

$T=1/f$  =mayor resonancia (ESTRUCTURA TIENE MAYOR DAÑO)

- Parámetros sísmicos y los Valores de Amplitudes Criticas (Amplitud de Fourier y Amplitud de Potencia)

Tabla 51:

*Valores de Amplitudes críticas (Amplitud Fourier y Potencia) - S3*

Parámetros Sísmicos		$T=1/f$	Amplitudes Criticas	
Z=	0.35g	Frecuencia (Hz)	Amplitud Fourier	Amplitud de Potencia
U=	1	3	0.6	0.34
C=	2.50	2	0.55	0.29
S=	1.20	1	0.51	0.24



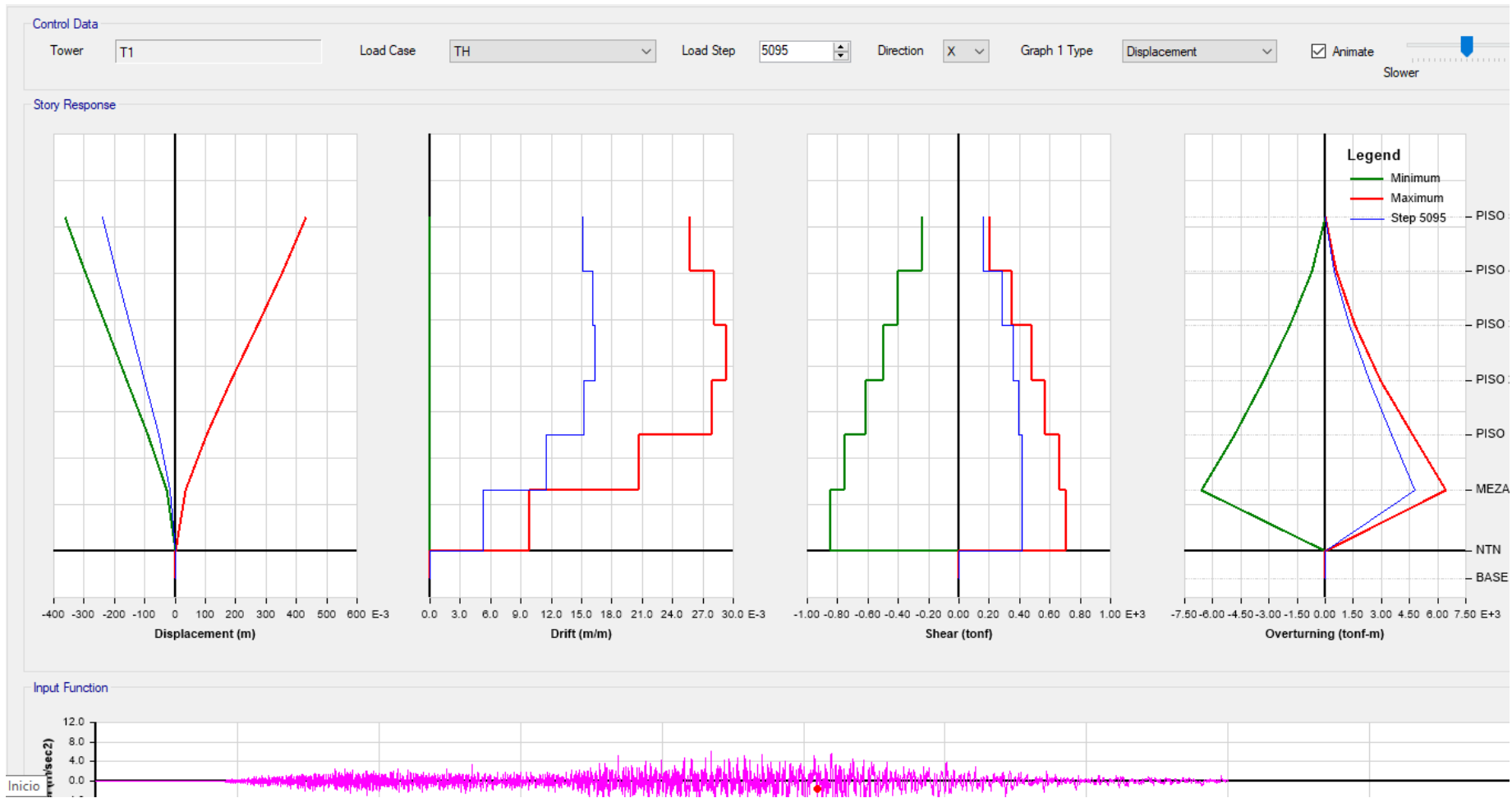


Figura 57:  
 Amplitudes: desplazamiento, derivas, cortantes y M. volteo – S3

## Escalamiento del Registro Sísmico al registro objetivo

Parámetros Sísmicos	
Z=	0.35g
U=	1
C=	2.50
S=	1.20

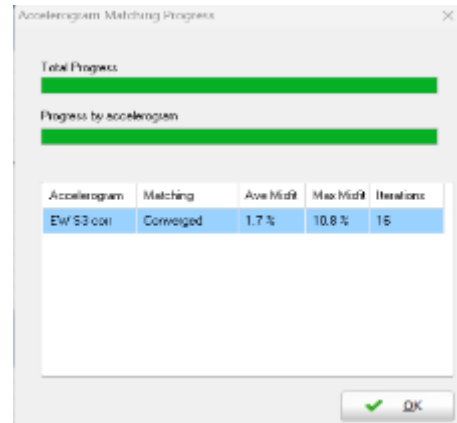
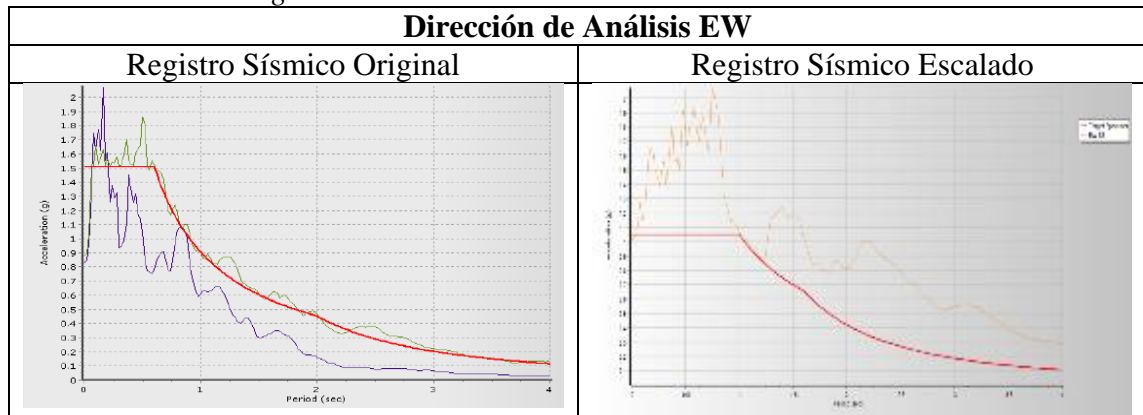


Tabla 52:

Escalamiento del Registro Sísmico Lamas 2005 dirección EW

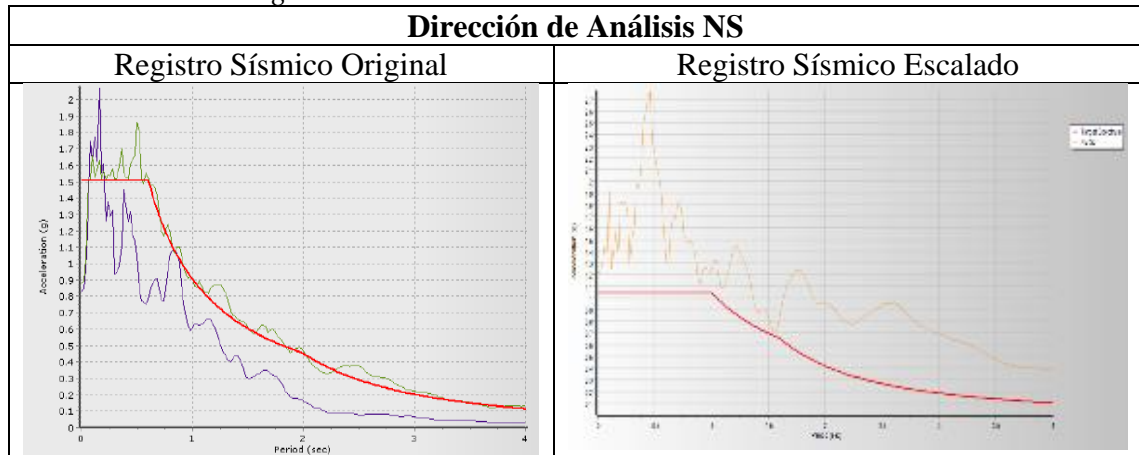


Parámetros del suelo NS:

- Aceleración Máxima (g) = 0.55873 g
- Periodo medio (sec) = 0.48884

Tabla 53:

Escalamiento del Registro sísmo Lamas 2005 NS



Fuente: Elaboración propia (NTE E.030)

## Definición de las Funciones Tiempo – Historia por componente en el Software Etabs

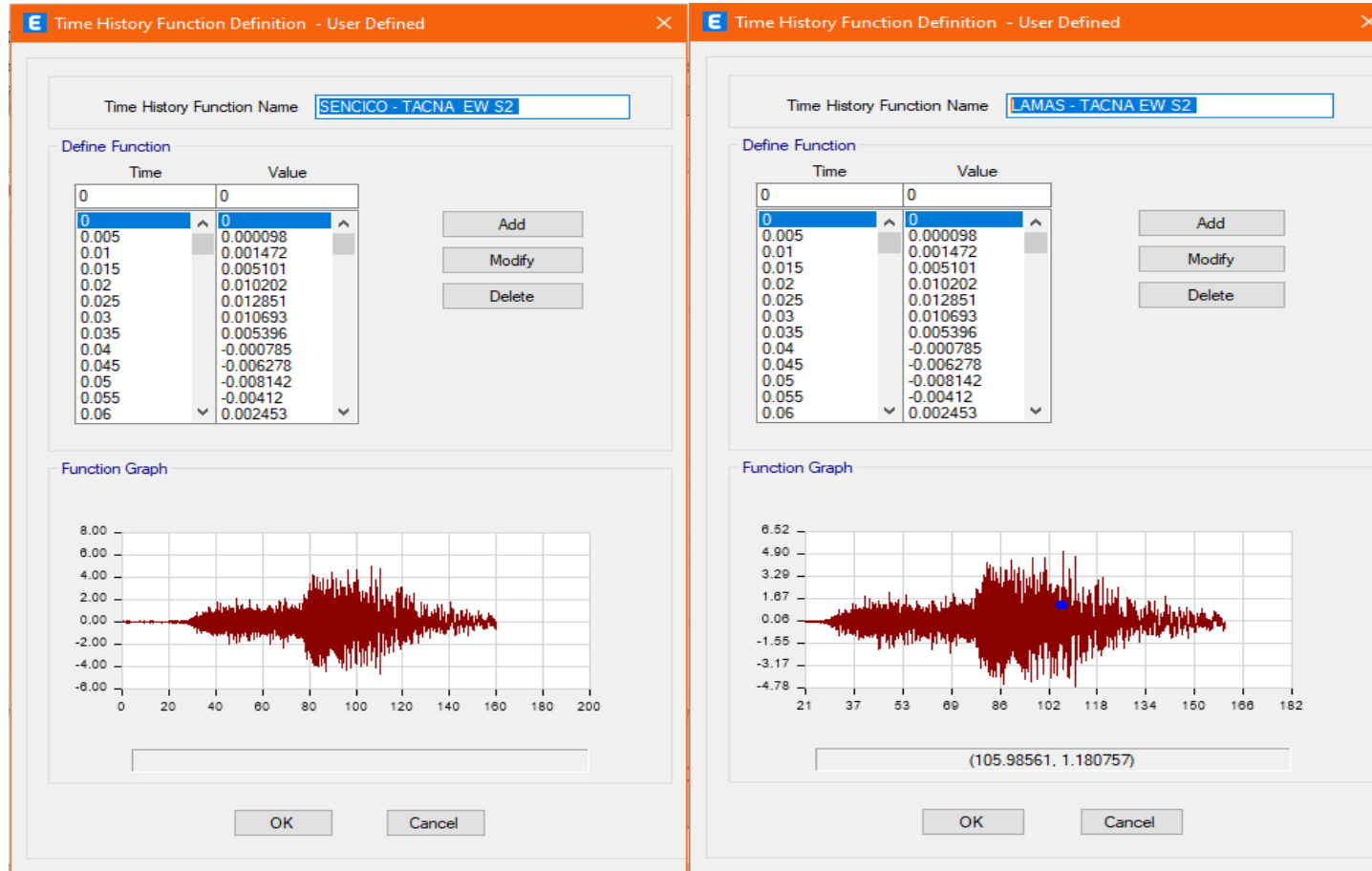


Figura 58:  
Definición de Funciones Tiempo Historia (Dirección EW)

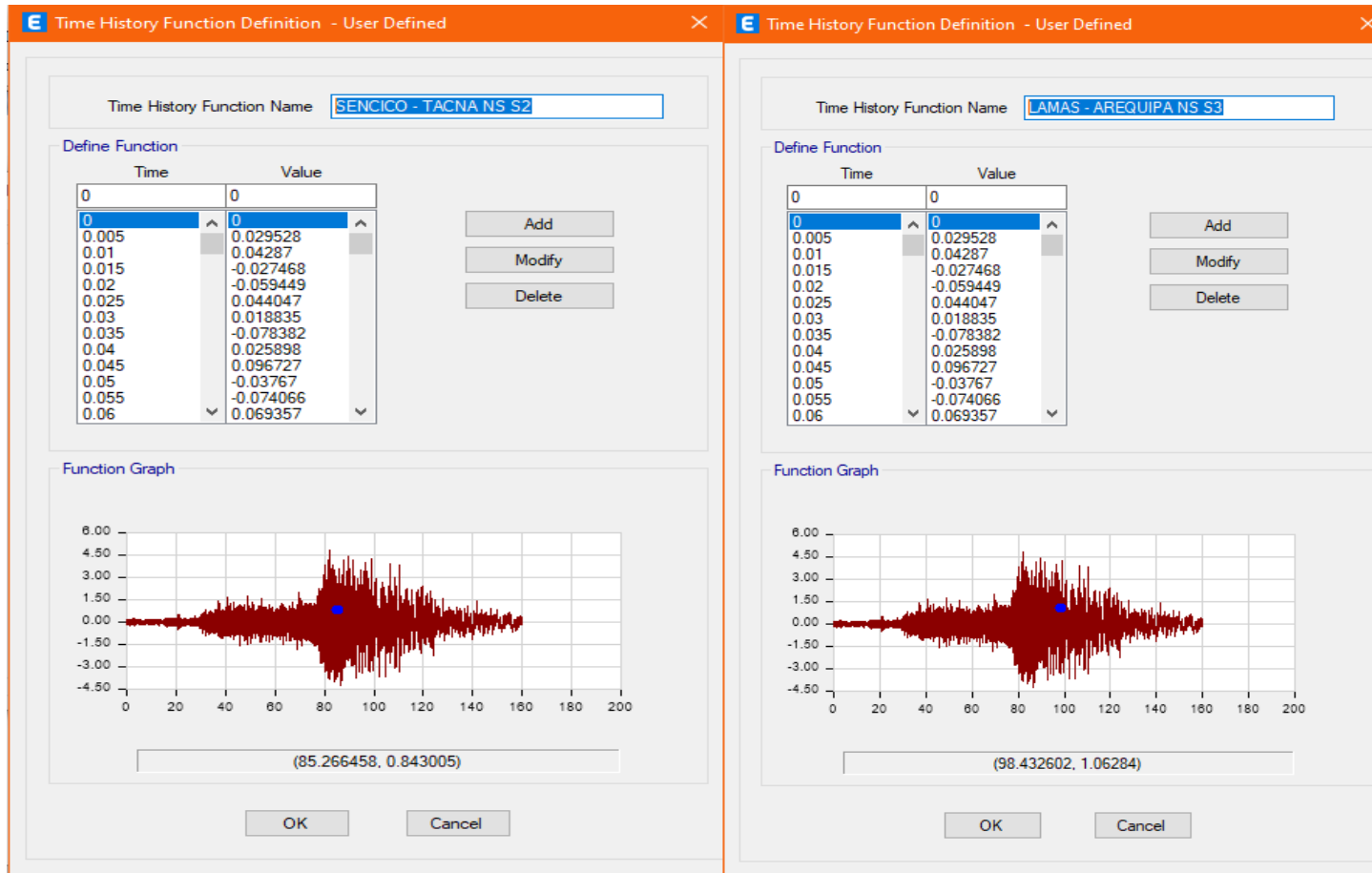


Figura 59:  
Definición de Funciones Tiempo Historia en (Dirección NS)

## Definición De Los Casos De Análisis Tiempo – Historia Lineal En El Software Etabs

Se han definido las aceleraciones para cada Función Tiempo-Historia (R - RH, R - RH) con el fin de especificar lo relacionado con el Análisis Lineal Tiempo-Historia. Además, se han tenido en cuenta varios pasos de tiempo. Estos tiempos, multiplicados por el parámetro de intervalo de digitación que se tuvo en cuenta para generar la reacción estructural, proporcionan el tiempo que se registró para cada sismo. Se ha tenido en cuenta un amortiguamiento continuo del 5% para cada modo analizado en cada uno de los casos. Ver Figura 60.

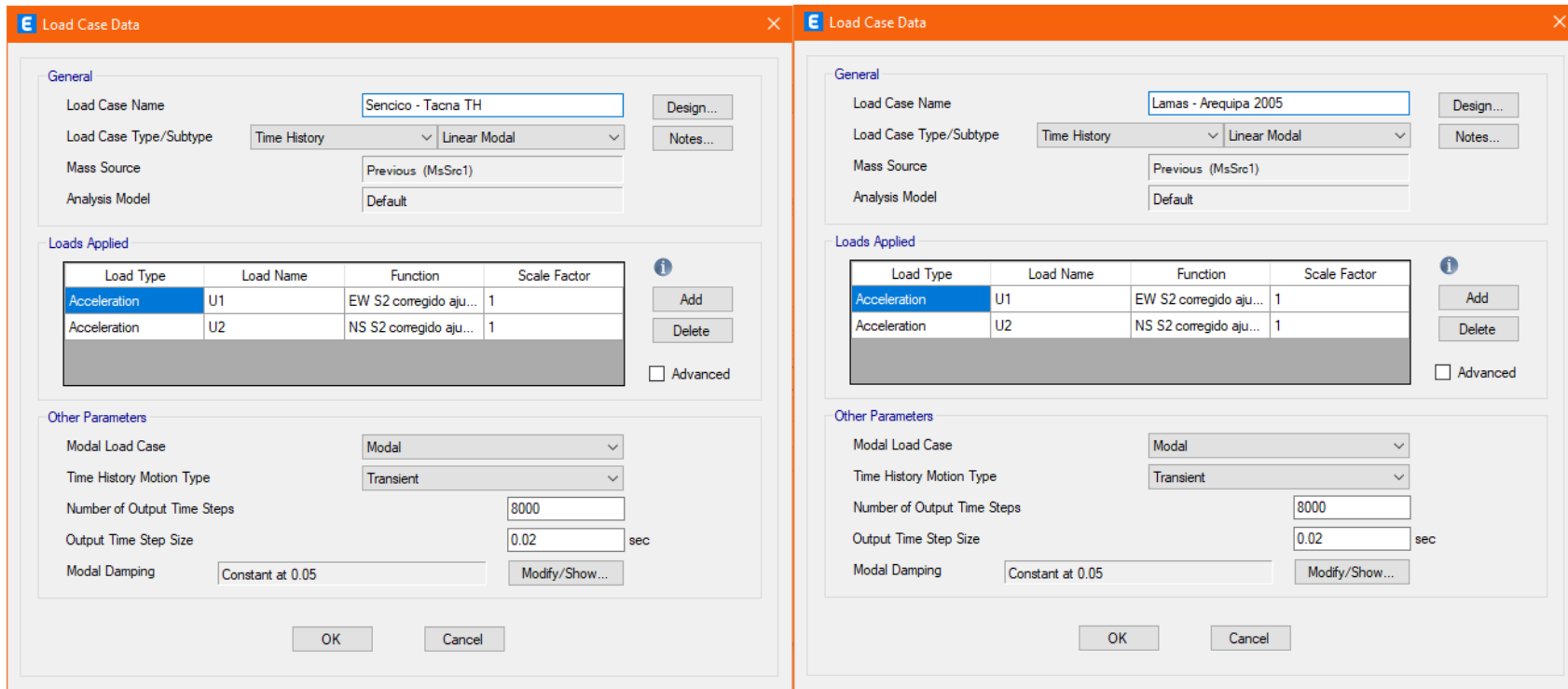


Figura 60:  
Definición de Funciones Tiempo - Historia (Dirección EW y NS)

## MODELOS DINAMICOS CONSIDERANDO INTERACCION SUELO ESTRUCTURA

### Pre dimensionamiento de la Interacción dinámica Suelo – Estructura

La relación de la rigidez estructural del suelo: de la ecuación (Ec. 2.5a)

$$\frac{h_{\text{efect.}}}{V_{\text{suelo}} * T} > 0.1 \quad 0.3682 > 0.1 \quad (\text{OK})$$

Donde:

h: Altura efectiva, equivalente a 2/3 de la altura total de la edificación. V:

Velocidad de ondas de corte del suelo.

T: Periodo fundamental de vibración de la estructura.

#### 4.3.1.5. Análisis sísmico con I.S.E - Modelo Barkan - Savinov

a. Cálculo de coeficientes de rigidez en suelo granular.

Para obtener los coeficientes fue necesario contar con los valores determinados de los ensayos obtenidos para suelos granulares, que se muestran a continuación

- Tipo de suelo: Suelo granular (Gravas arenas)
- Módulo de elasticidad del suelo:  $E_s = 150 \text{ kg/cm}^2$
- Densidad del suelo:  $\delta_s = 1.65 \text{ gr/cm}^3$
- Módulo de Poisson de suelo:  $\mu_s = 0.25$
- Angulo de fricción interna de suelo  $\Phi = 25.20^\circ$

• Cálculo de masas rotacional y traslacional en centroide de la cimentación.

$$M_t = M_x = M_y = M_z = \frac{P_{\text{zapata}}}{g} = \frac{\gamma * a * b * c}{g} \quad (\text{T.s}^2/\text{m}) \quad (\text{Ec. 4.14})$$

$$M_{\varphi_x} = M_t d^2 + I_{mx} = M_t \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \frac{M_t (b^2 + c^2)}{12} \quad (\text{T.s}^2.\text{m}) \quad (\text{Ec. 4.15})$$

$$M_{\varphi_y} = M_t d^2 + I_{my} = M_t \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \frac{M_t (a^2 + c^2)}{12} \quad (\text{T.s}^2.\text{m}) \quad (\text{Ec. 4.16})$$

$$M_{\psi_z} = \frac{M_t (a^2 + b^2)}{12} \quad (\text{T.s}^2.\text{m}) \quad (\text{Ec. 4.17})$$

Donde:

- $P_{\text{zapata}}$  = Peso de la zapata o platea.
- $\gamma$  = Peso específico del concreto, como material de la zapata o platea.
- $d$  = Distancia desde el centro de gravedad de la masa de la platea hasta la superficie de contacto con el suelo de fundación.
- $I_{mx}, I_{my}$  = Momentos de inercia de masa respecto a X, Y, Z

• Cálculo de coeficientes de compresión y desplazamiento en la base

$$C_x = C_y = D_0 \left[ 1 + \frac{2(a+b)}{\Delta A} \right] \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (\text{kg/cm}^3) \quad (\text{Ec. 4.18})$$

$$C_z = C_0 \left[ 1 + \frac{2(a+b)}{\Delta A} \right] \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (\text{kg/cm}^3) \quad (\text{Ec. 4.19})$$

$$C_{\varphi x} = C_0 \left[ 1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta A} \right] \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (\text{kg/cm}^3) \quad (\text{Ec. 4.20})$$

$$C_{\varphi y} = C_0 \left[ 1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta A} \right] \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (\text{kg/cm}^3) \quad (\text{Ec. 4.21})$$

Donde:

- $C(x,y,z)$  : Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme(en x,y,z).
- $C_0$  : coeficiente determinado a través de ensayos de  $P_0 = 0.2 \text{ kg/cm}^2$
- $a, b$  : dimensiones de la cimentación en ejes x, y respectivamente.
- $\Delta$  : Coef. Empírico igual a  $1 \text{ m}^{-1}$ .

- Cálculo coeficientes traslacionales y rotacionales en Centroide de zapata.

$$K_x = k_y = C_x A \quad (\text{Tn/m}) \quad (\text{Ec. 4.22})$$

$$K_z = C_z A \quad (\text{Tn/m}) \quad (\text{Ec. 4.23})$$

$$K_{\varphi x} = C_{\varphi x} I_x \quad (\text{Tn.m}) \quad (\text{Ec. 4.24})$$

$$K_{\varphi y} = C_{\varphi y} I_y \quad (\text{Tn.m}) \quad (\text{Ec. 4.25})$$

$$K_{\psi z} = C_{\psi z} I_z \quad (\text{Tn.m}) \quad (\text{Ec. 4.26})$$

Nota: Los cálculos en Excel se basan en las ecuaciones (Ec. 4.14 al Ec. 4.26) para el cálculo de los coeficientes para el método BD. Barkan-OA Savinov.



Figura 61:  
Definición del componente cimentación

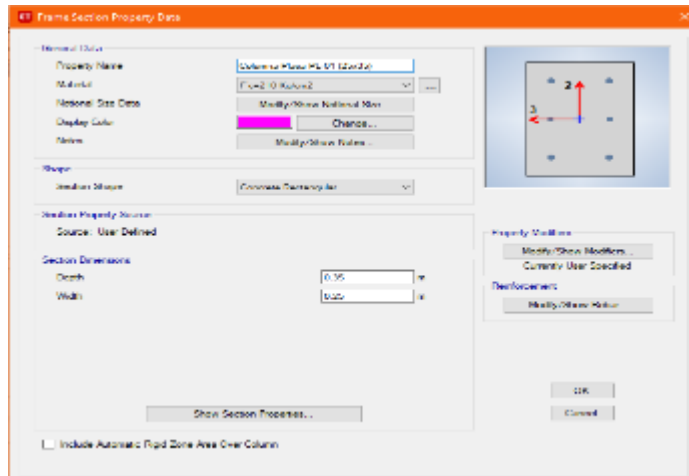


Figura 62:  
Definición de secciones de los elementos estructurales.

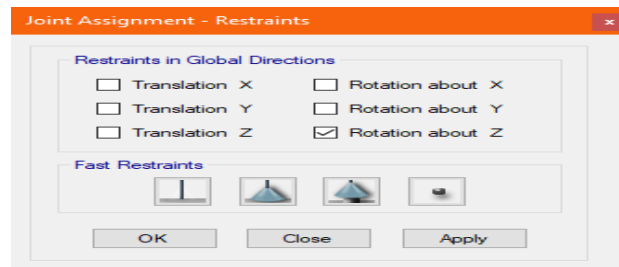


Figura 63:  
Asignación de restricciones en eje Z.

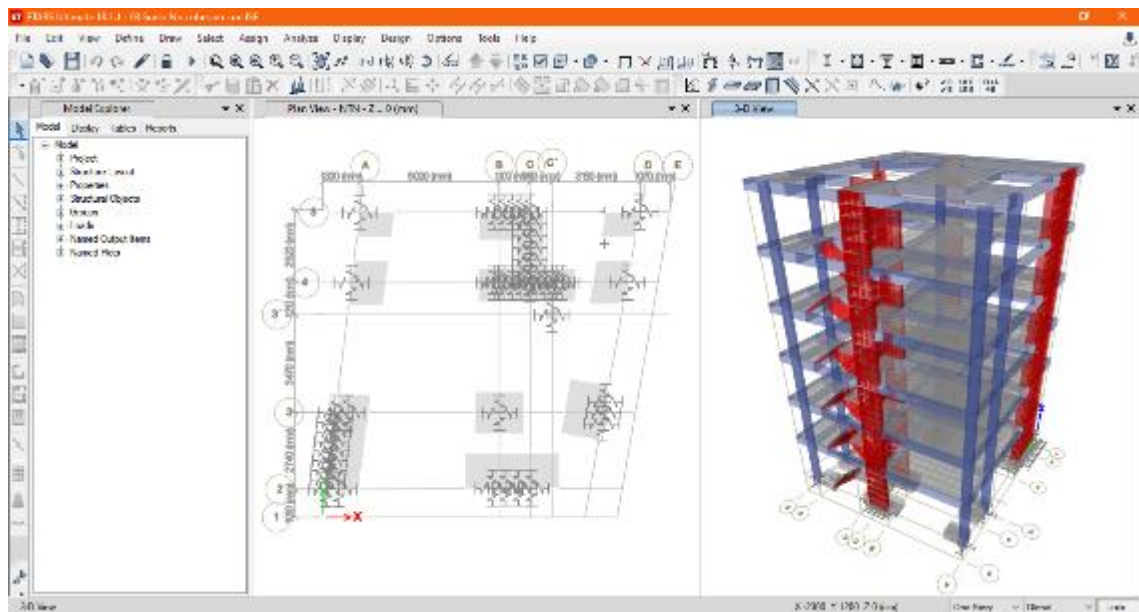


Figura 64:  
Modelo para análisis sísmico modelo Barkan – Savinov.



En esta sección, se muestra las tablas en Excel, se consideró para el cálculo de los coeficientes de compresión uniforme y no uniforme y coeficientes de rigidez uniforme y no uniformes las ecuaciones usadas.

- Cálculo de masa traslacional y rotacional de la cimentación

Tabla 54:

*Masas traslacional y rotacional de cimentación(Suelo granular)*

<b>CALCULO DE MASA ROTACIONAL Y TRASLACIONAL DE LA CIMENTACION (SUELO GRANULAR)</b>									
<b>MASA DE ZAPATA Z-1</b>				<b>MASA DE ZAPATA Z-2</b>			<b>MASA DE ZAPATA Z-3</b>		
DATOS				DATOS			DATOS		
<b>a</b>	2.16	7.55	m	<b>a</b>	3.38	m	<b>a</b>	1.25	m
<b>b</b>	3.50		m	<b>b</b>	1.25	m	<b>b</b>	3.40	m
<b>c</b>	0.50		m	<b>c</b>	0.50	m	<b>c</b>	0.65	m
<b>γc</b>	2.40		Tn/m3	<b>γc</b>	2.40	Tn/m3	<b>γc</b>	2.40	Tn/m3
<b>g</b>	9.81		m/s2	<b>g</b>	9.81	m/s2	<b>g</b>	9.81	m/s2
<b>Mt(X,Y,Z)</b>	0.924		Tn.s2/m	<b>Mt(X,Y,Z)</b>	0.517	Tn.s2/m	<b>Mt(X,Y,Z)</b>	0.676	Tn.s2/m
<b>Mφy</b>	0.173		Tn.s2.m	<b>Mφx</b>	0.110	Tn.s2/m	<b>Mφx</b>	0.746	Tn.s2/m
<b>Mφz</b>	0.744		Tn.s2.m	<b>Mφy</b>	0.535	Tn.s2/m	<b>Mφy</b>	0.183	Tn.s2/m
<b>Mφy</b>	0.763		Tn.s2.m	<b>Mφz</b>	0.559	Tn.s2/m	<b>Mφz</b>	0.739	Tn.s2/m
<b>MASA DE ZAPATA Z-4</b>				<b>MASA DE ZAPATA Z-5</b>			<b>MASA DE ZAPATA Z-6</b>		
DATOS				DATOS			DATOS		
<b>a</b>	1.50	m		<b>a</b>	2.00	m	<b>a</b>	1.588	m
<b>b</b>	1.80	m		<b>b</b>	1.40	m	<b>b</b>	1.25	m
<b>c</b>	0.50	m		<b>c</b>	0.65	m	<b>c</b>	0.50	m
<b>γc</b>	2.40	Tn/m3		<b>γc</b>	2.40	Tn/m3	<b>γc</b>	2.40	Tn/m3
<b>g</b>	9.81	m/s2		<b>g</b>	9.81	m/s2	<b>g</b>	9.81	m/s2
<b>Mt(X,Y,Z)</b>	0.330	Tn.s2/m		<b>Mt(X,Y,Z)</b>	0.445	Tn.s2/m	<b>Mt(X,Y,Z)</b>	0.243	Tn.s2/m
<b>Mφx</b>	0.117	Tn.s2/m		<b>Mφx</b>	0.135	Tn.s2/m	<b>Mφx</b>	0.052	Tn.s2/m
<b>Mφy</b>	0.089	Tn.s2/m		<b>Mφy</b>	0.211	Tn.s2/m	<b>Mφy</b>	0.071	Tn.s2/m
<b>Mφz</b>	0.151	Tn.s2/m		<b>Mφz</b>	0.221	Tn.s2/m	<b>Mφz</b>	0.083	Tn.s2/m
<b>MASA DE ZAPATA Z-7</b>				<b>MASA DE ZAPATA Z-8</b>			<b>MASA DE ZAPATA Z-9</b>		
DATOS				DATOS			DATOS		
<b>a</b>	0.8933	m		<b>a</b>	1.5739	m	<b>a</b>	0.8853	m
<b>b</b>	1.25	m		<b>b</b>	1.25	m	<b>b</b>	1.25	m
<b>c</b>	0.50	m		<b>c</b>	0.50	m	<b>c</b>	0.50	m
<b>γc</b>	2.40	Tn/m3		<b>γc</b>	2.40	Tn/m3	<b>γc</b>	2.40	Tn/m3
<b>g</b>	9.81	m/s2		<b>g</b>	9.81	m/s2	<b>g</b>	9.81	m/s2
<b>Mt(X,Y,Z)</b>	0.137	Tn.s2/m		<b>Mt(X,Y,Z)</b>	0.241	Tn.s2/m	<b>Mt(X,Y,Z)</b>	0.135	Tn.s2/m
<b>Mφx</b>	0.029	Tn.s2/m		<b>Mφx</b>	0.051	Tn.s2/m	<b>Mφx</b>	0.029	Tn.s2/m
<b>Mφy</b>	0.020	Tn.s2/m		<b>Mφy</b>	0.070	Tn.s2/m	<b>Mφy</b>	0.020	Tn.s2/m
<b>Mφz</b>	0.027	Tn.s2/m		<b>Mφz</b>	0.081	Tn.s2/m	<b>Mφz</b>	0.026	Tn.s2/m
<b>MASA DE ZAPATA Z-10</b>									
DATOS									
				<b>a</b>	0.40	m			
				<b>b</b>	0.50	m			
				<b>c</b>	0.50	m			
				<b>γc</b>	2.40	Tn/m3			
				<b>g</b>	9.81	m/s2			
				<b>Mt(X,Y,Z)</b>	0.024	Tn.s2/m			
				<b>Mφx</b>	0.003	Tn.s2/m			
				<b>Mφy</b>	0.002	Tn.s2/m			
				<b>Mφz</b>	0.001	Tn.s2/m			

Fuente: Elaboración propia

- Cálculo de momentos de inercia de masa, respecto a los ejes X e Y:

Tabla 55:

Momento de Inercia de masa de Cimentación (suelo granular S2)

CALCULO DE MOMENTOS DE INERCIA DE MASA (SUELO GRANULAR)									
<b>MOMENTO DE INERCIA DE MASA Z-1</b>				<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <b>TEOREMA DE STEINER</b>  <math>I_t = I_o + A*d^2</math> </div> <div style="display: inline-block; margin-left: 10px; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <math>I_{ox} = \frac{b*b^3}{12}</math> </div> <div style="display: inline-block; margin-left: 10px; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <math>I_{oy} = \frac{b*b^3}{12}</math> </div>					
<b>CALCULOS</b>									
<b>A1</b>	4.2	m2	A1	<b>MOMENTO DE INERCIA RESPECTO A X</b>					
<b>X1</b>	1.75	m	<b>X1</b>	<b>Ix1</b>	3.1625	m4			
<b>Y1</b>	0.60	m	<b>Y1</b>	<b>Ix2</b>	0.1713	m4			
<b>A2</b>	0.9999	m2		<b>Ix3</b>	4.1332	m4			
<b>X2</b>	1.845	m		<b>Itx</b>	7.4670	m4			
<b>Y2</b>	1.695	m		<b>MOMENTO DE INERCIA RESPECTO A Y</b>					
<b>A3</b>	2.35	m2		<b>Iy1</b>	4.4038	m4			
<b>X3</b>	1.175	m		<b>Iy2</b>	0.1533	m4			
<b>Y3</b>	2.69	m.		<b>Iy3</b>	1.4738	m4			
				<b>Ity</b>	6.0309	m4			
Coordenadas de Centro de Gravedad				<b>b</b>	3.5	<b>FIGURA 1</b>	<b>FIGURA 2</b>	<b>FIGURA 3</b>	
<b>Xcg</b>	1.5836	m		<b>h</b>	1.2	1.01	0.99	2.35	1.00
<b>Ycg</b>	1.3956	m							
<b>Momento de Inercia de Masa Z-1</b>			<b>Momento Inercia de Masa Z-2</b>			<b>Momento de Inercia de Masa Z-3</b>			
<b>a</b>	Área	7.55	m2	<b>a</b>	3.38	m	<b>a</b>	1.25	m
<b>b</b>				<b>b</b>	1.25	m	<b>b</b>	3.40	m
<b>c</b>	0.50	m		<b>c</b>	0.50	m	<b>c</b>	0.65	m
<b>Iφx</b>	7.467	m4		<b>Iφx</b>	0.550	m4	<b>Iφx</b>	4.094	m4
<b>Iφy</b>	6.031	m4		<b>Iφy</b>	4.022	m4	<b>Iφy</b>	0.553	m4
<b>Iφz</b>	13.498	m4		<b>Iφz</b>	4.572	m4	<b>Iφz</b>	4.648	m4
<b>Momento Inercia de Masa Z-4</b>			<b>Momento Inercia de Masa Z-5</b>			<b>Momento Inercia de Masa Z-6</b>			
<b>a</b>	1.50	2.70	m2	<b>a</b>	2.00	m	<b>a</b>	1.588	m
<b>b</b>	1.80			<b>b</b>	1.40	m	<b>b</b>	1.25	m
<b>c</b>	0.50	m		<b>c</b>	0.65	m	<b>c</b>	0.50	m
<b>Iφx</b>	0.729	m4		<b>Iφx</b>	0.457	m4	<b>Iφx</b>	0.258	m4
<b>Iφy</b>	0.506	m4		<b>Iφy</b>	0.933	m4	<b>Iφy</b>	0.417	m4
<b>Iφz</b>	1.235	m4		<b>Iφz</b>	1.391	m4	<b>Iφz</b>	0.676	m4
<b>Momento Inercia de Masa Z-7</b>			<b>Momento Inercia de Masa Z-8</b>			<b>Momento Inercia de Masa Z-9</b>			
<b>a</b>	0.8933	1.117	m2	<b>a</b>	1.5739	m	<b>a</b>	0.8853	m
<b>b</b>	1.25			<b>b</b>	1.25	m	<b>b</b>	1.25	m
<b>c</b>	0.50	m		<b>c</b>	0.50	m	<b>c</b>	0.50	m
<b>Iφx</b>	0.145	m4		<b>Iφx</b>	0.256	m4	<b>Iφx</b>	0.144	m4
<b>Iφy</b>	0.074	m4		<b>Iφy</b>	0.406	m4	<b>Iφy</b>	0.072	m4
<b>Iφz</b>	0.220	m4		<b>Iφz</b>	0.662	m4	<b>Iφz</b>	0.216	m4
			<b>Momento Inercia de Masa Z-10</b>						
			<b>a</b>	0.40	m				
			<b>b</b>	0.50	m				
			<b>c</b>	0.50	m				
			<b>Iφx</b>	0.004	m4				
			<b>Iφy</b>	0.003	m4				
			<b>Iφz</b>	0.007	m4				

Fuente: Elaboración propia

- Cálculo de coeficientes de rigidez ( $K_x$ ,  $K_y$ ,  $K_z$ ,  $K_{\phi x}$ ,  $K_{\phi y}$ ) con I.S.E

Tabla 56:

Coeficientes de Rigidez, Método D.D. Barkan-O.A. Savinov (S2)

CALCULO DE COEFICIENTES DE RIGIDEZ – CONSIDERANDO I.S.E. PARA SUELO GRANULAR							
<b>CIMENTACIÓN Z-1</b>							
DATOS TECNICOS				COEFICIENTE EXPERIMENTAL	<b>Do</b>	1.5428571	kg/cm3
				COEFICIENTE POISON SUELO	$\mu$ s suelo	0.25	kg/cm2
				COEFICIENTE ROH	<b>po</b>	0.20	kg/cm2
Tipo Suelo	<b>GC</b>			<b>Presión Estática del Suelo</b>			
$\mu$ s suelo	0.25			$\rho = P/A = 794.154/27.97 = 28.39$			
Lx	3.50	m					
Ly	2.157	m					
Ac (zap)	7.5499	m2		PRESION ESTÁTICA	<b>p</b>	23.37	Tn/m2
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2
$\Delta$	1.00	m^-1		COEFIC. SUELO	<b>Co</b>	1.80	kg/cm3
P	794.154	Tn		COEFIC. EXP.	<b>Do</b>	1.5429	kg/cm2
Ac (ed.)	33.97	m2					
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes ( $C_x$ , $C_y$ , $C_z$ , $C_{\phi x}$ , $C_{\phi y}$ )				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme ( $K_x$ , $K_y$ , $K_z$ , $K_{\phi x}$ , $K_{\phi y}$ )			
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	14524.70	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	109660.02	Tn/m
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	14524.70	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	109660.02	Tn/m
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	16945.48	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	127936.69	Tn/m
Coef. No unifor eje X	<b>C<math>\phi</math>x</b>	24696.03	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	<b>K<math>\phi</math>x</b>	184405.34	Tn.m
Coef. No unifor eje Y	<b>C<math>\phi</math>y</b>	29521.71	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	<b>K<math>\phi</math>y</b>	178043.91	Tn.m
<b>CIMENTACIÓN Z-2</b>							
DATOS TECNICOS				COEFICIENTE EXPERIMENTAL	<b>Do</b>	1.5428571	kg/cm3
				COEFICIENTE POISON SUELO	$\mu$ s suelo	0.25	kg/cm2
				COEFICIENTE ROH	<b>po</b>	0.20	kg/cm2
Tipo Suelo	<b>GC</b>			<b>Presión Estática del Suelo</b>			
$\mu$ s suelo	0.25			$\rho = P/A = 794.154/27.97 = 28.39$			
Lx	1.25	m					
Ly	3.38	m					
Ac (zap)	4.225	m2		PRESION ESTÁTICA	<b>p</b>	23.37	Tn/m2
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2
$\Delta$	1.00	m^-1		COEFIC. SUELO	<b>Co</b>	1.80	kg/cm3
p	794.154	Tn		COEFIC. EXP.	<b>Do</b>	1.5429	kg/cm2
Ac (ed.)	33.97	m2					
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes ( $C_x$ , $C_y$ , $C_z$ , $C_{\phi x}$ , $C_{\phi y}$ )				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme ( $K_x$ , $K_y$ , $K_z$ , $K_{\phi x}$ , $K_{\phi y}$ )			
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	18554.15	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	78391.29	Tn/m
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	18554.15	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	78391.29	Tn/m
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	21646.51	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	91456.50	Tn/m
Coef. No unifor eje X	<b>C<math>\phi</math>x</b>	43349.20	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	<b>K<math>\phi</math>x</b>	23847.71	Tn.m
Coef. No unifor eje Y	<b>C<math>\phi</math>y</b>	29672.65	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	<b>K<math>\phi</math>y</b>	119353.52	Tn.m
<b>CIMENTACION Z-3</b>							
DATOS TECNICOS				COEFICIENTE EXPERIMENTAL	Do	1.5428571	kg/cm3
				COEFICIENTE POISON SUELO	$\mu$ s suelo	0.25	kg/cm2
				COEFICIENTE ROH.	po	0.2	kg/cm2
Tipo Suelo	<b>GC</b>			<b>Presión Estática del Suelo</b>			
$\mu$ s suelo	0.25			$\rho = P/A = 794.154/27.97 = 28.39$			
Lx	3.40	m					
Ly	1.25	m					
Ac (zap)	4.25	m2		PRESION ESTÁTICA	<b>p</b>	23.37	Tn/m2
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2
$\Delta$	1.00	m^-1		COEFIC. SUELO	<b>Co</b>	1.80	kg/cm3

p	794.154	Tn		COEFIC. EXP.	Do	1.5429	kg/cm2			
Ac (ed.)	33.97	m2								
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, Cφx, Cφy)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, Kφx, Kφy)						
Coef. uniforme eje X	Cx	18533.92	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	Kx	78769.15	Tn/m			
Coef. uniforme eje Y	Cy	18533.92	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	Ky	78769.15	Tn/m			
Coef. uniforme eje Z	Cz	21622.90	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	Kz	91897.34	Tn/m			
Coef. No unifor eje X	Cφx	29601.83	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	Kφx	121194.84	Tn.m			
Coef. No unifor eje Y	Cφy	43325.60	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	Kφy	23975.75	Tn.m			
<b>CIMENTACION Z-4</b>										
DATOS TECNICOS				COEFICIENTE EXPERIMENTAL	Do	1.5428571	kg/cm3			
				COEFICIENTE POISON SUELO	μs suelo	0.25	kg/cm2			
				COEFICIENTE ROH	po	0.20	kg/cm2			
Tipo Suelo	GC			<b>Presión Estática del Suelo</b>						
μs suelo	0.25			$\rho = P/A = 794.154/27.97 = 28.39$						
Lx	1.80	m								
Ly	1.50	m								
Ac (zap)	2.7	m2		PRESION ESTÁTICA	p	23.37	Tn/m2			
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2			
Δ	1.00	m^-1		COEFIC. SUELO	Co	1.80	kg/cm3			
p	794.154	Tn		COEFIC. EXP.	Do	1.5429	kg/cm2			
Ac (ed.)	33.97	m2								
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, Cφx, Cφy)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, Kφx, Kφy)						
Coef. uniforme eje X	Cx	20023.32	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	Kx	54062.96	Tn/m			
Coef. uniforme eje Y	Cy	20023.32	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	Ky	54062.96	Tn/m			
Coef. uniforme eje Z	Cz	23360.54	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	Kz	63073.45	Tn/m			
Coef. No unifor eje X	Cφx	38431.85	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	Kφx	28016.82	Tn.m			
Coef. No unifor eje Y	Cφy	41446.11	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	Kφy	20982.10	Tn.m			
<b>CIMENTACION Z-5</b>										
DATOS TECNICOS				COEFICIENTE EXPERIMENTAL	Do	1.5428571	kg/cm3			
				COEFICIENTE POISON SUELO	μs suelo	0.25	kg/cm2			
				COEFICIENTE ROH	po	0.20	kg/cm2			
Tipo Suelo	GC			<b>Presión Estática del Suelo</b>						
μs suelo	0.25			$\rho = P/A = 794.154/27.97 = 28.39$						
Lx	1.40	m								
Ly	2.00	m								
Ac (zap)	2.8	m2		PRESION ESTÁTICA	p	23.37	Tn/m2			
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2			
Δ	1.00	m^-1		COEFIC. SUELO	Co	1.80	kg/cm3			
p	794.154	Tn		COEFIC. EXP.	Do	1.5429	kg/cm2			
Ac (ed.)	33.97	m2								
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, Cφx, Cφy)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, Kφx, Kφy)						
Coef. uniforme eje X	Cx	19931.04	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	Kx	55806.92	Tn/m			
Coef. uniforme eje Y	Cy	19931.04	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	Ky	55806.92	Tn/m			
Coef. uniforme eje Z	Cz	23252.88	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	Kz	65108.08	Tn/m			
Coef. No unifor eje X	Cφx	42630.29	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	Kφx	19496.25	Tn.m			
Coef. No unifor eje Y	Cφy	36817.07	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	Kφy	34362.60	Tn.m			
<b>CIMENTACION Z-6</b>										
DATOS TECNICOS				COEFICIENTE EXPERIMENTAL	Do	1.5428571	kg/cm3			
				COEFICIENTE POISON SUELO	μs suelo	0.25	kg/cm2			
				COEFICIENTE ROH	po	0.20	kg/cm2			
Tipo Suelo	GC			<b>Presión Estática del Suelo</b>						
μs suelo	0.25			$\rho = P/A = 794.154/27.97 = 28.39$						
Lx	1.25	m								
Ly	1.588	m								
Ac (zap)	1.985	m2		PRESION ESTÁTICA	p	23.37	Tn/m2			
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2			

