



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



## INFORME DE REVISIÓN

Se ha realizado el análisis con el software antiplagio de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", por parte de los docentes reponsables, al documento cuyo título es:

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SOFTWARE ETABS 2016 Y SAP 2000 V.19 EN BENEFICIO DEL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DEL DISTRITO DE SANTIAGO - ICA**

presentado por:

**CARLOS ALEJANDRO CHACALTANA TENORIO**

del nivel **PREGRADO** de la facultad de **INGENIERIA CIVIL** obteniéndose como resultado una coincidencia de **4.84%** otorgándosele el calificativo de:

**APROBADO**


Se adjunta al presenta el reporte de evaluación del software antiplagio.

Observaciones:

**APROBADO LA EVALUACION DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE TESIS** el cual se evidencia el Nivel de Similitud del 4.84% de conformidad a la R.R. 1668 - R - UNICA - 2020, art. 18.2

Ica, 20 de Enero de 2021

  
**MARTIN HAMILTON WILSON**  
**HUAMANCHUMO**  
**COORDINADOR**  
**SOFTWARE ANTIPLAGIO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

  
**EDITH ISABEL GUERRA LANDA**  
**ASESOR**  
**SOFTWARE ANTIPLAGIO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS  
GONZAGA” DE ICA**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**“ANALISIS COMPARATIVO DEL SOFTWARE ETABS 2016 Y  
SAP2000 V.19 EN BENEFICIO DEL COMPORTAMIENTO  
SISMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DEL  
DISTRITO DE SANTIAGO-ICA”**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil**

**CARLOS ALEJANDRO CHACALTANA TENORIO**

Asesor: Ing. Luis Mina Aparicio

**ICA – PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

### **A mis Padres:**

**Papá**, han pasado muchos años desde que nací y siempre estuviste cuidándome y dándome fortaleza para continuar. Haz trabajado duro y en ti tengo un espejo en el cual me quiero reflejar.

**Mamá**, en cada paso que doy tu siempre estas cuidándome, haz velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento.

### **A mi hermana:**

**Hermana**, nacimos del mismo árbol y nuestra raíz es una sola. Gracias por ser una de las personas involucradas en ayudarme a lograr esta meta

## **AGRADECIMIENTOS**

Ala Facultad de Ingeniería Civil, que me ha regalado momentos de alegría, tristeza y enojos durante los cinco años como estudiante.

Siempre estaré orgulloso de pertenecer a esta casa de estudio, conozco sus aulas, su historia y a los docentes a los cuales respeto.

Gracias por darme la oportunidad de vivir experiencias inigualables, conocer personas inolvidables y formarme como profesional.

Al Ing. Luis Mina Aparicio

Al Ing. Daniel Vergara Lovera

Al Ing. Santos Chacaltana Vásquez

# INDICE GENERAL

<b>1. Capítulo I MARCO TEORICO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes del problema de Investigación .....	1
1.1.1. Antecedentes a Nivel Internacional .....	1
1.1.1.1. Universidad San Carlos de Guatemala.....	1
1.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional.....	2
1.1.2.1. Universidad Católica del Perú .....	2
1.2. Bases Teóricas de la Investigación.....	3
1.2.1. Software ETABS y SAP2000 v.19 .....	3
1.2.1.1. Beneficio del software ETABS 2016.....	3
1.2.1.2. Beneficios del software SAP2000.....	4
1.2.1.3. Uso del software.....	4
1.2.1.4. Modelado de la Estructura .....	5
1.2.1.4.1. Modelado en ETABS.....	5
1.2.1.4.2. Modelado en SAP2000 .....	5
1.2.1.5. Proceso número de datos .....	6
1.2.1.6. Tipos de Análisis .....	6
1.2.1.6.1. Análisis Estático .....	6
1.2.1.6.2. Análisis Dinámico .....	7
1.2.1.7. Historia del ETABS y SAP2000 .....	7
1.2.1.7.1. Historia ETABS .....	7
1.2.1.7.2. Historia SAP2000.....	8
1.2.1.8. Aspectos generales ETABS y SAP2000.....	8
1.2.1.9. Software ETABS y SAP2000.....	10
1.2.1.9.1. Definición del software ETABS .....	10
1.2.1.9.2. Definición del software SAP2000.....	10
1.2.1.10. Requisitos para el uso del software.....	10
1.2.1.10.1. Requisitos generales .....	10
1.2.1.11. Proceso del uso del ETABS y SAP2000.....	10
1.2.1.11.1. Recomendaciones para su uso en el diseño estructural ...	10
1.3. Concreto Armado .....	12
1.3.1. Reglamento Nacional de Edificaciones.....	12
1.3.2. Materiales .....	12
1.3.2.1. Cemento.....	12

1.3.2.2. Agregados.....	14
1.3.2.3. Acero de refuerzo.....	15

**2. Capitulo II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION**  
17

2.1. Situación problemática .....	17
2.1.1. A nivel Internacional.....	17
2.1.2. A nivel nacional .....	17
2.1.3. A nivel local.....	17
2.2. Formulación del problema .....	17
2.2.1. Problema General.....	17
2.2.2. Problemas Específicos.....	18
2.3. Delimitación del problema.....	18
2.4. Justificación e importancia de la investigación.....	19
2.4.1. Justificación .....	19
2.4.2. Importancia.....	19
2.5. Objetivos de la Investigación .....	20
2.5.1. Objetivo General.....	20
2.5.2. Objetivos Específico .....	20
2.6. Hipótesis de la investigación.....	21
2.6.1. Hipótesis general.....	21
2.6.2. Hipótesis especifica.....	21
2.7. Variables de Investigación .....	22
2.7.1. Identificación de Variable .....	22
2.7.1.1. <i>Variable Independiente</i> .....	22
2.7.1.2. <i>Variable dependiente</i> .....	22

**3. Capitulo III ESTRATEGIA METODOLOGICA .....23**

3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación .....	23
3.1.1. Tipos de investigación.....	23
3.1.2. Nivel de investigación.....	23
3.1.3. Diseño de investigación.....	23
3.2. Población y muestra materia de investigación .....	23
3.2.1. Población de estudio .....	23
3.2.2. Muestra de estudio .....	23
3.3. Fuentes Técnicas .....	24

3.4.	Instrumentos de recolección de datos .....	24
3.5.	Procesamiento de datos.....	24
3.6.	Análisis de datos.....	24
<b>4.</b>	<b>Capítulo IV ESTUDIO DE SUELO .....</b>	<b>25</b>
4.1.	Mecánica de suelos con fines de cimentación.....	25
4.1.1.	Obligatoriedad de Estudio de Mecánica de Suelos .....	25
4.1.1.1.	<i>Casos donde existe obligatoriedad .....</i>	<i>25</i>
4.1.1.2.	<i>Casos donde no existe Obligatoriedad.....</i>	<i>25</i>
4.1.2.	Cimentaciones Superficiales.....	25
4.1.3.	Profundidad de Cimentación .....	26
4.2.	Dinámica de Suelos .....	26
4.2.1.	Cimentación de la Edificación.....	26
4.2.2.	Propagación de Ondas .....	26
4.2.3.	Interacción suelo-estructura.....	27
<b>5.</b>	<b>Capítulo V INGENIERIA SISMORRESISTENTE .....</b>	<b>28</b>
5.1.	Sismología.....	28
5.1.1.	Sismología en el Perú.....	28
5.1.2.	Sismología en el Mundo.....	30
5.2.	Tectónicas de placas .....	30
5.3.	Mecanismo de generación de terremotos.....	31
5.4.	Fallas geológicas .....	32
5.5.	Epicentro y foco .....	32
5.6.	Ondas sísmicas .....	33
5.7.	Intensidad y magnitud.....	35
5.8.	Riesgo sísmico.....	37
5.9.	Peligro sísmico .....	37
5.10.	Vulnerabilidad estructural .....	38
5.11.	Daños en las estructuras .....	38
5.12.	Diseño sismorresistente .....	39
5.12.1.	RNE: E.030 Diseño Sismorresistente.....	39
5.12.1.1.	<i>Objetivo del diseño Sismorresistente .....</i>	<i>40</i>
5.12.1.2.	<i>Parámetros de Sitio .....</i>	<i>40</i>
5.12.1.3.	<i>Parámetros de Zona (Z) .....</i>	<i>40</i>
5.12.1.4.	<i>Categoría de Edificaciones (U) .....</i>	<i>40</i>

5.12.1.5.	<i>Factor de Amplificación Sísmica (C)</i> .....	41
5.12.1.6.	<i>Coeficiente básico de reducción (R)</i> .....	41
5.12.1.7.	<i>Periodo Fundamental de Vibración (T)</i> .....	42
5.12.1.8.	<i>Peso total de la Edificación (P)</i> .....	42
5.12.2.	Tipos de Análisis.....	43
5.12.2.1.	<i>Análisis Estático</i> .....	43
5.12.2.1.1.	Análisis estático equivalente.....	43
5.12.2.2.	<i>Análisis Dinámico</i> .....	43
5.12.2.2.1.	Análisis espectral dinámico modal.....	44
<b>6.</b>	<b>Capítulo VI DESARROLLO DEL SOFTWARE ETABS Y SAP2000.....</b>	<b>45</b>
6.1.	Modelamiento de los elementos estructurales con el software ETABS y SAP2000.....	45
6.2.	Definición de elementos estructurales .....	47
6.2.1.	Propiedades de Materiales .....	47
6.2.1.1.	<i>Concreto</i> .....	47
6.2.1.2.	<i>Acero de Refuerzo</i> .....	47
6.3.	Creación de las propiedades de concreto .....	48
6.4.	Predimensionado de elementos estructurales.....	49
6.4.1.	Predimensionado de Losa Aligerada.....	49
6.4.2.	Predimensionado de Viga.....	49
6.4.3.	Predimensionado de columnas .....	51
6.4.4.	Predimensionado de muro de corte.....	53
6.5.	Creación de las secciones de concreto .....	53
6.5.1.	Creación de Losa.....	53
6.5.2.	Creación de Viga.....	54
6.5.3.	Creación de Columnas .....	54
6.5.4.	Creación de Placas .....	55
6.5.5.	Creación de los casos de cargas .....	58
6.5.6.	Creación de la función espectral.....	59
6.5.7.	Creación de la combinación de carga.....	59
6.6.	Asignación de las normas .....	60
6.6.1.	Asignación de restricciones .....	60
6.6.1.1.	<i>Asignación de masas</i> .....	60
6.6.1.2.	<i>Asignación de diafragma</i> .....	63
6.6.1.3.	<i>Asignación de brazos rígidos</i> .....	63
6.6.3.	Desplazamientos norma E.030 .....	68

6.6.4.	Juntas de separación sísmica .....	71
6.6.5.	Cortante Basal (V) .....	72
6.7.	Análisis Dinámico .....	77
6.7.1.	Análisis espectral dinámico modal .....	77
6.7.1.1.	<i>Modal</i> .....	78
6.8.	Irregularidades Estructurales en altura: .....	83
6.9.	Irregularidades Estructurales en planta:.....	86
6.9.1.1.	<i>Espectro de Respuesta</i> .....	88
6.10.	Análisis y Obtención de datos .....	91
6.10.1.	Análisis de la Estructura.....	91
6.10.1.1.	<i>Mostrar deformaciones de la estructura</i> .....	91
6.10.1.2.	<i>Mostrar los diagramas de fuerzas y momentos</i> .....	93
6.10.1.3.	<i>Mostrar tabla de los datos básicos de los elementos estructurales</i> .....	97
6.10.1.4.	<i>Mostrar tabla de la masa estructural</i> .....	97
6.10.1.5.	<i>Mostrar tabla de desplazamiento</i> .....	98
6.10.1.6.	<i>Mostrar tabla de Fuerzas cortantes</i> .....	105
6.10.1.7.	<i>Mostrar tabla de cortante basal</i> .....	108
<b>7.</b>	<b>Capítulo VII OBTENCION Y ANALISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>110</b>
7.1.	Elementos estructurales diseñados por ETABS .....	110
7.2.	Resultados obtenidos del software ETABS y SAP2000.....	126
7.3.	Análisis de resultados .....	130
<b>8.</b>	<b>Capítulo VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>131</b>
8.1.	Conclusiones .....	131
8.2.	Recomendaciones .....	132
8.3.	Fuentes de Informacion .....	132
8.4.	ANEXOS .....	134

## FIGURAS

Figura 1: ETABS Compañía Computers & Structures Inc (CSI).....	3
Figura 2: SAP2000 Compañía Computers & structures,Inc (CSI).....	4
Figura 3: Modelado software ETABS .....	5
Figura 4: Modelado software SAP2000.....	5
Figura 5: Análisis Estático Lineal.....	6
Figura 6: Análisis Dinámico Lineal.....	7
Figura 7: Programas estructurales de la compañía CSI .....	7
Figura 8: Normas y códigos en SAP2000 .....	8
Figura 9: Normas y códigos en ETABS.....	9
Figura 10: Composición del Cemento (Ing. Juan O. García) .....	14
Figura 11: Composición del Acero de refuerzo (Ing. Juan O. García) .....	15
Figura 12: Acero de refuerzos en el Perú .....	15
Figura 15: Instituto Geofísico del Perú .....	28
Figura 16: Red Acelerométrica Nacional del Perú .....	29
Figura 17: Zonas de alto riesgo sísmico en el mundo.....	30
Figura 18: Placas tectónicas (Wikipedia).....	31
Figura 19: Falla geológica en el cusco-chumbivilcas (Rpp-2018) .....	32
Figura 20: Principales ondas sísmicas (eco exploratorio).....	33
Figura 21: Tipos de ondas sísmicas .....	34
Figura 22: Registro sísmico de las ondas de cuerpo y superficiales.....	34
Figura 23: Velocidades de las ondas sísmicas.....	35
Figura 24: Escala de intensidad Mercalli Modificada .....	36
Figura 25: Escala de magnitud Richter .....	37
Figura 26: Historia de tiempo de la norma E.030.....	39
Figura 27: Reglamento Nacional de Edificaciones.....	39
Figura 28: Factores de zona (E.030).....	40
Figura 29: Factores de Amplificación sísmica (E.030).....	41
Figura 30: Coeficiente básico de reducción (E.030).....	41
Figura 31: Periodo fundamental de vibración (E.030).....	42
Figura 32: Estimación de peso (E.030).....	42
Figura 33: Análisis estático lineal (E.030) .....	43
Figura 34: Análisis dinámico Modal espectral (E.030) .....	44
Figura 35: Etapas en el análisis y diseño (C.N. ingeniería) .....	45
Figura 36: Modelo de grillas del edificio en ETABS .....	46
Figura 37: Modelo de grillas del edificio en SAP2000.....	46
Figura 38: Propiedades del concreto en SAP2000 .....	48
Figura 39: Propiedades del Concreto en ETABS .....	48
Figura 40: Propiedades del Acero en SAP2000 .....	48
Figura 41: Propiedades del Acero en ETABS .....	48
Figura 42: Propiedades geométricas del acero en ETABS .....	49
Figura 43: Propiedades geométricas del acero en SAP2000 .....	49
Figura 44: Creación de Losa Aligerada en SAP2000 .....	53
Figura 45: Creación de Losa Aligerada en ETABS.....	53
Figura 46: creación de Vigas en ETABS .....	54
Figura 47: creación de Vigas en SAP2000.....	54
Figura 48: creación de Columnas en ETABS.....	54
Figura 49: Creación de Columnas en SAP2000 .....	54

Figura 50: Creacion de Muros de corte en SAP2000 .....	55
Figura 51: Creacion de Muro de corte en ETABS .....	55
Figura 52: Asignación de las losas ETABS .....	56
Figura 53: Generación de muros ETABS .....	56
Figura 54: Vista del modelo final en 3D ETABS.....	56
Figura 55: Asignación de losas SAP2000.....	57
Figura 56: Generación de Muros SAP2000 .....	57
Figura 57: Vista del modelo final SAP2000 .....	57
Figura 58: Definición del espectro de respuesta SAP2000.....	59
Figura 59: Definición del espectro de respuesta ETABS.....	59
Figura 60: Definicion de los casos de carga ETABS.....	60
Figura 61: Definicion de los casos de carga SAP2000 .....	60
Figura 62: Asignación de las cargas SAP2000.....	61
Figura 63: Asignación de las cargas ETABS .....	61
Figura 64: Carga de Servicio en SAP2000.....	61
Figura 65: Carga de servicio en ETABS.....	61
Figura 66: Asignación de diafragma en niveles .....	63
Figura 67: Asignación de brazos rígidos ETABS.....	63
Figura 68: Asignación de brazos rígidos en SAP2000 .....	64
Figura 69: Coeficiente basal en la dirección Y SAP2000.....	67
Figura 70: Coeficiente basal en dirección X SAP2000.....	67
Figura 71: Coeficiente basal en dirección Y ETABS .....	67
Figura 72: Coeficiente basal en dirección X ETABS .....	67
Figura 73: Desplazamientos producido por Sismo X .....	68
Figura 74: Desplazamiento producido por Sismo Y.....	68
Figura 75: Desplazamientos en ETABS y SAP2000.....	71
Figura 76: Normativa para estimación de Peso Sísmico.....	73
Figura 77: Obtención de la masa por niveles en ETABS.....	73
Figura 78: Obtencion de masas por joint en SAP2000 .....	74
Figura 79: Fuerza cortante en la base ETABS .....	74
Figura 80: Fuerza cortante en la base SAP2000.....	75
Figura 81: Distribución de la fuerza sísmica (X) en altura ETABS .....	76
Figura 82: Distribución de la fuerza sísmica (Y) en altura ETABS .....	76
Figura 83: Grafico de fuerzas cortantes en altura X-X ETABS .....	77
Figura 84: Grafico de fuerzas cortantes en altura Y-Y ETABS .....	77
Figura 85: Tres grados de libertad por cada piso =15 modos SAP2000.....	78
Figura 86: Tres grados de libertad por cada piso =15 modos ETABS .....	78
Figura 87: Formas de modos predominante en SAP2000.....	79
Figura 88: Formas de modos predominante en ETABS .....	79
Figura 89: Modo 1 Traslación en X-X SAP2000 .....	81
Figura 90: Modo 2 Traslación en Y-Y SAP2000 .....	81
Figura 91: Modo 2 Flexión y torsión SAP2000 .....	81
Figura 92: Modo 1 Traslación en X-X ETABS.....	82
Figura 93: Modo 2 Traslación en Y-Y EABS .....	82
Figura 94: Modo 3 Flexión y torsión ETABS .....	82
Figura 95: Definicion del Espectro de respuesta en ETABS .....	89
Figura 96: Definicion del Espectro de respuesta en SAP2000.....	89
Figura 97: Sismo dinámico Y y 2/3 en dirección gravitacional .....	90
Figura 98: Sismo dinámico X y 2/3 en dirección gravitacional .....	90
Figura 99: Sismo dinámico X y 2/3 en dirección gravitacional .....	90

Figura 100: Sismo dinámico X y 2/3 en dirección gravitacional .....	90
Figura 101: Discretización del modelado en ETABS y SAP2000 .....	91
Figura 102: Deformación debido a la carga de servicio (CM+CV) ETABS .....	92
Figura 103: Deformación debido a la carga de servicio (CM+CV) SAP2000.....	92
Figura 104: Combinación de carga SAP2000 .....	94
Figura 105: Combinación de cargas ETABS .....	94
Figura 106: Factores de reducción de resistencia en ETABS y SAP .....	94
Figura 107: Diagrama de momentos combinación S2=CM+CV ETABS .....	94
Figura 108: Diagrama de momentos combinación S2=CM+CV SAP2000.....	95
Figura 109: Diagrama de momentos debido a combinación U1=1.4CM+1.7CV+1.7CVT en el eje B-B. SAP2000 y ETABS.....	95
Figura 110: Diagrama de fuerzas axiales debido a la envolvente eje B ETABS	96
Figura 111: Diagrama de fuerzas debido a la envolvente eje B-B SAP2000.....	96
Figura 112: Creación de derivas en ETABS y SAP2000.....	98
Figura 113: Límites de la distorsión (derivas) E.030.....	98
Figura 114: Verificación de derivas en la dirección X SAP2000.....	99
Figura 115: Verificación de derivas en la dirección Y SAP2000.....	100
Figura 116: Verificación de derivas en la dirección X ETABS .....	100
Figura 117: Verificación de derivas en la dirección Y ETABS .....	101
Figura 118: Desplazamientos absolutos en ETABS y SAP2000 .....	102
Figura 119: Resultados Drift (deriva) X-X en ETABS.....	102
Figura 120: Resultados Drift (deriva) Y-Y en ETABS.....	103
Figura 121: Control de las derivas en SAP2000.....	103
Figura 122: Control de las derivas en ETABS .....	104
Figura 123: Control de las derivas generado por ETABS.....	104
Figura 124: Fuerza absorbida por las columnas ETABS y SAP2000 .....	105
Figura 125: Fuerza absorbida por placas ETABS y SAP2000.....	105
Figura 126: Sismo Estático y Dinámico en SAP2000 .....	108
Figura 127: Amplificación de sismo dinámico SAP2000.....	109
Figura 128: Sismo estático y dinámico en ETABS .....	109
Figura 129: Acero calculado por ETABS .....	110
Figura 130: Acero calculado por SAP2000.....	110
Figura 131: Distribución de acero .....	122
Figura 132: Diagrama de Fuerza axial en el muro, Carga Muerta y viva.....	124
Figura 133: Diagrama de corte debido al sismo .....	124
Figura 134: Distribución de acero longitudinal y transversal .....	125

## TABLAS

Tabla 1: Propiedades geométricas de las varillas .....	16
Tabla 2: Esfuerzos de los tipos de aceros.....	16
Tabla 4: Obtención de carga de servicio en ETABS y SAP2000.....	62
Tabla 5: Peso propio de los elemento en ETABS.....	62
Tabla 6: Peso propio de los elementos en SAP2000 .....	62
Tabla 7: Calculo de parámetros para el Análisis Estático .....	65
Tabla 8: periodos obtenidos de ETABS y SAP2000 .....	66
Tabla 9: Desplazamiento laterales en X-X ETABS.....	68
Tabla 10: Desplazamiento laterales en Y-Y ETABS.....	68
Tabla 11: Desplazamientos laterales en X-X SAP2000.....	69
Tabla 12: Desplazamiento laterales en Y-Y SAP2000 .....	70
Tabla 13: Pesos Sísmicos en ETABS y SAP2000 .....	72
Tabla 14: Fuerza cortante en la base ETABS y SAP200 .....	72
Tabla 15: Procesamiento del peso sísmico de la Edificación en ETABS .....	73
Tabla 16: Procesamiento del Peso sísmico de la Edificación en SAP2000 .....	74
Tabla 17: Procesamiento de la fuerza cortante ETABS .....	75
Tabla 18: Procesamiento de la fuerza cortante SAP2000 .....	75
Tabla 19: Comprobación de la fuerza sísmica en altura Y-Y .....	76
Tabla 20: Comprobación de la fuerza sísmica en altura Y-Y .....	76
Tabla 21: Periodos obtenidos en ETABS y SAP2000 .....	80
Tabla 22: Espectro de respuesta .....	88
Tabla 23: Deformación debido al sismo en la dirección X .....	91
Tabla 24: Deformación debido al sismo en la dirección Y .....	92
Tabla 25: Combinación de carga E.060 .....	93
Tabla 26: Factores de reducción de resistencia .....	93
Tabla 27: Cuadro resumen de acero de refuerzo en las columnas.....	97
Tabla 28: Cuadro resumen de áreas de secciones.....	97
Tabla 29: Propiedades mecánicas del acero de refuerzo.....	97
Tabla 30: Propiedades mecánicas del concreto .....	97
Tabla 31: Cuadro de masa estructural.....	98
Tabla 32: Dirección X-X Drift (derivadas).....	102
Tabla 33: Dirección Y-Y Drift (derivadas).....	103
Tabla 34: Resumen de fuerzas absorbidas en ETABS y SAP2000 .....	106
Tabla 35: Cortante estática y dinámica en SAP2000.....	108
Tabla 36: Cortante estática y dinámica en ETABS .....	109

## **RESUMEN**

La presente tesis tiene la finalidad de hacer la comparación entre dos softwares estructurales computarizados en beneficio del comportamiento sísmico ya que la región Ica se encuentra en una zona de alta sismicidad y las obras civiles están expuestas a sufrir daños importantes.

En la actualidad existen diversos softwares estructurales entre ellos tenemos CYPECAD, TEKLA STRUCTURE, AUTODEST ROBOT, MIDAS, SAP2000 Y ETABS.

En la presente tesis se analizaran los software ETABS (Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones) y SAP2000 (Programa de Análisis Estructural) por ser los programas estructurales más conocidos y empleados.

El problema central que se presentan en los programas, es la mala introducción y aplicación de las Normas Técnicas Peruanas. Esto conlleva a resultados erróneos; esto debido principalmente, a la falta de conocimiento del empleo del software.

La única finalidad, es saber cuál de los dos programas empleados obtendrá una mejor respuesta ante sollicitaciones estáticas y dinámicas.

## **ABSTRACT**

The purpose of this thesis is to make a comparison between two computerized structural software's for the benefit of seismic behavior since the Ica region is in a zone of high seismicity and civil works are exposed to suffering significant damage.

Currently there are various structural software's among them we have CYPECAD, TEKLA STRUCTURE, AUTODEST ROBOT, MIDAS, SAP2000 AND ETABS.

In this thesis, the ETABS (Extended Three-Dimensional Analysis of Buildings) and SAP2000 (Structural Analysis Program) software will be analyzed as they are the best known and most widely used structural programs.

The central problem presented in the programs is the poor introduction and application of the Peruvian Technical Standards. This leads to erroneous results; this mainly due to the lack of teaching at the university.

The only purpose is to know which of the two programs used will obtain a better response to static and dynamic requests.



**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS  
GONZAGA” DE ICA**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**“ANALISIS COMPARATIVO DEL SOFTWARE ETABS 2016 Y  
SAP2000 V.19 EN BENEFICIO DEL COMPORTAMIENTO  
SISMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DEL  
DISTRITO DE SANTIAGO-ICA”**

**INGENIERIA Y TECNOLOGIA**

**Diseño sismorresistente de estructuras de concreto armado y  
albañilería.**

**CARLOS ALEJANDRO CHACALTANA TENORIO**

**Asesor: Ing. Luis Mina Aparicio**

## INTRODUCCION

La presente tesis tiene como finalidad desarrollar el análisis estático y dinámico de un edificio de concreto armado de 5 niveles, en donde se albergaran familias, ubicado en distrito de Santiago, departamento de Ica y se realizara la comparación entre los resultados del software ETABS (Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones) y SAP2000 (Programa de Análisis Estructural)

El Análisis Sísmico al cual será sometido la edificación, deberá cumplir con los requisitos que establece la normatividad Técnica Peruana y se obtendrán los desplazamientos y derivas máximas del edificio.

El software ETABS y SAP2000 pertenecen a la compañía Computers and Structures, Inc. (CSI), con sede en Walnut Creek, California.

Las construcciones cada vez se realizan sin criterio antisísmico lo cual los hace más vulnerables ante un evento sísmico, los Ingenieros somos los encargados de diseñar edificios más robustos lo suficientemente resistente para sobrevivir a un impacto directo.

Los software a emplearse son el ETABS 2016 y SAP2000 v.19, el cual consiste en realizar el modelado estructural, predimensionar los elementos estructurales, emplear las normas solicitadas y someterlo a los tipos de análisis. Nos permitirá rápidamente saber cuál de estos dos software es el indicado a emplearse.

## Capítulo I

### MARCO TEORICO

#### 1.1. Antecedentes del problema de Investigación

##### 1.1.1. Antecedentes a Nivel Internacional

###### 1.1.1.1. *Universidad San Carlos de Guatemala*

**Análisis y diseño con ETABS, su aplicación adecuada y comprobación de resultados, aplicado a edificios de concreto Armado-Universidad de San Carlos de Guatemala (Ing. Luis Saravia Ramírez, 2013)**

Presente trabajo de investigación realiza un análisis y diseño estructural, sobre el uso de programas de Análisis y diseño estructural en este caso ETABS aplicado a un edificio de varios niveles, se enfoca al buen uso y aplicación del mismo.

Se aplica todos los criterios y requerimientos solicitados por códigos que se usan en Guatemala.

Se definen todos los parámetros según código, y siguiendo una secuencia de desarrollo, aplicando cargas gravitacionales y sísmicas donde se conjuga el criterio estructural para ir verificando que el programa no aplique datos malos.

Se pretende controlar el modelo y evitar errores considerados como graves. Tal manera, pretende evitar todos estos errores graves que pueden incurrir al no tener claro el uso del programa y ayudar a confiar en el programa.

Desarrollar la confianza en el uso de programas estructurales ayudando a estudiantes y profesionales a aplicar el software en Guatemala de una manera adecuada y cumpliendo con los códigos.

## **1.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional**

### **1.1.2.1. Universidad Católica del Perú**

#### **Análisis y diseño de un edificio asistido por computadora-Universidad Católica del Perú**

Cualquier proyecto de estructuras, antes de ser analizado y diseñado debe ser previamente modelado. En la etapa de creación del modelo (modelaje), se representa la estructura real por medio de una construcción simplificada de los elementos que la conforman. Es muy importante que se entienda el comportamiento de éstos a fin de evitar que se utilicen más elementos de los que se necesitan mediante refinamientos innecesarios que retrasan el análisis.

En general, los programas de análisis de estructuras permiten realizar el modelaje de una estructura, el procesamiento numérico de los datos y el análisis de los resultados por medio de las etapas de pre procesamiento, procesamiento y post procesamiento, respectivamente.

Posteriormente a la fase de modelaje, se deben determinar y analizar los esfuerzos y deformaciones en la estructura. Para ello se utilizan técnicas de análisis matricial de estructuras (AME) y análisis por el método de elementos finitos (MEF), que involucran una gran cantidad de cálculos numéricos, de modo que es imprescindible utilizar algún programa de cómputo.

En vista de la importancia que tienen actualmente estos programas en el análisis de estructuras es que se ha realizado el presente trabajo de investigación, dentro del cual se han desarrollado específicamente las capacidades del programa ETABS, por medio de la explicación de las facilidades que ofrece en sus etapas de pre procesamiento, procesamiento y post procesamiento.

## 1.2. Bases Teóricas de la Investigación

### 1.2.1. Software ETABS y SAP2000 v.19

#### 1.2.1.1. Beneficio del software ETABS 2016

ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems)

ETABS es un software innovador y revolucionario para análisis estructural y dimensionamiento de edificios.



*Figura 1: ETABS Compañía Computers & Structures Inc (CSI)*

Los beneficios del software son:

- Facilidad de manejo del software
- Interpretación de resultados
- Rapidez en la realización de cálculos
- Tiene parámetros sísmicos de la normativa del Perú
- Exportación de datos (Excel, AutoCAD, Word, SAFE)

### *1.2.1.2. Beneficios del software SAP2000*

**SAP2000** (Structural Analysis Program) es el primer software de ingeniería estructural que se ofreció en el mercado, es un producto de Computers and Structures, Inc (CSI).

Los beneficios del software son:

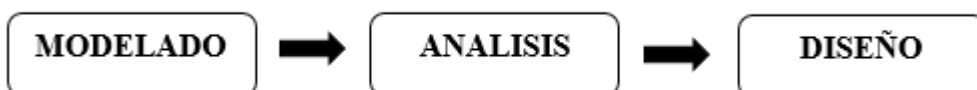
- Facilidad de manejo del software
- Interpretación de resultados
- Rapidez en la realización de cálculos



*Figura 2: SAP2000 Compañía Computers & structures, Inc (CSI)*

### *1.2.1.3. Uso del software*

El software es empleado para realizar un modelado, análisis y diseño.



ETABS es usado principalmente para estructuras de edificaciones y metálicas, permitiendo una visualización en 3D y un modelo analítico.

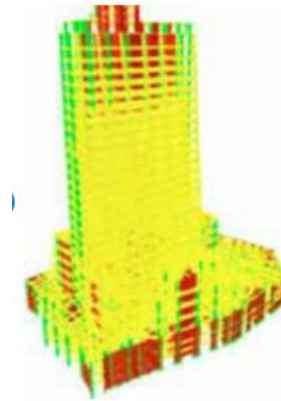
SAP2000 es usado en forma general (reservorios, estructuras metálicas, puentes, edificaciones), permite creación de modelos, modificaciones y visualizaciones en 3D.

#### *1.2.1.4. Modelado de la Estructura*

##### *1.2.1.4.1. Modelado en ETABS*

Nos ofrece una infinidad de herramientas para realizar el modelado

- Creación de Frame
- Creacion de Beam
- Creacion de floors
- Definir materiales
- Asignar Load

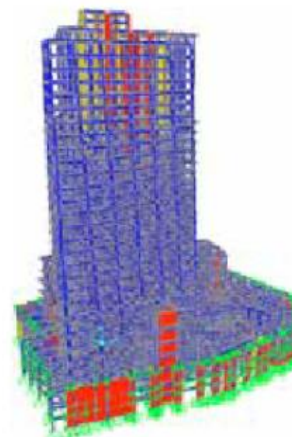


*Figura 3: Modelado software ETABS*

##### *1.2.1.4.2. Modelado en SAP2000*

El modelado lleva más tiempo, no permite una rápida generación del modelo en planta y elevaciones.

- Creacion de Beam
- Creacion de Frame
- Creacion de Wall
- Creacion de floors
- Definir materiales
- Asignar Load



*Figura 4: Modelado software SAP2000*

### **1.2.1.5. Proceso número de datos**

Existen diferentes métodos de Análisis Estructural

- Método de desplazamientos
- Método de las Fuerzas
- Método de Elementos Finitos

El software ETABS y SAP2000 emplean el proceso numérico del método de Elementos finitos, que consiste en dividir un elemento en varios pequeños elementos de dimensiones finitas para poder obtener las respuestas en cada sección del elemento.

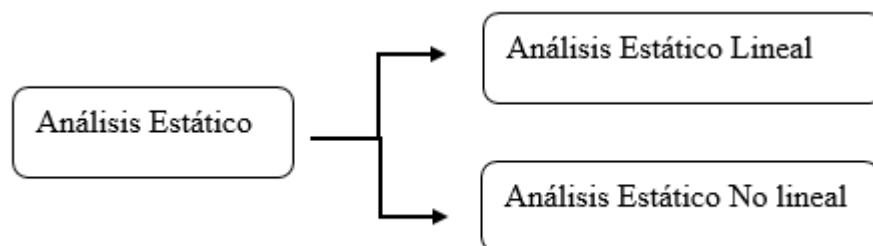
$$F = u * K$$

### **1.2.1.6. Tipos de Análisis**

El análisis estructural es un procedimiento del cual obtenemos respuesta de un sistema estructural y se presentan dos tipos de análisis:

#### **1.2.1.6.1. Análisis Estático**

Estudia la respuesta estructural ante la acción de cargas estáticas y presenta un Análisis estático lineal y análisis estático no lineal.



*Figura 5: Análisis Estático Lineal*

### 1.2.1.6.2. Análisis Dinámico

Es el estudio de la respuesta estructural ante la acción de cargas dinámicas.

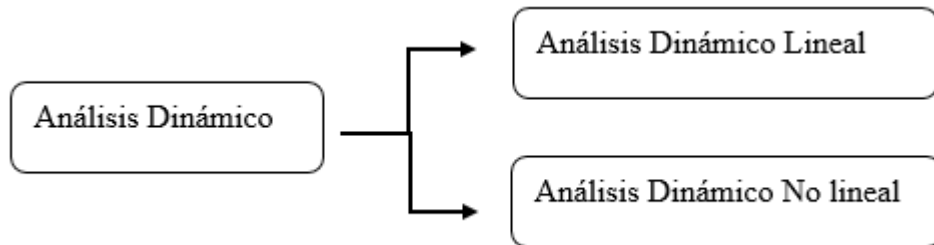


Figura 6: Análisis Dinámico Lineal

### 1.2.1.7. Historia del ETABS y SAP2000

Tanto el software ETABS y SAP2000 pertenecen a la compañía de software Computers and Structures, Inc (CSI) y su fundador es el Ingeniero Ashraf Habibullah que es un Estadounidense pakistaní.



Figura 7: Programas estructurales de la compañía CSI

Fuente: CSI España

#### 1.2.1.7.1. Historia ETABS

La compañía Computers and Structures, Inc (CSI) diseñó el software ETABS entre los años 1980-1985, tiene alrededor de 40 años en el mercado.

El software ETABS se empleó para desarrollar el modelo matemático completo del Burj

Khalifa, que en estos momentos es el edificio más alto del mundo.

Cada año ETABS viene sacando nuevas versiones e incorporando nuevas herramientas, nuevas normativas en estructuras de concreto Armado y estructuras metálicas.

Cabe recalcar que ETABS está introduciéndose en las metodologías BIM.

#### 1.2.1.7.2. Historia SAP2000

SAP2000 es el primer programa completo de análisis estructural saliendo al mercado en el año 1970, creado por Dr. Edward L. Wilson quien es ingeniero civil.

En los años 70 los programas tenían una capacidad reducida de análisis, era complicado ingresar datos y la obtención de resultados era complicada.

Las computadoras personales aparecieron a finales de los 70, lo cual aumento la popularidad de los programas de análisis, mayor memoria, nuevos algoritmos y sistemas operativos con entorno gráficos 3D.

#### 1.2.1.8. Aspectos generales ETABS y SAP2000

Tanto ETABS y SAP2000 presentan los siguientes aspectos en su entorno de trabajo:

- Modelado realista
- Normatividad y códigos (Americanos, Europeos y latinoamericanos)

Normativas soportadas por SAP2000:

• AASHTO 2006, 2007, 2012	• Eurocode 8 -1994	• Mexico CFE-93
• Argentina INPRES-CIRSOC 103	• Eurocode 8 - 2004	• Mexico NTC-2004
• AS1170 2007	• GB5011-2006	• Ecuador NEC-11 Capitulo 2
• BOCA 96	• Guatemala AGIES NSE 2-10	• Ecuador Norma NEC-SE-DS2015
• Chile Norma NCh2369-2003	• IBC 2003, 2006, 2009, 2012	• NBCC 95, 2005, 2010, 2015
• Chile Norma NCh433+DS61	• IS 1893 2002	• NCHRP20-07
• Chinese 2010	• Italian 3274	• NZS 4203
• CJJ 166-2011	• Italian NTC 2008	• NZS 1170 2004
• Colombia NSR-10	• JTG/T B02-2013	• Peru Norma E.030
• Costa Rica Seismic Code 2010	• Korean KBC 2009	• Peru NTE E.030 2014
• Dominican Republic R-001	• Mexico CFE-2008	• SI 413
• SP 14.13330.2014	• TSC 2007	• UBC 94, 97
		• Venezuela COVENIN 1756-2 2001

Figura 8: Normas y códigos en SAP2000

Normativas soportadas por ETABS:

● Argentina INPRES-CIRSOC 103	● Ecuador NEC-11 Capitulo 2	● Mexico CFE-93
● AS1170-2007	● Ecuador Norma NEC-SE-DS 2015	● Mexico NTC-2004
● ASCE7-02, 05, 10	● Eurocode 8 - 1994	● NBC 95, 2005, 2010, 2015
● BOCA 96	● Eurocode 8 - 2004	● NEHRP97
● Chile Norma NCh2369-2003	● Guatemala AGIES NSE 2-10	● NZS 1170-2004
● Chile Norma NCh433+DS61	● IS 1893:2002	● NZS 4203
● Chinese 2010	● Italian NTC 2008	● Peru Norma E.030
● Colombia NSR-10	● Italian 3274	● Peru NTE E.030 2014
● Costa Rica Seismic Code 2010	● Korean KBC 2009	● SI 413
● Dominican Republic R-001	● Mexico CFE-2008	● SP 14.13330.2014
● TCVN 9386:2012	● TSC-2007	● UBC 94, 97
		● Venezuela COVENIN 1756-2:2001

*Figura 9: Normas y códigos en ETABS*

- Tipo de análisis en ETABS (A. espectro de respuesta, A. tiempo-historia, Análisis P-Delta, análisis de empuje)
- Tipo de análisis en SAP2000 (A.E. lineal/ no lineal, Espectro de respuesta dinámica, Tiempo-Historia lineal/no lineal, análisis de puentes, análisis de pandeo)
- Diseño de elementos estructurales
- Diagramas de momento flector, fuerza de corte, fuerza axial y deflexión
- Animación de formas deformadas
- Importar y exportar, incluido Revit structure.

### ***1.2.1.9. Software ETABS y SAP2000***

#### ***1.2.1.9.1. Definición del software ETABS***

ETABS es un software de ingeniería empleado en el análisis estructural de edificaciones de gran altura, media y baja. Permite una evaluación al sistema estructuras que se esté empleando en condiciones dinámicas y estáticas.

Realiza una evaluación del comportamiento de los sismos, empleando la normatividad de cada país, para posteriormente realizar el diseño estructural.

#### ***1.2.1.9.2. Definición del software SAP2000***

SAP2000 es un software de ingeniería empleado en el análisis de estructuras generales (estadios, puentes, reservorios, edificaciones, estructuras metálicas, entre otros). Se emplea mayor normatividad tanto el AASHTO, ACI, AISC y normatividad latinoamericana.

### ***1.2.1.10. Requisitos para el uso del software***

#### ***1.2.1.10.1. Requisitos generales***

El principal requisito que se requiere para el empleo del software es:

- Tener claridad de la información a ingresar al software
- Conocer cómo funciona el software y su entorno de trabajo
- Interpretación de resultados generados automáticamente, de lo que se haya generado en el modelo.

### ***1.2.1.11. Proceso del uso del ETABS y SAP2000***

#### ***1.2.1.11.1. Recomendaciones para su uso en el diseño estructural***

Las recomendaciones son propias y basados en el empleo del software:

- Propiedades del material

**Acero:**

- Módulo de elasticidad del acero
- Relación de Poisson  $\mu = 0.3$
- Densidad del acero =  $7.850 \text{ kg/m}^3$
- Resistencia al rendimiento del acero,  $F_y = 450 \text{ Mpa}$
- Resistencia máxima al rendimiento del acero,  $F_u = 450 \text{ Mpa}$

**Concreto:**

- Resistencia del concreto,  $F'_c \text{ kg/cm}^2$
- Densidad del concreto,  $\rho$
- Parámetros de construcción del modelo
  - Largo y ancho
  - N° de pisos
  - Altura de entrepiso
  - Espesores
- Tipos de cargas
  - Carga muerta (DL)
  - Carga Viva (LL)
  - Carga de viento (WL)
  - Carga de sismo (EQ)
- Combinaciones de cargas
- Parámetro sísmico
  - Perú: norma E.030 Diseño Sismorresistente
- Verificación de resultados

### **1.3. Concreto Armado**

El concreto Armado es la combinación del concreto y el acero de refuerzo, el concreto tiene como principal característica ser resistente a compresión y el acero de refuerzo tiene una mayor resistencia en compresión y tracción. El acero es diez veces más resistente que el concreto.

El concreto es una mezcla entre una pasta (aire, agua y cemento) y agregados (grueso y fino). El concreto armado es empleado en estructuras como (vigas, columnas, placas, losas macizas, losas aligeradas, entre otros)

#### **1.3.1. Reglamento Nacional de Edificaciones**

En el Perú el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) es la normativa empleada, en donde se establecen requisitos mínimos para el Diseño y ejecución de Obras de Edificación y habilitaciones Urbanas.

#### **1.3.2. Materiales**

##### **1.3.2.1. Cemento**

Es un material aglomerante que tiene las propiedades de adherencia y cohesión necesarias para unir áridos inertes entre sí, formando una masa sólida. Se fabricó en Inglaterra 1824. (Garcia, 2015)

El cemento está integrado por cuatro componentes principales:

*Silicato Tricalcico*  $3CaO.SiO_2 = C_3S$

*Silicato Dicalcico*  $2CaO.SiO_2 = C_2S$

*Aluminato Tricalcico*  $3CaO.Al_2O_3 = C_3A$

*Aluminato Ferrato Tetracalcico*  $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3 = C_2AF$

La American Society for Testing and Materials (ASTM), provee Cinco tipos de cemento Portland, para satisfacer cierto requerimientos físicos y químicos.

También la norma CSA (Canadian Standard Association), provee cinco tipos.

- ASTM tipo I, CSA normal

Este tipo de cemento es de uso general

No expuesta a ataques del sulfato del suelo y agua a una elevada temperatura.

Uso: veredas, concreto armado, puentes, tanques, reservorios, albañilería

- ASTM tipo II, CSA moderado

Usado en donde el ataque por sulfato es moderado

Genera menos calor de hidratación, reduce temperatura de hidratación, que es importante cuando se trabaja en lugares calurosos.

Usp: grandes pilares, gruesos muros de contención

- ASTM tipo III, CSA alta resistencia inicial

Este tipo de cemento adquiere su resistencia inicial alta en cuestión de días, usada en tiempo de frío permitiendo una reducción en el tiempo del curado o tener un desencofrado más rápido.

- ASTM tipo IV, CSA bajo calor de hidratación

Usado en donde el calor de hidratación debe ser mínimo

Usa: Estructuras masivas de concreto (presas)

- ASTM tipo V, CSA resistente a sulfatos

Se emplea en concretos expuestos a una elevada acción de sulfatos, presentes en el agua o suelo que entran en contacto con la estructura.

Uso:

- Cemento portland blanco
- Cemento portland puzolanico
- Cemento de albañilería
- Tipos especiales de cemento Portland

TIPOS DE CEMENTO	COMPOSICIÓN DE COMPUESTOS				FINEZA	
	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> A	C <sub>3</sub> AF	cm <sup>2</sup> por gramo	% que pasa la malla
1. Normal	45	27	11	8	1710	90.7
2. Modificado	44	31	5	13	1990	90.7
3. Altas resist. iniciales	53	19	10	10	2730	99.5
4. Bajo calor hidrat.	28	49	4	12	1880	93.1
5. Resistente a sulfatos	36	43	4	4	1960	93.2

*Figura 10: Composición del Cemento (Ing. Juan O. García)*

### **1.3.2.2. Agregados**

Los agregados se clasifican por su tamaño, en agregado grueso y agregado fino.

Los agregados tienen un porcentaje de intervención entre un 60% - 75%, es el mayor componente en la fabricación del concreto.

Los agregados finos son los que pasan el tamiz N°4 y los mayores a este tamaño son considerados como agregados gruesos.

La norma E.060 indica: “El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada.

Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi-regular, duras, compactas, resistente y de texturas preferentemente rugosa; deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas”. (Edificaciones)

### ***1.3.2.3. Acero de refuerzo***

El acero de refuerzo debe ser corrugado, ya que esto permite una mejor adherencia entre el concreto y el acero.

Presenta la siguiente composición química:

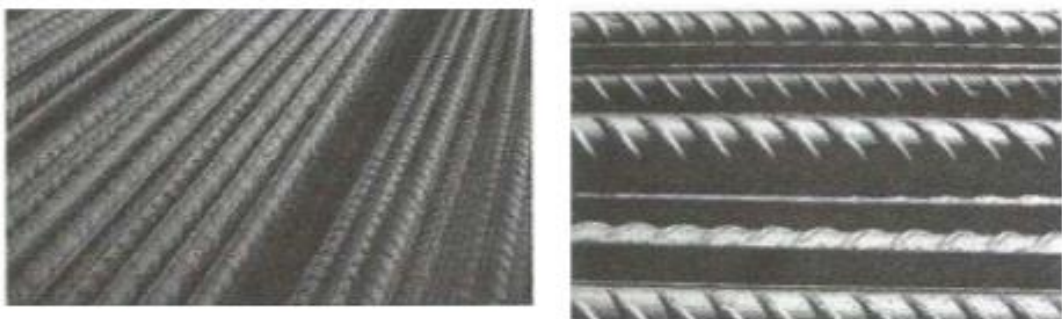
CARBONO	(C)	: 0.34 — 0.46 %
MANGANESO	(Mn)	: 1.05 — 1.15 %
FOSFORO	(P)	: 0.04 % máx.
AZUFRE	(S)	: 0.05 % máx.
SILICIO	(SI)	: 0.15 — 30 %

*Figura 11: Composición del Acero de refuerzo (Ing. Juan O. García)*

Perú los aceros fabricados son de  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup> grado 60, por las empresas ACEROS AREQUIPA y SIDER PERU.

