



Universidad Científica del Perú

Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE DE CONCRETO ARMADO SIN JUNTAS SÍSMICAS DE LA “INSTITUCIÓN EDUCATIVA INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE MENORES N° 60014 DEL PP.JJ. SANTO CRISTO DE BAGAZÁN, DISTRITO DE BELEN, PROVINCIA DE MAYNAS, REGION LORETO – 2018”

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

AUTOR(es):

SALINAS RUIZ, Luis Felipe

CORREA AGUILAR, Jeffry Giovanni

ASESOR:

MACEDO SIAS, Luis Enrique

San Juan Bautista – Maynas – Loreto – Peru

2018

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por darnos fuerza y salud para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ellos logré llegar a cumplir esta meta propuesta. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

JEFFRY GIOVANNI

Este trabajo principalmente se lo dedico a Dios por bendecirme en cada día de mi Vida, y especialmente se lo dedico a mis queridos padres JAIME SALINAS TORRES Y YSABEL RUIZ VASQUEZ quienes son responsables de que haya culminado esta etapa de mi vida profesional guiándome siempre por el buen caminado y por ser los que pusieron toda su confianza en mí.

Este logro es para mi padre que se fue de esta vida este año 2018, dejando un vacío muy grande en mi vida, el cual fue mi motor para terminar esta presente tesis.

LUIS FELIPE

AGRADECIMIENTO

A dios por bendecirnos siempre, dándonos salud e iluminarnos para poder adquirir conocimientos nuevos para culminar esta tesis.

Al asesor Ing. Luis Enrique Macedo Sias, por brindarnos su tiempo y conocimientos para poder elaborar este trabajo y culminarlo de la manera más satisfactoria posible.

Al laboratorio de suelos de la Universidad Científica del Perú, por facilitarnos los equipos necesarios para culminar el presente trabajo.

A la universidad científica del Perú, especialmente a la facultad de Ingeniería Civil por permitirnos encumbrar un peldaño más en nuestra vida profesional.

JEFFRY GIOVANNI, CORREA AGUILAR.

LUIS FELIPE, SALINAS RUIZ.



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Con Resolución Decanal N°357-2018-UCP-FCEI del 11 de julio de 2018 y modificada el 27 de agosto de 2018 con RESOLUCIÓN N° 466-2018-UCP-FCEI, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador y Dictaminador de la Sustentación de Tesis a los Señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg. | Presidente |
| • Ing. Marco Antonio Rodríguez Luna, Mg. | Miembro |
| • Ing. Miguel Ángel Robalino Osorio | Miembro |

En la ciudad de Iquitos, siendo las 18:30 horas del día miércoles 10 de abril de 2019, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **"EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE DE CONCRETO ARMADO SIN JUNTAS SÍSMICAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE MENORES N° 60014 DEL PP.JJ. SANTO CRISTO DE BAGAZÁN. DISTRITO DE BELÉN, PROVINCIA DE MAYNAS, REGION LORETO - 2018"**

Presentado por los sustentantes:

JEFFRY GIOVANNI CORREA AGUILAR y LUIS FELIPE SALINAS RUIZ

Asesor (es): **ING. LUIS ENRIQUE MACEDO SIAS**

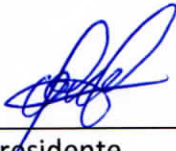
Como requisito para optar el título profesional de: **Ingeniero Civil**

Luego de escuchar la Sustentación y formuladas las preguntas las que fueron:..... *ABSUELTAS*

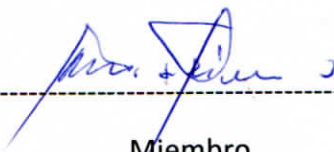
El jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La Sustentación es: *Aprobado*

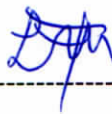
En fe de lo cual los miembros del jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



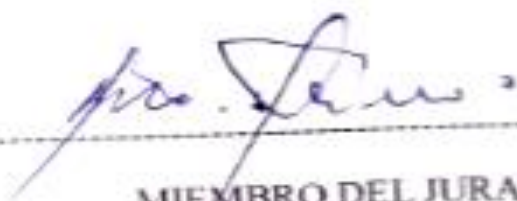
Miembro

CALIFICACIÓN:	Aprobado (a) Suma Cum Laude	: 19 - 20
	Aprobado (a) Magna Cum Laude	: 17 - 18
	Aprobado (a) Cum Laude	: 15 - 16
	Aprobado (a)	: 13 - 14
	Desaprobado (a)	: 00 - 12