$\Delta$	1.00	$m^{-1}$		COEFIC. SUELO	<b>Co</b>	1.80	kg/cm <sup>3</sup>
$p$	794.154	Tn		COEFIC. EXP.	<b>Do</b>	1.5429	kg/cm <sup>2</sup>
Ac (ed.)	33.97	m <sup>2</sup>					
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, C $\phi$ x, C $\phi$ y)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, K $\phi$ x, K $\phi$ y)			
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	22435.81	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	44535.09	Tn/m
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	22435.81	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	44535.09	Tn/m
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	26175.11	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	51957.60	Tn/m
Coef. No unifor eje X	<b>C<math>\phi</math>x</b>	47877.81	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. No unifor eje X	<b>K<math>\phi</math>x</b>	12374.67	Tn.m
Coef. No unifor eje Y	<b>C<math>\phi</math>y</b>	43258.47	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. No unifor eje Y	<b>K<math>\phi</math>y</b>	18044.77	Tn.m
<b>CIMENTACION Z-7</b>							
DATOS TECNICOS				COEFICIENTE EXPERIMENTAL	Do	1.5428571	kg/cm <sup>3</sup>
				COEFICIENTE POISON SUELO	$\mu$ s suelo	0.25	kg/cm <sup>2</sup>
				COEFICIENTE ROH	po	0.20	kg/cm <sup>2</sup>
Tipo Suelo	<b>GC</b>			<b>Presión Estática del Suelo</b>			
$\mu$ s suelo	0.25			$\rho = P/A = 794.154/27.97 = 28.39$			
Lx	1.25	m					
Ly	0.8933	m					
Ac (zap)	1.11662	m <sup>2</sup>		PRESION ESTÁTICA	<b>p</b>	23.37	Tn/m <sup>2</sup>
po	0.20	kg/cm <sup>2</sup>				2.337	kg/cm <sup>2</sup>
$\Delta$	1.00	$m^{-1}$		COEFIC. SUELO	<b>Co</b>	1.80	kg/cm <sup>3</sup>
$p$	794.154	Tn		COEFIC. EXP.	<b>Do</b>	1.5429	kg/cm <sup>2</sup>
Ac (ed.)	33.97	m <sup>2</sup>					
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, C $\phi$ x, C $\phi$ y)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, K $\phi$ x, K $\phi$ y)			
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	28129.54	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	31410.14	Tn/m
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	28129.54	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	31410.14	Tn/m
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	32817.79	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	36645.17	Tn/m
Coef. No unifor eje X	<b>C<math>\phi</math>x</b>	54520.48	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. No unifor eje X	<b>K<math>\phi</math>x</b>	7926.94	Tn.m
Coef. No unifor eje Y	<b>C<math>\phi</math>y</b>	63186.50	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. No unifor eje Y	<b>K<math>\phi</math>y</b>	4691.86	Tn.m
<b>CIMENTACION Z-8</b>							
DATOS TECNICOS				COEFICIENTE EXPERIMENTAL	Do	1.5428571	kg/cm <sup>3</sup>
				COEFICIENTE POISON SUELO	$\mu$ s suelo	0.25	kg/cm <sup>2</sup>
				COEFICIENTE ROH	po	0.20	kg/cm <sup>2</sup>
Tipo Suelo	<b>GC</b>			<b>Presión Estática del Suelo</b>			
$\mu$ s suelo	0.25			$\rho = P/A = 794.154/27.97 = 28.39$			
Lx	1.25	m					
Ly	1.5739	m					
Ac (zap)	1.967375	m <sup>2</sup>		PRESION ESTÁTICA	<b>p</b>	23.37	Tn/m <sup>2</sup>
po	0.20	kg/cm <sup>2</sup>				2.337	kg/cm <sup>2</sup>
$\Delta$	1.00	$m^{-1}$		COEFIC. SUELO	<b>Co</b>	1.80	kg/cm <sup>3</sup>
$p$	794.154	Tn		COEFIC. EXP.	<b>Do</b>	1.5429	kg/cm <sup>2</sup>
Ac (ed.)	33.97	m <sup>2</sup>					
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, C $\phi$ x, C $\phi$ y)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, K $\phi$ x, K $\phi$ y)			
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	22501.40	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	44268.70	Tn/m
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	22501.40	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	44268.70	Tn/m
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	26251.64	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	51646.81	Tn/m
Coef. No unifor eje X	<b>C<math>\phi</math>x</b>	47954.33	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. No unifor eje X	<b>K<math>\phi</math>x</b>	12284.39	Tn.m
Coef. No unifor eje Y	<b>C<math>\phi</math>y</b>	43488.03	Tn/m <sup>3</sup>	Coef. No unifor eje Y	<b>K<math>\phi</math>y</b>	17661.60	Tn.m
<b>CIMENTACION Z-9</b>							
DATOS TECNICOS				COEFICIENTE EXPERIMENTAL	Do	1.5428571	kg/cm <sup>3</sup>
				COEFICIENTE POISON SUELO	$\mu$ s suelo	0.25	kg/cm <sup>2</sup>
				COEFICIENTE ROH	po	0.20	kg/cm <sup>2</sup>
Tipo Suelo	<b>GC</b>			<b>Presión Estática del Suelo</b>			
$\mu$ s suelo	0.25			$\rho = P/A = 794.154/27.97 = 28.39$			
Lx	1.25	m					
Ly	0.8853	m					
Ac (zap)	1.106625	m <sup>2</sup>		PRESION ESTÁTICA	<b>p</b>	23.37	Tn/m <sup>2</sup>

po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2
$\Delta$	1.00	m^-1		COEFIC. SUELO	<b>Co</b>	1.80	kg/cm3
p	794.154	Tn		COEFIC. EXP.	<b>Do</b>	1.5429	kg/cm2
Ac (ed.)	33.97	m2					
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, C $\phi$ x, C $\phi$ y)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, K $\phi$ x, K $\phi$ y)			
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	28247.15	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	31259.00	Tn/m
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	28247.15	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	31259.00	Tn/m
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	32955.00	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	36468.83	Tn/m
Coef. No unifor eje X	<b>C<math>\phi</math>x</b>	54657.70	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	<b>K<math>\phi</math>x</b>	7875.73	Tn.m
Coef. No unifor eje Y	<b>C<math>\phi</math>y</b>	63598.14	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	<b>K<math>\phi</math>y</b>	4596.68	Tn.m
<b>CIMENTACION Z-10</b>							
DATOS TECNICOS			COEFICIENTE EXPERIMENTAL		Do	1.5428571	kg/cm3
			COEFICIENTE POISON SUELO		$\mu$ s suelo	0.25	kg/cm2
			COEFICIENTE ROH		po	0.20	kg/cm2
Tipo Suelo	<b>GC</b>			<b>Presión Estática del Suelo</b>			
$\mu$ s suelo	0.25			$\rho = P/A = 794.154/33.97 = 23.37$			
Lx	0.50	m					
Ly	0.40	m					
Ac (zap)	0.20	m2		PRESION ESTÁTICA	<b>p</b>	23.37	Tn/m2
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2
$\Delta$	1.00	m^-1		COEFIC. SUELO	<b>Co</b>	1.80	kg/cm3
p	794.154	Tn		COEFIC. EXP.	<b>Do</b>	1.5429	kg/cm2
Ac (ed.)	33.97	m2					
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, C $\phi$ x, C $\phi$ y)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, K $\phi$ x, K $\phi$ y)			
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	58132.21	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	11626.44	Tn/m
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	58132.21	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	11626.44	Tn/m
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	67820.91	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	13564.18	Tn/m
Coef. No unifor eje X	<b>C<math>\phi</math>x</b>	122077.65	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	<b>K<math>\phi</math>x</b>	508.66	Tn.m
Coef. No unifor eje Y	<b>C<math>\phi</math>y</b>	135641.83	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	<b>K<math>\phi</math>y</b>	361.71	Tn.m

Fuente: Elaboración propia.

Se ingresó todos los coeficientes de rigidez en cada cimentación de todas las zapatas, en caso de Z1, Z2, Z3 y Z5 se dividieron y distribuyeron los coeficientes para cada zapata y se procesaron los datos calculados.

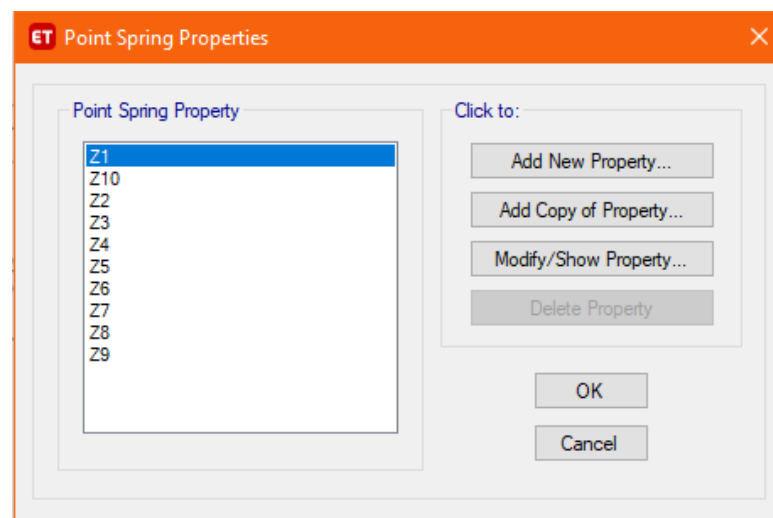


Figura 65:  
Asignación de resortes para suelo granular S2

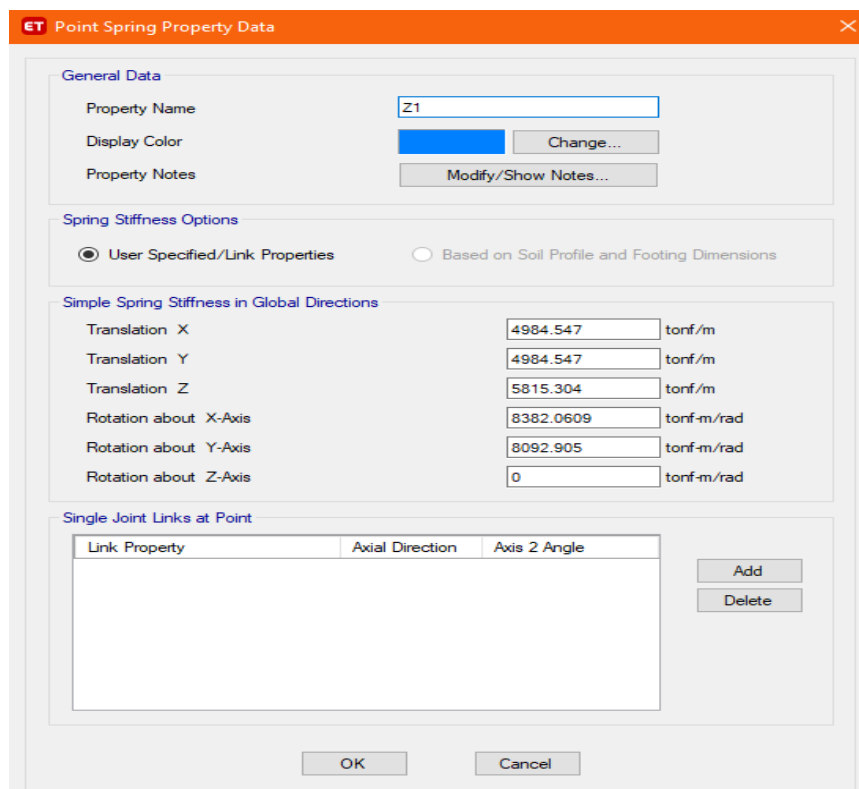


Figura 66:  
Asignación de resortes para suelo granular S2

b. Cálculo de coeficientes de rigidez en Suelo cohesivo ( $S_3$ )

- Tipo de suelo : Suelo cohesivo (arcillas)
- Módulo de elasticidad del suelo :  $E_s=107\text{kg/cm}^2$
- Densidad del suelo :  $\delta_s=1.44\text{gr/cm}^3$
- Módulo de Poisson de suelo. :  $\mu_s=0.375$  -
- Angulo de fricción interna de suelo :  $\Phi=0.00$  -

Asimismo, se realizó un nuevo procedimiento en Etabs para estas condiciones dadas y se realizó el cálculo de los coeficientes para suelos cohesivos, (adjuntado en el Anexo E) por zapata se calcularon e ingresaron al Etabs para su análisis.

**Ingreso de coeficientes de rigidez ( $K_x$ ,  $K_y$ ,  $K_z$ ,  $K_{\phi_x}$ ,  $K_{\phi_y}$ )**

Igualmente, se calculó los coeficientes de rigidez para suelo cohesivo (CL), con las fórmulas ya mencionadas los resultados de dichos registros de las rigideces se encuentran en los anexos (Anexo E).

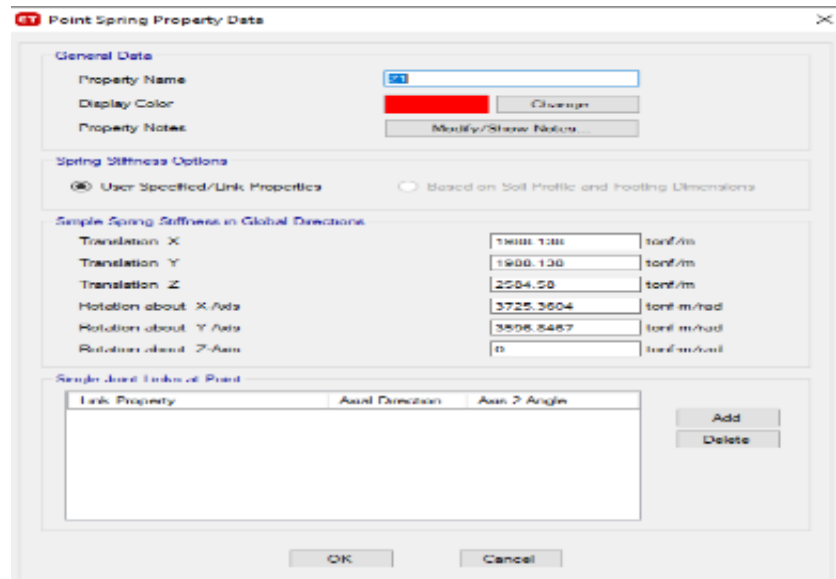


Figura 67:  
Valores de coeficientes de rigidez de suelo cohesivo – S3.

### Análisis sísmico dinámico

Una vez realizado el A.S.E. se continuará con el desarrollo del A.S.D. por lo que se tuvo en consideración los parámetros de la norma E-030, para el desarrollo y análisis dinámico modal-espectral. Asimismo, se consideró realizar nuevo proceso para el A.S.D. e incorporó las masas.

Tabla 57:  
Cálculo para masa de entrepiso

FACTORES DE CALCULO			
<b>L (X)</b>	a	10.87	m
<b>A (Y)</b>	b	11.14	m
	a <sup>2</sup>	118.16	m <sup>2</sup>
	b <sup>2</sup>	124.10	m <sup>2</sup>
Peso Mezanine		94.405	Tn
Peso Nivel 01		111.632	Tn
Peso Nivel 02		112.450	Tn
Peso Nivel 03		112.450	Tn
Peso Nivel 04		112.450	Tn
Peso Nivel 05		104.518	Tn
g (Aceleración. de gravedad)		9.81	m/s <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

### 1. Configuración regular

$$M_t = M_x = M_y = \frac{P_{\text{sismo nivel}}}{g} \quad (\text{Ec. 4.27})$$

$$M_r = M_{RZ} = \frac{M_t(a^2+b^2)}{12} \quad (\text{Ec. 4.28})$$



## 2. Configuración irregular.

$$M_t = M_x = M_y = \frac{P_{\text{sismo nivel}}}{g} \quad (\text{Ec. 4.29})$$

$$M_r = \frac{M_t(I_x + I_y)}{A} \quad (\text{Ec. 4.30})$$

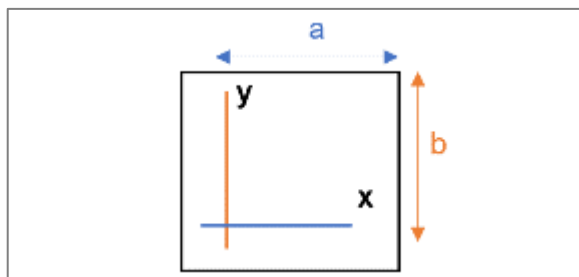


Figura 68:

Masas de entrepiso.

Fuente: Genner Villarreal Castro.

Cálculo de las masas de entrepiso aplicando (1)

Tabla 58:

*Cálculo de la masa rotacional y traslacional de la estructura*

<b>MASA ROTACIONAL Y MASA TRASLACIONAL</b>							
<b>MEZANINE</b>				<b>PRIMER NIVEL</b>			
Masa Traslacional				Masa Traslacional			
Mtx	9.623	T.s2/m		Mtx	11.379	T.s2/m	
Mty	9.623	T.s2/m		Mty	11.379	T.s2/m	
Mtz	-	T.s2/m	Restringido	Mtz	-	T.s2/m	Restringido
Masa Rotacional				Masa Rotacional			
Mrx	-	T.s2.m	Restringido	Mrx	-	T.s2.m	Restringido
Mry	-	T.s2.m	Restringido	Mry	-	T.s2.m	Restringido
Mrz	194.276	T.s2.m		Mrz	229.728	T.s2.m	
<b>2°, 3°, 4° NIVEL</b>				<b>QUINTO NIVEL</b>			
Masa Traslacional				Masa Traslacional			
Mtx	11.463	T.s2/m		Mtx	10.654	T.s2/m	
Mty	11.463	T.s2/m		Mty	10.654	T.s2/m	
Mtz	-	T.s2/m	Restringido	Mtz	-	T.s2/m	Restringido
Masa Rotacional				Masa Rotacional			
Mrx	-	T.s2.m	Restringido	Mrx	-	T.s2.m	Restringido
Mry	-	T.s2.m	Restringido	Mry	-	T.s2.m	Restringido
Mrz	231.411	T.s2.m		Mrz	209.874	T.s2.m	

#### 4.3.1.6. Análisis sísmico dinámico modal - espectral empotrado

Una vez calculadas las masas entre pisos, se calcula el «factor de escala» dinámico o espectro inelástico de pseudoaceleraciones. Como se expresa en la siguiente definición:

$$S_0 = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C}{R} \cdot g \quad (\text{Ec. 4.31})$$

- $h_n = 18.05$  m; Altura del edificio.
- $T =$  El periodo fundamental de la estructura, el análisis dinámico espectral es “variable”, se tomará un intervalo de (0.1s a 10s)
- $Z = 0.35$ ; Factor de zona (Huancayo Zona 3).
- $U = 1$ ; Factor de categoría (edificaciones comunes, categoría “C”).
- $C = 2.5 \cdot T_p / T$ ;  $C \leq 2.5$  caso contrario trabajar con  $C = 2.5$
- $R = 6$ ; Coeficiente de reducción sísmica
- $C = 2.5 \cdot T_p / T$ ;  $C \leq 2.5$ ; para la constante T con un intervalo (0.1s:8s)
- $C_2 = 2.5 \cdot \frac{0.6}{0.1} = 15$ ;  $C \leq 2.5$ ; No cumple!  $\rightarrow C_1 = 2.5$
- $C_6 = 2.5 \cdot \frac{0.6}{0.6} = 2.5$ ;  $C \leq 2.5$ ; Si cumple!  $\rightarrow C_2 = 2.5$
- $C_8 = 2.5 \cdot \frac{0.6}{0.7} = 2.14$ ;  $C \leq 2.5$ ; Si cumple!  $\rightarrow C_3 = 2.14$

Para el factor de escala tenemos:

$$F.E. = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot g}{R} \quad (\text{Ec. 4.32})$$

En donde se obtiene el espectro C vs T:

$$T < T_p; 0.3008 < 0.6 \rightarrow C = 2.5 \quad (\text{Ec. 4.33})$$

Se calculó el factor de escalamiento de la misma se realizó mediante el coeficiente C, como el factor de amplificación para la aceleración de la estructura respecto de aceleración del suelo granular.

$$F.E. = \frac{0.35 * 1 * 1.15 * 9.81}{7}$$

$$F.E=0.564$$

Tabla 59:

*Factores de cálculo del factor de escala A.S.D para suelo S2*

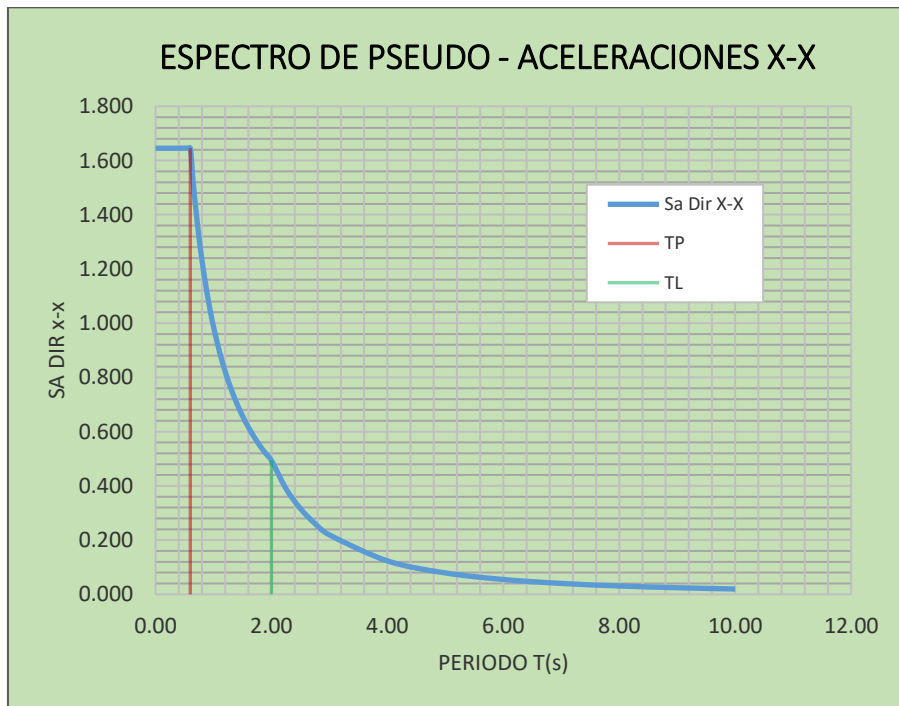
<i>PARA FACTOR DE ESCALA DE A.S.D.</i>			
Z	0.35		0.4 s
U	1	(E. común)	2.5 s
S	1.15	(Z3; S2)	2.5
g	9.81	Acel. gravedad	
R	7		
F.E.	0.5640		

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E-030.

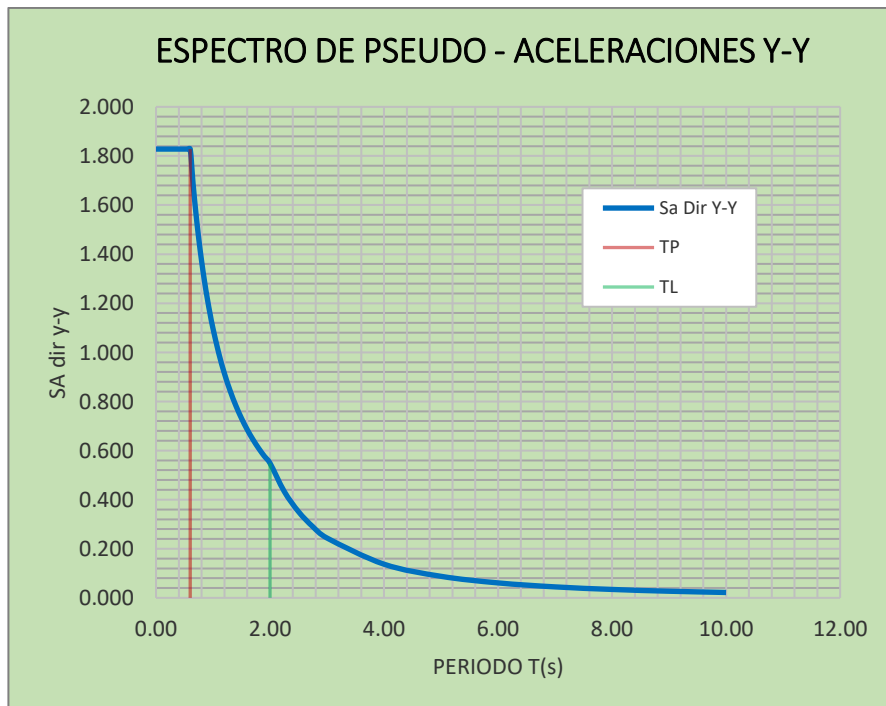
Tabla 60:

*Espectro de respuesta - aceleración espectral (suelo granular S2)*

C	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y	1.76	0.85	1.161	1.290
2.50	0.00	1.645	1.67	0.90	1.097	1.219
2.50	0.02	1.645	1.58	0.95	1.039	1.155
2.50	0.04	1.645	1.50	1.00	0.987	1.097
2.50	0.06	1.645	1.36	1.10	0.897	0.997
2.50	0.08	1.645	1.25	1.20	0.823	0.914
2.50	0.10	1.645	1.15	1.30	0.759	0.844
2.50	0.12	1.645	1.07	1.40	0.705	0.783
2.50	0.14	1.645	1.00	1.50	0.658	0.731
2.50	0.16	1.645	0.94	1.60	0.617	0.686
2.50	0.18	1.645	0.88	1.70	0.581	0.645
2.50	0.20	1.645	0.83	1.80	0.548	0.609
2.50	0.25	1.645	0.79	1.90	0.520	0.577
2.50	0.30	1.645	0.75	2.00	0.494	0.548
2.50	0.35	1.645	0.59	2.25	0.390	0.433
2.50	0.40	1.645	0.48	2.50	0.316	0.351
2.50	0.45	1.645	0.40	2.75	0.261	0.290
2.50	0.50	1.645	0.33	3.00	0.219	0.244
2.50	0.55	1.645	0.19	4.00	0.123	0.137
2.50	0.60	1.645	0.12	5.00	0.079	0.088
2.31	0.65	1.519	0.08	6.00	0.055	0.061
2.14	0.70	1.410	0.06	7.00	0.040	0.045
2.00	0.75	1.316	0.05	8.00	0.031	0.034
1.88	0.80	1.234	0.04	9.00	0.024	0.027
			0.03	10.00	0.020	0.022



*Figura 69:*  
 Espectro de respuestas T vs. CS del A.S.D. suelo S2  
 Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 70:*  
 Espectro de respuestas T vs. CS del A.S.D. Suelo S2  
 Fuente: Elaboración Propia.

Asimismo, el coeficiente C se define como el factor de amplificación para la aceleración de la estructura respecto al tipo del suelo cohesivo.

$$F.E. = \frac{0.35 * 1 * 1.20 * 9.81}{7}$$

$$F.E.=0.5886$$

Tabla 61:

*Factores de cálculo del factor de escala A.S.D para suelo S3*

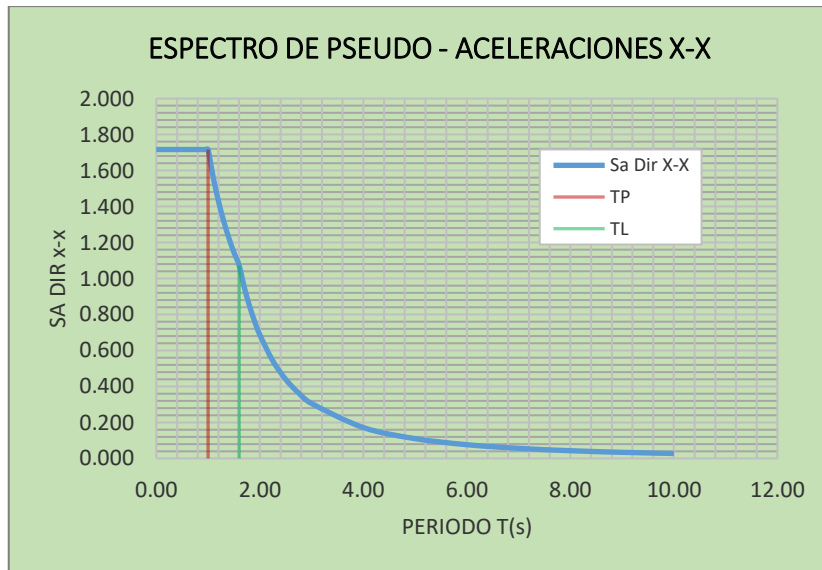
<i>PARA FACTOR DE ESCALA DE A.S.D.</i>			
Z	0.35		<b>Tp</b> 0.4 s
U	1	(E. común)	<b>TL</b> 2.5 s
S	1.20	(Z3; S3)	<b>C</b> 2.5
g	9.81	Acel. gravedad	
R	7		
F.E.	0.5886		

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E-030

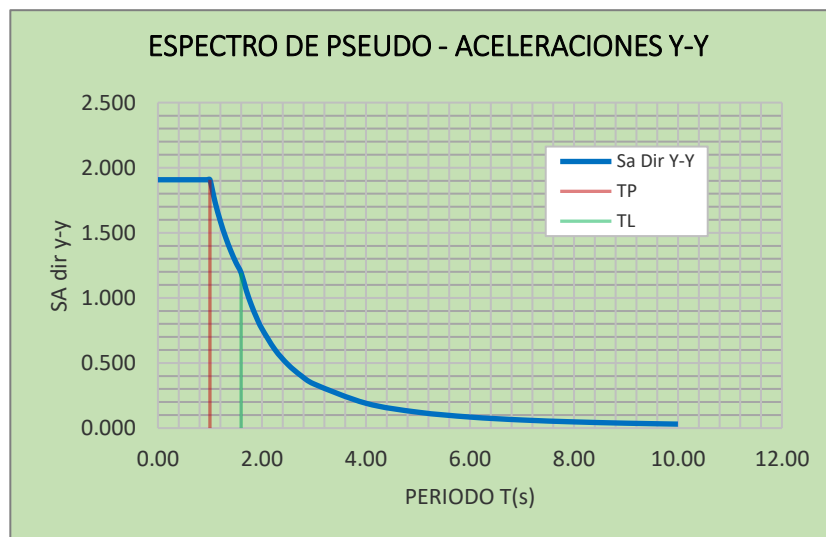
Tabla 62:

*Espectro de respuesta - aceleración espectral-suelo cohesivo S3*

C	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y	2.50	0.85	1.717	1.908	
2.50	0.00	1.717	1.908	2.50	0.90	1.717	1.908
2.50	0.02	1.717	1.908	2.50	0.95	1.717	1.908
2.50	0.04	1.717	1.908	2.50	1.00	1.717	1.908
2.50	0.06	1.717	1.908	2.27	1.10	1.561	1.734
2.50	0.08	1.717	1.908	2.08	1.20	1.431	1.590
2.50	0.10	1.717	1.908	1.92	1.30	1.321	1.467
2.50	0.12	1.717	1.908	1.79	1.40	1.226	1.363
2.50	0.14	1.717	1.908	1.67	1.50	1.145	1.272
2.50	0.16	1.717	1.908	1.56	1.60	1.073	1.192
2.50	0.18	1.717	1.908	1.38	1.70	0.950	1.056
2.50	0.20	1.717	1.908	1.23	1.80	0.848	0.942
2.50	0.25	1.717	1.908	1.11	1.90	0.761	0.845
2.50	0.30	1.717	1.908	1.00	2.00	0.687	0.763
2.50	0.35	1.717	1.908	0.79	2.25	0.543	0.603
2.50	0.40	1.717	1.908	0.64	2.50	0.439	0.488
2.50	0.45	1.717	1.908	0.53	2.75	0.363	0.404
2.50	0.50	1.717	1.908	0.44	3.00	0.305	0.339
2.50	0.55	1.717	1.908	0.25	4.00	0.172	0.191
2.50	0.60	1.717	1.908	0.16	5.00	0.110	0.122
2.50	0.65	1.717	1.908	0.11	6.00	0.076	0.085
2.50	0.70	1.717	1.908	0.08	7.00	0.056	0.062
2.50	0.75	1.717	1.908	0.06	8.00	0.043	0.048
2.50	0.80	1.717	1.908	0.05	9.00	0.034	0.038
2.50	0.80	1.717	1.908	0.04	10.00	0.027	0.031



*Figura 71:*  
Espectro de respuestas T vs. CS del A.S.D. Suelo S3  
Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 72:*  
Espectro de respuestas T vs. CS del A.S.D. Suelo S3  
Fuente: Elaboración Propia.

Seguidamente se procede con el esquema y procedimientos que se requiera para este análisis, asimismo se sigue la misma secuencia de pasos aplicados en el análisis estático empotrada. Y se cambiará el modo de ingresar fuerzas directas al centro de las masas, y se ingresan masas de entrepiso; habilitando el análisis modal.

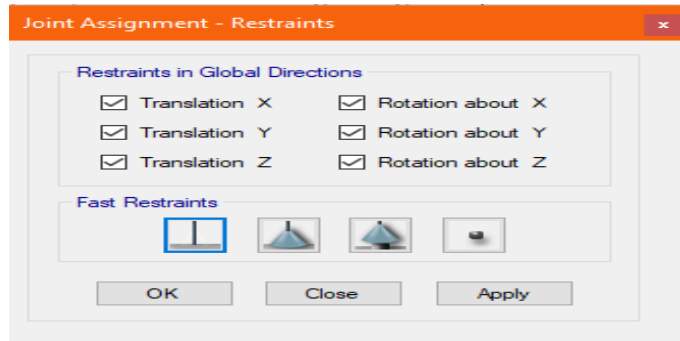


Figura 73:  
Programación de restricciones en la base empotrada

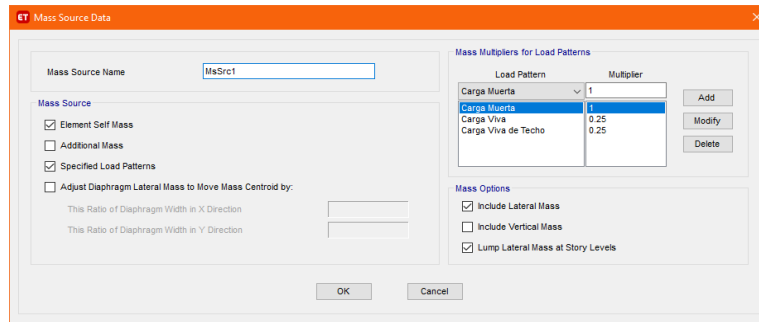


Figura 74:  
Programación de Máss source (Masa participativa)

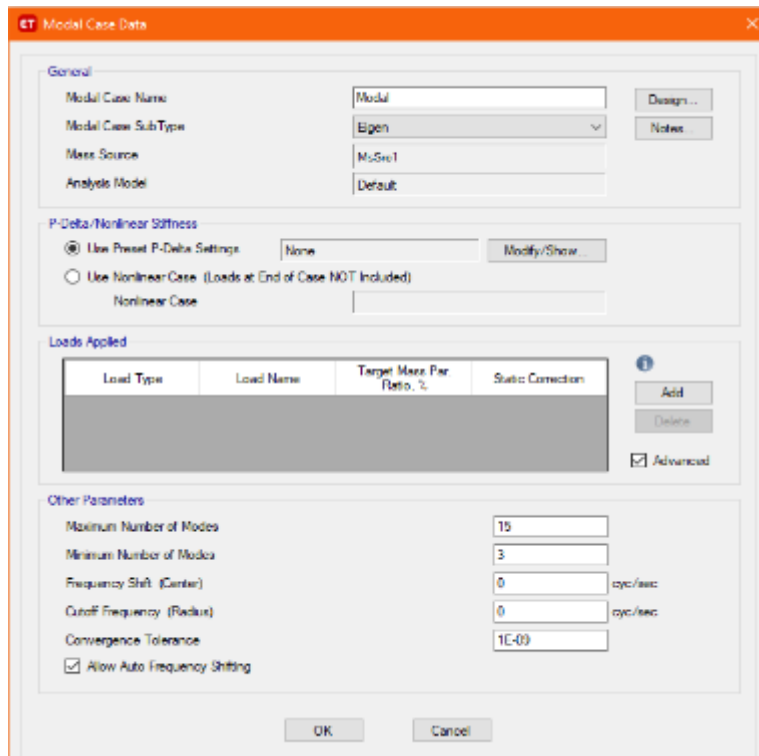


Figura 75:  
Programación de la herramienta Modal.

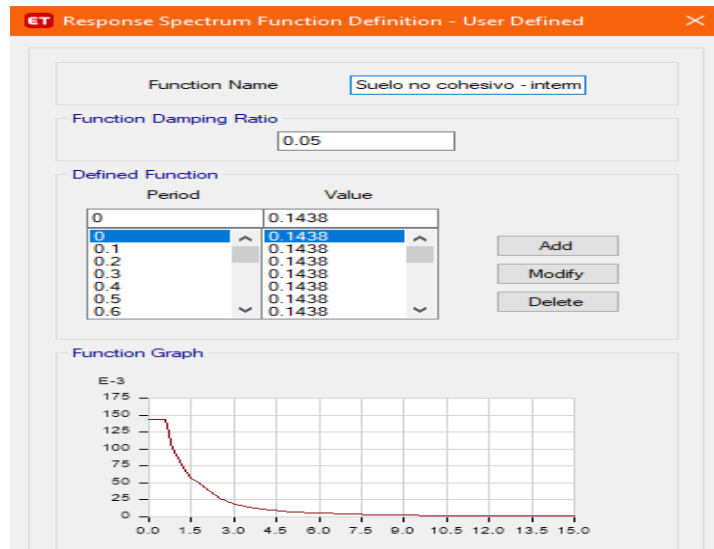


Figura 76:  
Programación del espectro para suelo cohesivo S3

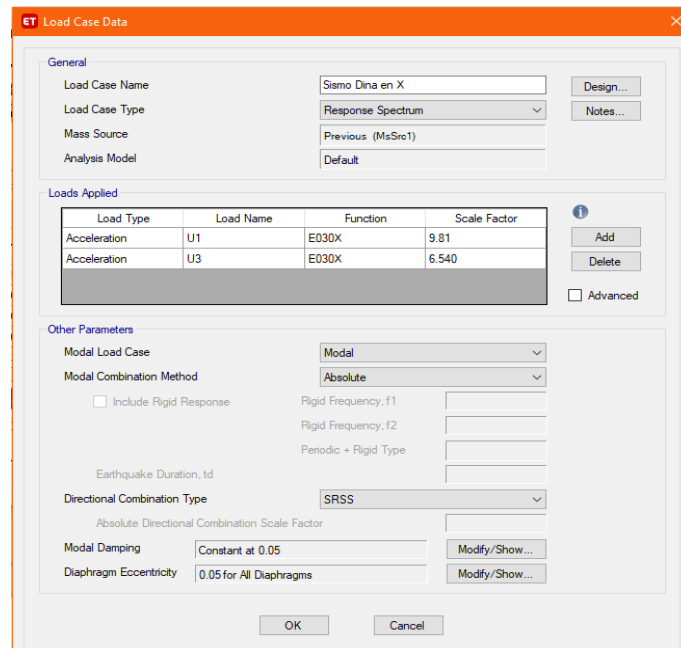


Figura 77:  
Programación para casos de carga y espectro.

#### 4.3.1.7. Análisis sísmico dinámico modal espectral - modelo de D.D. Barkan - O.A. Savinov con I.S.E.

Se analiza adicionando al modelo, la cimentación (resortes) y se incorporarán los coeficientes de rigidez de cada cimentación a todas las cargas y respectivas masas de cada una (traslacional y rotacional), incorporándose todos, en el centroide y transmitiéndolas a los resortes de cada cimentación la secuencia seguida, como se muestra:



a. Incorporación Interacción Suelo Estructura Barkan - Savinov en el programa Etabs.

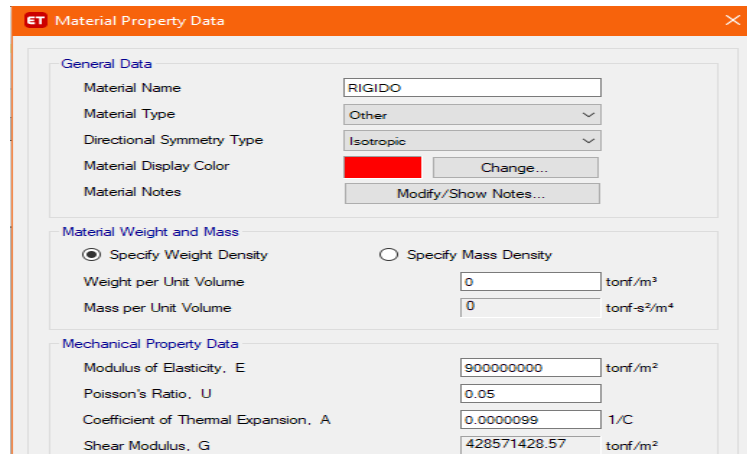


Figura 78:  
Definición de propiedad del material de la cimentación.

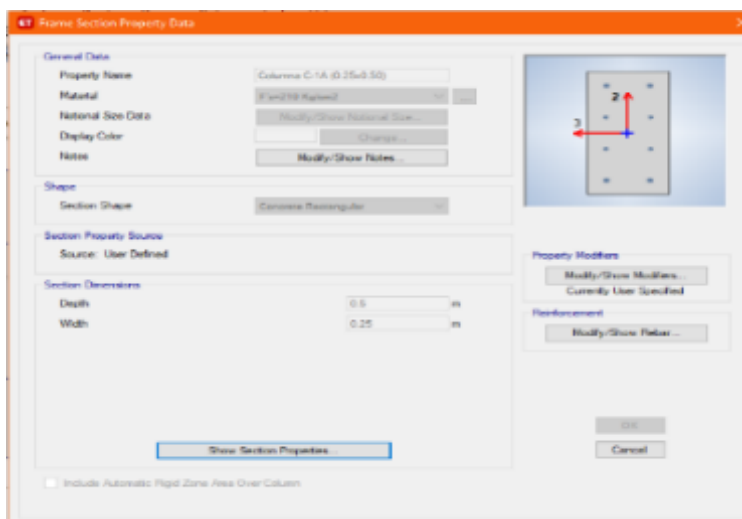


Figura 79:  
Definición de los elementos estructurales.

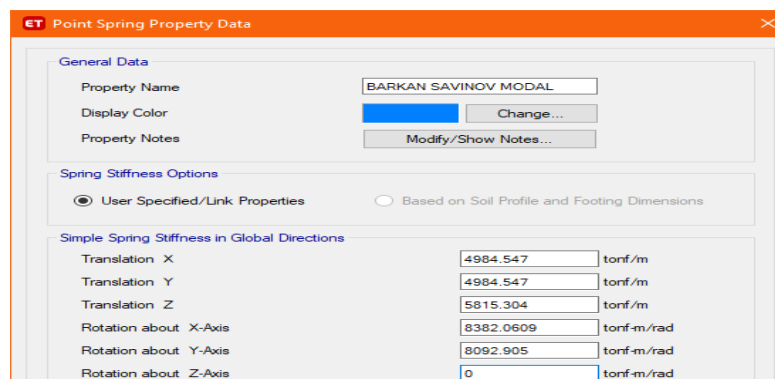


Figura 80:  
Asignación de los coeficientes de rigidez

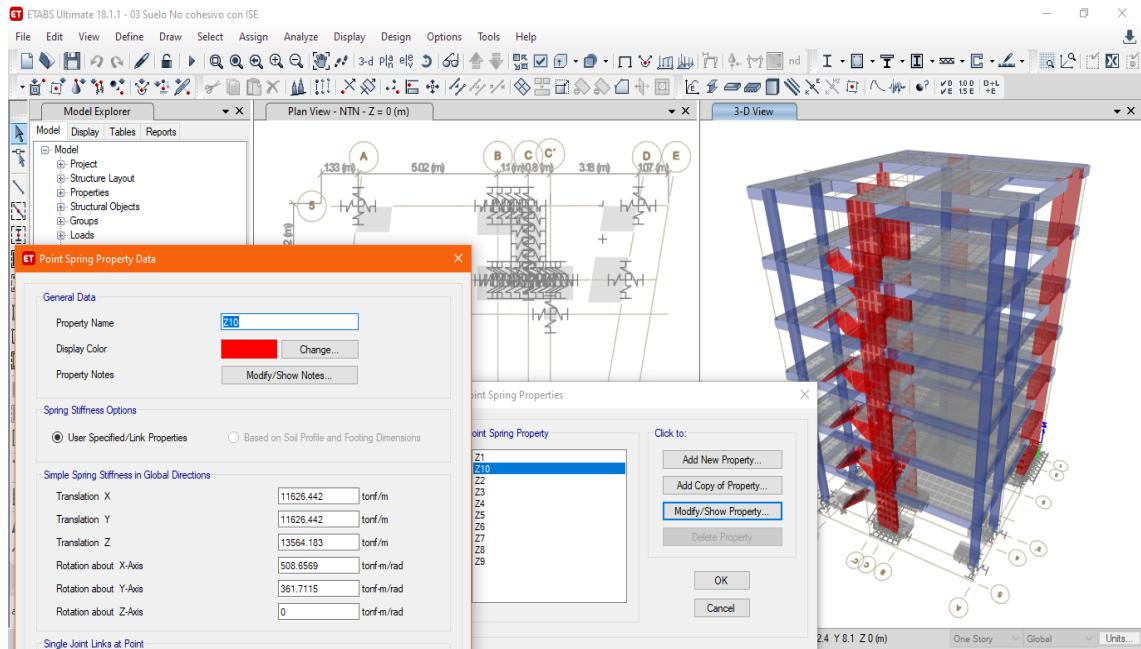


Figura 81:  
Modelamiento con ISE y asignación de coeficientes de rigidez.