ACEROS AREQUIPA se basa en la normas ASTM A615-84 o ITINTEC341-031-A-42

SIDER PERU se basa en las normas ASTM A 615-68



*Figura 12: Acero de refuerzos en el Perú*

Aceros Arequipa “Límite de Fluencia: es el máximo valor del esfuerzo que desarrolla el fierro sin que se deforme permanentemente. Cuando se deja de estirar, el fierro regresa a su estado inicial, como si fuera un elástico. Para las barras de grado 60, este valor es  $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ ”

Diámetro		Varillas #		Área (cm <sup>2</sup> )	Perímetro (cm)
pulg	cm		#		
3/8"	0.95		3	0.71	2.99
1/2"	1.27		4	1.29	3.99
5/8"	1.59		5	1.99	4.99
3/4"	1.91		6	2.84	5.98
7/8"	2.22		7	3.88	6.98
1"	2.54		8	5.1	7.98
1 1/8"	2.86		9	6.41	8.89
1 1/4"	3.18		10	7.92	9.97
1 3/8"	3.49		11	10.06	10.97
1 1/2"	3.81		12	11.4	11.97

*Tabla 1: Propiedades geométricas de las varillas*

	<b>Esfuerzo de fluencia del acero <math>f_y</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia mínima a la tracción a la rotura <math>f_s</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Grado 40	2800	4900
Grado 60	4200	6300
Grado 75	5300	7000

*Tabla 2: Esfuerzos de los tipos de aceros*

## **Capítulo II**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **2.1. Situación problemática**

##### **2.1.1. A nivel Internacional**

A nivel internacional se siguen creando más softwares, ambos tienen un mismo destino final que es brindar resultados adecuados. La gran demanda de analizar y diseñar estructuras de una forma rápida, hace que se emplee softwares estructurales.

##### **2.1.2. A nivel nacional**

Los ingenieros estructurales hacen muchísimas recomendaciones de softwares estructurales, pero a nivel nacional el software más potente y empleado es ETABS y SAP2000. Cabe mencionar que muchos ingenieros están migrando a AUTODESK.

##### **2.1.3. A nivel local**

Es indispensable el empleo de software estructural, ya que genera un modelo único. El modelo desde el cual se trabajan diferentes partes que conforman la estructura y también tener información útil (Vista 3D, cálculo estructural, planos)

#### **2.2. Formulación del problema**

##### **2.2.1. Problema General**

¿En qué medida influye el análisis comparativo del software ETABS 2016 y SAP2000 v.19 en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica?

### **2.2.2. Problemas Específicos**

¿En qué medida influye el grado de desplazamiento del análisis comparativo del software Etabs2016 y Sap200 v.19 en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica?

¿En qué medida influye el grado de deformación de la estructura del análisis comparativo del software Etabs2016 y Sap200 v.19 en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica?

¿En qué medida influye el control de cargas del análisis comparativo del software Etabs2016 y Sap200 v.19 en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica?

¿En qué medida influye la cortante basal del análisis comparativo del software Etabs2016 y Sap200 v.19 en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica?

### **2.3. Delimitación del problema**

- Delimitación espacial

Esta investigación se desarrollara en el distrito de Santiago-Ica

- Delimitación temporal

Esta investigación se desarrollara en forma Transversal

- Delimitación social

En esta investigación se necesitará el apoyo de ingenieros y familias que buscan seguridad en edificaciones.

- Delimitación conceptual

Los conceptos a estudiar son:

-Ingeniería Sismorresistente

- Sismología
- Ondas sísmicas
- Vulnerabilidad estructural
- Reglamento Nacional de Edificaciones
- Análisis estático
- Análisis Dinámico
- Software de análisis

## **2.4. Justificación e importancia de la investigación**

### **2.4.1. Justificación**

Para conocer programas computacionales, en este caso el software ETABS 2016 y SAP2000 que surgido la necesidad de obtener calidad y óptimo diseño ante una amenaza sísmica; tiene la finalidad de simplificar el trabajo. Permiten realizar el modelaje de una estructura, el proceso numérico de los datos y el análisis de los resultados.

Al término de este proyecto la población del Distrito de Santiago es el más beneficiado ya que gracias a este hecho se obtendrá un análisis sísmico que cumple con las normas vigentes del RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones).

La presente investigación tiene como propósito hacer un análisis sísmico de una edificación de concreto Armado empleando el software ETABS 2016 y SAP2000 v.19

### **2.4.2. Importancia**

Se comprobara si existen diferencias en los resultados, se aplicara la norma E.030 y se analizara los resultados en los dos programas estructurales.

Actualmente afrontamos las malas construcciones (autoconstrucción) y los responsables son las municipalidades y su gestión. La enseñanza recibida en la universidad cada vez sufre cambios importantes, tanto en los empleos de software,

debido a la demanda que requieren de su uso, por la mayor exigencia de calidad estructural, entonces se requiere saber cuál de los dos software estudiados en esta tesis es la más idónea para obtener calidad estructural.

En nuestro país los software más empleados son el ETABS (Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones) y SAP2000 (Programa de Análisis Estructural). Nuestro estudio pretende diagnosticar e identificar cual es el software más adecuado.

Es de vital importancia determinar cuál presenta resultados más reales y de igual manera muchos emplean estos programas pero con conocimiento y habilidades insuficientes. En los últimos años se ha visto un mayor uso de estos programas, confiando en estos programas. Se debe entender que no son programas simples para solo introducir datos, ya que cualquier error, se reflejara en los resultados.

## **2.5. Objetivos de la Investigación**

### **2.5.1. Objetivo General**

Determinar el grado de influencia del análisis comparativo del software ETABS 2016 y SAP2000 v.19 en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica

### **2.5.2. Objetivos Específico**

Determinar el grado de influencia del grado de desplazamiento del análisis comparativo del software ETABS 2016 y SAP2000 v.19 en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica

Determinar el grado de influencia del grado de deformación de la estructura del análisis comparativo del software ETABS 2016 y SAP2000 v.19 en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica

Determinar el grado de influencia del control de cargas del análisis comparativo del software ETABS 2016 y SAP2000 v.19 en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica

Determinar el grado de influencia de la cortante basal del análisis comparativo del software ETABS 2016 y SAP2000 v.19 en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado en del distrito de Santiago-Ica

## **2.6. Hipótesis de la investigación**

### **2.6.1. Hipótesis general**

El análisis comparativo del software ETABS 2016 y SAP2000 v.19 influye en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica

### **2.6.2. Hipótesis específica**

El grado de desplazamiento en el análisis comparativo del software ETABS 2016 y SAP2000 v.19 influye en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica

El grado de deformación de la estructura en el análisis comparativo del software ETABS 2016 y SAP2000 v.19 influye en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica

El control de cargas en el análisis comparativo del software ETABS 2016 y SAP2000 v.19 influye en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica

La cortante basal en el análisis comparativo del software ETABS 2016 y SAP2000 v.19 influye en beneficio del comportamiento sísmico de un Edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica

## **2.7. Variables de Investigación**

### **2.7.1. Identificación de Variable**

#### ***2.7.1.1. Variable Independiente***

Análisis comparativo del software ETABS 2016 y SAP2000 v.19

#### ***2.7.1.2. Variable dependiente***

Beneficio del comportamiento sísmico de un edificio de Concreto Armado del distrito de Santiago-Ica

## **Capítulo III**

### **ESTRATEGIA METODOLOGICA**

#### **3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipos de investigación**

De acuerdo a los propósitos de la investigación y a la naturaleza de la investigación operara desde un enfoque Aplicativo, pues es una investigación practica en donde se emplearan programas computacionales para el análisis y diseño.

##### **3.1.2. Nivel de investigación**

Estudio de relación de dos variables, CORRELACIONAL

##### **3.1.3. Diseño de investigación**

Se seguirá un diseño de investigación Transversal, pues el empleo de estos software estructurales tiene mucha influencia en el análisis y diseño para brindar una edificación “antisísmica”

#### **3.2. Población y muestra materia de investigación**

##### **3.2.1. Población de estudio**

La población está constituida por: Edificaciones en el distrito de Santiago

##### **3.2.2. Muestra de estudio**

La muestra probabilística en estudio: Edificio de cinco niveles

### **3.3. Fuentes Técnicas**

Esta técnica se aplicara a toda la documentación referente a las variables en estudio.

Material Impreso

Observación

Internet

### **3.4. Instrumentos de recolección de datos**

Para la ejecución de las técnicas antes mencionadas se utilizara los siguientes instrumentos

Computadora

Libros

Manual de Etabs

Manual de SAP2000

### **3.5. Procesamiento de datos**

En el procedimiento de investigación de este trabajo especial de grado, se enumeran una serie de etapas concretas, que resultan prácticas para ser aplicadas según el tipo de investigación definida, y además de gran utilidad para el avance y desarrollo del trabajo.

### **3.6. Análisis de datos**

En esta parte del desarrollo del estudio, se realizara el análisis de resultados que arrojen el software empleados para determinar el comportamiento sísmico de la edificación.

## Capítulo IV

### ESTUDIO DE SUELO

#### 4.1. Mecánica de suelos con fines de cimentación

##### 4.1.1. Obligatoriedad de Estudio de Mecánica de Suelos

La normatividad peruana que es comprendida en todo el territorio nacional presenta ciertos requisitos para la ejecución de un (EMS), con la finalidad de mantener estables las edificaciones y otras obras.

##### *4.1.1.1. Casos donde existe obligatoriedad*

El artículo 6 de la norma, indica que las edificaciones que presten servicio de educación, servicio de salud, servicios públicos, locales que alojen gran cantidad de personas, edificaciones cerca de taludes y edificaciones de 1 a 3 pisos que ocupen más de 500m<sup>2</sup> de área techada.

##### *4.1.1.2. Casos donde no existe Obligatoriedad*

El artículo 6 de la norma, indica que no es necesario un estudio de suelo cuando se conoce la presión admisible del suelo, profundidad de cimentación conocida y condiciones de cimentación conocida.

##### 4.1.2. Cimentaciones Superficiales

En el Perú las cimentaciones superficiales son empleadas si se cumple con la condición del capítulo IV, art.23.

Los más empleados son zapatas aisladas, zapatas conectadas, zapatas combinadas, cimientos corridos y platea de cimentación.

RNE indica “Las cimentaciones superficiales son aquellas en las cuales la relación Profundidad / ancho ( $Df / B$ ) es menor o igual a cinco (5), siendo  $Df$  la profundidad de la cimentación y  $B$  el ancho o diámetro de la misma”.

Es decir; son aquellas en las cuales se cumple la relación:

$$\frac{Df}{B} < 5$$

### **4.1.3. Profundidad de Cimentación**

Si bien la profundidad de la cimentación estará a cargo de un profesional responsable, el RNE establece profundidades mínimas.

La profundidad mínima para el caso de zapatas y cimientos corridos será 0.8

La profundidad mínima para las plateas de losas rígidas de concreto armado será de 0.40

## **4.2. Dinámica de Suelos**

### **4.2.1. Cimentación de la Edificación**

Es la parte fundamental de una edificación debido a que reparte y transmite las cargas al terreno.

La elección de una cimentación es influida por el tipo de suelo, la cimentación garantiza la estabilidad de la edificación.

### **4.2.2. Propagación de Ondas**

Las ondas sísmicas son aquellas que viajan por el interior de la tierra producido por un movimiento sísmico.

Las ondas sísmicas fuertes viajan largas distancias y conforme aumenta la distancia, la amplitud de las ondas disminuye.

Las ondas son divididas en dos grupos: ondas primarias (P) y ondas secundarias (S)

#### **4.2.3. Interacción suelo-estructura**

Se define como la modificación del movimiento del terreno (deformaciones), afectada por la presencia y rigidez de la estructura.

En la medida en la que el movimiento en la base de la estructura se ve más modificado por la presencia de la estructura, existirá una mayor interacción.

## Capítulo V

### INGENIERIA SISMORRESISTENTE

#### 5.1. Sismología

La sismología es una ciencia, encargada del estudio de sismos y propagación de ondas sísmicas. (Causas del origen, localización del sismo, tiempo, entre otros fenómenos)

Anteriormente conocido como estudio de sismo en sus inicios.

##### 5.1.1. Sismología en el Perú

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) es la encargada de la sismología, vulcanología y el Estudio de El niño.



*Figura 13: Instituto Geofísico del Perú*

Registra los sismos ocurridos en el territorio peruano y cuenta con una red sísmica ubicados en distintas regiones.

Los acelerómetros registran la aceleración del movimiento del suelo producido por el sismo, tenemos 169 acelerómetros y transmiten información al Centro nacional de Monitoreo Sísmico (CENSIS).

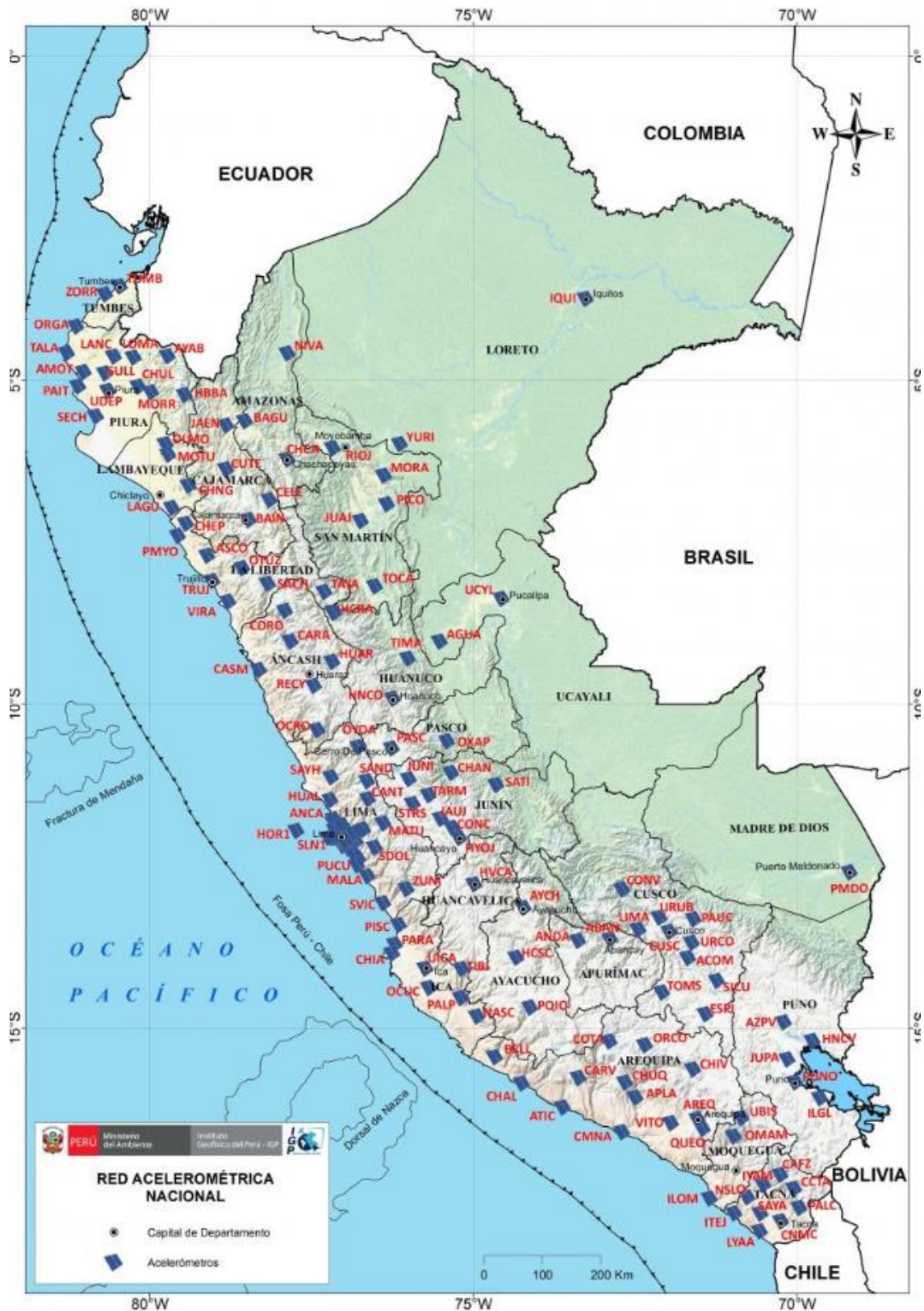


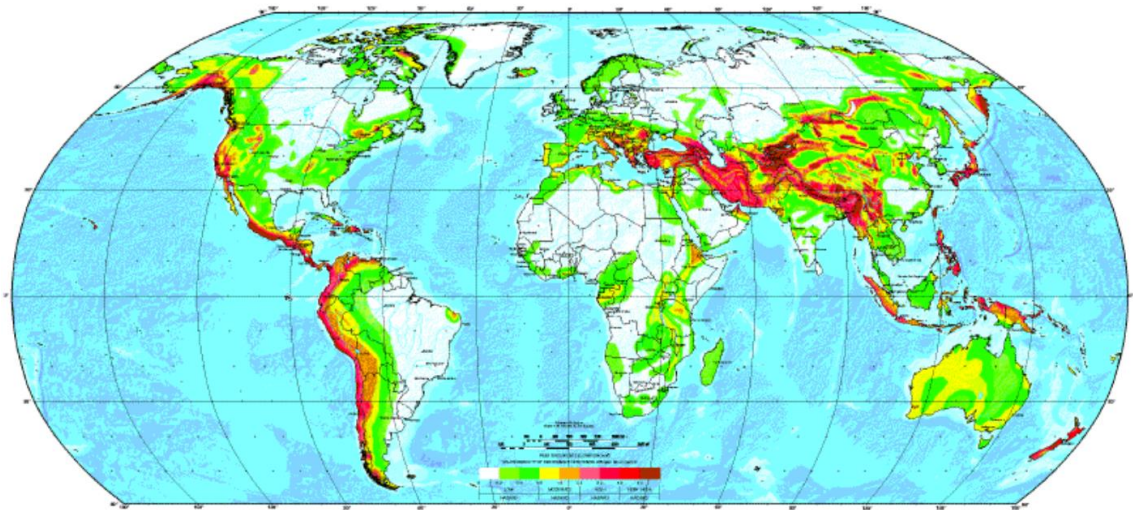
Figura 14: Red Acelerométrica Nacional del Perú

### 5.1.2. Sismología en el Mundo

A nivel mundial se generan movimientos sísmicos y cada país cuenta con acelerómetros para el registro del sismo (ubicación, profundidad e intensidad)

CSN (Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile), USGS

La zona de mayor riesgo sísmico se encuentra en los límites de las placas tectónicas.



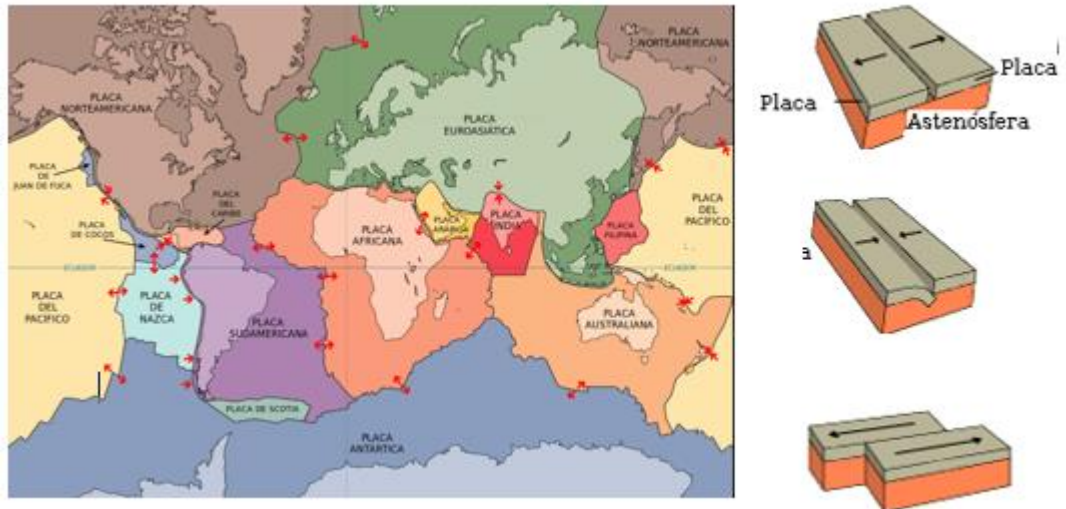
*Figura 15: Zonas de alto riesgo sísmico en el mundo*

### 5.2. Tectónicas de placas

En el año 1960 se desarrolló la Teoría de Tectónicas de placas, permitiendo comprender las causas de los terremotos.

Las placas tectónicas se desplazan unas respecto de otras con relativa lentitud.

La corteza terrestre se encuentra dividida en 15 placas principales (África, Antártica, arábica, Australia, Caribe, cocos, Euroasiática, Filipina, India, Juan de Fuca, Nazca, Norteamericana, pacífico, Scotia y placa Sudamericana) y 43 placas menores.



*Figura 16: Placas tectónicas (Wikipedia)*

- **Divergentes:** son límites en los que las placas se separan unas de otras y, por lo tanto, emerge magma desde regiones más profundas
- **Convergentes:** son límites en los que una placa choca contra otra, formando una zona de subducción.
- **Transformantes:** son límites donde los bordes de las placas se deslizan una con respecto a la otra a lo largo de una falla de transformación.

### 5.3. Mecanismo de generación de terremotos

Es la liberación de la energía acumulada a través del tiempo.

El resultado de este mecanismo es la propagación de la energía liberada, en forma de ondas sísmicas y el retorno a un estado de equilibrio elástico de la zona previamente sometida a esfuerzos, con la presencia de una fractura o falla geológica, muchas veces visible en la superficie de la tierra.

#### 5.4. Fallas geológicas

En el Perú existen más de 200 fallas geológicas que generan una serie de sismos localizados provocando grandes grietas en la tierra (poblado Piscobamba, Ancash)



*Figura 17: Falla geológica en el cusco-chumbivilcas (Rpp-2018)*

Se entiende por falla una estructura tectónica a lo largo de la cual se ha producido una fractura y un desplazamiento diferencial de los materiales adyacentes. Existen diferentes tipos de fallas entre ellas falla normal, inversa y falla de desgarre.

#### 5.5. Epicentro y foco

##### •Foco o hipocentro

Es el punto interior de la tierra donde se origina el sismo, el foco puede encontrarse a diferentes profundidades. Los sismos se clasifican en superficiales, intermedios y profundos. La ubicación del foco se expresa por medio de latitud, longitud y profundidad.

##### •Epicentro

Superficie geográfica ubicada encima del foco.

## 5.6. Ondas sísmicas

Las ondas sísmicas aparecen al generarse una liberación de energía y se propagan a través de la tierra.

Las ondas sísmicas se clasifican por su velocidad, cuando se genera un sismo las primeras sacudidas son debidas a las ondas P, luego las ondas S y por ultimo las ondas superficiales.

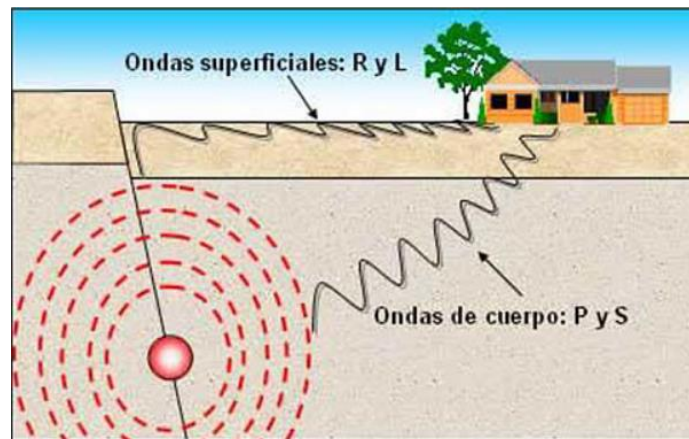


Figura 18: Principales ondas sísmicas (eco exploratorio)

- Ondas P:** Pueden viajar a través de cualquier tipo de material (roca y líquidos), son las primeras que se registran en el sismógrafo y el movimiento del terreno es vertical

- Ondas S:** Pueden viajar solo por material sólido y son más lentas, son las segundas que se registran en el sismógrafo y el movimiento del terreno es hacia los lados

- Ondas R:** conocidas también como Ondas Rayleigh, es una onda más peligrosa y fuerte. El terreno se mueve hacia arriba y hacia abajo y de lado a lado como el efecto de una ola en el océano.

•**Ondas L:** conocida también como Ondas Love, sus movimientos se generan lateralmente, como en un estanque se derrama hacia los lados. Esta onda es peligrosa a los cimientos.

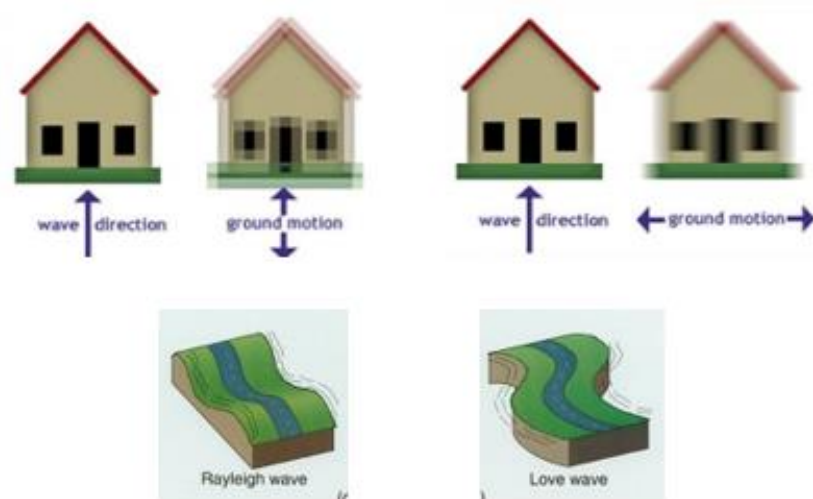
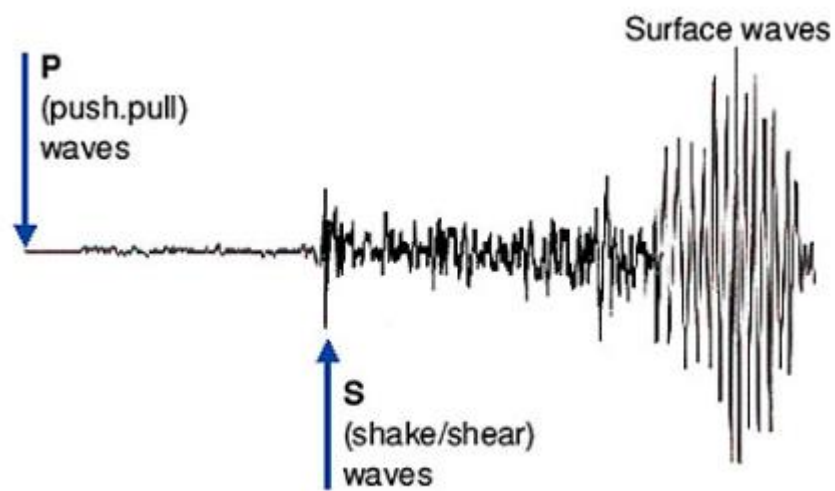


Figura 19: Tipos de ondas sísmicas



Registro sísmico de las ondas de cuerpo (P y S) y superficiales.

Figura 20: Registro sísmico de las ondas de cuerpo y superficiales

Fuente: Ecoexploratorio-amenazas naturales-terremotos

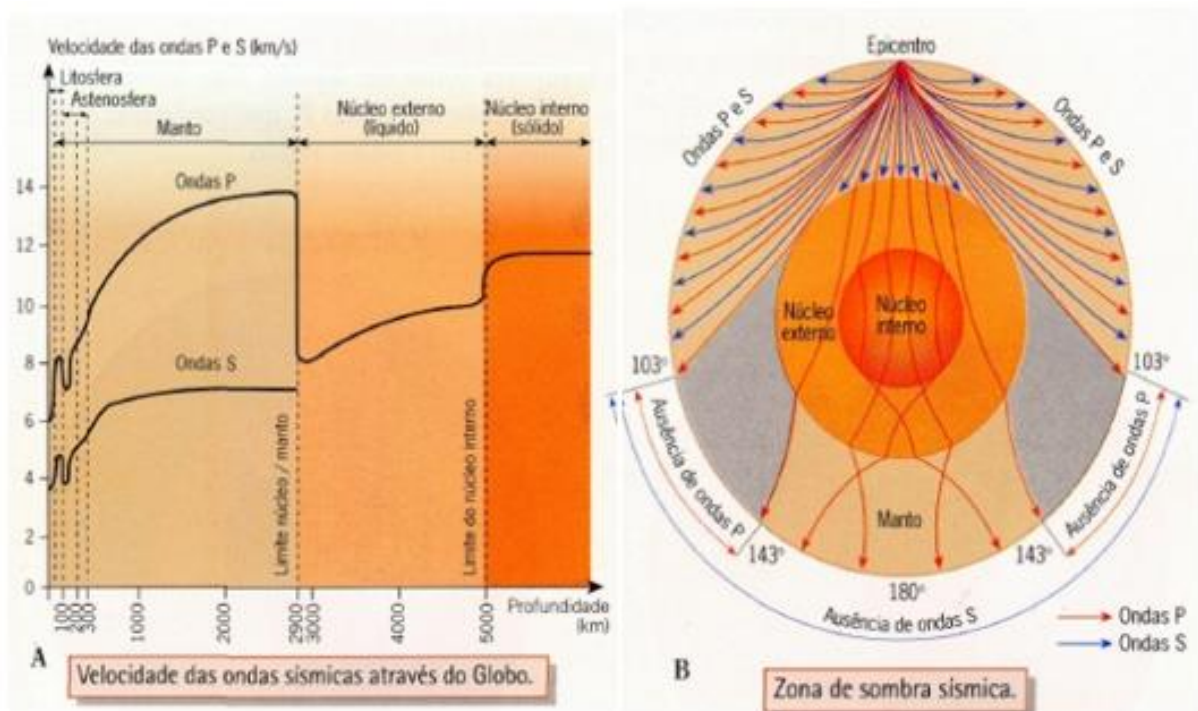


Figura 21: Velocidades de las ondas sísmicas

### 5.7. Intensidad y magnitud

Existen dos formas de medir el sismo, mediante la Intensidad y magnitud.

•**Intensidad:** Es la violencia con la que se siente un sismo. Es una medición subjetiva basada en la observación de los efectos o daños en la construcción, terrenos y el impacto que provoca en las personas.

La escala de intensidad más utilizada en el hemisferio occidental es la de **MERCALLI MODIFICADA (MM)**, presenta doce grados expresados en números romanos (I al XII)

Grado	Efectos
I. Muy débil	Imperceptible por el ser humano
II. Débil	Las lámparas oscilan
III. Leve	Los carros se mueven ligeramente
IV. Moderado	Vibran las ventanas
V. Poco fuerte	Caen cornisas y se rompen cristales
VI. Fuerte	Inquietud en la población. Caen chimeneas
VII. Muy fuerte	Daños en estructuras de los edificios
VIII. Destructivo	Alarma general. Caída de muros y estatuas
IX. Ruinoso	Cunde el pánico. Grietas en el suelo
X. Desastroso	Torsión de rieles de ferrocarriles
XI. Muy desastroso	Pocos edificios en pie. Fallas en el terreno
XII. Catastrófico	Destrucción total. Las rocas saltan por los aires

### Intensidad de Mercalli

Figura 22: Escala de intensidad Mercalli Modificada

•**Magnitud:** Es la energía real liberada en el foco del sismo. Se mide con instrumentos en una valoración objetiva

Se emplea la ESCALA DE RICHTER cuyo grados representan cantidades progresivamente multiplicadas de energía, no tiene límite superior, ni inferior. Se calcula matemáticamente.

Existen cuatro magnitudes

ML: Magnitud Local

Mb: Magnitud por ondas de cuerpo

Ms: Magnitud de ondas superficiales

Mw: Magnitud de momento sísmico

Escala de Richter	
Magnitud	Efectos del terremoto
menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero se registra.
3.5 a 5.4	Se siente, pero sólo causa daños menores cerca de donde se produce.
5.5 a 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios mal contruidos y otras estructuras en un radio de 10 km.
6.1 a 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente.
7.0 a 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños a las comunidades en un radio de 100 km.
8.0 o más	Gran terremoto. Destrucción total de comunidades cercanas y daños severos en un radio de más de 1000 km de distancia.

*Figura 23: Escala de magnitud Richter*

### 5.8. Riesgo sísmico

Se define como la posibilidad de ocurrencia de un sismo que puede suceder en un futuro más o menos cercano y trae consecuencias como el grado de pérdida, destrucción o daños.

El peligro sísmico puede ser pequeño pero el suelo y la mala construcción, hacen que el riesgo sísmico sea muy grande.

### 5.9. Peligro sísmico

Conocida como amenaza sísmica o peligrosidad, es la probabilidad de ocurrencia, dentro de un periodo específico de tiempo y dentro de una región determinada.

El cinturón de fuego del pacifico es una de las zonas con mayor peligro sísmico a nivel mundial.

El peligro sísmico involucra aceleraciones del suelo, da una referencia de la probabilidad de que se produzcan ciertas aceleraciones del suelo.

En el Perú se representa mediante mapas el peligro sísmico ya que está referido a la ocurrencia de terremotos.

### **5.10. Vulnerabilidad estructural**

Hace referencia a los daños que pueden sufrir los elementos estructurales de una edificación, los elementos estructurales son los encargados de resistir su propio peso y las cargas provocadas por los sismos.

La aplicación de la norma y un diseño estructural sismorresistente adecuado hacen menos vulnerable a la estructura frente a un sismo.

Una estructura vulnerable será aquella que durante un evento telúrico genere fallas frágiles, la ocurrencia de esto dependerá de la calidad de los materiales, configuración de los elementos estructurales y calidad de ejecución de la obra.

### **5.11. Daños en las estructuras**

Son consecuencia de un sismo que pueden producir daños simples como fisuras, colapso parcial o total de la estructura.

Un comportamiento adecuado de una estructura es cuando ocurre una falla dúctil, que permite un aviso a los ocupantes que dicha estructura está sufriendo daños y que puedan desocupar la edificación.

## 5.12. Diseño sismorresistente

### 5.12.1. RNE: E.030 Diseño Sismorresistente

La norma Técnica de Edificaciones E.030 Diseño Sismorresistente fue modificada en octubre del 2018 (Resolución ministerial N°355-2018-vivienda)

Normas Sísmicas Peruana:

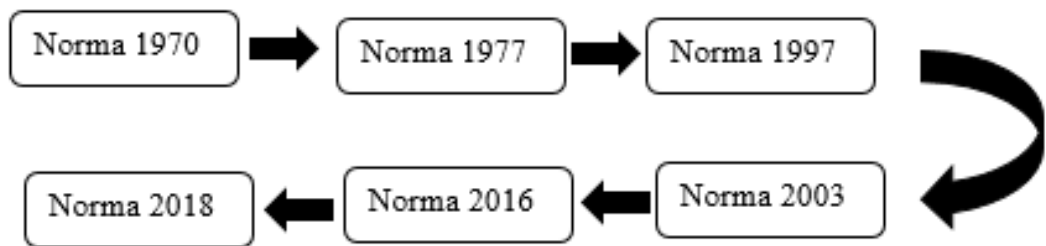


Figura 24: Historia de tiempo de la norma E.030

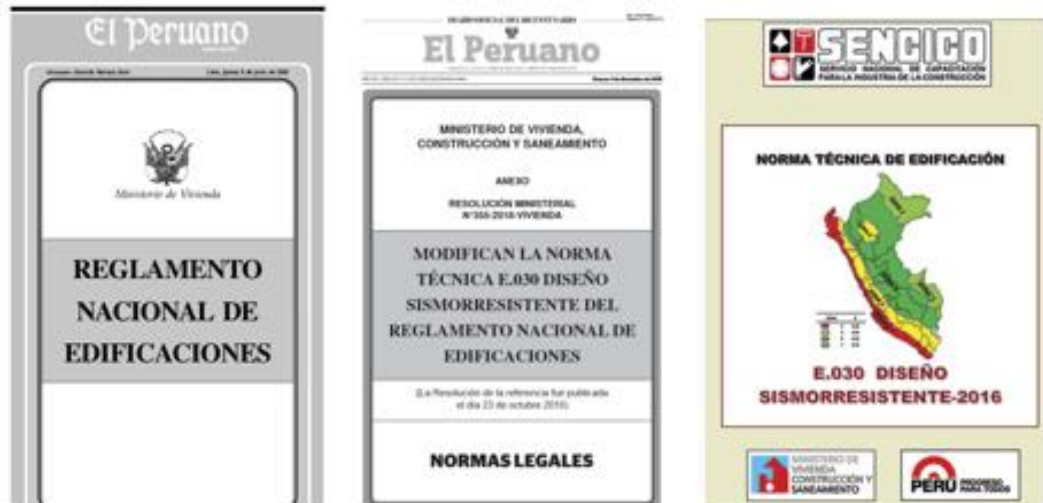


Figura 25: Reglamento Nacional de Edificaciones

La norma establece las condiciones mínimas para el diseño sismorresistente de los edificios y es de aplicación nacional para todas las estructuras nuevas, el

reforzamiento de las existentes y para la reparación de las que resulten dañadas por la acción de los sismos.

Esta Norma tiene como objetivos, evitar la pérdida de vidas humanas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños a la propiedad. (Peru, s.f.)

#### **5.12.1.1. Objetivo del diseño Sismorresistente**

La norma tiene como finalidad asegurar la continuidad de la estructura, minimizar daños y protección de la vida.

El fiel cumplimiento de la normativa de diseño sismo resistente es responsabilidad del ingeniero que debe hacer cumplir la norma E.030

#### **5.12.1.2. Parámetros de Sitio**

#### **5.12.1.3. Parámetros de Zona (Z)**

Presenta cuatro zonas la cuales se basan en las características generales de los movimientos sísmicos. La estructura por estar ubicada en Ica, pertenece a la Zona sísmica 4 y un valor  $Z=0.45$

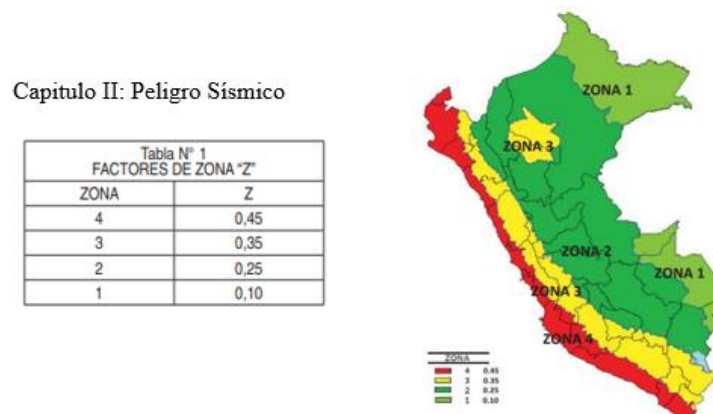


Figura 26: Factores de zona (E.030)

#### **5.12.1.4. Categoría de Edificaciones (U)**

Es una estructura destinada para vivienda y la norma lo indica como edificaciones comunes, le corresponde un coeficiente de uso  $U=1.0$

### 5.12.1.5. Factor de Amplificación Sísmica (C)

El valor obtenido para  $C=2.5$  debido a que el  $T < T_p$ . La altura total de la edificación es  $h_n=14.00$  y un valor de  $C_t=60$  por estar formado en el eje X-X por un sistema dual, tenemos un valor  $t=0.233$  seg y en la dirección Y-Y por muros de corte  $C_t=60$ , tenemos un valor  $t=0.233$  seg.

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

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

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

	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
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

Artículo 14: Factor de Amplificación Sísmica

Artículo 13: Parámetros de sitio

Figura 27: Factores de Amplificación sísmica (E.030)

### 5.12.1.6. Coeficiente básico de reducción (R)

La estructura está conformada, en el eje x-x por un sistema dual  $R_x=7$  y el eje Y-Y por muros estructurales  $R_y=6$

Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R <sub>u</sub> (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Figura 28: Coeficiente básico de reducción (E.030)

### 5.12.1.7. Periodo Fundamental de Vibración (T)

Se presentan dos formas de obtener el periodo Fundamental de Vibración, la más usada es la altura del edificio dividido entre Ct. La altura total de la edificación es  $h_n=14.00$  y un valor de  $C_t=60$  por estar formado en el eje X-X por un sistema dual, tenemos un valor  $t=0.233$  seg y en la dirección Y-Y por muros de corte  $C_t =60$ , tenemos un valor  $t=0.233$  seg.

*Calculo rapido*  $\rightarrow T = 0.1 * P \rightarrow P$ : numero de pisos

$$T = \frac{h_n}{C_T} \qquad T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2\right)}{\left(g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i\right)}}$$

Artículo 28.4: Periodo fundamental de vibración

Figura 29: Periodo fundamental de vibración (E.030)

### 5.12.1.8. Peso total de la Edificación (P)

El peso de la Edificación se obtiene realizando un metrado de cargas (CM+25%CV+25%CVT) que es el peso real, sin embargo existe un método más rápido y fácil de usar, el cual se asume un peso 1 ton/m<sup>2</sup>.

#### **Artículo 26.- Estimación del Peso (P)**

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

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

Figura 30: Estimación de peso (E.030)

## 5.12.2. Tipos de Análisis

### 5.12.2.1. Análisis Estático

#### 5.12.2.1.1. Análisis estático equivalente

Es uno de los análisis que establece la norma Sísmica E.030, el cual sirve para conocer el mínimo valor de la cortante basal a considerar en el análisis dinámico, establece como 80% del cortante basal.

La norma indica que debe cumplirse la no existencia de irregularidades de masa, pisos blandos, irregularidad geométrica vertical, discontinuidad de los sistemas resistentes.

#### Artículo 28.- Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes

##### 28.1. Generalidades

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

28.1.2. Pueden analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1. En las otras zonas sísmicas puede emplearse este procedimiento para las estructuras clasificadas como regulares, según el artículo 19, de no más de 30 m de altura, y para las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

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

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

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

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

$$\frac{C}{R} \geq 0,11$$

Norma E.030-2016

Norma E.030-2018

- a) Para  $T$  menor o igual a 0,5 segundos:  $k = 1,0$ .
- b) Para  $T$  mayor que 0,5 segundos:  $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$ .

Figura 31: Análisis estático lineal (E.030)

### 5.12.2.2.1. Análisis espectral dinámico modal

En una estructura aparecen fuerzas, desplazamientos, velocidades y aceleraciones.

Para lograr un adecuado diseño sísmico se debe realizar un análisis dinámico porque produce una modificación de las tensiones y deformaciones debido a un movimiento oscilatorio.

#### Artículo 29.- Análisis Dinámico Modal Espectral

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en este numeral.

#### 29.2. Aceleración Espectral

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

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

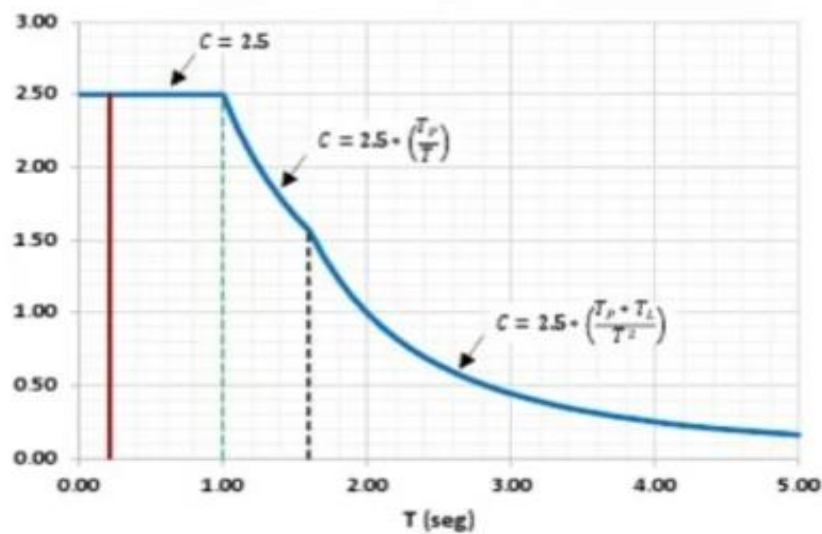


Figura 32: Análisis dinámico Modal espectral (E.030)

## Capítulo VI

### DESARROLLO DEL SOFTWARE ETABS Y SAP2000

#### 6.1. Modelamiento de los elementos estructurales con el software ETABS y SAP2000

Modelamiento: es una representación de la realidad, para la realización del modelado en los software emplearemos los siguientes elementos, Joint (Punto), frame (línea), Shell (area)

Se tomaran Screenshots de la pantalla con el fin de demostrar los pasos realizados en los programas ETABS2016 y SAP2000.

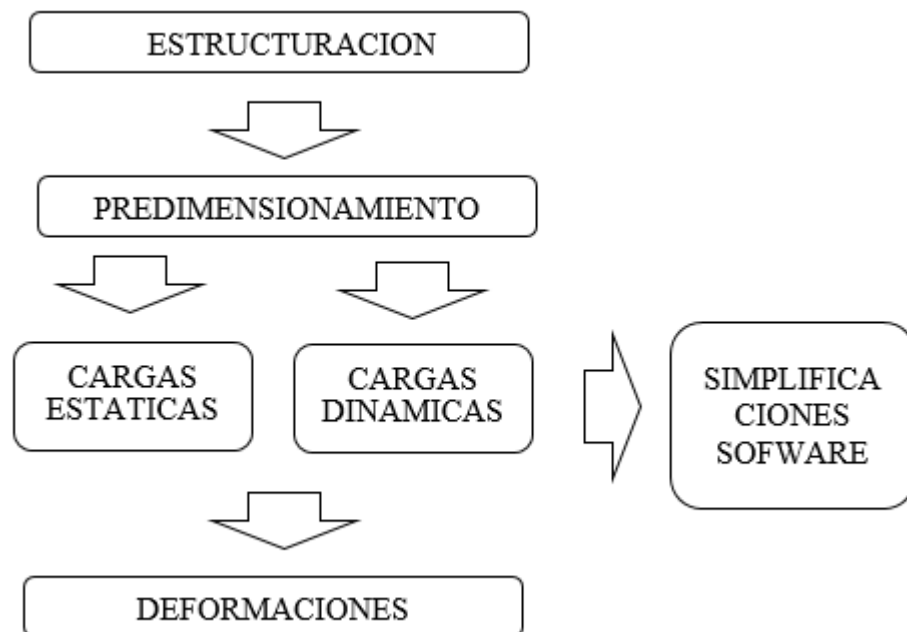


Figura 33: Etapas en el análisis y diseño (C.N. ingeniería)

Fuente: Congreso Nacional de Ingeniería

Se tomaran Screenshots de la pantalla con el fin de demostrar los pasos realizados en los programas ETABS2016 y SAP2000.