APROBACIÓN



PRESIDENTE DEL JURADO



MIEMBRO DEL JURADO



MIEMBRO DEL JURADO



ASESOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
APROBACIÓN.....	iv
INDICE DE CONTENIDO.....	v
INDICE DE TABLAS.....	xii
INDICE DE GRAFICOS.....	xiv
RESUMEN.....	xiv
ABSTRAC.....	xx

CAPITULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción	1
1.2 Problema General.....	2
1.3 Problemas Específicos.....	2
1.4 Hipótesis.....	2
1.4.1 Hipótesis General	2
1.4.2 Hipótesis Especifica	2
1.5 Objetivos	3
1.5.1 Objetivo General	3
1.5.2 Objetivos Específicos.....	3
1.6 Justificación de la Investigación	3
1.6.1 En el carácter Social.....	3
1.6.2 En el Carácter Científico	4
1.7 Antecedentes de Estudio	4
1.7.1 Internacionales	4
1.7.2 Nacionales	5

1.8 Bases teóricas	8
1.8.1 Ingeniería sísmico-resistente	8
1.8.2 Evaluación estructural	8
1.8.3 Diseño sísmico-resistente	8
1.8.4 Concepción estructural sismorresistente	9
1.8.5 Diseño basado en desempeño.....	9
1.8.5.1 Reforzamiento por objetivos de desempeño	11
1.8.6. Nivel de desempeño del FEMA-356	12
1.8.6.1 Nivel y rangos de desempeño estructurales	12
1.8.7 Niveles de desempeño no estructurales	14
1.8.8 Nivel de desempeño del ATC-40 (1996)	15
1.8.8.1 Niveles de desempeño de edificios	16
1.8.9 Nivel de demanda sísmica.....	17
1.8.10 sismo en el Perú.....	17
1.8.10.1 sismo de servicio	17
1.8.10.2 sismo de diseño	18
1.8.10.3 sismo Máximo	19
1.8.10.4 Norma sísmica para la ciudad de Iquitos	20
1.8.11 Criterios de desempeño	22
1.8.12 Reglamento nacional de edificaciones RNE.030	22
1.8.13 Tipo de análisis.....	23
1.8.14 Procedimiento para la evaluación y diseño sísmico basado en desempeño.....	23
1.8.14.1 Metodología general del SEAOC (1995)	23
1.8.14.1.1 Selección de objetivos de desempeño	23

1.8.14.1.2 Determinar localización adecuada y sismo de diseño	24
1.8.14.1.3 Diseño conceptual	24
1.8.14.1.4 Diseño preliminar y diseño final	24
1.8.14.1.5 Comprobación de aceptabilidad en cada paso del diseño	24
1.8.14.1.6 Revisión del diseño	25
1.8.14.1.7 Garantía de control de la calidad durante la construcción	25
1.8.14.1.8 Mantenimiento y operatividad de la edificación	25
1.8.15 Métodos convencionales para evaluar y diseñar basado en desempeño	25
1.8.15.1 Método ATC-40 (1996)	25
1.8.15.2 Método para el proceso de rehabilitación del FEMA-273	27
1.8.15.3 Método del espectro de capacidad	28
1.8.15.3.1 Pushover clásico	29
1.8.15.3.2 obtención de la curva de capacidad	30
1.8.15.3.3 conversión de la curva de capacidad a espectro de capacidad	30
1.8.15.3.4 Espectro de demanda	31
1.8.15.3.5 Punto de desempeño	31
1.8.15.4 Pushover Modal	32
1.8.15.4.1 Patrón de cargas laterales	33
1.8.16 Riesgo sísmico	34
1.8.17 Estructuras	34
1.8.17.1 Comportamiento estructural	35
1.8.17.2 Forma de trabajo	35
1.8.17.3 Principios del diseño estructural	35
1.8.17.4 Tipos de estructuras	36
1.8.17.5 Elementos estructurales más comunes	37