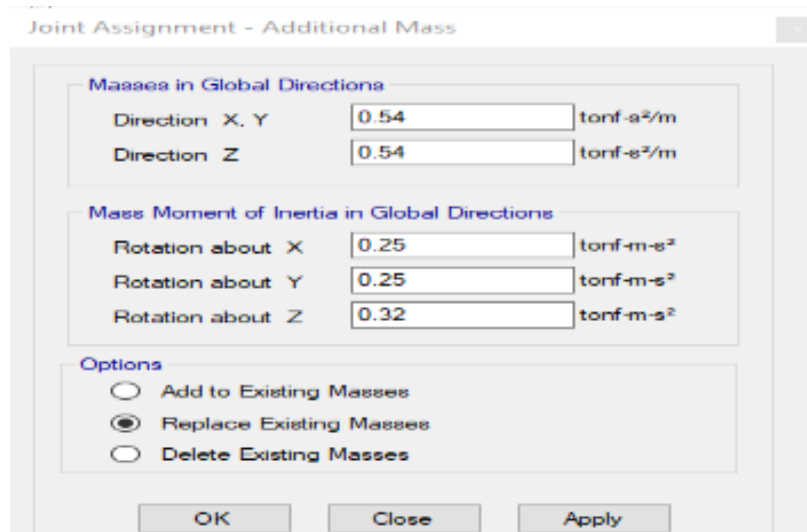


Figura 82:  
Asignación de masas rotacional y traslacional por zapata

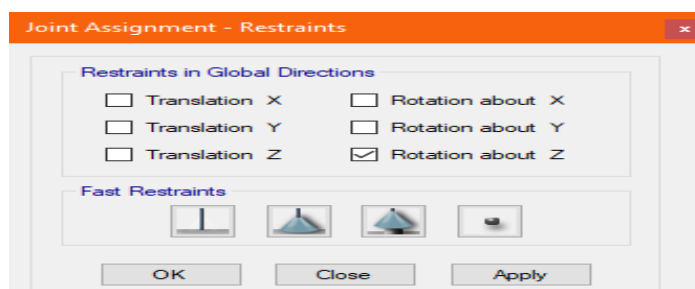


Figura 83:  
Asignación de las restricciones.

Tabla 63:

Combinaciones de cargas para análisis con ISE

Combinaciones de carga	
C1	1.4D + 1.7L
C2X-	1.25D + 1.25L - 1 S x D
C2X+	1.25D + 1.25L + 1 S x D
C2Y-	1.25D + 1.25L - 1 S y D
C2Y+	1.25D + 1.25L + 1 S y D
C3X-	0.9D - 1SxD
C3X+	0.9D + 1SxD
C3Y-	0.9D - 1SyD
C3Y+	0.9D + 1SyD
Desplazamiento X	4.5SxD
Desplazamiento Y	4.5SyD
Envolvente	C1, C2X-, C2X+, C2Y-, C2Y+, C3X-, C3X+, C3Y- y C3Y+

#### 4.3.1.8. Modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

1. Coeficiente de compresión elástica uniforme

Tabla 64:

Cuantificación de los Coeficientes Elásticos Uniformes

Zapata	$C_z$ (Tn/m <sup>3</sup> )		Zapata	$C_z$ (Tn/m <sup>3</sup> )	
	Suelo S2	Suelo S3		Suelo S2	Suelo S3
<b>Z1</b>	44533.023	15883.309	<b>Z5</b>	90276.508	32198.345
<b>Z2</b>	36041.2	12909.82	<b>Z6</b>	32711.127	11666.869
<b>Z3</b>	28342.514	10108.743	<b>Z7</b>	28342.514	10108.743
<b>Z4a</b>	34258.506	12218.762	<b>Z8</b>	32323.241	11528.524
<b>Z4b</b>	46555.908	16604.798	<b>Z9</b>	36041.2	11528.524
<b>Z4c</b>	28444.338	10145.06	<b>Z10</b>	44533.023	15883.309

2. Coeficientes elásticos  $C_x$ ,  $C_{\phi x}$ ,  $C_{\phi y}$ ,  $C_{\psi z}$

Tabla 65:

Determinación de los Coeficientes Elásticos

zapata	Suelo S2			Suelo S3			zapata	Suelo S2			Suelo S3		
	$C_x$ (Tn/m <sup>3</sup> )	$C_{\phi x}; C_{\phi y}$ (Tn/m <sup>3</sup> )	$C_{\psi z}$ (Tn/m <sup>3</sup> )	$C_x$ (Tn/m <sup>3</sup> )	$C_{\phi x}; C_{\phi y}$ (Tn/m <sup>3</sup> )	$C_{\psi z}$ (Tn/m <sup>3</sup> )		$C_x$ (Tn/m <sup>3</sup> )	$C_{\phi x}; C_{\phi y}$ (Tn/m)	$C_{\psi z}$ (Tn/m <sup>3</sup> )	$C_x$ (Tn/m <sup>3</sup> )	$C_{\phi x}; C_{\phi y}$ (Tn/m <sup>3</sup> )	$C_{\psi z}$ (Tn/m <sup>3</sup> )
<b>Z1</b>	31173.11	89066.047	44533.02	11118.31	31766.61	15883.30	<b>Z5</b>	63193.555	180553.01	90276.50	22538.842	64396.69	32198.34
<b>Z2</b>	25228.84	72082.4	36041.2	9036.874	25819.64	12909.82	<b>Z6</b>	22897.789	65422.255	32711.12	8166.808	23333.73	11666.86
<b>Z3</b>	19839.76	56685.027	28342.51	7076.12	20217.48	10108.74	<b>Z7</b>	19839.76	56685.027	28342.51	7076.12	20217.48	10108.74
<b>Z4a</b>	23980.954	68517.012	34258.50	8553.134	24437.52	12218.76	<b>Z8</b>	22626.269	64646.482	32323.24	8069.967	23057.04	11528.52
<b>Z4b</b>	32589.136	93111.816	46555.90	11623.35	33209.59	16604.79	<b>Z9</b>	25228.84	72082.4	36041.2	8069.967	23057.04	11528.52
<b>Z4c</b>	19911.037	56888.677	28444.33	7101.542	20290.12	10145.06	<b>Z10</b>	31173.116	89066.047	44533.02	11118.316	31766.61	15883.30

3. Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico uniforme  $K_x$ (T/m); compresión elástica uniforme  $K_z$ (T/m); compresión elástica no uniforme  $K_{\phi x}$ ,  $K_{\phi y}$  (T/m c) y desplazamiento elástico no uniforme  $K_{\psi z}$ (T/m).

Tabla 66:  
Coeficientes de Rigidez Modelo Dinámico Norma Rusa

	Zapata	$K_x \left(\frac{tn}{m}\right)$	$K_y \left(\frac{tn}{m}\right)$	$K_z \left(\frac{tn}{m}\right)$	$K\phi_x$ (tn*m)	$K\phi_y$ (tn*m)	$K\psi_z$ (tn * m)
<b>Suelo granular (S2)</b>	<b>Z1</b>	35069.756	35069.756	50099.651	6763.453	13046.784	9905.119
	<b>Z2</b>	51088.401	51088.401	72983.43	31922.952	19006.102	25464.527
	<b>Z3</b>	84318.978	84318.978	120455.683	232077.949	31368.667	131723.308
	<b>Z4a</b>	56355.242	56355.242	80507.489	13417.915	74100.434	43759.175
	<b>Z4b</b>	32589.136	32589.136	46555.908	7759.318	7759.318	7759.318
	<b>Z4c</b>	83626.355	83626.355	119466.221	28671.893	243910.201	136291.047
	<b>Z5</b>	12638.711	12638.711	18055.302	481.475	752.304	616.889
	<b>Z6</b>	61824.031	61824.031	88320.044	33120.017	47692.824	40406.42
	<b>Z7</b>	84318.978	84318.978	120455.683	31368.667	232077.949	131723.308
	<b>Z8</b>	63353.553	63353.553	90505.075	60336.717	29564.991	44950.854
<b>Suelo Cohesivo (S3)</b>	<b>Z1</b>	12508.106	12508.106	17868.723	2412.278	4653.313	3532.795
	<b>Z2</b>	18073.748	18073.748	25819.64	11016.38	6723.865	8870.122
	<b>Z3</b>	30073.511	30073.511	42962.159	82773.76	11188.062	46980.911
	<b>Z4a</b>	20099.864	20099.864	28714.092	4785.682	26428.929	15607.305
	<b>Z4b</b>	11623.359	11623.359	16604.798	2767.466	2767.466	2767.466
	<b>Z4c</b>	29826.478	29826.478	42609.254	10226.221	86993.894	48610.057
	<b>Z5</b>	4507.768	4507.768	6439.669	171.725	268.32	220.022
	<b>Z6</b>	22050.382	22050.382	31500.546	11812.705	17010.295	14411.5
	<b>Z7</b>	30073.511	30073.511	42962.159	11188.062	82773.76	46980.911
	<b>Z8</b>	22595.907	22595.907	32279.867	21519.911	10544.757	16032.334
<b>Z9</b>	22595.907	22595.907	32279.867	21519.911	10544.757	16032.334	
<b>Z10</b>	12508.106	12508.106	17868.723	2412.278	4653.313	3532.795	

4. Cálculo del amortiguamiento relativo para vibraciones verticales dB, la presión estática media en la cimentación, y los amortiguamientos relativos para rotaciones y vibraciones horizontales con respecto a los ejes de rotación y vibración horizontal. Se determinaron aplicando las ecuaciones: 2.31; 2.32 y 2.33 de la Tabla 11.

Tabla 67:  
Coeficientes de Amortiguación relativa: vibraciones verticales, horizontales y rotacionales

	Zapata	$P_m (t/m^2)$	$\beta_z$	$\beta_x$	$\beta_{\phi x}$	$\beta_{\phi y}$	$\beta_{\psi z}$
<b>Suelo Granular (S2)</b>	<b>Z1</b>	2.5	0.579	0.347	0.289	0.289	0.174
	<b>Z2</b>	2.5	0.643	0.386	0.322	0.322	0.193
	<b>Z3</b>	2.5	0.725	0.435	0.363	0.363	0.218
	<b>Z4a</b>	2.5	0.66	0.396	0.33	0.33	0.198
	<b>Z4b</b>	2.5	0.566	0.34	0.283	0.283	0.17
	<b>Z4c</b>	2.5	0.724	0.434	0.362	0.362	0.217
	<b>Z5</b>	2.5	0.406	0.244	0.203	0.203	0.122
	<b>Z6</b>	2.5	0.675	0.405	0.338	0.338	0.203
	<b>Z7</b>	2.5	0.725	0.435	0.363	0.363	0.218
	<b>Z8</b>	2.5	0.679	0.408	0.34	0.34	0.204
<b>Z9</b>	2.5	0.643	0.386	0.322	0.322	0.193	
<b>Z10</b>	2.5	0.579	0.347	0.289	0.289	0.174	

<b>Suelo Cohesivo (S3)</b>	<b>Z1</b>	2.5	0.579	0.347	0.289	0.289	0.174
	<b>Z2</b>	2.5	0.642	0.385	0.321	0.321	0.193
	<b>Z3</b>	2.5	0.725	0.435	0.363	0.363	0.218
	<b>Z4a</b>	2.5	0.66	0.396	0.33	0.33	0.198
	<b>Z4b</b>	2.5	0.566	0.34	0.283	0.283	0.17
	<b>Z4c</b>	2.5	0.724	0.434	0.362	0.362	0.217
	<b>Z5</b>	2.5	0.406	0.244	0.203	0.203	0.122
	<b>Z6</b>	2.5	0.675	0.405	0.338	0.338	0.203
	<b>Z7</b>	2.5	0.725	0.435	0.363	0.363	0.218
	<b>Z8</b>	2.5	0.679	0.408	0.34	0.34	0.204
<b>Z9</b>	2.5	0.679	0.408	0.34	0.34	0.204	
<b>Z10</b>	2.5	0.579	0.347	0.289	0.289	0.174	

5. Las características de amortiguamiento del suelo de fundación se determinaron aplicando las ecuaciones Ec. 2.34 – Ec. 3.38 de la Tabla 12.

Tabla 68:

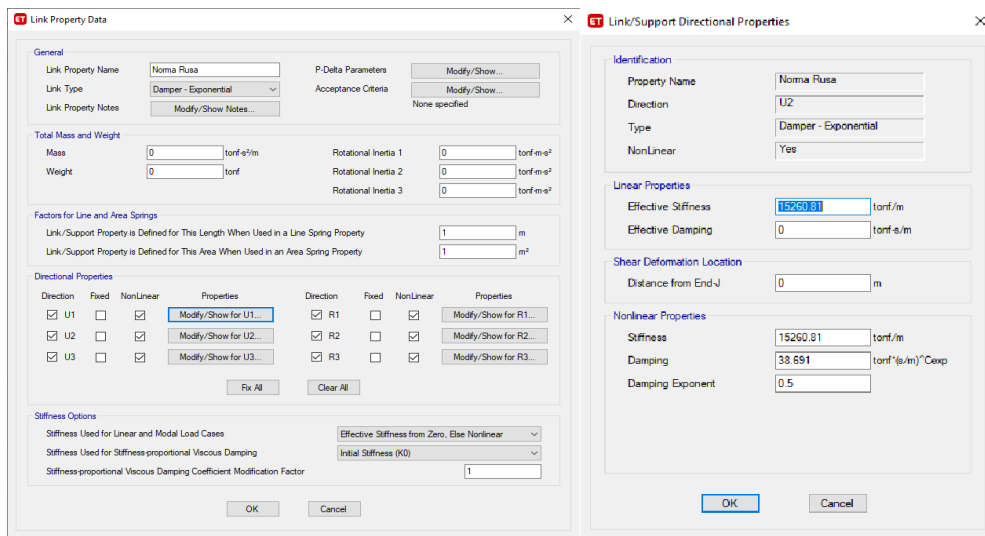
*Coefficientes de Amortiguamiento Modelo Dinámico Norma Rusa*

	Zapata	$B_x \left( T * \frac{s}{m} \right)$	$B_y \left( T * \frac{s}{m} \right)$	$B_z \left( T * \frac{s}{m} \right)$	$B_{\phi x} (T*s*m)$	$B_{\phi y} (T*s*m)$	$B_{\phi z} (T*s*m)$
<b>Suelo Granular (S2)</b>	<b>Z1</b>	48.243	48.243	96.101	6.366	10.764	5.7
	<b>Z2</b>	86.837	86.837	172.983	30.333	19.376	18.107
	<b>Z3</b>	182.25	182.25	363.05	255.198	40.665	119.103
	<b>Z4a</b>	100.773	100.773	200.745	15.648	69.621	32.734
	<b>Z4b</b>	42.882	42.882	85.423	6.659	6.659	4.271
	<b>Z4c</b>	180.105	180.105	358.779	37.543	266.79	122.792
	<b>Z5</b>	8.576	8.576	17.085	0.384	0.503	0.175
	<b>Z6</b>	115.782	115.782	230.643	35.31	48.866	31.656
	<b>Z7</b>	182.25	182.25	363.05	40.665	255.198	119.103
	<b>Z8</b>	120.07	120.07	239.186	61.435	32.483	35.639
<b>Z9</b>	86.837	86.837	172.983	30.333	19.376	18.107	
<b>Z10</b>	48.243	48.243	96.101	6.366	10.764	5.7	
<b>Suelo Cohesivo (S3)</b>	<b>Z1</b>	28.811	28.811	57.393	3.802	6.429	3.404
	<b>Z2</b>	51.22	51.22	102.032	17.501	11.429	10.516
	<b>Z3</b>	108.842	108.842	216.818	152.408	24.286	71.13
	<b>Z4a</b>	60.183	60.183	119.888	9.345	41.578	19.549
	<b>Z4b</b>	25.61	25.61	51.016	3.977	3.977	2.551
	<b>Z4c</b>	107.561	107.561	214.267	22.421	159.331	73.333
	<b>Z5</b>	5.122	5.122	10.203	0.229	0.301	0.105
	<b>Z6</b>	69.147	69.147	137.743	21.088	29.183	18.905
	<b>Z7</b>	108.842	108.842	216.818	24.286	152.408	71.13
	<b>Z8</b>	71.708	71.708	142.845	36.69	19.399	21.284
<b>Z9</b>	71.708	71.708	142.845	36.69	19.399	21.284	
<b>Z10</b>	28.811	28.811	57.393	3.802	6.429	3.404	

**b. Incorporación Interacción Suelo Estructura Norma Rusa en el programa Etabs.**

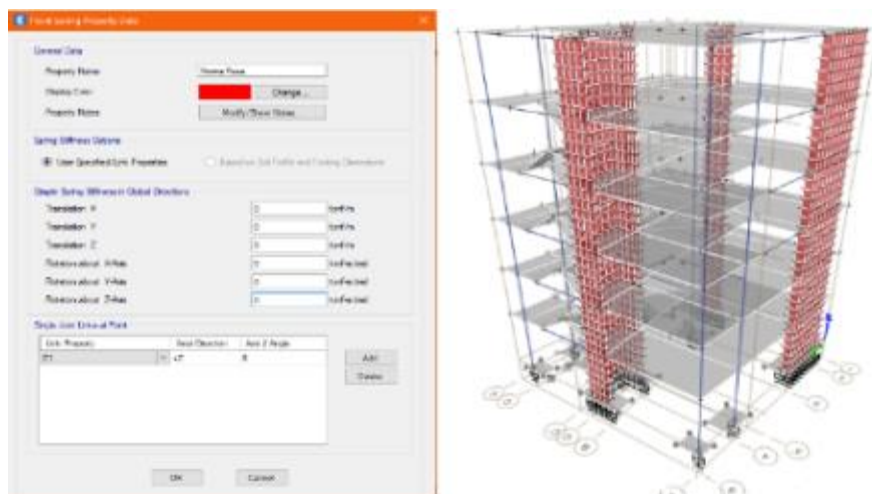
Para incorporar los efectos de la Interacción se definió el Enlace tipo (Damper – Exponencial). Esto permitió asignar los coeficientes de rigidez y amortiguamiento del suelo a cada una de las seis direcciones que se tomaron en consideración. Para asignar el suelo al modelo, se vinculó a las propiedades mediante el comando “Single joint Links at points”. Además, que el tipo de apoyo y los atributos se han cambiado respecto al Modelo D.D. Barkan -O.A. Savinov.

- A continuación se dan las definiciones de rigidez y amortiguamiento para cada una de las seis direcciones de análisis:



*Figura 84:*  
Definición de Amortiguamiento, Rigidez del Suelo propiedad Link

- Y, Finalmente Como puede verse a continuación, se asignó el enlace directamente al modelo, con la rigidez y la amortiguación como soportes.



*Figura 85:*  
Incorporación de la I.S.E. Modelo Dinámico Norma Rusa.

### 4.3.2. Estimación de la variación en los asentamientos, en el comportamiento Estructural de un Edificio, en suelos heterogéneos, considerando Interacción Suelo – Estructura.

Análisis de la cimentación de la estructura:

Para este análisis para el caso de un modelo idealizado perfectamente empotrado y considerando I.S.E. Las zapatas sufren deformación y asentamiento tanto para suelo granular y cohesivo.

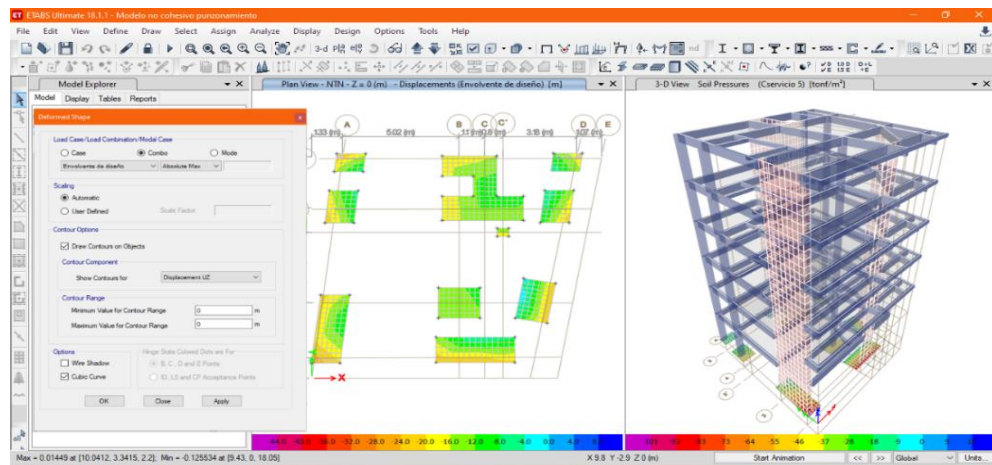


Figura 86:  
Gráfica en planta y elevación de zapata – nudo - resorte

#### 1. Creación de las combinaciones de carga.

Se han creado 2 pares de combinaciones de carga las cuales son:

- Para el cálculo de presiones

Tabla 69:

*Combinaciones de carga para cálculo de presiones*

C1	<b>CM + CV</b>
C2	CM + CV + 0.8CSX
C3	CM + CV - 0.8CSX
C4	CM + CV + 0.8CSY
C5	CM + CV - 0.8CSY

- Para el diseño:

Tabla 70:

*Combinaciones de carga para diseño*

C1	<b>1.4CM+1.7CV</b>	<b>C3X+</b>	<b>0.9CM+CSEX</b>
C2X+	1.25(CM+CV)+CSEX	C3X-	0.9CM-CSEX
C2X-	1.25(CM+CV)-CSEX	C3Y+	0.9CM+CSEY
C2Y+	1.25(CM+CV)+CSEY	C3Y-	0.9CM-CSEY
C2Y-	1.25(CM+CV)-CSEY		

#### 4.3.2.1. Discretización de las zapatas.

Se tiene que hacer un discretizado adecuado de las zapatas y una transferencia de cargas adecuada de los elementos “Frame” a las zapatas, además, se le ha agregado un módulo de balasto a las zapatas.

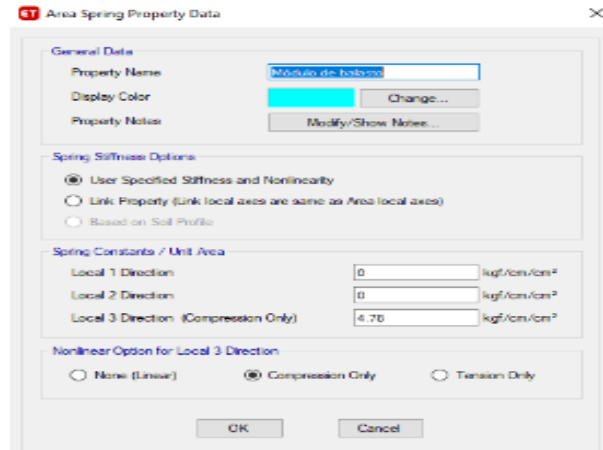


Figura 87:  
Asignación del módulo de balasto

Discretizando se tiene:

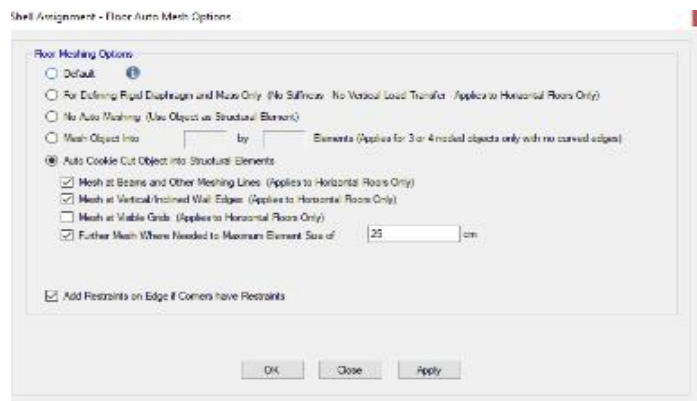


Figura 88:  
Discretización de zapatas

Transferencia de cargas.

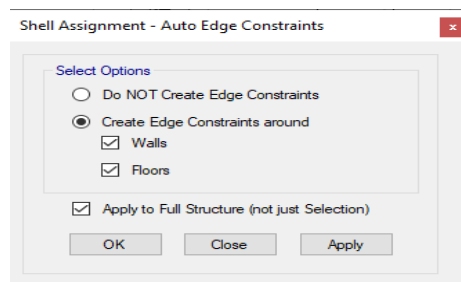


Figura 89:  
Transferencias de cargas



Se verificó los esfuerzos producidos debido a 5 combinaciones y son:

Tabla 71:

*Combinaciones de carga para cálculo de presiones*

C1	<b>CM + CV</b>
C2	CM + CV + 0.8CSX
C3	CM + CV – 0.8CSX
C4	CM + CV + 0.8CSY
C5	CM + CV – 0.8CSY

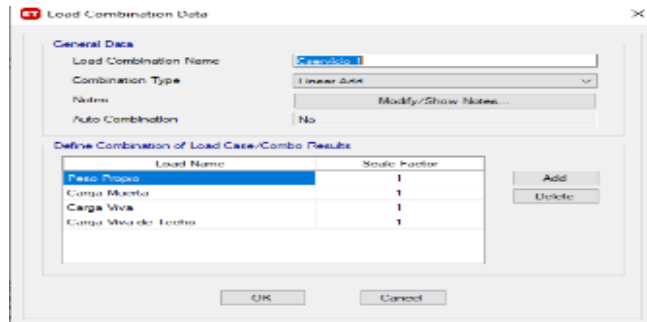


Figura 90:  
Combinación de cargas

**4.3.2.2. Resultado de esfuerzos en las zapatas aisladas.**

Se realizó el, modelamiento 1 en el cual se ha considerado el dibujo de las zapatas, asignándose el módulo de balasto vertical y las restricciones traslacionales en X e Y. Y la segunda en donde no se ha modelado la cimentación, siendo el método convencional de ISE, notándose diferencias en el comportamiento estructural.

**a. Resultados para análisis en suelo No cohesivo Modelo D.D. Barkan - O.A. Savinov**

Tabla 72:

*Esfuerzos en zapatas modelo D.D. Barkan - O.A. Savinov – S2*

<b>Presiones mínimas y máximas en zapatas aisladas</b>		
<b>Modelo Dinámico D.D. Barkan - O.A. Savinov</b>		
Presión mínima	0.763	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>
Presión máxima	2.114	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>
Presión admisible	2.39	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>

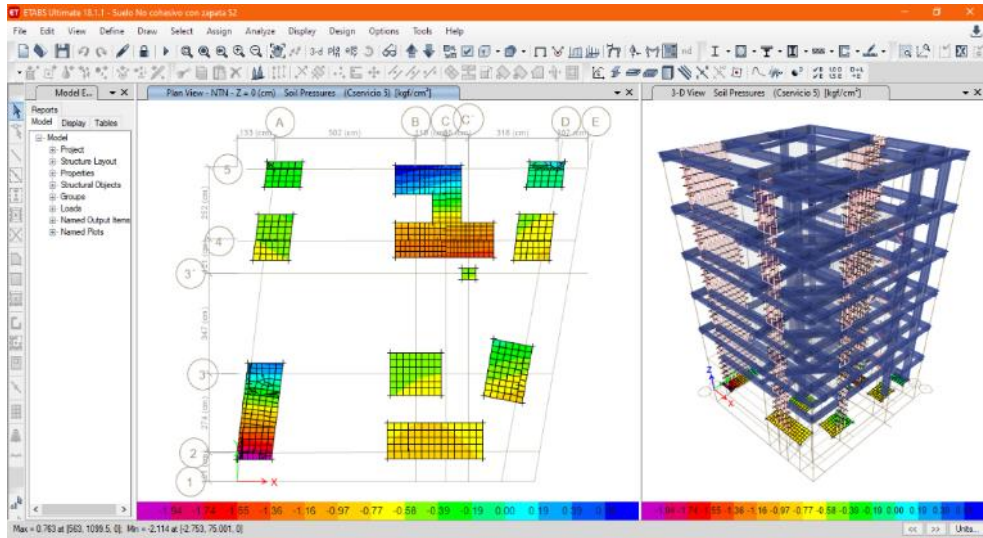


Figura 91:  
Distribución de esfuerzos modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov-S2

**b. Resultados para análisis en suelo Cohesivo Modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov**

Tabla 73:  
*Esfuerzos en zapatas modelo D.D. Barkan - O.A. Savinov - S3.*

Presiones mínimas y máximas en zapatas aisladas		
Modelo Dinámico D.D. Barkan - O.A. Savinov		
Presión mínima	0.259	$Kg/cm^2$
Presión máxima	1.284	$Kg/cm^2$
Presión admisible	0.590	$Kg/cm^2$

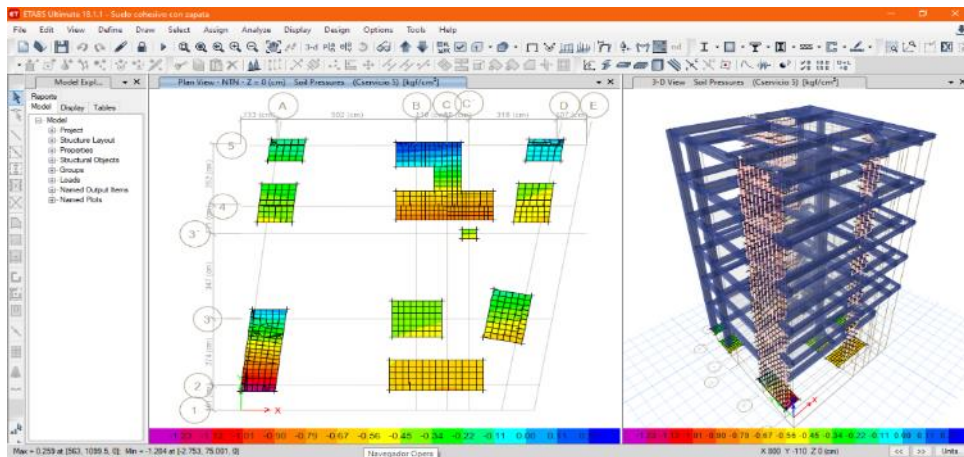


Figura 92:  
Distribución de esfuerzos modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov-S3

**c. Resultados para análisis en suelo Granular Modelo Norma Rusa**

Tabla 74:  
*Esfuerzos en zapatas modelo Norma Rusa – S2*

Presiones mínimas y máximas en zapatas aisladas		
---	--	--

Modelo Dinámico Norma Rusa		
Presión mínima	0.603	$Kg/cm^2$
Presión máxima	1.437	$Kg/cm^2$
Presión admisible	2.39	$Kg/cm^2$

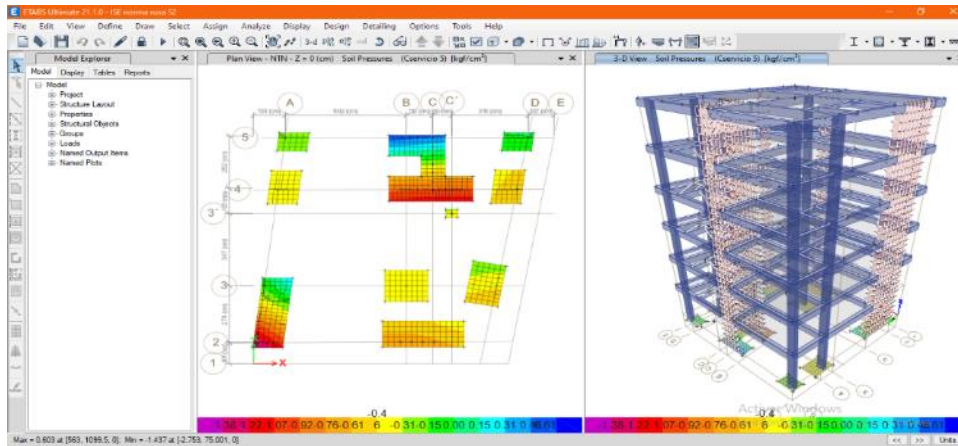


Figura 93:  
Distribución de esfuerzos modelo Norma Rusa - S2

#### d. Resultados para análisis en suelo Cohesivo Modelo Norma Rusa

Tabla 75:  
Esfuerzos en zapatas modelo Norma Rusa – S3

Presiones mínimas y máximas en zapatas aisladas		
Modelo Dinámico Norma Rusa		
Presión mínima	0.944	$Kg/cm^2$
Presión máxima	3.137	$Kg/cm^2$
Presión admisible	0.590	$Kg/cm^2$

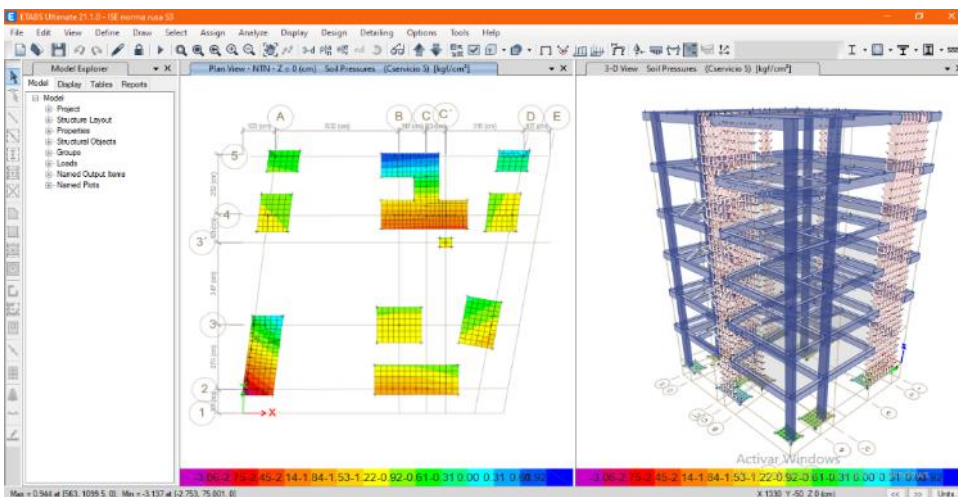


Figura 94:  
Distribución de esfuerzos modelo Norma Rusa – S3

#### 4.3.2.3. Cálculo del Punzonamiento.

Se muestran los cálculos en la Tabla 76

Tabla 76:

*Cálculo del punzonamiento para suelo granular y cohesivo*

SUELO GRANULAR	SUELO COHESIVO
<p><b>1. DISEÑO DE ZAPATA POR EXCENRICIDAD (e&lt;B/6)</b></p> <p>CM=77.22 tonnef                      Mycm= -1.04 tonnef.m  CV=14.85 tonnef                      Mycm= -0.35 tonnef.m  Csx=(-20.33) tonnef                  Mycm= -0.085 tonnef.m  Csy=(3.3471) tonnef                  Mycm= -6.59 tonnef.m</p>	<p><b>2. DISEÑO DE ZAPATA POR EXCENRICIDAD (e&lt;B/6)</b></p> <p>CM=80.11 tonnef                      Mycm= -1.066 tonnef.m  CV=15.95 tonnef                      Mycm= -0.337 tonnef.m  Csx=(-23.56) tonnef                  Mycm= -0.059 tonnef.m  Csy=(8.548) tonnef                  Mycm= -6.61 tonnef.m</p>
<p><b>3. COMBINACIONES PARA EL DISEÑO</b></p> <p>Comb1=1.4CM-1.7CV=133.353 tonnef      M1=1.4Mycm+1.7Mycv= -2.051 tonnef.m  Comb2 = 1.25 (CM+ CV)+Csx =94.758 tonnef      M2=(Mycm+Mycv)*1.25+Mysx=-1.653 t.m  Comb3 = 1.25 (CM+ CV)-Csx =135.418 tonnef      M3=1.25*(Mycm+Mycv)-Mysx= -1.823 t.m  Comb4 = 1.25 (CM+ CV)+Csy =118.435 tonnef      M4=(Mycm+Mycv)*1.25+Mysy= -8.328 t.m  Comb5 = 1.25 (CM+ CV)-Csy =111.74 tonnef      M5=(Mycm+Mycv)*1.25-Mysx= 4.853 tf.m  Comb6 = 0.9 CM + Csx =49.168 tonnef              M6=0.9 Mycm+Myxc = -0.851 tonnef.m  Comb7 = 0.9 CM - Csx =89.828 tonnef              M7=0.9 Mycm-Myxc = -1.021 tonnef.m  Comb8 = 0.9 CM + Csy =72.845 tonnef              M8=0.9 Mycm+Mycy = -7.526 tonnef.m  Comb9 = 0.9 CM - Csy =66.151 tonnef              M9=0.9 Mycm-Mycy = 5.654 tonnef.m</p> <p>B = 1.8 m  T = 1.50 m                              C=B/2=0.9m  hz = 0.5 m                              I=T*B<sup>3</sup>/12=0.729m<sup>4</sup>  A = B*T=2.7 m<sup>2</sup>                          t=50cm    b=25cm  Yc=2.4 tonnef/m<sup>3</sup>                          m= <math>\frac{(B-t)}{2}</math>=0.65m  Padm= Yc*A*hz=3.24 tonnef</p> <p><b>CALCULO DEL ESFUERZO (P/A)</b></p> <p><math>\sigma_0 = \frac{(Comb1+Pad)}{A} + M_1 \cdot \frac{C}{I} = 4.806 \frac{kgf}{cm^2}</math>      <math>\sigma_{1b} = \frac{(Comb1+Pad)}{A} - M_1 \cdot \frac{C}{I} = 5.312 \frac{kgf}{cm^2}</math>  <math>\sigma_{2a} = \frac{(Comb2+Pad)}{A} + M_2 \cdot \frac{C}{I} = 3.426 \frac{kgf}{cm^2}</math>      <math>\sigma_{2b} = \frac{(Comb2+Pad)}{A} - M_2 \cdot \frac{C}{I} = 3.834 \frac{kgf}{cm^2}</math>  <math>\sigma_{3a} = \frac{(Comb3+Pad)}{A} + M_3 \cdot \frac{C}{I} = 4.91 \frac{kgf}{cm^2}</math>      <math>\sigma_{3b} = \frac{(Comb3+Pad)}{A} + M_3 \cdot \frac{C}{I} = 5.36 \frac{kgf}{cm^2}</math>  <math>\sigma_{4a} = \frac{(Comb4+Pad)}{A} + M_4 \cdot \frac{C}{I} = 3.478 \frac{kgf}{cm^2}</math>      <math>\sigma_{diseño} = \frac{(Comb4+Pad)}{A} + M_4 \cdot \frac{C}{I} = 5.535 \frac{kgf}{cm^2}</math>  <math>\sigma_{5a} = \frac{(Comb5+Pad)}{A} + M_5 \cdot \frac{C}{I} = 4.858 \frac{kgf}{cm^2}</math>      <math>\sigma_{5b} = \frac{(Comb5+Pad)}{A} + M_5 \cdot \frac{C}{I} = 3.659 \frac{kgf}{cm^2}</math>  <math>\sigma_{6a} = \frac{(Comb6+Pad)}{A} + M_6 \cdot \frac{C}{I} = 1.836 \frac{kgf}{cm^2}</math>      <math>\sigma_{6b} = \frac{(Comb6+Pad)}{A} + M_6 \cdot \frac{C}{I} = 2.046 \frac{kgf}{cm^2}</math></p>	<p><b>4. COMBINACIONES PARA EL DISEÑO</b></p> <p>Comb1=1.4CM-1.7CV=139.269 tonnef      M1=1.4Mycm+1.7Mycv= -2.065 tonnef.m  Comb2 = 1.25 (CM+ CV)+Csx =96.515 tonnef      M2=(Mycm+Mycv)*1.25+Mysx= -1.695 t.m  Comb3 = 1.25 (CM+ CV)-Csx =143.635 tonnef      M3=1.25*(Mycm+Mycv)-Mysx= -1.813 t.m  Comb4 = 1.25 (CM+ CV)+Csy =128.623 tonnef      M4=(Mycm+Mycv)*1.25+Mysy= -8.364 t.m  Comb5 = 1.25 (CM+ CV)-Csy =111.527 tonnef      M5=(Mycm+Mycv)*1.25-Mysx= 4.856 tf.m  Comb6 = 0.9 CM + Csx =48.539 tonnef              M6=0.9 Mycm+Myxc = -0.900 tonnef.m  Comb7 = 0.9 CM - Csx =95.659 tonnef              M7=0.9 Mycm-Myxc = -1.018 tonnef.m  Comb8 = 0.9 CM + Csy =80.647 tonnef              M8=0.9 Mycm+Mycy = -7.569 tonnef.m  Comb9 = 0.9 CM - Csy =63.551 tonnef              M9=0.9 Mycm-Mycy = 5.651 tonnef.m</p> <p>B = 1.8 m  T = 1.50 m                              C=B/2=0.9m  hz = 0.5 m                              I=T*B<sup>3</sup>/12=0.729m<sup>4</sup>  A = B*T=2.7 m<sup>2</sup>                          t=50cm    b=25cm  Yc=2.4 tonnef/m<sup>3</sup>                          m= <math>\frac{(B-t)}{2}</math>=0.65m  Padm= Yc*A*hz=3.24 tonnef</p> <p><b>CALCULO DEL ESFUERZO (P/A)</b></p> <p><math>\sigma_0 = \frac{(Comb1+Pad)}{A} + M_1 \cdot \frac{C}{I} = 5.023 \frac{kgf}{cm^2}</math>      <math>\sigma_{1b} = \frac{(Comb1+Pad)}{A} - M_1 \cdot \frac{C}{I} = 5.533 \frac{kgf}{cm^2}</math>  <math>\sigma_{2a} = \frac{(Comb2+Pad)}{A} + M_2 \cdot \frac{C}{I} = 3.485 \frac{kgf}{cm^2}</math>      <math>\sigma_{2b} = \frac{(Comb2+Pad)}{A} - M_2 \cdot \frac{C}{I} = 3.904 \frac{kgf}{cm^2}</math>  <math>\sigma_{3a} = \frac{(Comb3+Pad)}{A} + M_3 \cdot \frac{C}{I} = 5.216 \frac{kgf}{cm^2}</math>      <math>\sigma_{3b} = \frac{(Comb3+Pad)}{A} + M_3 \cdot \frac{C}{I} = 5.664 \frac{kgf}{cm^2}</math>  <math>\sigma_{4a} = \frac{(Comb4+Pad)}{A} + M_4 \cdot \frac{C}{I} = 3.851 \frac{kgf}{cm^2}</math>      <math>\sigma_{diseño} = \frac{(Comb4+Pad)}{A} + M_4 \cdot \frac{C}{I} = 5.916 \frac{kgf}{cm^2}</math>  <math>\sigma_{5a} = \frac{(Comb5+Pad)}{A} + M_5 \cdot \frac{C}{I} = 4.85 \frac{kgf}{cm^2}</math>      <math>\sigma_{5b} = \frac{(Comb5+Pad)}{A} + M_5 \cdot \frac{C}{I} = 3.651 \frac{kgf}{cm^2}</math>  <math>\sigma_{6a} = \frac{(Comb6+Pad)}{A} + M_6 \cdot \frac{C}{I} = 1.807 \frac{kgf}{cm^2}</math>      <math>\sigma_{6b} = \frac{(Comb6+Pad)}{A} + M_6 \cdot \frac{C}{I} = 2.029 \frac{kgf}{cm^2}</math></p>

$$\sigma_{7a} = \frac{(\text{Comb7} + \text{Pad})}{A} + M_7 \cdot \frac{C}{I} = 3.321 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \sigma_{7b} = \frac{(\text{Comb7} + \text{Pad})}{A} + M_7 \cdot \frac{C}{I} = 3.573 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{8a} = \frac{(\text{Comb8} + \text{Pad})}{A} + M_8 \cdot \frac{C}{I} = 1.889 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \sigma_{8b} = \frac{(\text{Comb8} + \text{Pad})}{A} + M_8 \cdot \frac{C}{I} = 3.747 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{9a} = \frac{(\text{Comb9} + \text{Pad})}{A} + M_9 \cdot \frac{C}{I} = 3.268 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \sigma_{9b} = \frac{(\text{Comb9} + \text{Pad})}{A} + M_9 \cdot \frac{C}{I} = 1.872 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$d = h_z - 7.5 \text{ cm} - \frac{5}{8} * 2.54 \text{ cm} = 0.409$$

$$f'c = 210 \text{ Kgf/cm}^2 \quad fy = 4200 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{7a} = \frac{(\text{Comb7} + \text{Pad})}{A} + M_7 \cdot \frac{C}{I} = 3.537 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \sigma_{7b} = \frac{(\text{Comb7} + \text{Pad})}{A} + M_7 \cdot \frac{C}{I} = 3.789 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{8a} = \frac{(\text{Comb8} + \text{Pad})}{A} + M_8 \cdot \frac{C}{I} = 2.172 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \sigma_{8b} = \frac{(\text{Comb8} + \text{Pad})}{A} + M_8 \cdot \frac{C}{I} = 4.041 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{9a} = \frac{(\text{Comb9} + \text{Pad})}{A} + M_9 \cdot \frac{C}{I} = 3.171 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \sigma_{9b} = \frac{(\text{Comb9} + \text{Pad})}{A} + M_9 \cdot \frac{C}{I} = 1.776 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$d = h_z - 7.5 \text{ cm} - \frac{5}{8} * 2.54 \text{ cm} = 0.409$$

$$f'c = 210 \text{ Kgf/cm}^2 \quad fy = 4200 \text{ Kgf/cm}^2$$

## 5. DISEÑO POR CORTANTE

### 5.1 cortante en una dirección:

$$Va = (m - d) * B * \sigma_{DISEÑO} = 23.996 \text{ Tonnef}$$

$$V_n = 0.53 * \sqrt[2]{\frac{f'c}{\text{kgf/cm}^2}} * \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * B * d = 56.561 \text{ tonnef}$$

$$V_{ur} = 0.85 * V_n = 48.077 \text{ Tonnef} \quad \frac{Va}{V_{ur}} = 0.499$$

### 5.2 Cortante en 2 direcciones (Punzonamiento) = 2.7 m<sup>2</sup>

$$\text{Acrítica} = (b + d) * (t + d) = 0.599 \text{ m}^2$$

$$\text{Apunzonamiento} = A - \text{Acrítica} = 2.101 \text{ m}^2$$

$$Va = \text{Apunzonamiento} * \sigma_{DISEÑO} = 116.268 \text{ Tonnef}$$

### 5.3 Cortantes resistentes: $\phi = 0.5$ ; $\alpha = 40$ ; $\beta = \frac{t}{b} = 2$ ; $bo = 3.137 \text{ m}$ .

$$Vc1 = \phi c * 0.53 * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) * \sqrt[2]{\frac{f'c}{\text{kgf/cm}^2}} * \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * bo * d = 167.547 \text{ tonnef}$$

$$Vc2 = \phi c * 0.53 * \left(2 + \frac{\alpha \cdot d}{bo}\right) * \sqrt[2]{\frac{f'c}{\text{kgf/cm}^2}} * \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * bo * d$$

$$= 308.025 \text{ tonnef}$$

$$Vc3 = \phi c * 1.06 * \sqrt[2]{\frac{f'c}{\text{kgf/cm}^2}} * \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * bo * d = 167.547 \text{ tonnef}$$

$$\frac{Va}{Vc3} = 0.694$$

## 6. DISEÑO POR CORTANTE

### 6.1 cortante en una dirección:

$$Va = (m - d) * B * \sigma_{DISEÑO} = 25.652 \text{ Tonnef}$$

$$V_n = 0.53 * \sqrt[2]{\frac{f'c}{\text{kgf/cm}^2}} * \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * B * d = 56.561 \text{ tonnef}$$

$$V_{ur} = 0.85 * V_n = 48.077 \text{ Tonnef} \quad \frac{Va}{V_{ur}} = 0.534$$

### 6.2 Cortante en 2 direcciones (Punzonamiento) = 2.7 m<sup>2</sup>

$$\text{Acrítica} = (b + d) * (t + d) = 0.599 \text{ m}^2$$

$$\text{Apunzonamiento} = A - \text{Acrítica} = 2.101 \text{ m}^2$$

$$Va = \text{Apunzonamiento} * \sigma_{DISEÑO} = 124.29 \text{ Tonnef}$$

### 6.3 Cortantes resistentes: $\phi = 0.5$ ; $\alpha = 40$ ; $\beta = \frac{t}{b} = 2$ ; $bo = 3.137 \text{ m}$ .

$$Vc1 = \phi c * 0.53 * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) * \sqrt[2]{\frac{f'c}{\text{kgf/cm}^2}} * \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * bo * d = 167.547 \text{ tonnef}$$

$$Vc2 = \phi c * 0.53 * \left(2 + \frac{\alpha \cdot d}{bo}\right) * \sqrt[2]{\frac{f'c}{\text{kgf/cm}^2}} * \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * bo * d = 308.025 \text{ tonnef}$$

$$Vc3 = \phi c * 1.06 * \sqrt[2]{\frac{f'c}{\text{kgf/cm}^2}} * \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * bo * d = 167.547 \text{ tonnef}$$

$$\frac{Va}{Vc3} = 0.742$$

El programa calcula el punzonamiento para zapatas aisladas. Para el cálculo del punzonamiento, los resultados de  $V_a$ ,  $V_{c3}$  y  $\frac{V_a}{V_{c3}}$  se muestran:

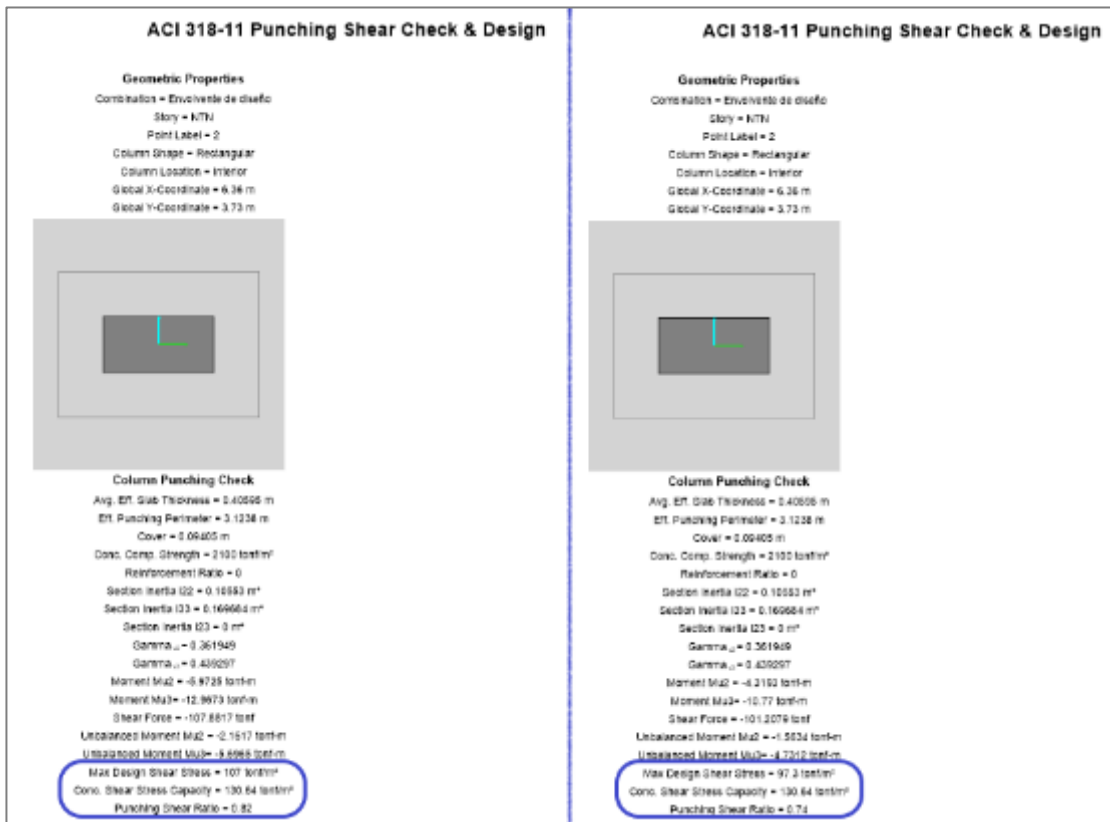


Figura 95:  
Verificación por punzonamiento en zapata Z5

En este caso se calcula el cortante último actuante y se comparó con el cortante último resistente en 2 direcciones, y se tiene la  $\text{ratio} > 1$ .