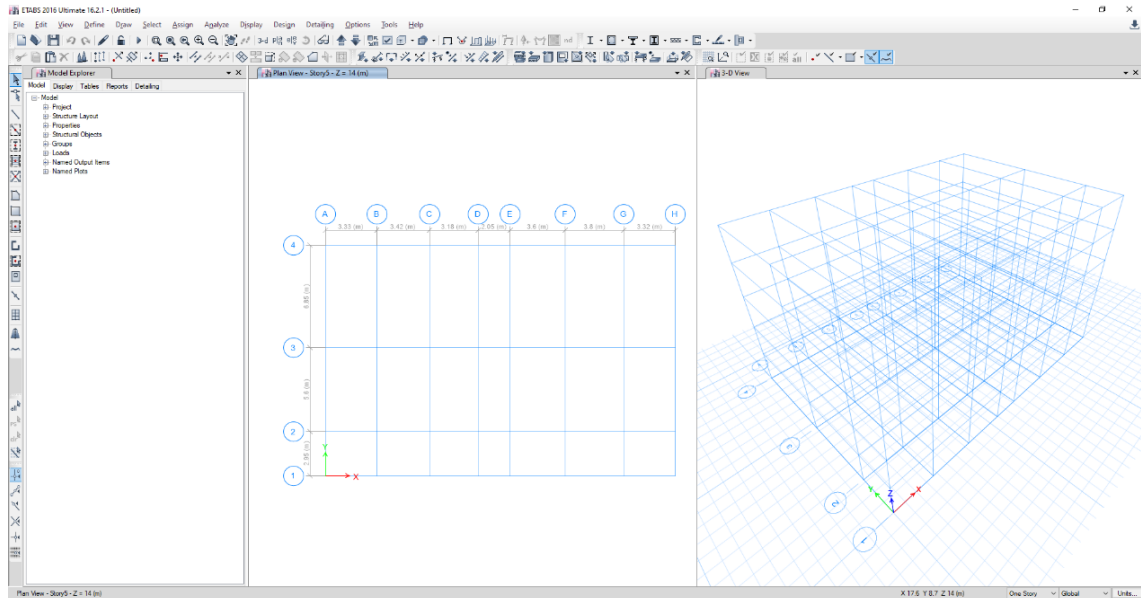


Figura 34: Modelo de grillas del edificio en ETABS

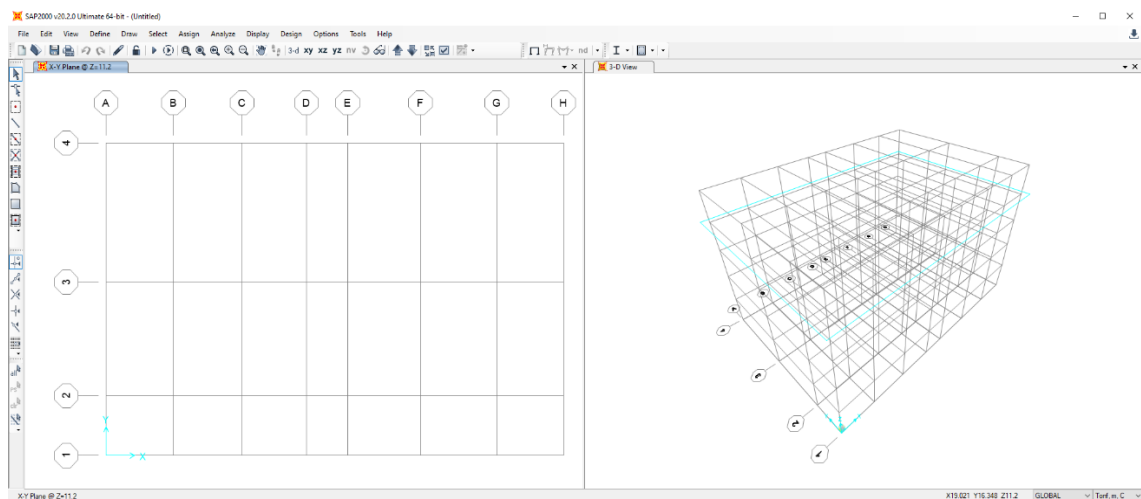


Figura 35: Modelo de grillas del edificio en SAP2000

## 6.2. Definición de elementos estructurales

Los elementos estructurales son aquellos que forman parte de una edificación como son la viga, columnas, muro corte y losas.

### 6.2.1. Propiedades de Materiales

#### 6.2.1.1. Concreto

- **Resistencia del concreto,  $f'c$  kg/cm<sup>2</sup>**

$$f'^c(\text{columnas}) = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'^c(\text{vigas}) = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'^c(\text{losas}) = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'^c(\text{muro de corte}) = 210 \text{ kg/cm}^2$$

- **Peso específico,  $\rho$**

$$P.e = 2400 \text{ kg/m}^2$$

- **Módulo de elasticidad**

$$E.060 \rightarrow E_c(\text{concreto}) = 15000 * \sqrt{f'^c} \text{ kg/cm}^2$$

- **Relación de Poisson**

$$v(\text{concreto}) = 0.15 - 0.2$$

#### 6.2.1.2. Acero de Refuerzo

- **Módulo de elasticidad**

$$E(\text{acero}) = 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

- **Peso específico**

$$Pe(\text{acero}) = 7850 \text{ kg/cm}^2$$

- **Esfuerzo de fluencia**

$$Fy(\text{acero}) = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

- **Módulo de Poisson  $v(\text{acero}) = 0.3$**

### 6.3. Creación de las propiedades de concreto

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name: C280  
 Material Type: Concrete  
 Directional Symmetry Type: Isotropic  
 Material Display Color: [Blue]  
 Material Notes: [Modify/Show Notes...]

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m<sup>3</sup>  
 Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 2509980 tonf/m<sup>2</sup>  
 Poisson's Ratio, U: 0.15  
 Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.000099 1/C  
 Shear Modulus, G: 1091295.65 tonf/m<sup>2</sup>

**Design Property Data**

[Modify/Show Material Property Design Data...]

**Advanced Material Property Data**

[Nonlinear Material Data...] [Material Damping Properties...]  
 [Time Dependent Properties...]

[OK] [Cancel]

Figura 36: Propiedades del Concreto en ETABS

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: C280 [Pink]  
 Material Type: Concrete  
 Material Grade: 280  
 Material Notes: [Modify/Show Notes...]

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 2.4  
 Mass per Unit Volume: 0.2447  
 Units: Tonf, m, C

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 2509980  
 Poisson, U: 0.15  
 Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06  
 Shear Modulus, G: 1091295.7

**Other Properties For Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, fc: 2800  
 Expected Concrete Compressive Strength: 2800  
 Lightweight Concrete  
 Shear Strength Reduction Factor: [ ]

Switch To Advanced Property Display

[OK] [Cancel]

Figura 37: Propiedades del concreto en SAP2000

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name: ACERO FY=4200 kg/cm2  
 Material Type: Rebar  
 Directional Symmetry Type: Uniaxial  
 Material Display Color: [Blue]  
 Material Notes: [Modify/Show Notes...]

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.85 tonf/m<sup>3</sup>  
 Mass per Unit Volume: 0.800477 tonf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 20000000 tonf/m<sup>2</sup>  
 Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

**Design Property Data**

[Modify/Show Material Property Design Data...]

**Advanced Material Property Data**

[Nonlinear Material Data...] [Material Damping Properties...]  
 [Time Dependent Properties...]

[OK] [Cancel]

Figura 39: Propiedades del Acero en ETABS

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: ACERO fy=4200 kg/cm2 [Blue]  
 Material Type: Rebar  
 Material Grade: Grade 60  
 Material Notes: [Modify/Show Notes...]

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 7.85  
 Mass per Unit Volume: 0.8005  
 Units: Tonf, m, C

**Uniaxial Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 20000000  
 Poisson, U: 0.3  
 Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05  
 Shear Modulus, G: [ ]

**Other Properties For Rebar Materials**

Minimum Yield Stress, Fy: 42000  
 Minimum Tensile Stress, Fu: 63000  
 Expected Yield Stress, Fye: 46200  
 Expected Tensile Stress, Fue: 69300

Switch To Advanced Property Display

[OK] [Cancel]

Figura 38: Propiedades del Acero en SAP2000

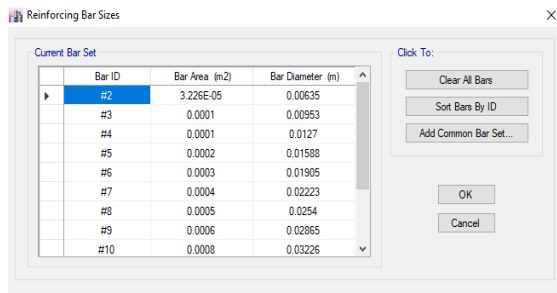


Figura 41: Propiedades geométricas del acero en ETABS

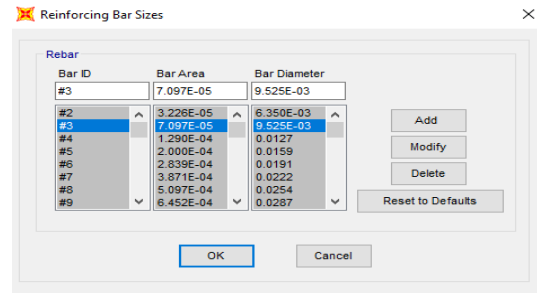


Figura 40: Propiedades geométricas del acero en SAP2000

## 6.4. Predimensionado de elementos estructurales

### 6.4.1. Predimensionado de Losa Aligerada

$$\text{Formula de Predimensionamiento} \rightarrow H = \frac{ln}{25}$$

Datos		Resultados	
Luz Libre (ln)	: 4.43 m	Peralte de losa (e=ln/25)	: 0.18 m
		Asumimos un espesor (e)	: 0.20 m

Nota: La altura incluye los 5 cm de espesor de losa. Sobrecarga 300 kg/m<sup>2</sup>

### 6.4.2. Predimensionado de Viga

$$\text{Formula de Predimensionamiento} \rightarrow h = \frac{ln}{12}$$

$$\text{Formula de Predimensionamiento} \rightarrow b = 0.5 * h$$

Nota: La norma Peruana bmin=0.25m para elementos sismoresistentes

Viga Eje A-A

Datos		Resultados	
Luz Libre (ln)	: 6.1 m	Peralte de viga (h=ln/12)	: 0.51 m
		Ancho de Viga (b)	: 0.25 m
		Asumimos Vigas bxh:	: 30x60 cm

Viga Eje B-B

Datos		Resultados	
Luz Libre (ln)	: 3.8 m	Peralte de viga (h=ln/12)	: 0.32 m
		Ancho de Viga (b)	: 0.16 m
		<b>Asumimos Vigas bxh:</b>	: <b>25x50 cm</b>

Viga Eje C-C

Datos		Resultados	
Luz Libre (ln)	: 6.1 m	Peralte de viga (h=ln/12)	: 0.51 m
		Ancho de Viga (b)	: 0.25 m
		<b>Asumimos Vigas bxh:</b>	: <b>30x60 cm</b>

Viga Eje D-D, E-E, F-F entre eje 1-5

Datos		Resultados	
Luz Libre (ln)	: 6.1 m	Peralte de viga (h=ln/12)	: 0.51 m
		Ancho de Viga (b)	: 0.25 m
		<b>Asumimos Vigas bxh:</b>	: <b>30x60 cm</b>

Viga Eje G-G, H-H entre eje 1-5

Datos		Resultados	
Luz Libre (ln)	: 3.8 m	Peralte de viga (h=ln/12)	: 0.32 m
		Ancho de Viga (b)	: 0.16 m
		<b>Asumimos Vigas bxh:</b>	: <b>25x50 cm</b>

Viga Eje 2-2 entre eje A-H

Datos		Resultados	
Luz Libre (ln)	: 3.43 m	Peralte de viga (h=ln/12)	: 0.29 m
		Ancho de Viga (b)	: 0.25 m
		<b>Asumimos Vigas bxh:</b>	: <b>25x50 cm</b>

### Viga Eje 3-3 entre A-H

Datos		Resultados	
Luz Libre (ln)	: 3.8 m	Peralte de viga (h=ln/12)	: 0.32 m
		Ancho de Viga (b)	: 0.25 m
		<b>Asumimos Vigas bxh:</b>	: <b>25x50 cm</b>

### Viga Eje 4-4 entre A-H

Datos		Resultados	
Luz Libre (ln)	: 3.8 m	Peralte de viga (h=ln/12)	: 0.32 m
		Ancho de Viga (b)	: 0.25 m
		<b>Asumimos Vigas bxh:</b>	: <b>25x50 cm</b>

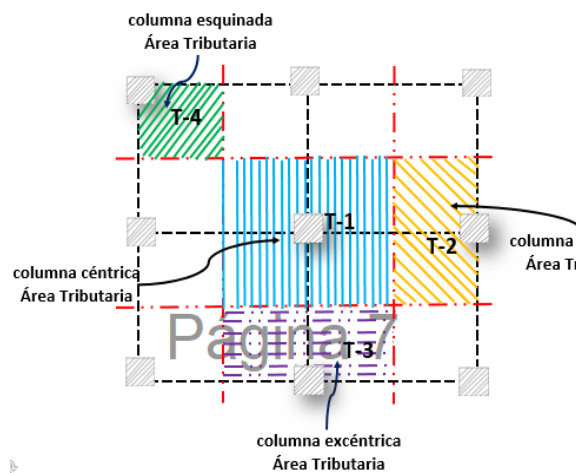
### Viga Voladiza A, B, C, D

Datos		Resultados	
Luz Libre (ln)	: 2.95 m	Peralte de viga (h=ln/12)	: 0.37 m
		Ancho de Viga (b)	: 0.25 m
		<b>Asumimos Vigas bxh:</b>	: <b>25x50 cm</b>

### Viga Voladizo E, F, G, H

Datos		Resultados	
Luz Libre (ln)	: 2.95 m	Peralte de viga (h=ln/12)	: 0.37 m
		Ancho de Viga (b)	: 0.25 m
		<b>Asumimos Vigas bxh:</b>	: <b>25x50 cm</b>

### 6.4.3. Predimensionado de columnas



*Formula de Predimensionamiento*

$$\text{Columnas Externas} \rightarrow \text{Area} = \frac{P(\text{servicio})}{0.45 * f'c}$$

$$\text{Columnas Internas} \rightarrow \text{Area} = \frac{P(\text{servicio})}{0.35 * f'c}$$

$$P(\text{servicio}) = \text{Peso unitario} \left( \frac{\text{tn}}{\text{m}^2} \right) * \text{Area tributaria}(\text{m}^2) * N$$

*Columa (C – 1)40x80*

Datos			Resultados		
f'c	:	280 kg/cm2	Carga de servicio (P)	:	248.63 tn
Largo Tributario	:	5.1 m	Área de Col. Exteriores	:	1973.21 cm2
Ancho Tributario	:	6.5 m	Ace=P/(0.45*f'c)	:	
Área Tributaria	:	33.15 m2	Largo de Columna (a)	:	44 cm
Peso unitario	:	1.5 tn/m2	Ancho de Columna (b)	:	71 cm
Número de Pisos	:	5	<b>Asumimos Columnas</b>	:	<b>40x80 cm</b>

*Columa (C – 2)30x60*

Datos			Resultados		
f'c	:	280 kg/cm2	Carga de servicio (P)	:	165.71 tn
Largo Tributario	:	4.91 m	Área de Col. Interiores	:	1690.94 cm2
Ancho Tributario	:	4.5 m	Ace=P/(0.35*f'c)	:	
Área Tributaria	:	22.1 m2	Largo de Columna (a)	:	41 cm
Peso unitario	:	1.5 tn/m2	Ancho de Columna (b)	:	41 cm
Número de Pisos	:	5	<b>Asumimos Columnas</b>	:	<b>30x60 cm</b>

#### 6.4.4. Predimensionado de muro de corte

*El espesor depende del numero de pisos*

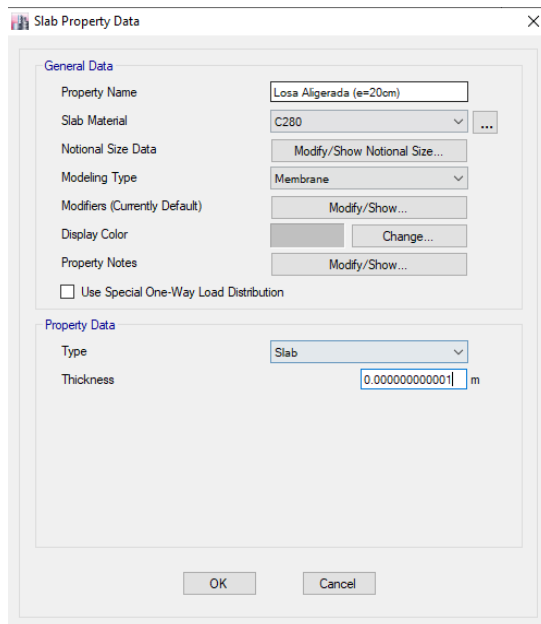
$$n^{\circ}\text{Pisos} < 5 \rightarrow e = 20\text{cm}$$

$$6 < n^{\text{a}}\text{Pisos} < 10 \rightarrow e = 25\text{cm}$$

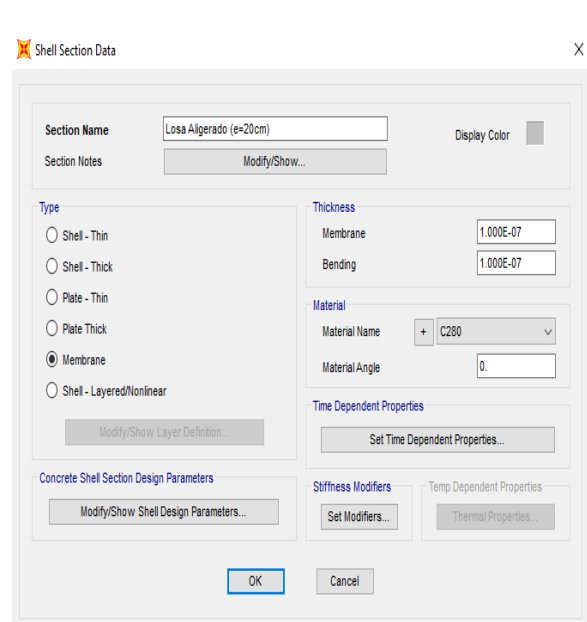
$$11 < n^{\text{a}}\text{Pisos} < 15 \rightarrow e = 30\text{cm}$$

#### 6.5. Creación de las secciones de concreto

##### 6.5.1. Creación de Losa



*Figura 42: Creación de Losa Aligerada en ETABS*



*Figura 43: Creación de Losa Aligerada en SAP2000*

## 6.5.2. Creación de Viga

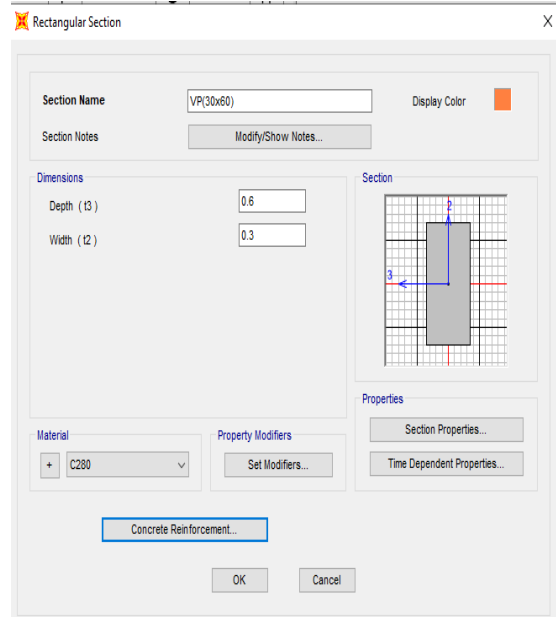
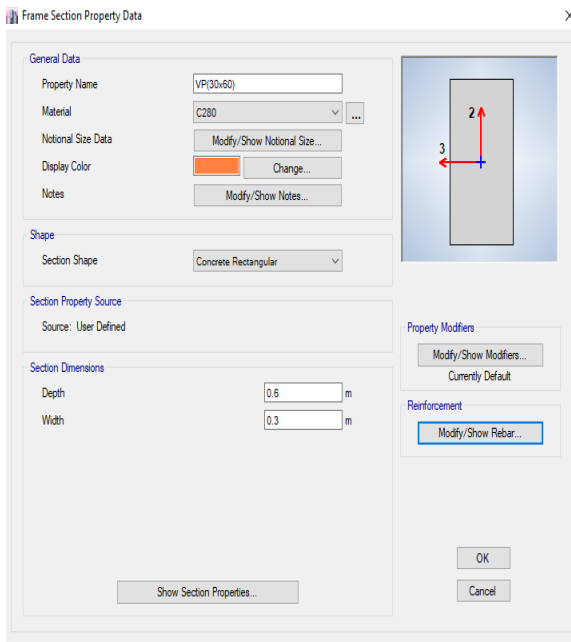


Figura 44: creación de Vigas en ETABS      Figura 45: creación de Vigas en SAP2000

## 6.5.3. Creación de Columnas

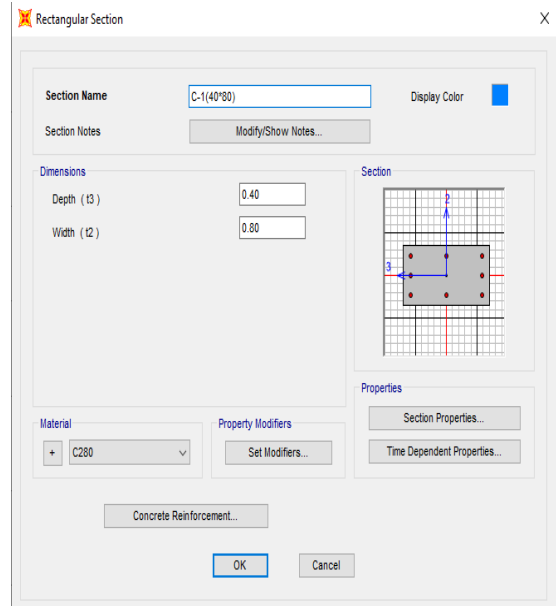
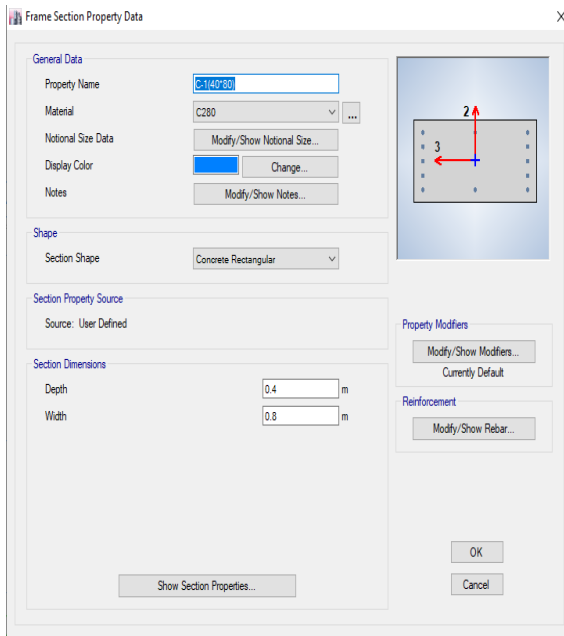


Figura 47: creación de Columnas en ETABS      Figura 46: Creación de Columnas en SAP2000

## 6.5.4. Creación de Placas

Wall Property Data

General Data

Property Name: Placa (e=0.25m)

Property Type: Specified

Wall Material: C210

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: [Dark Red] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 0.25 m

OK Cancel

Figura 48: Creación de Muro de corte en ETABS

Shell Section Data

Section Name: Placa e=0.25m Display Color: [Dark Red]

Section Notes: Modify/Show...

Type

Shell - Thin

Shell - Thick

Plate - Thin

Plate Thick

Membrane

Shell - Layered/Nonlinear

Thickness

Membrane: 0.25

Bending: 0.25

Material

Material Name: + C210

Material Angle: 0

Time Dependent Properties

Set Time Dependent Properties...

Concrete Shell Section Design Parameters

Modify/Show Shell Design Parameters...

Stiffness Modifiers

Set Modifiers...

Temp Dependent Properties

Thermal Properties...

OK Cancel

Figura 49: Creación de Muros de corte en SAP2000

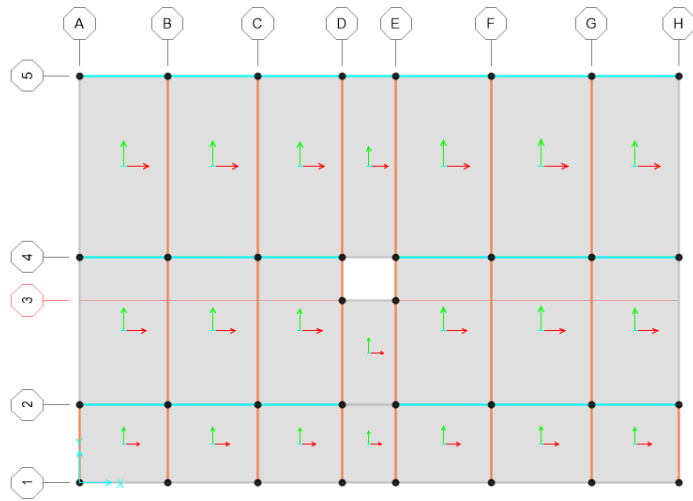


Figura 50: Asignación de las losas ETABS

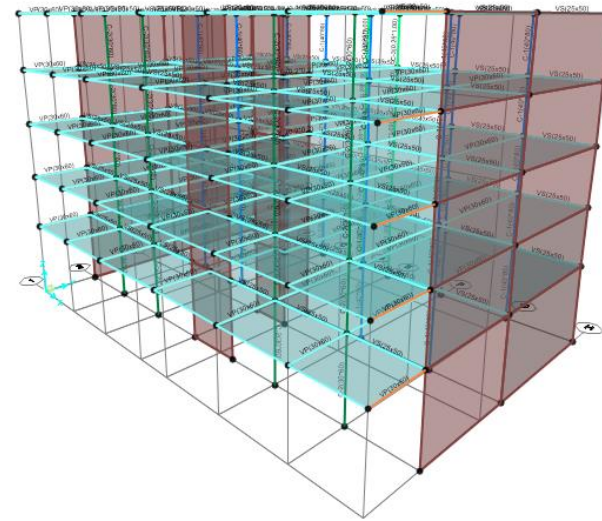


Figura 51: Generación de muros ETABS

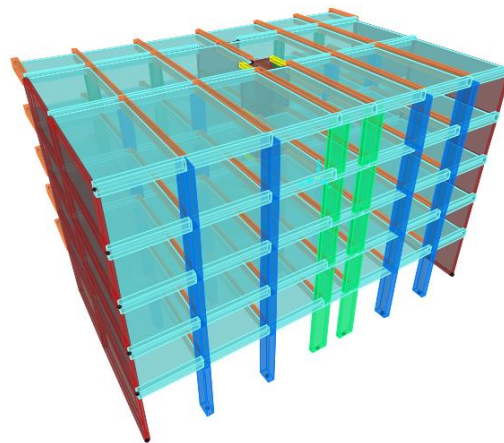


Figura 52: Vista del modelo final en 3D ETABS

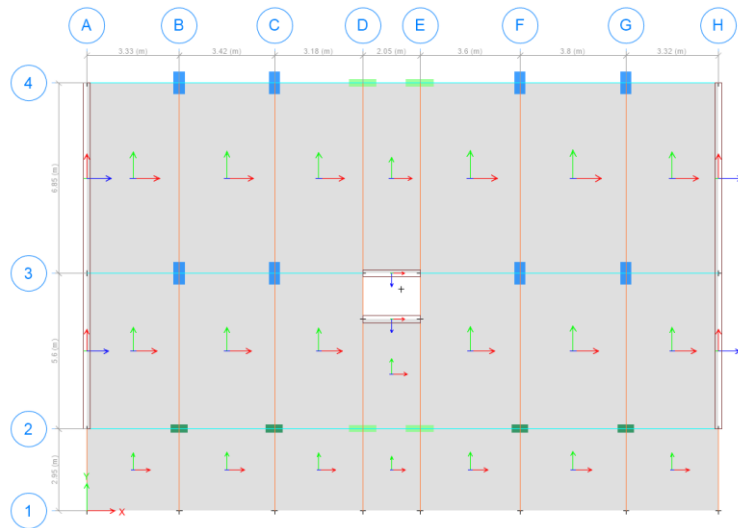


Figura 53: Asignación de losas SAP2000

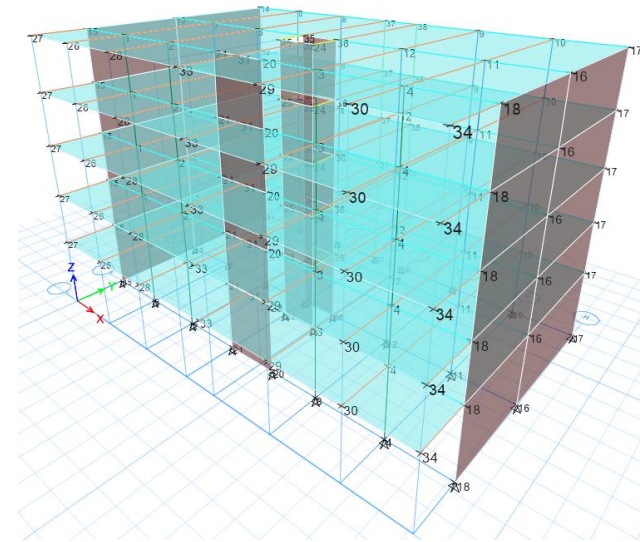


Figura 54: Generación de Muros SAP2000

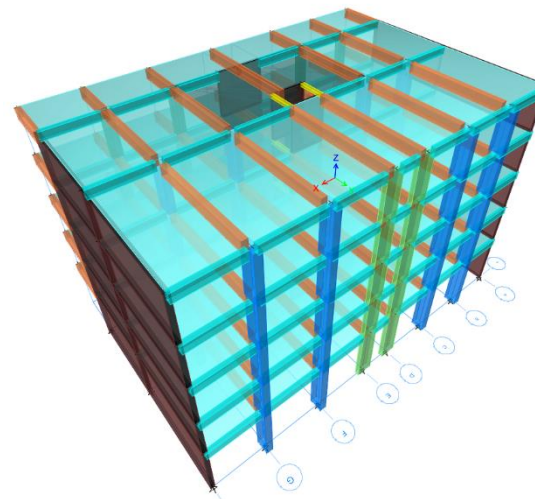


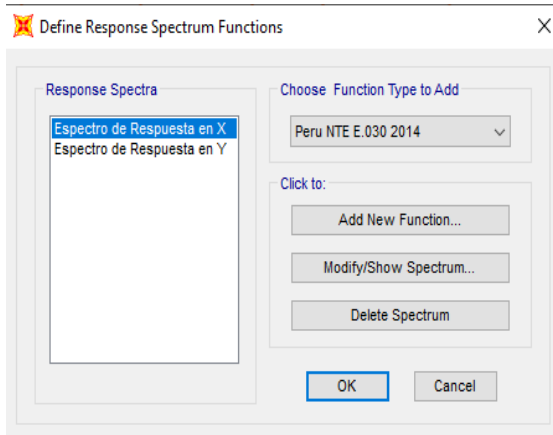
Figura 55: Vista del modelo final SAP2000

### 6.5.5. Creación de los casos de cargas

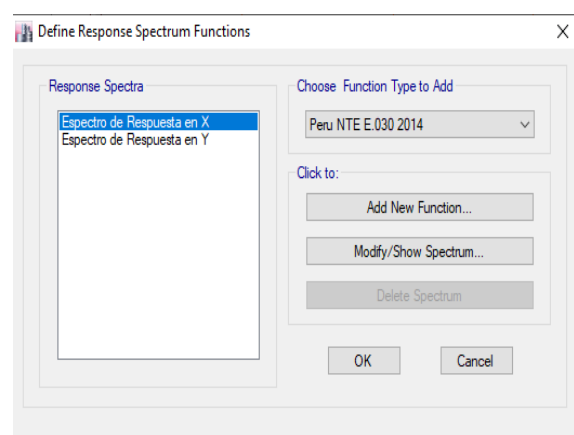
<b>CARGA MUERTA, CARGA VIVA y CARGA VIVA DE TECHO</b>				
Piso N°	Descripción	CARGA UNITARIA		Observación
		kg/m <sup>2</sup>	Carga Parcial (kg/m <sup>2</sup> )	
<b>1. CARGA MUERTA</b>				
<b>1°PISO</b>	Peso propio losa aligerada e=20cm	300		SAP2000 y ETABS realizará el calculo del peso propio, por lo que sólo se ingresara 450 kg/m <sup>2</sup>
	Acabados	100	450	
	Barandas, tarrejeo, cielo raso y otras cargas	50		
<b>2. CARGA VIVA O SOBRECARGA</b>				
	S/C Ambientes (sala,cuarto,cocina)	200	200	Vivienda multifamiliar
	S/C Tabiqueria movil	100	100	Vivienda multifamiliar
<b>1. CARGA MUERTA</b>				
<b>2°PISO</b>	Peso propio losa aligerada e=20cm	300		SAP2000 y ETABS realizará el calculo del peso propio, por lo que sólo se ingresara 4500 kg/m <sup>2</sup>
	Acabados	100	450	
	Barandas, tarrejeo, cielo raso y otras cargas	50		
<b>2. CARGA VIVA O SOBRECARGA</b>				
	S/C Ambientes (sala,cuarto,cocina)	200	200	Vivienda multifamiliar
	S/C Tabiqueria movil	100	100	Vivienda multifamiliar
<b>1. CARGA MUERTA</b>				
<b>3°PISO</b>	Peso propio losa aligerada e=20cm	300		SAP2000 y ETABS realizará el calculo del peso propio, por lo que sólo se ingresara 450 kg/m <sup>2</sup>
	Acabados	100	450	
	Barandas, tarrejeo, cielo raso y otras cargas	50		
<b>2. CARGA VIVA O SOBRECARGA</b>				
	S/C Ambientes (sala,cuarto,cocina)	200	200	Vivienda multifamiliar
	S/C Tabiqueria movil	100	100	Vivienda multifamiliar
<b>1. CARGA MUERTA</b>				
<b>4°PISO</b>	Peso propio losa aligerada e=20cm	300		SAP2000 y ETABS realizará el calculo del peso propio, por lo que sólo se ingresara 440 kg/m <sup>2</sup>
	Acabados	100	450	
	Tarrejeo, cieloraso y otras cargas	50		
<b>2. CARGA VIVA DE TECHO</b>				
	S/C Ambientes (sala,cuarto,cocina)	200	200	Vivienda multifamiliar
	S/C Tabiqueria movil	100	100	Vivienda multifamiliar
<b>1. CARGA MUERTA</b>				
<b>AZOTE A</b>	Peso propio losa aligerada e=20cm	300		SAP2000 y ETABS realizará el calculo del peso propio, por lo que sólo se ingresara 380 kg/m <sup>2</sup>
	Cobertura de ladrillo pastelero	40	380	
	Tarrejeo, cieloraso y otras cargas	40		
<b>2. CARGA VIVA DE TECHO</b>				

S/C Azotea	100	100	S/C en Azotea restringidas
------------	-----	-----	----------------------------

### 6.5.6. Creación de la función espectral



*Figura 56: Definición del espectro de respuesta SAP2000*



*Figura 57: Definición del espectro de respuesta ETABS*

### 6.5.7. Creación de la combinación de carga

Carga Muerta: son las cargas propias de los elementos estructurales.

Carga Viva: Aplicación de la norma E.020 Cargas tabla3.1.1

Carga Sismo: Empleada para diseñar el edificio

Carga viento: Aplicable a edificios altos y a techos en tijerales

Carga nieve: Aplicable a edificaciones construidas en zona de sierra.

## 6.6. Asignación de las normas

### 6.6.1. Asignación de restricciones

#### 6.6.1.1. Asignación de masas

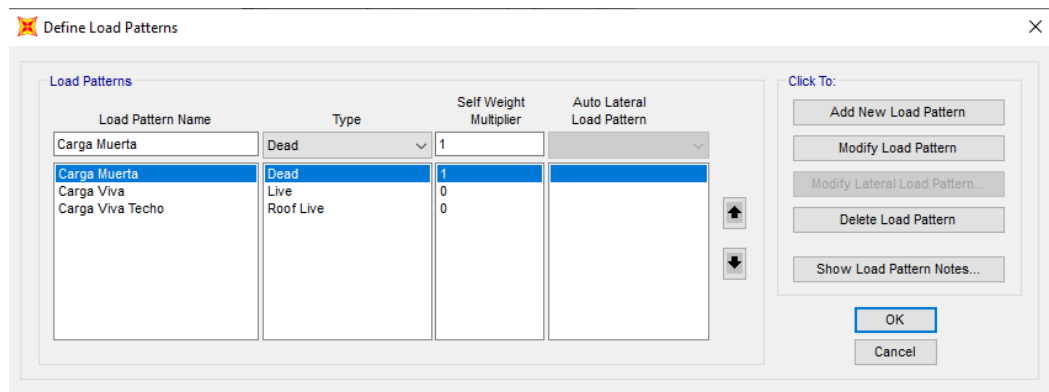


Figura 58: Definición de los casos de carga ETABS

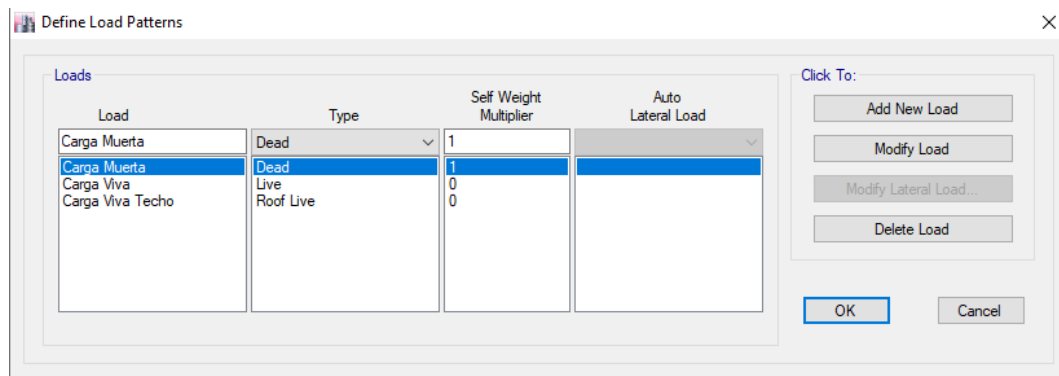
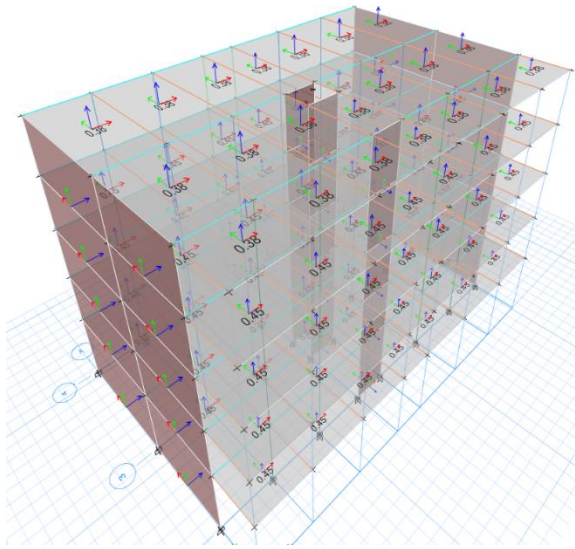


Figura 59: Definición de los casos de carga SAP2000



CARGA	SAP2000 (Tn)	ETABS (Tn)	DIFEREN.(tn)
Carga Muerta	1481.194	1452.2136	28.980
Carga Viva	388.651	388.651	0
Carga Viva de Techo	34.6198	34.6197	0
PESO SERVICIO	1904.465	1875.484	<b>28.9804</b>

Tabla 3: Obtención de carga de servicio en ETABS y SAP2000

ETABS-PESO PROPIO DE LOS ELEMENTOS				
Secciones	Elemento	# Pieces	Total Length m	Total Weight tonf
C-1(40*80)	Column	40	120	92.16
C-2 (0.6*0.3)	Column	20	60	25.92
VP(30x60)	Beam	100	491.5	197.748
VS(25x50)	Beam	100	330.25	84.675
C-3(0.25*1.00)	Column	20	60	36
Placa (e=0.25m)	Wall			261

Tabla 4: Peso propio de los elemento en ETABS

SAP2000-PESO PROPIO DE LOS ELEMENTOS					
Secciones	Elemento	# Pieces	Total Length m	Total Weight tonf	
C-1(40*80)	Frame	40	120	92.16	
C-2(30*60)	Frame	20	60	25.92	
VP(30x60)	Frame	110	491.5	212.328	14.58 tn
VS(25x50)	Frame	100	330.25	99.075	14.4 tn
C-3(0.25*1.00)	Frame	20	60	36	<b>28.98</b> tn
Placa e=0.25m	Area			261	

Tabla 5: Peso propio de los elementos en SAP2000

### 6.6.1.2. Asignación de diafragma

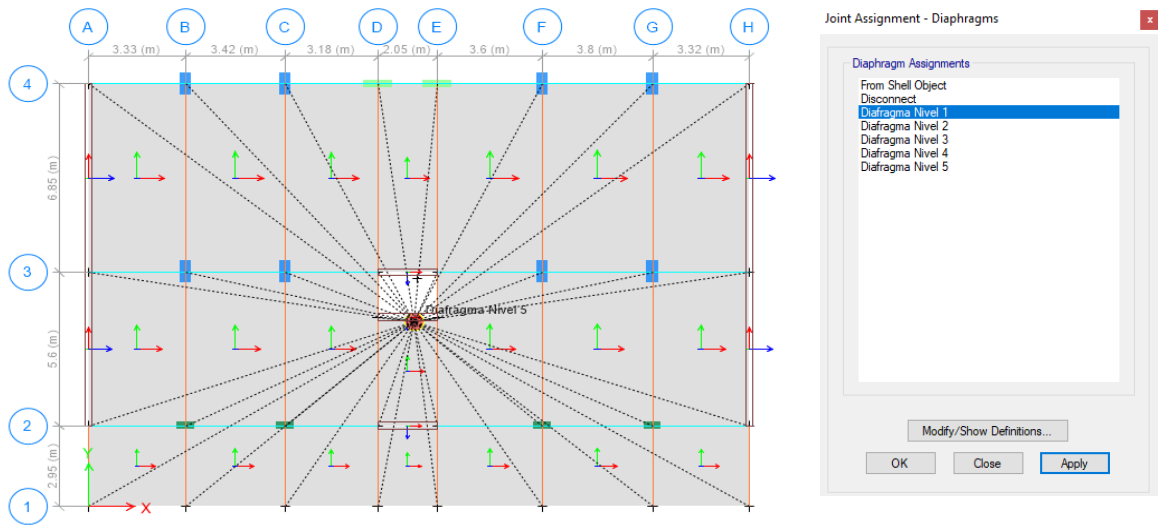


Figura 64: Asignación de diafragma en niveles

### 6.6.1.3. Asignación de brazos rígidos

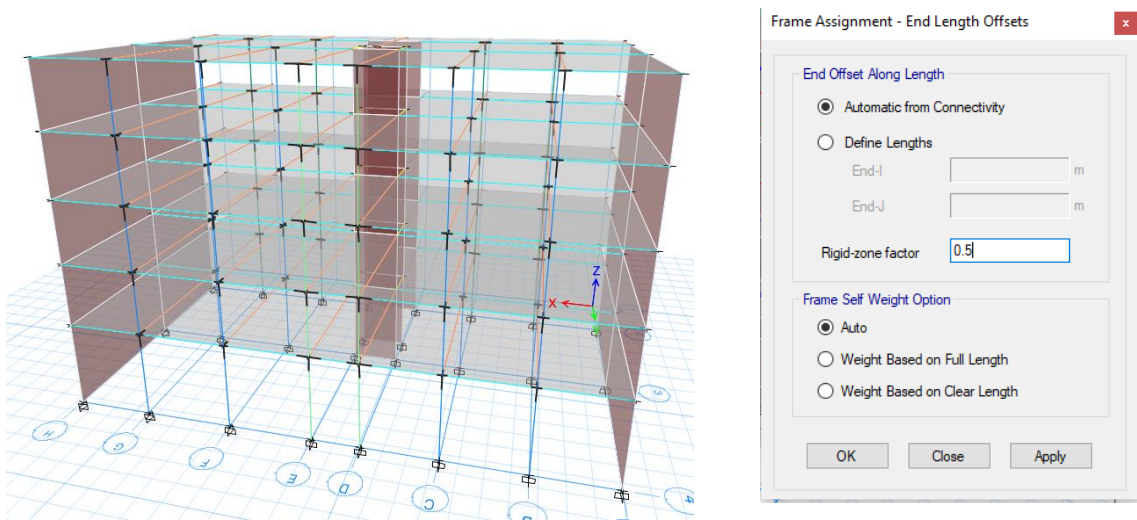


Figura 65: Asignación de brazos rígidos ETABS

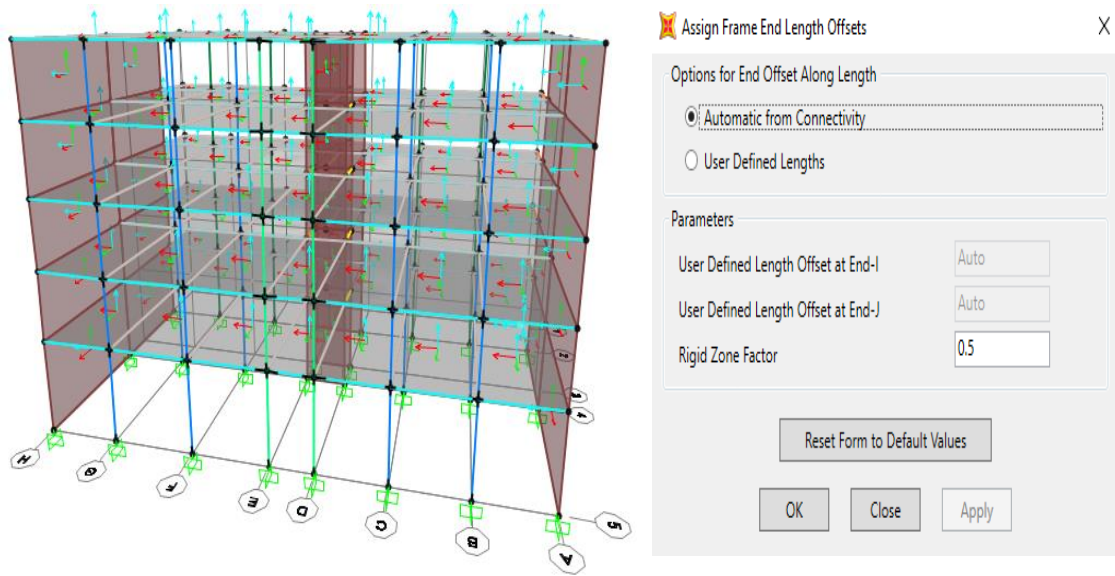


Figura 66: Asignación de brazos rígidos en SAP2000

## Análisis Estático

ANÁLISIS ESTÁTICO						
ítem	Parámetro	Und.	Simb.	Valor		Observación
				X	Y	
1	Factor de Zona	adim.	Z	0.45	0.45	Zona 4: Ciudad de ICA
2	Factor de uso o importancia	adim.	U	1	1	Categoría C: Vivienda multifamiliar
3	Factor de Suelo	adim.	S	1.05	1.05	S2: Suelo Intermedio
4	Coefficiente Básico de Reducción Sísmica	adim.	Ro	7	6	Sist. Estruct. X: Dual. Sist. Estruct. Y: Muro E.
5	Factor de irregularidad en altura	adim.	la	1	1	Edificación Regular en X e Y
6	Factor de irregularidad en planta	adim.	lp	1	1	Edificación Regular en X e Y
7	Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas	adim.	R	7	6	Sist. Estruct. X: Dual. Sist. Estruct. Y: Muro E.
8	Altura visible total de la edificación en metros	m	hn	14	14	Medida desde el Nivel de Piso Terminado
9	Coefficiente para estimar el periodo de un edificio	adim.	CT	60	60	Ct X: Dual Ct Y: Muros Estructurales
10	Periodo Fundamental de vibración	seg	T	0.233	0.233	
11	Periodo que define la plataforma del factor C	seg	Tp	0.6	0.6	Pefil de Suelo S2
12	Periodo que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.	seg	TL	2	2	Pefil de Suelo S2
13	Coefficiente de amplificación sísmica	adim.	C	2.5	2.5	Pefil de Suelo S2
14	Gravedad	m/s <sup>2</sup>	g	9.81	9.81	

*Tabla 6: Calculo de parámetros para el Análisis Estático*

Calculo del factor C para el analisis en ETABS y SAP2000 –

$$\text{Coef. basal } C_b = \frac{ZUCS}{R}$$

$$C_x = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1.05}{7} \rightarrow C_x = 0.16875$$

$$C_y = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1.05}{6} \rightarrow C_x = 0.196875$$

El valor de K es un exponente relacionado con el periodo fundamental de vibracion de la estructura (T)

$$k = 1 ; T \leq 0.5 \quad k = 0.75 + 0.5T ; T > 0.5$$

$$T(\text{direccion } x) = 0.45s < 0.5 \rightarrow K = 1$$

$$T(\text{direccion } y) = 0.14s < 0.5 \rightarrow K = 1$$

Dado que el periodo fundamental calculado es menor que 0.5 segundos, entonces el valor de coeficiente K=1

Periodo	SAP200	ETABS
Periodo natural en la dirección X	0.45	0.45
Periodo natural en la dirección Y	0.14	0.14

Tabla 7: periodos obtenidos de ETABS y SAP2000

La norma E.030 en el artículo 28.2.2 indica que el valor de C/R no se considera menor:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

$$\frac{C}{R}(x) = \frac{2.5}{7} \rightarrow 0.357 \geq 0.11 \text{ OK}$$

$$\frac{C}{R}(y) = \frac{2.5}{6} \rightarrow 0.417 \geq 0.11 \text{ OK}$$

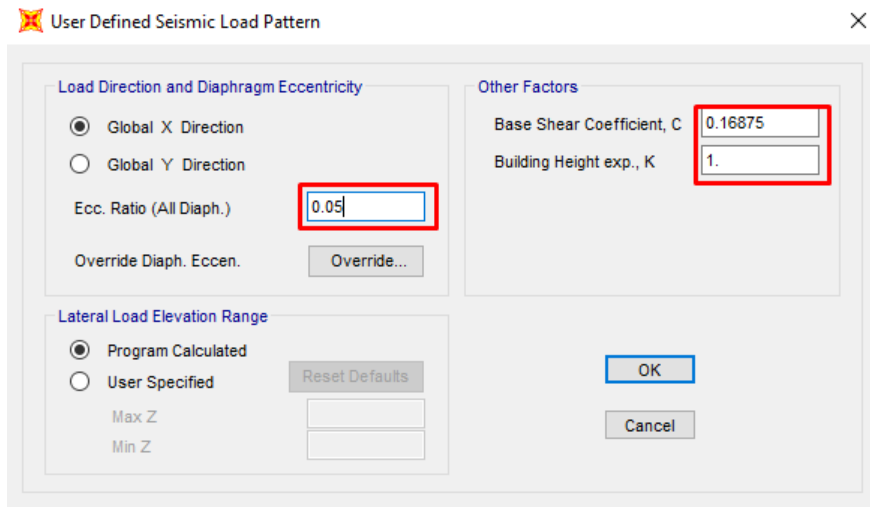


Figura 68: Coeficiente basal en dirección X SAP2000

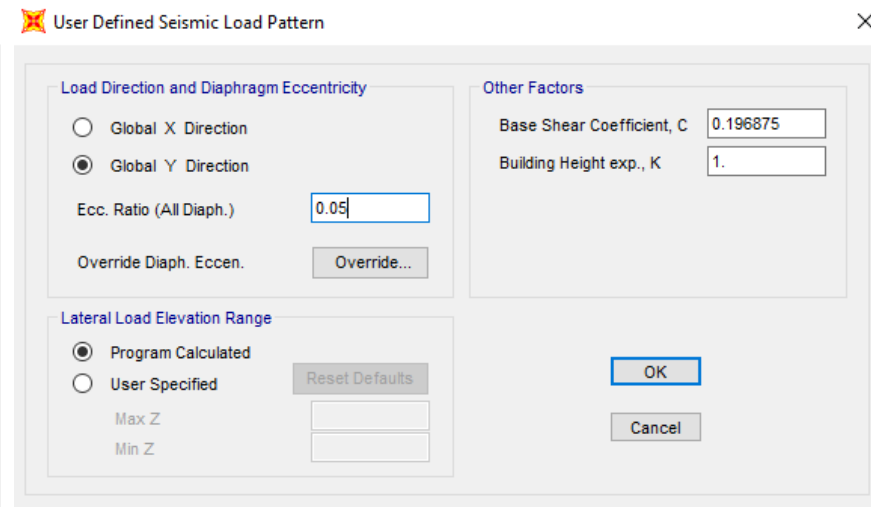


Figura 67: Coeficiente basal en la dirección Y SAP2000

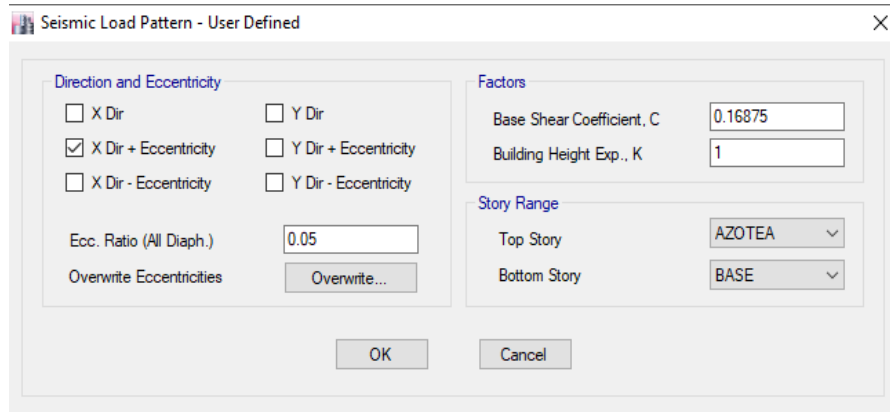


Figura 70: Coeficiente basal en dirección X ETABS

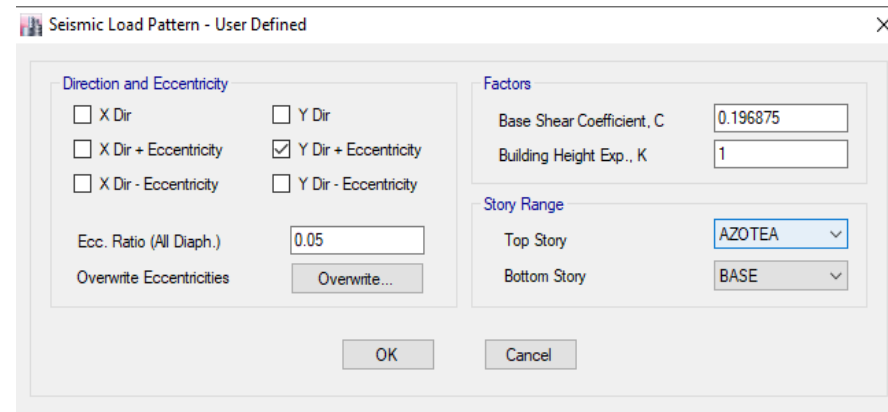


Figura 69: Coeficiente basal en dirección Y ETABS

### 6.6.3. Desplazamientos norma E.030

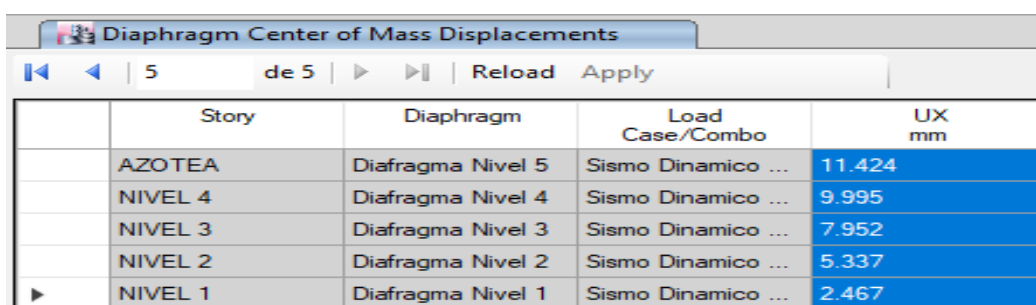
Los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0.75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas, para estructuras regulares.