1.8.17.6 Principales sistemas estructurales	42
1.8.17.7 Modelado de la estructura	44
1.8.17.8 Tipo de apoyos y conexiones	45
1.8.17.9 Modelos constitutivos del concreto estructural	46
1.8.17.9.1 Modelo constitutivo del acero	46
1.8.17.9.2 Modelo constitutivo del concreto	47
1.8.17.10 Mecánica de relaciones momento curvatura	47
1.8.17.10.1 Plasticidad y rotulas plásticas	48
1.8.17.11 Ductilidad	49
1.8.17.12 Sistema tradicional aporticado	50
1.8.17.12.1 Características	50
1.8.17.12.2 Ventajas	51
1.8.17.12.3 Desventajas	51
1.9 Definición de términos básicos	52
1.10 Variables	54
1.10.1 Identificación de variables	54
1.10.2 Definición de las variables	54
1.10.3 Operacionalización de las variables	56
CAPITULO II MATERIALES Y MÉTODOS	57
2.1 Localización	57
2.2 Tipo de investigación	57
2.3 Diseño de la investigación	58
2.4 Población y muestra	58
2.4.1 población	58
2.4.2 Muestra	59

2.5 Técnicas, instrumentos y procedimientos de la recolección de datos	59
2.5.1 Técnicas de recolección de datos	59
2.5.2 Instrumentos de recolección de datos.....	59
2.5.2.1 Expediente técnico	59
2.5.2.2 Observación.....	59
2.5.2.3 Análisis para el calculo estructural.....	61
2.5.2.4 Revisión bibliográfica	61
2.5.2.5 Ensayo de esclerometría.....	61
2.5.3 Procesamiento y análisis de la información	63
2.5.3.1 Características No lineales de los materiales a evaluar	63
2.5.3.1.1 Cuerva esfuerzo - deformación	63
2.5.3.1.2 Secciones de los elementos estructurales	65
2.5.3.2 Metrado de cargas en el Software SAP200 V20	75
2.5.3.3 Configuración estructural del Módulo A	77
2.5.3.4 Modelo Estructural del Módulo A	77
2.5.3.5 Objetivos de desempeño.....	79
2.5.3.6 Análisis estático No lineal.....	80
2.5.3.7 Análisis Pushover.....	82
2.5.3.7.1 Carga gravitacional No lineal eje X	83
2.5.3.7.2 Carga gravitacional No lineal eje Y	84
2.5.3.7.3 Carga No lineal Pushover eje X	84
2.5.3.7.4 Carga No lineal Pushover eje Y	85
2.5.3.8 Espectro de diseño Norma técnica E.030.....	86
2.5.3.9 Asignación de rotulas plásticas para vigas y columnas.....	87
2.5.3.10 Procedimiento para el análisis eje (X y Y).....	91

CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	93
3.1 Presentación de resultados	93
3.2 Resultados obtenidos.....	93
3.2.1 Análisis sísmico estático (norma E.030)	93
3.2.1.1 Comparación del cortante basal	94
3.2.2 Análisis sísmico dinámico (norma E.030)	96
3.2.2.1 Desplazamientos.....	97
3.2.3 análisis no destructivo	99
3.2.4 Curva de capacidad estructural	101
3.2.4.1 Curva de capacidad Modulo A, eje X	101
3.2.4.2 Curva de capacidad Modulo A, eje Y	102
3.2.5 Punto de desempeño.....	103
3.2.5.1 Punto de desempeño Modulo A FEMA 356, eje X.....	103
3.2.5.2 Punto de desempeño Modulo A FEMA 356, eje Y.....	104
3.2.5.3 Punto de desempeño Modulo A ATC-40, eje X	105
3.2.5.4 Punto de desempeño Modulo A ATC-40 eje Y	107
3.2.6 Sectorización de la curva de capacidad.....	108
3.2.7 Discusión	111
CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
4.1 Conclusiones	112
4.2 Recomendaciones.....	113
CAPITULO V BIBLIOGRAFIA	114
CAPITULO VI ANEXOS.....	116
6.1 Matriz de Consistencia	116
6.2 Normativa aplicadas a la investigación	118