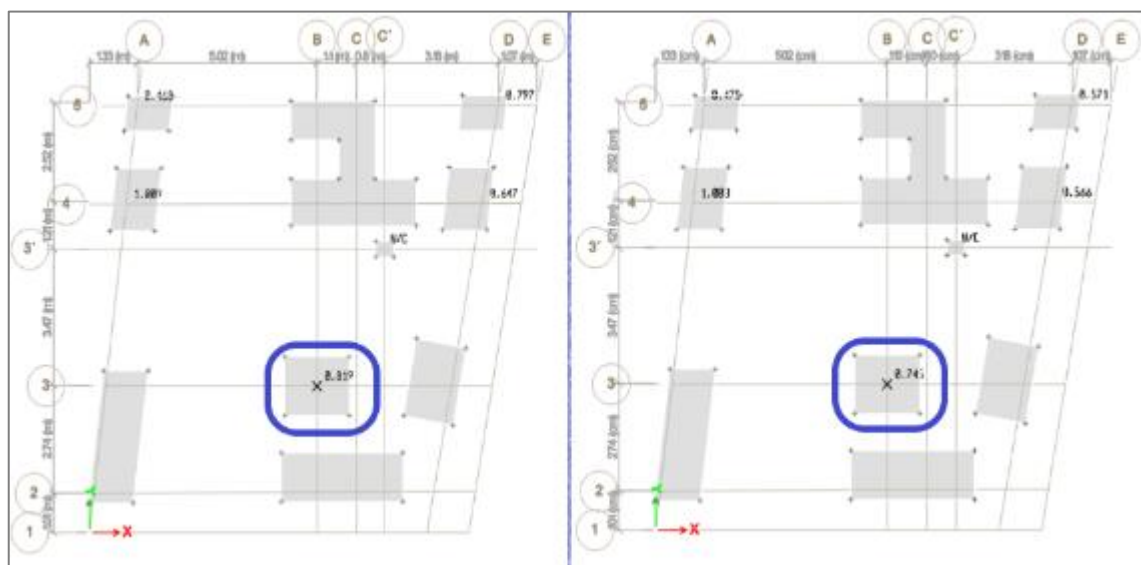


Figura 96:  
Verificación de los valores de punzonamiento en la cimentación

Tabla 77:  
Control por punzonamiento

SUELO GRANULAR		SUELO COHESIVO	
Zapata	Punzonamiento	Zapata	Punzonamiento
Z1	0.113	Z1	0.148
Z2	<b>1.009</b>	<b>Z2</b>	<b>1.003</b>
Z3	0.468	Z3	0.475
Z4	NC	Z4	NC
Z5	0.819	Z5	0.745
Z6	NC	Z6	NC
Z7	NC	Z7	NC
Z8	NC	Z8	NC
Z9	0.647	Z9	0.566
Z10	0.797	Z10	0.571

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.2.4. Cálculo de los asentamientos en cada zapata.

Gráficamente se verificó el asentamiento máximo para la zapata, siendo no constante debido a las presiones, asimismo asentamiento máximo y mínimo. A simple vista, de acuerdo al diagrama de colores de la cimentación, se obtuvieron el asentamiento máximo y mínimo.

##### a) Cálculo con análisis convencional en suelo cohesivo S3

Para este análisis por tratarse de un modelo idealizado perfectamente empotrado las zapatas no sufren ninguna deformación ni asentamiento.

##### b) Cálculo con Interacción suelo-estructura en suelo cohesivo S3

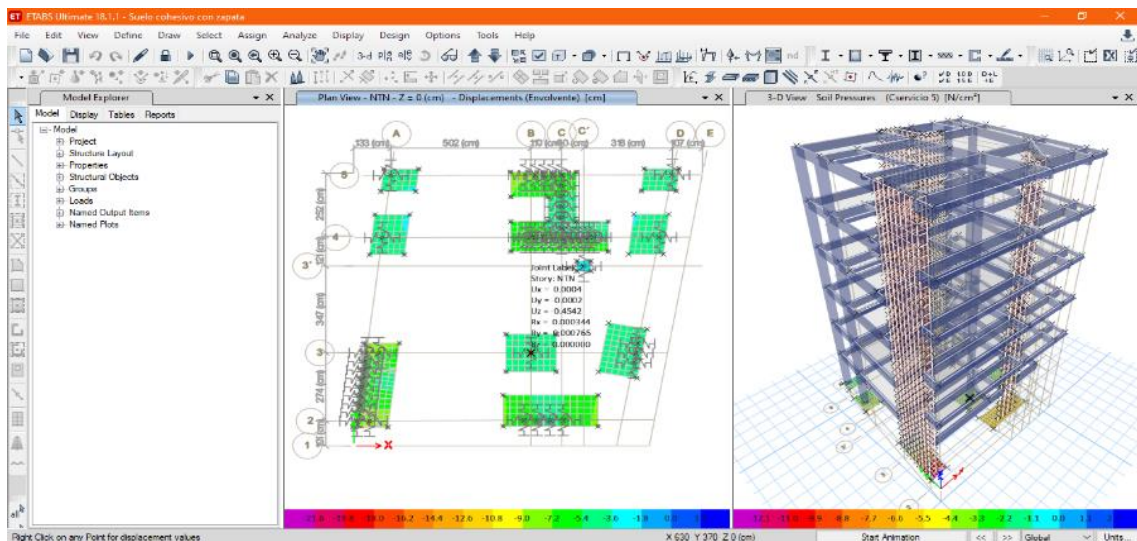


Figura 97:

Gráfica de asentamientos considerando I.S.E-suelo cohesivo S3

c) Cálculo con análisis convencional en suelo granular S2

Para este análisis por tratarse de un modelo idealizado perfectamente empotrado las zapatas no sufren ninguna deformación ni asentamiento.

d) Cálculo con Interacción suelo-estructura en suelo granular S2

La gráfica muestra los siguientes resultados obtenidos siendo:

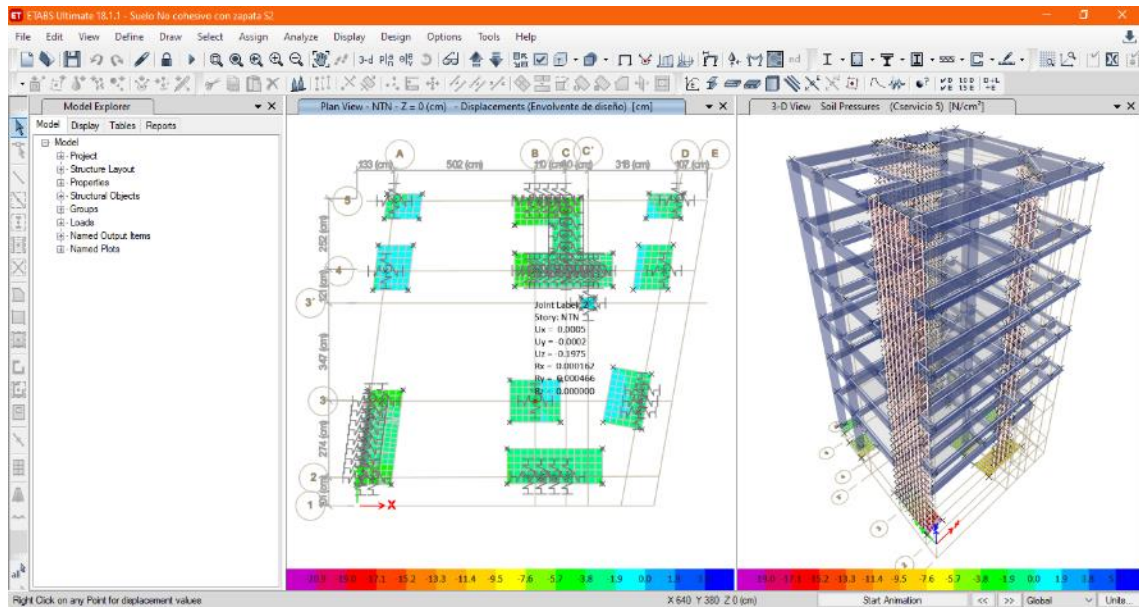


Figura 98:

Gráfica de asentamientos considerando I.S.E.- suelo granular S2

Tabla 78:

Valores de los asentamientos en zapatas con ISE

Asentamientos en zapatas para suelos heterogéneos								
	Modelo dinámico ISE D.D. Barkan – O.A. Savinov				Modelo dinámico ISE Norma Rusa			
	Suelos granulares		Suelos cohesivos		Suelos granulares		Suelos cohesivos	
Zapata	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)
Z1	0.276	<b>0.46</b>	0.63	1.02	0.0779	0.1311	<b>0.1514</b>	0.3537
Z2	0.19	0.19	0.44	0.45	0.0765	0.1151	0.1617	0.3054
Z3	0.1986	0.1986	0.51	0.51	0.2326	0.3	0.4798	<b>0.6564</b>
Z4	0.245	0.3	0.597	0.77	0.1348	<b>0.2599</b>	0.2845	0.5257
Z5	0.22	0.22	0.5	0.52	<b>0.0535</b>	0.0964	0.1735	0.2791
Z6	0.114	0.114	<b>0.3653</b>	0.3653	0.1031	0.1233	0.2311	0.2918
Z7	0.29	0.456	0.563	<b>0.97</b>	0.1457	0.1863	0.2662	0.4363
Z8	<b>0.0786</b>	0.087	0.5	0.54	0.0964	0.1376	0.1836	0.3392
Z9	0.21	0.21	0.52	0.52	0.0977	0.1535	0.1833	0.324
Z10	0.23	0.23	0.59	0.59	0.0989	0.1915	0.1699	0.4355

Fuente: Elaboración propia.



Para el desarrollo de esta sección se utilizó el módulo del Winkler en Etabs 2018.

Esf Adm (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Winkler (Kg/Cm <sup>3</sup> )	Esf Adm (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Winkler (Kg/Cm <sup>3</sup> )	Esf Adm (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Winkler (Kg/Cm <sup>3</sup> )
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		

Figura 99:

Cuadro de valores para módulo de balasto (Winkler)

Según la tabla de módulos de balasto (Nelson Morrison) se obtuvo:

Tipo de suelo	Esfuerzo admisible	/ Módulo de Winkler
Suelo Granular	2.39 kg/cm <sup>2</sup>	/ 4.78 kg/cm <sup>3</sup> 4780 T/m <sup>3</sup>
Suelo cohesivo	0.59 kg/cm <sup>2</sup>	/ 1.47 kg/cm <sup>3</sup> 1470 T/m <sup>3</sup>

Tabla 79:

Valores de los asentamientos en zapatas método convencional

Asentamientos en zapatas para suelos heterogéneos				
Zapata	Suelos granulares		Suelos cohesivos	
	Asentamiento mínimo (cm)	Asentamiento máximo (cm)	Asentamiento mínimo (cm)	Asentamiento máximo (cm)
Z1	-	<b>0.39</b>	-	<b>0.925</b>
Z2	-	0.18	-	0.4462
Z3	-	0.1876	-	0.4867
Z4	-	0.299	-	0.7624
Z5	-	0.19	-	0.51
Z6	-	0.11	-	0.35
Z7	-	0.35	-	0.81
Z8	-	0.2	-	0.53
Z9	-	0.18	-	0.47
Z10	-	0.21	-	0.54

### 4.3.3. Cuantificación de la alteración en las deformaciones de losas aligeradas, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura.

Para el desarrollo de esta sección se utilizó el programa Safe 2020 para los cálculos

#### 4.3.3.1. Análisis convencional - empotrado

Se requiere determinar la inercia efectiva del elemento, que representa el punto intermedio entre la inercia de la sección bruta y la inercia de la sección fisurada, Mediante la expresión dada en Ec. 4.34:

$$\Delta = \frac{5WL^4}{384 E_s I} \quad (\text{Ec. 4.34})$$

Donde:

- L: luz libre,
- I: inercia.
- Es: módulo de elasticidad
- W: carga distribuida
- L : Luz entre columnas

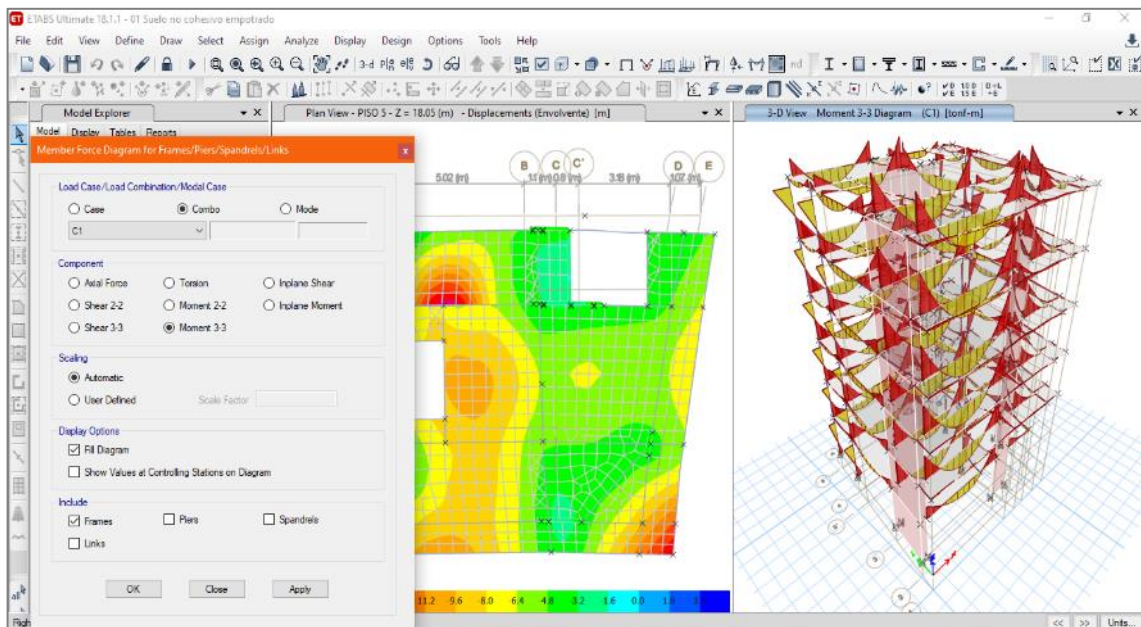


Figura 100:  
Diagrama de momentos por combinación C1

Del programa se tiene que:

Tabla 80:  
Metrado de cargas por vigueta

Metrado de cargas:		
Carga Muerta	Peso Propio Aligerado	300 kg/m <sup>2</sup>
	Tabiquería	200 kg/m <sup>2</sup>
	Acabados	100 kg/m <sup>2</sup>
	Carga muerta total	600 kg/m <sup>2</sup>
Carga Viva	Peso propio de Techo	200 kg/m <sup>2</sup>
	Carga viva (SC) para hoteles	200 kg/m <sup>2</sup>
	Carga muerta en losa: 600*0.4	240 kg/m
	Carga viva en losa: 200*0.4	50 kg/m
Mayoración De Carga Viva Y Carga Muerta	Carga muerta ultima (Wcm)	1.40 * 600 = 840 kg/m
	Carga ultima viva (Wcv)	1.70 * 200 = 340 kg/m
	Carga muerta ultima por vigueta (Wcmv)	0.40 * 800 = 320 kg/m
	Carga viva ultima vigueta (0.40m) (Wcv)	0.40 * 340 = 136 kg/m
Carga última	Carga ultima (Wu)	320+136=456 kg/m.

Las cargas mayoradas serán alternadas para todos los estados de carga. Se muestran los diagramas de momentos en losa aligerada

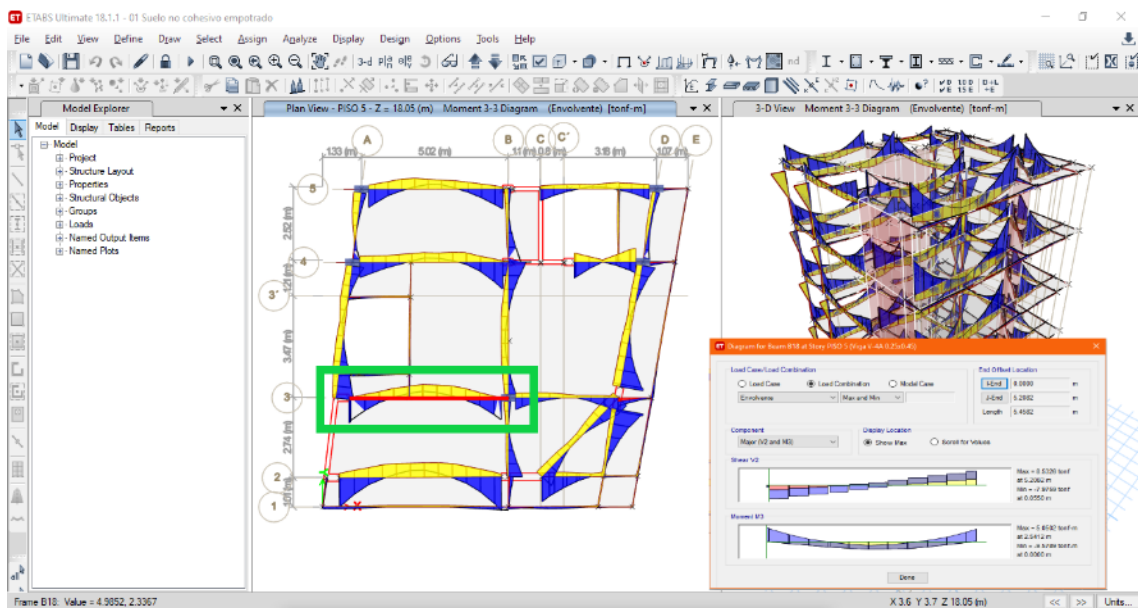


Figura 101:  
Sección de franja de losa más crítico para análisis

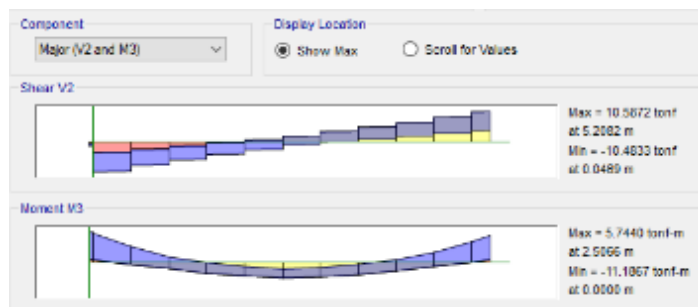


Figura 102:  
Envolvente final de combinaciones de carga en eje 3-3

Según indica el código ACI 318, al calcular deflexiones de una losa apoyada en vigas agrietadas, se calcula antes el acero de refuerzo. Luego se calculó el acero mínimo para el análisis con acero longitudinal de 5/8", su peralte efectivo es:  $d=25\text{cm} - (2+1.27/2) = 22.365\text{ cm}$  y base 10 cm.

$$\rho_{min} = \frac{0.7\sqrt{f'c}}{f_y} \quad (\text{Ec. 4.35})$$

$$\rho_{min} = \frac{0.7\sqrt{\frac{210\text{kg}}{\text{cm}^2}}}{\frac{4200\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 0.0024$$

$$A_{min} = \rho_{min} b * h = 0.0024 * 10\text{cm} * (25\text{cm} - 2\text{cm} - \frac{1.27}{2}) = 0.550\text{ cm}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{0.85 * \frac{210\text{kg}}{\text{cm}^2} * 0.85}{\frac{4200\text{kg}}{\text{cm}^2}} * \left( \frac{0.003 * 2.1 * \frac{10^6\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0.003 * (2.1 * \frac{10^6\text{g}}{\text{cm}^2} * \frac{4200\text{kg}}{\text{cm}^2})} \right) = 0.0218$$

$$A_{S_{m\acute{a}x}} = \rho_{m\acute{a}x} * b * d = 0.0164 * 10\text{ cm} * 22.365\text{ cm} = 3.66\text{ cm}^2.$$

Para calcular el refuerzo de temperatura ( $A_{st}$ ) dice la norma E 060, que recomienda una cuantía de acero mínimo de  $p_t = 0.0018 * 100 * 5 = 0.9\text{ cm}^2$ . El espacio será.  $s_t = 5 * \text{Espesor de losa} = 5 * 5\text{cm} = 25\text{ cm}$ . Se usó acero de  $\frac{1}{4} @ .25\text{ cm}$

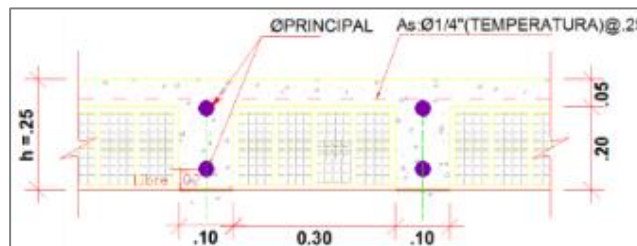


Figura 103:  
Colocación de acero de grado para losa

Se consideró las cargas de servicio por vigueta para la losa aligerada, para carga muerta y viva se procedió a calcular por deflexiones:

### Cálculo de deflexiones en losa:

Para este cálculo se utilizó la siguiente expresión.

### Cálculo de la deformación máxima tolerable

$$\Delta_{m\acute{a}x} = \frac{4152}{480} = 8.95\text{mm}$$

El valor de  $7.04\text{mm} \leq 8.95\text{mm}$  (está dentro del rango permisible ver tabla 4 capitulo2 de las máximas deflexiones admisibles)

### Deflexión instantánea elástica

$$\Delta'_{st} = \frac{5WL^4}{384 E_5 I} = \frac{5 * 450 * 4^4 * 10^6}{384 * 217370.65 * 8484.70} = 3.17\text{mm}$$

### DEFLEXION A LARGO PLAZO AGRIETADO TOTAL

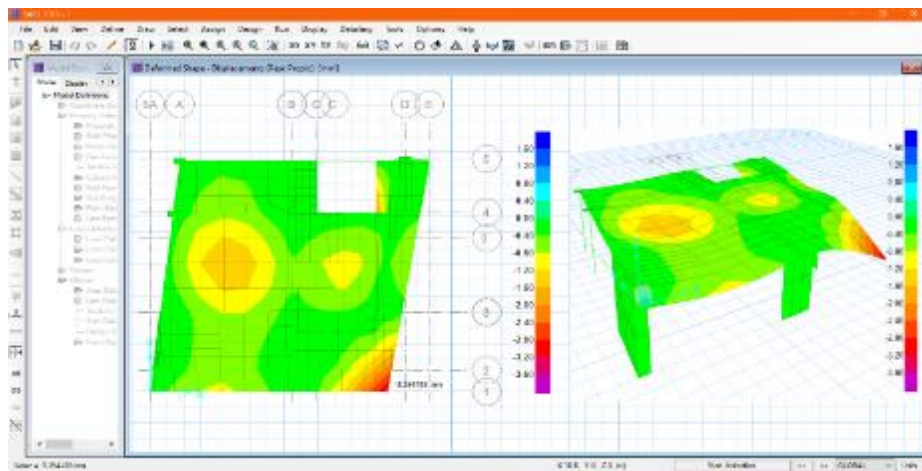


Figura 104:  
Deflexión inmediata elástica de la losa

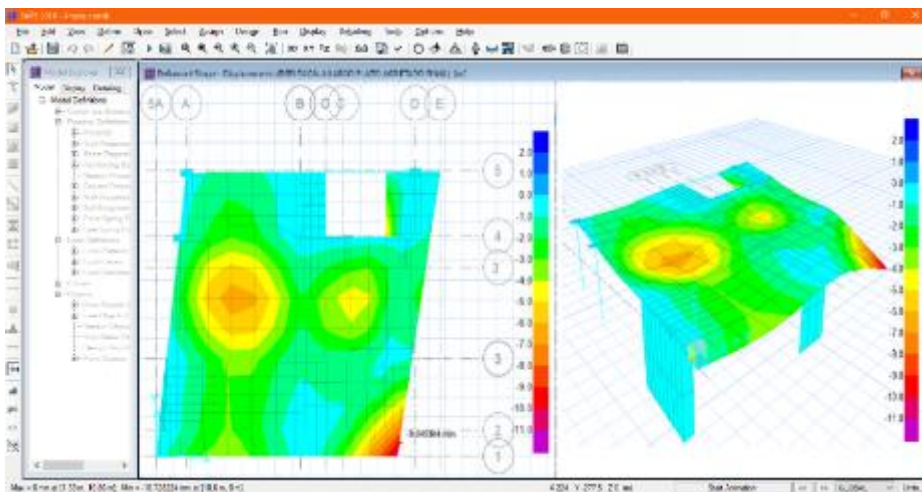


Figura 105:  
Deflexión a largo plazo agrietado total.

### Cculo de la deflexión total ( $\Delta Tt$ )

$$\Delta LP = 6.49\text{mm}$$

$$\lambda = \frac{2}{(1+50 \times p')} \quad (\text{Ec. 4.36})$$

$$\lambda = \frac{2}{(1 + 50 * 0)} = 2$$

$$\Delta LT = \Delta LP * \lambda = 6.49 * 2 = 12.98mm$$

$$\Delta Tt = \Delta 'st + \Delta LT = 3.17mm + 12.98mm = 16.15mm$$

#### 4.3.3.2. Análisis con interacción suelo - estructura

Se determinó la inercia efectiva del elemento, que representa el punto intermedio entre la inercia de la sección bruta y la inercia de la sección fisurada del elemento, Mediante la expresión dada:

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \leq I_g \quad (\text{Ec. 4.37})$$

Donde:

- $M_a$  : Momento actuante (por carga de servicio)
- $M_{cr}$  : Momento de fisuración
- $I_{cr}$  : Inercia de sección fisurada
- $I_g$  : Inercia de sección bruta.

#### ANALISIS POR FLEXION LOSA ALIGERADA

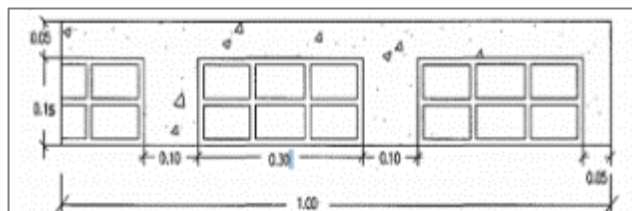


Figura 106:

Esquema del perfil de una losa aligerada

#### Cargas Muertas:

- 1) Peso propio de losa: 250 kg/m<sup>2</sup>
- 2) Carga : 300 kg/m<sup>2</sup>

#### Cargas Vivas:

Sobre carga: 200 kg/m<sup>2</sup>

#### Combinación de cargas:

$$1.4DL + 1.7LL = 1.4 \times 250 \text{ Kg/m}^2 + 1.7 \times 200 \text{ Kg/m}^2 = 690 \text{ Kg/m}^2$$

#### Carga repartida en viguetas:

$$W = 690 \text{ Kg/m}^2 / 2.5 = 276 \text{ Kg/m}^2$$

#### a. Cálculo de deformación instantánea

**1. Tenemos la vigueta cuyas medidas son:**

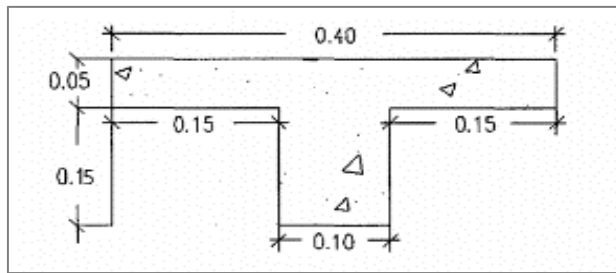


Figura 107:  
Dimensiones de la losa aligerada

**2. Cálculo de  $Y_t$ : parte baja vigueta**

$$Y_t = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} = \frac{(15 \cdot 10) \cdot (5) + (40 \cdot 5) \cdot (17.5)}{(15 \cdot 10) + (40 \cdot 5)} = 12.14 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 4.38})$$

**3. Cálculo de momento  $I_g$ :**

$$I_g = I_1 + n^2 A + I_2 \quad (\text{Ec. 4.39})$$

$$I_g = 8705.63 \text{ cm}^4$$

• **Cálculo de la inercia efectiva ( $I_e$ )**

$$I_e = \left( \frac{M_{cr}}{M_s} \right)^3 I_g + \left[ 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \quad (\text{Ec. 4.40})$$

$$I_e = \left( \frac{167.8164}{552} \right)^3 * 8705.63 + \left( 1 - \left( \frac{167.8164}{552} \right)^3 \right) * 4467.83$$

$$I_e = 4586.91 \text{ cm}^4$$

• **Deflexión instantánea elástica**

$$\Delta'_{st} = \frac{5 * 450 * (4.00)^4 * 10^6}{384 * 217370.65 * 4586.91}$$

$$\Delta'_{st} = 1.504 \text{ cm} = 15.04 \text{ mm}$$

**b. Cálculo de la deformación diferida**

Se consideró el 50% de carga viva (según libro de Teodoro Harmsen)

- $M_s = 552 \text{ kg}\cdot\text{m}$
- $M_{cr} = 167.8164 \text{ kg}\cdot\text{m}$
- Cálculo Inercia efectiva ( $I_e$ )

$$I_e = 4296.494 \text{ cm}^4$$

$$\Delta_{CV} = \frac{5 * \frac{0.50 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * (430 \text{ cm})^4}{384 * 217370.6512 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 4296.494 \text{ cm}^4} = 0.65 \text{ cm}$$

$$\Delta LP = 3.54mm * \left( \frac{2}{1 + 50 * 0.0018} \right) = 8.40mm \text{ ó } 0.84cm.$$

- Cálculo de la deformación máxima de losa

$$\Delta_{m\acute{a}x} = \Delta_{LP} + \Delta_{cv} \quad (\text{Ec. 4.41})$$

$$\Delta_{m\acute{a}x} = 0.84cm + 0.65cm = 1.49cm. \text{ ó } 14.90mm.$$

- Cálculo de la deformación máxima tolerable

$$\Delta_{m\acute{a}x} = \frac{L}{480} = \frac{400}{480} = 0.83cm$$

- Cálculo deformación diferida:

$$\Delta = \frac{5 * 350 * (4.00)^4 * 10^6}{384 * 217370.65 * 4296.494} = \Delta = 1.24 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{2}{(1 + 50 * p')} \quad (\text{Ec. 4.42})$$

$$\lambda = \frac{2}{(1 + 50 * 0.00128)} = 1.88$$

( $p'$  = cuantía de acero)

$$\Delta LT = 1.24 * 1.88 = 2.33cm$$

Cálculo deflexión total

$$\Delta T = \Delta'_{st} + \Delta LT \quad (\text{Ec. 4.43})$$

$$\Delta T = 1.06 + 2.33 = 3.39cm = 33.9mm$$

### c. Cálculo de flecha total:

$$Y_{total} = Y_{INSTANTANEA} + Y_{DIFERIDA} = 10.96mm + 23.3mm = 34.26mm.$$

Asimismo, se tiene el resultado de las deflexiones en el cuadro.

Tabla 81:

Valores de las deflexiones calculadas

Tipo De Deflexión	DEFLEXIONES CALCULADAS			
	Convencional		ISE	
	Suelo Granular (en mm.)	Suelo Cohesivo (en mm.)	Suelo Granular (en mm.)	Suelo Cohesivo (en mm.)
Deformación Instantánea elástica	3.17	5.28	15.04	18.58
Deformación Máxima de losa	7.04	9.42	14.90	22.15
Deformación máxima tolerable	8.95	11.47	8.33	15.39
Deflexión largo plazo agrietado total	13.3	15.78	27.00	35.80
Deformación diferida	6.49	9.39	23.30	39.52
Deformación total	16.15	18.52	33.90	42.50

Fuente: Elaboración propia.



## 4.4. Resultados

### 4.4.1. Objetivo específico 1

Determinación de la modificación en las derivas de piso, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando Interacción Suelo – Estructura.

#### 4.4.1.1. Resultados del comportamiento estructural mediante análisis convencional y considerando interacción suelo estructura (I.S.E.)

#### DESPLAZAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA

Tabla 82:

Desplazamiento “X”-análisis convencional e ISE por tipo de Suelo

Desplazamientos de la estructura en dirección “X”							
PISO	Diafragma	Análisis Convencional Suelo Granular (S <sub>2</sub> )	ISE Suelo Granular (S <sub>2</sub> ) Barkan-Savinov	ISE Suelo Granular (S <sub>2</sub> ) Norma Rusa	Análisis Convencional Suelo Cohesivo (S <sub>3</sub> )	ISE Suelo Cohesivo (S <sub>3</sub> ) Barkan-Savinov	ISE Suelo Cohesivo (S <sub>3</sub> ) Norma Rusa
UX				UX			
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
PISO 5	D5	<b>0.171116</b>	<b>0.186801</b>	<b>0.162255</b>	<b>0.258655</b>	<b>0.323383</b>	<b>0.298545</b>
PISO 4	D4	0.142595	0.159993	0.151122	0.214346	0.278942	0.245852
PISO 3	D3	0.11098	0.130496	0.125215	0.165695	0.229928	0.194254
PISO 2	D2	0.077295	0.098461	0.084574	0.114279	0.176315	0.139854
PISO 1	D1	0.044225	0.064974	0.056252	0.064389	0.119498	0.086585
Mezanine	D0	0.014921	0.029132	0.018952	0.021121	0.056543	0.04578
NTN		0	0.001095	0.0042022	0	0.002647	0.006521

Fuente: Elaboración propia

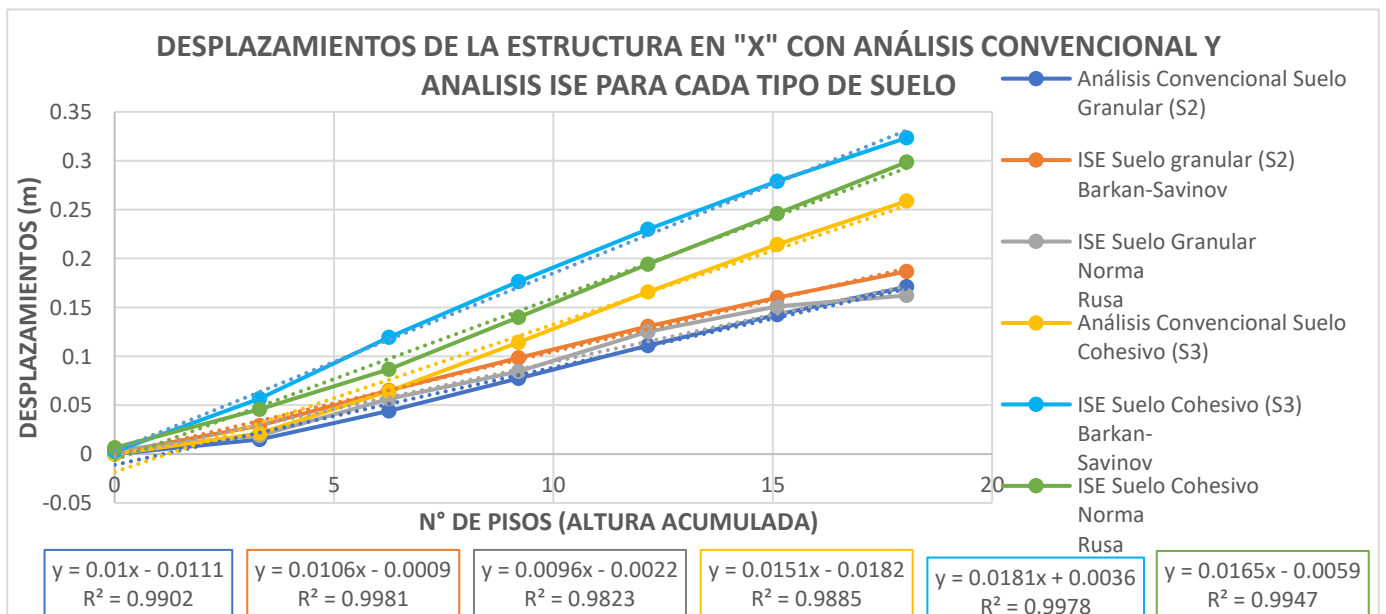


Figura 108:

Desplazamiento en “X”-A. convencional e ISE, por tipo de suelo

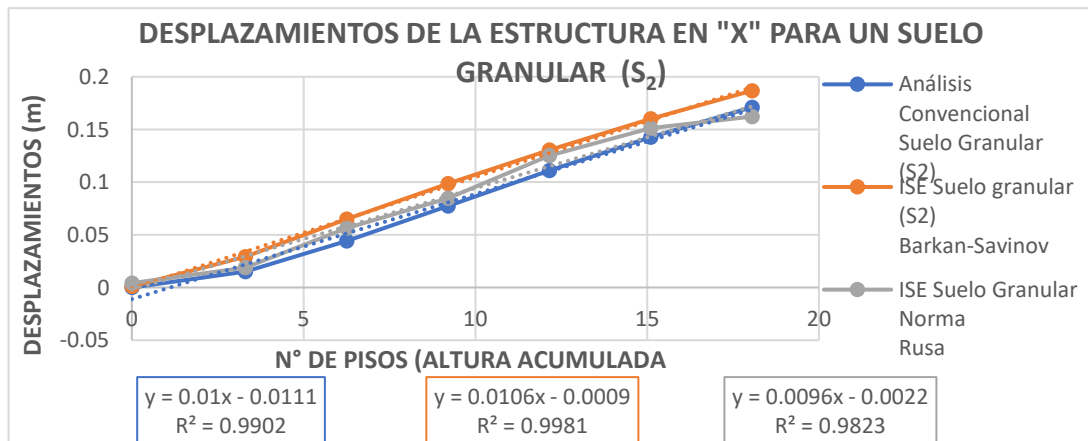


Figura 109:  
Desplazamiento de la estructura en “X” para suelo granular S<sub>2</sub>.

De la Tabla 82 y Figura 110, se obtuvo que para un suelo granular S<sub>2</sub>, es

En el Piso 1, con análisis convencional, 0.0442 m y con ISE, 0.065 m, representó un incremento de 47.06%. Para el Piso 2, con análisis convencional, 0.0773 m y con ISE, 0.0985 m, representó un incremento de 27.43%. Para el Piso 3, con análisis convencional, 0.111 m y con ISE, 0.1305 m, representó un incremento de 17.57%. Para el Piso 4, con análisis convencional, 0.1426 m y con ISE, 0.16 m, representó un aumento de 12.20%. Para el Piso 5, con análisis convencional, 0.1711 m y con ISE, 0.1868 m, da un aumento de 9.18 %.

En la Figura 110, resultó que el desplazamiento con ISE con Barkan-Savinov dió 0.1868m y con Norma Rusa 0.1623m su tendencia es a incrementar.

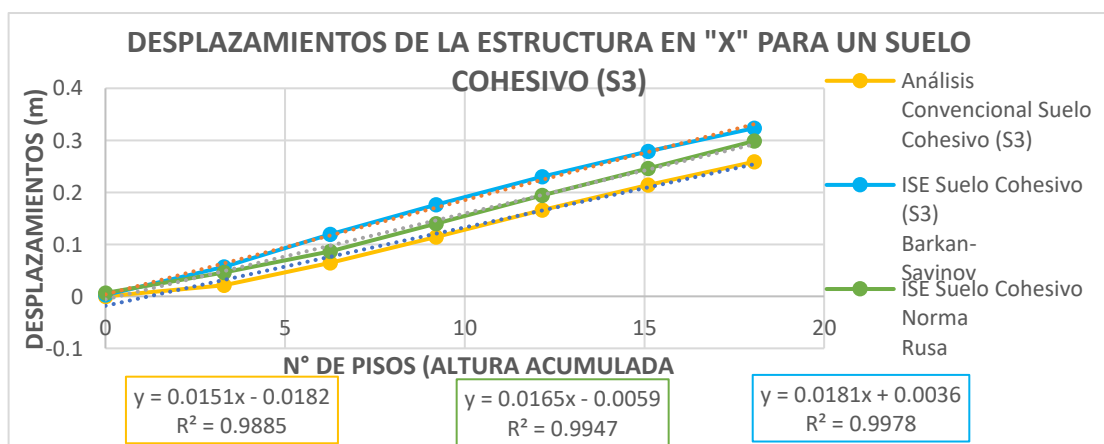


Figura 110:  
Desplazamiento de la estructura en “X” para suelo cohesivo S<sub>3</sub>.