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	Ux	0.75R Ux
			mm	mm
AZOTEA	Diafragma Nivel 5	Sismo dinámico en X Max	11.424	59.976
NIVEL 4	Diafragma Nivel 4	Sismo dinámico en X Max	9.995	52.47375
NIVEL 3	Diafragma Nivel 3	Sismo dinámico en X Max	7.952	41.748
NIVEL 2	Diafragma Nivel 2	Sismo dinámico en X Max	5.337	28.01925
NIVEL 1	Diafragma Nivel 1	Sismo dinámico en X Max	2.467	12.95175

Tabla 8: Desplazamiento laterales en X-X ETABS

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	Uy	0.75R Ux
			mm	mm
AZOTEA	Diafragma Nivel 5	Sismo Dinamico en Y Max	1.396	6.282
NIVEL 4	Diafragma Nivel 4	Sismo Dinamico en Y Max	1.124	5.058
NIVEL 3	Diafragma Nivel 3	Sismo Dinamico en Y Max	0.825	3.7125
NIVEL 2	Diafragma Nivel 2	Sismo Dinamico en Y Max	0.525	2.3625
NIVEL 1	Diafragma Nivel 1	Sismo Dinamico en Y Max	0.255	1.1475

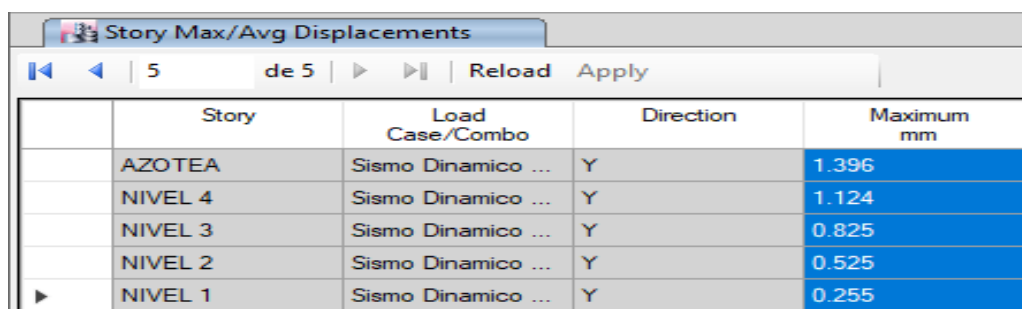
Tabla 9: Desplazamiento laterales en Y-Y ETABS



The screenshot shows a software window titled 'Diaphragm Center of Mass Displacements'. It contains a table with the following data:

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX mm
AZOTEA	Diafragma Nivel 5	Sismo Dinamico ...	11.424
NIVEL 4	Diafragma Nivel 4	Sismo Dinamico ...	9.995
NIVEL 3	Diafragma Nivel 3	Sismo Dinamico ...	7.952
NIVEL 2	Diafragma Nivel 2	Sismo Dinamico ...	5.337
NIVEL 1	Diafragma Nivel 1	Sismo Dinamico ...	2.467

Figura 71: Desplazamientos producido por Sismo X



The screenshot shows a software window titled 'Story Max/Avg Displacements'. It contains a table with the following data:

Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum mm
AZOTEA	Sismo Dinamico ...	Y	1.396
NIVEL 4	Sismo Dinamico ...	Y	1.124
NIVEL 3	Sismo Dinamico ...	Y	0.825
NIVEL 2	Sismo Dinamico ...	Y	0.525
NIVEL 1	Sismo Dinamico ...	Y	0.255

Figura 72: Desplazamiento producido por Sismo Y

Story	Joint	Output Case	U1 mm	U1 mm	0.75R Ux mm
AZOTEA	204	Sismo dinámico en X Max	11.2520		
	122	Sismo dinámico en X Max	11.168786	11.2104	58.854684
	104	Sismo dinámico en X Max	11.168786		
	208	Sismo dinámico en X Max	11.252046		
	195	Sismo dinámico en X Max	9.855481		
Nivel 4	121	Sismo dinámico en X Max	9.791211	9.8233	51.5725665
	103	Sismo dinámico en X Max	9.791211		
	199	Sismo dinámico en X Max	9.855481		
	186	Sismo dinámico en X Max	7.859581		
Nivel 3	124	Sismo dinámico en X Max	7.814638	7.8371	41.1448249
	106	Sismo dinámico en X Max	7.814638		
	190	Sismo dinámico en X Max	7.859581		
	177	Sismo dinámico en X Max	5.306668		
Nivel 2	128	Sismo dinámico en X Max	5.280893	5.2938	27.7923476
	110	Sismo dinámico en X Max	5.280893		
	181	Sismo dinámico en X Max	5.306668		
	165	Sismo dinámico en X Max	2.486508		
Nivel 1	130	Sismo dinámico en X Max	2.479273	2.4829	13.0351751
	112	Sismo dinámico en X Max	2.479273		
	172	Sismo dinámico en X Max	2.486508		

Tabla 10: Desplazamientos laterales en X-X SAP2000

Story	Joint	Output Case	U1	U1	0.75R Ux
			mm	mm	mm
AZOTEA	204	Sismo Dinámico en Y Max	1.3957		
	122	Sismo Dinámico en Y Max	1.3957		
	104	Sismo Dinámico en Y Max	1.3799	1.3878	6.2451
	208	Sismo Dinámico en Y Max	1.3799		
	195	Sismo Dinámico en Y Max	1.1164		
Nivel 4	121	Sismo Dinámico en Y Max	1.1164		
	103	Sismo Dinámico en Y Max	1.1035	1.1100	4.994775
	199	Sismo Dinámico en Y Max	1.1035		
	186	Sismo Dinámico en Y Max	0.8136		
Nivel 3	124	Sismo Dinámico en Y Max	0.8136		
	106	Sismo Dinámico en Y Max	0.8041	0.8089	3.639825
	190	Sismo Dinámico en Y Max	0.8041		
	177	Sismo Dinámico en Y Max	0.5131		
Nivel 2	128	Sismo Dinámico en Y Max	0.5131		
	110	Sismo Dinámico en Y Max	0.5070	0.5101	2.295225
	181	Sismo Dinámico en Y Max	0.5070		
Nivel 1	165	Sismo Dinámico en Y Max	0.2434		
	130	Sismo Dinámico en Y Max	0.2434		
	112	Sismo Dinámico en Y Max	0.2405	0.2420	1.088775
	172	Sismo Dinámico en Y Max	0.2405		

*Tabla 11: Desplazamiento laterales en Y-Y SAP2000*

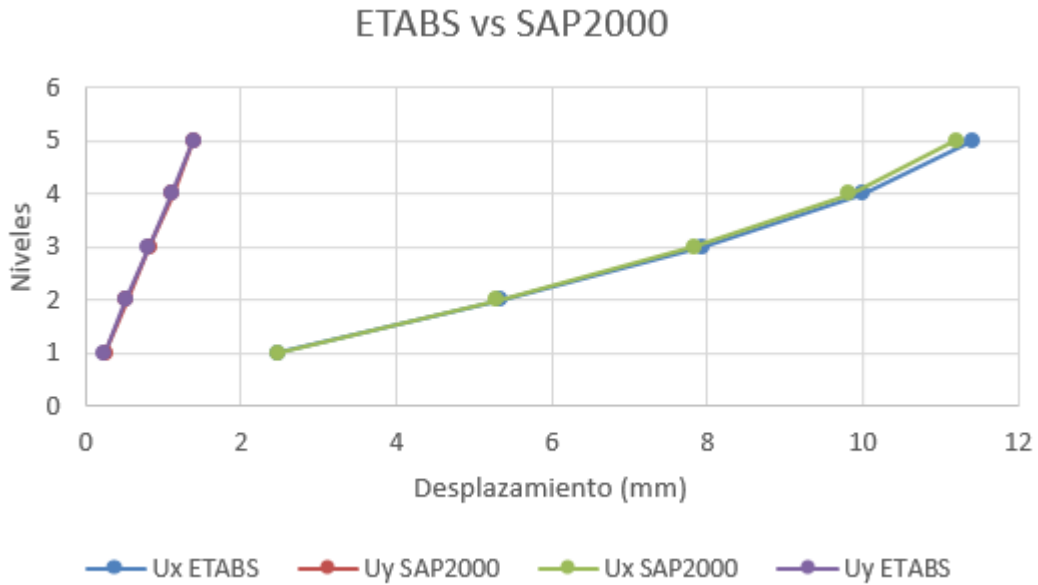


Figura 73: Desplazamientos en ETABS y SAP2000

#### 6.6.4. Juntas de separación sísmica

Los desplazamientos máximos en X es 5.997 cm y de 0.728 cm en la dirección Y.

*Distancia mínima considerando el desplazamiento máximo del edificio:*

$$\Delta x_{max} = 5.997 \rightarrow \frac{2}{3}(5.997) = 4.00 \text{ cm}$$

$$\Delta y_{max} = 0.728 \rightarrow \frac{2}{3}(0.628) = 0.42 \text{ cm}$$

*Distancia mínima considerando la altura del edificio*

$$\frac{s}{2} = \frac{0.006 * 1400 \text{ cm}}{2} = 4.20 \text{ cm}$$

*La junta sísmica en la dirección X y Y*

$$S_x = 4.00 < 4.20 \text{ cm} \rightarrow S_x = 4.20 \text{ cm}$$

$$S_y = 0.49 < 4.20 \text{ cm} \rightarrow S_y = 4.20 \text{ cm}$$

*En caso no exista separación del edificio existente del límite de propiedad:*

$$S = S(\text{edificio existente}) + S(\text{edificio nuevo})$$

$$S_x = 4.20 \text{ cm} + 4.20 \text{ cm} = 8.4 \text{ cm}$$

$$S_y = 4.20 + 4.20\text{cm} = 8.4 \text{ cm}$$

Del edificio existente se desconoce sus desplazamientos reales, para fines prácticos, la separación entre edificios será:

$$S_x = 4" \quad S_y = 4"$$

### 6.6.5. Cortante Basal (V)

La norma E.030 en el artículo 28.2 define la aplicación de la Fuerza cortante total en la base, determinada por la siguiente expresión:

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

Parámetro	Valor		Und	OBSERVACION	Cx/Rx>0.11	Cx/Rx>0.11
	X	Y				
Z	0.45	0.45	adim			
U	1.00	1.00	adim			
C	2.50	2.50	adim	C=2.5 debido a que el periodo fundamental en: Tx=0.45 segundos Ty=0.14 segundos T<0.6 s	0.357	0.417
S	1.05	1.05	adim			
Coef. Basal	0.1688	0.1969	adim			
Peso Sísmico de la Edificación (P) ETABS	1505.4542		tn			
Peso Sísmico de la Edificación (P) SAP2000	1534.1053		tn		OK	OK

Tabla 12: Pesos Sísmicos en ETABS y SAP2000

CORTANTE ESTÁTICA	UND	SAP2000	ETABS	CALCULO MANUAL
Dirección X	Tnf	<b>258.936</b>	<b>254.0454</b>	<b>254.0454</b>
Dirección Y	Tnf	<b>302.092</b>	<b>296.3863</b>	<b>296.3863</b>

Tabla 13: Fuerza cortante en la base ETABS y SAP200

Cálculo de Peso Sísmico basado en el artículo 26 de la norma E.030

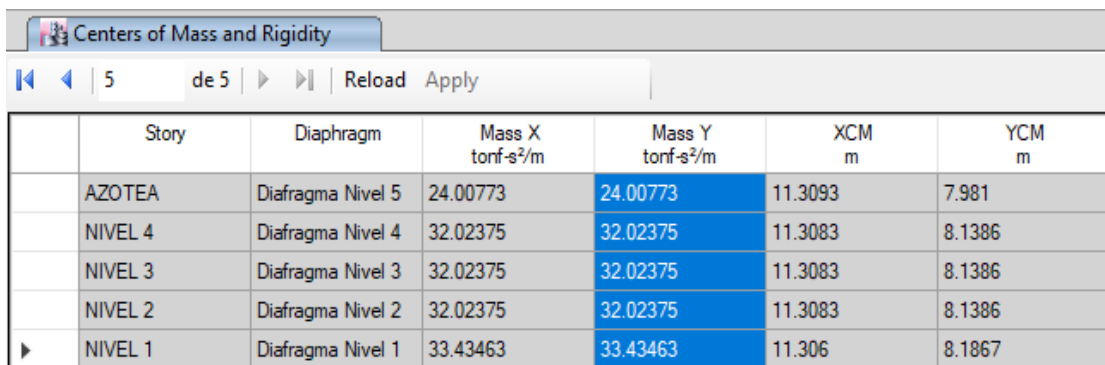
$$\text{Peso sísmico} = 100\%CM + 25\%CV + 25\%CVT$$

### **Artículo 26.- Estimación del Peso (P)**

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

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

Figura 74: Normativa para estimación de Peso Sísmico



	Story	Diaphragm	Mass X tonf-s <sup>2</sup> /m	Mass Y tonf-s <sup>2</sup> /m	XCM m	YCM m
	AZOTEA	Diafragma Nivel 5	24.00773	24.00773	11.3093	7.981
	NIVEL 4	Diafragma Nivel 4	32.02375	32.02375	11.3083	8.1386
	NIVEL 3	Diafragma Nivel 3	32.02375	32.02375	11.3083	8.1386
	NIVEL 2	Diafragma Nivel 2	32.02375	32.02375	11.3083	8.1386
	NIVEL 1	Diafragma Nivel 1	33.43463	33.43463	11.306	8.1867

Figura 75: Obtención de la masa por niveles en ETABS

Piso	h <sub>e</sub> (m)	h <sub>i</sub> (m)	Masa tonf-s <sup>2</sup> /m	P <sub>i</sub> (Tn)
Azotea	2.80	15.00	24.0077	235.4354
Nivel4	2.80	12.20	32.0238	314.0457
Nivel3	2.80	9.40	32.0238	314.0457
Nivel2	2.80	6.60	32.0238	314.0457
Nivel1	3.80	3.80	33.4346	327.8817
SUMA			153.5136	1505.4542

Tabla 14: Procesamiento del peso sísmico de la Edificación en ETABS

Assembled Joint Masses

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Assembled Joint Masses

Filter:

Joint Text	Mass Source	U1 Tonf-s2/m	U2 Tonf-s2/m	U3 Tonf-s2/m	R1 Tonf-m-s2	R2 Tonf-m-s2	R3 Tonf-m-s2	CenterX m	CenterY m	CenterZ m
2	Peso Sismico	0.96	0.96	0.96	0	0	0	11.98	2.95	3.8
4	Peso Sismico	1.19	1.19	1.19	0	0	0	3.33	2.95	3.8
10	Peso Sismico	1.17	1.17	1.17	0	0	0	6.75	2.95	3.8
16	Peso Sismico	1.27	1.27	1.27	0	0	0	15.58	2.95	3.8
22	Peso Sismico	1.24	1.24	1.24	0	0	0	19.38	2.95	3.8
28	Peso Sismico	1.78	1.78	1.78	0	0	0	3.33	8.55	3.8
34	Peso Sismico	1.75	1.75	1.75	0	0	0	6.75	8.55	3.8
40	Peso Sismico	1.9	1.9	1.9	0	0	0	15.58	8.55	3.8
46	Peso Sismico	1.84	1.84	1.84	0	0	0	19.38	8.55	3.8
59	Peso Sismico	0.99	0.99	0.99	0	0	0	9.93	8.55	3.8
60	Peso Sismico	1.04	1.04	1.04	0	0	0	11.98	8.55	3.8
64	Peso Sismico	1.13	1.13	1.13	0	0	0	3.33	15.4	3.8
70	Peso Sismico	1.11	1.11	1.11	0	0	0	6.75	15.4	3.8
76	Peso Sismico	1.2	1.2	1.2	0	0	0	15.58	15.4	3.8
82	Peso Sismico	1.17	1.17	1.17	0	0	0	19.38	15.4	3.8
88	Peso Sismico	0.92	0.92	0.92	0	0	0	9.93	15.4	3.8
94	Peso Sismico	0.97	0.97	0.97	0	0	0	11.98	15.4	3.8
111	Peso Sismico	1.86	1.86	1.86	0	0	0	22.7	8.55	3.8
112	Peso Sismico	1.05	1.05	1.05	0	0	0	22.7	15.4	3.8
113	Peso Sismico	1.05	1.05	1.05	0	0	0	22.7	2.95	3.8
129	Peso Sismico	1.86	1.86	1.86	0	0	0	0	8.55	3.8

Record: 1 of 199

Add Tables... Done

Figura 76: Obtecion de masas por joint en SAP2000

Piso	he <sub>i</sub> (m)	h <sub>i</sub> (m)	Masa tonf-s <sup>2</sup> /m	P <sub>i</sub> (Tn)
Azotea	2.80	15.00	24.5950	241.1949
Nivel4	2.80	12.20	32.6050	319.7462
Nivel3	2.80	9.40	32.6050	319.7462
Nivel2	2.80	6.60	32.6050	319.7462
Nivel1	3.80	3.80	34.0250	333.6717
SUMA			156.4352	1534.1053

Tabla 15: Procesamiento del Peso sísmico de la Edificación en SAP2000

Calculo de la fuerza cortante en la base (V)

Base Reactions

2 de 2 | Reload Apply

	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf
	Sismo Estatico X	-254.0454	0
	Sismo Estatico Y	0	-296.3863

Figura 77: Fuerza cortante en la base ETABS

Piso	he <sub>i</sub> (m)	h <sub>i</sub> (m)	Masa tonf- s <sup>2</sup> /m	P <sub>i</sub> (Tn)	Cx	Cy	Vx (Tn)	Vy(Tn)
Azotea	2.80	15.00	24.0077	235.4354				
Nivel4	2.80	12.20	32.0238	314.0457	0.1687	0.19687	254.045	296.386
Nivel3	2.80	9.40	32.0238	314.0457	5	5	4	3
Nivel2	2.80	6.60	32.0238	314.0457				
Nivel1	3.80	3.80	33.4346	327.8817				
SUMA			153.513 6	1505.454 2				

Tabla 16: Procesamiento de la fuerza cortante ETABS

Base Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf
▶	Sismo Estatico X	LinStatic	-258.9359	1.853E-14
	Sismo Estatico Y	LinStatic	6.217E-15	-302.0919

Figura 78: Fuerza cortante en la base SAP2000

Piso	he <sub>i</sub> (m)	h <sub>i</sub> (m)	Masa tonf-s <sup>2</sup> /m	P <sub>i</sub> (Tn)	Cx	Cy	Vx (Tn)	Vy(Tn)
Azotea	2.80	15.00	24.5950	241.1949				
Nivel4	2.80	12.20	32.6050	319.7462				
Nivel3	2.80	9.40	32.6050	319.7462	0.168750	0.196875	258.880	302.027
Nivel2	2.80	6.60	32.6050	319.7462				
Nivel1	3.80	3.80	34.0250	333.6717				
SUMA			156.4352	1534.1053				

Tabla 17: Procesamiento de la fuerza cortante SAP2000

Calculo de la distribución de la fuerza sísmica en altura, la norma E.030 en el artículo 28.3.1 indica el cálculo de las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i

$$F_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum P_i(h_i)^k} V$$

$$k = 1 ; T \leq 0.5 \quad k = 0.75 + 0.5T ; T > 0.5$$

Story	Load Case	Shear X tonf
AZOTEA	Sismo Estatico X	65.8059
NIVEL 4	Sismo Estatico X	137.1987
NIVEL 3	Sismo Estatico X	192.2063
NIVEL 2	Sismo Estatico X	230.8286
NIVEL 1	Sismo Estatico X	254.0454

Figura 79: Distribución de la fuerza sísmica (X) en altura ETABS

FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES EN LA DIRECCIÓN X							
Piso	he <sub>i</sub> (m)	h <sub>i</sub> (m)	Masa tonf-s <sup>2</sup> /m	P <sub>i</sub> (Tn)	P <sub>i</sub> (h <sub>i</sub> ) <sup>k</sup> (Tn-m)	F <sub>i</sub> (Tn)	V <sub>i</sub> (Tn)
Azotea	2.80	15.00	24.0077	235.4354	3531.5311	65.8059	65.8059
Nivel4	2.80	12.20	32.0238	314.0457	3831.3576	71.3928	137.1987
Nivel3	2.80	9.40	32.0238	314.0457	2952.0297	55.0076	192.2063
Nivel2	2.80	6.60	32.0238	314.0457	2072.7017	38.6223	230.8286
Nivel1	3.80	3.80	33.4346	327.8817	1245.9505	23.2168	254.0454
SUMA			153.5136	1505.4542	13633.57	254.04540	

Tabla 18: Comprobación de la fuerza sísmica en altura Y-Y

Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Stiffness X tonf/m	Shear Y tonf
AZOTEA	Sismo Estatico Y	0	1.2E-05	0	76.7735
NIVEL 4	Sismo Estatico Y	0	1.3E-05	0	160.0652
NIVEL 3	Sismo Estatico Y	0	1.3E-05	0	224.2407
NIVEL 2	Sismo Estatico Y	0	1.2E-05	0	269.3001
NIVEL 1	Sismo Estatico Y	0	8E-06	0	296.3863

Figura 80: Distribución de la fuerza sísmica (Y) en altura ETABS

FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES EN LA DIRECCIÓN Y							
Nivel	he <sub>i</sub> (m)	h <sub>i</sub> (m)	Masa tonf-s <sup>2</sup> /m	P <sub>i</sub> (Tn)	P <sub>i</sub> (h <sub>i</sub> ) <sup>k</sup> (Tn-m)	F <sub>i</sub> (Tn)	V <sub>i</sub> (Tn)
Azotea	2.80	15.00	24.0077	235.4354	3531.5311	76.7735	76.7735
Nivel4	2.80	12.20	32.0238	314.0457	3831.3576	83.2916	160.0651
Nivel3	2.80	9.40	32.0238	314.0457	2952.0297	64.1755	224.2406
Nivel2	2.80	6.60	32.0238	314.0457	2072.7017	45.0594	269.3000
Nivel1	3.80	3.80	33.4346	327.8817	1245.9505	27.0863	296.3863
SUMA			153.5136	1505.45	13633.57	296.39	

Tabla 19: Comprobación de la fuerza sísmica en altura Y-Y

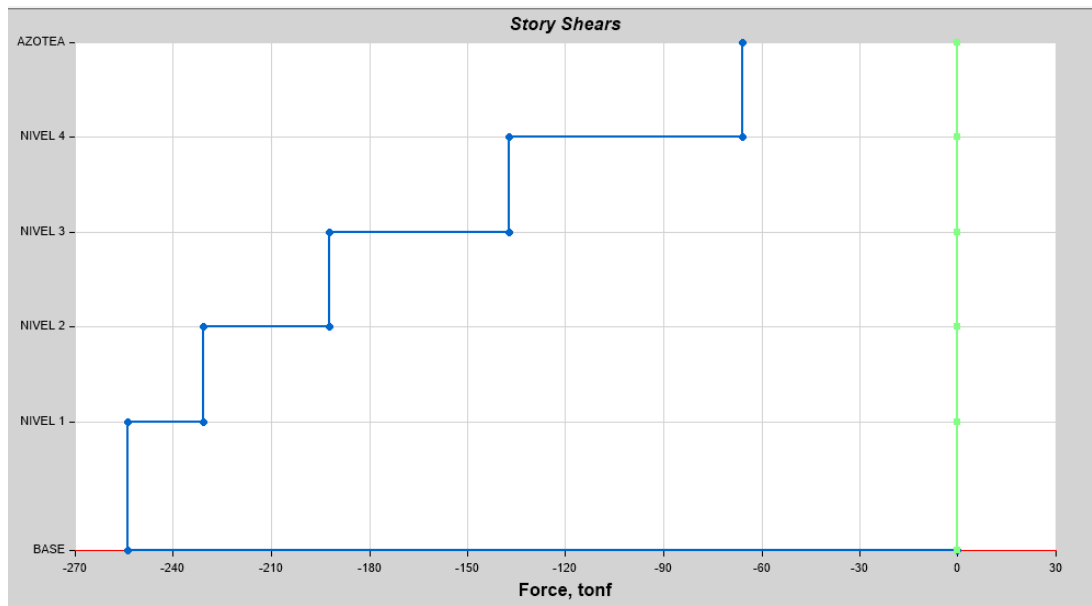


Figura 81: Grafico de fuerzas cortantes en altura X-X ETABS

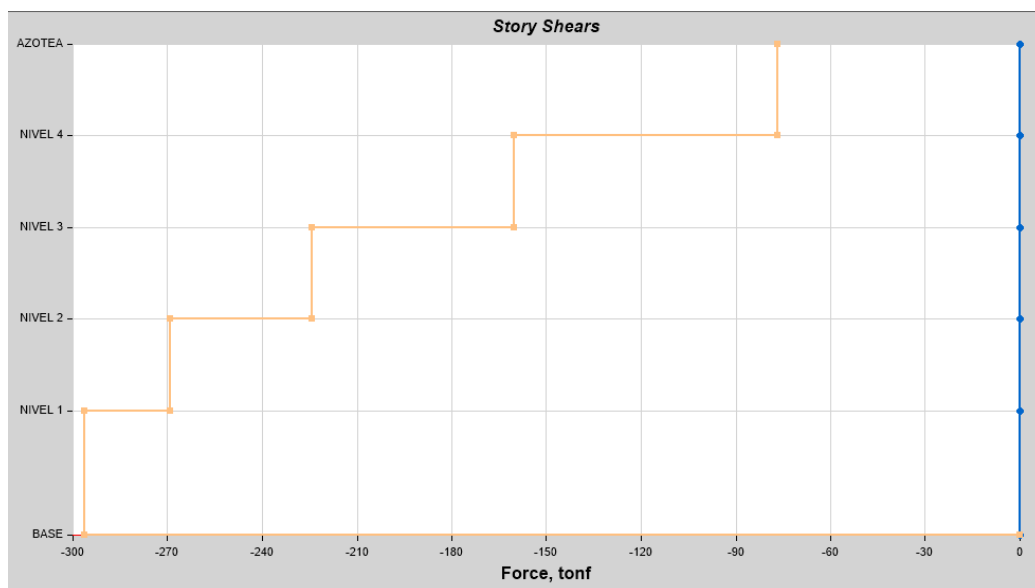


Figura 82: Grafico de fuerzas cortantes en altura Y-Y ETABS

## 6.7. Análisis Dinámico

### 6.7.1. Análisis espectral dinámico modal

Se emplea para el análisis de cualquier estructura.

### 6.7.1.1. Modal

Load Case Name: MODAL

Load Case Type: Modal

Stiffness to Use:  Zero Initial Conditions - Unstressed State

Number of Modes: Maximum Number of Modes: 15, Minimum Number of Modes: 3

Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dynamic Participation Ratios (%)
Accel	UX	0	90.
Accel	UY	0	90.
Accel	UZ	0	90.

Type of Modes:  Ritz Vectors

Mass Source: Peso Sismico

Figura 83: Tres grados de libertad por cada piso = 15 modos SAP2000

Modal Case Name: MODAL

Modal Case SubType: Ritz

Mass Source: Peso Sismico

P-Delta/Nonlinear Stiffness:  Use Preset P-Delta Settings (None)

Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dyn. Par. Ratio, %
Acceleration	UX	0	90
Acceleration	UY	0	90
Acceleration	UZ	0	90

Other Parameters: Maximum Number of Modes: 15, Minimum Number of Modes: 3

Figura 84: Tres grados de libertad por cada piso = 15 modos ETABS

Los modos de vibración de la estructura se tomaron en cuenta 15 modos (03 modos por piso) traslación y rotación. En cada dirección se han considerado aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas ha sido por lo menos el 90% de la masa total.

Modal Participating Mass Ratios

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Modal Participating Mass Ratios

Filter:

	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless
	MODAL	Mode	1	0.447996	0.837524	4.978E-09	4.096E-08	0.837524	4.978E-09	4.096E-08	4.487E-08
	MODAL	Mode	2	0.140332	4.251E-07	0.734596	0.004455	0.837524	0.734596	0.004455	0.203307
	MODAL	Mode	3	0.130587	0.109572	1.545E-06	8.026E-07	0.947096	0.734596	0.004455	5.711E-07
	MODAL	Mode	4	0.117786	2.3E-05	0.006214	0.026829	0.947119	0.740812	0.031284	0.030815
	MODAL	Mode	5	0.112889	4.807E-06	0.011907	0.027743	0.947124	0.752719	0.059027	0.025061
	MODAL	Mode	6	0.109319	2.3E-05	0.002412	0.025784	0.947147	0.755131	0.084811	0.027675
	MODAL	Mode	7	0.106116	0.000188	0.000235	0.001813	0.947334	0.755365	0.086625	0.001583
	MODAL	Mode	8	0.093591	5.526E-07	0.001077	0.009916	0.947335	0.756442	0.096541	0.023646
	MODAL	Mode	9	0.0729	3.265E-08	0.01552	0.007716	0.947335	0.771962	0.104257	0.00726
	MODAL	Mode	10	0.063564	0.035157	7.492E-08	6.507E-07	0.982492	0.771962	0.104258	3.685E-08
	MODAL	Mode	11	0.054014	1.584E-08	0.008445	0.394055	0.982492	0.780406	0.498313	0.018039
	MODAL	Mode	12	0.048096	1.911E-07	0.043996	0.147882	0.982492	0.824403	0.646195	0.128547
	MODAL	Mode	13	0.036738	2.807E-07	0.160866	0.015436	0.982492	0.985269	0.661631	0.169315
	MODAL	Mode	14	0.035386	0.015848	1.223E-06	6.408E-06	0.99834	0.98527	0.661637	7.3E-07
	MODAL	Mode	15	0.029159	2.173E-07	0.002301	0.284274	0.99834	0.987571	0.945911	0.078097

Record: 13 of 15

Add Tables... Done

Figura 85: Formas de modos predominante en SAP2000

Modal Participating Mass Ratios

6 de 15 | Reload Apply

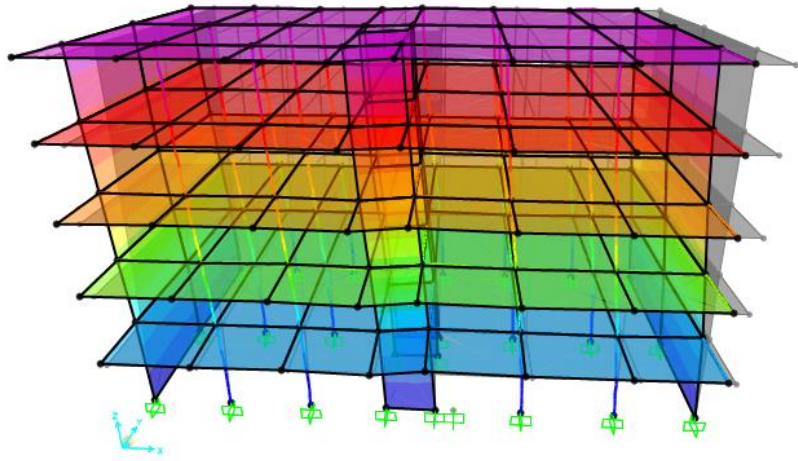
	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
	MODAL	1	0.453	0.8352	0	0	0.8352	0
	MODAL	2	0.135	0	0.7969	0	0.8352	0.7969
	MODAL	3	0.131	0.1117	1.741E-06	0	0.9469	0.7969
	MODAL	4	0.104	4.361E-05	2.473E-05	0	0.9469	0.7969
	MODAL	5	0.063	0.0366	0	0	0.9836	0.7969
	MODAL	6	0.038	0	0.1749	0	0.9836	0.9718
	MODAL	7	0.037	0.0132	0	0	0.9967	0.9718
	MODAL	8	0.03	1.168E-06	7.243E-06	0	0.9967	0.9718
	MODAL	9	0.026	0.0033	0	0	1	0.9718
	MODAL	10	0.02	0	0.0227	0	1	0.9946
	MODAL	11	0.015	0	8.908E-07	0	1	0.9946
	MODAL	12	0.014	0	0.0047	0	1	0.9992
	MODAL	13	0.012	0	0.0008	0	1	1
	MODAL	14	0.011	0	0	0	1	1
	MODAL	15	0.009	0	0	0	1	1

Figura 86: Formas de modos predominante en ETABS

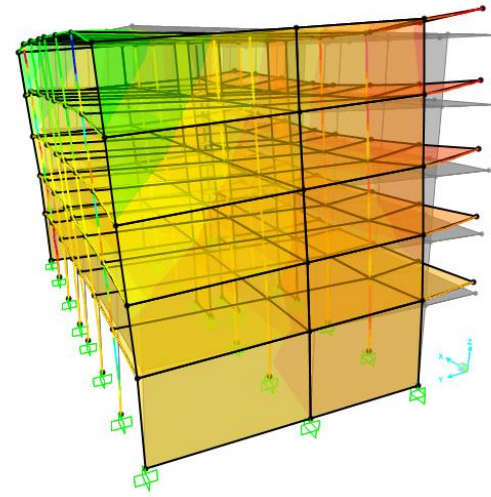
La forma de modo predominante en la estructura es de un modo  $T_1=0.45$  seg con un 84% de masa participativa en la dirección X-X y en la dirección Y-Y un  $T_2=0.14$  seg con 79% de masa participativa.

<b>Mode</b>	<b>Periodo ETABS</b>	<b>Periodo ETABS</b>
1	0.453	0.448
2	0.135	0.1403
3	0.131	0.1306

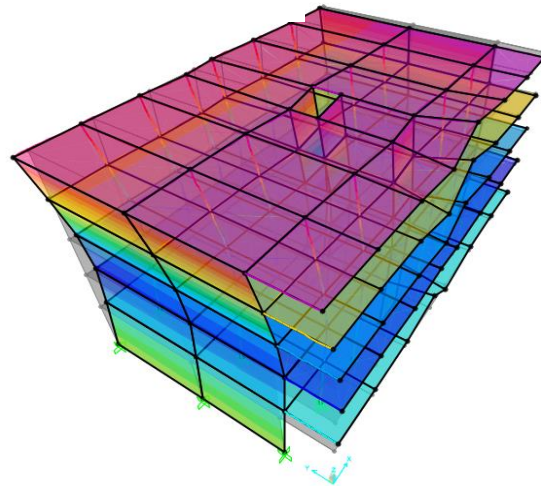
*Tabla 20: Periodos obtenidos en ETABS y SAP2000*



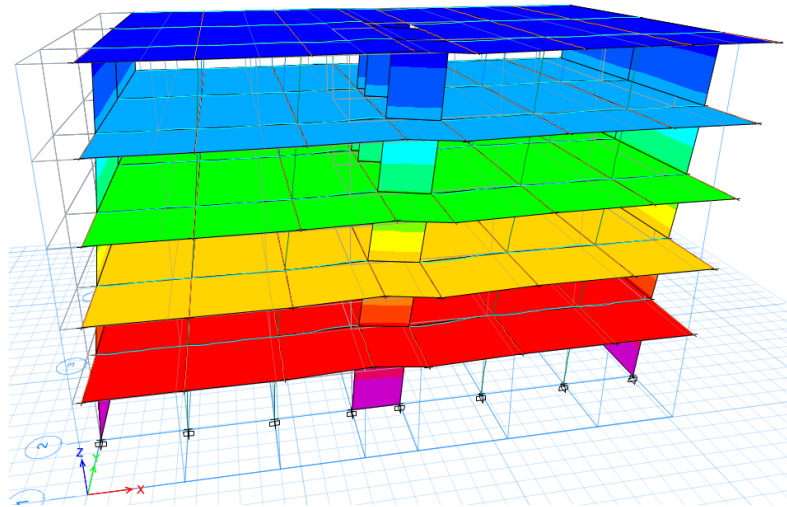
*Figura 88: Modo 1 Traslación en X-X SAP2000*



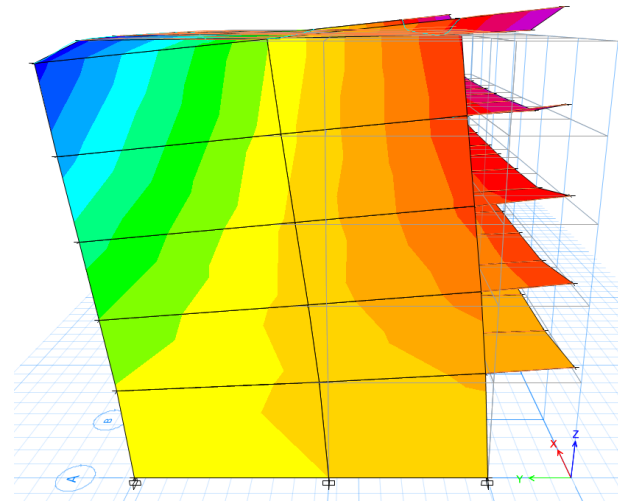
*Figura 87: Modo 2 Traslación en Y-Y SAP2000*



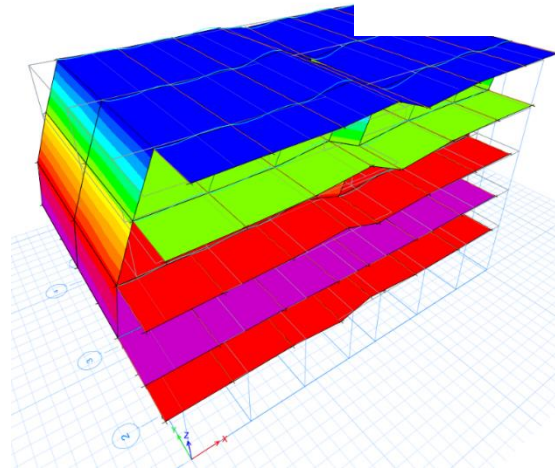
*Figura 89: Modo 2 Flexión y torsión SAP2000*



*Figura 90: Modo 1 Traslación en X-X ETABS*



*Figura 91: Modo 2 Traslación en Y-Y EABS*



*Figura 92: Modo 3 Flexión y torsión ETABS*

### 6.8. Irregularidades Estructurales en altura:

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA																				
Id	Tipo	NT P E.0 30	Factor de Irregularidad la																Factor de Irregularidad la	
			PISO N°	Altura relativa (m)	Elevación (m)	Vx (tn) actua nte	Vy (tn) actua nte	ΔCM x (m)	ΔC My (m)	Deri va del CM en X	Deri va del CM en Y	Rigid ez Later al en X (Tnf/ m)	Rigide z Later al en Y (Tnf/m)	% variación X <70%	% variación X<80% Prom	% variación Y <70%	% variación Y<80% Prom	Conclu sión		
																				Valor calculado
1	Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	0.7 5	AZOTEA	2.8	15	57.87	69.62	0.001 400	0.00 020	0.00 050	0.00 007	41,33 4.14	348,086. 50						En ninguna de las dos direcciones, la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que el 80% del promedio de los tres niveles superiores adyacentes	1 <b>REGULAR</b>
			NIVEL 4	2.8	12.2	119.2 0	136.4 6	0.002 000	0.00 030	0.00 071	0.00 011	59,59 9.35	454,853. 00	144.19 %		130.67 %				
			NIVEL 3	2.8	9.4	167.3 5	186.3 9	0.002 500	0.00 030	0.00 089	0.00 011	66,93 9.40	621,303. 33	112.32 %	132.64%	136.59 %	154.76%			
			NIVEL 2	2.8	6.6	201.0 2	221.5 6	0.002 800	0.00 030	0.00 100	0.00 011	71,79 1.14	738,540. 00	107.25 %	128.30%	118.87 %	155.56%			
			NIVEL 1	3.8	3.8	219.1 9	242.2 2	0.002 500	0.00 020	0.00 066	0.00 005	87,67 7.04	1,211,08 0.00	122.13 %	132.62%	163.98 %	200.21%			
			BASE		0															

			PISO N°	Altura relativa (m)	Elevación (m)	Vx (tn) Resistente	Vx (tn) Resistente	% variación X<80%	% variación Y<80%	Conclusión		
2	Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	0.75	AZOTEA	2.8	15	1711.2588	1534.74			En ninguna de las dos direcciones, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior, se observa que son semejantes. No presenta dado que no se tiene IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ O PISO BLANDO	1	<b>REGULAR</b>
			NIVEL 4	2.8	12.2	1711.2588	1534.74	100%	100%			
			NIVEL 3	2.8	9.4	1711.2588	1534.74	100%	100%			
			NIVEL 2	2.8	6.6	1711.2588	1534.74	100%	100%			
			NIVEL 1	3.8	3.8	1711.2588	1534.74	100%	100%			
3	Irregularidad Extrema de Rigidez	0.5							No presenta dado que no se tiene IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ O PISO BLANDO	1	<b>REGULAR</b>	
4	Irregularidad Extrema de Resistencia	0.5							No presenta dado que no se tiene IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA O PISO DEBIL	1	<b>REGULAR</b>	

			PISO N°	Altura relativa (m)	Elevación (m)	Masa en X (Tnf- s2/m)	Masa en Y (Tnf- s2/m)	Varición en X	Varición en Y			
5	Irregularidad de Masa o Peso	0.9	AZOTEA	2.8	15	24.5950	24.5950			En ninguna de las dos direcciones, el peso de un piso, determinado según el Art 26 de la Norma E.030, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente.	1	REGULAR
			NIVEL 4	2.8	12.2	32.6050	32.6050	1.000	1.000			
			NIVEL 3	2.8	9.4	32.6050	32.6050	1.000	1.000			
			NIVEL 2	2.8	6.6	32.6050	32.6050	1.000	1.000			
			NIVEL 1	3.8	3.8	34.0250	34.0250	1.044	1.044			
6	Irregularidad Geométrica Vertical	0.9								La configuración estructural en planta no varía más de 1.3 en todos los pisos	1	REGULAR
7	Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.8								Todos los componentes del sistema resistentes son continuos	1	REGULAR
8	Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	0.6								No presenta dado que no se tiene IRREGULARIDAD POR DISCONTINUIDAD EN LOS SISTEMAS RESISTENTES	0.6	IRREGULAR