6.2.1 Norma E.020 cargas	118
6.2.2 Norma E.030 "Diseño sismorresistente"	118
6.3 Instrumentos de recolección de datos.....	126
6.3.1 Lista de comprobación de datos	126
6.3.2 Libreta de inspección	128
6.4 Propuesta ATC-40.....	129
6.5 Comité VISION 2000 - SEAOC	129
6.6 Metrado de cargas Modulo A.....	130
6.6.1 Metrado de cargas desarrollado por el SAP2000 V20	137
6.6.2 Metrado de cargas Vivas desarrollado por el SAP2000 V20.....	140
6.7 Diseño sísmico norma técnica E.030	141
6.7.1 Modulo A	141
6.7.2 Construcción del espectro de diseño	151
6.8 Ensayo de esclerometría.....	153
6.9 Análisis Modal espectral	156
6.9.1 Modos de vibración eje X	156
6.9.2 Modos de vibración eje Y	168
6.10 Formación de rotulas plásticas	170
6.10.1 Secuencia de formación de rotulas eje X	170
6.10.2 Secuencia de formación de rotulas eje Y	177
6.11 Panel fotográficos.....	179
6.12 Planos	182

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. objetivos de reforzamiento según SEAOC	10
Tabla 2. Objetivos de reforzamiento según FEMA 356.	11
Tabla 3. Niveles de desempeño de la edificación (ATC-1996)	17
Tabla 4. Factor de Zona de Iquitos. E.030	21
Tabla 5. Perfil de suelo de Iquitos. E.030	21
Tabla 6. Límites de la deriva máxima (ATC-40. 1996)	22
Tabla 7. Metodología para la evaluación sísmica (ATC-40. 1996).....	27
Tabla 8. Elementos Estructurales y Daños Frecuentes	60
Tabla 9. Metrado de cargas. Software SAP2000 V20.	75
Tabla 10. Objetivo de evaluación de la edificación	80
Tabla 11. Factores. NTE.030	94
Tabla 12. Cortantes basal	95
Tabla 13. Desplazamientos laterales del Módulo A eje X.....	97
Tabla 14. Desplazamientos laterales Modulo A eje Y	98
Tabla 15. Límites de la deriva máxima (ATC-40,1996).	108
Tabla 16. Deriva y desplazamientos eje X	108
Tabla 17. Deriva y desplazamientos eje Y	109
Tabla 18. Cargas vivas y mínimas repartidas. NTE.020 Cargas.	118
Tabla 19. Factores de zona. E.030.....	119
Tabla 20. Clasificación de los perfiles de suelo. NTE.030.	119
Tabla 21. Factores de suelo “S”. NTE.030.	119
Tabla 22. Periodos T_p y T_L . NTE.030.....	120
Tabla 23. Factor “U”. NTE.030.....	121
Tabla 24. Categoría de la edificación. NTE.030	122
Tabla 25. Sistemas estructurales. NTE.030.....	122
Tabla 26. Factor de Irregularidad I_a . NTE.030.	123
Tabla 27. Factor de Irregularidad I_p . NTE.030.	124
Tabla 28. Factor de Irregularidad I_p . NTE.030.	124
Tabla 29. Libreta de inspección ATC-40 NTE.030.	128
Tabla 30. Objetivos de seguridad para estructuras. ATC-40.....	129
Tabla 31. Metrado de cargas. SAP2000 V20.....	139
Tabla 32. Metrado de cargas vivas. SAP2000 V20	140
Tabla 33. La zona a evaluar	141
Tabla 34. Valores de los tipos de perfiles de suelo (NTE.030).....	142
Tabla 35. Valores del Factor de amplificación del suelo. (NTE.030).....	142
Tabla 36. Categorías de la edificación (NTE.030)..	143

Tabla 37. Categoría y sistema estructural (NTE.030)	144
Tabla 38. Sistema estructural sismorresistente (NTE.030).....	145
Tabla 39. Factor de irregularidad Ia (NTE.030).	146
Tabla 40. Factor de irregularidad Ip (NTE.030)	146
Tabla 41. Resultados del ensayo de esclerometría columnas.....	153
Tabla 42. Resultados del ensayo de esclerometría vigas.	154