De la Tabla 82 y Figura 111, observamos que para un suelo cohesivo S<sub>3</sub>, presenta un desplazamiento en “X” como indica:

En el Piso 1, con análisis convencional, 0.0644 m y con ISE, 0.1195 m, representó un incremento de 85.56%. Para el Piso 2, con análisis convencional, 0.1143 m y con ISE, 0.1763 m, representó un incremento de 54.24%. Para el Piso 3, con análisis convencional, 0.1657 m y con ISE, 0.2299 m, representó un incremento de 38.74%. Para el Piso 4, con análisis convencional, 0.2143 m y con ISE, 0.2789 m, representó un incremento de 30.14%. Para el Piso 5, con análisis convencional, 0.2587 m y con ISE, 0.3234 m, dando un incremento de 25.02%.

En la Figura 111, se observó que el desplazamiento de la estructura mediante ISE con Barkan-Savinov dió 0.3234 m y con Norma Rusa 0.2985m

Tabla 83:

*Desplazamiento "Y"-análisis convencional e ISE por tipo de Suelo*

Desplazamientos de la estructura en dirección "Y"							
PISO	Diafragma	Análisis Convencional Suelo Granular (S <sub>2</sub> )	ISE Suelo granular (S <sub>2</sub> ) Barkan-Savinov	ISE Suelo Granular Norma Rusa	Análisis Convencional Suelo Cohesivo (S <sub>3</sub> )	ISE Suelo Cohesivo (S <sub>3</sub> ) Barkan-Savinov	ISE Suelo Cohesivo Norma Rusa
		UY (m)			UY (m)		
PISO 5	D5	<b>0.113007</b>	<b>0.177267</b>	<b>0.136545</b>	<b>0.126477</b>	<b>0.31856</b>	<b>0.235218</b>
PISO 4	D4	0.092087	0.149355	0.125468	0.102178	0.270239	0.201215
PISO 3	D3	0.070055	0.119932	0.094852	0.077128	0.219115	0.162523
PISO 2	D2	0.047873	0.089198	0.064545	0.052260	0.165228	0.112541
PISO 1	D1	0.027301	0.058104	0.039452	0.029502	0.109741	0.075254
Mezanine	D0	0.010409	0.028020	0.016545	0.010989	0.054614	0.036521
NTN		0	0.000951	0.000654	0	0.002933	0.002154

Fuente: Elaboración propia

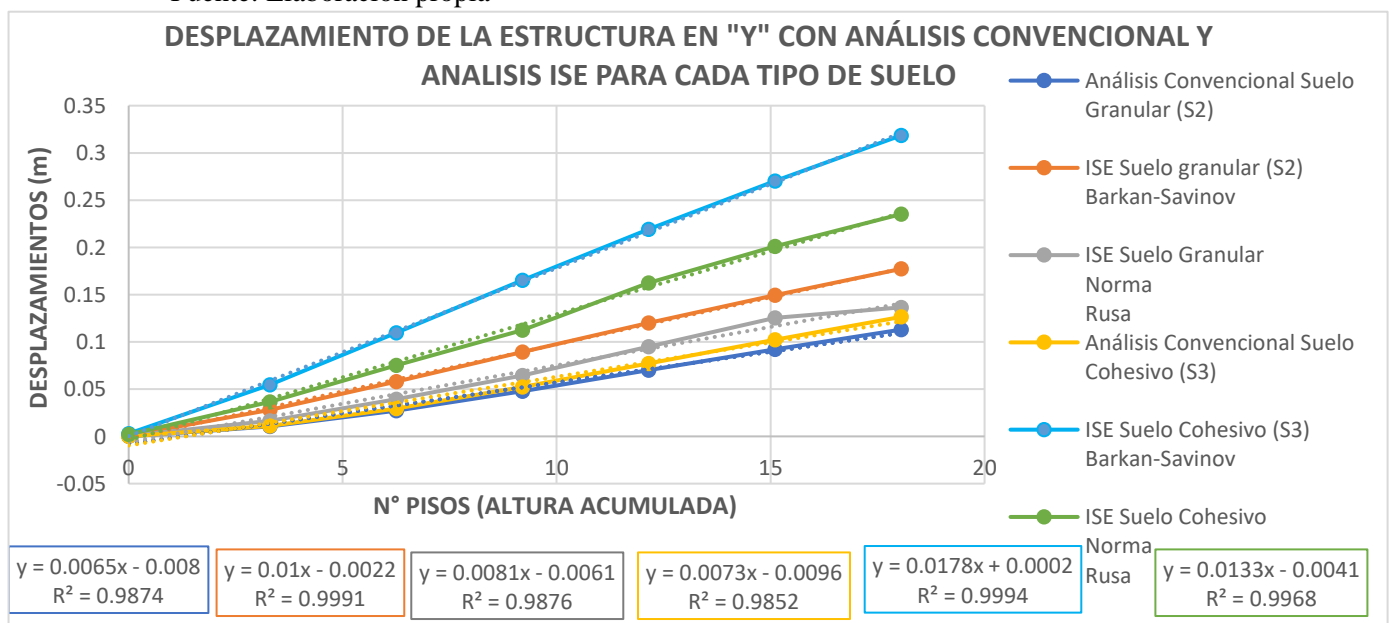


Figura 111:

Desplazamiento en "Y"-A. convencional e ISE, por tipo de suelo

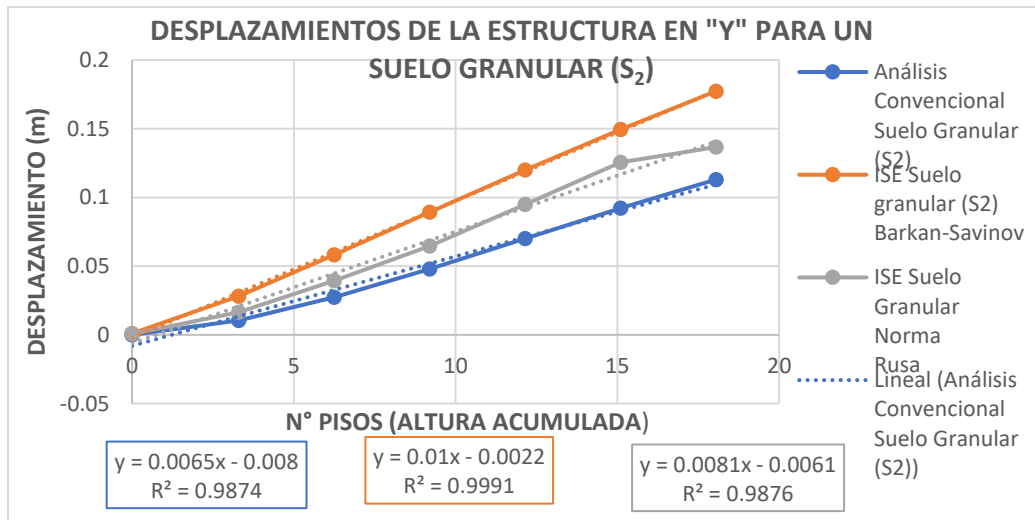


Figura 112:  
Desplazamiento de la estructura en “Y” para suelo granular S2

De la Tabla 83 y Figura 113, se obtuvo para S2 un desplazamiento mediante ISE con Barkan-Savinov de 0.1772 m y con Norma Rusa 0.1365m.

En el Piso 1, con análisis convencional, 0.0273 m y con ISE, 0.0581 m, representó un incremento de 12.83%. Para el Piso 2, con análisis convencional, 0.0479 m y con ISE, 0.0892 m, representó un incremento de 86.22%. Para el Piso 3, con análisis convencional, 0.0701 m y con ISE, 0.1199 m representó un incremento de 71.04%. Para el Piso 4, con análisis convencional, 0.0921 m y con ISE, 0.1494 m, dando un incremento de 62.21%. Para el Piso 5, 0.113 m y con ISE, 0.1773 m. aumentó un 56.90%.

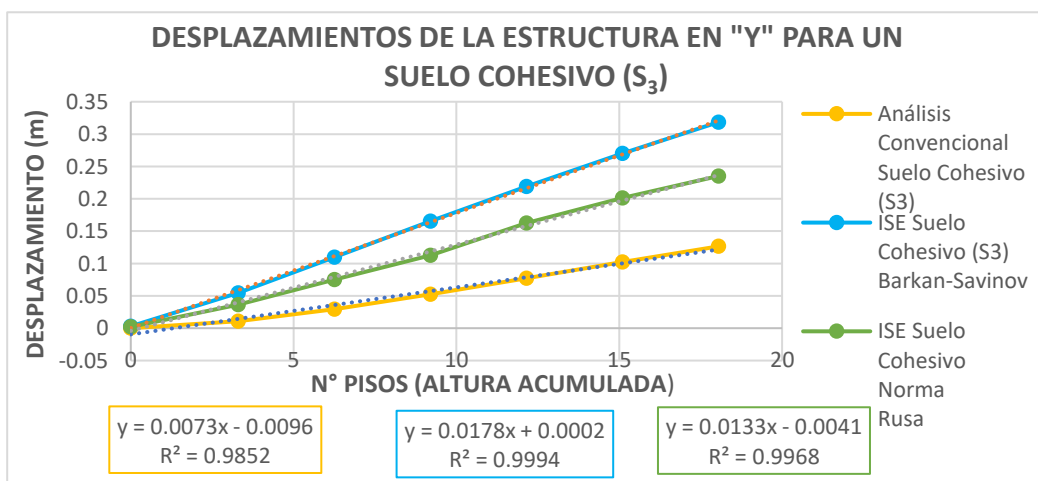


Figura 113:  
Desplazamiento de la estructura en “Y” para suelo cohesivo S3

De la Tabla 83 y Figura 114, se obtuvo para S3 un desplazamiento mediante ISE con Barkan-Savinov dió 0.3185 m y con Norma Rusa 0.2352 m

En el Piso 1, con análisis convencional, 0.0295 m y con ISE, 0.1097 m, representó un incremento de 271.86%. Para el Piso 2, con análisis convencional, 0.0523 mm y con ISE, 0.1652 m, representa un incremento de 215.87%. Para el Piso 3, con análisis convencional, 0.0771 m y con ISE, 0.2191 representa un incremento de 184.18%. Para el Piso 4, con análisis convencional, 0.1022 m y con ISE, 0.2702 representó un incremento de 164.38%. Para el Piso 5, 0.1265 m y con ISE, 0.3186 m, aumento 151.86%.

### DERIVAS DE PISO:

Tabla 84:

Derivas en "X" con Análisis convencional e ISE por tipo de suelo

Derivas de Entrepiso de la estructura en dirección "X"							
PISO	Diafragma	Análisis Convencional Suelo Granular (S <sub>2</sub> )	ISE Suelo granular (S <sub>2</sub> ) Barkan-Savinov	ISE Suelo Granular Norma Rusa	Análisis Convencional Suelo Cohesivo (S <sub>3</sub> )	ISE Suelo Cohesivo (S <sub>3</sub> ) Barkan-Savinov	ISE Suelo Cohesivo Norma Rusa
UX				UX			
PISO 5	D5	0.0058220	0.0055250	0.008526	0.0087250	0.0092901	0.008306
PISO 4	D4	0.0063959	0.0061949	0.009359	0.0098752	0.0104837	0.009105
PISO 3	D3	<b>0.0068125</b>	0.0066586	0.009976	<b>0.0104305</b>	0.0113105	0.00975
PISO 2	D2	0.0067820	0.0069925	<b>0.010011</b>	0.0102850	0.0120196	<b>0.009947</b>
PISO 1	D1	0.0063322	<b>0.0075823</b>	0.008366	0.009503	<b>0.0138244</b>	0.008639
Mezanine	D0	0.0024718	0.0047215	0.005488	0.0031924	0.0088554	0.006429
NTN		0	0	0	0	0	0

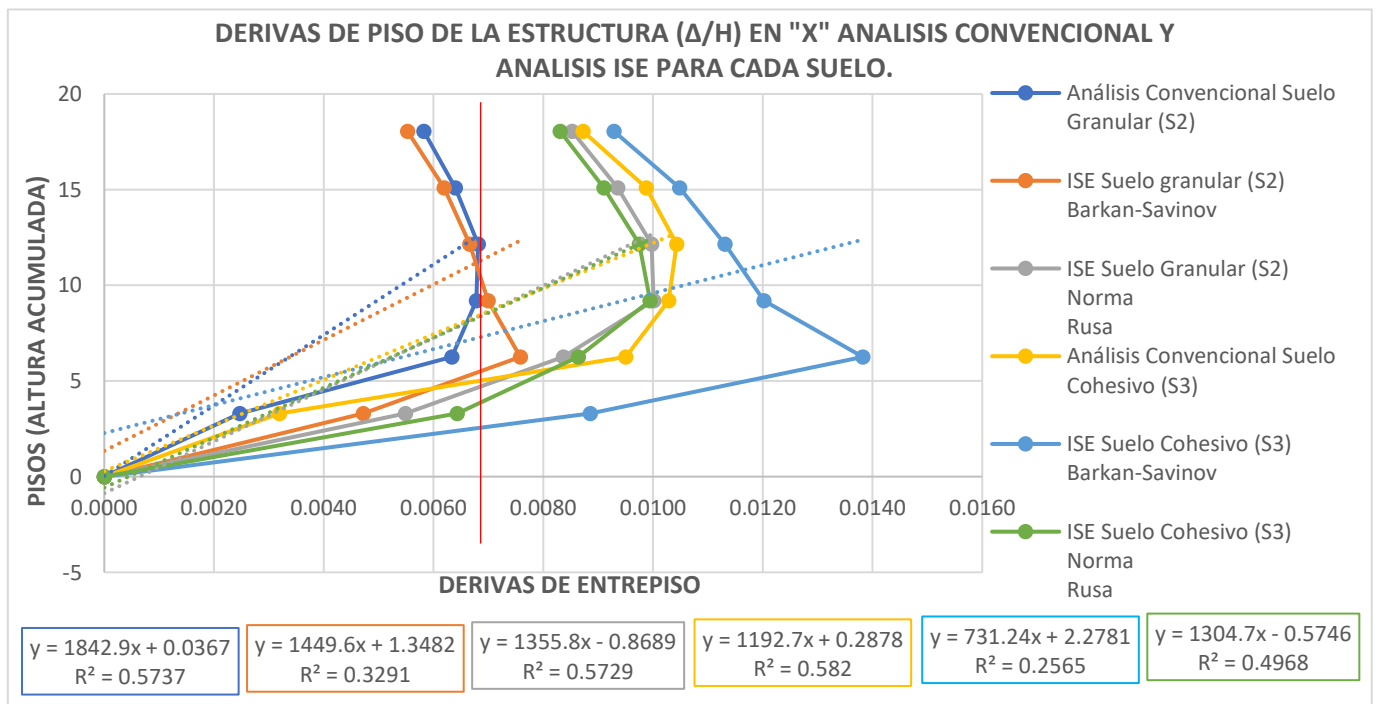


Figura 114:  
Derivas en "X" análisis convencional e ISE, por tipo de suelo

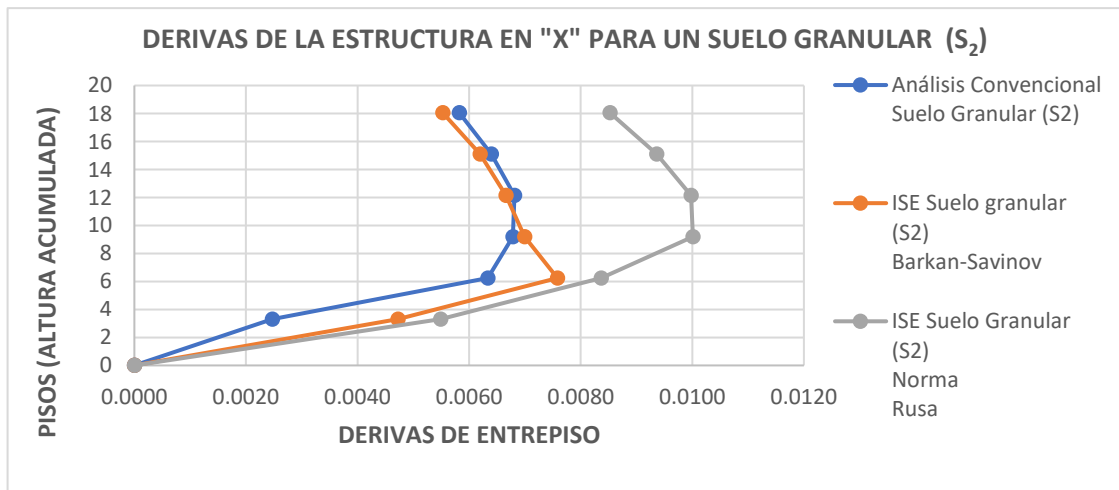


Figura 115:  
Derivas de la estructura en “X” para suelo granular S2.

De la Tabla 84 y Figura 116, sé obtuvo que para un suelo granular S<sub>2</sub>:

En el Piso 1, análisis convencional, 0.0063 y con ISE, 0.0076 m, representó un incremento de 20.63%. Para el Piso 2, análisis convencional, 0.0068 y con ISE, 0.0070, representa un incremento de 2.94%. Para el Piso 3, convencional, 0.0068 y con ISE, 0.0067, representa un decremento de 1.47%. Para Piso 4, análisis convencional, 0.0064 y con ISE, 0.0062, representa un decremento de 3.125%. Para Piso 5, análisis convencional, 0.0058 y con ISE, 0.0055, representó un decremento de 5.17%.

En la Figura 116, resultó que las derivas de la estructura mediante el análisis ISE con Barkan - Savinov alcanzó 0.00758 y con Norma Rusa 0.0100.

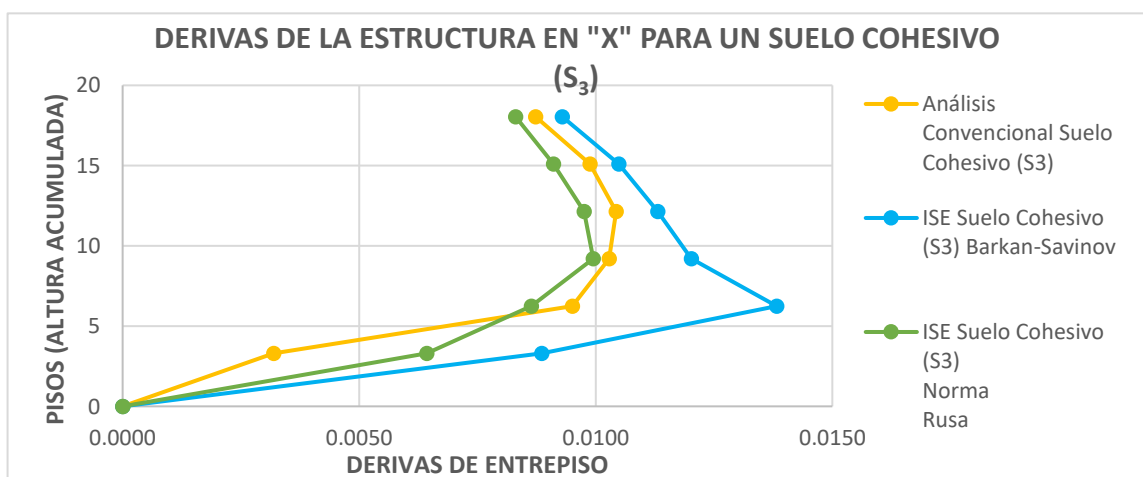


Figura 116:  
Derivas de la estructura en “X” para suelo cohesivo S3.

De la Tabla 84 y Figura 117, sé obtuvo que para un suelo cohesivo S<sub>3</sub>, presenta las derivas en “X” de la manera siguiente:

En el Piso 1, con análisis convencional, 0.0095 y con ISE, 0.0138, dando un aumento de 45.26%. Para el Piso 2, con análisis convencional, 0.0103 y con ISE, 0.012, representó un incremento de 16.51%. Para el Piso 3, con análisis convencional, 0.0104 y con ISE, 0.0113, representa un incremento de 8.65%. Para el Piso 4, con análisis convencional, 0.0099 y con ISE, 0.0105, representó un incremento de 6.06%. Para el Piso 5, en convencional, 0.0087 y con ISE, 0.0093, dando un incremento de 6.90%.

En la Figura 117, resultó que la deriva de la estructura mediante el análisis ISE con Barkan - Savinov alcanzó 0.0138 y con Norma Rusa 0.00995.

Tabla 85:

Derivas en "Y" con análisis convencional e ISE por tipo de Suelo

Derivas de Entrepiso de la estructura en dirección "Y"							
PISO	Diafragma	Análisis Convencional Suelo Granular (S <sub>2</sub> )	ISE Suelo granular (S <sub>2</sub> ) Barkan-Savinov	ISE Suelo Granular Norma Rusa	Análisis Convencional Suelo Cohesivo (S <sub>3</sub> )	ISE Suelo Cohesivo (S <sub>3</sub> ) Barkan-Savinov	ISE Suelo Cohesivo Norma Rusa
		UY			UY		
PISO 5	D5	0.0064874	0.0076054	0.007428	<b>0.0075932</b>	0.0133366	0.007923
PISO 4	D4	<b>0.0066928</b>	0.0077267	0.007769	0.0075050	0.0136616	0.008334
PISO 3	D3	0.0065396	<b>0.0078071</b>	<b>0.007984</b>	0.0072620	<b>0.0138905</b>	0.008675
PISO 2	D2	0.0059640	0.0076945	0.007845	0.0065237	0.0138447	<b>0.008743</b>
PISO 1	D1	0.0046576	0.0072532	0.007276	0.0050006	0.0134142	0.008429
Mezanina	D0	0.0022309	0.0062396	0.005348	0.0024484	0.0122796	0.006746
NTN		0	0	0	0	0	0

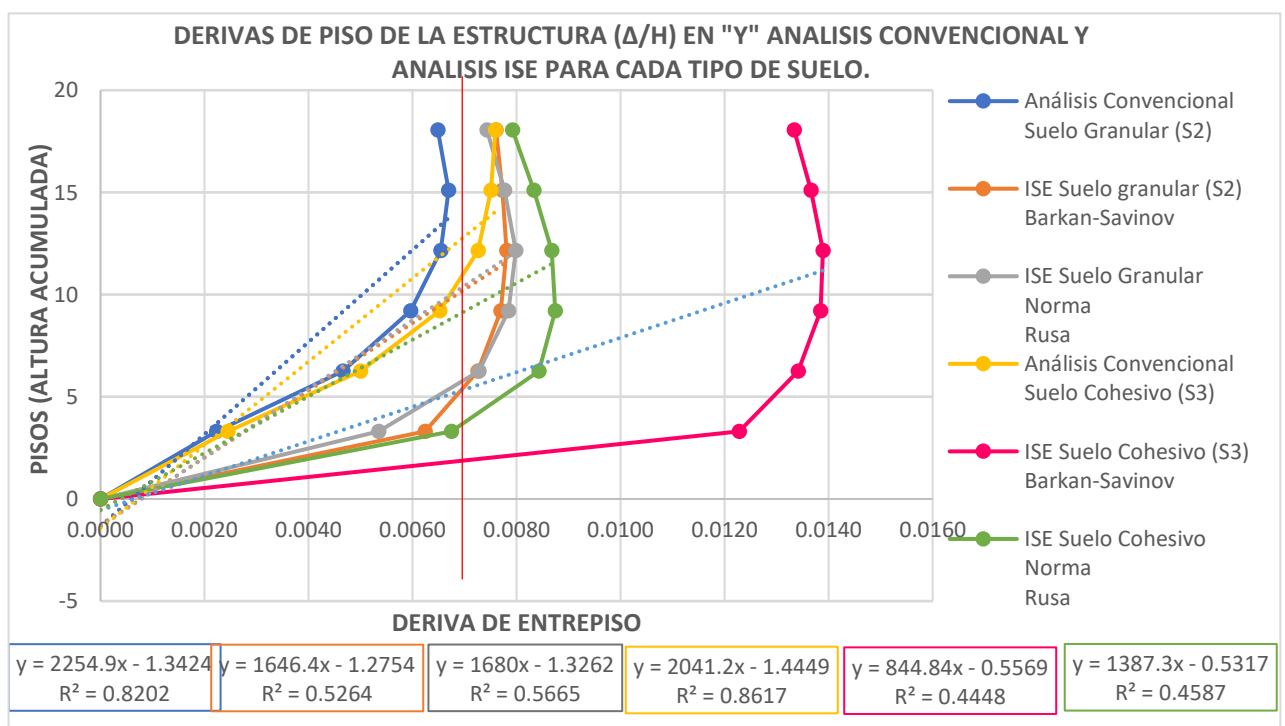


Figura 117:

Derivas en "Y" con A. convencional e ISE, por tipo de Suelo

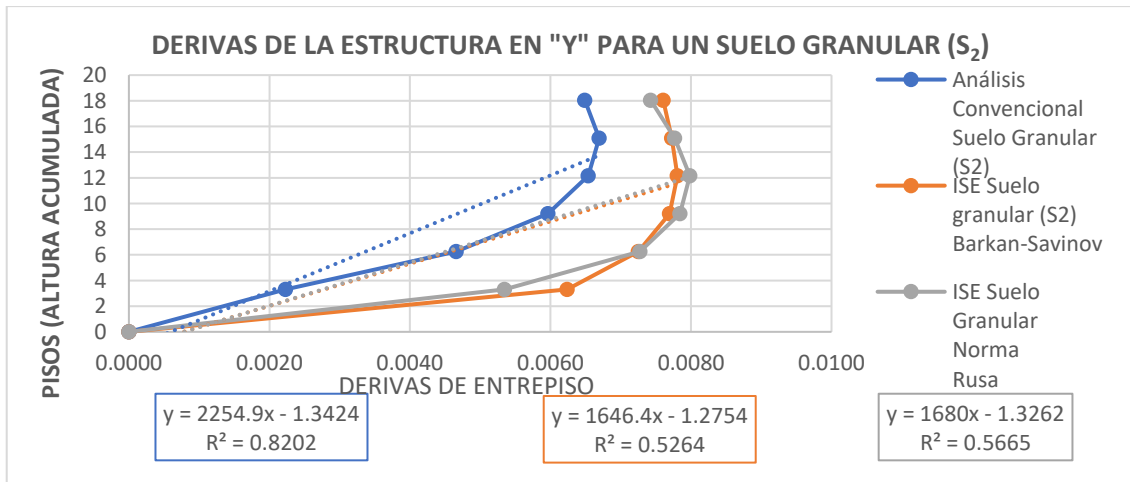


Figura 118:  
Derivas de la estructura en “Y” para suelo granular S2.

De la Tabla 85 y Figura 119, se observó que para un suelo granular S<sub>2</sub>, presenta una deriva en “Y” de la siguiente manera:

En el Piso 1, con análisis convencional, 0.0047 y con ISE, 0.0073, representó un incremento de 55.32%. Para Piso 2, con análisis convencional, 0.0060 y con ISE, 0.0077, representa un incremento de 28.33%. Para el Piso 3, con análisis convencional, 0.0065 y con ISE, 0.0078, representó un incremento de 20.0%. Para el Piso 4, con análisis convencional, 0.0067 y con ISE, 0.0077, representó un incremento de 14.93%. Para el Piso 5, con análisis convencional, 0.0065 y con ISE, 0.0076, representa un incremento de 16.92%.

En la Figura 119, resultó que la deriva de la estructura mediante el análisis ISE con Barkan - Savinov alcanzó 0.00781 y con Norma Rusa 0.00798.

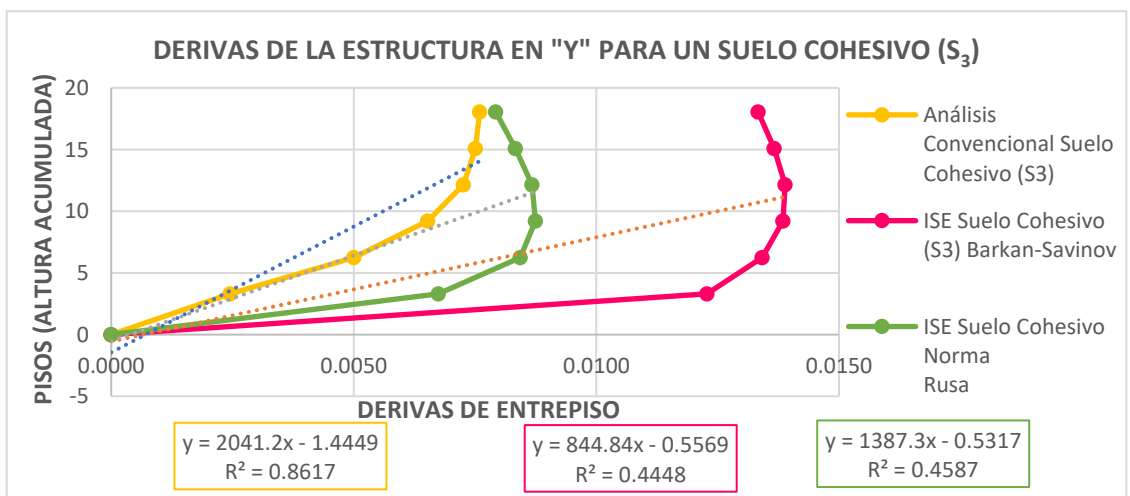


Figura 119:  
Derivas de la estructura en “Y” para suelo cohesivo S3



De la Tabla 85 y Figura 120, se obtuvo que para un suelo cohesivo S<sub>3</sub>, presenta una deriva en “Y” de la manera siguiente:

En el Piso 1, con análisis convencional, 0.005 y con ISE, 0.0134, representó un incremento de 168.0%. Para el Piso 2, con análisis convencional, 0.0065 y con ISE, 0.0138, representó un incremento de 112.31%. Para el Piso 3, con análisis convencional, 0.0073 y con ISE, 0.0139, representa un incremento de 90.42%. Para el Piso 4, con análisis convencional, 0.0075 y con ISE, 0.0137, representa un incremento de 82.67%. Para el Piso 5, 0.0076 y con ISE, 0.0139, resultó un aumento de 82.89%.

En la Figura 120, resultó derivas mediante el análisis ISE con Barkan - Savinov alcanzó 0.0139 y con Norma Rusa dió 0.00874 y tendencia ascendente.

#### 4.4.2 Objetivo específico 2

Estimación de la variación en los asentamientos, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura.

Seguidamente se muestran los resultados obtenidos para el OE2

##### 4.4.2.1. Resultados de asentamientos mediante análisis convencional

Tabla 86:

*Valores de los asentamientos en zapatas método convencional*

Asentamientos en zapatas para suelos heterogéneos				
Zapata	Suelos granulares		Suelos cohesivos	
	Asentamiento mínimo (cm)	Asentamiento máximo (cm)	Asentamiento mínimo (cm)	Asentamiento máximo (cm)
Z1	-	<b>0.39</b>	-	<b>0.925</b>
Z2	-	0.18	-	0.4462
Z3	-	0.1876	-	0.4867
Z4	-	0.299	-	0.7624
Z5	-	0.19	-	0.51
Z6	-	0.11	-	0.35
Z7	-	0.35	-	0.81
Z8	-	0.2	-	0.53
Z9	-	0.18	-	0.47
Z10	-	0.21	-	0.54

Fuente: Propia

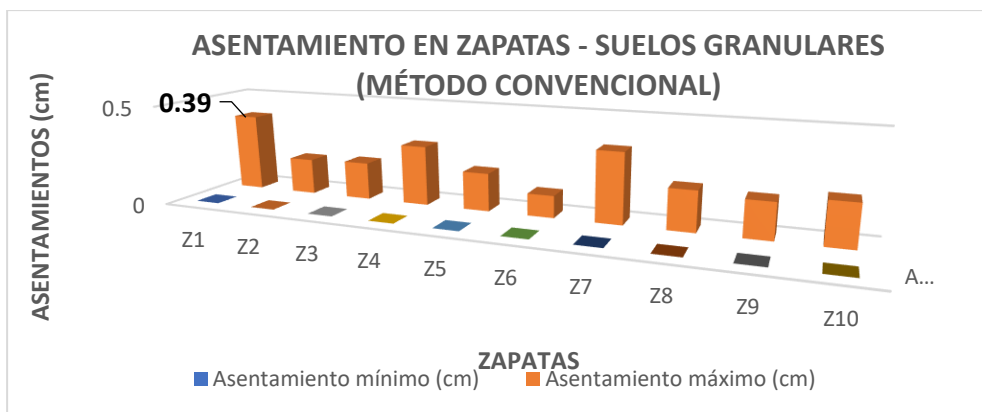


Figura 120:  
Análisis de asentamientos - suelo granular S2-A. convencional

De la Tabla 86 y Figuras 121, 122; vemos que para un suelo granular, bajo el método convencional el asentamiento máximo de 0.39 cm el cual se ubica en la zapata uno (Z1). Asimismo, bajo el mismo análisis para suelos cohesivos, se tuvo un máximo asentamiento de 0.925 cm.

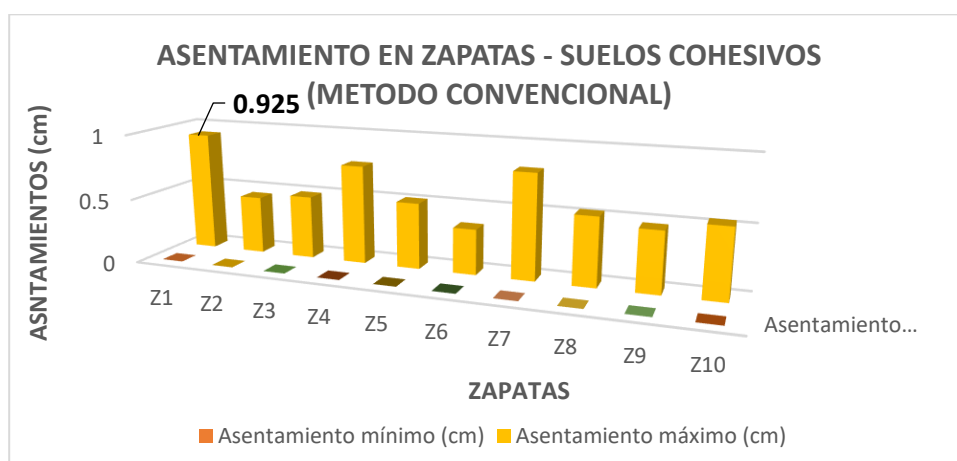


Figura 121:  
Asentamiento zapatas - suelo cohesivo S3-A. convencional

Asimismo, en función a la Tabla 87 y Figura 123 se desprende que el máximo asentamiento para un suelo Cohesivo (S3), es 137.18 % mayor con respecto al asentamiento máximo para un suelo granular (S2), lo cual nos demuestra que los suelos granulares son más competentes al sufrir menores asentamientos.

Tabla 87:  
Análisis de variación % de asentamientos-método convencional

Análisis de variación % de asentamientos por tipo de suelo			
Zapata	Suelos granulares	Suelos cohesivos	Variación %
	Asentamiento máximo (cm)	Asentamiento máximo (cm)	

Z1	<b>0.39</b>	<b>0.925</b>	<b>137.18%</b>
Z2	0.18	0.4462	147.89%
Z3	0.1876	0.4867	159.43%
Z4	0.299	0.7624	154.98%
Z5	0.19	0.51	168.42%
Z6	0.11	0.35	218.18%
Z7	0.35	0.81	131.43%
Z8	0.2	0.53	165.00%
Z9	0.18	0.47	161.11%
Z10	0.21	0.54	157.14%

Fuente: Elaboración propia

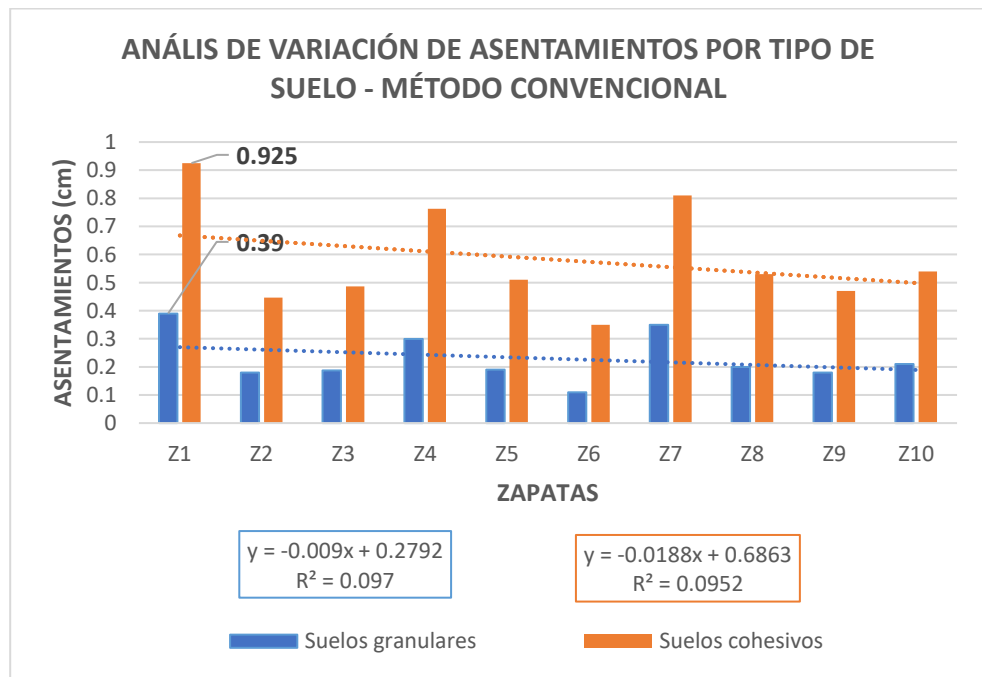


Figura 122:

Análisis de asentamientos por tipos de suelos-A. Convencional

#### 4.4.2.2. Resultados de los asentamientos, considerando interacción suelo estructura (I.S.E.)

Tabla 88:

Valores de los asentamientos calculados con ISE

Asentamientos en zapatas para suelos heterogéneos considerando ISE								
	Modelo dinámico ISE D.D. Barkan – O.A. Savinov				Modelo dinámico ISE Norma Rusa			
	Suelos granulares		Suelos cohesivos		Suelos granulares		Suelos cohesivos	
Zapata	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)
Z1	0.276	<b>0.46</b>	0.63	<b>1.02</b>	0.0779	0.1311	<b>0.1514</b>	0.3537
Z2	0.19	0.19	0.44	0.44	0.0765	0.1151	0.1617	0.3054

<b>Z3</b>	0.1986	0.1986	0.51	0.51	0.2326	<b>0.3</b>	0.4798	<b>0.6564</b>
<b>Z4</b>	0.245	0.3	0.597	0.77	0.1348	0.2599	0.2845	0.5257
<b>Z5</b>	0.22	0.22	0.5	0.52	<b>0.0535</b>	0.0964	0.1735	0.2791
<b>Z6</b>	0.114	0.114	<b>0.3653</b>	0.365	0.1031	0.1233	0.2311	0.2918
<b>Z7</b>	0.29	0.456	0.563	0.97	0.1457	0.1863	0.2662	0.4363
<b>Z8</b>	<b>0.0786</b>	0.087	0.5	0.54	0.0964	0.1376	0.1836	0.3392
<b>Z9</b>	0.21	0.21	0.52	0.52	0.0977	0.1535	0.1833	0.324
<b>Z10</b>	0.23	0.23	0.59	0.59	0.0989	0.1915	0.1699	0.4355

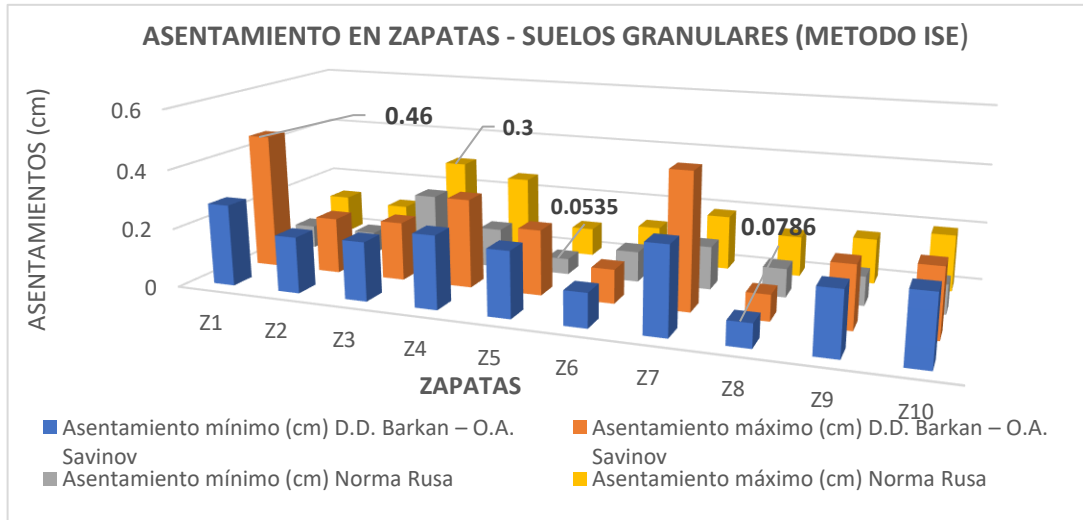


Figura 123:  
Análisis de asentamientos para suelo granular S2- método ISE

De la Tabla 88 y Figura 124,125 con el Método Barkan – Savinov el asentamiento máximo para suelo S2 fue 0.46 cm y en suelo S3 fue 1.02 cm en zapata 1. Asimismo, bajo el mismo análisis con método Norma Rusa para suelo S2 fue 0.3 y para suelo S3 fue 0.6564 cm en zapata 3.

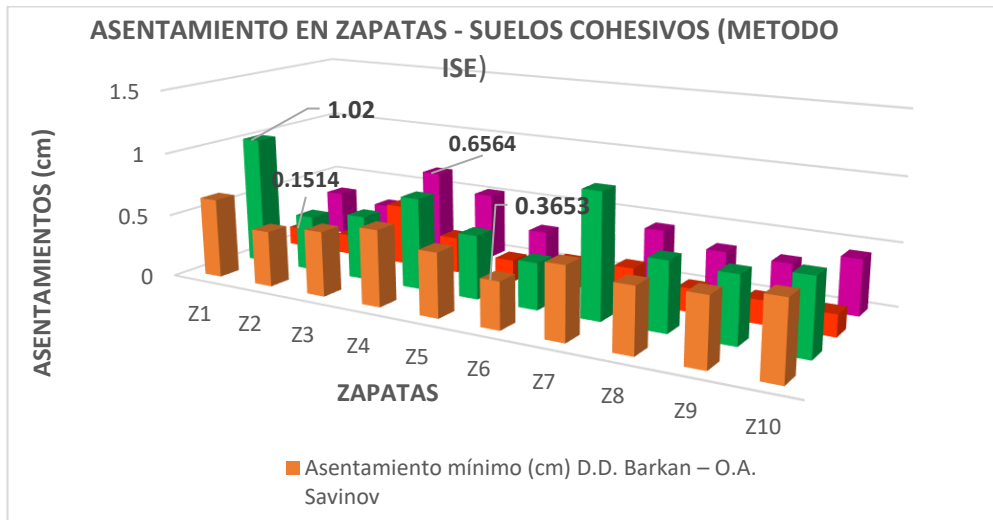


Figura 124:  
Asentamiento zapatas para suelo cohesivo S3 – Método ISE

Asimismo, en función a la Tabla 89 y Figura 126 se obtuvo que el máximo asentamiento para un suelo Cohesivo (S3), es 1.02 cm, siendo 121.74% mientras con la norma Rusa fue 0.6564 cm siendo 120%, mayor con respecto al asentamiento máximo para un suelo granular (S2), lo cual demuestra bajo el método ISE que los suelos granulares son más competentes al sufrir menores asentamientos.

Tabla 89:

*Análisis de variación % de asentamientos con ISE*

Análisis de variación % de asentamientos por tipo de suelo						
Zapata	Asentamiento máximo (cm) Análisis con ISE Modelo D.D. Barkan – O.A.Savinov			Asentamiento máximo (cm) Análisis con ISE Modelo Norma Rusa		
	Suelos granulares (S2)	Suelos cohesivos (S3)	Variación %	Suelos granulares (S2)	Suelos cohesivos(S3)	Variación %
Z1	<b>0.46</b>	<b>1.02</b>	<b>121.74%</b>	0.1311	0.3537	169.23%
Z2	0.19	0.44	131.58%	0.1151	0.3054	158.33%
Z3	0.1986	0.51	156.80%	<b>0.3</b>	<b>0.6564</b>	<b>120.00%</b>
Z4	0.30	0.72	140.00%	0.2599	0.5257	103.85%
Z5	0.22	0.5	127.27%	0.0964	0.2791	180.00%
Z6	0.114	0.3653	220.44%	0.1233	0.2918	141.67%
Z7	0.456	0.97	121.72%	0.1863	0.4363	131.58%
Z8	0.087	0.54	520.69%	0.1376	0.3392	142.86%
Z9	0.21	0.52	147.62%	0.1535	0.324	113.33%
Z10	0.23	0.59	156.52%	0.1915	0.4355	131.58%

Fuente: Elaboración propia

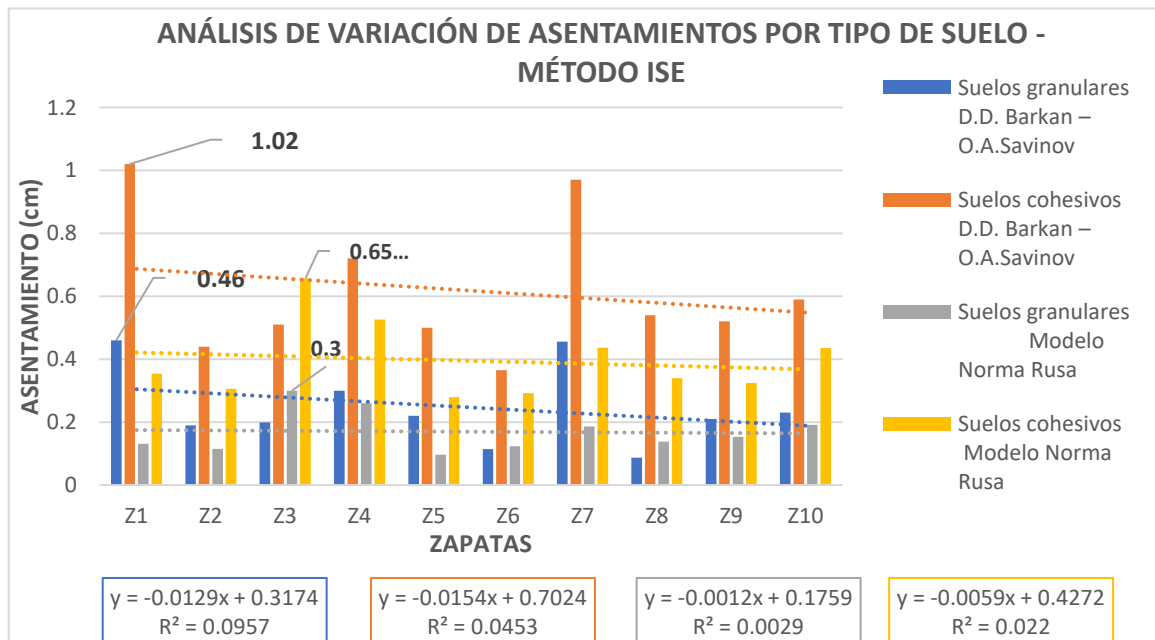


Figura 125:

Análisis de asentamientos por tipos de suelos

#### 4.4.2.3. Resultados del comportamiento estructural mediante análisis convencional y considerando Interacción suelo estructura (I.S.E.)