Tabla 21: Irregularidades en Altura

### 6.9. Irregularidades Estructurales en planta:

ítem	Tipo	Norma E.030	Factor de Irregularidad I <sub>a</sub>								Factor de Irregularidad I <sub>p</sub>				
			Valor calculado												
			PISO N°	ΔAx (mm)	ΔBx (mm)	ΔCx (mm)	ΔDx (mm)	Δprome .	Verif. Pto A	Verif. Pto B	Verif. Pto C	Verif. Pto D			
1	Irregularidad Torsional	0.75	NIVEL 4	1.9959	1.9766	1.9766	1.9959	1.98625	1.00	1.00	1.00	1.00	En ninguna de las direcciones el máximo desplazamiento relativo del entrepiso, es mayor que 1.30 el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso.	1	<b>REGULAR</b>
			NIVEL 3	2.5529	2.5337	2.5337	2.5529	2.5433	1.00	1.00	1.00	1.00			
			NIVEL 2	2.8202	2.8016	2.8016	2.8202	2.8109	1.00	1.00	1.00	1.00			
			NIVEL 1	2.4865	2.4793	2.4793	2.4865	2.4829	1.00	1.00	1.00	1.00			
			PISO N°	ΔAy (mm)	ΔBy (mm)	ΔCy (mm)	ΔDy (mm)	Δprome .	Verif. Pto A	Verif. Pto B	Verif. Pto C	Verif. Pto D			
			NIVEL 4	0.3157	0.3157	0.3123	0.3123	0.314	1.01	1.01	0.99	0.99	No presenta dado que no se tiene IRREGULARIDAD TORSIONAL	1	<b>REGULAR</b>
			NIVEL 3	0.3141	0.3141	0.3104	0.3104	0.31225	1.01	1.01	0.99	0.99			
			NIVEL 2	0.2794	0.2794	0.2757	0.2757	0.27755	1.01	1.01	0.99	0.99			
			NIVEL 1	0.2624	0.2624	0.2594	0.2594	0.2609	1.01	1.01	0.99	0.99			
2	Irregularidad Torsional Extrema	0.6													

3	Esquinas Entrantes	0.9		La configuración estructural en planta es rectangular, no hay esquinas entrantes o salientes	1	<b>REGULAR</b>
4	Discontinuidad del Diafragma	0.85		Todos los diafragmas son llenos, no hay presencia de vacios	1	<b>REGULAR</b>
5	Sistemas no Paralelos	0.9		La configuración estructural en planta es constante en todos los pisos	1	<b>REGULAR</b>

*Tabla 22: Irregularidad en planta*

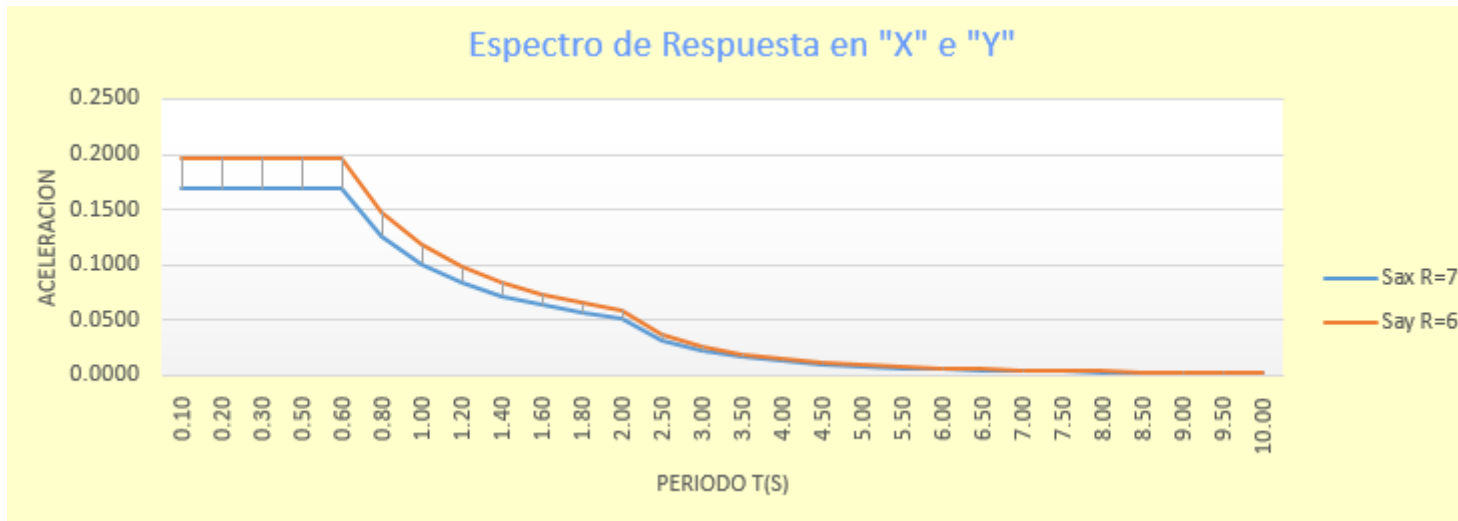
*Conclusion: La estructura es regular en X e Y*

*Ia = 1 ; Ip = 1*

6.9.1.1. Espectro de Respuesta

T(s)	C	Sa(x)	Sa(y)	TL
0.10	0.1688	0.1688	0.1969	0.60
0.20	0.1688	0.1688	0.1969	0.60
0.30	0.1688	0.1688	0.1969	0.60
0.50	0.1688	0.1688	0.1969	0.60
0.60	0.1688	0.1688	0.1969	0.60
0.80	1.266	0.1266	0.1477	1.20
1.00	1.500	0.1013	0.1181	1.40
1.20	1.2500	0.0844	0.0984	1.60
1.40	1.0714	0.0723	0.0844	1.80
1.60	0.9375	0.0633	0.0738	2.00
1.80	0.8333	0.0563	0.0656	2.50
2.00	0.7500	0.0506	0.0591	3.00
2.50	0.4800	0.0324	0.0378	3.50
3.00	0.3333	0.0225	0.0263	4.00
3.50	0.2449	0.0165	0.0193	4.50
4.00	0.1875	0.0127	0.0148	5.00
4.50	0.1481	0.0100	0.0117	5.50
5.00	0.1200	0.0081	0.0095	6.00
5.50	0.0992	0.0067	0.0078	6.50
6.00	0.0833	0.0056	0.0066	7.00
6.50	0.0710	0.0048	0.0056	8.00
7.00	0.0612	0.0041	0.0048	8.50
7.50	0.0533	0.0036	0.0042	9.00
8.00	0.0469	0.0032	0.0037	9.50
8.50	0.0415	0.0028	0.0033	###
9.00	0.0370	0.0025	0.0029	###
9.50	0.0332	0.0022	0.0026	###
###	0.0300	0.0020	0.0024	###

Tabla 23: Espectro de respuesta



El artículo 29.2.1 de la norma E.030 define el cálculo de pseudoaceleraciones para cada dirección del edificio

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

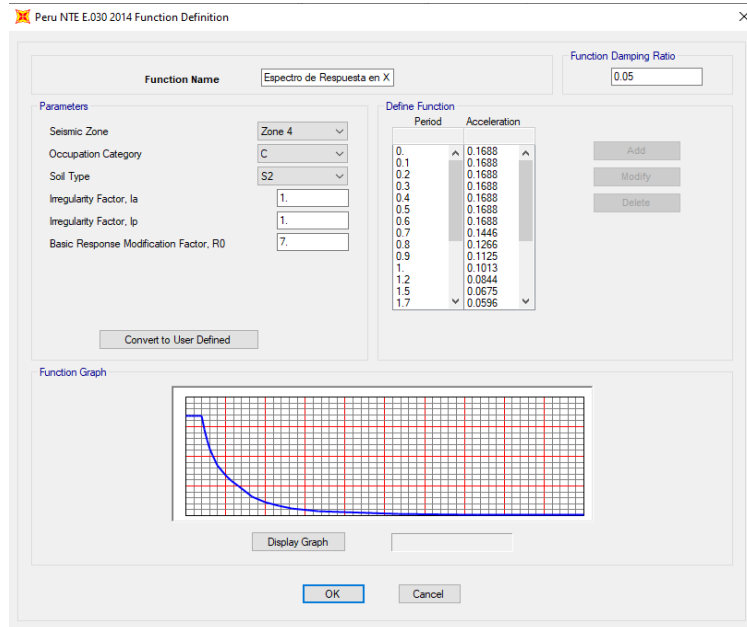


Figura 93: Definición del Espectro de respuesta en SAP2000

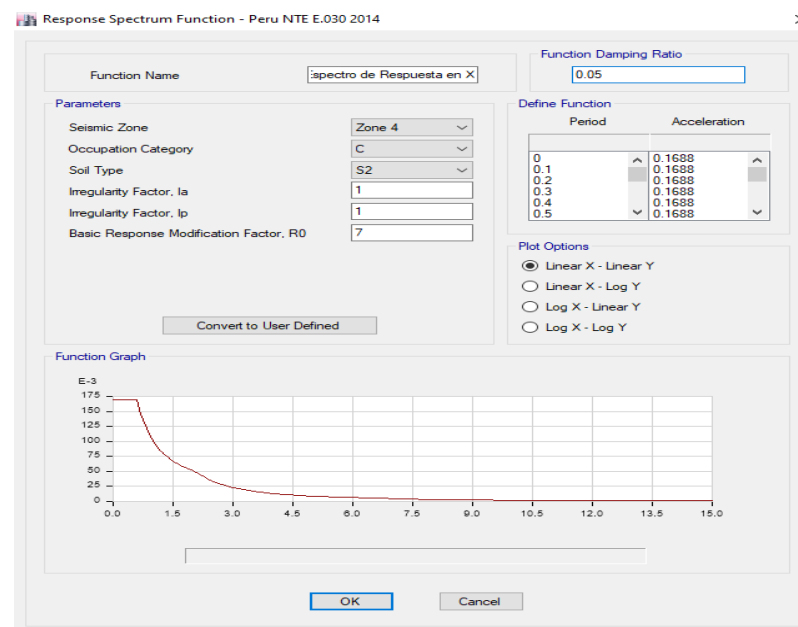


Figura 94: Definición del Espectro de respuesta en ETABS

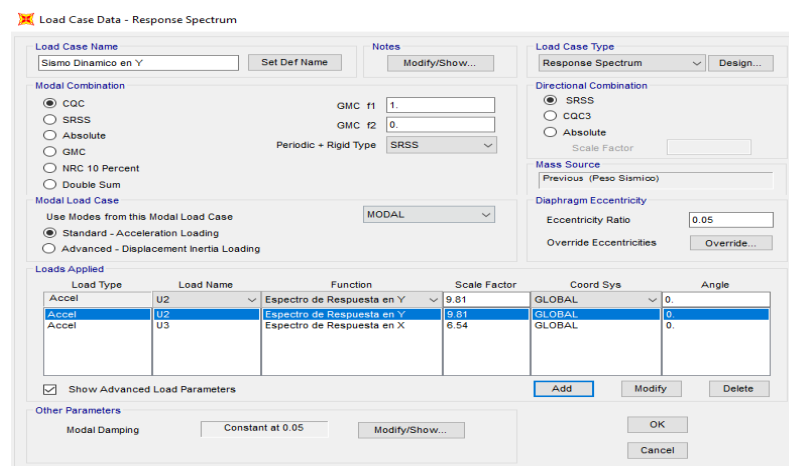
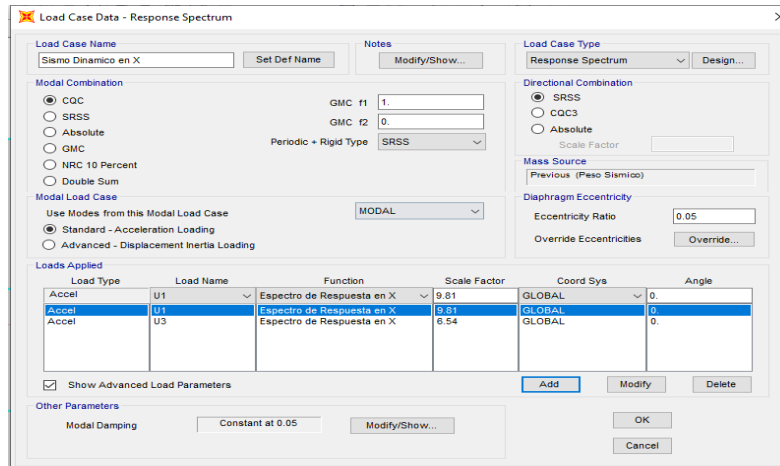


Figura 96: Sismo dinámico X y 2/3 en dirección gravitacional      Figura 95: Sismo dinámico Y y 2/3 en dirección gravitacional

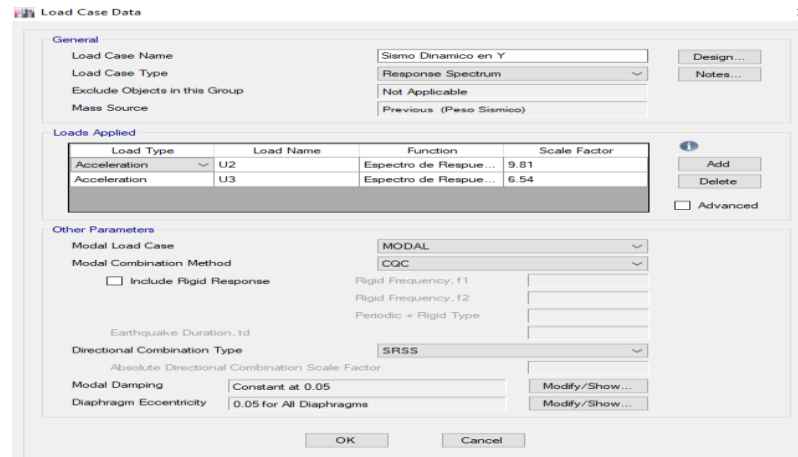
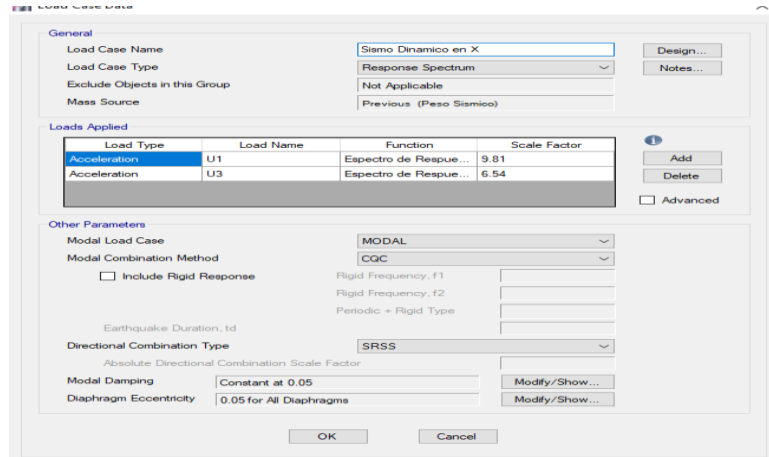


Figura 98: Sismo dinámico X y 2/3 en dirección gravitacional

Figura 97: Sismo dinámico X y 2/3 en dirección gravitacional

## 6.10. Análisis y Obtención de datos

### 6.10.1. Análisis de la Estructura

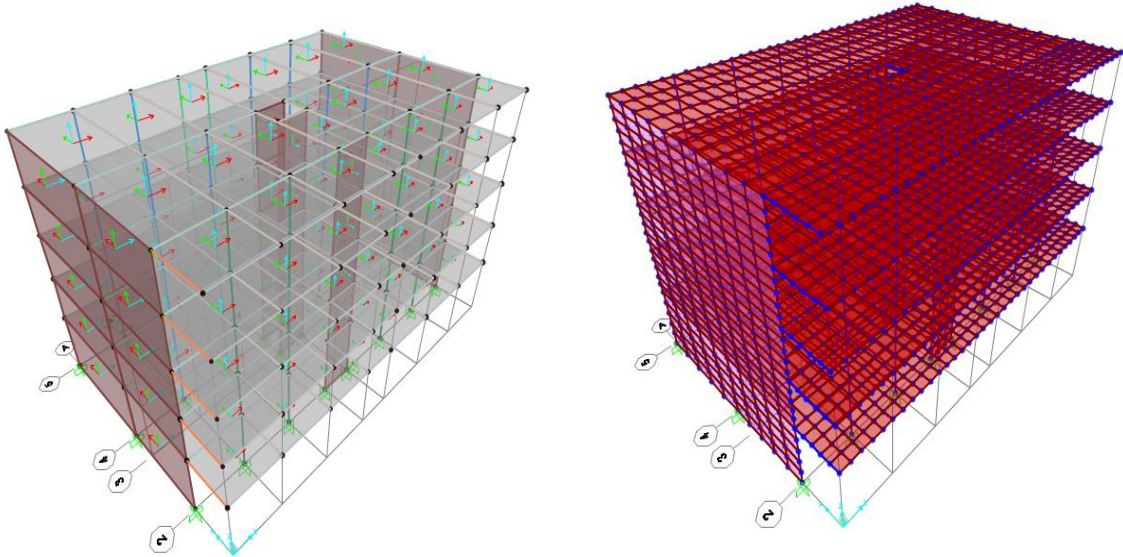


Figura 99: Discretización del modelado en ETABS y SAP2000

#### 6.10.1.1. Mostrar deformaciones de la estructura

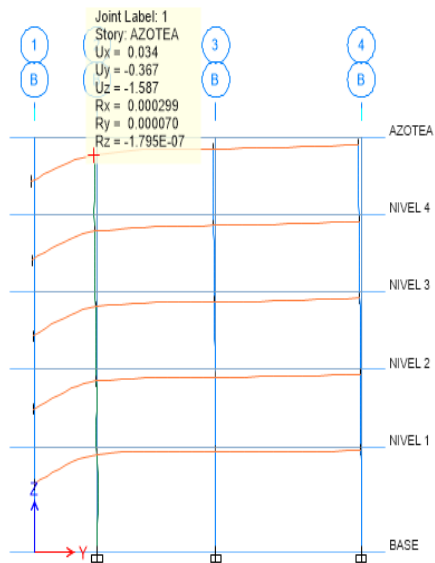
La estructura sufre deformaciones debido a su carga de servicio (CM, CV, CVT) y también deformación debido al sismo en la dirección X y Y.

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX
			mm
AZOTEA	Diafragma Nivel 5	Sismo Dinámico en X Max	11.424
NIVEL 4	Diafragma Nivel 4	Sismo Dinámico en X Max	9.995
NIVEL 3	Diafragma Nivel 3	Sismo Dinámico en X Max	7.952
NIVEL 2	Diafragma Nivel 2	Sismo Dinámico en X Max	5.337
NIVEL 1	Diafragma Nivel 1	Sismo Dinámico en X Max	2.467

Tabla 24: Deformación debido al sismo en la dirección X

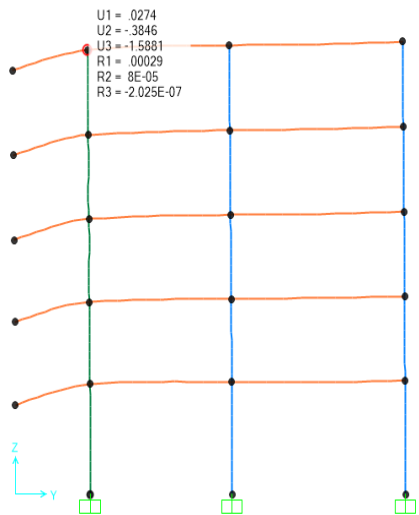
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UY
			mm
AZOTEA	Diafragma Nivel 5	Sismo dinámico en Y Max	1.26
NIVEL 4	Diafragma Nivel 4	Sismo dinámico en Y Max	1.014
NIVEL 3	Diafragma Nivel 3	Sismo dinámico en Y Max	0.744
NIVEL 2	Diafragma Nivel 2	Sismo dinámico en Y Max	0.474
NIVEL 1	Diafragma Nivel 1	Sismo dinámico en Y Max	0.23

Tabla 25: Deformación debido al sismo en la dirección Y



Story	Label	Unique Name	Load Case/Combo	UX mm	UY mm	UZ mm	RX rad	RY rad	RZ rad
AZOTEA	1	2	CARGA SERVICIO 0.034	-0.367	-1.587	0.000299	7E-05	-1.795E-07	
AZOTEA	2	8	CARGA SERVICIO 0.034	-0.368	-1.596	0.000302	9E-05	-1.795E-07	
AZOTEA	3	14	CARGA SERVICIO 0.034	-0.37	-1.764	0.000339	9E-05	-1.795E-07	
AZOTEA	4	20	CARGA SERVICIO 0.034	-0.37	-1.664	0.000317	8.7E-05	-1.795E-07	
AZOTEA	5	44	CARGA SERVICIO 0.035	-0.368	-1.077	8E-06	-2.1E-05	-1.795E-07	
AZOTEA	6	32	CARGA SERVICIO 0.037	-0.367	-0.645	0.000111	4.1E-05	-1.795E-07	
AZOTEA	7	38	CARGA SERVICIO 0.035	-0.367	-1.042	1.1E-05	6.4E-05	-1.795E-07	
AZOTEA	8	50	CARGA SERVICIO 0.037	-0.368	-0.677	0.000113	-1E-06	-1.795E-07	
AZOTEA	9	96	CARGA SERVICIO 0.037	-0.37	-0.733	0.000119	7E-06	-1.795E-07	
AZOTEA	10	62	CARGA SERVICIO 0.037	-0.37	-0.673	0.000114	4.9E-05	-1.795E-07	
AZOTEA	11	68	CARGA SERVICIO 0.035	-0.37	-1.089	1.1E-05	-7.9E-05	-1.795E-07	
AZOTEA	12	74	CARGA SERVICIO 0.035	-0.37	-1.176	7E-06	2.5E-05	-1.795E-07	
AZOTEA	13	82	CARGA SERVICIO 0.035	-0.367	-0.282	3.3E-05	6.4E-05	-1.795E-07	
AZOTEA	14	81	CARGA SERVICIO 0.037	-0.367	-0.081	3.3E-05	0.000113	-1.795E-07	
AZOTEA	15	92	CARGA SERVICIO 0.034	-0.367	-0.49	5.7E-05	0.000296	-1.795E-07	
AZOTEA	16	100	CARGA SERVICIO 0.035	-0.371	-0.283	3.3E-05	6E-05	-1.795E-07	
AZOTEA	17	99	CARGA SERVICIO 0.037	-0.371	-0.08	3.4E-05	-0.000113	-1.795E-07	

Figura 100: Deformación debido a la carga de servicio (CM+CV) ETABS



Joint Text	OutputCase	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
1	CARGA SER...	Combination	0.003863	-0.032954	-2.635915	0.000892	-4.888E-06	-1.415E-08
2	CARGA SER...	Combination	0.003904	-0.032983	-0.454476	0.000274	9.323E-06	-1.415E-08
3	CARGA SER...	Combination	0	0	0	0	0	0
4	CARGA SER...	Combination	0.003904	-0.03286	-0.672586	0.000203	2.3E-05	-1.415E-08
5	CARGA SER...	Combination	0.009355	-0.096592	-1.057235	0.000161	3.1E-05	-4.364E-08
6	CARGA SER...	Combination	0.015313	-0.179753	-1.336652	0.000193	4E-05	-8.717E-08
7	CARGA SER...	Combination	0.021321	-0.276929	-1.512811	0.000172	3.8E-05	-1.406E-07
8	CARGA SER...	Combination	0.027363	-0.384618	-1.588057	0.00029	8.1E-05	-2.025E-07
9	CARGA SER...	Combination	0	0	0	0	0	0
10	CARGA SER...	Combination	0.003904	-0.032909	-0.670888	0.0002	-1.7E-05	-1.415E-08
11	CARGA SER...	Combination	0.009355	-0.096741	-1.055773	0.000165	-2E-05	-4.364E-08
12	CARGA SER...	Combination	0.015313	-0.180051	-1.335824	0.000188	-2.8E-05	-8.717E-08
13	CARGA SER...	Combination	0.021321	-0.27741	-1.512643	0.000175	-2.3E-05	-1.406E-07
14	CARGA SER...	Combination	0.027363	-0.38531	-1.587898	0.000287	-6.2E-05	-2.025E-07
15	CARGA SER...	Combination	0	0	0	0	0	0
16	CARGA SER...	Combination	0.003904	-0.033034	-0.740777	0.000218	1.7E-05	-1.415E-08

Figura 101: Deformación debido a la carga de servicio (CM+CV) SAP2000

### 6.10.1.2. Mostrar los diagramas de fuerzas y momentos

Primero necesitamos generar dos cargas de servicio y las combinaciones de carga. También se realizara un criterio muy aceptado que es la ENVOLVETE, que toma de las combinaciones el mayor esfuerzo.

S1=1.0CM
S2=CM+CV+CVT
U1=1.4CM+1.7CV
U2=1.25(CM+CV± CV <sub>ix</sub> )
U2=1.25(CM+CV± CV <sub>iy</sub> )
U3=0.9CM±1.25 CV <sub>x</sub>
U4=0.9CM±1.25 CV <sub>y</sub>
U5=1.25(CM+CV)± CS <sub>x</sub>
U6=1.25(CM+CV)± CS <sub>y</sub>
U7=0.9CM± CS <sub>x</sub>
U8=0.9CM± CS <sub>y</sub>
ENVOLVENTE

Tabla 26: Combinación de carga E.060

Comparación de los factores de reducción ACI 318 y norma E.060

Factor de Reducción	E.060	ACI 318-14
Flexión sin carga Axial	0.90	0.90
Carga axial de tracción con o sin flexión	0.90	0.90
Carga axial de compresión con o sin flexión ( refuerzo con espiral)	0.75	0.70
Carga axial de compresión con o sin flexión ( otros)	0.70	0.65
Cortante y torsión	0.85	0.75
Aplastamiento en el concreto (Excepto para anclajes de postensado y modelos puntual tensor)	0.70	0.65
Zonas de anclaje de postensado	0.85	0.85
Elementos de concreto plano	0.65	0.60

Tabla 27: Factores de reducción de resistencia

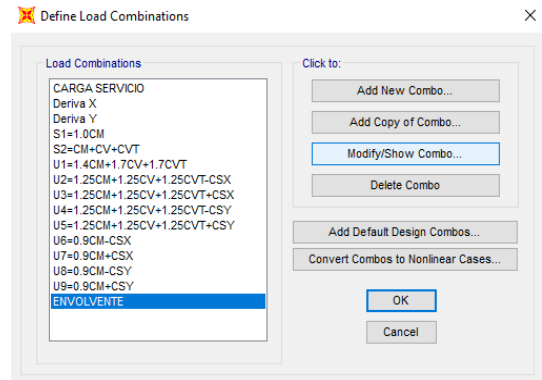
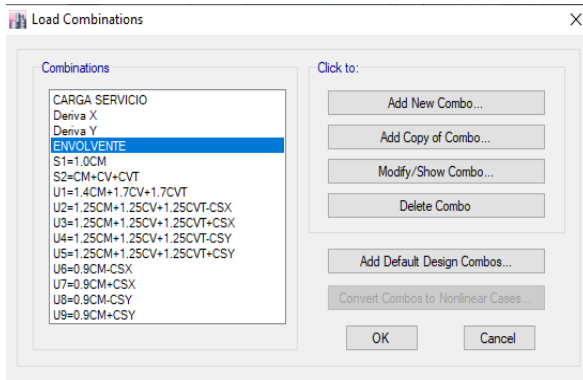


Figura 103: Combinación de cargas ETABS Figura 102: Combinación de carga SAP2000

Concrete Frame Design Preferences for ACI 318-14

Item	Value
01 Design Code	ACI 318-14
02 Multi-Response Case Design	Step-by-Step - All
03 Number of Interaction Curves	24
04 Number of Interaction Points	11
05 Consider Minimum Eccentricity?	Yes
06 Seismic Design Category	D
07 Design System Omega0	2
08 Design System Rho	1
09 Design System Sds	0.5
10 Consider ICC_ESR 2017	No
11 Phi (Tension Controlled)	0.9
12 Phi (Compression Controlled Tied)	0.7
13 Phi (Compression Controlled Spiral)	0.75
14 Phi (Shear and/or Torsion)	0.85
15 Phi (Shear Seismic)	0.85
16 Phi (Joint Shear)	0.85
17 Pattern Live Load Factor	0.75
18 Utilization Factor Limit	0.95

Concrete Frame Design Preferences for ACI 318-14

Item	Value
1 Design Code	ACI 318-14
2 Multi-Response Case Design	Envelopes
3 Number of Interaction Curves	24
4 Number of Interaction Points	11
5 Consider Minimum Eccentricity?	Yes
6 Seismic Design Category	D
7 Design System Rho	1.
8 Design System Sds	0.5
9 Phi (Tension Controlled)	0.9
10 Phi (Compression Controlled Tied)	0.7
11 Phi (Compression Controlled Spiral)	0.75
12 Phi (Shear and/or Torsion)	0.85
13 Phi (Shear Seismic)	0.85
14 Phi (Joint Shear)	0.85
15 Pattern Live Load Factor	0.75
16 Utilization Factor Limit	0.95

Figura 104: Factores de reducción de resistencia en ETABS y SAP

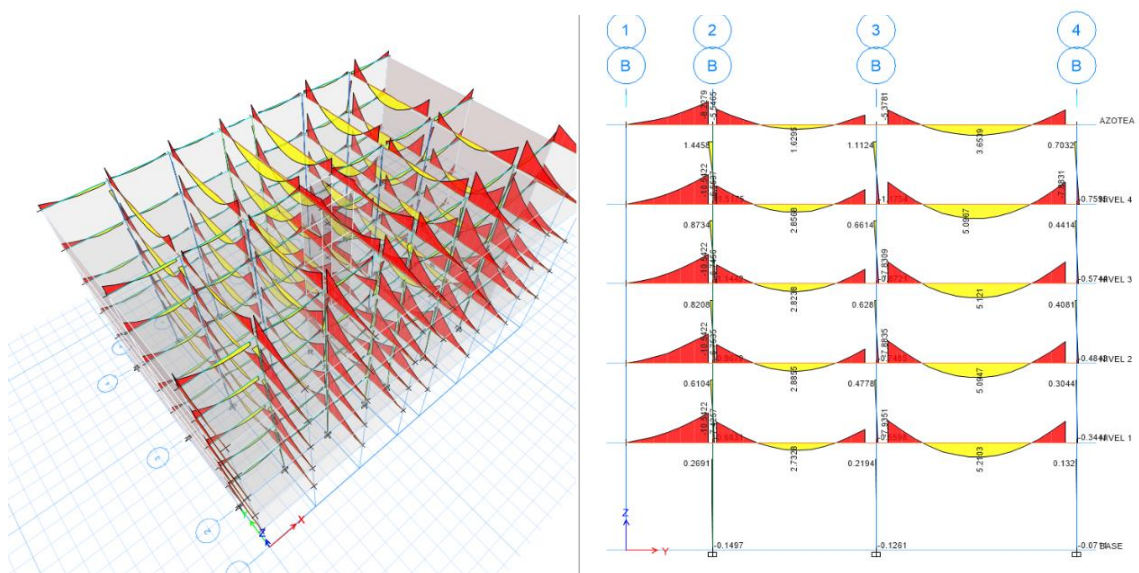


Figura 105: Diagrama de momentos combinación S2=CM+CV ETABS

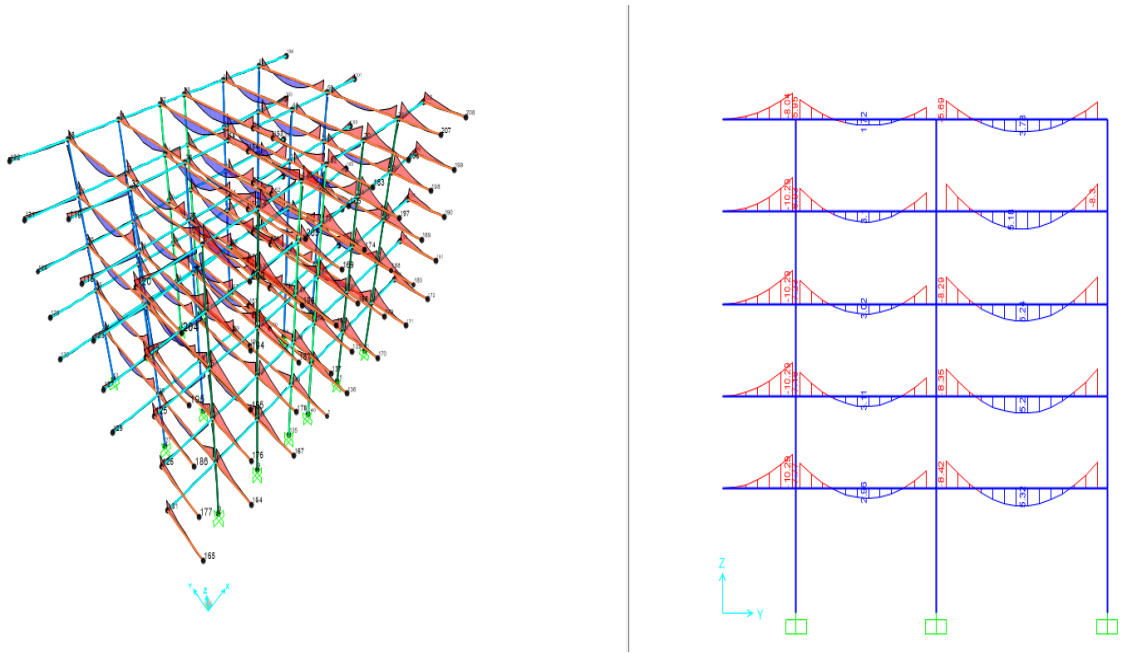


Figura 106: Diagrama de momentos combinación  $S2=CM+CV$  SAP2000

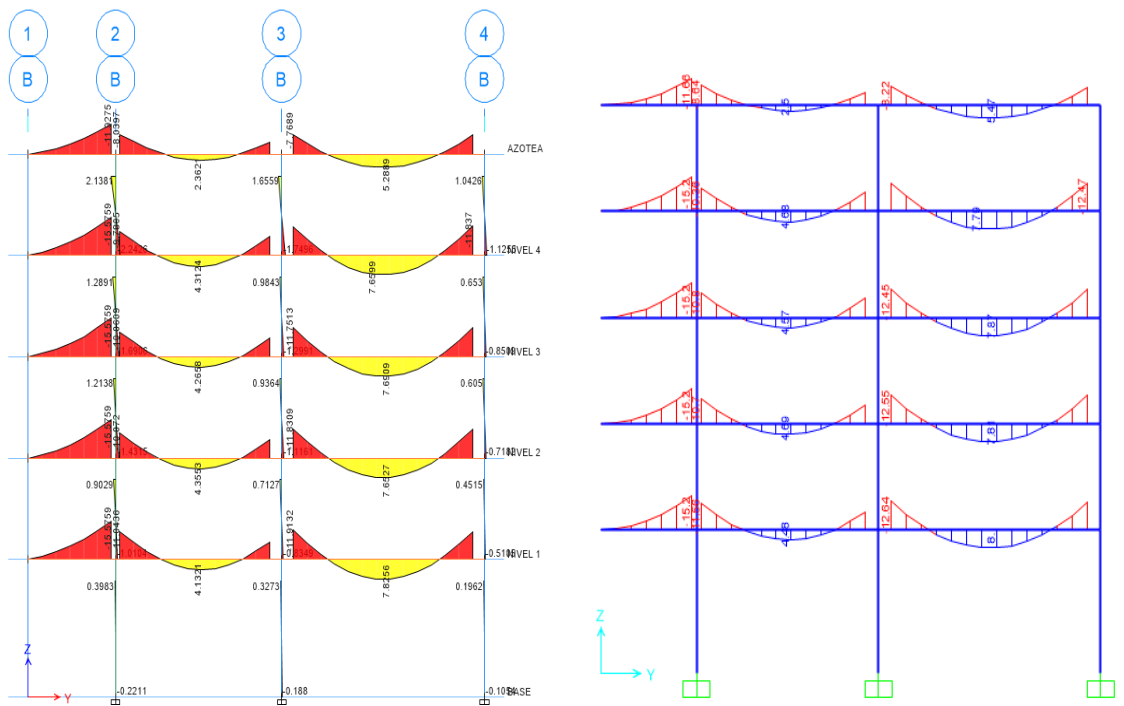


Figura 107: Diagrama de momentos debido a combinación  $U1=1.4CM+1.7CV+1.7CVT$  en el eje B-B. SAP2000 y ETABS

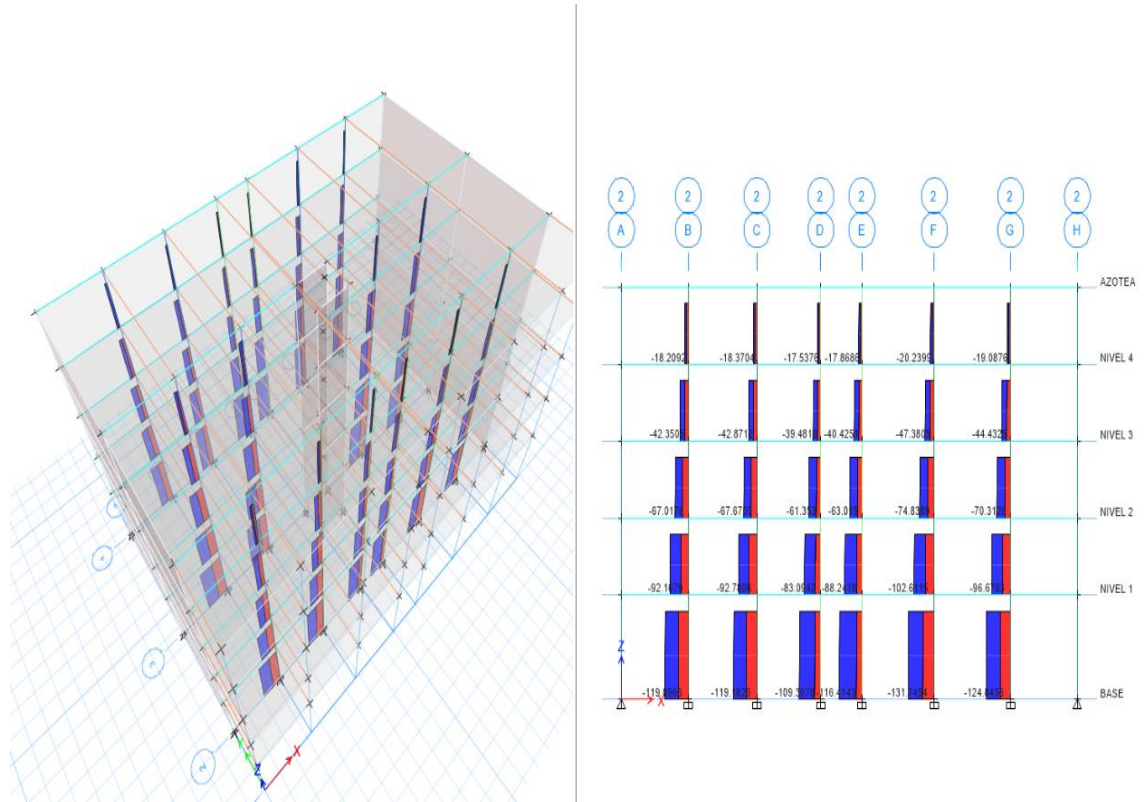


Figura 108: Diagrama de fuerzas axiales debido al envolvente eje B ETABS

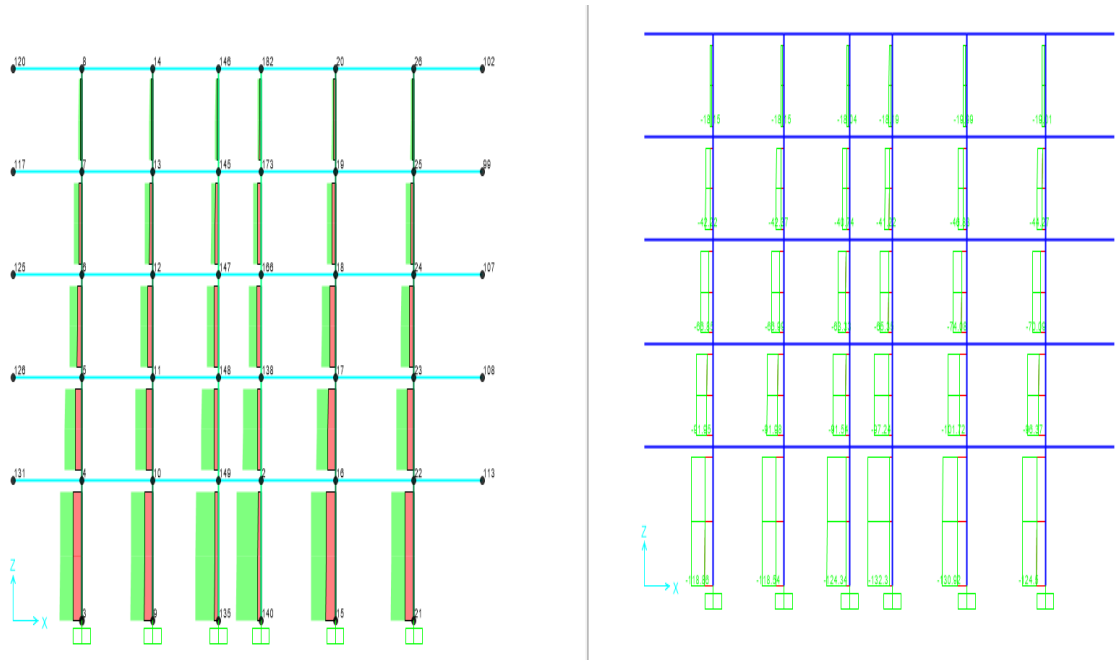


Figura 109: Diagrama de fuerzas debido al envolvente eje B-B SAP2000

**6.10.1.3. Mostrar tabla de los datos básicos de los elementos estructurales**

SectionName	RebarMatL	RebarMatC	ReinfConfig	LatReinf
C-1(40*80)	ACERO fy=4200 kg/cm2	ACERO fy=4200 kg/cm2	Rectangular	Ties
C-2(30*60)	ACERO fy=4200 kg/cm2	ACERO fy=4200 kg/cm2	Rectangular	Ties
C-3(0.25*1.00)	ACERO fy=4200 kg/cm2	ACERO fy=4200 kg/cm2	Rectangular	Ties

*Tabla 28: Cuadro resumen de acero de refuerzo en las columnas*

SectionName	Material	Shape	t3	t2	Area
Text	Text	Text	m	m	m2
C-1(40*80)	C280	Rectangular	0.4	0.8	0.32
C-2(30*60)	C280	Rectangular	0.6	0.3	0.18
C-3(0.25*1.00)	C280	Rectangular	1	0.25	0.25
VA(0.2*0.2)	C280	Rectangular	0.2	0.2	0.04
VP(30x60)	C280	Rectangular	0.6	0.3	0.18
VS(25x50)	C280	Rectangular	0.5	0.25	0.125

*Tabla 29: Cuadro resumen de áreas de secciones*

Name	E	$\alpha$	Unit Weight	Unit Mass	Fy	Fu
	tonf/m <sup>2</sup>	1/C	tonf/m <sup>3</sup>	tonf-s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>	tonf/m <sup>2</sup>	tonf/m <sup>2</sup>
ACERO FY=4200 kg/cm2	20000000	1.17E-05	7.85	0.800477	42000	63000

*Tabla 30: Propiedades mecánicas del acero de refuerzo*

Name	E	$\nu$	$\alpha$	G	Unit Weight	Unit Mass	Fc
	tonf/m <sup>2</sup>		1/C	tonf/m <sup>2</sup>	tonf/m <sup>3</sup>	tonf-s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>	tonf/m <sup>2</sup>
C210	2173706	0.15	9.90E-06	945089.6	2.4	0.244732	2100
C280	2509980	0.15	9.90E-06	1091296	2.4	0.244732	2800

*Tabla 31: Propiedades mecánicas del concreto*

**6.10.1.4. Mostrar tabla de la masa estructural**

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y
		tonf-s <sup>2</sup> /m	tonf-s <sup>2</sup> /m
NIVEL 1	Diafragma Nivel 1	33.43463	33.43463
NIVEL 2	Diafragma Nivel 2	32.02375	32.02375
NIVEL 3	Diafragma Nivel 3	32.02375	32.02375

NIVEL 4	Diafragma Nivel 4	32.02375	32.02375
AZOTEA	Diafragma Nivel 5	24.00773	24.00773

Tabla 32: Cuadro de masa estructural

### 6.10.1.5. Mostrar tabla de desplazamiento

El artículo 31 de la norma E.030 nos indica la determinación de desplazamientos laterales.