TABLA DE GRAFICOS

Gráfico 1. Espectro de respuesta elástica para un sismo de servicio.....	18
Gráfico 2. Espectro de respuesta elástico para el sismo de Diseño	18
Gráfico 3. Espectro de respuesta elástico para el Sismo Máximo.....	19
Gráfico 4. Espectros de respuesta elásticos recomendados por el ATC40.....	20
Gráfico 5. Espectro de diseño	21
Gráfico 6. Método aro de capacidad ATC-40	29
Gráfico 7. Curva de capacidad ATC-40 (1996)	30
Gráfico 8. Cortante basal y aceleración espectral ATC-40	30
Gráfico 9. Conversión a espectro de capacidad.....	31
Gráfico 10. Punto de desempeño del rango elástico (SOTO, 2015)	32
Gráfico 11. Estimación incorrecta del Punto de Desempeño (SOTO, 2015).....	32
Gráfico 12. Patrones de cargas lateral, distribución vertical	34
Gráfico 13. Ejemplo SAP2000 Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	36
Gráfico 14. Ejemplo SAP2000 Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	37
Gráfico 15. Esfuerzo de tracción. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	37
Gráfico 16. Componentes de F. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.	38
Gráfico 17. Carga por peso propia. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.	38
Gráfico 18. Compresión y flexión. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	39
Gráfico 19. Viga. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	39
Gráfico 20. Elemento tipo arco. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	40
Gráfico 21. Membrana. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	41
Gráfico 22. Cascaron y placa. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	41
Gráfico 23. Muro. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	42
Gráfico 24. Cerchas. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	42
Gráfico 25. Armadura. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	43
Gráfico 26. Marcos o Pórticos. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	43
Gráfico 27. Sistema de pisos. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	43
Gráfico 28. Sistema de muros. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	44
Gráfico 29. Sistemas combinados. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	44
Gráfico 30. Modelado de estructura. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	45
Gráfico 31. Apoyos y conexiones. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	46
Gráfico 32. Apoyos elásticos. Castro, M., Duque, P. (S. F). Estructuras I.....	46
Gráfico 33. Deformación de un miembro en Flexión. fuente. Fajardo (2012)	47
Gráfico 34. Plasticidad y rotulas plásticas. fuente. Fajardo (2012)	48
Gráfico 35. Sistemas estructurales. Arq. Dani Novoa Vega UPN	51
Gráfico 36. Localización Geográfica del proyecto de estudio. Fuente Google Earth.....	57

Gráfico 37. Modelo aporticado (Modulo A), fuente. Expediente técnico.	58
Gráfico 38. Determinación del índice de rebotes.	61
Gráfico 39. Fotografía del ensayo de Esclerometría. Fuente propia.	62
Gráfico 40. Fotografía del ensayo de esclerometría. Fuente Propia.	62
Gráfico 41. Curva de Esfuerzo-Deformación $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$. SAP2000 V20.	63
Gráfico 42. Curva de Esfuerzo-Deformación $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ para losa aligerada.....	64
Gráfico 43. Curva de Esfuerzo-Deformación del Acero ASTM A615 – Grado 60.....	64
Gráfico 44. Sección de la columna C5 en el software SAP2000 V20.....	65
Gráfico 45. Reforzamiento de la columna C5 en el software SAP2000 V20	66
Gráfico 46. Sección de la columna C4 en el software SAP2000 V20.....	66
Gráfico 47. Reforzamiento de la columna C4 en el software SAP2000 V20	67
Gráfico 48. Sección de la columna C3 en el software SAP2000 V20.....	67
Gráfico 49. Reforzamiento de la columna C3 en el software SAP2000 V20	68
Gráfico 50. Sección de la columna C PARED en el software SAP2000 V20.....	68
Gráfico 51. Reforzamiento de la columna C PARED en el software SAP2000 V20	69
Gráfico 52. Sección de la viga VP201 en el software SAP2000 V20.....	69
Gráfico 53. Reforzamiento de la viga VP201 en el software SAP2000 V20	70
Gráfico 54. Sección de la viga VS en el software SAP2000 V20.....	70
Gráfico 55. Reforzamiento de la viga VS en el software SAP2000 V20.....	71
Gráfico 56. Sección de la viga VA 1 en el software SAP2000 V20	71
Gráfico 57. Reforzamiento de la viga VA 1 en el software SAP2000 V20.....	72
Gráfico 58. Sección de la viga VA en el software SAP2000 V20	72
Gráfico 59. Reforzamiento de la viga VA en el software SAP2000 V20.....	73
Gráfico 60. Sección de la viga V PARED en el software SAP2000 V20	73
Gráfico 61. Reforzamiento de la viga V PARED en el software SAP2000 V20	74
Gráfico 62. Sección de la Losa Aligerada en el software SAP2000 V20.....	74
Gráfico 63. Sección del muro en el software SAP2000 V20.....	75
Gráfico 64. Modelo estructural Del Módulo A. Sección 11-11, A-A – S-S.	77
Gráfico 65. Modelo estructural Del Módulo A. Sección A-A, 11- 13.....	78
Gráfico 66. Modelo estructural Del Módulo A. Sección 13-13, A-A – S-S.	78
Gráfico 67. Modelo estructural Del Módulo A. Vista en planta.....	79
Gráfico 68. Aplicación del patrón de cargas lateral en el eje 11-11 - A-A.....	80
Gráfico 69. Aplicación del patrón de cargas lateral eje 12-12, A-A – S-S.....	81
Gráfico 70. Aplicación del patrón de cargas lateral eje 13-13, A-A – S-S.....	81
Gráfico 71. Aplicación del patrón de cargas lateral eje A-A - S-S, 11-11.....	82
Gráfico 72. Definición de la carga gravitacional no Lineal. SAP2000 V20.....	83
Gráfico 73. Definición de cargas laterales PUSHOVER AENL. SAP2000 V20.	84