Según la Tabla 90 y Figura 127, los asentamientos por método convencional y los métodos ISE. Al comparar el máximo asentamiento para suelo cohesivo (S3) con método convencional fue 0.925 cm, mientras por el método ISE Barkan-Savinov de 1.02 cm y con Norma Rusa dió 0.6564cm representa un 10.27% y 40.92% de variación. En tal sentido, concluye que el suelo cohesivo, por el método ISE, brinda una simulación más real del comportamiento y el asentamiento con respecto al suelo donde se emplazará,

Tabla 90:

*Análisis de variación % de asentamientos por método para S3*

Variación % de asentamientos suelo cohesivo por tipo de análisis					
Zapata	A Asentamiento máximo(cm) Análisis Convencional	B Asentamiento máximo (cm) Método Barkan - Savinov	C Asentamiento máximo (cm) Método Norma Rusa	Variación % (A - B)	Variación % (A - C)
Z1	<b>0.925</b>	<b>1.02</b>	0.3537	<b>10.27%</b>	-65.32%
Z2	0.4462	0.45	0.3054	0.85%	-32.13%
Z3	0.4867	0.51	<b>0.6564</b>	4.79%	28.71%
Z4	0.7624	0.77	0.5257	1.00%	-31.73%
Z5	0.51	0.52	0.2791	1.96%	-46.33%
Z6	0.35	0.3653	0.2918	4.37%	-20.12%
<b>Z7</b>	0.81	0.97	0.4363	19.75%	-55.02%
Z8	0.53	0.54	0.3392	1.89%	-37.19%
Z9	0.47	0.52	0.324	10.64%	-37.69%
Z10	0.54	0.59	0.4355	9.26%	-26.19%

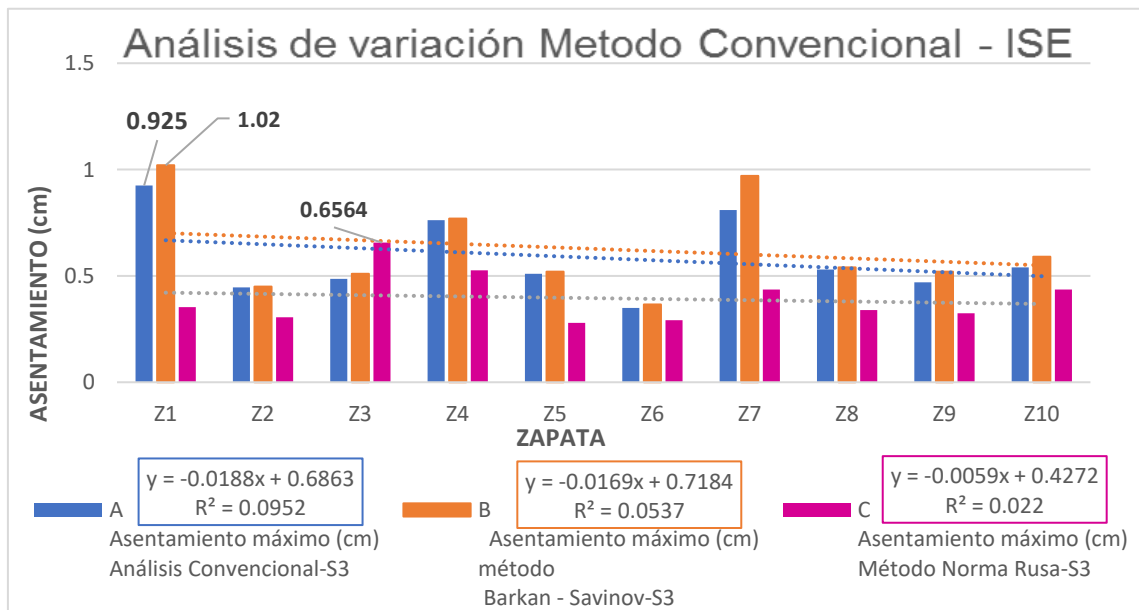


Figura 126:

Análisis de variación A. convencional versus ISE – para S3

Asimismo, en la Tabla 91 y Figura 128. El máximo asentamiento se produce en Z1, donde para un suelo granular (S2) bajo el método convencional fue de 0.39 cm, por el método Barkan-Savinov fue de 0.46 cm Representando un 17.94 % de variación y mediante la Norma Rusa 0.3 (en Z3) Representando un -23.07% de variación. En tal sentido, se comprueba que los métodos considerando ISE nos brinda una simulación más real del comportamiento de la estructura y sus asentamientos con respecto al suelo donde estará emplazado, debido a su modificación histerética del suelo S2.

Tabla 91:

*Análisis de variación % de asentamientos por método para S2*

Variación % de asentamientos suelo Granular por tipo de análisis					
Zapata	<b>A</b> Asentamiento máximo(cm) Análisis Convencional	<b>B</b> Asentamiento máximo (cm) Método Barkan - Savinov	<b>C</b> Asentamiento máximo Método Norma Rusa	Variación % (A - B)	Variación % (A - C)
Z1	<b>0.39</b>	<b>0.46</b>	0.1311	<b>17.94%</b>	-71.50%
Z2	0.18	0.19	0.1151	5.56%	-39.42%
Z3	0.1876	0.1986	<b>0.3</b>	5.86%	51.06%
Z4	0.299	0.3	0.2599	0.33%	-13.37%
Z5	0.19	0.22	0.0964	15.79%	-56.18%
Z6	0.11	0.114	0.1233	3.64%	8.16%
<b>Z7</b>	0.35	0.456	0.1863	30.29%	-59.14%
Z8	0.2	0.087	0.1376	-56.5%	58.16%
Z9	0.18	0.21	0.1535	16.67%	-26.90%
Z10	0.21	0.23	0.1915	9.52%	-16.74%

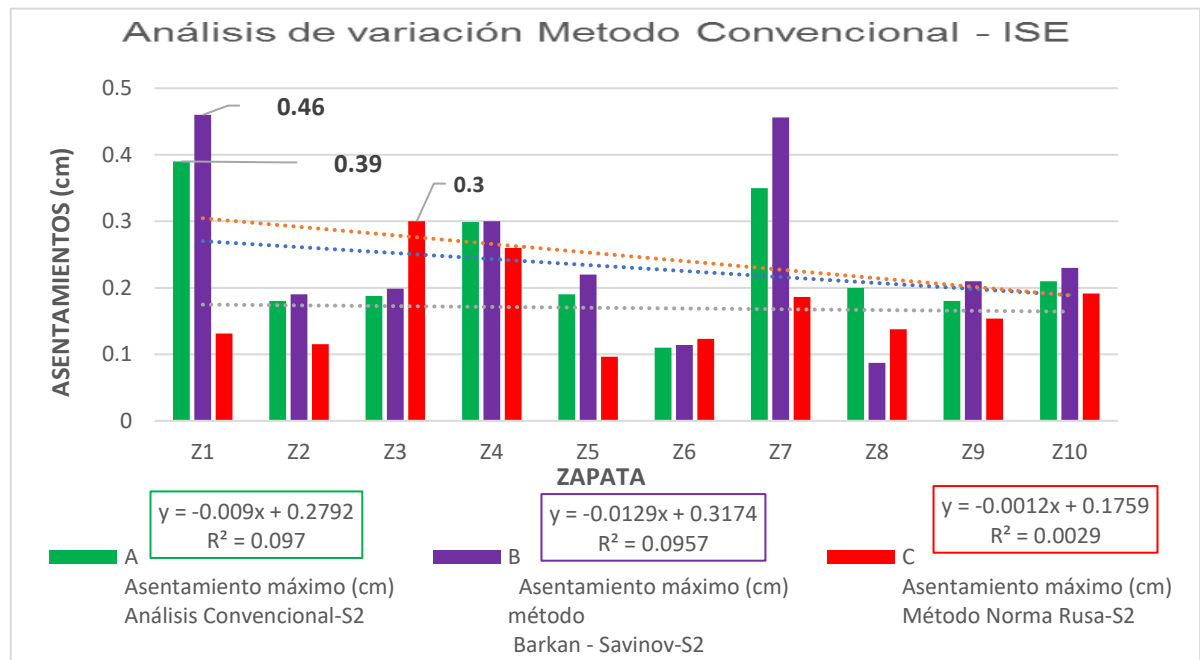


Figura 127:

Análisis de variación método convencional versus I.S.E-para S2

### 4.4.3. Objetivo específico 3

Cuantificación de la alteración en las deformaciones de losas aligeradas, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura.

Seguidamente se muestran los resultados obtenidos para el OE3.

#### 4.4.3.1. Resultados de deformaciones de losas mediante análisis convencional – ISE

Se realizó asimismo el cálculo de las deformaciones instantáneas máximas y mínimas, calculo debido a combinaciones por carga, servicio y sismo. Ver Tabla 92.

#### 4.4.3.2. Resultados del comportamiento estructural mediante análisis convencional y considerando interacción suelo estructura (I.S.E.)

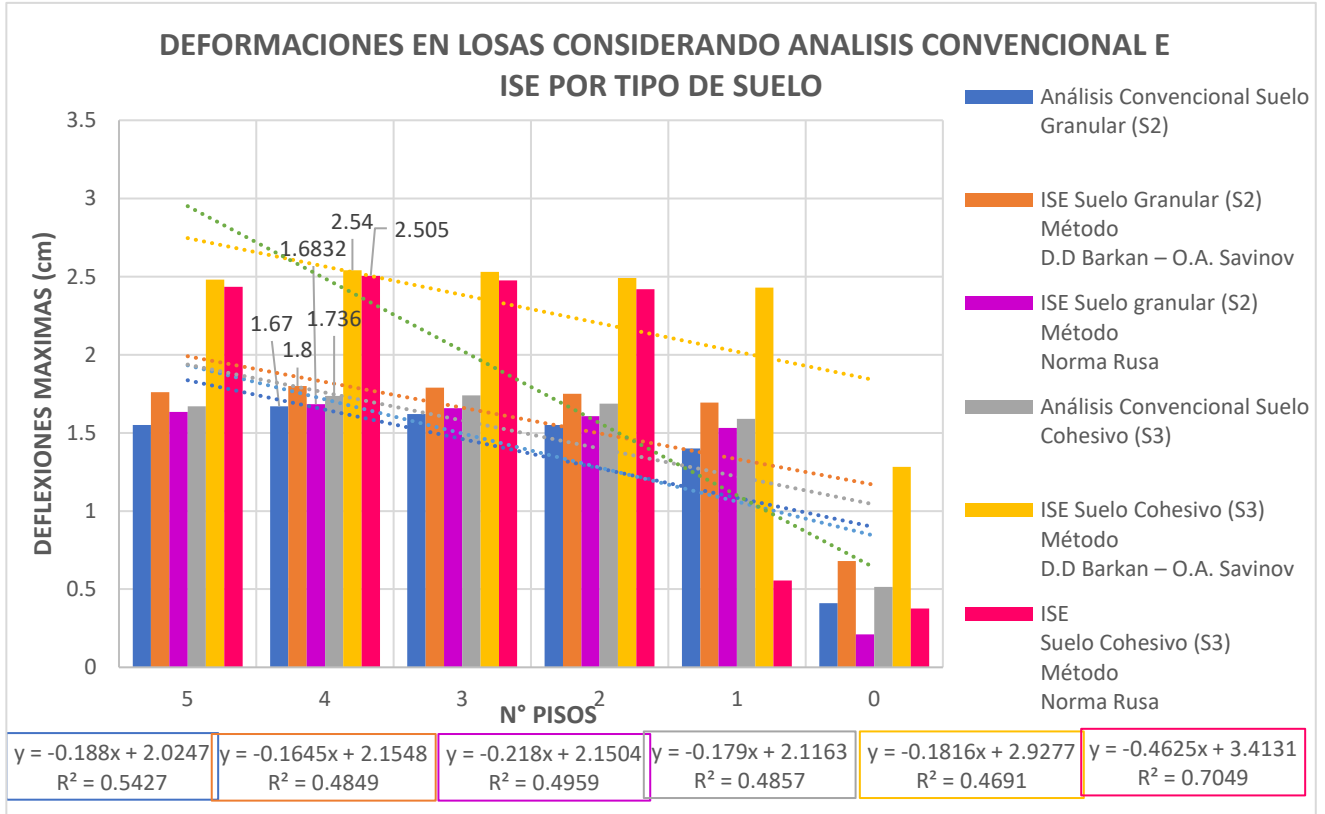
Tabla 92:

*Deformaciones máx. y mín. en losa con análisis convencional e ISE por tipo Suelo*

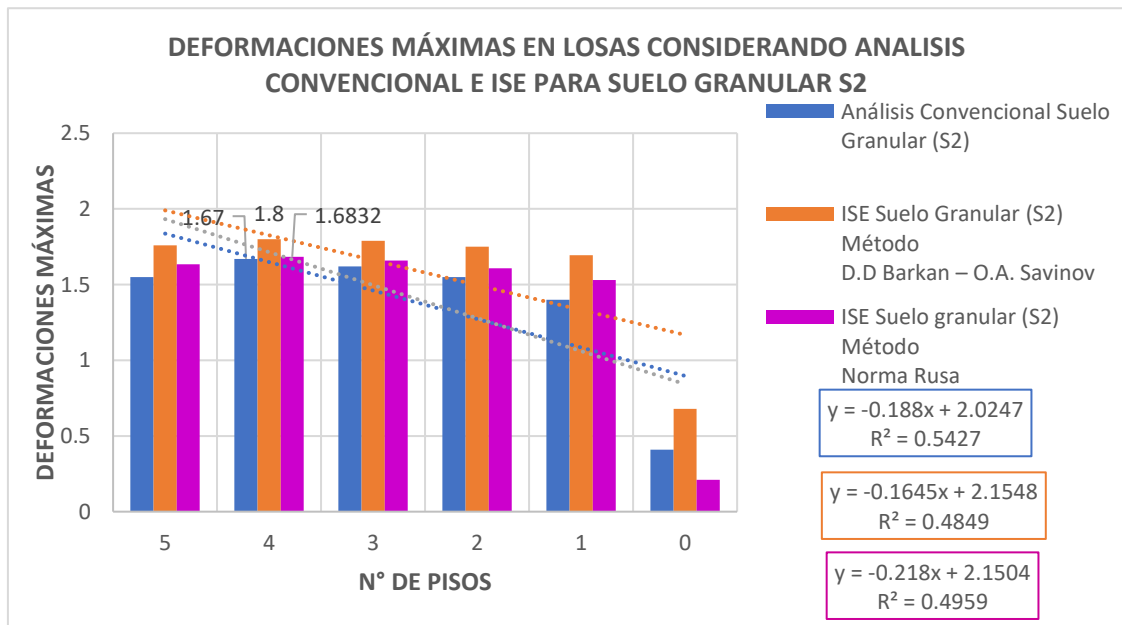
DEFLEXIONES EN LOSAS CONSIDERANDO ANALISIS CONVENCIONAL E ISE													
PISO	Diafragma	Análisis Convencional Suelo Granular (S <sub>2</sub> )		ISE Suelo Granular (S <sub>2</sub> ) Método D.D Barkan – O.A. Savinov		ISE Suelo granular (S <sub>2</sub> ) Método Norma Rusa		Análisis Convencional Suelo Cohesivo (S <sub>3</sub> )		ISE Suelo Cohesivo (S <sub>3</sub> ) Método D.D Barkan – O.A. Savinov		ISE Suelo Cohesivo (S <sub>3</sub> ) Método Norma Rusa	
		Máxima (cm)	Mínima (cm)	Máxima (cm)	Mínima (cm)	Máxima (cm)	Mínima (cm)	Máxima (cm)	Mínima (cm)	Máxima (cm)	Mínima (cm)	Máxima (cm)	Mínima (cm)
PISO 5	D5	1.550	0.270	1.760	0.480	1.6346	0.367	1.670	0.285	2.480	0.840	2.4339	0.7038
PISO 4	D4	1.670	0.260	1.800	0.470	1.6832	0.3572	1.736	0.274	2.540	0.830	2.505	0.6914
PISO 3	D3	1.620	0.240	1.790	0.440	1.658	0.3348	1.740	0.248	2.530	0.797	2.4751	0.6624
PISO 2	D2	1.550	0.200	1.750	0.400	1.6074	0.2999	1.687	0.201	2.490	0.750	2.4189	0.617
PISO 1	D1	1.400	0.148	1.694	0.350	1.531	0.2526	1.590	0.159	2.430	0.690	0.5554	2.321
Mezanine	D0	0.410	0.840	0.680	0.280	0.2099	0.9491	0.515	0.087	1.283	0.615	0.3771	1.6533



Fuente: Elaboración propia.



**Figura 128:**  
Deflexiones en losas con A. Convencional e ISE por tipo de suelo

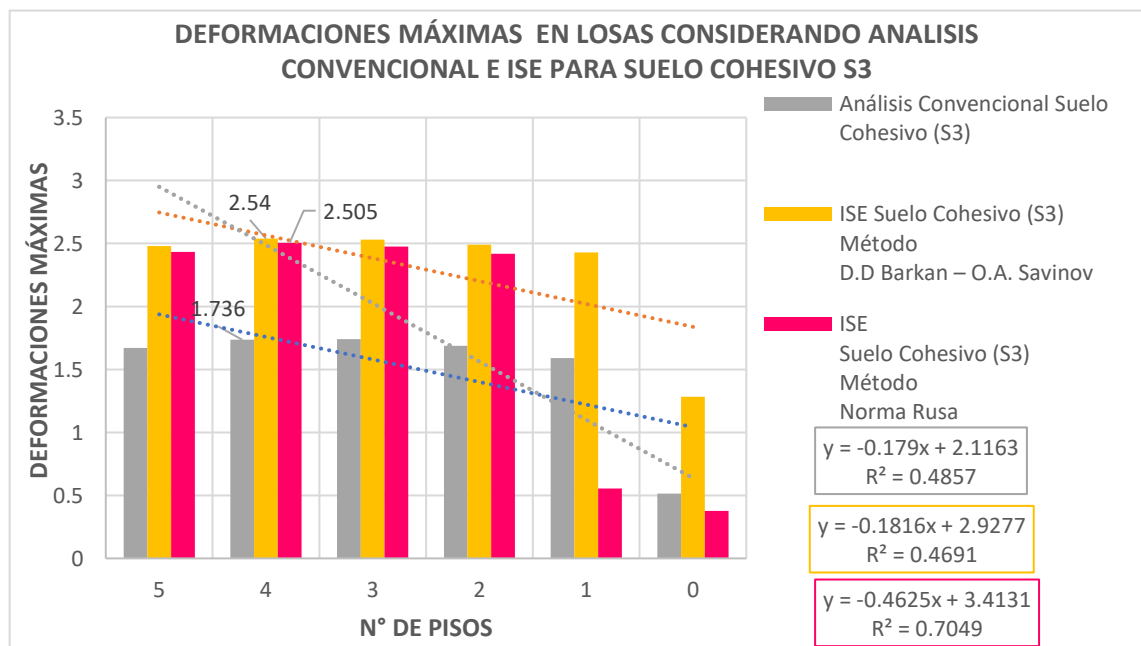


**Figura 129:**  
Deformaciones en losas - A. convencional e ISE – s. granular

De la Tabla 92 y Figura 130, observamos que para un suelo granular S<sub>2</sub>, se obtuvo deformaciones máximas y mínimas en losa de la siguiente manera:

En el Piso 5, con análisis convencional, 1.550 cm (máximo), 0.270 cm (mínimo) y con ISE, 1.760 cm (máximo), 0.480 cm (mínimo), su incremento es 13.55 y 77.78 % respectivamente. Para Piso 4, con análisis convencional, 1.67 cm (máximo), 0.26 cm (mínimo), y con ISE, 1.80 cm (máximo), 0.47 cm (mínimo), su incremento es 7.78 y 80.77% respectivamente. Para el Piso 3, con análisis convencional, 1.62 cm (máximo), 0.24 cm (mínimo), y con ISE, 1.79 cm (máximo), 0.44 cm (mínimo), su incremento es 10.49 y 83.33% respectivamente. Para el Piso 2, con análisis convencional, 1.55 cm (máximo), 0.20 cm (mínimo), y con ISE, 1.75 cm (máximo), 0.40 cm (mínimo), su incremento es 12.90 y 100% respectivamente. Para el Piso 1, con análisis convencional, 1.40 cm (máximo), 0.148 cm (mínimo), y con ISE, 1.694 cm (máximo), 0.35 cm (mínimo), su incremento es 21 y 136.49% respectivamente.

En la Figura 130, resultó que la deformación máxima de la estructura mediante el análisis convencional fue 1.67 cm y considerando ISE con D.D. Barkan – O.A. Savinov alcanzó 1.80 y mediante la Norma Rusa 1.6832 cm +- 0.130 (cv=0.2648 y 0.5625) y de tendencia severamente ascendente.



*Figura 130:*  
Deformaciones en losas - A. convencional e ISE – s. cohesivo

Bajo este mismo análisis sucede para el proyecto de suelo cohesivo resultando según Figura 131 , resultado mediante análisis base empotrada fue 1.73cm y considerando ISE con Barkan dio 2.54 cm mientras con Norma Rusa alcanzo 2.505cm +- 0.81 (cv= 0.1354y 0.253) y tendencia ascendente

## CAPITULO V

### DISCUSION DE RESULTADOS

#### 5.1. Discusión 1

- Las derivas máximas de la estructura para suelo granular (S2), con análisis convencional son de 0.0068 en X, en Y 0.0067. Mientras con Análisis I.S.E. método Barkan-Savinov resultó 0.0076 en X, en Y 0.0078, y Norma Rusa resultó 0.0100 en X, en Y resultó 0.0798.
- En suelo cohesivo (S3), alcanzó derivas mediante análisis convencional de 0.0104 en X, en Y 0.0076. Mientras con Barkan-Savinov resultó 0.0138 en X, en Y 0.0139, y mediante Norma Rusa resultó 0.0099 en X, en Y 0.0087.
- o Al respecto Tasilla (2019) citado como antecedente nacional, demostró variaciones en las derivas de la estructura; para suelo granular (S2), mediante análisis convencional de 0.0067 en X, en Y 0.0100. Mientras con análisis I.S.E. de 0.0173 en X, en Y 0.0130. En suelo cohesivo (S3), alcanzó derivas mediante análisis convencional de 0.0070 en X, en Y 0.0106. Mientras con ISE resultó 0.0339 en X, en Y 0.0346.
- o Asimismo, Peñafiel (2019), citado como antecedente internacional sus resultados obtenidos con empotramiento, para suelo granular (C) es 0.0273 en X, en Y 0.0426. Mientras con I.S.E. es de 0.0449 en X, en Y 0.0713. En suelo cohesivo (E), considerando empotramiento es de 0.0349 en X, en Y 0.0635. Mientras con análisis I.S.E. fue de 0.0474 en X, en Y 0.0789.

Como se observa los resultados determinados para cuantificar la modificación de las derivas de piso de un edificio, en suelos heterogéneos considerando interacción suelo estructura, El Tambo, Junín, son consistentes con los antecedentes. Asimismo, mediante la prueba de hipótesis, por consiguiente, las hipótesis fueron probadas.

## 5.2. Discusión 2

- Los asentamientos máximos en la estructura (zapata 1) obtenidas, para suelo granular (S2), mediante análisis convencional, resultó 0.390 cm, mientras con análisis I.S.E. es 0.460 cm, nos representó una variación de 17.94 % y mediante Norma Rusa 0.3 (en Z3) y variación del 23.07%
- Mientras para suelo cohesivo (S3), el asentamiento máximo, mediante análisis convencional es 0.925 cm, mientras con Barkan-Savinov resultó 1.02 cm, y una variación de 10.27 % y Norma Rusa de 0.6564 represento un 40.92%. En razón a los resultados obtenidos se demuestra que el suelo granular (S2) seleccionado para el proyecto es más resistente respecto a los suelos cohesivos(S3) en un 137.18% bajo análisis convencional. Asimismo, bajo ISE se tuvo un 121.74% mayor resistencia para asentamientos verticales en suelo (S3). Mientras con Norma Rusa 120%.
  - o Al respecto Picón y Ruiz (2019), citado como antecedente nacional, demostró un asentamiento final de 8mm (diseño convencional) en asentamientos resultó: 0.54cm (Z1), 0.65cm(Z2), 0.62 cm (Z3), 0.58cm(Z4) y 0.47cm(Z5) para cada zapata, produciéndose variaciones notables en los asentamientos de la estructura siendo 4.8%(Z1), -3.1%(Z2), 0.2% (Z3), -5.6% (Z4) y 13.6%(Z5) (p.137). Además, en las páginas 14,15,16 explican el significado de un asentamiento y su relación con la distorsión angular.
  - o Asimismo, en el R.N.E. (2018) de la norma E050, menciona que a mayor aceptación de daño estructural mayor será la distorsión angular permitida, dado que el valor del asentamiento máximo permitido será superior. Ya que el cálculo más realista de los máximos asentamientos cobra vital importancia. Finalmente, con respecto al análisis convencional versus I.S.E, se demuestra que el análisis I.S.E, se ajusta más a la realidad de lo investigado, debido a que el suelo de cimentación se modela de manera flexible a diferencia del convencional.

Como se observa los resultados determinados para contrastar la variación de los asentamientos, de un edificio, en suelos heterogéneos considerando interacción suelo estructura, El Tambo, Junín, son consistentes dentro de los antecedentes. Asimismo, mediante la prueba de hipótesis, por consiguiente, las hipótesis fueron probadas.

### 5.3. Discusión 3

- Las deflexiones instantáneas de las estructuras variaron de análisis convencional a ISE para suelo granular (S2) de 3.17 mm a 15.04 mm y para un suelo cohesivo (S3) de 5.28mm a 18.58mm, asimismo, con una variación de 11.87 mm para S2 y 13.30mm para S3. Además, tienen variaciones del 374.45% y 251.89% respectivamente.
- Las deflexiones diferidas variaron de análisis convencional a ISE: Para suelo granular de 6.49mm a 23.3mm y para suelo cohesivo de 9.39mm a 39.52 mm y con una variación de 30.13mm que representa 320.87%. Las deflexiones totales variaron de análisis convencional a ISE. Para suelo granular de 16.15mm a 33.9mm y suelo cohesivo de 18.52mm a 42.5mm.
- Asimismo, se obtuvo deformaciones máximas para suelo granular S2 en el Piso 4 con análisis convencional de 1.67cm y con Barkan-Savinov 1.8cm incrementando en 7.78% y con Norma Rusa 1.68 incrementó 1%, también para suelo cohesivo empotrado dio 1.74cm a 2.54cm con Barkan-Savinov, incrementó en 46.31% y con Norma Rusa 2.505cm incrementó en 43.97%
- o Al respecto, Castro y Pérez (2018), citado como antecedente internacional obtuvo resultados en deflexiones instantáneas de 0.13cm (suelo A), 0.007cm (Suelo C) y 0.11cm (suelo E). Para deflexiones diferidas obtuvo: 0.16cm (suelo A), 0.008cm (Suelo C), 0.13cm (suelo E). Para deflexiones máximas: 1.18 cm (suelo A), 0.59(Suelo C), 1.18cm (suelo E).
- o Asimismo, Peñafiel (2019) , citado como antecedente internacional obtuvo deformaciones máximas en nivel 15+0.00, según modelo base fija 0.737mm y según I.S.E. (Barkan – Savinov) obtuvo el valor de 0.905mm.
- o También el RNE, norma E-060 (2006), en capítulo 9, art. 9.3 indica que las deflexiones máximas inmediata por carga viva adicional L/480 para losas que contenga elementos no estructurales dañadas debido a deflexiones grandes,  $550/480=1.14$  cm, siendo en suelo granular la deflexión inmediata es 1.066cm con ISE siendo admisible, excepto los resultados con ISE en suelo cohesivo de 1.858cm. Finalmente se afirma: deformaciones máximas, totales son menores según I.S.E en suelos granulares con una variación de 119.20 %. En suelo cohesivo varía de A convencional a ISE en 129.48 %.

Como se observa los resultados determinados para contrastar la alteración en las deflexiones de losas aligeradas de un edificio en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo estructura, El Tambo, Junín, son consistentes dentro de los antecedentes. Asimismo, mediante la prueba de hipótesis, por consiguiente, las hipótesis fueron probadas.

#### **5.4. Discusión 4**

- El edificio multifamiliar con análisis de base empotrada, presenta resultados que subestiman el comportamiento estructural real de un edificio tanto en la cuantificación de las derivas de piso, asentamientos en zapatas y deformaciones de losas aligeradas  $e=20\text{cm}$ , Mientras que el análisis considerando interacción suelo estructura los resultados de los cálculos incrementaron considerablemente en la determinación de derivas de piso.
- En cuanto a los asentamientos, los resultados obtenidos se demuestran que el suelo granular (S2) seleccionado para el proyecto es más resistente respecto a los suelos cohesivos (S3) en un 137.18% bajo análisis convencional. Asimismo, bajo el análisis de ISE se tuvo un 121.74% mayor resistencia; frente a asentamientos verticales en suelo cohesivo (S3).
- En cuanto a las deformaciones de losas aligeradas, se afirma que las deformaciones máximas totales son menores según I.S.E en suelos granulares con una variación de 119.20 %. En suelo cohesivo varía de A convencional a ISE en 129.48 %.

Según los parámetros de la norma E-060 en el capítulo 9, artículo 9.6 y ACI 318, indica que las deflexiones máximas inmediata por carga viva adicional  $L/480$  para losas que contenga elementos no estructurales dañadas debido a deflexiones grandes, su deben superar el valor de  $L/480 = 550/480 = 1.14 \text{ cm}$ .

Como se observa los resultados determinados para analizar la variación en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo estructura, El Tambo, Junín, son consistentes dentro de los antecedentes. Asimismo, mediante la prueba de hipótesis, por consiguiente, todas las hipótesis fueron probadas.

## CONCLUSIONES

1. En cuanto al análisis de las derivas de la estructura en un suelo granular (S2), se determinó derivas mediante análisis convencional resultando 0.0068 en “X”, en “Y” resultó 0.0067. Mientras con análisis ISE modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov resultó 0.0076 en “X”, en “Y” resultó 0.0078, También con modelo Norma Rusa resultó 0.0100 en “X”, en “Y” 0.0079. Asimismo, para el suelo cohesivo (S3), alcanzó derivas mediante análisis convencional resultó 0.0104 en “X”, en “Y” 0.0076. Mientras con análisis ISE, modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov resultó 0.0138 en “X”, en “Y” resultó 0.0139, También con modelo Norma Rusa resultó 0.0099 en “X” en “Y” resultó 0.0087. Lo cual se demuestra la modificación de las derivas de piso, entre el método convencional versus ISE para suelos S2 y S3 en “X” hubo variaciones de 52.94 %; 81.58% y -1%. Finalmente, en “Y” tenemos variaciones 13.43 %; 78.21 % y -15.09%, lo cual demuestra que el análisis y el cálculo considerando I.S.E, modifica reduciendo favorablemente la frecuencia natural del sistema suelo-estructura en suelo granular, ocasionando que el periodo fundamental sea mucho mayor y por ende la estructura posee comportamiento más dúctil.
2. Según los resultados obtenidos de los asentamientos máximos obtenidos, para suelo granular (S2), mediante análisis convencional, de 0.390 cm, mientras con análisis I.S.E. método D.D. Barkan-O.A. Savinov de 0.460 cm, que representó una variación de 17.94 % y 23.07% respectivamente. Asimismo, con método Norma Rusa resultó 0.30cm. Mientras para suelo cohesivo (S3), el asentamiento máximo, mediante análisis convencional fue de 0.925 cm, y considerando ISE método D.D. Barkan-O.A. Savinov, resultó 1.02 cm, Asimismo con método Norma Rusa resultó 0.6564cm. y representó una variación de 10.27 % y 40.92% respectivamente. En razón a los resultados obtenidos se demuestra que el suelo granular (S2) seleccionado para el proyecto es más resistente respecto a los suelos cohesivos (S3) en un 137.18% bajo análisis convencional. Que bajo el análisis de ISE método D.D. Barkan-O.A. Savinov se tuvo un 121.74% y 120% método Norma Rusa mayor resistencia; frente a asentamientos en suelo cohesivo (S3). Concluyendo que los asentamientos máximos varían el comportamiento estructural incrementando

positivamente el amortiguamiento, produciendo una modificación histerética con lazos histeréticos más pronunciados, de la subestructura y mayor disipación de energía, producida por acciones dinámicas.

3. Las deformaciones totales de losas aligeradas, alteraron de análisis convencional a ISE: Para suelo granular de 16.15mm a 33.9mm (109.91%) y para suelo cohesivo de 18.52mm a 42.5mm (129.48%). Asimismo, se obtuvieron deformaciones máximas para suelo granular S2 se darán en el Piso 4 con análisis convencional de 1.67cm e ISE Método D.D. Barkan-O.A. Savinov con 1.80cm (7.78%), mientras con Norma Rusa obtuvo 1.6832 cm (0.79%). También para suelo cohesivo con análisis convencional 1.736cm a 2.54cm (46.31%) considerando ISE método D.D. Barkan – O.A. Savinov. y mediante la Norma Rusa alcanzó 2.505cm (44.30%). Se concluye que las deflexiones totales y máximas alteran el comportamiento estructural, reduciendo favorablemente el movimiento de la sub estructura del sistema suelo-estructura, y que repercute favorablemente en el desempeño de la superestructura, al momento que se produce un evento sísmico según el tipo de suelo donde se emplazará la estructura.
4. Por último, se logró analizar la variación del comportamiento estructural de un Edificio en suelos heterogéneos (granular y cohesivo), considerando I.S.E. (método Winckler. método D.D. Barkan – O.A. Savinov. y mediante la Norma Rusa) lo cual demuestra que existe una modificación reducida favorable de la frecuencia natural del sistema suelo estructura en suelo granular. Hubo variación en los asentamientos, lo cual en un suelo granular se tuvo mayor resistencia respecto del cohesivo en un 137.18% con análisis convencional y 121.74% con I.S.E. incrementando el amortiguamiento. Las deformaciones de losas se alteran de un análisis convencional a I.S.E, para suelo granular en 109.91% y en un 129.48% para suelo cohesivo.



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso y aplicación del modelo dinámico de B.D. Barkan -O.A. Savinov y Norma Rusa, considerando interacción suelo estructura al proyecto que va ser construido en suelo cohesivo, ya que aumentan los desplazamientos y derivas, existiendo variaciones de derivas en X en 52.04%; 81.58% y -1%. Asimismo, para las derivas en Y en 13.43%; 78.21% y 15.09% por ende, estos resultados obtenidos nos garantizan una mayor seguridad en los análisis y poder advertir su comportamiento en suelos granulares y cohesivos.
2. Para calcular los asentamientos de cimentaciones apoyadas en suelo granular, es recomendable realizar un análisis de I.S.E. ya que los resultados nos van a advertir que sucederá una variación en los asentamientos para suelos cohesivos en un 137.18% con análisis convencional y considerando análisis I.S.E. se obtendrán variaciones en un 121.74%. Asimismo, tanto para suelo granular y cohesivo considerar la I.S.E, ya que el suelo granular da mayor resistencia frente a asentamientos.
3. En función a los resultados estimados, se recomienda revisar los diseños para las losas aligeradas se realicen considerando el análisis por I.S.E. especialmente en suelo cohesivo debido a que las deformaciones máximas alteran un 46.31% el comportamiento estructural y mediante la Norma Rusa alcanzó alterar un 44.30%, aumentando la flexibilidad de la subestructura de sistema suelo estructura y que repercutirá en el desempeño de la superestructura al producirse un evento sísmico.
4. Considerar el efecto de la interacción suelo estructura mediante el método de BD. Barkan – OA. Savinov y Norma Rusa, ya que nos advertirán que sus resultados incrementarán un 42% y 36.5% respectivamente, los parámetros de control como: desplazamientos, derivas de piso, asentamientos y deflexiones, para suelos heterogéneos, en el comportamiento estructural del edificio, exigiendo incrementar el refuerzo de los elementos estructurales y brindar estructuras más dúctiles, que garanticen un mejor comportamiento ante sollicitaciones sísmicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **2.02.05-87, N. R.-S. (1987).** *Norma Rusa - SNIP 2.02.05-87 La construcción en zonas sísmicas, Actas de la IV conferencia internacional de Ingeniería sísmica.*
2. **2018, R. d. (2018).** *Normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones .*
3. **ACI American Concrete Institute. (2014).** *Requisitos del Reglamento para Concreto Estructural.*
4. **ACI, A. C. (2015).** *Requisitos del Código de Construcción para Concreto Estructural.*
5. **Alva Hurtado , J. (2012).** *Diseño de Cimentaciones.*
6. **Alva Hurtado, J. E. (2014).** *Diseño de Cimentaciones.*
7. **Arora, K. R. (2004).** *Soil Mechanics and Foundation Engineering.*
8. **Berry, P. L. (2010).** *Soils Mechanics.*
9. **Blanco Blasco, A. (1990).** *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado.*
10. **Brajas M., D. (2013).** *Fundamentos de cimentaciones.*
11. **Castro, C., & Pérez , G. (2018).** *Análisis de la interacción suelo-estructura estática para una edificación regular de hormigón armado y 3 tipos de suelos. Quito.*
12. **Chopra. (2006).** *Análisis sísmico de estructuras 2.*
13. **Chopra, A. K. (2006).**
14. **Christie Poffan, M. J. (2017).** *Estudio del fenómeno de la interacción dinámica suelo estructura y su influencia en la demanda sísmica estructural.*
15. **Delgado Vargas, Manuel. (2012).** *Interacción Suelo Estructura.* Bogotá: Escuela Colombiana de Editores.
16. **Eche Vidal, Luis Enrique y Perez Perez, Giovanni Francescoli. (2018).** *Análisis del comportamiento sísmico de un edificio con muros estructurales palicando la interacción suelo estructura (condominio los Girasoles - Comas - Lima).*
17. **Edificaciones, R. N. (2018).** *E.030-2018.*
18. **Edificaciones, R. N. (2018).** *Normativa Peruana Diseño Sismo resistente NTE E030 - 2018.*
19. **Escobar Montesinos, J. P. (2019).** *Análisis y diseño estructural con interacción suelo estructura de una vivienda multifamiliar de 7 niveles.*
20. **Gonzales, Oseda, & Ramirez. (2011).** *Metodología de la Investigación Científica.*
21. **Hayes, R, John. (2014).** *Soil Structure Interaction for Building Structures.*
22. **Hernández Sampieri , R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio , P. (2010).** *Metodología de la Investigación.*
23. **Institute, A. A. (2014).** *Requisitos del Reglamento para Concreto Estructural.*
24. **León Alvarado, J. (2011).** *Interacción Estática suelo estructura análisis con el Método de elementos Finitos.* Cuenca - Ecuador.

25. **León Freire, J. (2016).** *Analisis comparativo del diseño de una edificación de Hormigon Armado, Considerando el sistema de base rigida versus la interaccion Suelo-Estructura.*
26. **McCarty, D. (2012).** *Essentials of Soil Mechanics and Foundations.*
27. **Ministerio de Vivienda, C. y. (2018).** *Reglamento Nacional de Edificaciones.*
28. **Montero Pacchioni, J. (2010).** *Ingenieria de Cimentaciones.* Huaraz.
29. **Norma E.060. (2006).** Lima - Peru.
30. **Norma E-030-2016. (2016).** Lima.
31. **Ojeda Martinez, L. L. (2016).** *Analisis de la interaccion suelo estructura de fundacion mediante el metodo de las diferencias finitas.* Bermejo.
32. **Palomino Encinas, A. (2016).** *Manual de Análisis Estático y Dinámico NTE.030 Diseño Sismo resistente”,.* cajamarca.
33. **Peñafiel Bermello, L. S. (2019).** *Análisis sismico comparativo de un edificio de mediana altura considerando el sistema de base fija versus la interaccion suelo-estructura.* Manabí.
34. **Picón, A., & Ruiz, L. (2019).** *Análisis del problema de interacción suelo – estructura para un pórtico 2D en suelos granulares.* Lima.
35. **Rochel Awad, R. (2012).** *Analisis y Diseño Sismico de edificios.*
36. **Rodriguez Serquén, W. (2019).** *Fundamentos de Ingenieria Geotecnca Suelos y Cimentaciones.*
37. **Rodriguez Serquén, William. (2018).** *Ingenieria Geotecnica.*
38. **Tasilla Villanueva, J. (2019).** *Efecto De La Interacción Suelo - Estructura En El Comportamiento Estructural, Del Sector “E” Del Hospital Regional De Cajamarca Considerando Diferente Tipos De Suelos, Cajamarca - 2017.* Cajamarca.
39. **Terukina Terukina, R. (2010).** *Metodo de la Investigacion Cientifica.*
40. **Villarreal , G. (2009).** *Interaccion sismica suelo-estructura en edificaciones con zapatas aisladas.* Lima.
41. **Villarreal Castro, G. (2017).** *Interaccion Sismica Suelo - Estructura en edificaciones con platea de cimentacion.* Lima.
42. **Villarreal Castro, Genner. (2017).** *Interaccion Suelo Estructura en edificaciones con Plateas de cimentacion.* Lima.

## **ANEXOS**

A: MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA TESIS

B: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

C: INSTRUMENTO DE INVESTIGACION (Validada a juicio de expertos)

D: CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

E: MEMORIAS DE CALCULO

F: PLANOS

G: REGISTROS FOTOGRÁFICOS

## ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA TESIS

**Tesis:** “Comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cuánto varía el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Analizar la variación en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos considerando interacción suelo - estructura, El Tambo, Junín.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL:</b> El comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos varía considerablemente en un 42%, al considerar interacción suelo – estructura, en comparación del método convencional, El Tambo, Junín.</p>	<p><b>Variable Independiente (X):</b></p>	<p>Suelos cohesivos</p>	<p>I1: Capacidad admisible. (<math>q</math>) I2: Coeficiente de balasto (<math>\mu</math>) I3: Coeficientes de rigidez</p>	<p><b>MÉTODO</b> Científico</p> <p><b>TIPO</b> Aplicada</p> <p><b>NIVEL</b> Explicativo</p> <p><b>DISEÑO</b> Cuasi Experimental</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a) ¿Cuánto se modifica las derivas de piso, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín?</p> <p>b) ¿Cómo varía los asentamientos, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín?</p> <p>c) ¿Cuál es la alteración de las deformaciones de losas aligeradas, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a) Determinar la modificación en las derivas de piso, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín.</p> <p>b) Estimar la variación en los asentamientos, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín.</p> <p>c) Cuantificar la alteración en las deformaciones de losas aligeradas, en el comportamiento estructural de un edificio, en suelos heterogéneos, considerando interacción suelo – estructura, El Tambo, Junín.</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</b></p> <p><b>H<sub>ia</sub>:</b> La modificación de las derivas de piso, en el comportamiento estructural de un edificio en suelos heterogéneos son mayores al considerar el método de interacción suelo estructura en comparación del método convencional, El Tambo, Junín.</p> <p><b>H<sub>0a</sub>:</b> La modificación de las derivas de piso, en el comportamiento estructural de un edificio en suelos heterogéneos son menores al considerar el método de interacción suelo estructura en comparación del método convencional, El Tambo, Junín.</p> <p><b>H<sub>ib</sub>:</b> La variación de los asentamientos, en el comportamiento estructural de un edificio en suelos heterogéneos son mayores al considerar el método de interacción suelo estructura en comparación del método convencional, El Tambo, Junín.</p> <p><b>H<sub>0b</sub>:</b> La variación de los asentamientos, en el comportamiento estructural de un edificio en suelos heterogéneos son menores al considerar el método de interacción suelo estructura en comparación del método convencional, El Tambo, Junín.</p> <p><b>H<sub>ic</sub>:</b> La alteración de las deformaciones en losas aligeradas, en el comportamiento estructural de un edificio en suelos heterogéneos son mayores al considerar el método de interacción suelo estructura comparado del método convencional, El Tambo, Junín.</p> <p><b>H<sub>0c</sub>:</b> La alteración de las deformaciones en losas aligeradas, en el comportamiento estructural de un edificio en suelos heterogéneos son menores al considerar el método de interacción suelo estructura en comparación del método convencional, El Tambo, Junín.</p>	<p>Suelos Heterogéneos</p> <p><b>Variable dependiente (Y):</b></p> <p>Comportamiento estructural</p>	<p>Suelos granulares</p> <p>Derivas de piso</p> <p>Asentamientos.</p> <p>Deformaciones en losas</p>	<p>I1: Capacidad admisible. (<math>q</math>) I2: Coeficiente de balasto (<math>\mu</math>) I3: Coeficientes de rigidez</p> <p>I1: Deriva en CSx I2: Deriva en CSy I3: Deriva Máxima</p> <p>I1: A. mínimo I2: A. máximo I3: A. tolerable</p> <p>I1: D. mínima I2: D. máxima I3: D. admisible</p>	<p>Ubicado en Jr. Las Flores N° 401, distrito El Tambo</p> <p><b>MUESTREO:</b> No Probabilístico</p> <p><b>MUESTRA:</b> 04 análisis de la edificación -02 análisis convencional -02 análisis con I.S.E)</p> <p><b>TECNICA:</b> Observación estructurada</p> <p><b>INSTRUMENTO:</b> Ficha de recopilación de datos.</p>

## ANEXO B: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

TESIS: Comportamiento Estructural De Un Edificio En Suelos Heterogéneos, Considerando Interacción Suelo – Estructura, El Tambo, Junín.