Para estructuras regulares  $\rightarrow 0.75 * R$

Para estructuras irregulares  $\rightarrow 0.85 * R$

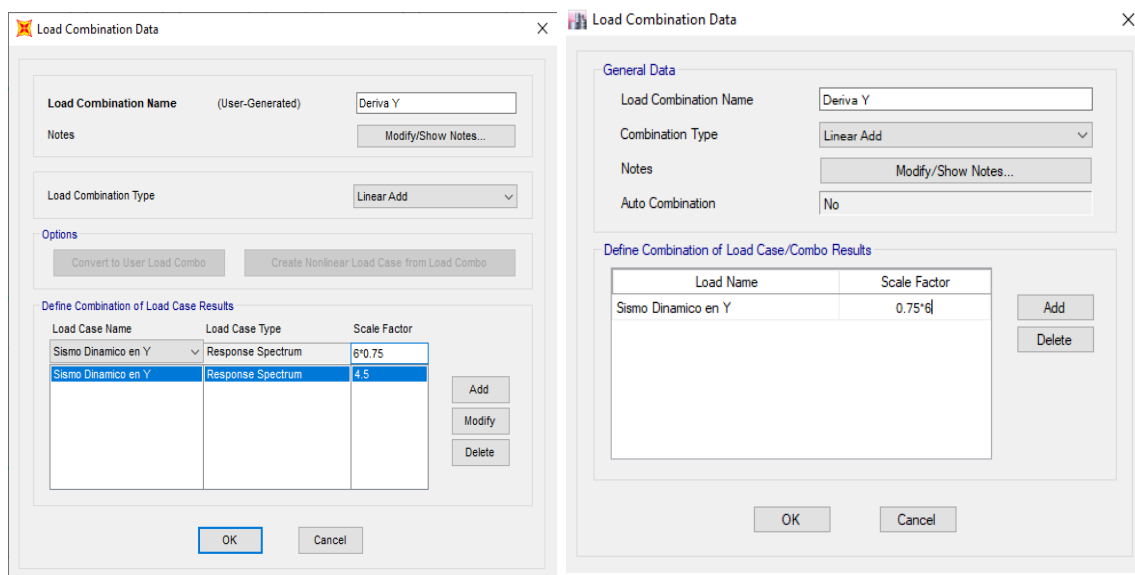


Figura 110: Creación de derivas en ETABS y SAP2000

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

Figura 111: Límites de la distorsión (derivas) E.030

SAP2000 VERIFICACIÓN DE DERIVAS EN LA DIRECCIÓN X																
Piso	Altua Relativa hi (m)	Desplazamientos Absolutos $\Delta_{abs}$ (mm)				Desplazamientos Relativos $\Delta_i$ (mm)				Deriva de punto ( $\Delta_i/hi$ )				Deriva Promedio de piso	Deriva del RNE E.030 (Tabla N°11)	Verificación
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D			
Base	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		
Nivel 1	3.8	13.054	13.016	13.02	13.054	13.054	13.016	13.016	13.054	0.0034	0.0034	0.0034	0.0034	<b>0.00343</b>	0.007	OK
Nivel 2	2.8	27.86	27.725	27.72	27.86	14.806	14.709	14.709	14.806	0.0053	0.0053	0.0053	0.0053	<b>0.00527</b>	0.007	OK
Nivel 3	2.8	41.263	41.269	41.27	41.263	13.403	13.544	13.544	13.403	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	<b>0.00481</b>	0.007	OK
Nivel 4	2.8	51.741	51.404	51.4	51.741	10.479	10.135	10.135	10.479	0.0037	0.0036	0.0036	0.0037	<b>0.00368</b>	0.007	OK
Azotea	2.8	59.073	58.636	58.64	59.073	7.332	7.232	7.232	7.332	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	<b>0.00260</b>	0.007	OK

Figura 112: Verificación de derivas en la dirección X SAP2000

SAP2000-VERIFICACIÓN DE DERIVAS EN LA DIRECCIÓN Y																
Piso	Altua Relativa hi (m)	Desplazamientos Absolutos $\Delta_{abs}$ (mm)				Desplazamientos Relativos $\Delta_i$ (mm)				Deriva de punto ( $\Delta_i/hi$ )				Deriva Promedio de piso	Deriva del RNE E.030 (Tabla N°11)	Verificación
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D			
Base	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		
Nivel 1	3.8	1.136	1.136	1.122	1.122	1.136	1.136	1.122	1.122	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	<b>0.00030</b>	0.007	OK

Nivel 2	2.8	2.345	2.345	2.316	2.316	1.209	1.209	1.193	1.193	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	<b>0.00043</b>	0.007	OK
Nivel 3	2.8	3.704	3.704	3.659	3.659	1.360	1.360	1.343	1.343	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	<b>0.00048</b>	0.007	OK
Nivel 4	2.8	5.070	5.070	5.011	5.011	1.366	1.366	1.352	1.352	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	<b>0.00049</b>	0.007	OK
Azotea	2.8	6.329	6.329	6.257	6.257	1.259	1.259	1.247	1.247	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	<b>0.00045</b>	0.007	OK

Figura 113: Verificación de derivas en la dirección Y SAP2000

ETABS-VERIFICACIÓN DE DERIVAS EN LA DIRECCIÓN X																
Piso	Altura Relativa hi (m)	Desplazamientos Absolutos $\Delta_{abs}$ (mm)				Desplazamientos Relativos $\Delta_i$ (mm)				Deriva de punto ( $\Delta_i/h_i$ )				Deriva Promedio de piso	RNE E.030	Verificación
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D			
Base	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		
Nivel 1	3.8	13.038	12.968	12.97	13.038	13.038	12.968	12.968	13.038	0.0034	0.0034	0.0034	0.0034	<b>0.00342</b>	0.007	OK
Nivel 2	2.8	28.225	28.007	28.01	28.225	15.187	15.039	15.039	15.187	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	<b>0.00540</b>	0.007	OK
Nivel 3	2.8	42.091	41.714	41.71	42.091	13.866	13.707	13.706	13.866	0.0050	0.0049	0.0049	0.0050	<b>0.00492</b>	0.007	OK
Nivel 4	2.8	52.951	52.416	52.42	52.951	10.862	10.702	10.702	10.862	0.0039	0.0038	0.0038	0.0039	<b>0.00385</b>	0.007	OK
Azotea	2.8	60.568	59.883	59.88	60.568	7.6177	7.4677	7.4677	7.6177	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	<b>0.00269</b>	0.007	OK

Figura 114: Verificación de derivas en la dirección X ETABS

ETABS-VERIFICACIÓN DE DERIVAS EN LA DIRECCIÓN Y																
Piso	Altura Relativa hi (m)	Desplazamientos Absolutos $\Delta_{abs}$ (mm)				Desplazamientos Relativos $\Delta_i$ (mm)				Deriva de punto ( $\Delta_i/h_i$ )				Deriva Promedio de piso	Deriva del RNE E.030 (Tabla N°11)	Verificación
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D			
Base	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		
Nivel 1	3.8	1.15	1.15	1.13	1.13	1.15	1.15	1.13	1.13	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.00030</b>	0.007	OK
Nivel 2	2.8	2.36	2.36	2.33	2.33	1.21	1.21	1.19	1.19	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.00043</b>	0.007	OK
Nivel 3	2.8	3.71	3.71	3.66	3.66	1.34	1.34	1.33	1.33	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.00048</b>	0.007	OK
Nivel 4	2.8	5.05	5.05	4.99	4.99	1.34	1.34	1.32	1.32	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.00048</b>	0.007	OK
Azotea	2.8	6.28	6.28	6.20	6.20	1.22	1.22	1.21	1.21	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.00044</b>	0.007	OK

Figura 115: Verificación de derivas en la dirección Y ETAB

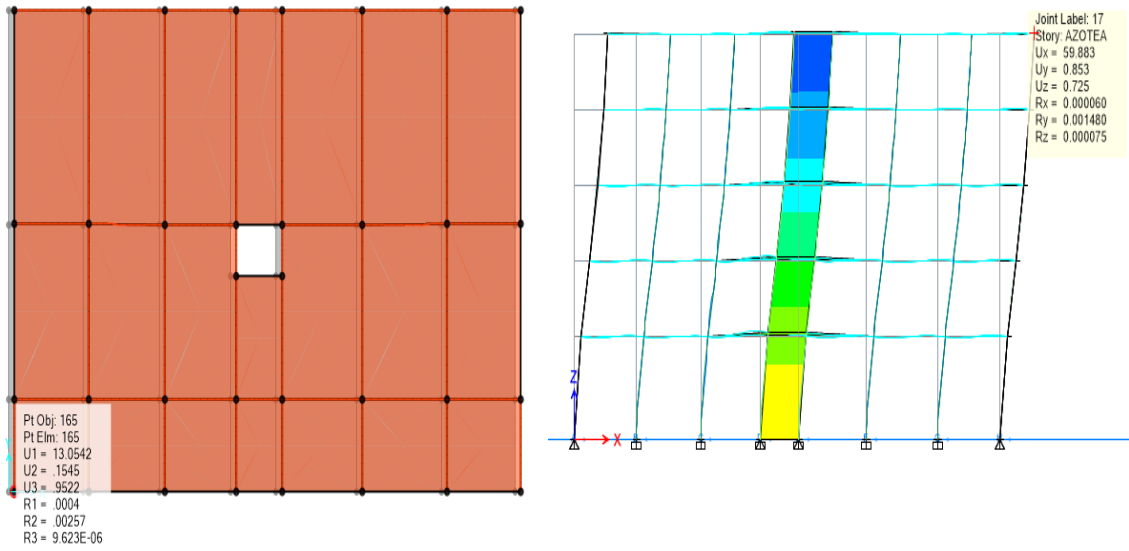


Figura 116: Desplazamientos absolutos en ETABS y SAP2000

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
AZOTEA	Deriva X Max	X	0.002765
NIVEL 4	Deriva X Max	X	0.003915
NIVEL 3	Deriva X Max	X	0.00497
NIVEL 2	Deriva X Max	X	0.005428
NIVEL 1	Deriva X Max	X	0.003423

Figura 117: Resultados Drift (deriva) X-X en ETABS

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift (0.75*R)
NIVEL 1	Deriva X Max	X	0.00342
NIVEL 2	Deriva X Max	X	0.00543
NIVEL 3	Deriva X Max	X	0.00497
NIVEL 4	Deriva X Max	X	0.00392
AZOTEA	Deriva X Max	X	0.00277

Tabla 33: Dirección X-X Drift (derivadas)

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
AZOTEA	Deriva Y Max	Y	0.00044
NIVEL 4	Deriva Y Max	Y	0.000483
NIVEL 3	Deriva Y Max	Y	0.000485
NIVEL 2	Deriva Y Max	Y	0.000435
NIVEL 1	Deriva Y Max	Y	0.000303

Figura 118: Resultados Drift (deriva) Y-Y en ETABS

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift (0.75*R)
NIVEL 1	Deriva Y Max	Y	0.00030
NIVEL 2	Deriva Y Max	Y	0.00044
NIVEL 3	Deriva Y Max	Y	0.00049
NIVEL 4	Deriva Y Max	Y	0.00048
AZOTEA	Deriva Y Max	Y	0.00044

Tabla 34: Dirección Y-Y Drift (derivadas)

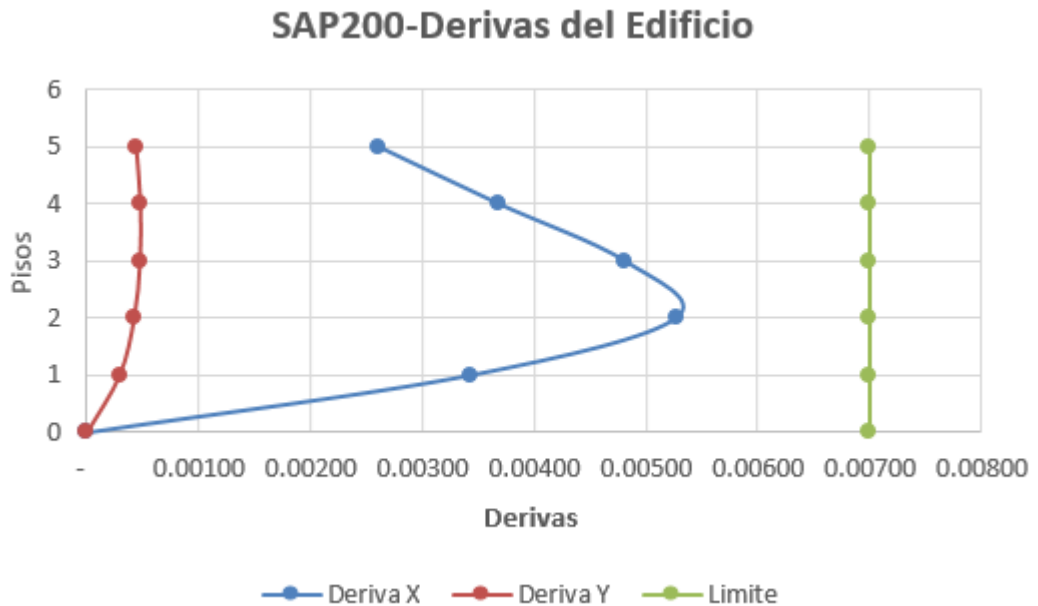


Figura 119: Control de las derivas en SAP2000

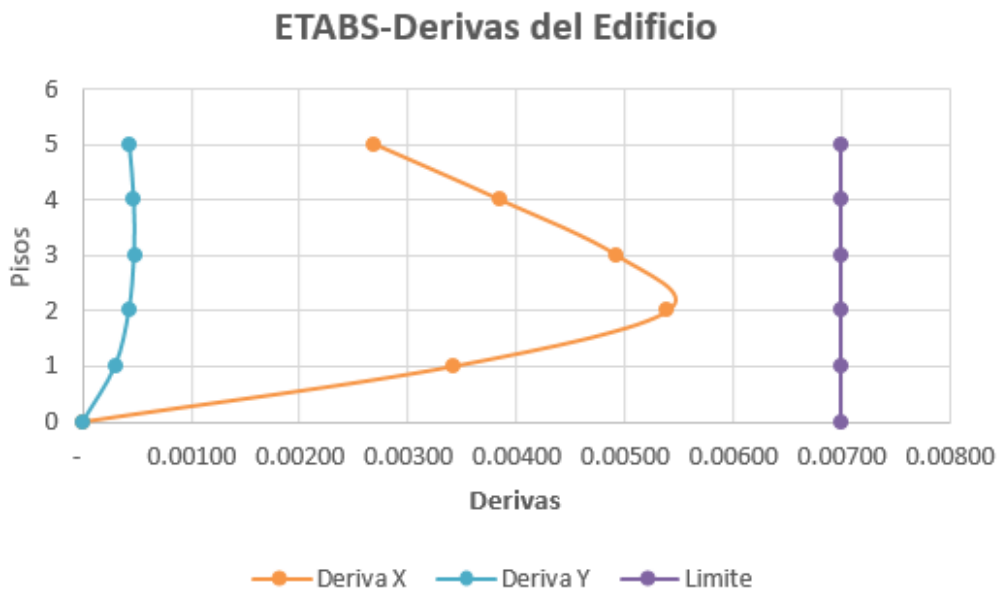


Figura 120: Control de las derivas en ETABS

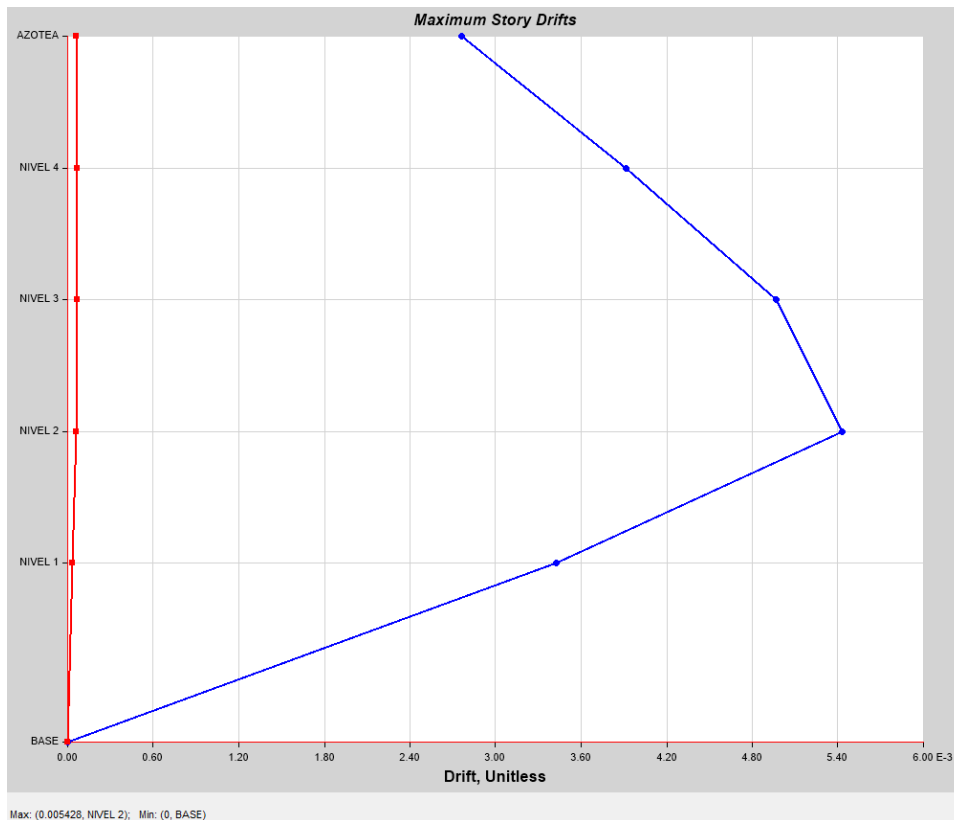


Figura 121: Control de las derivas generado por ETABS

### 6.10.1.6. Mostrar tabla de Fuerzas cortantes

Mostraremos las fuerzas cortantes en las columnas debido al sismo en X,Y y también las fuerzas cortantes en los muros estructurales (placas). Estas tablas nos permitirán saber cuánto absorben (%) los elementos estructurales mencionados y poder definir el sistema estructural.

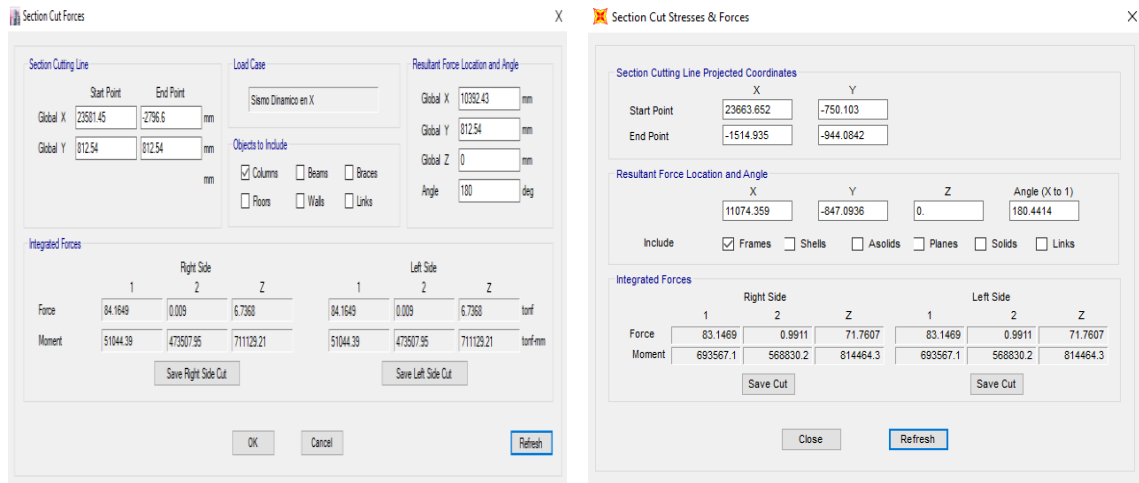


Figura 122: Fuerza absorbida por las columnas ETABS y SAP2000

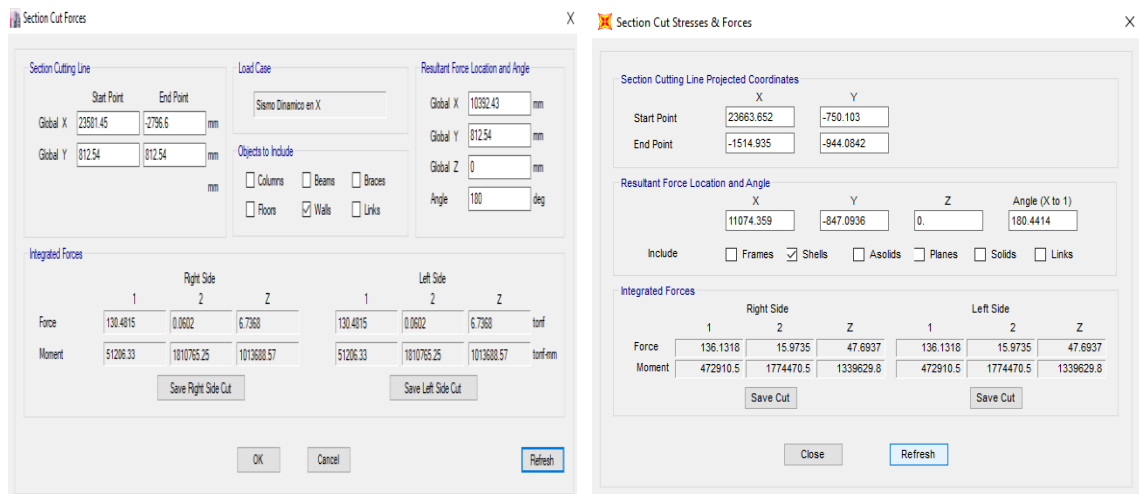


Figura 123: Fuerza absorbida por placas ETABS y SAP2000

Dirección	ETABS				SAP2000		Sistema Estructural
	SAP2000 V Total (Tnf)	ETABS V Total (Tnf)	V absorben COLUMNAS	V absorben los MUROS ESTRUCTURALES	V que absorben las COLUMNAS	V que absorben los MUROS ESTRUCTURALES	
Sentido X	219.19	214.54	84.16 39.23%	130.48 60.82%	83.15 37.93%	136.13 62.11%	DUAL
Sentido Y	232.94	242.26	7.48 3.09%	234.79 96.92%	6.89 2.96%	226.11 97.07%	MUROS ESTRUCTURALES

Tabla 35: Resumen de fuerzas absorbidas en ETABS y SAP2000

Cortantes obtenidas del software ETABS:

Sentido X-X

$$V_{columnas} = 84.16 \text{ tn}$$

$$V_{placas} = 130.48 \text{ tn}$$

El porcentaje de cortante de columnas y placas queda de la siguiente manera:

$$\%V_{columnas} = \frac{V_{columnas}}{V_{total}} * 100\% \rightarrow \%V_{columna} = \frac{84.16}{214.54} \rightarrow 39.23\%$$

$$\%V_{placas} = \frac{V_{placas}}{V_{total}} * 100\% \rightarrow \%V_{placas} = \frac{130.48}{214.54} \rightarrow 60.82\%$$

Sentido Y-Y

$$V_{columnas} = 7.48 \text{ tn}$$

$$V_{placas} = 234.79 \text{ tn}$$

El porcentaje de cortante de columnas y placas queda de la siguiente manera:

$$\%V_{columnas} = \frac{V_{columnas}}{V_{total}} * 100\% \rightarrow \%V_{columna} = \frac{7.48}{242.26} \rightarrow 3.09\%$$

$$\%V_{placas} = \frac{V_{placas}}{V_{total}} * 100\% \rightarrow \%V_{placas} = \frac{234.79}{242.26} \rightarrow 96.92\%$$

Cortantes obtenidas del software SAP2000:

Sentido X-X

$$V_{columnas} = 83.15 \text{ tn}$$

$$V_{placas} = 136.13 \text{ tn}$$

El porcentaje de cortante de columnas y placas queda de la siguiente manera:

$$\%V_{columnas} = \frac{V_{columnas}}{V_{total}} * 100\% \rightarrow \%V_{columna} = \frac{83.15}{219.19} \rightarrow 37.93\%$$

$$\%V_{placas} = \frac{V_{placas}}{V_{total}} * 100\% \rightarrow \%V_{placas} = \frac{136.13}{219.19} \rightarrow 62.11\%$$

Sentido Y-Y

$$V_{columnas} = 6.89 \text{ tn}$$

$$V_{placas} = 226.11 \text{ tn}$$

El porcentaje de cortante de columnas y placas queda de la siguiente manera:

$$\%V_{columnas} = \frac{V_{columnas}}{V_{total}} * 100\% \rightarrow \%V_{columna} = \frac{6.89}{232.94} \rightarrow 2.96\%$$

$$\%V_{placas} = \frac{V_{placas}}{V_{total}} * 100\% \rightarrow \%V_{placas} = \frac{226.11}{232.94} \rightarrow 97.07\%$$

Norma E.030 artículo 16:

**Muros estructurales:** Sistema en el que la resistencia sísmica está dada

predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base. ( $V_{actuante} > 70\%$ )

**Dual:** Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base del edificio. ( $20\% < V_{actuante} < 70\%$ )

### 6.10.1.7. Mostrar tabla de cortante basal

Se realizara el cálculo de la cortante estática y dinámica en ambas direcciones X y Y

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf
Sismo Estatico X	LinStatic		-258.9359	1.853E-14
Sismo Estatico Y	LinStatic		6.217E-15	-302.0919
Sismo Dinamico en X	LinRespSpec	Max	219.1926	16.5505
Sismo Dinamico en Y	LinRespSpec	Max	0.2318	232.9456

Figura 124: Sismo Estático y Dinámico en SAP2000

Software	Cortante	Dirección	Tn
SAP2000	V estática	Sentido X	258.936
		Sentido Y	302.092
	V dinámica	Sentido X	219.193
		Sentido Y	232.946

Tabla 36: Cortante estática y dinámica en SAP2000

Fuerza cortante Minima, se debe cumplir lo estipulado en el articulo 29.4 de la norma E. 030, en donde la cortante dinamica debe ser de almenos el 80% de la cortante estatica para estructuras regulares y 90% para estructuras irregulares.

$$V_{dinamica}(x) > 80\%V_{estatica}(x) \rightarrow 219.193 > 0.8 * 258.9359tn$$

$$V_{dinamica}(x) = 219.193tn > 207.149tn \rightarrow OK$$

$$V_{dinamica}(y) > 80\%V_{estatica}(y) \rightarrow 232.946 > 0.8 * 302.0919tn$$

$$V_{dinamica}(y) = 232.946tn > 241.674tn \rightarrow \text{Factor escala}$$

Se debe escalar en la dirección “Y”

$$F.E = \frac{241.674}{232.946} \rightarrow F.E = 1.037467911$$

	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf
	Sismo Estatico X	LinStatic		-258.9359	1.853E-14
	Sismo Estatico Y	LinStatic		6.217E-15	-302.0919
	Sismo Dinamico en X	LinRespSpec	Max	219.1926	16.5505
▶	Sismo Dinamico en Y	LinRespSpec	Max	0.2373	242.2173

Figura 125: Amplificación de sismo dinámico SAP2000

	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf
	Sismo Estatico X	-254.0454	0
	Sismo Estatico Y	0	-296.3863
	Sismo Dinamico en X Max	214.5393	0.0583
▶	Sismo Dinamico en Y Max	0.068	242.2599

Figura 126: Sismo estático y dinámico en ETABS

Software	Cortante	Direccion	Tn
ETABS	V estática	Sentido X	254.05
		Sentido Y	296.38
	V dinámica	Sentido X	214.54
		Sentido Y	242.26

Tabla 37: Cortante estática y dinámica en ETABS

$$V_{dinamica}(x) > 80\%V_{estatica}(x) \rightarrow 214.539 > 0.8 * 254.0454tn$$

$$V_{dinamica}(x) = 214.539tn > 203.236tn \rightarrow OK$$

$$V_{dinamica}(y) > 80\%V_{estatica}(y) \rightarrow 242.260 > 0.8 * 296.386tn$$

$$V_{dinamica}(y) = 242.260tn > 237.109tn \rightarrow OK$$

## Capítulo VII

### OBTENCION Y ANALISIS DE RESULTADOS

#### 7.1. Elementos estructurales diseñados por ETABS

Se realizara el diseño solo de los elementos estructurales de (Vigas portantes, vigas sísmicas, columnas y muros de corte (placas)). Ya que para los demás elementos estructurales se emplea el software Safe.

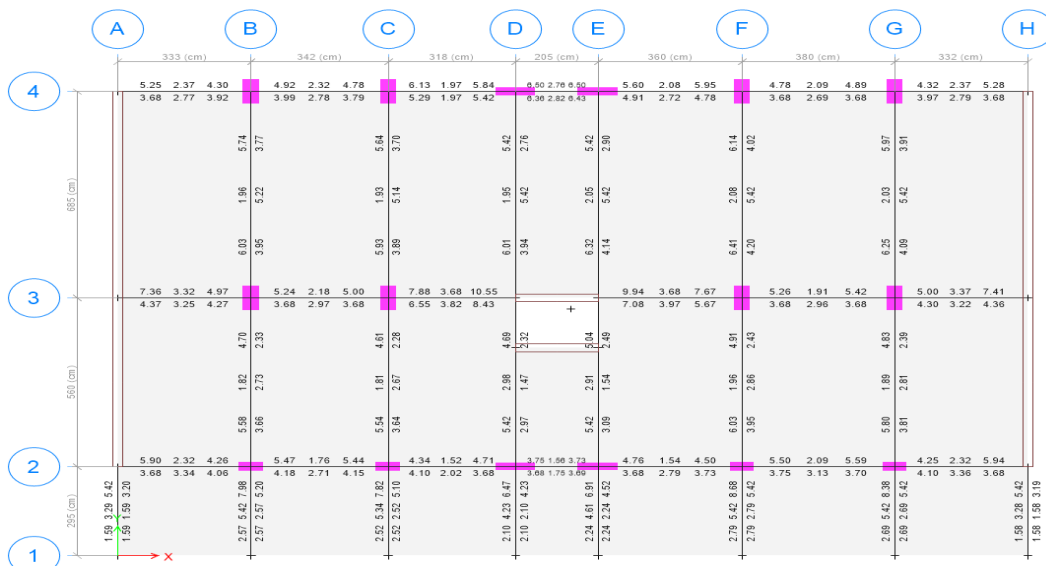


Figura 127: Acero calculado por ETABS

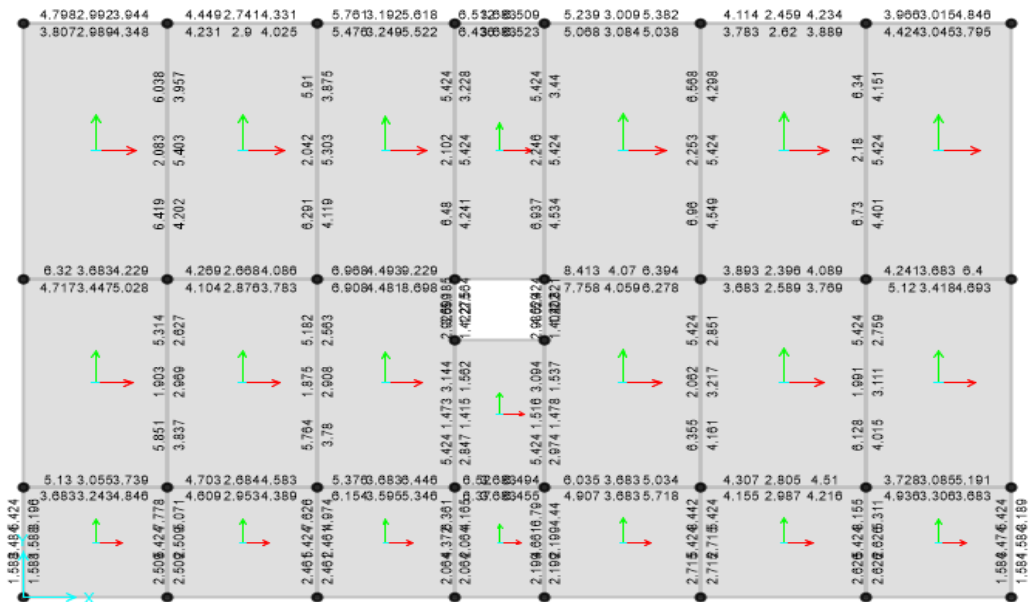
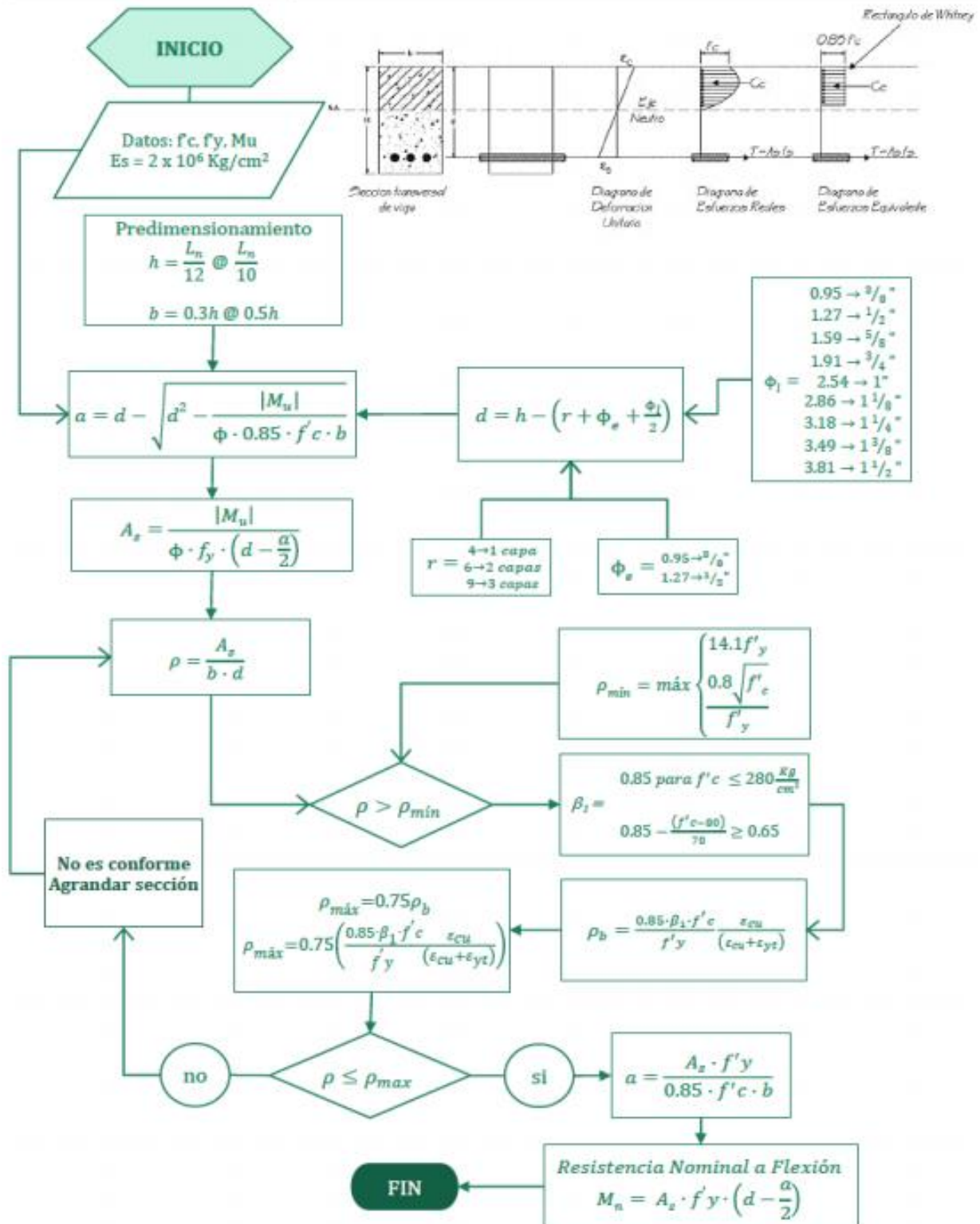
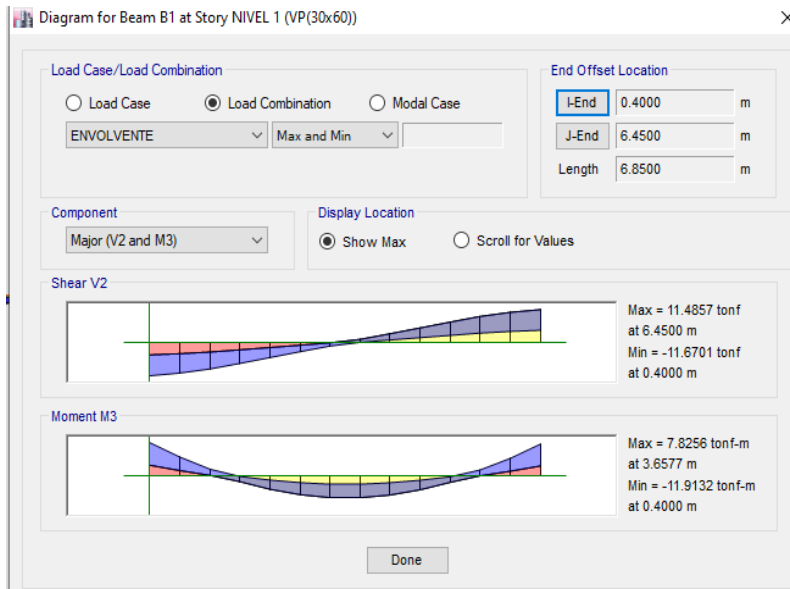


Figura 128: Acero calculado por SAP2000

DIAGRAMA DE FLUJO DE DISEÑO DE VIGAS SIMPLEMENTE REFORZADAS



Fuente: (M., 2015)



ancho b=	30
peralte h=	60
1 Capa d=	54
2 capas d=	51

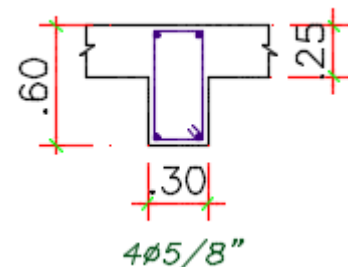
## 1. Diseño longitudinal en Vigas

VP01- EJE B- NIVEL 01		
resistencia de concreto	$f'c =$	280 kg/cm <sup>2</sup>
fluencia de acero	$f'y =$	4200 kg/cm <sup>2</sup>
	$\beta 1 =$	0.85
coeficiente de reducción	$\phi =$	0.90

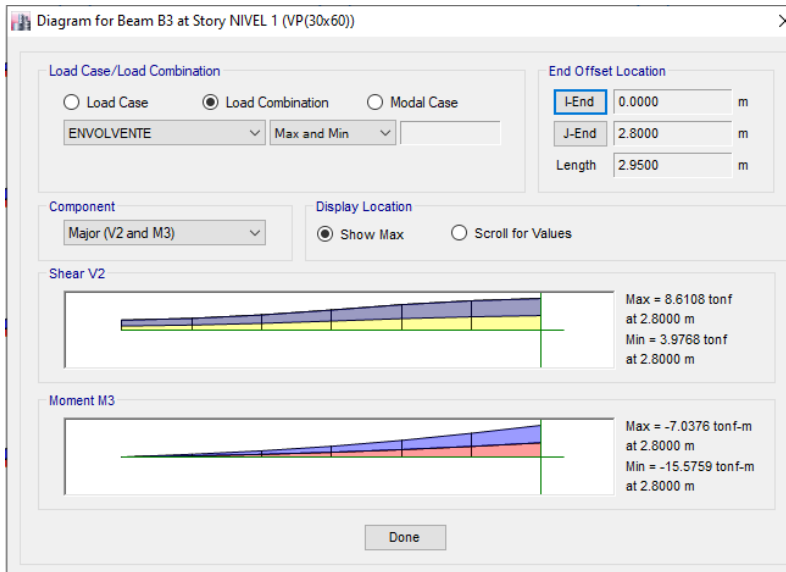
	$Mu =$	<b>11.91 ton-m</b>
zona sísmica	indicar:	Sísmica
cuantía balanceada	$\rho b =$	0.02833
cuantía máxima	$\rho max =$	0.01417
área de acero máximo	$As max =$	21.68 cm <sup>2</sup>
	a max=	12.75 cm
	C máx=	15.00 cm
Momento resistente máximo	$Mur máx =$	36.6 ton-m
verificación	viga:	D.S.R.

peralte efectivo a usar	d=	54.0 cm
ecuación cuadrática	w1=	1.63903227
ecuación cuadrática	w2=	0.05588299
cuantía de diseño	$\rho d =$	0.00372553
	<b>Asd =</b>	<b>6.04 cm<sup>2</sup></b>
límites Asd +10% -5%	6.639 cm <sup>2</sup>	5.73 cm <sup>2</sup>
cuantía mínima	$\rho min =$	0.003187
área de acero mínimo	<b>Asmin =</b>	<b>5.16 cm<sup>2</sup></b>

	Amín	Asd
cantidad	2 phi de	2 phi de
tipo de varilla	$\emptyset 5/8"$	$\emptyset 5/8"$
cantidad	1 phi de	0 phi de
tipo de varilla	$\emptyset 1/2"$	$\emptyset 5/8"$
cantidad		1 phi de
tipo de varilla		$\emptyset 5/8"$
área total de varillas	5.23 cm <sup>2</sup>	5.94 cm <sup>2</sup>
verificaciones	OK	OK



## Ejemplo de diseño de refuerzo longitudinal – VP (30x60)



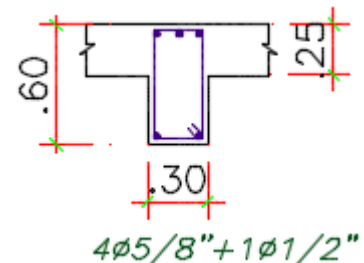
ancho b=	30
peralte h=	60
1 Capa d=	54
2 capas d=	51

VP(Voladizo)- EJE B- NIVEL 02		
resistencia de concreto	$f'c =$	280 kg/cm <sup>2</sup>
fluencia de acero	$f'y =$	4200 kg/cm <sup>2</sup>
	$\beta 1 =$	0.85
coeficiente de reducción	$\phi =$	0.90

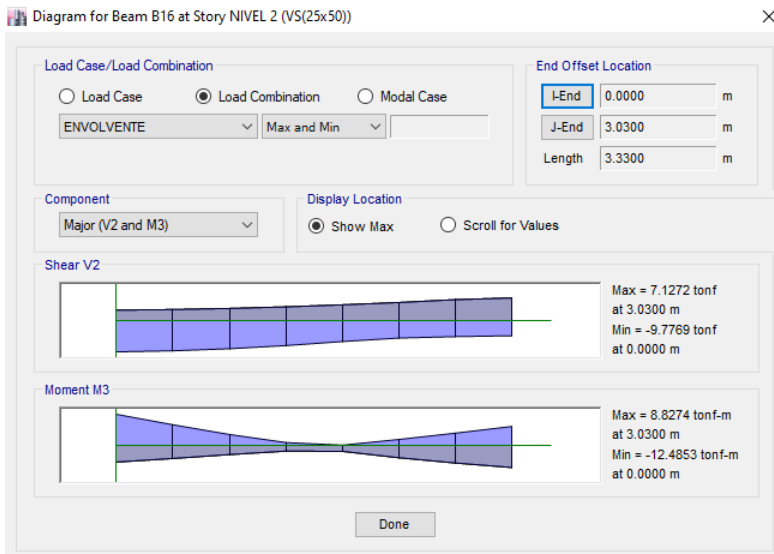
	Mu =	<b>15.58 ton-m</b>
zona sísmica	indicar:	Sísmica
cuantía balanceada	$\rho b =$	0.02833
cuantía máxima	$\rho_{max} =$	0.01417
área de acero máximo	$A_{smáx} =$	21.68 cm <sup>2</sup>
	a max=	12.75 cm
	C máx=	15.00 cm
Momento resistente máximo	$MuRmáx =$	36.6 ton-m
verificación	viga:	D.S.R.

peralte efectivo a usar	d=	54.0 cm
ecuación cuadrática	w1=	1.62104016
ecuación cuadrática	w2=	0.07387509
cuantía de diseño	$\rho d =$	0.00492501
	Asd=	<b>7.98 cm<sup>2</sup></b>
límites Asd +10% -5%	8.776 cm <sup>2</sup>	7.58 cm <sup>2</sup>
cuantía mínima	$\rho_{min} =$	0.003187
área de acero mínimo	Asmin=	<b>5.16 cm<sup>2</sup></b>

	Amín	Asd
cantidad	2 phi de	3 phi de
tipo de varilla	Ø 5/8"	Ø 5/8"
cantidad	1 phi de	0 phi de
tipo de varilla	Ø 1/2"	Ø 5/8"
cantidad		1 phi de
tipo de varilla		Ø 1/2"
área total de varillas	5.23 cm <sup>2</sup>	7.20 cm <sup>2</sup>
verificaciones	OK	OK



## Ejemplo de diseño de refuerzo longitudinal – VS (25x50)



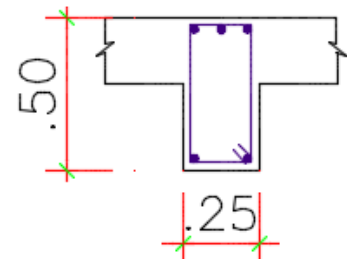
ancho b=	25
peralte h=	50
1 Capa d=	44
2 capas d=	41

VS- EJE 2-2- NIVEL 02		
resistencia de concreto	$f'c =$	280 kg/cm <sup>2</sup>
fluencia de acero	$f'y =$	4200 kg/cm <sup>2</sup>
	$\beta 1 =$	0.85
coeficiente de reducción	$\phi =$	0.90

	$Mu =$	<b>12.49 ton-m</b>
zona sísmica	indicar:	Sísmica
cuantía balanceada	$\rho b =$	0.02833
cuantía máxima	$\rho_{max} =$	0.01417
área de acero máximo	$As_{m\acute{a}x} =$	14.52 cm <sup>2</sup>
	a max=	10.25 cm
	C máx=	12.06 cm
Momento resistente máximo	$MuR_{m\acute{a}x} =$	19.7 ton-m
verificación	viga:	D.S.R.

peralte efectivo a usar	d=	44.0 cm
ecuación cuadrática	w1=	1.58548459
ecuación cuadrática	w2=	0.10943067
cuantía de diseño	$\rho d =$	0.00729538
	$Asd =$	<b>8.02 cm<sup>2</sup></b>
límites $Asd +10\% -5\%$	8.827 cm <sup>2</sup>	7.62 cm <sup>2</sup>
cuantía mínima	$\rho_{min} =$	0.003187
área de acero mínimo	$As_{min} =$	<b>3.51 cm<sup>2</sup></b>

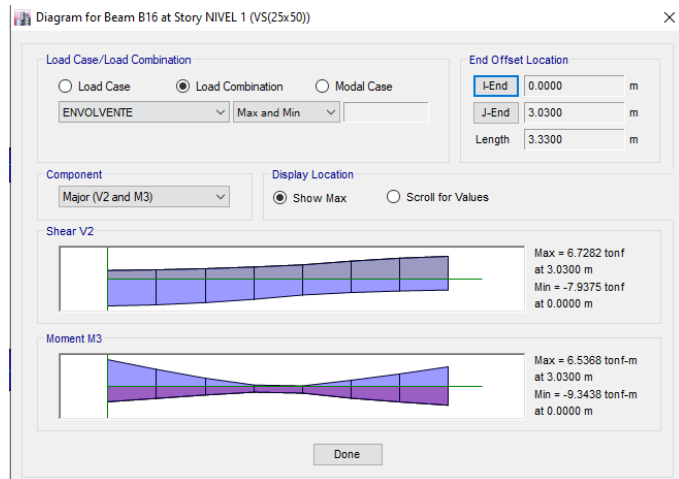
	Amín	Asd
cantidad	2 phi de	4 phi de
tipo de varilla	$\emptyset 5/8"$	$\emptyset 5/8"$
cantidad	1 phi de	0 phi de
tipo de varilla	$\emptyset 1/2"$	$\emptyset 5/8"$
cantidad		1 phi de
tipo de varilla		$\emptyset 3/8"$
área total de varillas	5.23 cm <sup>2</sup>	8.63 cm <sup>2</sup>
verificaciones	OK	OK



$$4\emptyset 5/8" + 1\emptyset 3/8"$$

### Diseño por cortante VS (0.25x0.50)

VS(25x50) -EJE2-2	
Ln (m)	<b>3.00</b>
wd (Tn/m)	<b>1.745</b>
wl (Tn/m)	<b>0.812</b>
wu (Tn/m)	3.19625
f'c (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>2800</b>
fy (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>42000</b>
Øv	<b>1</b>
Øv <sub>2h</sub>	<b>0.85</b>
b (m)	<b>0.25</b>
h (m)	<b>0.5</b>

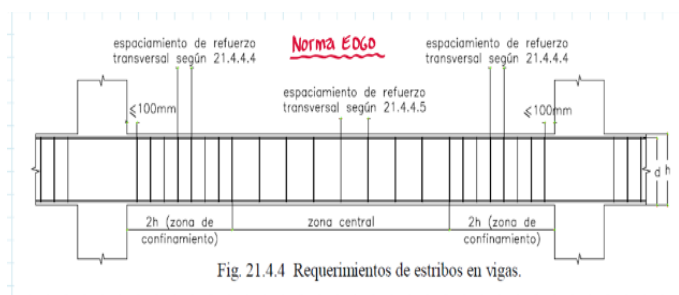


d <sub>i</sub> <sup>+</sup> (m)	<b>0.44</b>
d <sub>i</sub> <sup>-</sup> (m)	<b>0.44</b>
d <sub>d</sub> <sup>+</sup> (m)	<b>0.44</b>
d <sub>d</sub> <sup>-</sup> (m)	<b>0.44</b>
As <sub>i</sub> <sup>+</sup> (cm <sup>2</sup> )	<b>3.98</b>
As <sub>i</sub> <sup>-</sup> (cm <sup>2</sup> )	<b>4.69</b>
As <sub>d</sub> <sup>+</sup> (cm <sup>2</sup> )	<b>3.98</b>
As <sub>d</sub> <sup>-</sup> (cm <sup>2</sup> )	<b>3.98</b>
a <sub>i</sub> <sup>+</sup> (m)	0.03
a <sub>i</sub> <sup>-</sup> (m)	0.03
a <sub>d</sub> <sup>+</sup> (m)	0.03
a <sub>d</sub> <sup>-</sup> (m)	0.03

Av (cm <sup>2</sup> )	<b>1.42</b>
db (pulg)	<b>5/8</b>
dbh (pulg)	<b>3/8</b>
s1 (m)	0.26
s2 (m)	0.11
s3 (m)	0.16
s4 (m)	0.23
s5 (m)	0.30
<b>s (m)</b>	<b>0.11</b>

Vu <sub>2h</sub> (Tn)	<b>8.35</b>
Vc (Tn)	<b>9.76</b>
Vs <sub>2h</sub> (Tn)	<b>0.07</b>
s <sub>12h</sub> (m)	<b>38.54</b>
s <sub>22h</sub> (m)	<b>0.22</b>
<b>s<sub>2h</sub> (m)</b>	<b>0.22</b>

Mn <sub>i</sub> <sup>+</sup> (Tn-m)	7.12
Mn <sub>i</sub> <sup>-</sup> (Tn-m)	8.34
Mn <sub>d</sub> <sup>+</sup> (Tn-m)	7.12
Mn <sub>d</sub> <sup>-</sup> (Tn-m)	7.12
Vu <sub>d</sub> (Tn)	9.54
Vu <sub>i</sub> (Tn)	9.95
Vu (Tn)	9.95
Vs (Tn)	9.95