AUTOR: Bach. Meiguer Jhon Chocce Curo.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES E INDICADORES						
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
Suelos Heterogéneos (X)	Montero (2010) Afirma como un perfil formado por conjunto de depósito heterogéneos compuesto por balsones erráticos de suelos granulares y cohesivos que se muestran sin un orden ni arreglo alguno	Los suelos heterogéneos se operacionalizan mediante sus dimensiones D1: Suelos Cohesivos y D2: Suelos granulares siendo tipos. Y a su vez cada una de las dimensiones se subdividen en sus indicadores; como I1: Capacidad admisible. ( $q$ ), I2: Coeficiente de balasto ( $\mu$ ) y I3: Coeficiente de rigidez ( $K_x, K_y, K_z, K_{\phi x}, K_{\phi y}, K_{\psi z}$ ).	D1: Suelos cohesivos	I1: Capacidad admisible. I2: Coeficiente de balasto I3: Coeficientes de rigidez	Ficha de recopilación de datos.	De Razón
			D2: Suelos Granulares	I1: Capacidad Admisible. I2: Coeficiente de Balasto I3: Coeficientes de rigidez	Ficha de recopilación de datos.	De Razón
Comportamiento Estructural (Y)	Rochel (2012) Afirma como el Rendimiento de la estructura, después de una sollicitación de fuerzas sísmicas, considerando que las propiedades dinámicas de las estructuras sean similares con el suelo de cimentación y evitar resonancias dinámicas en estructura y suelo	El comportamiento estructural, se operacionaliza mediante sus dimensiones D1: Deriva de piso, D2: Asentamientos y D3: Deformaciones siendo componentes. Y cada dimensión se descompone en indicadores para D1 Derivas de piso I1: Deriva en X $\Delta/h(x)$ , I2: Deriva en Y $\Delta/h(y)$ e I3: Deriva máxima $\Delta$ máx; para D2 Asentamientos: I1: A. Mínimo, I2: A. máximo e I3 A. tolerable) y para D3 Deformaciones: I1: deformación mínima, I2: deformación máxima y I3: deflexión máxima admisible.	D1: Derivas de piso	I1: Deriva en CSx I2: Deriva en CSy I3: Deriva máxima	Ficha de recopilación de datos.	De Razón
			D2: Asentamiento	I1: Asentamiento mínimo I2: Asentamiento máximo I3: Asentamiento tolerable	Ficha de recopilación de datos.	De Razón
			D3: Deformación de losa aligerada	I1: Deformación mínima I2: Deformación máxima I3: Deformación admisible	Ficha de recopilación de datos.	De Razón

**ANEXO C: VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN.  
FICHA DE RECOPIACION DE DATOS  
(Validado por juicio de expertos)**

## SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: Comportamiento Estructural De Un Edificio, En Suelos Heterogéneos, Considerando Interacción Suelo – Estructura, El Tambo, Junín.

AUTOR: Bach. Chocce Curo Meiguer Jhon.


INFORMACION GENERAL				EXPERTO A	EXPERTO B	EXPERTO C
I.-	UBICACION:	El Tambo	3256 m			
	DISTRITO:	Huancayo	12 08 16 S			
	PROVINCIA:	Junín	(12 02 50.95° Sur 75° 13' 57.11" oeste)			
	REGION:	Junín				
II.-	<b>DIV1/DIV2:</b>					
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la DIV1 ó DIV2:					
	Indicador 1:	Unidad	Indicador 3:			
	Capacidad Admisible (Q)	Kg/cm2	Coefficiente de Rigidez (Kx, Ky, Kz, Kxx, Kyy)			
	Desplazamiento horizontal (ΔH(x))	mm	Desplazamiento máximo (ΔH(max))			
III.-	<b>D3V1/D3V2:</b>					
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V1 ó D3V2:					
	Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:			
	Capacidad Admisible (q)	Kg/cm2	Coefficiente de Balasto (p)			
	Asentamiento Elástico:	mm	Asentamiento Diferencial:			
IV.-	<b>D3V1/D3V2:</b>					
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V1 ó D3V2:					
	Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:			
	Capacidad Admisible (Q)	Kg/cm2	Coefficiente de Balasto (p)			
	Deformaciones máximas Kx(z)	mm	Deformaciones permisibles Kx(z)			
V.-	<b>D1V2/D1V1:</b>					
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 ó D1V1:					
	Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:			
	Desplazamiento horizontal	mm	Desplazamiento vertical			
	Capacidad Admisible (Q)	Kg/cm2	Coefficiente de Balasto (p)			
VI.-	<b>D2V2/D2V1:</b>					
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 ó D2V1:					
	Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:			
	Asentamiento Elástico:	mm	Asentamiento Diferencial:			
	Capacidad Admisible (q)	Kg/cm2	Coefficiente de Balasto (p)			
VII.-	<b>D3V2/D3V1:</b>					
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 ó D3V1:					
	Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:			
	Deformaciones máximas Kx(z)	mm	Deformaciones permisibles Kx(z)			
	Capacidad Admisible (Q)	Kg/cm2	Coefficiente de Rigidez (Kx, Ky, Kz, Kxx, Kyy)			
APELLIDOS Y NOMBRES:				 <b>RUBEN ROQUE BELTRAN SOLIS</b> INGENIERO CIVIL R.E.G. C.I.P. N° 48459		
PROFESION:				ING. RUBEN ROQUE BELTRAN SOLIS R.E.G. C.I.P. N° 48459		
REGISTRO CIP No:				48459		
EMAIL:				ing.beltranroque@hotm.ail.com		
TELEFONO:				948 481030		

Tabla 8

Intervalos de confiabilidad		CONDICION
Nivel de Confianza	Nivel de Confianza	Validar solo
0.85	0.85	Validar bajo
0.54 a 0.59	0.60 a 0.65	Validar
0.60 a 0.65	0.70 a 0.75	No validar
0.70 a 0.75	0.80	Validar perfecta

Fuente: González, Chacón, Ramírez (2011)



## SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: Comportamiento Estructural De Un Edificio, En Suelos Heterogéneos, Considerando Interacción Suelo – Estructura, El Tambo, Junín.  
 AUTOR: Bach. Chocce Curo Meiquer Jhon.


I.	INFORMACION GENERAL	EXPERTO A	EXPERTO B	EXPERTO C
	UBICACION: El Tambo			
	DISTRITO: Huancayo			
	PROVINCIA: Junín			
	REGIONE: Junín			
	ALTITUD: 3256 m			
	LATITUD: 12.06161			
	LONGITUD: (12°02'30.95" Sur - 75°13'37.11" Oeste)			
II.-	D1V1/D1V2: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 a D1V2: Indicador 1: Unidad Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 Desplazamiento horizontal (Δ <sub>h1</sub> ) mm. Desplazamiento vertical (Δ <sub>v1</sub> ) mm. D1V1/D1V2: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V1 a D2V2: Indicador 1: Unidad Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 Desplazamiento horizontal (Δ <sub>h2</sub> ) mm. Desplazamiento vertical (Δ <sub>v2</sub> ) mm. D1V1/D1V2: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V1 a D3V2: Indicador 1: Unidad Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 Desplazamiento horizontal (Δ <sub>h3</sub> ) mm. Desplazamiento vertical (Δ <sub>v3</sub> ) mm. D1V1/D1V2: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 a D1V1: Indicador 1: Unidad Desplazamiento horizontal mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 D1V2/D2V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 a D2V1: Indicador 1: Unidad Asentamiento Diferencial mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 D1V2/D3V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 a D3V1: Indicador 1: Unidad Deflexiones permisibles K(0) mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2		0	
III.-	D1V1/D1V2: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 a D1V2: Indicador 1: Unidad Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 Desplazamiento horizontal (Δ <sub>h1</sub> ) mm. Desplazamiento vertical (Δ <sub>v1</sub> ) mm. D1V1/D1V2: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V1 a D2V2: Indicador 1: Unidad Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 Desplazamiento horizontal (Δ <sub>h2</sub> ) mm. Desplazamiento vertical (Δ <sub>v2</sub> ) mm. D1V1/D1V2: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V1 a D3V2: Indicador 1: Unidad Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 Desplazamiento horizontal (Δ <sub>h3</sub> ) mm. Desplazamiento vertical (Δ <sub>v3</sub> ) mm. D1V1/D1V2: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 a D1V1: Indicador 1: Unidad Desplazamiento horizontal mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 D1V2/D2V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 a D2V1: Indicador 1: Unidad Asentamiento Diferencial mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 D1V2/D3V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 a D3V1: Indicador 1: Unidad Deflexiones permisibles K(0) mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2		1	
IV.-	D1V1/D1V2: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 a D1V2: Indicador 1: Unidad Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 Desplazamiento horizontal (Δ <sub>h1</sub> ) mm. Desplazamiento vertical (Δ <sub>v1</sub> ) mm. D1V1/D1V2: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V1 a D2V2: Indicador 1: Unidad Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 Desplazamiento horizontal (Δ <sub>h2</sub> ) mm. Desplazamiento vertical (Δ <sub>v2</sub> ) mm. D1V1/D1V2: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V1 a D3V2: Indicador 1: Unidad Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 Desplazamiento horizontal (Δ <sub>h3</sub> ) mm. Desplazamiento vertical (Δ <sub>v3</sub> ) mm. D1V1/D1V2: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 a D1V1: Indicador 1: Unidad Desplazamiento horizontal mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 D1V2/D2V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 a D2V1: Indicador 1: Unidad Asentamiento Diferencial mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 D1V2/D3V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 a D3V1: Indicador 1: Unidad Deflexiones permisibles K(0) mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2		1	
V.-	D1V2/D1V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 a D1V1: Indicador 1: Unidad Desplazamiento horizontal mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 D1V2/D2V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 a D2V1: Indicador 1: Unidad Asentamiento Diferencial mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 D1V2/D3V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 a D3V1: Indicador 1: Unidad Deflexiones permisibles K(0) mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2		0	
VI.-	D1V2/D1V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 a D1V1: Indicador 1: Unidad Desplazamiento horizontal mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 D1V2/D2V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 a D2V1: Indicador 1: Unidad Asentamiento Diferencial mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 D1V2/D3V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 a D3V1: Indicador 1: Unidad Deflexiones permisibles K(0) mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2		1	
VII.-	D1V2/D1V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 a D1V1: Indicador 1: Unidad Desplazamiento horizontal mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 D1V2/D2V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 a D2V1: Indicador 1: Unidad Asentamiento Diferencial mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2 D1V2/D3V1: Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 a D3V1: Indicador 1: Unidad Deflexiones permisibles K(0) mm. Capacidad Admisible (q) Kg/cm2		1	
				

Tabla 8  
 Aliteratos de confiabilidad


CONDICION	CONDICION
0.53 a 0.59	Validez baja
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Validez
0.66 a 0.71	Muy valida
0.72 a 0.79	Valida
0.80 a 0.89	Valida
0.90 a 1.00	Validez perfecta

Fuente: González, Ocaña, Ramírez (2011)

5	0.714
---	-------

**SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPILACION DE DATOS**

PROYECTO: Comportamiento Estructural De Un Edificio, En Suelos Heterogéneos, Considerando Interacción Suelo - Estructura, El Tambó, Junín.  
 AUTOR: Itachi, Checco Curo Melguor Jhon.

EXPERIMENTO	A	B	EXPERIMENTO	C
<b>INFORMACION GENERAL:</b>				
USCACION				
DISTRITO	El Tambo	ALTIPLANO	1000 m	
PROVINCIA	Huancayo	ALTITUD	52.0000	
REGION	Junín	COORDENADAS	113 02 30.00" Sur 75 13 57.11" oeste	
<b>II -</b>				
Colocar la información a recoger de campo para medir la D1V1 ó D1V2				
Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad	Indicador 3
Capacidad Admisible (k)	kg/cm <sup>2</sup>	Coeficiente de Balasto (k)	kg/cm <sup>2</sup>	Coeficiente de Rigidez (k <sub>v</sub> , k <sub>h</sub> , k <sub>g</sub> , k <sub>g<sub>h</sub>})</sub>
Desplazamiento Horizontal (mm)	mm	Desplazamiento Vertical (mm)	mm	Segunda etapa máxima (a mayor nivel de base)
<b>III -</b>				
Colocar la información a recoger de campo para medir la D1V1 ó D1V2				
Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad	Indicador 3
Capacidad Admisible (k)	kg/cm <sup>2</sup>	Coeficiente de Balasto (k)	kg/cm <sup>2</sup>	Coeficiente de Rigidez (k <sub>v</sub> , k <sub>h</sub> , k <sub>g</sub> , k <sub>g<sub>h</sub>})</sub>
Desplazamiento Horizontal (mm)	mm	Desplazamiento Vertical (mm)	mm	Segunda etapa máxima (a mayor nivel de base)
<b>IV -</b>				
Colocar la información a recoger de campo para medir la D1V2 ó D1V3				
Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad	Indicador 3
Capacidad Admisible (k)	kg/cm <sup>2</sup>	Desplazamiento vertical	mm	Coeficiente de Rigidez
Desplazamiento Horizontal (mm)	mm	Desplazamiento horizontal	mm	Segunda etapa máxima
<b>V -</b>				
Colocar la información a recoger de campo para medir la D1V2 ó D1V3				
Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad	Indicador 3
Capacidad Admisible (k)	kg/cm <sup>2</sup>	Desplazamiento Horizontal	mm	Coeficiente de Rigidez (k <sub>v</sub> , k <sub>h</sub> , k <sub>g</sub> , k <sub>g<sub>h</sub>})</sub>
Desplazamiento Vertical (mm)	mm	Desplazamiento Vertical	mm	Segunda etapa máxima (a mayor nivel de base)
<b>VI -</b>				
Colocar la información a recoger de campo para medir la D1V2 ó D1V3				
Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad	Indicador 3
Capacidad Admisible (k)	kg/cm <sup>2</sup>	Desplazamiento Horizontal	mm	Coeficiente de Rigidez (k <sub>v</sub> , k <sub>h</sub> , k <sub>g</sub> , k <sub>g<sub>h</sub>})</sub>
Desplazamiento Vertical (mm)	mm	Desplazamiento Vertical	mm	Segunda etapa máxima (a mayor nivel de base)
<b>PROSESION</b>				
REGISTRO CIP No:				
EMAIL:	Ing. Civil			
TELÉFONO:	49840			
	justo@rodrigo.com			
	952604434			
				

**Tabla 8**  
 Información de confiabilidad

CONFIABILIDAD	0.95
CONFIABILIDAD	0.95
CONFIABILIDAD	0.95
CONFIABILIDAD	0.95
CONFIABILIDAD	0.95
CONFIABILIDAD	0.95
CONFIABILIDAD	0.95
CONFIABILIDAD	0.95
CONFIABILIDAD	0.95
CONFIABILIDAD	0.95

EXPERIMENTO	A	B	EXPERIMENTO	C
				1
				0
				1
				0
				1
				0
				1
				1

## **ANEXO D: CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

### **ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS (E.M.S.)**

#### **ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA NTP 339-167**

##### **(SUELOS COHESIVOS)**

INFORME DE CAPACIDAD PORTANTE DEL ESTUDIO: PROYECTO 1

1. CONTENIDO DE HUMEDAD
2. GRANULOMETRÍA
3. CLASIFICACIÓN DE SUELOS
4. LIMITES DE ATTERBERG
5. COMPRESION NO CONINADA
6. CAPACIDAD PORTANTE

#### **ENSAYO DE CORTE DIRECTO C. DRENADO ASTMD3080 NTP 339-171**

##### **(SUELOS GRANULARES)**

INFORME DE CAPACIDAD PORTANTE DEL ESTUDIO: PROYECTO 2

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D-422
2. LIMITES DE CONSISTENCIA
3. CONTENIDO DE HUMEDAD
4. PERFIL ESTATIGRÁFICO
5. ENSAYO DE CORTE DIRECTO
6. CAPACIDAD PORTANTE ASTM D-3080

**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA NTP 339-167**

**(Suelos cohesivos)**

*"Año de la Universalización de la Salud"*

**INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



**INFORME DE CAPACIDAD PORTANTE DEL PROYECTO:**

**"COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO, EN  
SUELOS HETEROGÉNEOS CONSIDERANDO INTERACCIÓN  
SUELO – ESTRUCTURA, EL TAMBO, JUNÍN"**

***HUMEDAD***

***GRANULOMETRÍA***

***CLASIFICACIÓN***

***LÍMITES DE ATTERBERG***

***COMPRESIÓN NO CONFINADA***

***HUANCAYO, 28 DE AGOSTO DEL 2020***

***EXP. 008-ICP-2020***

# LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



**CENTAURO INGENIEROS**  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-141



Registro N° LC - 141

## Informe de ensayo con valor oficial

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

### LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

#### LABORATORIO DE SUELOS

#### INFORME

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>1. EXPEDIENTE N°</b>      | : 876-2020-AS  |
| <b>2. PETICIONARIO</b>       | : BACH. CHOCCE CURO MEIGUER JHON   |
| <b>3. ATENCIÓN</b>           | : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA   |
| <b>4. PROYECTO</b>           | : "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO, EN SUELOS HETEROGÉNEOS CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, EL TAMBO, JUNÍN" |
| <b>5. UBICACIÓN</b>          | : JR. CIRCUITO TURÍSTICO HUAYTAPALLANA S/N (ALTURA CAPILLA HUALAHOYO) EL TAMBO   |
| <b>6. FECHA DE RECEPCIÓN</b> | : 18 DE AGOSTO DEL 2020  |
| <b>7. FECHA DE EMISIÓN</b>   | : 28 DE AGOSTO DEL 2020  |

<b>ENSAYO:</b>	<b>MÉTODO:</b>
Contenido de Humedad	NTP 339.127 1990 (REVISADA EL 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

PÁGINA 1 DE 1

CÓDIGO ORDEN DE TRABAJO	SONDEO	MUESTRA / PROF.	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD DE LA CALICATA (m)	TIPO DE MUESTRA	CONDICIÓN DE MUESTRA	MÉTODO	% DE HUMEDAD	MÉTODO DE SECADO
P-066-2020	CALICATA	C1-E6 (2,50 m - 3,00 m)	JR. CIRCUITO TURÍSTICO HUAYTAPALLANA S/N (ALTURA CAPILLA HUALAHOYO) EL TAMBO	3	SUELO	MUESTRA ALTERADA	± 1%	28	110 °C ± 5

\*LOS RESULTADOS SE REPORTAN AL ± 1% .

\*LA MUESTRA ENSAYADA CUMPLE CON LA MASA MÍNIMA RECOMENDADA.

\*LA MUESTRA ENSAYADA NO CONTIENE MAS DE UN MATERIAL.

\*EN LA MUESTRA ENSAYADA NO SE EXCLUYO NINGÚN MATERIAL.

#### NOTA:

Fecha de ensayo : 2020-08-24

Temperatura Ambiente : 21 °C

Humedad relativa : 27 %

Área donde se realizó los ensayos : Suelos I y Pavimentos

**OBSERVACION : Muestreo e identificación realizados por el Peticionario.**

\* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación, procedencia de la muestra, profundidad.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y

HC-AS-001 VERSIÓN: 01 REV.01 FECHA: 2020/02/28

Fin de página

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES S.A.C.  
ÁREA DE CALIDAD  
*[Firma]*  
Mg. Ing. Juan Víctor Andía Arias  
INGENIERO CIVIL  
CIP 88775

Email: [grupocentauroingenieros@gmail.com](mailto:grupocentauroingenieros@gmail.com) Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)  
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: [grupocentauroingenieros@gmail.com](mailto:grupocentauroingenieros@gmail.com)

# LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



**CENTAURO INGENIEROS**  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-143



Informe de ensayo con valor oficial  
Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

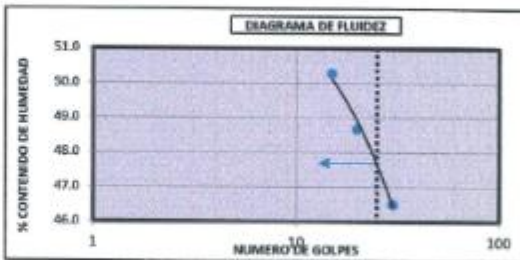
### LABORATORIO DE SUELOS INFORME

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 1. EXPEDIENTE N°      | : 877-2020-AS  |
| 2. PETICIONARIO       | : BACH. CHOCCO CURO MEIGUER JHON   |
| 3. ATENCIÓN           | : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA   |
| 4. PROYECTO           | : "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO, EN SUELOS HETEROGÉNEOS CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, EL TAMBO, JUNÍN" |
| 5. UBICACIÓN          | : JR. CIRCUITO TURÍSTICO HUAYTAPALLANA S/N (ALTURA CAPILLA HUALAHUAYO) EL TAMBO  |
| 6. FECHA DE RECEPCIÓN | : 18 DE AGOSTO DEL 2020  |
| 7. FECHA DE EMISIÓN   | : 28 DE AGOSTO DEL 2020  |

Código orden de Trabajo : P-066-2020	Sondeo : C3-46 ( 2,50 m - 3,00 m)	Profundidad de calicata (m) : 3,00
Tipo de material : Suelo	Condiciones de muestra: Muestra Alterada	Ubicación : Jr. Circuito Turístico Huaytapallana s/n (altura capilla hualahuyo) El Tambo

<b>ENSAYOS</b>	<b>MÉTODOS</b>
Análisis Granulométrico por tamizado	NTP 199.129 1999 (revisado el 2018) Método de ensayo para el análisis granulométrico.
Límites de Consistencia	NTP 199.129 1999 (revisado el 2018) SUELOS. Método de ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico, e Índice de Plasticidad de suelos.
Clasificación SUCS	NTP 300.334 1999 (revisado el 2018) Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)
Clasificación AASHTO	NTP 300.335 1999 (revisado el 2018) Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75.000	100.00
2"	50.000	100.00
1 1/2"	37.500	100.00
1"	25.000	100.00
3/4"	19.000	100.00
3/8"	9.500	100.00
N°4	4.750	99.80
N°10	2.000	99.27
N°20	0.850	97.17
N°40	0.425	93.94
N°60	0.250	91.96
N°100	0.150	90.30
N°200	0.075	90.11



<b>MÉTODO DE ENSAYO</b>	MULTIPUNTO
PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	SECA
% RETENIDO EN EL TAMIZ N°40	6.06
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
% LÍMITE LÍQUIDO	48
% LÍMITE PLÁSTICO	27
% ÍNDICE PLÁSTICO	21
* NO SE REMOVIÓ LENTES DE ARENA	
* MUESTRA SECADA AL AIRE DURANTE LA PREPARACIÓN	

FINO	ARENA	GRAVA
90.11%	9.70%	0.20%
100.00%		

CLASIFICACIÓN (S.U.C.S)		CLASIFICACIÓN AASHTO	
CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	CLASIFICACIÓN DE GRUPO	A-7-6 (21)
		TIPOS USUALES DE MATERIALES	SUELOS ARCILLOSOS
		CONSTITUYENTES SIGNIFICATIVOS	
		CLASIFICACION GENERAL COMO SUBRASANTE	REGULAR A DEFICIENTE

**Nota:**  
Fecha de ensayo : 2020-08-27  
Temperatura Ambiente : 22,1 C°  
Humedad relativa : 22 %  
Área donde se realizó los ensayos : Suelos y Pavimentos - Suelos II y Concreto

**OBSERVACIÓN:** Muestreo e identificación realizados por el Peticionario.  
\*Los datos proporcionados por el cliente son los siguientes: Peticionario, Atención, Nombre del proyecto, Ubicación.  
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.  
LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.  
HC-AS-053 REV.05 FEO-14 2020/02/11

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES  
ÁREA DE CALIDAD  
Mg. Ing. Janet Yéssica Arias  
REGISTRADA EN  
CUP 88715

Email: [grupocentauroingenieros@gmail.com](mailto:grupocentauroingenieros@gmail.com) Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauroingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)  
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015  
Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: [grupocentauroingenieros@gmail.com](mailto:grupocentauroingenieros@gmail.com)



Registro N° LE - 141

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

### LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

#### LABORATORIO DE SUELOS INFORME

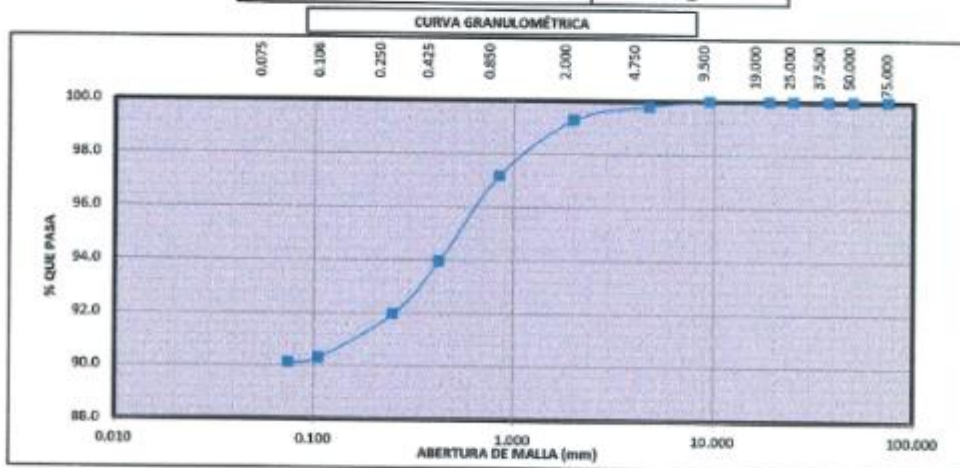
- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 1. EXPEDIENTE N°      | : 877-2020-AS  |
| 2. PETICIONARIO       | : BACH. CHOCCE CIRO MEIGUER JHON   |
| 3. ATENCIÓN           | : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA   |
| 4. PROYECTO           | : "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO, EN SUELOS HETEROGÉNEOS CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, EL TAMBO, JUNÍN" |
| 5. UBICACIÓN          | : JR. CIRCUITO TURÍSTICO HUAYTAPALLANA S/N (ALTURA CAPILLA HUALAHUYO) EL TAMBO   |
| 6. FECHA DE RECEPCIÓN | : 18 DE AGOSTO DEL 2020  |
| 7. FECHA DE EMISIÓN   | : 28 DE AGOSTO DEL 2020  |

Código orden de Trabajo : P-060-2020	Sondeo : CI-E6 ( 2,50 m - 3,00 m)	Profundidad de calicata (m) : 3,00
Tipo de material : Suelo	Condiciones de muestra: Muestra Alterada	Ubicación : Jr. Circuito Turístico Huaytapallana s/n (altura capilla hualahuyo) El Tambo

ENSAYOS	MÉTODO
Análisis Granulométrico por tamizado	NTP 339.128 1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
Límite de Consistencia	NTP 339.129 1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
Clasificación SUCS	NTP 339.134 1999 (revisada el 2019) Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)
Clasificación AASHTO	NTP 339.135 1999 (revisada el 2019) Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte.

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA		
% GRAVA	GG %	0.00
	GF %	0.20
% ARENA	AG %	0.53
	AM %	5.34
	AF %	3.83
% FINOS		90.11
Tamaño Máximo de la Grava (mm)		9.5
Forma del suelo grueso		Angular
Porcentaje retenido en la 3 pulg (%)		0.00
Coeficiente de Curvatura		-
Coeficiente de Uniformidad		-

PÁGINA 2 DE 2



FINO	90.11%	ARENA	9.70%	GRAVA	0.20%
------	--------	-------	-------	-------	-------

NOTA:

Fecha de ensayo : 2020-08-27

OBSERVACION : Muestras e identificación realizadas por el Peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AS-033 REV.05 FECHA: 2020/02/11

HENRIQUE LAMARCA DEJANO AGUIRRE S.R.L.  
AREA DE CALIDAD  
*[Firma]*  
Mg. Ing. Janet Cecilia Andía Arias  
INGENIERA CIVIL  
CIP 8975

Fin de página.

Email: [grupocentauroingenieros@gmail.com](mailto:grupocentauroingenieros@gmail.com) Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)  
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: [grupocentauroingenieros@gmail.com](mailto:grupocentauroingenieros@gmail.com)

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS**

**SERVICIOS DE:**

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS**  
**LABORATORIO DE SUELOS**  
**INFORME**

<b>1. EXPEDIENTE N°</b>	: 880-2020-AS
<b>3. PETICIONARIO</b>	: BACH. CHOCCE CURO MEIGUER JHON
<b>4. ATENCIÓN</b>	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES – FACULTAD DE INGENIERIA
<b>5. PROYECTO</b>	: "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO, EN SUELOS HETEROGÉNEOS CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, EL TAMBO, JUNÍN"
<b>6. UBICACIÓN</b>	: JR. CIRCUITO TURÍSTICO HUAYTAPALLANA S/N (ALTA CAPILLA HUALAHOYO) EL TAMBO
<b>7. FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 18 DE AGOSTO DEL 2020
<b>8. FECHA DE EMISIÓN</b>	: 28 DE AGOSTO DEL 2020

<b>ENSAYO:</b>	<b>MÉTODO:</b>
COMPRESIÓN NO CONFINADA	NTP 339.167 SUELOS. Método de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos

<b>CÓDIGO DE ORDEN DE TRABAJO</b>	: P-066-2020
<b>MUESTRA</b>	: C1-E6
<b>PROFUNDIDAD DE CALICATA (m)</b>	: 3,00

<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>	CL- ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
<b>LIMITES LL Y LP</b>	LL: 48 Y LP: 27
<b>CONDICIÓN DE MUESTRA</b>	ALTERADA
<b>DENSIDAD INICIAL SECA</b>	1.468
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL (%)</b>	28.32
<b>GRADO DE SATURACIÓN (%)</b>	56

<b>RESISTENCIA DE LA COMPRESIÓN NO CONFINADA <math>q_u</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1.0557
<b>RESISTENCIA AL CORTE <math>S_u</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0.5279

DATOS DEL ESPÉCIMEN	ALTURA	DIÁMETRO	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO
		104.33	51.525

<b>RAZÓN PROMEDIO DE DEFORMACIÓN DE LA FALLA (mm/mm)</b>	0.27
<b>ESFUERZO EN LA FALLA %</b>	100



HC-AS-041 VERSIÓN 00 REVISO FECHA: 2020/02/25

**NOTA:**

Fecha de ensayo	: 2020-08-27
Temperatura Ambiente	: 22.9 °C
Humedad relativa	: 35 %
Área donde se realizó el ensayo	: Suelos y pavimentos

\* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, ubicación, nombre del proyecto, ubicación, calicata, muestra, profundidad de la calicata.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

**Mg. Ing. Janet Ynesca Andía Arias**  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP 89775

Email: [grupocentauroingenieros@gmail.com](mailto:grupocentauroingenieros@gmail.com) Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)  
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo – Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 – 964908015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: [grupocentauroingenieros@gmail.com](mailto:grupocentauroingenieros@gmail.com)



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS**

**SERVICIOS DE:**

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/D5D-INDECOPI

Determinación de q

$$q = 11.5169 \text{ KN/m}^2$$

Hallando la capacidad de carga última

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$Q_u = 173.83 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_u \text{ adm FS} = 3 = 57.94 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_u = 1.77 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_u \text{ adm FS} = 3 = 0.59 \text{ kg/cm}^2$$

INFORMACIÓN GENERAL  
 AREA DE CALIDAD  
  
 Ing. Ing. Janet Bedoya Andía Arias  
 INGENIERA CIVIL  
 CP 59112

FOTOGRAFÍA N° 08



Fuente: Fotografía remitida por el personal de laboratorio.

Vista de la medición del espécimen de dimensiones 2"x4" para el **Ensayo de Compresión no Confinada** de la calicata C-1, realizado en las instalaciones del Laboratorios de Mecánica de Suelos, Concreto Y Pavimentos Inversiones Generales Centauro Ingenieros S.A.C., correspondientes al proyecto: **"COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO, EN SUELOS HETEROGÉNEOS CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA, EL TAMBO, JUNÍN"**.

FOTOGRAFÍA N° 09



Fuente: Fotografía remitida por el personal de laboratorio.

Vista de los dos especímenes de dimensiones 2"x4" para el **Ensayo de Compresión no Confinada** de la calicata C-1, realizado en las instalaciones del Laboratorios de Mecánica de Suelos, Concreto Y Pavimentos Inversiones Generales Centauro Ingenieros S.A.C., correspondientes al proyecto: **"COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO, EN SUELOS HETEROGÉNEOS CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA, EL TAMBO, JUNÍN"**.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO**  
**ASTM 3080 NTP 339-171 (Suelos granulares)**

2020

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO,  
CONSOLIDADO - DRENADO**

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

**“COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL  
DE UN EDIFICIO EN SUELOS  
HETEROGÉNEOS, CONSIDERANDO  
INTERACCION SUELO -  
ESTRUCTURA, EL TAMBO - JUNIN”**

MEIGUER JHON CHOCCE CURO



LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS N°  
01  
GEOLUMAS SAC





## INFORME TÉCNICO

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO, CONSOLIDADO - DRENADO

### “COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EN SUELOS HETEROGÉNEOS, CONSIDERANDO INTERACCION SUELO – ESTRUCTURA, EL TAMBO – JUNIN”

#### 1. GENERALIDADES

##### 1.1. OBJETIVO

El objetivo del presente estudio de mecánica de suelos, es establecer las características geotécnicas del suelo donde se cimentará la edificación proyectada.

Para tal efecto, se ha efectuado una investigación geotécnica que incluye trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir la estratigrafía, características físicas y mecánicas de los suelos predominantes, sus propiedades de resistencia y estimación de asentamientos, del mismo modo se analizó la agresividad del suelo al concreto de la cimentación.

##### 1.2. NORMATIVIDAD

El presente Informe Técnico se ha elaborado en base a la Norma Técnica E-050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones y Norma Técnica E0.30 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, APROBADA EL 11 DE OCTUBRE DEL 2018, corresponde al estudio de mecánica de suelos para el proyecto.

##### 1.3. UBICACIÓN

LUGAR : JR. LAS FLORES N° 401 – PARQUE INDUSTRIAL  
DISTRITO : EL TAMBO  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNIN





selva, donde la subducción y fricción cortical es paulatinamente más profunda. Las zonas alejadas del oriente amazónico, sufren de pocos eventos sísmicos precisamente por la gran profundidad en que se produce la subducción bajo esta región, en comparación a lo que ocurre bajo la costa

Según los mapas de zonificación sísmica y mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las Normas Sismo-Resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, el proyecto se encuentra comprendido en la Zona 3.

En la Figura N°3, se presenta el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú realizado por Alva et al (1984), el cuál se basó en Mapas de Isosistas de Sismos Peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos recientes. En la Figura N°4, se presenta el Mapa de Zonificación Sísmica considerando por la norma Técnica E-030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Construcciones.

Los parámetros sísmicos a usarse son:

### ZONA 3

PARAMETRO	VALOR
Factor de zona (Z)	0.35
Factor de ampliación de ondas sísmicas (S)	1.15
Período de vibración predominantte (Tp)	0.6 seg.

#### PERFILES DE SUELO

PERFIL TIPO S<sub>2</sub>

FACTOR DE SUELO "S"	S <sub>2</sub>
Z <sub>3</sub>	1.15

PERIODOS "Tp" y "Tl"	S <sub>2</sub>
"Tp" (S)	0.6
"Tl" (S)	2.0

  
**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO - CIP 145016  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

# **ENSAYO DE CORTE DIRECTO, CONSOLIDADO - DRENADO**

**PROYECTO:**

**“COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN  
EDIFICIO EN SUELOS HETEROGÉNEOS,  
CONSIDERANDO INTERACCION SUELO –  
ESTRUCTURA, EL TAMBO – JUNIN”**

## **CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE**

**SOLICITANTE:**

**MEIGUER JHON CHOCCE CURO**

**05 DE AGOSTO DEL 2020**



TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE  
( KARL TERZAGHI )

**"COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO  
EN SUELOS HETEROGÉNEOS, CONSIDERANDO  
INTERACCION SUELO – ESTRUCTURA, EL TAMBO –  
JUNIN"**

**PROYECTO:**

**SOLICITANTE:** MEIGUER JHON CHOCCE CURO

**CALICATA :** C-1, JR. LAS FLORES Nº 401 – EL TAMBO

**MUESTRA :** JR. LAS FLORES Nº 401 – PARQUE INDUSTRIAL

**A. DATOS GENERALES:**

Angulo de fricción interna	25.20	grados
Cohesión	0.01	kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico	1.85	gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario del suelo de cimentación	1.65	gr/cm <sup>3</sup>
Relación Ancho/Largo (B/L)	0.1	Forma:
Profundidad de fondo de cimentación	3	m
Profundidad de desplante	3	m
Posición de nivel freático	50	m
Factor de seguridad	3	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GC	
Cota de terreno	3280	manm

**B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:**

Nc:	21.04
Nq:	10.90
Ny:	11.21

**C. FACTORES DE FORMA:**

Sc:	1.0518
Sq:	1.0471
Sy:	0.96

**D. CAPACIDAD ADMISIBLE**

Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	Factores por N.F.		qult (kg/cm <sup>2</sup> )	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
			W	W'		
0.80	3,259.20	1.50	1	1	3.04	1.01
1.00	3,259.00	1.50	1	1	3.41	1.14
1.20	3,258.80	1.50	1	1	3.79	1.26
1.40	3,258.60	1.50	1	1	4.17	1.39
1.60	3,258.40	1.50	1	1	4.54	1.51
1.80	3,258.20	1.50	1	1	4.92	1.64
2.00	3,258.00	1.50	1	1	5.30	1.77
2.20	3,257.80	1.50	1	1	5.67	1.89
2.40	3,257.60	1.50	1	1	6.05	2.02
2.60	3,257.40	1.50	1	1	6.43	2.14
2.80	3,257.20	1.50	1	1	6.80	2.27
3.00	3,257.00	1.50	1	1	7.18	2.39

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 1.01 kg/cm<sup>2</sup> y 2.39 kg/cm<sup>2</sup>, valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

  
**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 155416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO, CONSOLIDADO -  
DRENADO**

**PROYECTO:**

**“COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN  
EDIFICIO EN SUELOS HETEROGÉNEOS,  
CONSIDERANDO INTERACCION SUELO –  
ESTRUCTURA, EL TAMBO – JUNIN”**

**ANALISIS GRANULOMETRICO  
LIMITES DE CONSISTENCIA  
PERFIL ESTATRIGRAFICO**

**SOLICITANTE:**

**MEIGUER JHON CHOCCE CURO**

**05 DE AGOSTO DEL 2020**





SOLICITANTE : MEIGUER JHON CHOCCE CURO

PROYECTO : "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EN SUELOS HETEROGÉNEOS, CONSIDERANDO INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA, EL TAMBO - JUNIN"

UBICACIÓN : JR. LAS FLORES Nº 401 - PARQUE INDUSTRIAL

FECHA : 05 DE AGOSTO DEL 2020

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : C-1, JR. LAS FLORES Nº 401 - EL TAMBO

Muestra : M-1

PROG : JR. LAS FLORES Nº 401 - PARQUE INDUSTRIAL

Prof. (m) : 3.00 mts

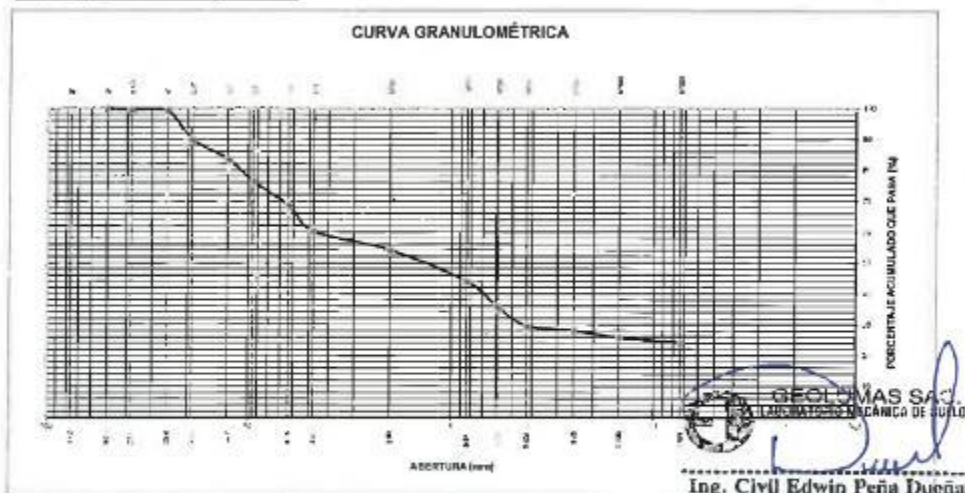
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422**

Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial)	(% Acumulado)	
			Rate	Pasa
3"	76.200	-	-	99.8
2"	50.300	0.2	0.2	99.8
1 1/2"	38.100	0.3	0.5	99.5
1"	25.400	0.4	1.0	99.0
3/4"	19.050	9.3	10.3	89.7
1/2"	12.700	6.2	16.4	83.6
3/8"	9.525	7.2	23.7	76.3
1/4"	6.350	7.8	31.5	68.5
Nº4	4.750	8.4	39.9	60.1
Nº10	2.000	6.0	45.9	54.1
Nº20	0.840	10.2	56.0	44.0
Nº30	0.590	6.3	64.3	35.7
Nº40	0.426	6.1	70.4	29.6
Nº60	0.250	1.8	72.0	28.0
Nº100	0.149	2.3	74.3	25.7
Nº200	0.074	1.8	75.9	24.1
- Nº200		24.1		

% grava	: 39.9
% arena	: 36.0
% finos	: 24.1

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LIMITE LIQUIDO (%)	: 17.03
LIMITE PLASTICO (%)	: 7.14
INDICE PLASTICO (%)	: 9.89

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : GC  
Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : A-2-4(0)  
Contenido de Humedad ASTM D-2216 : 9.4%



JR 28 DE OCTUBRE Nº 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156



**SOLICITANTE :** MEIGUER JHON CHOCCE CURO

**PROYECTO :** "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EN SUELOS HETEROGÉNEOS, CONSIDERANDO INTERACCION SUELO – ESTRUCTURA, EL TAMBO – JUNIN"

**UBICACIÓN :** JR. LAS FLORES N° 401 – PARQUE INDUSTRIAL

**FECHA :** 05 DE AGOSTO DEL 2020

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

**Calicata :** C-1, JR. LAS FLORES N° 401 – EL TAMBO

**Muestra :** M-1

**Prof :** 3.00 mts

**PROG :** JR. LAS FLORES N° 401 – PARQUE INDUSTRIAL

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

Funda N°	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO			
	1	2	1	2	3	4
Tara N°	1	1	21	27	35	42
N° de golpes			35	27	22	16
Tara + suelo húmedo (g)	42.2	42.2	25.0	25.4	30.0	26.0
Tara + suelo seco (gr)	40.2	40.3	23.7	23.2	25.7	22.0
Peso del agua (g)	1.4	1.4	1.3	2.2	4.3	4.0
Peso de tara (gr)	21.2	21.2	5.3	7.2	7.4	7.6
Peso suelo seco (g)	19.4	19.3	17.4	15.9	18.3	14.4
Contenido de humedad (%)	7.14	7.14	7.47	13.75	23.50	27.78

L Líquido 17.03  
L Plástico 7.14  
I Plástico 9.89



NOTA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
R.J.C. 20568764995,

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO - CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

CEL 968111156, RPM #968111158



PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EN SUELOS HETEROGÉNEOS, CONSIDERANDO INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA, EL TAMBO - JUNIN"

UBICACIÓN: JR. LAS FLORES N° 401 - PARQUE INDUSTRIAL

FECHA: 05 DE AGOSTO DEL 2020

SOLICITANTE: MEIGUER JHON CHOCCE CURD

PROFUNDIDAD TOTAL (m)

3.00 mts

MUESTRA:

M-1

PROF. NIVEL FREÁTICO (m)

N.P

CALICATA:

C-1, JR. LAS FLORES N° 401 - EL TAMBO

PROGRESIVA:

JR. LAS FLORES N° 401 - PARQUE INDUSTRIAL

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación típica, forma del material granular, color, contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad, grado de compactación / consistencia; Otros: proporción de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bloques / cantos, etc.	SUCS	GRAMULOMETRIA									
			0.075	0.250	0.600	2.000	75	200	75			
			%	%	%	%	%	%	%			
0.10	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA, DE COLOR MARRON CLARO	GC										
0.20												
0.40												
0.60												
0.80												
1.00												
1.20												
1.40												
1.60												
1.80												
2.00												
2.20												
2.40												
2.60												
2.80												
3.00												

NO DETERMINADO

OBSERVACIONES

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TECNICO, CIP 145419  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156

## **ANEXO E: MEMORIAS DE CÁLCULO**

Asimismo, se muestra las tablas en Excel (S3), considerándose para el cálculo de los coeficientes de compresión uniforme y no uniforme coeficientes de rigidez uniforme y no uniformes todas las ecuaciones ya mencionadas y usadas para el procesamiento en el programa ETABSV21.