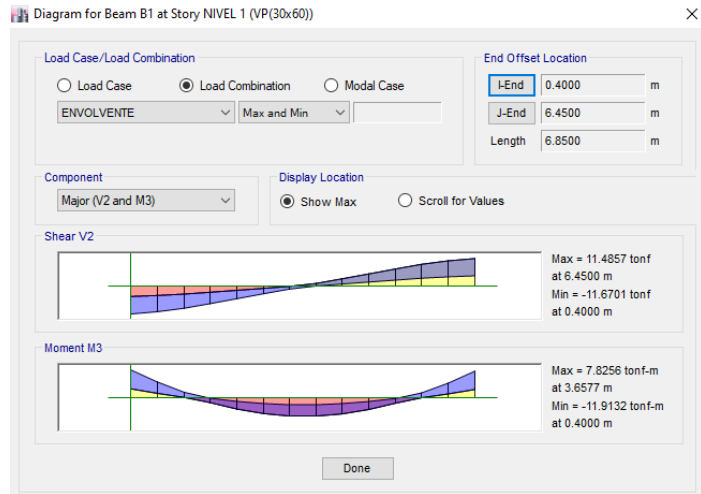


Usar:

Ø 3/8" 1@0.05, 10@0.10, Rsto. @ 0.25

### Diseño por cortante VP (0.30x0.60)

VS(30x60) -EJE B-B	
Ln (m)	<b>6.00</b>
wd (Tn/m)	<b>2.007</b>
wl (Tn/m)	<b>1.05</b>
wu (Tn/m)	3.82125
f'c (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>2800</b>
fy (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>42000</b>
Øv	<b>1</b>
Øv <sub>2h</sub>	<b>0.85</b>
b (m)	<b>0.3</b>
h (m)	<b>0.6</b>

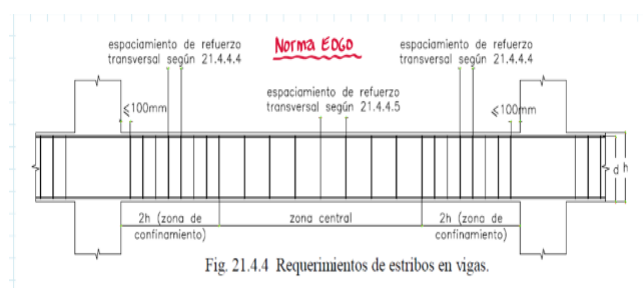


d <sub>i</sub> <sup>+</sup> (m)	<b>0.54</b>
d <sub>i</sub> <sup>-</sup> (m)	<b>0.54</b>
d <sub>d</sub> <sup>+</sup> (m)	<b>0.54</b>
d <sub>d</sub> <sup>-</sup> (m)	<b>0.54</b>
As <sub>i</sub> <sup>+</sup> (cm <sup>2</sup> )	<b>3.98</b>
As <sub>i</sub> <sup>-</sup> (cm <sup>2</sup> )	<b>4.69</b>
As <sub>d</sub> <sup>+</sup> (cm <sup>2</sup> )	<b>3.98</b>
As <sub>d</sub> <sup>-</sup> (cm <sup>2</sup> )	<b>3.98</b>
a <sub>i</sub> <sup>+</sup> (m)	0.02
a <sub>i</sub> <sup>-</sup> (m)	0.03
a <sub>d</sub> <sup>+</sup> (m)	0.02
a <sub>d</sub> <sup>-</sup> (m)	0.02

Av (cm <sup>2</sup> )	<b>1.42</b>
db (pulg)	<b>5/8</b>
dbh (pulg)	<b>3/8</b>
s1 (m)	0.22
s2 (m)	0.14
s3 (m)	0.16
s4 (m)	0.23
s5 (m)	0.30
<b>s (m)</b>	<b>0.14</b>

Vu <sub>2h</sub> (Tn)	12.37
Vc (Tn)	14.37
Vs <sub>2h</sub> (Tn)	0.19
s <sub>1</sub> <sub>2h</sub> (m)	17.29
s <sub>2</sub> <sub>2h</sub> (m)	0.27
<b>s<sub>2h</sub> (m)</b>	<b>0.27</b>

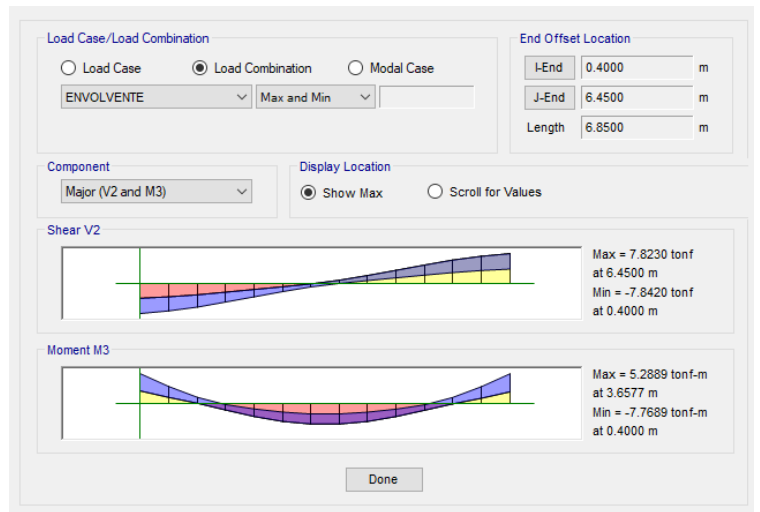
Mn <sub>i</sub> <sup>+</sup> (Tn-m)	8.83
Mn <sub>i</sub> <sup>-</sup> (Tn-m)	10.37
Mn <sub>d</sub> <sup>+</sup> (Tn-m)	8.83
Mn <sub>d</sub> <sup>-</sup> (Tn-m)	8.83
Vu <sub>d</sub> (Tn)	14.41
Vu <sub>i</sub> (Tn)	14.66
Vu (Tn)	14.66
Vs (Tn)	14.66



Usar:

**Ø 3/8" 1@0.05, 12@0.15, Rsto. @ 0.25**

VS -EJE B-B-AZOTEA	
Ln (m)	<b>6.00</b>
wd (Tn/m)	<b>1.762</b>
wl (Tn/m)	<b>0.35</b>
wu (Tn/m)	2.64
f'c (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>2800</b>
fy (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>42000</b>
Øv	<b>1</b>
Øv <sub>2h</sub>	<b>0.85</b>
b (m)	<b>0.25</b>
h (m)	<b>0.5</b>

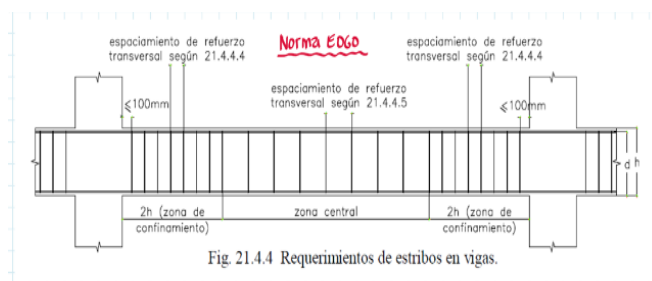


d <sub>i</sub> <sup>+</sup> (m)	<b>0.44</b>
d <sub>i</sub> <sup>-</sup> (m)	<b>0.44</b>
d <sub>d</sub> <sup>+</sup> (m)	<b>0.44</b>
d <sub>d</sub> <sup>-</sup> (m)	<b>0.44</b>
As <sub>i</sub> <sup>+</sup> (cm <sup>2</sup> )	<b>7.96</b>
As <sub>i</sub> <sup>-</sup> (cm <sup>2</sup> )	<b>7.96</b>
As <sub>d</sub> <sup>+</sup> (cm <sup>2</sup> )	<b>7.96</b>
As <sub>d</sub> <sup>-</sup> (cm <sup>2</sup> )	<b>7.96</b>
a <sub>i</sub> <sup>+</sup> (m)	0.06
a <sub>i</sub> <sup>-</sup> (m)	0.06
a <sub>d</sub> <sup>+</sup> (m)	0.06
a <sub>d</sub> <sup>-</sup> (m)	0.06

Av (cm <sup>2</sup> )	<b>1.42</b>
db (pulg)	<b>5/8</b>
dbh (pulg)	<b>3/8</b>
s1 (m)	0.21
s2 (m)	0.11
s3 (m)	0.16
s4 (m)	0.23
s5 (m)	0.30
<b>s (m)</b>	<b>0.11</b>

Vu <sub>2h</sub> (Tn)	<b>11.19</b>
Vc (Tn)	<b>9.76</b>
Vs <sub>2h</sub> (Tn)	<b>3.41</b>
s <sub>12h</sub> (m)	<b>0.77</b>
s <sub>22h</sub> (m)	<b>0.22</b>
<b>s<sub>2h</sub> (m)</b>	<b>0.22</b>

Mn <sub>i</sub> <sup>+</sup> (Tn-m)	<b>13.77</b>
Mn <sub>i</sub> <sup>-</sup> (Tn-m)	<b>13.77</b>
Mn <sub>d</sub> <sup>+</sup> (Tn-m)	<b>13.77</b>
Mn <sub>d</sub> <sup>-</sup> (Tn-m)	<b>13.77</b>
Vu <sub>d</sub> (Tn)	<b>12.51</b>
Vu <sub>i</sub> (Tn)	<b>12.51</b>
Vu (Tn)	<b>12.51</b>
Vs (Tn)	<b>12.51</b>



Usar:

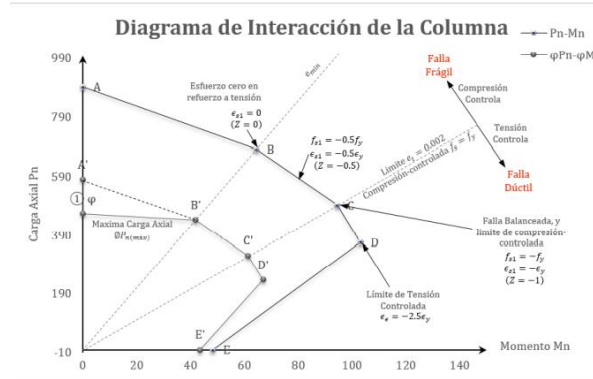
**Ø 3/8" 1@0.05, 10@0.10, Rsto. @ 0.20**

**COLUMNA C-1 (0.4 x 0.80) ESQUINA**

Curve #1 0 deg			
Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
1	497.495	0	0
2	497.495	0	13.7403
3	463.672	0	22.2245
4	391.4597	0	28.273
5	313.2393	0	31.9709
6	226.6887	0	33.556
7	181.9284	0	35.3283
8	124.8675	0	34.5369
9	38.4707	0	25.1894
10	-53.4946	0	11.9624
11	-120.96	0	0

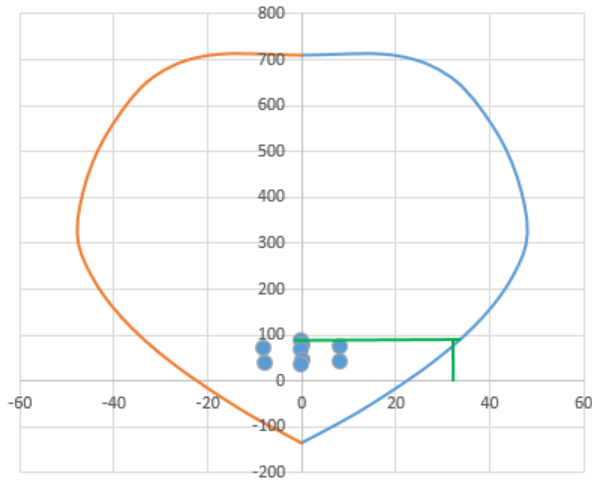
Curve #13 180 deg			
Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
1	497.495	0	0
2	497.495	0	-13.7403
3	463.672	0	-22.2245
4	391.4597	0	-28.273
5	313.2393	0	-31.9709
6	226.6887	0	-33.556
7	181.9284	0	-35.3283
8	124.8675	0	-34.5369
9	38.4707	0	-25.1894
10	-53.4946	0	-11.9624
11	-120.96	0	0

Se procederá a la creación del diagrama de iteración de la columna y se verificara que todas las combinaciones de cargas estén dentro del rango.

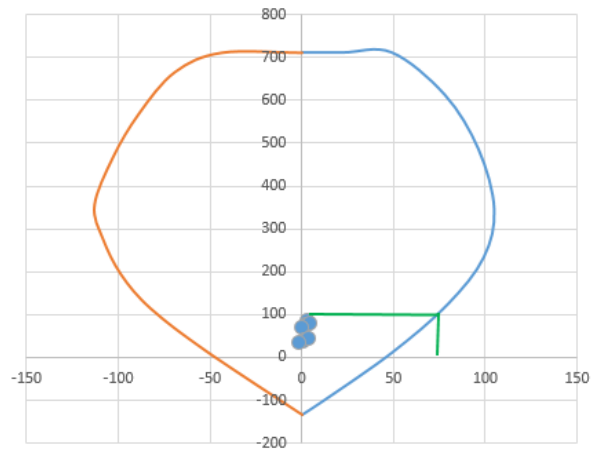


Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
	m	tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Carga Muerta	0.00	45.44	-0.05	1.14	0.00	1.20	-0.05
Carga Viva	0.00	14.20	-0.02	0.58	0.00	0.64	-0.02
Sismo Dinamico en X Max	0.00	1.63	3.50	0.04	0.01	0.12	8.01
Sismo Dinamico en Y Max	0.00	4.95	0.11	0.79	0.01	2.41	0.16
<b>COMBO 01</b>		<b>87.759</b>	-0.091	2.581	0.000	<b>2.769</b>	<b>-0.102</b>
<b>COMBO 02</b>		<b>76.177</b>	3.425	2.191	0.007	<b>2.426</b>	<b>7.922</b>
<b>COMBO 03</b>		<b>72.926</b>	-3.580	2.108	-0.007	<b>2.177</b>	<b>-8.095</b>
<b>COMBO 04</b>		<b>79.500</b>	0.034	2.936	0.007	<b>4.709</b>	<b>0.073</b>
<b>COMBO 05</b>		<b>69.603</b>	-0.188	1.362	-0.008	<b>-0.105</b>	<b>-0.245</b>
<b>COMBO 06</b>		<b>42.521</b>	3.462	1.069	0.007	<b>1.207</b>	<b>7.962</b>
<b>COMBO 07</b>		<b>39.269</b>	-3.543	0.986	-0.007	<b>0.958</b>	<b>-8.055</b>
<b>COMBO 08</b>		<b>45.844</b>	0.070	1.815	0.007	<b>3.489</b>	<b>0.113</b>
<b>COMBO 09</b>		<b>35.946</b>	-0.152	0.241	-0.008	<b>-1.325</b>	<b>-0.206</b>

SX : DIAGRAM DE INTERACCIÓN NOMINAL  
ALREDEDOR DEL EJE 3-3



SY : DIAGRAM DE INTERACCIÓN NOMINAL  
ALREDEDOR DEL EJE 2-2



Mn33 (Tn-m)	<b>34</b>
hn (m)	<b>3.30</b>
Vu22 (Tn)	20.61
$\phi_v$	<b>1</b>
$\phi_{vL}$	<b>0.85</b>
Vs (Tn)	20.6060606
b (m)	<b>0.40</b>
h (m)	<b>0.80</b>
d (m)	<b>0.34</b>
fy (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>42000</b>
Av (cm <sup>2</sup> )	<b>1.42</b>
db (pulg)	<b>5/8</b>
dbh (pulg)	<b>3/8</b>
s1 (m)	0.10
s2 (m)	0.13
s3 (m)	0.20
s4 (m)	0.10
s (m)	0.10
Lo (m)	0.80

f'c (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>2800</b>
Vc (Tn)	52.50
Vs (Tn)	6.32
s1 <sub>lo</sub> (m)	1.396
s2 <sub>lo</sub> (m)	0.254
s3 <sub>lo</sub> (m)	0.457
s4 <sub>lo</sub> (m)	0.40
s5 <sub>lo</sub> (m)	0.30
s <sub>lo</sub> (m)	0.25

Mn22 (Tn-m)	<b>75</b>
hn (m)	<b>3.00</b>
Vu22 (Tn)	50.00
$\phi_v$	<b>1</b>
$\phi_{vL}$	<b>0.85</b>
Vs (Tn)	50
b (m)	<b>0.40</b>
h (m)	<b>0.80</b>
d (m)	<b>0.74</b>
fy (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>42000</b>
Av (cm <sup>2</sup> )	<b>2.84</b>
db (pulg)	<b>5/8</b>
dbh (pulg)	<b>3/8</b>
s1 (m)	0.18
s2 (m)	0.13
s3 (m)	0.20
s4 (m)	0.10
s (m)	0.10
Lo (m)	0.80

f'c (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>2800</b>
Vc (Tn)	24.12
Vs (Tn)	0.12
s1 <sub>lo</sub> (m)	16.920
s2 <sub>lo</sub> (m)	0.254
s3 <sub>lo</sub> (m)	0.457
s4 <sub>lo</sub> (m)	0.40
s5 <sub>lo</sub> (m)	0.30
s <sub>lo</sub> (m)	0.25

Usar []:  $\phi 3/8''$  1@0.05, 8@0.10, Rto.@0.25

**COLUMNA C-1 (0.4 x 0.80) CENTRAL**

Curve #1 0 deg			
Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
1	279.841	0	0
2	279.841	0	11.6467
3	263.2967	0	18.9346
4	224.5487	0	24.1791
5	182.7866	0	27.6629
6	137.1925	0	29.563
7	113.3737	0	31.8392
8	84.3856	0	32.3306
9	35.7662	0	24.7462
10	-14.4938	0	13.9978
11	-68.04	0	0

Curve #7 90 deg			
Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
1	279.841	0	0
2	279.841	6.0545	0
3	257.6917	9.7385	0
4	215.2286	12.3834	0
5	169.3349	13.9311	0
6	115.4804	14.3674	0
7	94.9209	14.6743	0
8	64.2445	14.1175	0
9	20.2545	10.1732	0
10	-36.9507	4.2874	0
11	-68.04	0	0

Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
Carga Muerta	0	61.156	-0.096	0.366	0.000	0.443	-0.111
Carga Viva	0	17.909	-0.031	0.068	0.000	0.081	-0.034
Carga Viva Techo	0	1.784	-0.004	0.001	0.000	0.001	-0.005
Sismo Dinamico en X Max	0	2.722	4.086	0.015	0.002	0.026	9.630
Sismo Dinamico en Y Max	0	4.611	0.120	0.159	0.002	0.314	0.169

COMBO 01	<b>119.097</b>	-0.194	0.630	0.000	<b>0.761</b>	<b>-0.221</b>
COMBO 02	<b>103.783</b>	3.922	0.559	0.002	<b>0.683</b>	<b>9.443</b>
COMBO 03	<b>98.340</b>	-4.249	0.530	-0.002	<b>0.631</b>	<b>-9.817</b>
COMBO 04	<b>105.672</b>	-0.044	0.703	0.002	<b>0.971</b>	<b>-0.018</b>
COMBO 05	<b>96.451</b>	-0.284	0.386	-0.002	<b>0.343</b>	<b>-0.356</b>
COMBO 06	<b>57.762</b>	3.999	0.344	0.002	<b>0.425</b>	<b>9.530</b>
COMBO 07	<b>52.319</b>	-4.172	0.315	-0.002	<b>0.373</b>	<b>-9.730</b>
COMBO 08	<b>59.651</b>	0.033	0.488	0.002	<b>0.713</b>	<b>0.069</b>
COMBO 09	<b>50.430</b>	-0.207	0.171	-0.002	<b>0.085</b>	<b>-0.269</b>

DIAGRAMA DE INTERACION ALREDEDOR EJE 3-3 Sismo  
X

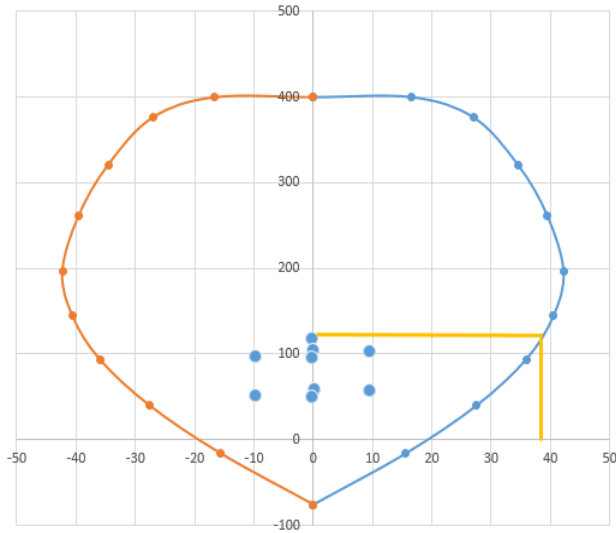
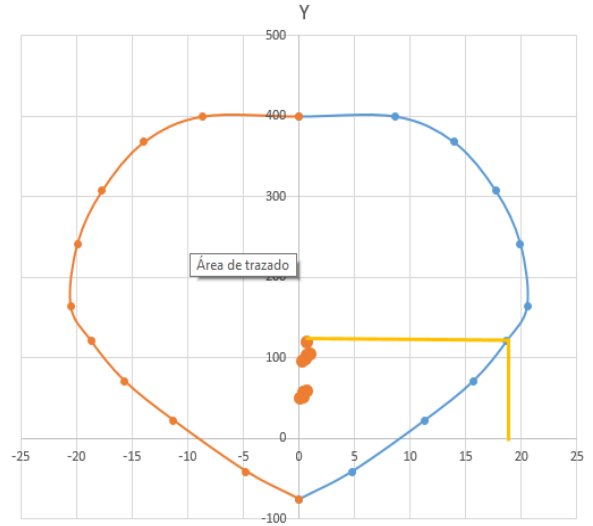


DIAGRAMA DE INTERACION ALREDEDOR EJE 2-2 Sismo  
Y



Mn33 (Tn-m)	<b>39</b>
hn (m)	<b>3.30</b>
Vu22 (Tn)	23.64
$\phi_v$	<b>1</b>
$\phi_{vL}$	<b>0.85</b>
Vs (Tn)	23.6363636
b (m)	<b>0.60</b>
h (m)	<b>0.30</b>
d (m)	<b>0.54</b>
fy (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>42000</b>
Av (cm <sup>2</sup> )	<b>1.42</b>
db (pulg)	<b>5/8</b>
dbh (pulg)	<b>3/8</b>
s1 (m)	0.14
s2 (m)	0.13
s3 (m)	0.15
s4 (m)	0.10
s (m)	0.10
Lo (m)	0.60

f'c (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>2800</b>
Vc (Tn)	14.37
Vs (Tn)	13.44
s1 <sub>Lo</sub> (m)	0.240
s2 <sub>Lo</sub> (m)	0.254
s3 <sub>Lo</sub> (m)	0.457
s4 <sub>Lo</sub> (m)	0.30
s5 <sub>Lo</sub> (m)	0.30
s <sub>Lo</sub> (m)	0.24

Mn22 (Tn-m)	<b>18.5</b>
hn (m)	<b>3.30</b>
Vu22 (Tn)	11.21
$\phi_v$	<b>1</b>
$\phi_{vL}$	<b>0.85</b>
Vs (Tn)	11.2121212
b (m)	<b>0.60</b>
h (m)	<b>0.30</b>
d (m)	<b>0.24</b>
fy (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>42000</b>
Av (cm <sup>2</sup> )	<b>1.42</b>
db (pulg)	<b>5/8</b>
dbh (pulg)	<b>3/8</b>
s1 (m)	0.13
s2 (m)	0.13
s3 (m)	0.15
s4 (m)	0.10
s (m)	0.10
Lo (m)	0.60

f'c (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>2800</b>
Vc (Tn)	6.39
Vs (Tn)	6.81
s1 <sub>Lo</sub> (m)	0.210
s2 <sub>Lo</sub> (m)	0.254
s3 <sub>Lo</sub> (m)	0.457
s4 <sub>Lo</sub> (m)	0.30
s5 <sub>Lo</sub> (m)	0.30
s <sub>Lo</sub> (m)	0.21

Usar []:  $\phi 3/8''$  1@0.05, 6@0.10, Rto.@0.20

### COLUMNA C-2 (0.3 x 0.60)

Curve #1 0 deg			
Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
1	279.841	0	0
2	279.841	0	11.6467
3	263.2967	0	18.9346
4	224.5487	0	24.1791
5	182.7866	0	27.6629
6	137.1925	0	29.563
7	113.3737	0	31.8392
8	84.3856	0	32.3306
9	35.7662	0	24.7462
10	-14.4938	0	13.9978
11	-68.04	0	0

Curve #7 90 deg			
Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
1	279.841	0	0
2	279.841	6.0545	0
3	257.6917	9.7385	0
4	215.2286	12.3834	0
5	169.3349	13.9311	0
6	115.4804	14.3674	0
7	94.9209	14.6743	0
8	64.2445	14.1175	0
9	20.2545	10.1732	0
10	-36.9507	4.2874	0
11	-68.04	0	0

Load Case/Combo	Station m	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m	M2 tonf-m	M3 tonf-m
Carga Muerta	0	61.156	-0.096	0.366	0.000	0.443	-0.111
Carga Viva	0	19.693	-0.031	0.068	0.000	0.081	-0.034
Sismo Dinámico en X Max	0	2.722	4.086	0.015	0.002	0.026	9.630
Sismo Dinámico en Y Max	0	4.611	0.120	0.159	0.002	0.314	0.169
<b>COMBO 01</b>		<b>119.097</b>	<b>-0.187</b>	<b>0.629</b>	<b>0.000</b>	<b>0.759</b>	<b>-0.213</b>
<b>COMBO 02</b>		<b>103.783</b>	<b>3.927</b>	<b>0.558</b>	<b>0.002</b>	<b>0.682</b>	<b>9.449</b>
<b>COMBO 03</b>		<b>98.340</b>	<b>-4.244</b>	<b>0.528</b>	<b>-0.002</b>	<b>0.630</b>	<b>-9.811</b>
<b>COMBO 04</b>		<b>105.672</b>	<b>-0.039</b>	<b>0.702</b>	<b>0.002</b>	<b>0.970</b>	<b>-0.012</b>
<b>COMBO 05</b>		<b>96.451</b>	<b>-0.279</b>	<b>0.385</b>	<b>-0.002</b>	<b>0.342</b>	<b>-0.350</b>
<b>COMBO 06</b>		<b>57.762</b>	<b>3.999</b>	<b>0.344</b>	<b>0.002</b>	<b>0.425</b>	<b>9.530</b>
<b>COMBO 07</b>		<b>52.319</b>	<b>-4.172</b>	<b>0.315</b>	<b>-0.002</b>	<b>0.373</b>	<b>-9.730</b>
<b>COMBO 08</b>		<b>59.651</b>	<b>0.033</b>	<b>0.488</b>	<b>0.002</b>	<b>0.713</b>	<b>0.069</b>
<b>COMBO 09</b>		<b>50.430</b>	<b>-0.207</b>	<b>0.171</b>	<b>-0.002</b>	<b>0.085</b>	<b>-0.269</b>

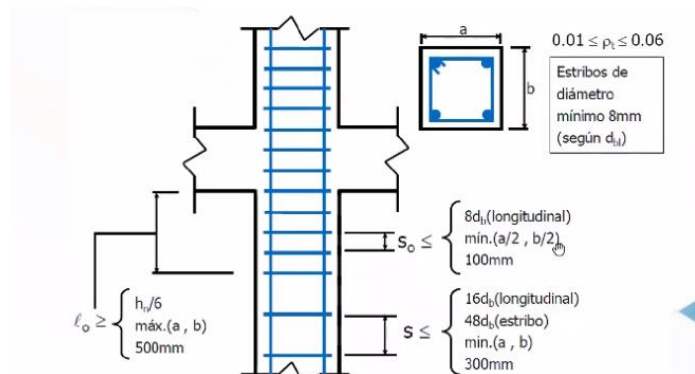
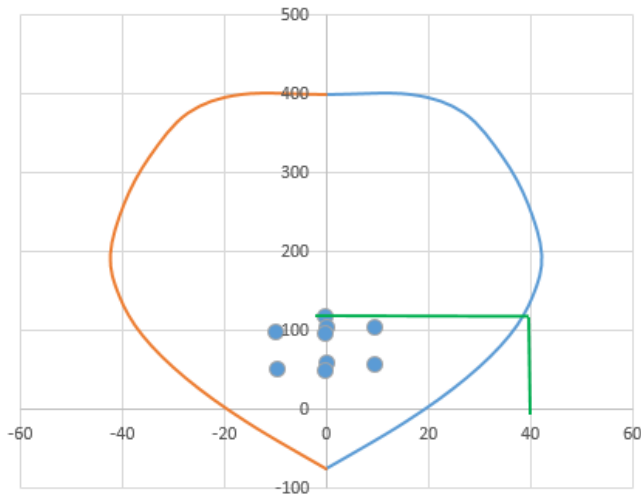
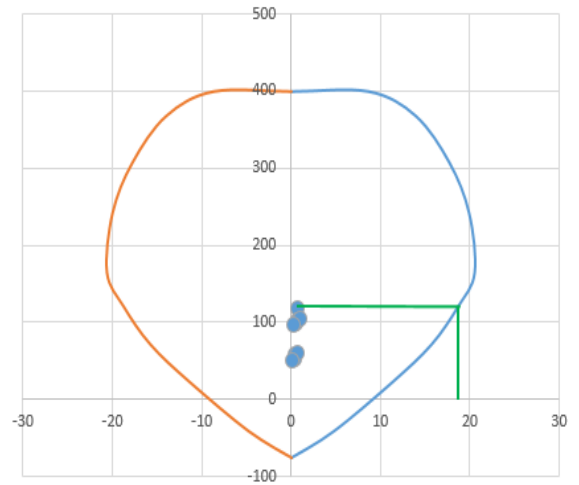


Figura 129: Distribución de acero

SX : DIAGRAMA DE INTERACCIÓN NOMINAL  
ALREDEDOR DEL EJE 3-3



SY : DIAGRAMA DE INTERACCIÓN NOMINAL  
ALREDEDOR DEL EJE 2-2



Mn33 (Tn-m)	<b>39</b>
hn (m)	<b>3.20</b>
Vu22 (Tn)	24.38
Øv	<b>1</b>
ØvL	<b>0.85</b>
Vs (Tn)	24.375
b (m)	<b>0.60</b>
h (m)	<b>0.30</b>
d (m)	<b>0.54</b>
fy (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>42000</b>
Av (cm <sup>2</sup> )	<b>2.84</b>
db (pulg)	<b>5/8</b>
dbh (pulg)	<b>3/8</b>
s1 (m)	0.26
s2 (m)	0.13
s3 (m)	0.15
s4 (m)	0.10
s (m)	0.10
Lo (m)	0.60

f'c (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>2800</b>
Vc (Tn)	14.37
Vs (Tn)	14.31
s1 <sub>lo</sub> (m)	0.450
s2 <sub>lo</sub> (m)	0.254
s3 <sub>lo</sub> (m)	0.457
s4 <sub>lo</sub> (m)	0.30
s5 <sub>lo</sub> (m)	0.30
s <sub>lo</sub> (m)	0.25

Mn22 (Tn-m)	<b>18</b>
hn (m)	<b>3.20</b>
Vu22 (Tn)	11.25
Øv	<b>1</b>
ØvL	<b>0.85</b>
Vs (Tn)	11.25
b (m)	<b>0.60</b>
h (m)	<b>0.30</b>
d (m)	<b>0.24</b>
fy (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>42000</b>
Av (cm <sup>2</sup> )	<b>1.42</b>
db (pulg)	<b>5/8</b>
dbh (pulg)	<b>3/8</b>
s1 (m)	0.13
s2 (m)	0.13
s3 (m)	0.15
s4 (m)	0.10
s (m)	0.10
Lo (m)	0.60

f'c (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>2800</b>
Vc (Tn)	6.39
Vs (Tn)	6.85
s1 <sub>lo</sub> (m)	0.209
s2 <sub>lo</sub> (m)	0.254
s3 <sub>lo</sub> (m)	0.457
s4 <sub>lo</sub> (m)	0.30
s5 <sub>lo</sub> (m)	0.30
s <sub>lo</sub> (m)	0.21

Usar []: Ø3/8" 1@0.05, 6@0.10, Rto.@0.25

## Diseño de Muros de Corte PX1 (e=0.25)

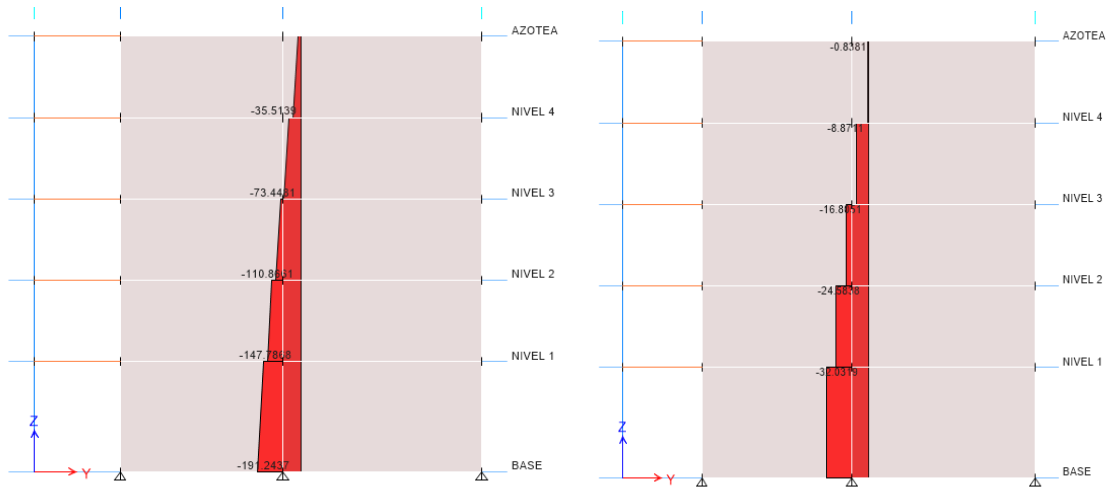


Figura 130: Diagrama de Fuerza axial en el muro, Carga Muerta y viva

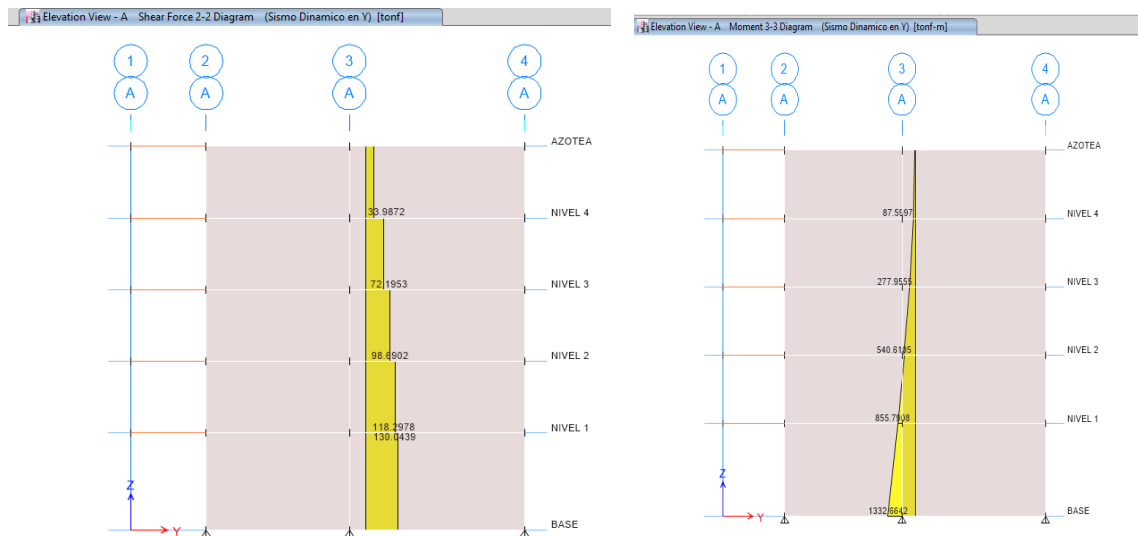


Figura 131: Diagrama de corte debido al sismo

Cuantilla Mínima:

$$A_s = 0.0025 * 100\text{cm} * 25\text{cm}$$

$$A_s = 6.25\text{cm}^2$$

Espaciamiento:

$$S = \frac{A_v}{A_s} \rightarrow \frac{0.71\text{cm}^2}{6.25\text{cm}^2} = 0.11 * 2 \text{ capas}$$

$$S = 0.22 \text{ cm}$$

Se tomara  $S = 0.20$

$$\text{Usar: } \phi \frac{3}{8} @ 0.20\text{m}$$

Load Case/Combo	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m	M2 tonf- m	M3 tonf-m
U1=1.4CM+1.7CV+1.7CVT	327.267	-6.260	0.643	-0.707	0.000	463.547
U2=1.25CM+1.25CV+1.25CVT-CSX Max	342.414	4.582	0.764	-0.181	0.000	534.295
U3=1.25CM+1.25CV+1.25CVT+CSX Max	223.233	-15.095	0.316	-1.010	0.000	256.815
U4=1.25CM+1.25CV+1.25CVT-CSY Max	283.030	124.788	0.543	-0.010	0.000	1728.219
U5=1.25CM+1.25CV+1.25CVT+CSY Max	282.617	135.300	0.537	-1.182	0.000	-937.109
U6=0.9CM-CSX Max	231.710	7.172	0.498	0.105	0.000	361.963
U7=0.9CM+CSX Max	112.529	-12.505	0.050	-0.724	0.000	84.483
U8=0.9CM-CSY Max	172.326	127.377	0.277	0.277	0.000	1555.887
U9=0.9CM+CSY Max	171.913	132.711	0.271	-0.896	0.000	1109.441

DIAGRAMA DE INTERACCIÓN ALREDEDOR DEL EJE 3-3

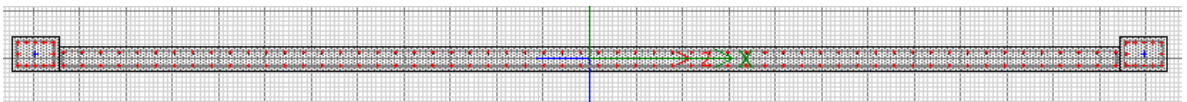
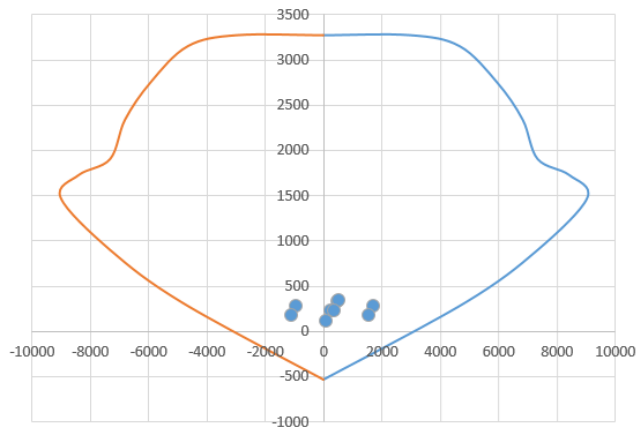


Figura 132: Distribución de acero longitudinal y transversal

## 7.2. Resultados obtenidos del software ETABS y SAP2000

A continuación, se realizara el análisis de los resultados obtenidos de la comparación entre los software ETBS y SAP2000. Verificando la veracidad de las hipótesis:

- El grado de desplazamientos máximos y derivas máximas inelásticas presentes en la edificación influyen en el comportamiento sísmico con un 1.87% debido al sismo en dirección “X” y 0.54% sismo en “Y”, entre el programa ETABS y SAP2000.

La excentricidad ( $\pm 5\%$ ) influye en el desplazamiento y derivas, si no existiera excentricidad las fuerzas laterales se aplicarían en el centro de masa de cada nivel.

- El grado de deformación producido por la acción de las cargas (CM, CV, CS) influyen en el comportamiento de la edificación, ya que si la carga es mayor la deformación será mayor y si las secciones de los elementos estructurales y el material usado es adecuado su deformación será menor. En los programas ETABS y SAP2000 se empleó el mismo material y las mismas dimensiones en el sistema estructural, obteniendo una deformación controlada.

ítem	Parámetro	Und.	ETABS
1	Carga Muerta (CM)	Tn	1452.214
2	Carga Viva (CV)	Tn	388.651
3	Carga viva de Techo (CVT)	Tn	34.620
4	Carga Servicio (CM+CV+CVT)	Tn	1875.484
5	Periodo natural en la dirección X	seg	0.453
6	Periodo natural en la dirección Y	seg	0.135
7	Peso sísmico de la Edificación	Tn	1505.454
8	Carga Sismo Estático dirección X	Tn	254.045
9	Carga Sismo Estático dirección Y	Tn	296.384
10	Carga Sismo Dinámico dirección X	Tn	214.539
11	Carga Sismo Dinámico dirección Y	Tn	296.386
12	Desplazamiento máximo dirección X	mm	59.976
13	Desplazamiento máximo dirección Y	mm	5.670
14	V absorbida por columnas (Sismo X)	tn	84.160
15	V absorbida por columnas (Sismo Y)	tn	6.282
16	V absorbida por Muros de corte (Sismo X)	tn	130.480
17	V absorbida por Muros de corte (Sismo Y)	tn	234.790
18	Control de las derivas del Edificio X		
19	Azotea	m	0.002765
20	Nivel 4	m	0.003915
21	Nivel 3	m	0.004970
22	Nivel 2	m	0.005428
23	Nivel 1	m	0.003423
24	Control de las derivas del Edificio Y		
25	Azotea	m	0.000440
26	Nivel 4	m	0.000483
27	Nivel 3	m	0.000485
28	Nivel 2	m	0.000435
29	Nivel 1	m	0.000303

*Tabla 38: Cuadro resumen de resultados ETABS*

- El parámetro de control de cargas a comparar es el peso total de la edificación, en el programa ETABS se obtiene 1875.48 Tn y en SAP2000 se obtuvo 1904.46 Tn, una variación de 1.55%.  
Esto se debe a que los programas empleados consideran diferentes parámetros, métodos y herramientas distintas. El metrado de cargas del SAP2000 considera a las vigas de eje a eje y en ETABS se considera de caras internas lo cual es más preciso.
- La cortante basal presenta una mínima variación de 1.89% en los diferentes programas ,esto debido a que la aplicación de las fuerzas laterales fueron calculadas internamente por los programas influyendo directamente en el comportamiento de la edificación produciéndole un mayor desplazamiento.

Se procede a detallar los resultados obtenidos en cuadros comparativos:

ítem	Parámetro	Und.	SAP2000
1	Carga Muerta (CM)	Tn	1481.194
2	Carga Viva (CV)	Tn	388.651
3	Carga viva de Techo (CVT)	Tn	34.620
4	Carga Servicio (CM+CV+CVT)	Tn	1904.465
5	Periodo natural en la dirección X	seg	0.448
6	Periodo natural en la dirección Y	seg	0.140
7	Peso sísmico de la Edificación	Tn	1534.105
8	Carga Sismo Estático dirección X	Tn	258.836
9	Carga Sismo Estático dirección Y	Tn	302.092
10	Carga Sismo Dinámico dirección X	Tn	219.193
11	Carga Sismo Dinámico dirección Y	Tn	242.217
12	Desplazamiento máximo dirección X	mm	58.855
13	Desplazamiento máximo dirección Y	mm	6.245
14	V absorbida por columnas (Sismo X)	tn	83.150
15	V absorbida por columnas (Sismo Y)	tn	6.890
16	V absorbida por Muros de corte (Sismo X)	tn	136.130
17	V absorbida por Muros de corte (Sismo Y)	tn	226.110
18	Control de las derivas del Edificio X		
19	Azotea	m	0.002601
20	Nivel 4	m	0.003681
21	Nivel 3	m	0.004812
22	Nivel 2	m	0.005270
23	Nivel 1	m	0.003430
24	Control de las derivas del Edificio Y		
25	Azotea	m	0.000447
26	Nivel 4	m	0.000485
27	Nivel 3	m	0.000483
28	Nivel 2	m	0.000429
29	Nivel 1	m	0.000297

*Tabla 39: Cuadro resumen de resultados SAP2000*

### 7.3. Análisis de resultados

ítem	Parámetro	Und.	ETABS	SAP2000
1	Carga Muerta (CM)	Tn	1452.214	1481.194
2	Carga Viva (CV)	Tn	388.651	388.651
3	Carga viva de Techo (CVT)	Tn	34.620	34.620
4	Carga Servicio (CM+CV+CVT)	Tn	<b>1875.484</b>	<b>1904.465</b>
5	Periodo natural en la dirección X	seg	0.453	0.448
6	Periodo natural en la dirección Y	seg	0.135	0.140
7	Peso sísmico de la Edificación	Tn	<b>1505.454</b>	<b>1534.105</b>
8	Carga Sismo Estático dirección X	Tn	254.045	258.836
9	Carga Sismo Estático dirección Y	Tn	296.384	302.092
10	Carga Sismo Dinámico dirección X	Tn	214.539	219.193
11	Carga Sismo Dinámico dirección Y	Tn	242.260	232.946
12	Desplazamiento máximo dirección X	mm	<b>59.976</b>	<b>58.855</b>
13	Desplazamiento máximo dirección Y	mm	6.282	6.245
14	V absorbida por columnas (Sismo X)	tn	84.160	83.150
15	V absorbida por columnas (Sismo Y)	tn	7.480	6.890
16	V absorbida por Muros de corte (Sismo X)	tn	130.480	136.130
17	V absorbida por Muros de corte (Sismo Y)	tn	234.790	226.110
18	Control de las derivas del Edificio X			
19	Azotea	m	0.002765	0.002601
20	Nivel 4	m	0.003915	0.003681
21	Nivel 3	m	0.004970	0.004812
22	Nivel 2	m	0.005428	0.005270
23	Nivel 1	m	0.003423	0.003430
24	Control de las derivas del Edificio Y			
25	Azotea	m	0.000440	0.000447
26	Nivel 4	m	0.000483	0.000485
27	Nivel 3	m	0.000485	0.000483
28	Nivel 2	m	0.000435	0.000429
29	Nivel 1	m	0.000303	0.000297

*Tabla 40: Cuadro final de resultados*

## Capítulo VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1. Conclusiones

Habiendo concluido con el estudio en el cual se realizó el modelado, análisis y la comparación de los resultados obtenidos en los programas ETABS y SAP2000, se señalan las siguientes conclusiones:

- Se concluye que el grado de desplazamiento influye en el beneficio del comportamiento sísmico por cuanto  $\Delta(\text{ETABS}) = 0.0054\text{m}$   
 $\Delta(\text{SAP2000}) = 0.0052\text{m}$  , están dentro de lo establecido por la normativa que debe ser menor  $\Delta(\text{norma E. 030}) = 0.007$  para Concreto Armado.
- Se concluye que el control de cargas influye en el beneficio del comportamiento sísmico por cuanto la Carga(ETABS) = 1875.48Tn  
Carga(SAP2000) = 1904.465Tn , siendo controlado la sobrecarga por la normativa E.020 Cargas.
- Se concluye que el grado de deformación influye en el beneficio del comportamiento sísmico por cuanto la mayor deformación se produce en la base  
 $V_{\text{dinamica}}(\text{ETABS}) = 214.539\text{Tn}$   $V_{\text{dinamica}}(\text{SAP2000}) = 219.193\text{Tn}$
- Se concluye que la cortante basal influye en el beneficio del comportamiento sísmico por cuanto  $V_{\text{basal}}(\text{ETABS}) = 254.045\text{Tn}$   $V_{\text{basal}}(\text{SAP2000}) = 258.836\text{Tn}$  , establecidos en la normativa E.030 Diseño Sismorresistente.

## 8.2. Recomendaciones

Una vez finalizado el estudio se plantean las siguientes recomendaciones:

- Verificar adecuadamente los desplazamientos ( $\Delta$ ), estricto cumplimiento de la normativa peruana.
- Aplicación, interpretación y correcto uso de software estructurales.
- Estudio, análisis de las dimensiones (losas, vigas y columnas), debido a que se comportan como un conjunto de piezas resistentes para reducir las deformaciones laterales y verticales.
- Contrastar constantemente la normativa para el control de cargas.
- Estudiar el comportamiento de la cortante basal, debido a que los esfuerzos de corte provocado por la acción lateral del sismo generan desplazamientos y deformaciones.
- Para futuras investigaciones se recomienda realizar un análisis comparativo empleando ROBOT STRUCTURAL, empleando metodologías BIM.
- Se recomienda el empleo de los softwares de la compañía CSI, con 40 años en el mercado, emplea el método de elementos finitos.