- **Cálculo de coeficientes de rigidez ( $K_x$ ,  $K_y$ ,  $K_z$ ,  $K_{\phi x}$ ,  $K_{\phi y}$ ) con I.S.E.**

Tabla 93:

*Coefficientes de Rigidez, D.D. Barkan – O.A. Savinov. (Suelo S3)*

CALCULO DE COEFICIENTES DE RIGIDEZ – CONSIDERANDO I.S.E. PARA SUELO COHESIVO							
<b>CIMENTACIÓN Z-1</b>							
DATOS TECNICOS		COEFICIENTE EXPERIMENTAL		<b>Do</b>	0.6153846	kg/cm3	
		COEFICIENTE POISON SUELO		$\mu_s$ suelo	0.375	kg/cm2	
		COEFICIENTE ROH		<b>po</b>	0.20	kg/cm2	
Tipo Suelo	CL				<b>Presión Estática del Suelo</b>		
$\mu_s$ suelo	0.375				$\rho = P/A = 794.154/33.97 = 23.37$		
Lx	3.50	m					
Ly	2.157	m					
Ac (zap)	7.5499	m2	PRESION ESTÁTICA		<b>p</b>	23.37	Tn/m2
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2
$\Delta$	1.00	m^-1	COEFIC. SUELO		<b>Co</b>	0.80	kg/cm3
P	794.15	Tn	COEFIC. EXP.		<b>Do</b>	0.6154	kg/cm2
Ac (ed.)	27.97	m2					
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes ( $C_x$ , $C_y$ , $C_z$ , $C_{\phi x}$ , $C_{\phi y}$ )				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme ( $K_x$ , $K_y$ , $K_z$ , $K_{\phi x}$ , $K_{\phi y}$ )			
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	5793.33	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	43739.04	Tn/m
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	5793.33	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	43739.04	Tn/m
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	7531.33	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	56860.75	Tn/m
Coef. No unifor eje X	<b>C<math>\phi</math>x</b>	10976.0	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	<b>K<math>\phi</math>x</b>	81957.93	Tn.m
Coef. No unifor eje Y	<b>C<math>\phi</math>y</b>	13120.7	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	<b>K<math>\phi</math>y</b>	79130.63	Tn.m
<b>CIMENTACIÓN Z-2</b>							
DATOS TECNICOS		COEFICIENTE EXPERIMENTAL		<b>Do</b>	0.6153846	kg/cm3	
		COEFICIENTE POISON SUELO		$\mu_s$ suelo	0.375	kg/cm2	
		COEFICIENTE ROH		<b>po</b>	0.20	kg/cm2	
Tipo Suelo	CL				<b>Presión Estática del Suelo</b>		
$\mu_s$ suelo	0.375				$\rho = P/A = 794.154/33.97 = 23.37$		
Lx	1.25	m					
Ly	3.38	m					
Ac (zap)	4.225	m2	PRESION ESTÁTICA		<b>p</b>	23.37	Tn/m2
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2
$\Delta$	1.00	m^-1	COEFIC. SUELO		<b>Co</b>	0.80	kg/cm3
p	794.15	Tn	COEFIC. EXP.		<b>Do</b>	0.6154	kg/cm2
Ac (ed.)	27.97	m2					
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes ( $C_x$ , $C_y$ , $C_z$ , $C_{\phi x}$ , $C_{\phi y}$ )				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme ( $K_x$ , $K_y$ , $K_z$ , $K_{\phi x}$ , $K_{\phi y}$ )			
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	7400.52	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	31267.18	Tn/m
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	7400.52	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	31267.18	Tn/m
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	9620.67	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	40647.33	Tn/m
Coef. No unifor eje X	<b>C<math>\phi</math>x</b>	19266.3	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	<b>K<math>\phi</math>x</b>	10598.98	Tn.m
Coef. No unifor eje Y	<b>C<math>\phi</math>y</b>	13187.8	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	<b>K<math>\phi</math>y</b>	53046.01	Tn.m
<b>CIMENTACION Z-3</b>							
DATOS TECNICOS		COEFICIENTE EXPERIMENTAL		Do	0.6153846	kg/cm3	

				COEFICIENTE POISON SUELO		$\mu$ s suelo	0.375	kg/cm2
				COEFICIENTE ROH		po	0.20	kg/cm2
Tipo Suelo	CL			<b>Presión Estática del Suelo</b>				
$\mu$ s suelo	0.375			$\rho = P/A = 794.154/33.97 = 23.37$				
Lx	3.40	m						
Ly	1.25	m						
Ac (zap)	4.25	m2		PRESION ESTÁTICA	$p$	23.37	Tn/m2	
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2	
$\Delta$	1.00	m^-1		COEFIC. SUELO	$C_o$	0.80	kg/cm3	
p	794.15	Tn		COEFIC. EXP.	$D_o$	0.6154	kg/cm2	
Ac (ed.)	27.97	m2						
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, C $\phi$ x, C $\phi$ y)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, K $\phi$ x, K $\phi$ y)				
Coef. uniforme eje X	$C_x$	7392.45	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	$K_x$	31417.89	Tn/m	
Coef. uniforme eje Y	$C_y$	7392.45	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	$K_y$	31417.89	Tn/m	
Coef. uniforme eje Z	$C_z$	9610.18	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	$K_z$	40843.26	Tn/m	
Coef. No unifor eje X	$C_{\phi x}$	13156.3	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	$K_{\phi x}$	53864.37	Tn.m	
Coef. No unifor eje Y	$C_{\phi y}$	19255.8	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	$K_{\phi y}$	10655.89	Tn.m	
<b>CIMENTACION Z-4</b>								
DATOS TECNICOS				COEFICIENTE EXPERIMENTAL		Do	0.6153846	kg/cm3
				COEFICIENTE POISON SUELO		$\mu$ s suelo	0.375	kg/cm2
				COEFICIENTE ROH		po	0.20	kg/cm2
Tipo Suelo	CL			<b>Presión Estática del Suelo</b>				
$\mu$ s suelo	0.375			$\rho = P/A = 794.154/33.97 = 23.37$				
Lx	1.80	m						
Ly	1.50	m						
Ac (zap)	2.7	m2		PRESION ESTÁTICA	$p$	23.37	Tn/m2	
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2	
$\Delta$	1.00	m^-1		COEFIC. SUELO	$C_o$	0.80	kg/cm3	
p	794.15	Tn		COEFIC. EXP.	$D_o$	0.6154	kg/cm2	
Ac (ed.)	27.97	m2						
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, C $\phi$ x, C $\phi$ y)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, K $\phi$ x, K $\phi$ y)				
Coef. uniforme eje X	$C_x$	7986.51	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	$K_x$	21563.57	Tn/m	
Coef. uniforme eje Y	$C_y$	7986.51	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	$K_y$	21563.57	Tn/m	
Coef. uniforme eje Z	$C_z$	10382.4	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	$K_z$	28032.64	Tn/m	
Coef. No unifor eje X	$C_{\phi x}$	17080.8	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	$K_{\phi x}$	12451.92	Tn.m	
Coef. No unifor eje Y	$C_{\phi y}$	18420.5	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	$K_{\phi y}$	9325.38	Tn.m	
<b>CIMENTACION Z-5</b>								
DATOS TECNICOS				COEFICIENTE EXPERIMENTAL		Do	0.6153846	kg/cm3
				COEFICIENTE POISON SUELO		$\mu$ s suelo	0.375	kg/cm2
				COEFICIENTE ROH		po	0.20	kg/cm2
Tipo Suelo	CL			<b>Presión Estática del Suelo</b>				
$\mu$ s suelo	0.375			$\rho = P/A = 794.154/33.97 = 23.37$				
Lx	1.40	m						
Ly	2.00	m						
Ac (zap)	2.8	m2		PRESION ESTÁTICA	$p$	23.37	Tn/m2	
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2	
$\Delta$	1.00	m^-1		COEFIC. SUELO	$C_o$	0.80	kg/cm3	
p	794.15	Tn		COEFIC. EXP.	$D_o$	0.6154	kg/cm2	
Ac (ed.)	27.97	m2						
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, C $\phi$ x, C $\phi$ y)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, K $\phi$ x, K $\phi$ y)				
Coef. uniforme eje X	$C_x$	7949.70	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	$K_x$	22259.17	Tn/m	
Coef. uniforme eje Y	$C_y$	7949.70	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	$K_y$	22259.17	Tn/m	
Coef. uniforme eje Z	$C_z$	10334.6	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	$K_z$	28936.92	Tn/m	
Coef. No unifor eje X	$C_{\phi x}$	18946.8	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	$K_{\phi x}$	8665.00	Tn.m	
Coef. No unifor eje Y	$C_{\phi y}$	16363.1	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	$K_{\phi y}$	15272.27	Tn.m	

<b>CIMENTACION Z-6</b>							
DATOS TECNICOS			COEFICIENTE EXPERIMENTAL		Do	0.6153846	kg/cm3
			COEFICIENTE POISON SUELO		μs suelo	0.375	kg/cm2
			COEFICIENTE ROH		po	0.20	kg/cm2
Tipo Suelo	CL					<b>Presión Estática del Suelo</b>	
μs suelo	0.375					$\rho = P/A = 794.154/33.97 = 23.37$	
Lx	1.25	m					
Ly	1.588	m					
Ac (zap)	1.985	m2	PRESION ESTÁTICA		<b>p</b>	23.37	Tn/m2
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2
Δ	1.00	m^-1	COEFIC. SUELO		<b>Co</b>	0.80	kg/cm3
p	794.15	Tn	COEFIC. EXP.		<b>Do</b>	0.6154	kg/cm2
Ac (ed.)	27.97	m2					
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, Cφx, Cφy)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, Kφx, Kφy)			
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	8948.76	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	17763.28	Tn/m
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	8948.76	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	17763.28	Tn/m
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	11633.3	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	23092.27	Tn/m
Coef. No unifor eje X	<b>Cφx</b>	21279.0	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	<b>Kφx</b>	5499.85	Tn.m
Coef. No unifor eje Y	<b>Cφy</b>	19225.9	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	<b>Kφy</b>	8019.90	Tn.m
<b>CIMENTACION Z-7</b>							
DATOS TECNICOS			COEFICIENTE EXPERIMENTAL		Do	0.6153846	kg/cm3
			COEFICIENTE POISON SUELO		μs suelo	0.375	kg/cm2
			COEFICIENTE ROH		po	0.20	kg/cm2
Tipo Suelo	CL					<b>Presión Estática del Suelo</b>	
μs suelo	0.375					$\rho = P/A = 794.154/33.97 = 23.37$	
Lx	1.25	m					
Ly	0.8933	m					
Ac (zap)	1.1166	m2	PRESION ESTÁTICA		<b>p</b>	23.37	Tn/m2
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2
Δ	1.00	m^-1	COEFIC. SUELO		<b>Co</b>	0.80	kg/cm3
p	794.15	Tn	COEFIC. EXP.		<b>Do</b>	0.6154	kg/cm2
Ac (ed.)	27.97	m2					
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, Cφx, Cφy)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, Kφx, Kφy)			
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	11219.7	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	12528.26	Tn/m
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	11219.7	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	12528.26	Tn/m
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	14585.6	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	16286.74	Tn/m
Coef. No unifor eje X	<b>Cφx</b>	24231.3	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	<b>Kφx</b>	3523.09	Tn.m
Coef. No unifor eje Y	<b>Cφy</b>	28082.8	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	<b>Kφy</b>	2085.27	Tn.m
<b>CIMENTACION Z-8</b>							
DATOS TECNICOS			COEFICIENTE EXPERIMENTAL		Do	0.6153846	kg/cm3
			COEFICIENTE POISON SUELO		μs suelo	0.375	kg/cm2
			COEFICIENTE ROH		po	0.20	kg/cm2
Tipo Suelo	CL					<b>Presión Estática del Suelo</b>	
μs suelo	0.375					$\rho = P/A = 794.154/33.97 = 23.37$	
Lx	1.25	m					
Ly	1.5739	m					
Ac (zap)	1.9673	m2	PRESION ESTÁTICA		<b>p</b>	23.37	Tn/m2
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2
Δ	1.00	m^-1	COEFIC. SUELO		<b>Co</b>	0.80	kg/cm3
p	794.15	Tn	COEFIC. EXP.		<b>Do</b>	0.6154	kg/cm2
Ac (ed.)	27.97	m2					
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, Cφx, Cφy)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, Kφx, Kφy)			
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	8974.92	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	17657.03	Tn/m
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	8974.92	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	17657.03	Tn/m
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	11667.3	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	22954.14	Tn/m
Coef. No unifor eje X	<b>Cφx</b>	21313.0	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	<b>Kφx</b>	5459.73	Tn.m
Coef. No unifor eje Y	<b>Cφy</b>	19328.0	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	<b>Kφy</b>	7849.60	Tn.m

<b>CIMENTACION Z-9</b>									
DATOS TECNICOS				COEFICIENTE EXPERIMENTAL		Do	0.6153846	kg/cm3	
				COEFICIENTE POISON SUELO		μs suelo	0.375	kg/cm2	
				COEFICIENTE ROH		po	0.20	kg/cm2	
Tipo Suelo	CL			<b>Presión Estática del Suelo</b>					
μs suelo	0.375			$\rho = P/A = 794.154/33.97 = 23.37$					
Lx	1.25	m							
Ly	0.8853	m							
Ac (zap)	1.1066	m2		PRESION ESTÁTICA	<i>p</i>	23.37	Tn/m2		
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2		
Δ	1.00	m^-1		COEFIC. SUELO	<b>Co</b>	0.80	kg/cm3		
p	794.15	Tn		COEFIC. EXP.	<b>Do</b>	0.6154	kg/cm2		
Ac (ed.)	27.97	m2							
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, Cφx, Cφy)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, Kφx, Kφy)					
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	11266.6	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	12467.98	Tn/m		
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	11266.6	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	12467.98	Tn/m		
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	14646.6	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	16208.37	Tn/m		
Coef. No unifor eje X	<b>Cφx</b>	24292.3	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	<b>Kφx</b>	3500.32	Tn.m		
Coef. No unifor eje Y	<b>Cφy</b>	28265.8	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	<b>Kφy</b>	2042.97	Tn.m		
<b>CIMENTACION Z-10</b>									
DATOS TECNICOS				COEFICIENTE EXPERIMENTAL		Do	0.6153846	kg/cm3	
				COEFICIENTE POISON SUELO		Ms suelo	0.375	kg/cm2	
				COEFICIENTE ROH		po	0.20	kg/cm2	
Tipo Suelo	CL			<b>Presión Estática del Suelo</b>					
μs suelo	0.375			$\rho = P/A = 794.154/33.97 = 23.37$					
Lx	0.50	m							
Ly	0.40	m							
Ac (zap)	0.20	m2		PRESION ESTÁTICA	<i>p</i>	23.37	Tn/m2		
po	0.20	kg/cm2				2.337	kg/cm2		
Δ	1.00	m^-1		COEFIC. SUELO	<b>Co</b>	0.80	kg/cm3		
p	794.15	Tn		COEFIC. EXP.	<b>Do</b>	0.6154	kg/cm2		
Ac (ed.)	27.97	m2							
Coeficientes de Compresión y Desplazamiento Uniforme y no Uniformes (Cx, Cy, Cz, Cφx, Cφy)				Coeficientes de Rigidez uniforme y no uniforme (Kx, Ky, Kz, Kφx, Kφy)					
Coef. uniforme eje X	<b>Cx</b>	23186.6	Tn/m3	Coef. uniforme eje X	<b>Kx</b>	4637.33	Tn/m		
Coef. uniforme eje Y	<b>Cy</b>	23186.6	Tn/m3	Coef. uniforme eje Y	<b>Ky</b>	4637.33	Tn/m		
Coef. uniforme eje Z	<b>Cz</b>	30142.6	Tn/m3	Coef. uniforme eje Z	<b>Kz</b>	6028.53	Tn/m		
Coef. No unifor eje X	<b>Cφx</b>	54256.7	Tn/m3	Coef. No unifor eje X	<b>Kφx</b>	226.07	Tn.m		
Coef. No unifor eje Y	<b>Cφy</b>	60285.2	Tn/m3	Coef. No unifor eje Y	<b>Kφy</b>	160.76	Tn.m		

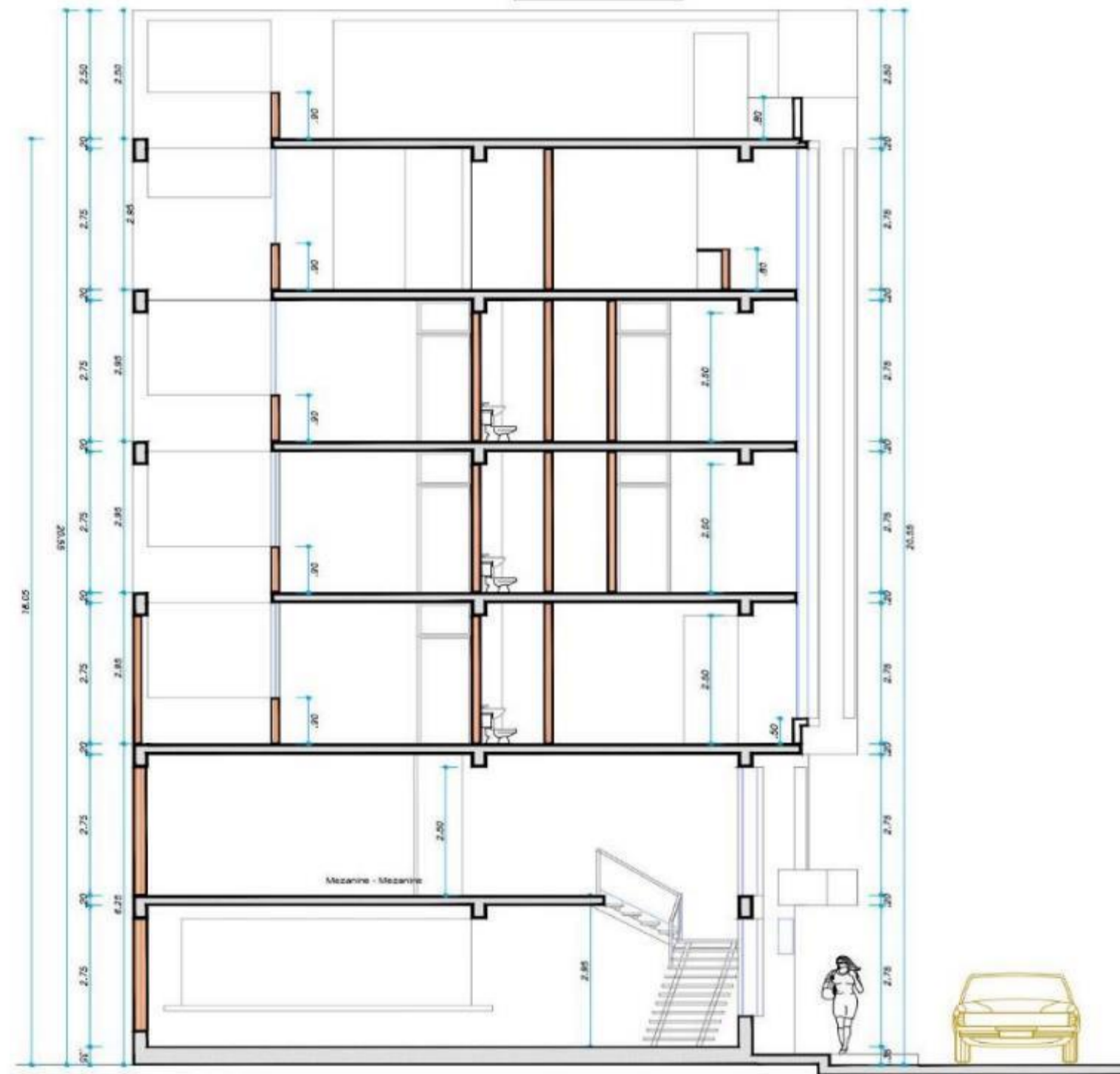
Fuente: Elaboración propia.



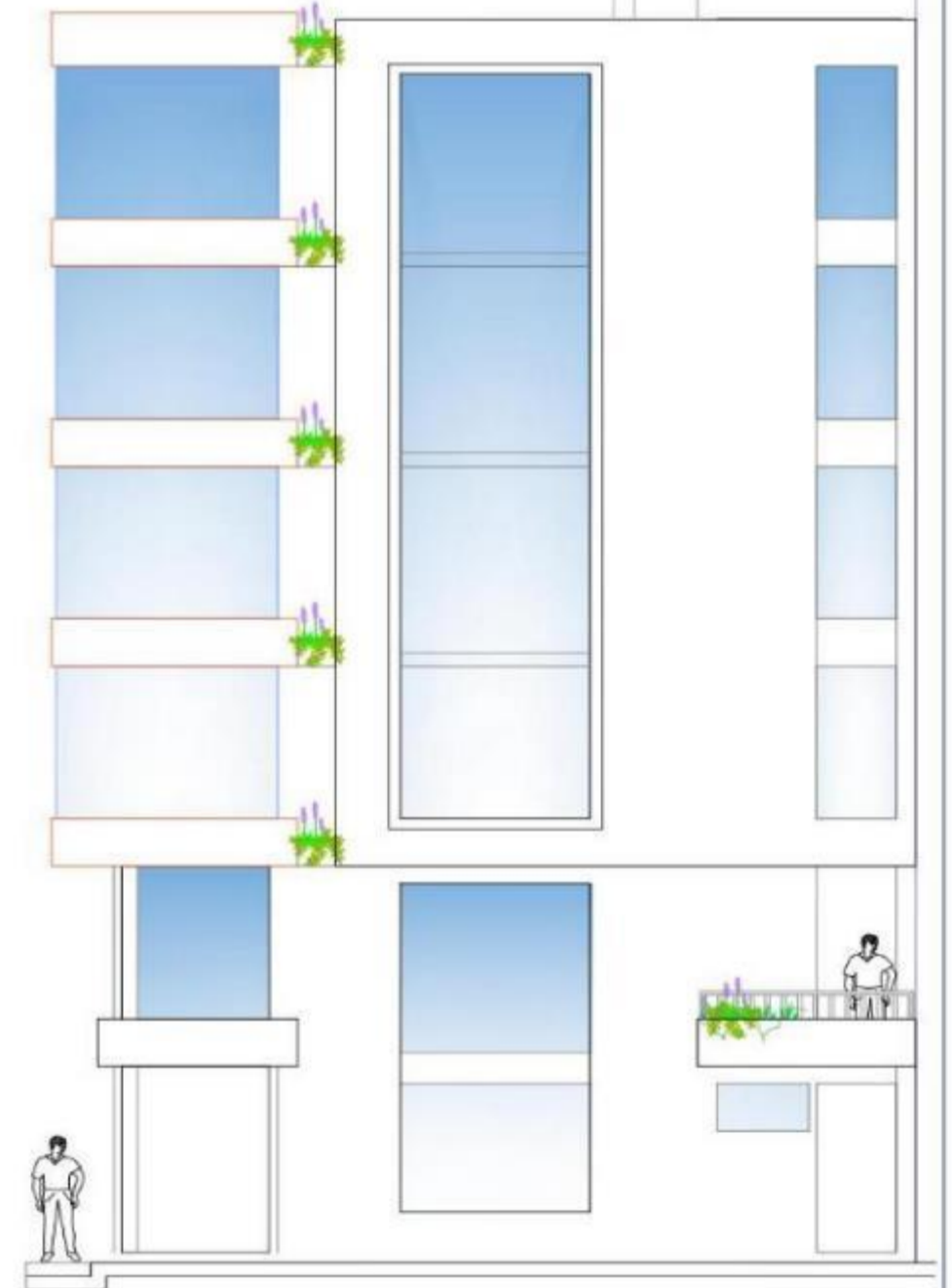
## **ANEXO F: PLANOS**



**ELEVACION**  
**(Av. Circunvalacion)**



**CORTE C - C**



**ELEVACION**  
**(Jr. las Flores)**

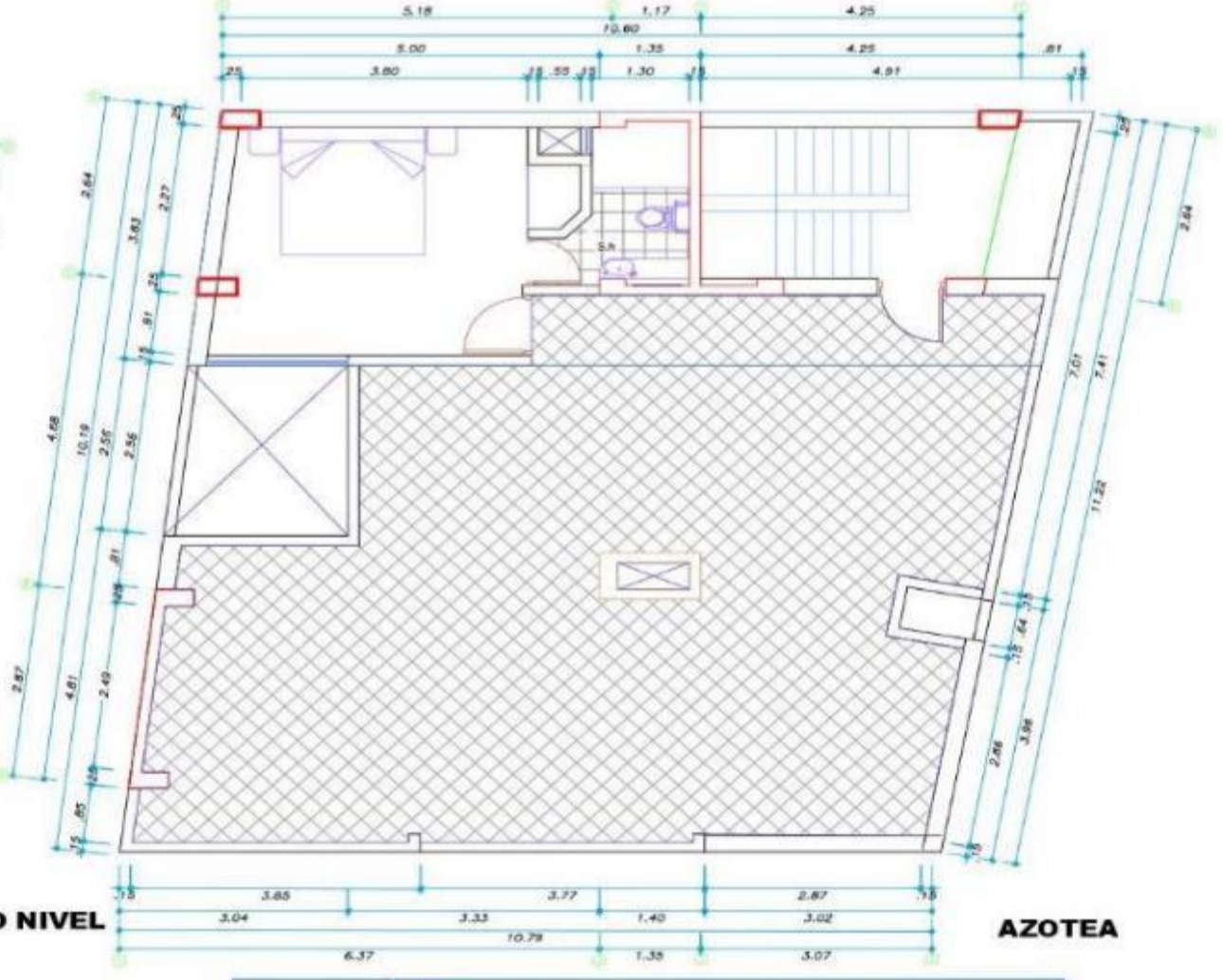
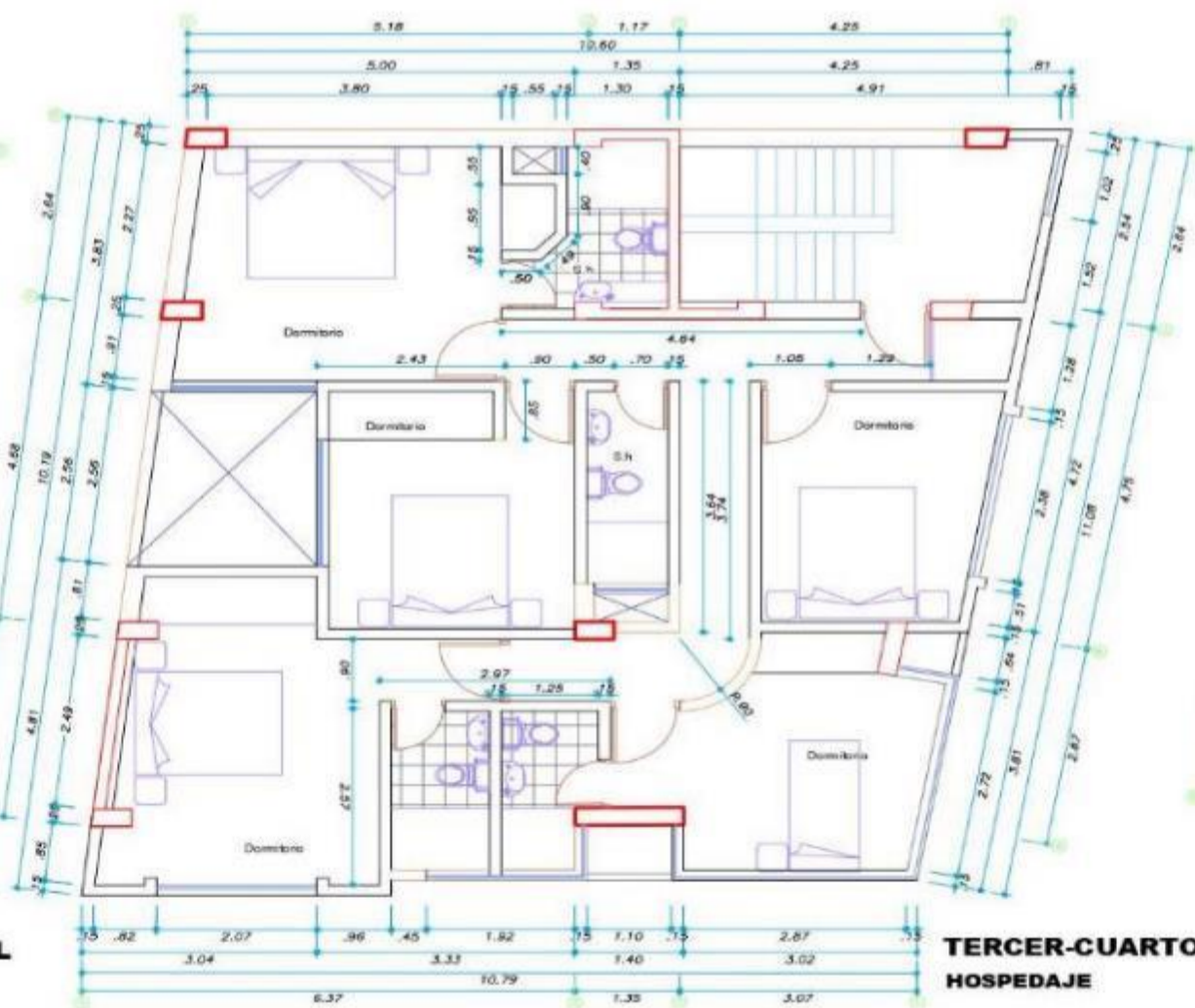
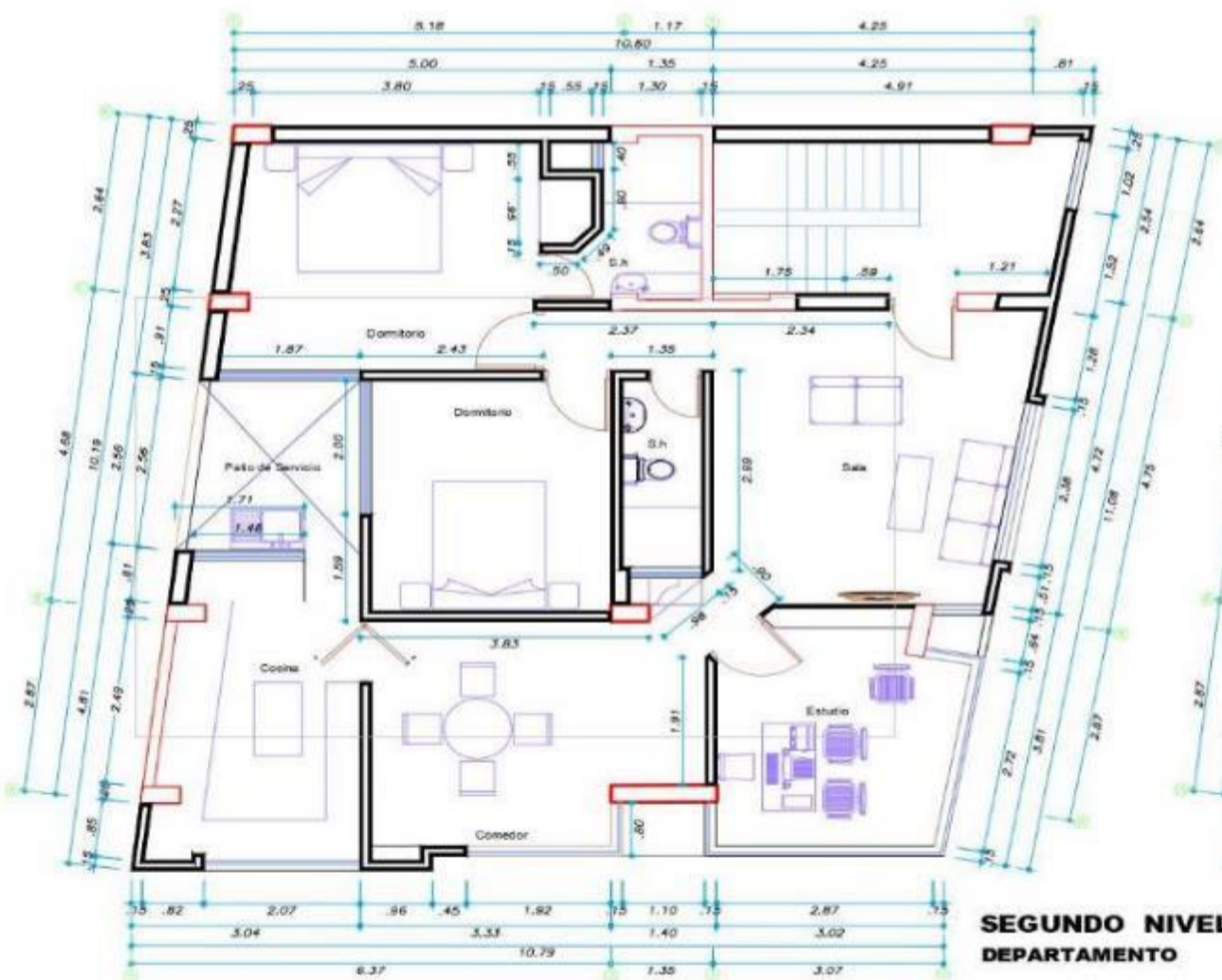
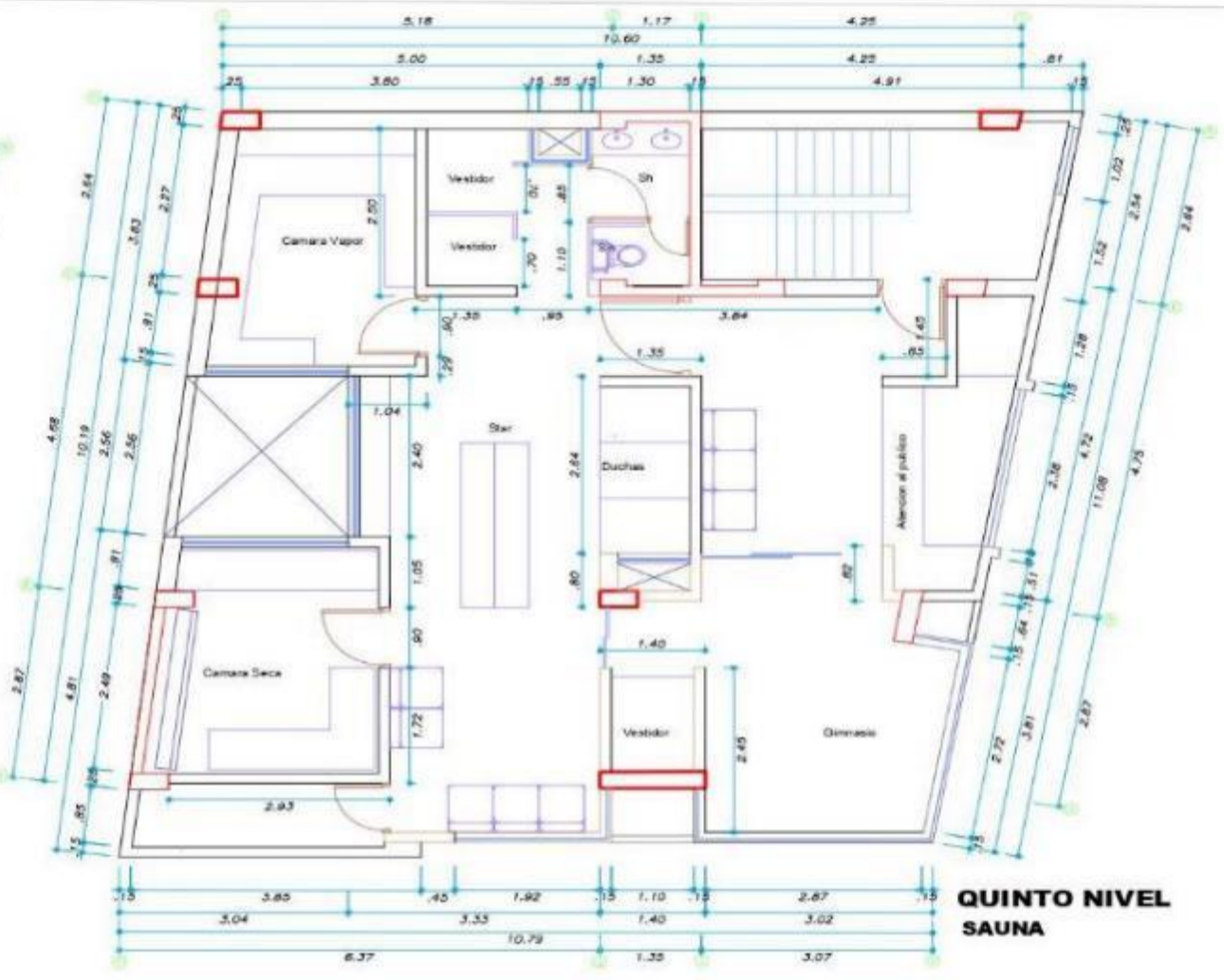
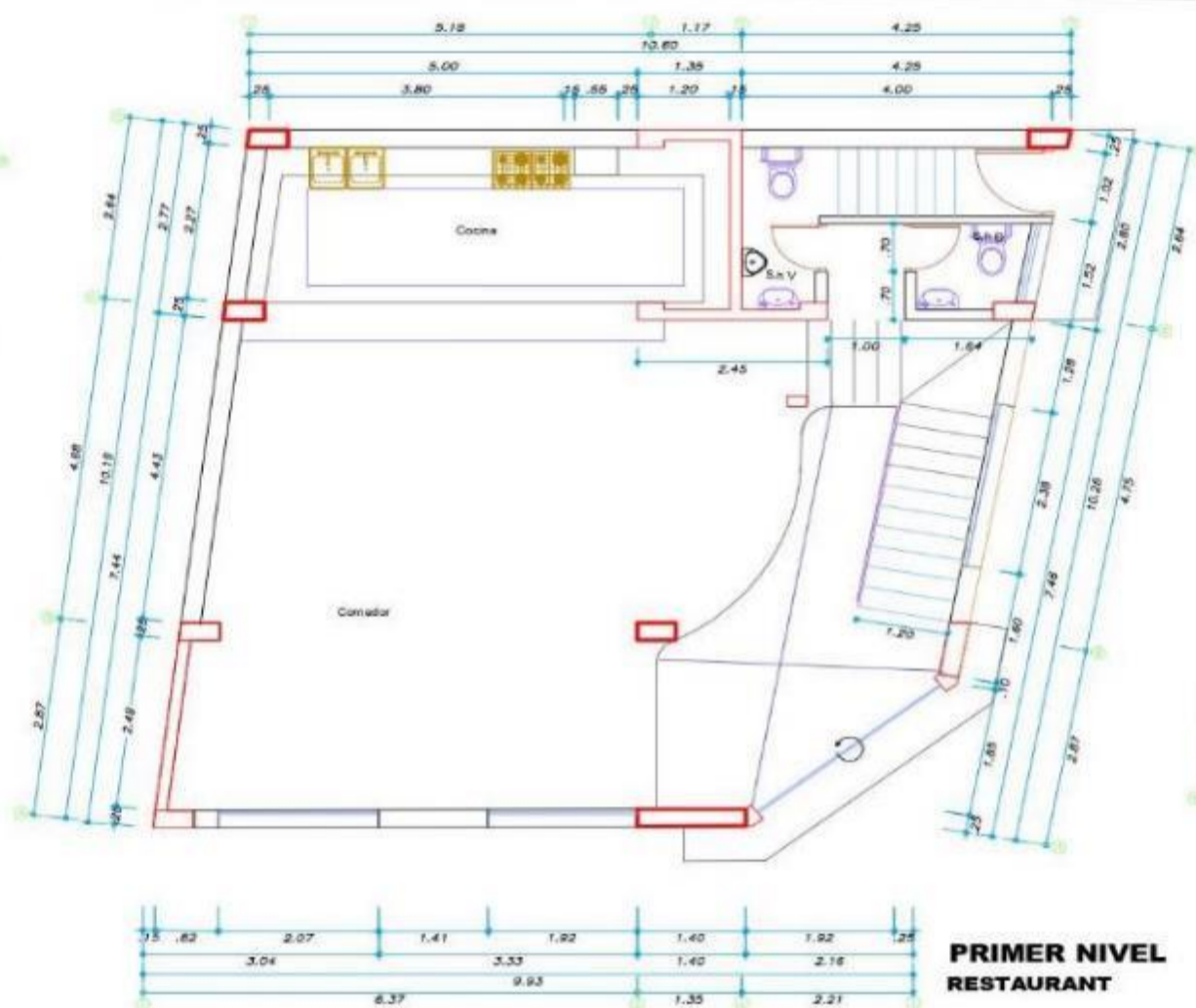
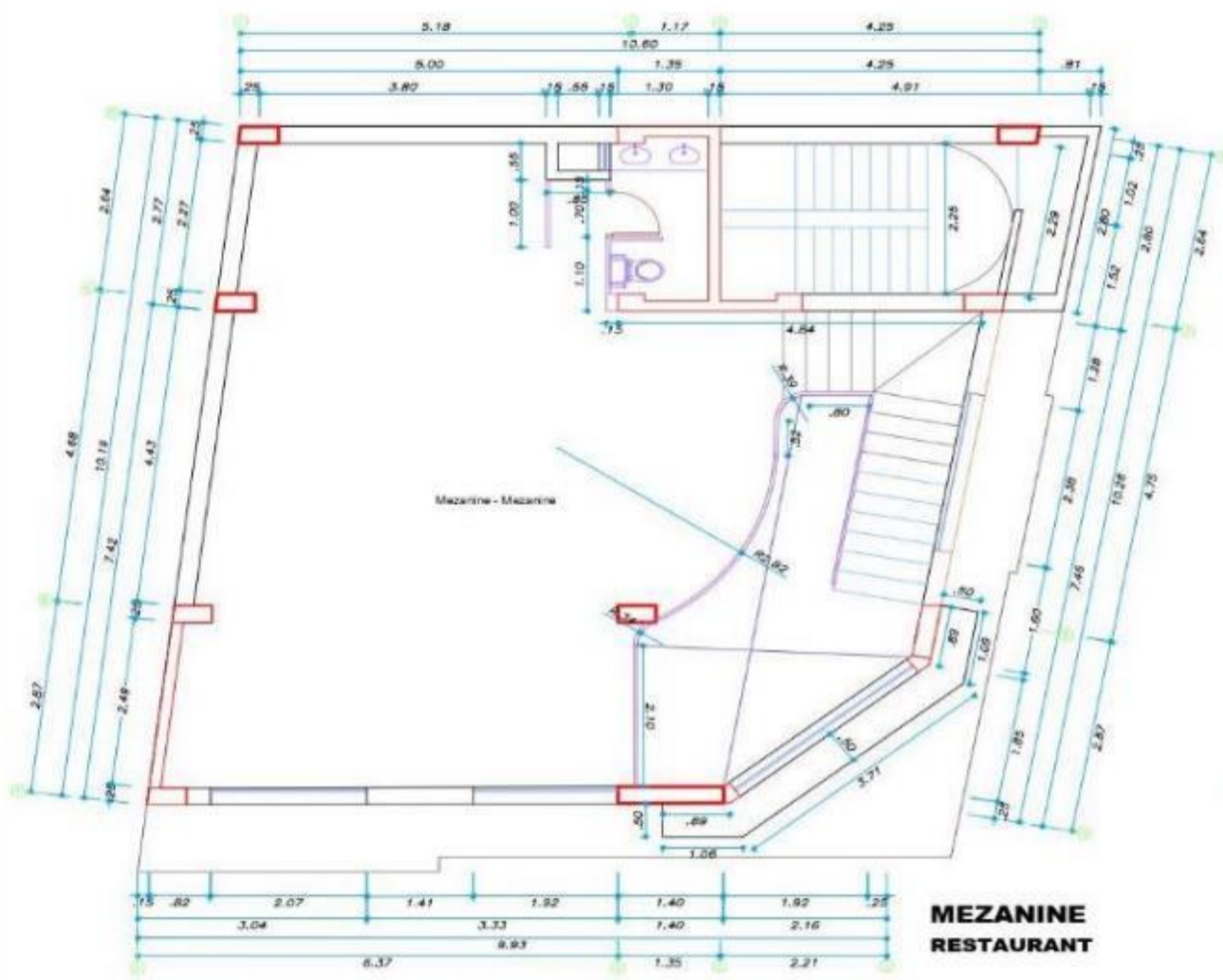


**TESIS:**  
**COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EN SUELOS**  
**HETEROGÉNEOS, CONSIDERANDO INTERACCIÓN**  
**SUELO-ESTRUCTURA, EL TAMBO, JUNIN**

**PLANO:**  
**ARQUITECTURA**

<b>DISEÑO:</b> M. J. C. C.	<b>FECHA:</b> Junio 2020	<b>ÁREA DE INVESTIGACIÓN</b> <b>ADICIONAL:</b>	<b>CANTON:</b> N° 01
<b>ESCALA:</b> 1:500	<b>REGION:</b> Junin	<b>PROVINCIA:</b> Tarma	<b>DISTRITO:</b> El Tambo

Temas y Materiales



**FEBS**  
**COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EN SUELOS HETEROSÉNEOS, CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA. EL TAMBO, JUNÍN**

**ARQUITECTURA**

PROYECTO: M.J.C.H.C.	FECHA: Junio 2025	USO DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO: 0000	ESCALA: 1:500	DETALLE: 1:50





## **ANEXO G: REGISTROS FOTOGRÁFICOS**

**EXPLORACIÓN DE SUELOS GRANULARES:**



*Fotografía 6:*  
Perfil de suelo granular analizado



*Fotografía 7:*  
Profundidad excavada  $P=Df+1.5B = 3.00$  m.

**EXPLORACIÓN DE SUELOS COHESIVOS:**

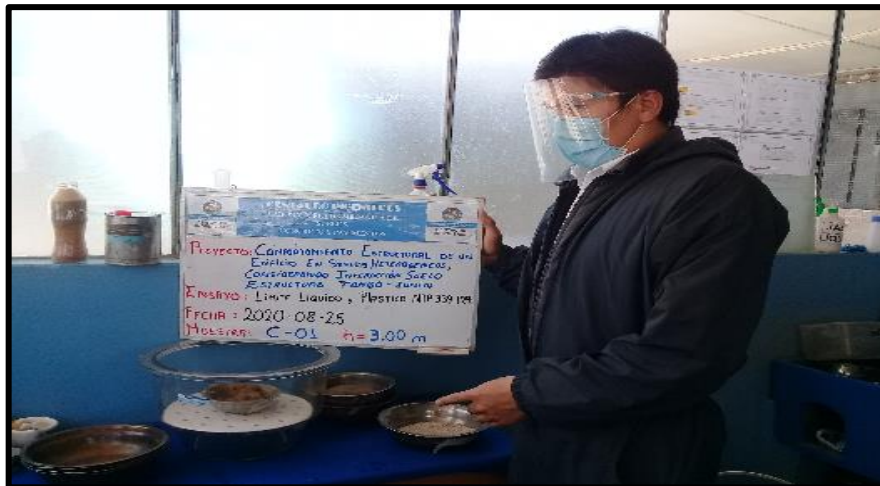


*Fotografía 8:*  
Perfil de suelo cohesivo analizado



Fotografía 9:  
Profundidad excavada  $P=Df+1.5B = 3.00 \text{ m}$

**ENSAYOS EN LABORATORIO**



Fotografía 10:  
Ensayo corte directo consolidado drenado–suelo granular



Fotografía 11:  
Ensayo de compresión no confinada - suelos cohesivos





*Fotografía 12:*  
Determinación límite líquido y límite plástico de la muestra.



*Fotografía 13:*  
Muestras para cálculo de esfuerzo cortante máximo de rotura



*Fotografía 14:*  
Extracción de muestras de los especímenes