## 8.3. BIBLIOGRAFIA

CSI, C. &. (s.f.). CSI España. Obtenido de CSI España.

Edificaciones, R. N. (s.f.). E.060 Concreto Armado. En R. N. Edificaciones. Peru.

García, I. J. (2015). Diseño de Estructuras de Concreto Armado. En I. J. García, *Diseño de Estructuras de Concreto Armado* (pág. 15). Peru: MACRO.

M., B. G. (2015). Diagrama de Flujo de Diseño de V.S.R. En B. G. M., *Tesis* (pág. 76).

Peru, I. G. (s.f.). *IGP*. Obtenido de IGP: <https://www.igp.gob.pe/version->

[anterior/norma-e030-diseno-sismorresistente/norma-e-030](https://www.igp.gob.pe/version-anterior/norma-e030-diseno-sismorresistente/norma-e-030)

Structures, C. a. (s.f.). *CSI española*. Obtenido de CSI española:

<https://www.csiespana.com/evaluation-versions>

**Ing. Ronald Santana Tapia**, Ingeniería Antisísmica

Principios básicos y aplicativos (Perú, 2013)

**Oscar Gonzales M**, Diseño estructural de un Edificio de 20 pisos usando ACI318-14

(Arequipa, 2015)

**JOSE ANTONIO TABOADA GARCIA y ARTURO MARTIN DE IZCUE**

**UCEDA**, Análisis y diseño de edificios asistido por computadoras (Lima, 2009) PUCP

**JUAN CARLOS DONAYRE SALAS**, Diseño de un edificio de departamento, (Lima,

2007) PUCP

Norma Técnica de Edificaciones **E.030-Diseño Sismorresistente**

Norma Técnica de Edificaciones **E.060-Concreto Armado**

Norma Técnica de Edificaciones **E.020-Cargas**

**Manuals de COMPUTERS AND STRUCTURE**

History of company

<https://www.csiamerica.com/products/etabs>

**COMPUTERS AND STRUCTURE**

<https://www.csiespana.com/software/5/etabs>

**Instituto Geofísico del Perú**

<https://www.igp.gob.pe/version-anterior/norma-e030-diseno-sismorresistente>





**ANALISIS GRANULOMETRICO**

**Solicitado por** : Bach. CHACALTANA TENORIO Carlos Alejandro **CERTIFICADO N°** 018-A- 19  
**Proyecto** : Analisis Comp. del Software Etabs 2016 y Sap2000 V.19 en el Comp. Sismic.de un Edif.de Concr. Armado del Dist.De Santiago  
**Ubicación** : DISTRITO DE SANTIAGO - PROVINCIA DE ICA **TESISTA**

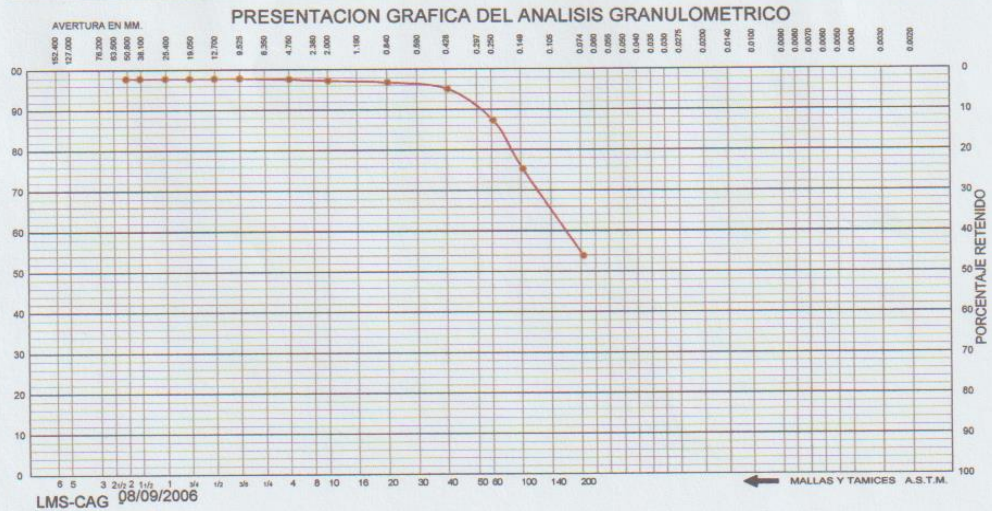
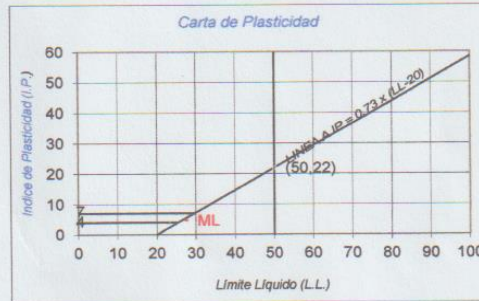
**Tipo de Exploración** : A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** : ING. RENE CANCHARI VEGA  
**Fecha** : ICA, MAYO DEL 2019

**Procedencia** : DIST. DE SANTIAGO  
**Muestra** : C - 1; E - 2 1.70 a 2.00 mt  
**Peso de Muestra** : 1000.00 grs.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO					
Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.700				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	2.20	0.22	99.78	0.22
8	2.300				
10	2.000	3.80	0.38	99.40	0.60
16	1.190				
20	0.840	5.00	0.50	98.90	1.10
30	0.590				
40	0.420	17.20	1.72	97.18	2.82
50	0.297				
60	0.250	81.20	8.12	89.06	10.94
80	0.177				
100	0.149	123.60	12.36	76.70	23.30
140	0.105				
200	0.074	221.80	22.18	54.52	45.48
Fondo		545.20	54.52	0.00	100.00
Peso Total =		1000.00	gr.		
D <sub>10</sub> (mm)			C <sub>u</sub>		
D <sub>30</sub> (mm)			C <sub>c</sub>		
D <sub>60</sub> (mm)					

HUMEDAD NATURAL (W)	%	3.11
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	27.50
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	22.70
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	4.80
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	M
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-4 ( 4 )



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ING. RENE CANCHARI VEGA  
 CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

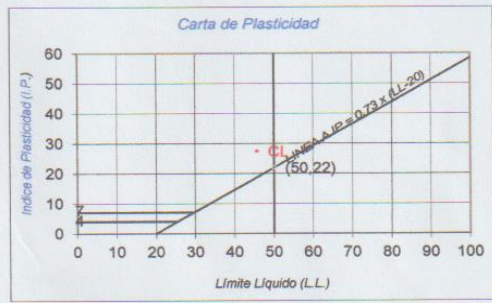
**Solicitado por** : Bach. CHACALTANA TENORIO Carlos Alejandro CERTIFICADO Nº 018-B- 19  
**Proyecto** : Análisis Comp. del Software Etabs 2016 y Sap2000 V.19 en el Comp. Sismic.de un Edif.de Concr. Armado del Dist.De Santiago  
**Ubicación** : DISTRITO DE SANTIAGO - PROVINCIA DE ICA TESISTA  
**Tipo de Exploración** : A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** : ING. RENE CANCHARI VEGA  
**Fecha** : ICA, MAYO DEL 2019

**Procedencia** : DIST. DE SANTIAGO  
**Muestra** : C - 2; E - 1 0.00 a 1.00 mt  
**Peso de Muestra** : 1000.00 grs.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Pasa	% Ret. Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.700				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				
Nº 4	4.760	9.80	0.98	99.02	0.98
8	2.300				
10	2.000	17.20	1.72	97.30	2.70
16	1.190				
20	0.840	20.80	2.08	95.22	4.78
30	0.590				
40	0.420	23.20	2.32	92.90	7.10
50	0.297				
60	0.250	42.80	4.28	88.62	11.38
80	0.177				
100	0.149	128.40	12.84	75.78	24.22
140	0.105				
200	0.074	281.30	28.13	47.65	52.35
Fondo		476.50	47.65	0.00	100.00
Peso Total =		1000.00	gr.		
$D_{10}$ (mm)	0.016	$C_u$	6.89		
$D_{30}$ (mm)	0.047	$C_c$	1.31		
$D_{60}$ (mm)	0.107				

HUMEDAD NATURAL (W)	%	10.31
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	45.70
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	18.30
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	27.40
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S - CL
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-7 ( 9 )



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 RENE CANCHARI VEGA  
 INGENIERO GRADOS  
 CENTRO DE PRODUCCIÓN DE BIENES  
 PRESTACIÓN DE SERVICIOS



**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Solicitado por : Bach. CHACALTANA TENORIO Carlos Alejandro CERTIFICADO N° 018-C- 19  
 Proyecto : Analisis Comp. del Software Etabs 2016 y Sap2000 V.19 en el Comp. Sismic.de un Edif.de Concr. Armado del Dist.De Santiago  
 Ubicación : DISTRITO DE SANTIAGO - PROVINCIA DE ICA TESISISTA

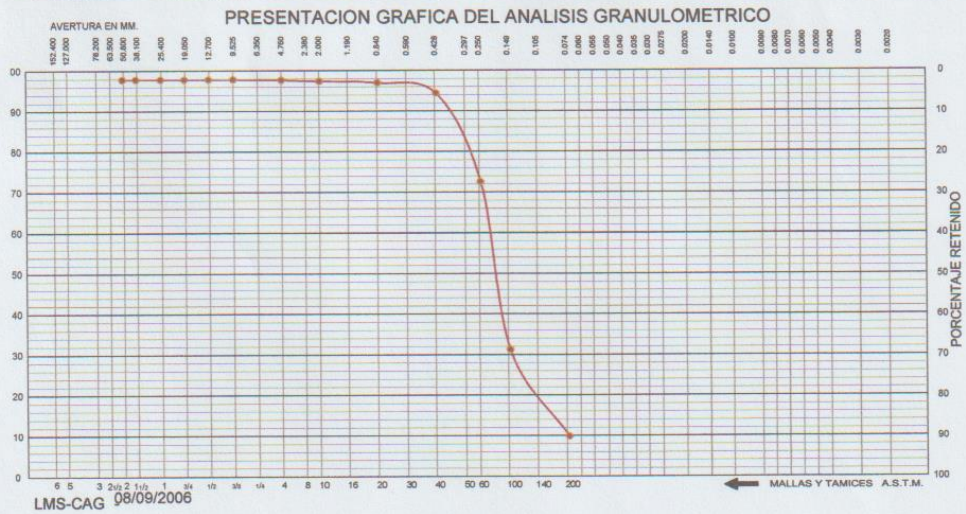
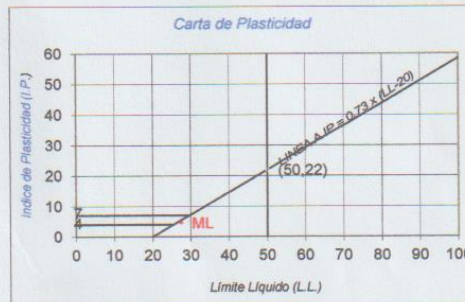
Tipo de Exploración : A CIELO ABIERTO  
 Realizado por : ING. RENE CANCHARI VEGA  
 Fecha : ICA, MAYO DEL 2019

Procedencia : DIST. DE SANTIAGO  
 Muestra : C - 2; E - 2 1.00 a 2.00 mt  
 Peso de Muestra : 1000.00 grs.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO					
Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.700				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	1.60	0.16	99.84	0.16
8	2.300				
10	2.000	2.80	0.28	99.56	0.44
16	1.190				
20	0.840	4.40	0.44	99.12	0.88
30	0.590				
40	0.420	26.80	2.68	96.44	3.56
50	0.297				
60	0.250	225.40	22.54	73.90	26.10
80	0.177				
100	0.149	427.20	42.72	31.18	68.82
140	0.105				
200	0.074	221.20	22.12	9.06	90.94
Fondo		90.60	9.06	0.00	100.00
Peso Total =		1000.00	gr.		
$D_{10}$ (mm)	0.077	$C_u$	2.81		
$D_{30}$ (mm)	0.145	$C_c$	1.25		
$D_{60}$ (mm)	0.217				

HUMEDAD NATURAL (W)	%	2.95
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	27.40
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	22.80
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	4.60
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S. : S P - S M  
 CLASIFICACION A.A.S.H.T.O. : A-2-4 ( 0 )



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 Ing. RENE CANCHARI VEGA  
 CENTRO DE INVESTIGACION DE BIENES Y INVESTIGACION DE SERVICIOS



**DENSIDAD IN SITU  
 METODO DEL CONO DE ARENA**

**CERTIFICADO N° 08-19  
 BOLETA N° 2362**

SOLICITANTE Bach. CHACALTANA TENORIO Carlos Alejandro  
 OBRA ANALISIS COMPARATIVO DEL SOFTWARE ETABS 2016 Y SAP 2000 V. 19 EN EL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DEL DISTRITO DE SANTIAGO  
 UBICACIÓN DISTRITO DE SANTIAGO - PROVINCIA DE ICA  
 MATERIAL **SUELO NATURAL**  
 CANTERA  
 FECHA Ica, Mayo del 2019  
 TECNICO OPERADOR Ing. RENE CANCHARI VEGA

MUESTRA N°	1			
CAPA	SUELO NATURAL			
LUGAR	C - 1; E - 1 SANTIAGO			
LADO:	EJE			
1. Peso de la lata + suelo humedo	4,164.70			
2. Peso de la lata	0.00			
3. Peso del suelo humedo (1 - 2 )	4,164.70			
4. Peso de arena + frasco	4,000.00			
5. Peso de la arena que queda + el frasco + el peso de arena embudo	536.70			
6. Peso del arena empleada (4 - 5)	3,463.30			
7. Densidad de la arena	1.39			
8. Volumen del hueco (6/7)	2,491.60			
9. Peso de la grava al aire	0.00			
10. Volumen de la grava por desplaz.	0.00			
11. Peso del suelo (3 - 9 )	4,164.70			
12. Volumen del, suelo (8 - 10 )	2,491.60			
13. Densidad del suelo humedo(11/12)	1.67			
14. Humedad contenida en el suelo	8.40			
15. Densidad del suelo seco	1.54			
16. Densidad del suelo seco gr/cm3	1.54			
17. Max. Dens. determinada en la curva	0.00			
18. Porcentaje de compactacion(16/17)	0.00			
19. Compactacion especificada	0.00			
Espesor compactado (mt.)	0.00			
<b>Control de humedad</b>				
RECIPIENTE N°	1	2		
1. Peso de la lata + suelo humedo	379.00			
2. Peso de la lata + suelo seco	352.90			
3. Peso de agua	26.10			
4. Peso de lata	42.50			
5. Suelo seco	310.40			
6. Porcentaje de humedad con Speedy	8.40			

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 Ing. RENE CANCHARI VEGA  
 CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio Mecanica de Suelos

Ciudad Univesitaria Panamericana Sur Km 305 Telef: 056-3320452 ICA -PERU



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
NORMA ASTM - 3080

CERTIFICADO N° 007 - 19  
BOLETA N°2362

SOLICITANTE : Bach. CHACALTANA TENORIO Carlos Alejandro  
PROYECTO : ANALISIS COMPARATIVO DEL SOFTWARE ETABS 2016 Y SAP2000 V. 19 EN EL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DEL DISTRITO DE SANTIAGO

UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTIAGO - DEPARTAMENTO DE ICA

FECHA : Ica, Mayo del 2019

Sondaje : C - 1; Clasif. (SUCS) : CH/ARCILLA ORGANICA

Muestra : E - 1 Velocidad (mm/min) : 0.5

Profundidad : 0.00 a 2.00 mt. Coef. Anillo CR (div/kg.) : 0.306

Estado : Remoledeado

DATOS DEL ESPECIMEN 1

Longitud (cm)	6.00	Peso del espec. (gr.)	120.00
Altura (cm)	2.00	Dens. Nat. (kg/cm <sup>3</sup> )	1.67
Área (cm <sup>2</sup> )	36.00	hum. final (%)	8.40
Volum. (cm <sup>3</sup> )	72.00	Esf. Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.50
Hum. inicial (%)	8.40	Carg. Normal (kg)	20.00

Deform. Tangencial		desplaz. vertical	desplazam. horizontal	Fuerza de corte	Esfuerzo de corte
div.	mm	(divisiones)	(divisiones)	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.000	130	0	0.00	0.00
10	0.250	126	17	5.20	0.14
20	0.500	121	21	6.43	0.18
30	0.750	117	26	7.96	0.22
40	1.000	112	30	9.18	0.26
50	1.250	106	34	10.40	0.29
60	1.500	101	37	11.32	0.31
70	1.750	97	39	11.93	0.33
80	2.000	94	41	12.55	0.35
90	2.250	89	43	13.16	0.37
100	2.500	85	44	13.46	0.37
110	2.750	81	45	13.77	0.38
120	3.000	78	45	13.77	0.38
130	3.250	75	45	13.77	0.38
140	3.500				
150	3.750				
160	4.000				
170	4.250				
180	4.500				
190	4.750				
200	5.000				
210	5.250				
220	5.500				



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



FRANCISCO ORMENO GRADOS  
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES  
PRESTACION DE SERVICIOS





UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio Mecanica de Suelos

Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km 305 Telef. 056-#320452 ICA -PERU



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
NORMA ASTM - 3080

CERTIFICADO N° 007 - 19  
BOLETA N°2362

SOLICITANTE : Bach. CHACALTANA TENORIO Carlos Alejandro  
PROYECTO : ANALISIS COMPARATIVO DEL SOFTWARE ETABS 2016 Y SAP2000 V. 19 EN EL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DEL DISTRITO DE SANTIAGO

UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTIAGO - DEPARTAMENTO DE ICA

FECHA : Ica, Mayo del 2019

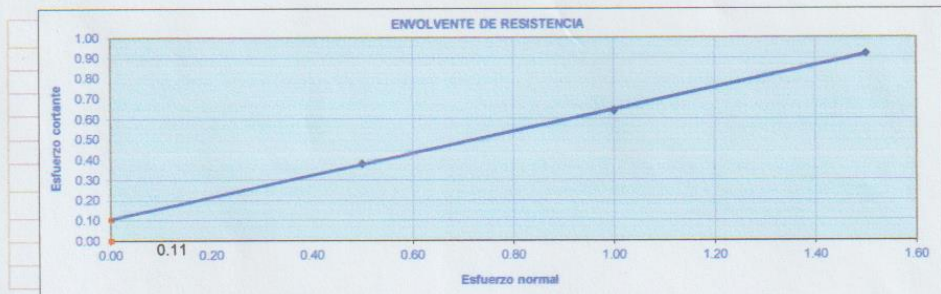
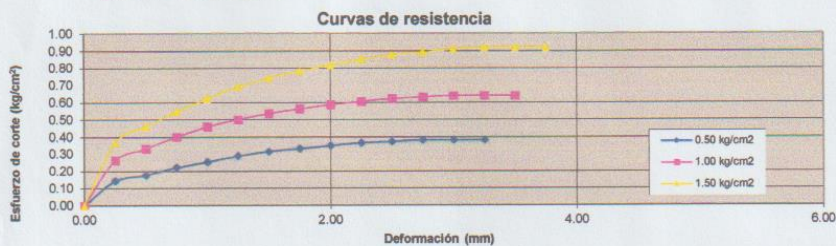
Sondaje : C - 1; Clasif. (SUCS) : CH/ARCILLA ORGANICA

Muestra : E - 1; Velocidad (mm/min) : 0.5

Profundidad : 0.00 a 2.00 mt. Coef. Anillo CR (div/kg.) : 0.306

Estado : Remoleado

DATOS DEL ESPECIMEN 1



Esf. Normal kg/cm2	Esf. Cortante kg/cm2
0.50	0.38
1.00	0.64
1.50	0.92

RESULTADOS	
C =	0.11
φ =	28



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
ING. ALBA CAMENO GRADOS  
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS



**Calicata N°1:** se sacaron las muestras y se llevó al laboratorio de la FIC



Se realizó ensayos en el laboratorio de suelos de la facultad de Ingeniería Civil



**DATOS GENERALES**

ARQUITECTURA



ARQUITECTURA

TÍTULO:

**'ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SOFTWARE ETABS 2016 Y SAP2000 V.10 EN BENEFICIO DEL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DEL DISTRITO DE SANTIAGO-ICA'**

ASESOR:

ING. LUIS ENRIQUE MINA APARICIO

BACHILLER:

CHACALTANA TENORIO CARLOS ALEJANDRO

DEPARTAMENTO:  
ICA

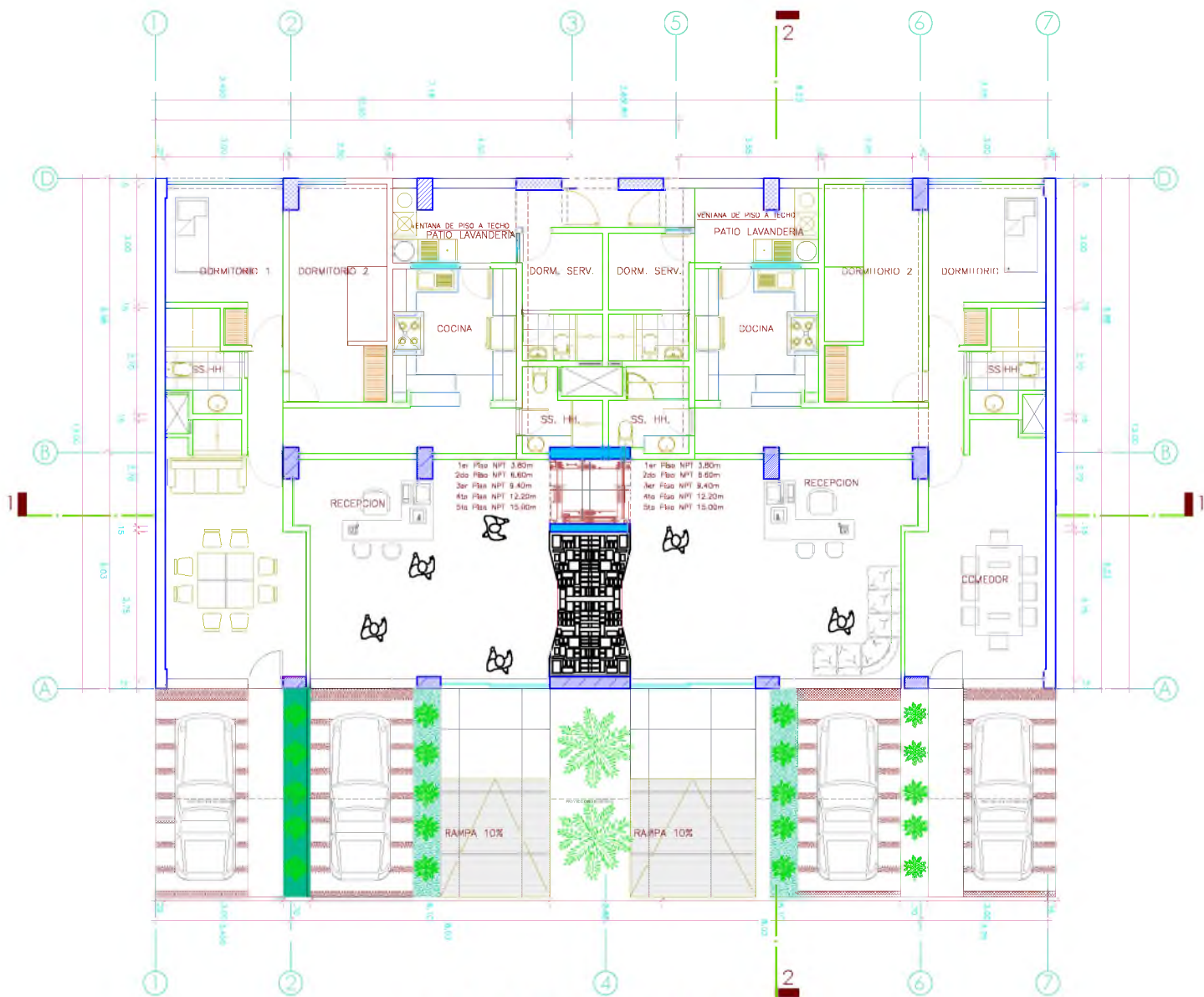
PROVINCIA:  
ICA

DISTRITO:  
ICA

ESCALA:  
1:50

COTAS:  
METROS

LAMINA  
**A-01**



**PLANTA PRIMER PISO**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SAN LUIS GONZAGA" DE ICA



DATOS GENERALES

ARQUITECTURA



TÍTULO:

**'ANÁLISIS COMPARATIVO  
DEL SOFTWARE ETABS 2016  
Y SAP2000 V.10 EN  
BENEFICIO DEL  
COMPORTAMIENTO SISMICO  
DE UN EDIFICIO DE  
CONCRETO ARMADO DEL  
DISTRITO DE SANTIAGO-ICA'**

ASESOR:

ING. LUIS ENRIQUE  
MINA APARICIO

BACHILLER:

CHACALTANA TENORIO  
CARLOS ALEJANDRO

DEPARTAMENTO  
ICA

PROVINCIA  
ICA

DISTRITO  
ICA

ESCALA  
1:50

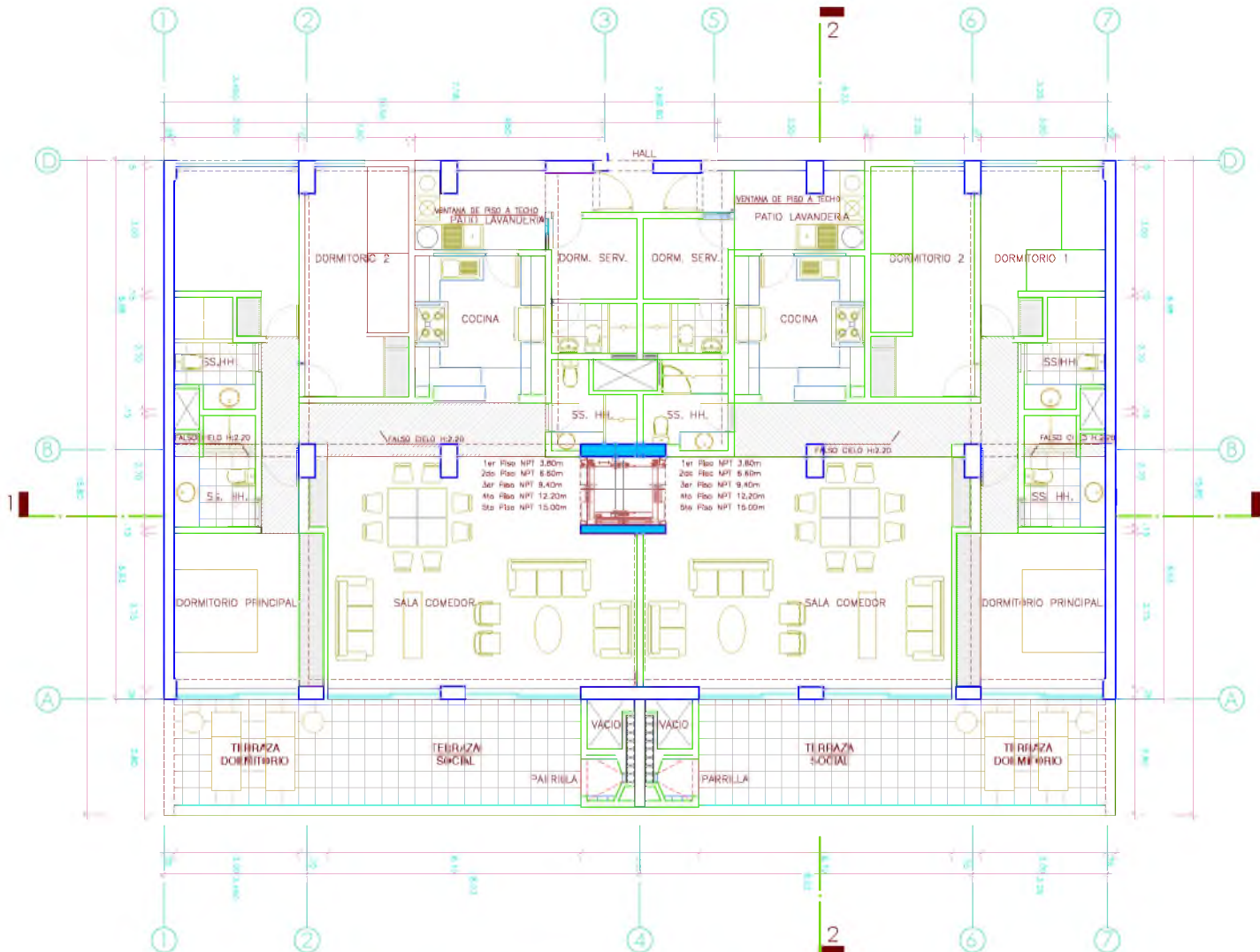
COTAS:  
METROS

LAMINA

**A-02**

ARQUITECTURA

**PLANTA TIPICA 2DO -5TO PISO**





UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SAN LUIS GONZAGA" DE ICA



DATOS GENERALES

ARQUITECTURA



TITULO:

"ANALISIS COMPARATIVO  
DEL SOFTWARE ETABS 2016  
Y SAP2000 V.10 EN  
BENEFICIO DEL  
COMPORTAMIENTO SISMICO  
DE UN EDIFICIO DE  
CONCRETO ARMADO DEL  
DISTRITO DE SANTIAGO-ICA"

ASESOR:

ING. LUIS ENRIQUE  
MINA APARICIO

BACHILLER:

CHACALTANA TENORIO  
CARLOS ALEJANDRO

ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO  
ICA

PROVINCIA  
ICA

DISTRITO  
ICA

ESCALA  
1:50

COTAS:  
METROS

LAMINA

**A-03**



**ELEVACION FRONTAL**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SAN LUIS GONZAGA" DE ICA



**DATOS GENERALES**

ARQUITECTURA



TÍTULO:

**'ANÁLISIS COMPARATIVO  
DEL SOFTWARE ETABS 2016  
Y SAP2000 V.10 EN  
BENEFICIO DEL  
COMPORTAMIENTO SISMICO  
DE UN EDIFICIO DE  
CONCRETO ARMADO DEL  
DISTRITO DE SANTIAGO-ICA'**

ASESOR:

ING. LUIS ENRIQUE  
MINA APARICIO

BACHILLER:

CHACALTANA TENORIO  
CARLOS ALEJANDRO

ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO  
ICA

PROVINCIA  
ICA

DISTRITO  
ICA

ESCALA  
1:50

COTAS:  
METROS

LAMINA

**A-04**



**CORTE 1-1**

ESC: 1/50



DATOS GENERALES



TITULO:  
**"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SOFTWARE ETABS 2016 Y SAP2000 V.10 EN BENEFICIO DEL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DEL DISTRITO DE SANTIAGO-ICA"**

ASESOR:  
ING. LUIS ENRIQUE MINA APARICIO

BACHILLER:  
CHACALTANA TENORIO CARLOS ALEJANDRO

ESTRUCTURA

DEPARTAMENTO:  
ICA

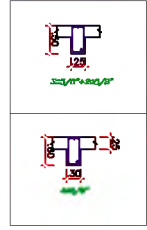
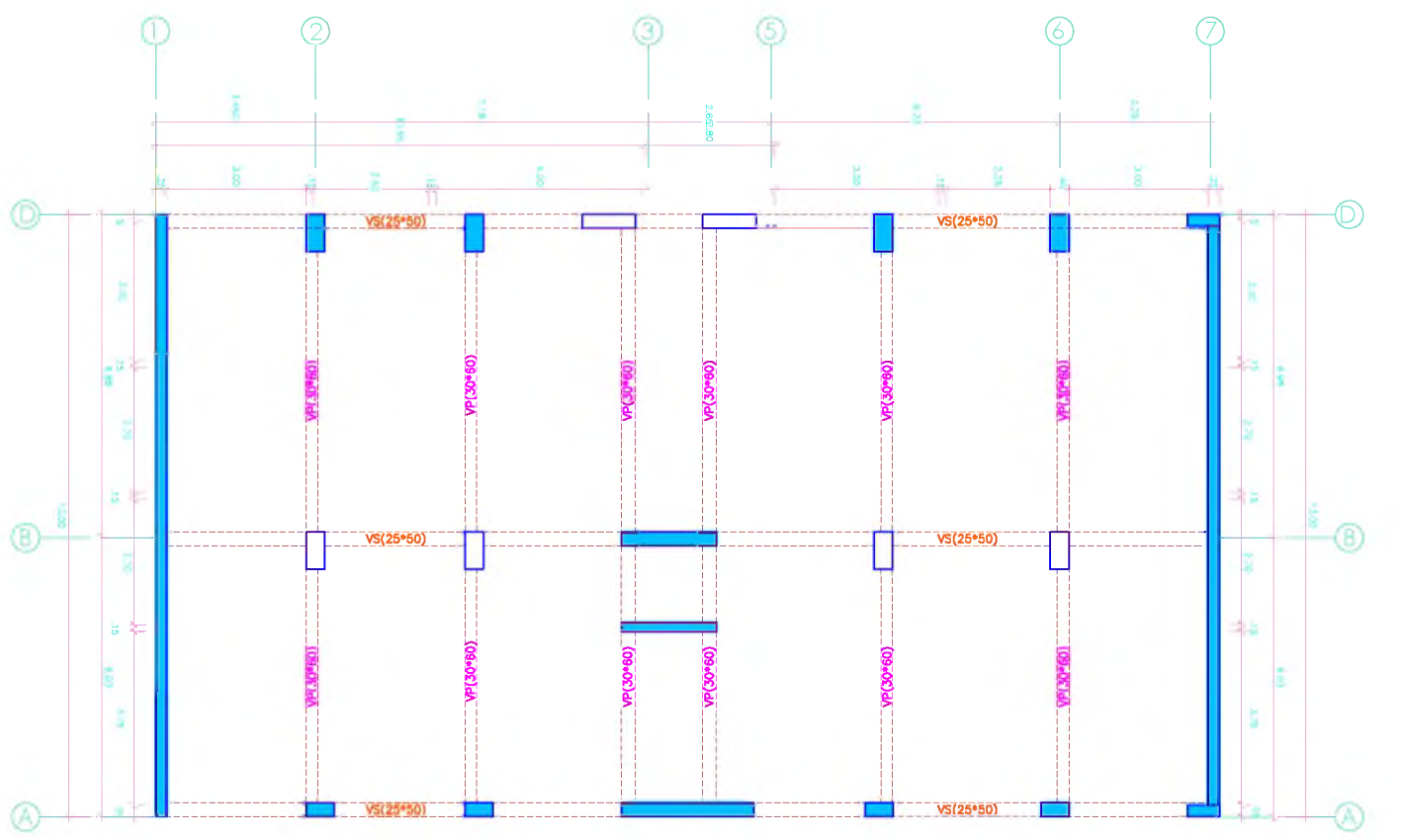
PROVINCIA:  
ICA

DISTRITO:  
ICA

ESCALA:  
1:50

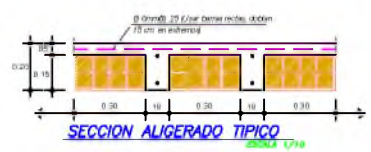
COTAS:  
METROS

LAMINA  
**E-01**



**ENCOFRADO 1er. NIVEL (N+3.25)**

(LOSA ALIGERADA h=20cm)  
(LOSA SOLIDA e=20cm)  
esc:1/50



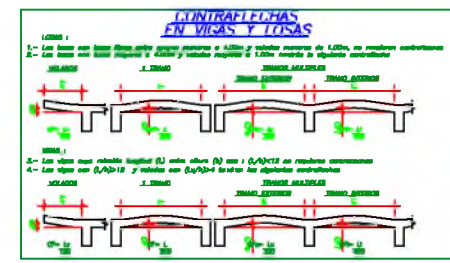
SECCION ALIGERADO TIPOICO  
25x50 (1/10)

**VALORES DE e**

h	REPETICIONES	ESPESORES
0.20	20	0.05
0.25	20	0.05
0.30	20	0.05
0.35	20	0.05
0.40	20	0.05
0.45	20	0.05
0.50	20	0.05
0.55	20	0.05
0.60	20	0.05
0.65	20	0.05
0.70	20	0.05
0.75	20	0.05
0.80	20	0.05
0.85	20	0.05
0.90	20	0.05
0.95	20	0.05
1.00	20	0.05

**EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS y ALIGERADOS**

NOTA: (1) NO EMPALME LAS BLS. EN EL MISMO NIVEL EN UNA MISMA DIRECCION.  
(2) EN CASO DE NO EMPALMARE EN LAS ZONAS INDICADAS + CON LAS PROCEDIMIENTOS REFERENCIALES, SEGUIR LA LONGITUD DE LAS BLS EN EL + CONTIGUO AL PROXIMO.  
(3) PARA ALIGERADOS Y VIGAS CONTRA EL MISMO SENTIDO DE EMPALME SEBE LAS JUNTAS SEAN LA LONGITUD DE EMPALME SEAN A 30 cm. PARA PERPENDICULARES A 30 cm. PARA 1/4" y 5/8".





UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SAN LUIS GONZAGA" DE ICA



**DATOS GENERALES**

ARQUITECTURA



TITULO:  
**"ANALISIS COMPARATIVO DEL SOFTWARE ETABS 2016 Y SAP2000 V.10 EN BENEFICIO DEL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DEL DISTRITO DE SANTIAGO-ICA"**

ASESOR:  
**ING. LUIS ENRIQUE MINA APARICIO**

BACHILLER:  
**CHACALTANA TENORIO CARLOS ALEJANDRO**

ESTRUCTURA

DEPARTAMENTO:  
ICA

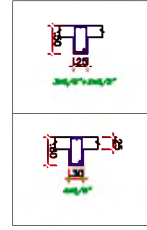
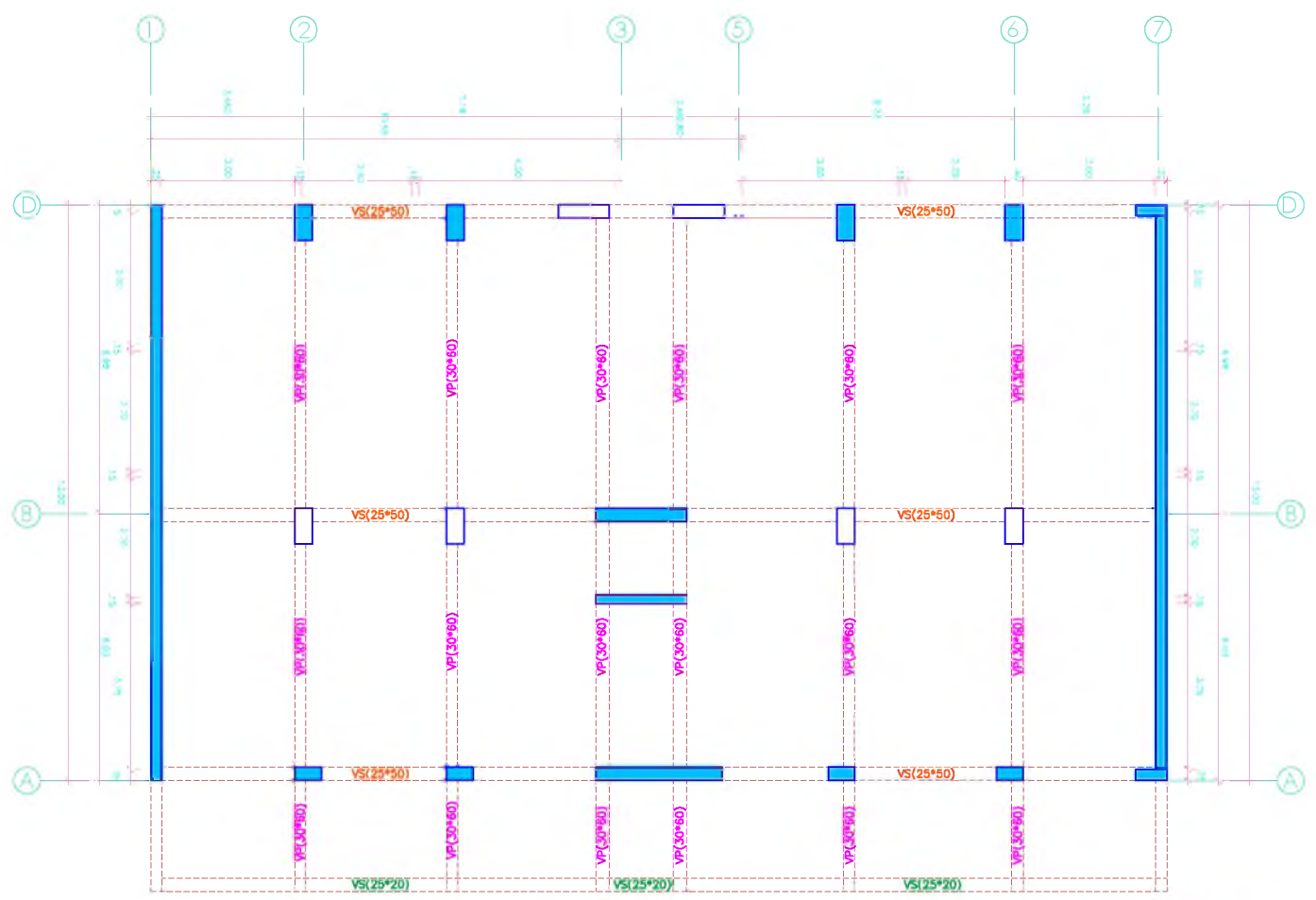
PROVINCIA:  
ICA

DISTRITO:  
ICA

ESCALA:  
1:50

COTAS:  
METROS

LAMINA  
**E-02**



**ENCOFRADO 2do.-5to NIVEL**

(LOSA ALIGERADA h=20cm)  
(LOSA SOLIDA e=20cm)  
ESD=1/90

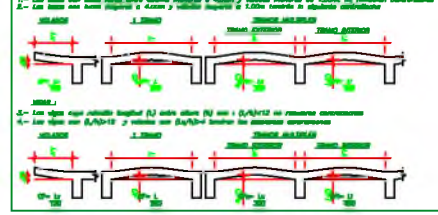


VALORES DE e		
e	ESPESOR	ESPESOR
20"	20	20
25"	25	25
30"	30	30
35"	35	35
40"	40	40
45"	45	45
50"	50	50
55"	55	55
60"	60	60
65"	65	65
70"	70	70
75"	75	75
80"	80	80
85"	85	85
90"	90	90
95"	95	95
100"	100	100

**EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS, LOSAS y ALIGERADOS**

NOTA: (A) NO EMPALME EN EL 2do y 5to NIVEL EN UNA SOLA DIRECCION.  
(B) EN CASO DE NO EMPALME EN LAS ZONAS RESERVADAS Y EN LAS PERIFERIAS EXTERIORES, REFORZAR LA LONGITUD DE LOS BARRAS EN CONCORDIA AL PROYECTO.  
(C) PARA ALIGERADOS Y PARA COLUMNAS, EL EMPALME DEBEN DE REALIZARSE EN LAS ZONAS RESERVADAS.  
LA LONGITUD DE EMPALME DEBE A 30 veces PARA COLUMNAS DE 40" y 30 veces PARA 40" x 40".

**CONTRAFLECHAS EN VIGAS Y LOSAS**





**DATOS GENERALES**



TÍTULO:  
**"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SOFTWARE ETABS 2016 Y SAP2000 V.10 EN BENEFICIO DEL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DEL DISTRITO DE SANTIAGO-ICA"**

ASESOR:  
ING. LUIS ENRIQUE MINA APARICIO

BACHILLER:  
CHACALTANA TENORIO CARLOS ALEJANDRO

DEPARTAMENTO:  
ICA

PROVINCIA:  
ICA

DISTRITO:  
ICA

ESCALA:  
1:50

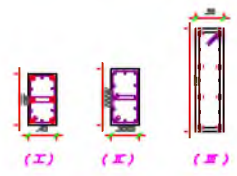
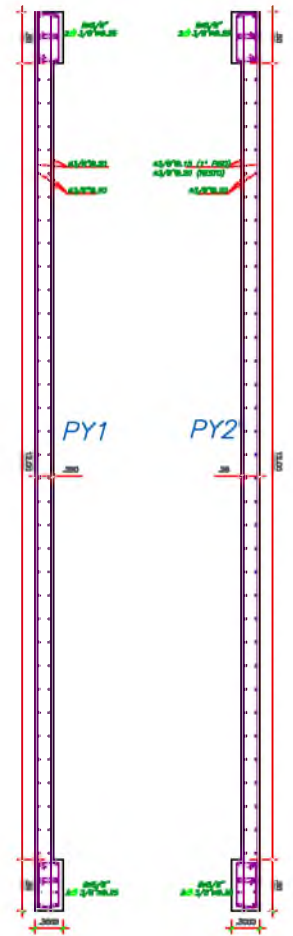
COTAS:  
METROS

LAMINA  
**E-03**

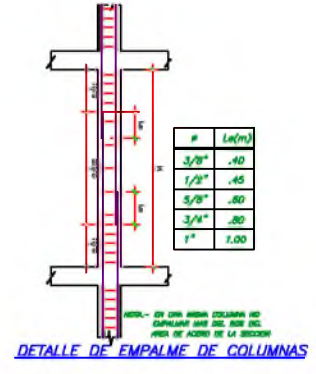
ESTRUCTURA

**CUADRO DE COLUMNAS**

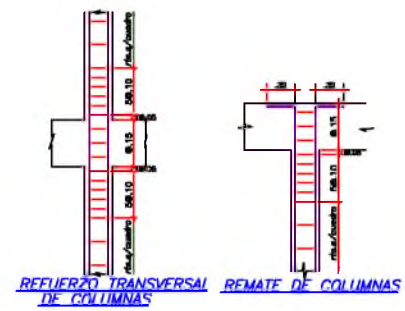
PISO	C-1	C-2	C-3
<b>1° PISO</b>	.40 x .80 8x3/4" + 4x5/8" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)	.30 x .80 12x1/2" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)	.30 x 1.00 8x3/4" + 6x1/2" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)
<b>2° PISO</b>	.40 x .80 8x3/4" + 4x5/8" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)	.30 x .80 12x1/2" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)	.30 x 1.00 8x3/4" + 6x1/2" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)
<b>3° PISO</b>	.40 x .80 8x3/4" + 4x5/8" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)	.30 x .80 12x1/2" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)	.30 x 1.00 8x3/4" + 6x1/2" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)
<b>4° PISO</b>	.40 x .80 8x3/4" + 4x5/8" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)	.30 x .80 12x1/2" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)	.30 x 1.00 8x3/4" + 6x1/2" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)
<b>5° PISO</b>	.40 x .80 8x3/4" + 4x5/8" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)	.30 x .80 12x1/2" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)	.30 x 1.00 8x3/4" + 6x1/2" 2.03/8" 18.05.08.10789.25 (X)



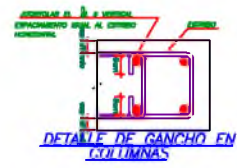
**C. COLUMNAS**  
02/132



**DETALLE DE EMPALME DE COLUMNAS**



**REFUERZO TRANSVERSAL REMATE DE COLUMNAS DE COLUMNAS**



**DETALLE DE GANCHO EN COLUMNAS**



**DETALLE DE TRASLAP DE REFUERZO HORIZONTAL EN PLACA Y MURO**



**DETALLE DE DOBLADO DE ESTRIOS EN COLUMNAS Y VIGAS**

**ESPECIFICACIONES PARA PAQUETES DE FIERROS**

MODE DE EMPALME LO SUAVADO

1.- DUBIARLOS LOS PAQUETES ANTES DEL ANCHALE

2.- SUAVADO LOS BARRAS QUE FORMAN EL PAQUETE SON ALABRADO POR CADA UNO DE ELLOS

3.- DIBUJANDO LOS PAQUETES POR MEDIO DE UNA BARRA DE TRANSLAP EN CADA LARGO RESERVA DETALLE

4.- SUAVADO LOS BARRAS DE LOS PAQUETES EN PLANTAS SUAVADO DE ARRIBA QUE MARCA CADA UNO LOS BARRAS A MENOS DE 80 cm. UNA DE OTRA.

#	Lx(m)
3/8"	.10
1/2"	.45
5/8"	.60
3/4"	.80
1"	1.00

#	Lx(m)
3/8"	.10
1/2"	.45

#	r(cm)	o(cm)
3/8"	5	18
1/2"	8	20