Gráfico 74. Definición de la carga gravitacional no Lineal Y. SAP2000 V20.	84
Gráfico 75-1. Definición de cargas laterales PUSHOVER AENL Y. SAP2000 V20.	85
Gráfico 75-2. Definición de cargas laterales PUSHOVER AENL Y. SAP2000 V20.	85
Gráfico 76. Asignación de coeficientes para el Espectro de Diseño.SAP2000 V20.....	86
Gráfico 77. Espectro de Diseño.SAP2000 V20.....	86
Gráfico 78. ASCE 41-13 la versión más reciente del ATC-40. SAP2000 V20.....	87
Gráfico 79. Asignación de rotulas Plásticas en las vigas. SAP2000 V20.....	87
Gráfico 80. Asignación de rotulas Plásticas en las vigas. SAP2000 V20.....	88
Gráfico 81. Asignación de rotulas Plásticas en columnas eje X.	88
Gráfico 82. Asignación de rotulas plásticas en columnas eje x. SAP2000 V20.....	89
Gráfico 83. Asignación de rotulas Plásticas en columnas eje x. SAP2000 V20.....	89
Gráfico 84. Asignación de rotulas Plásticas en las vigas del eje Y. SAP2000 V20.....	90
Gráfico 85. Asignación de rotulas Plásticas en las vigas del eje Y. SAP2000 V20.....	90
Gráfico 86. Asignación de rotulas Plásticas vista en planta. SAP2000 V20.	91
Gráfico 87. Análisis tridimensional (space frame). SAP2000 V20.	91
Gráfico 88. Análisis tridimensional Pushover, eje x (space frame). SAP2000 V20.	92
Gráfico 89. Análisis tridimensional Pushover, eje Y (space frame). SAP2000 V20.	92
Gráfico 90. Colores designados para los niveles de desempeño. SAP2000 V20.....	93
Gráfico 91. Vista elevación modulo A. SAP2000 V20.	94
Gráfico 92. Resultados del cortante Basal. SAP2000 V20.	94
Gráfico 93. Resultados del Metrado de cargas. SAP2000 V20.....	95
Gráfico 94. Comparativo del cortante Basal. Excel 2018.	96
Gráfico 95. Valores del espectro E.030. SAP2000 V20.	96
Gráfico 96. Desplazamientos laterales del Módulo A eje X. Excel 2018.....	97
Gráfico 97. Modulo A eje X. SAP2000 V20.....	97
Gráfico 98. Desplazamientos laterales del Módulo A eje Y. Excel 2018.....	98
Gráfico 99. Modulo A eje Y. SAP2000 V20.....	98
Gráfico 100. Conversión de N° de golpes a resistencia a la compresión.....	99
Gráfico 101. Conversión de N° de golpes a resistencia a la compresión.....	100
Gráfico 102. Curva de capacidad del Módulo A. SAP2000 V20.	101
Gráfico 103. Curva de capacidad Modulo A. Excel 2018.	102
Gráfico 104. Curva de capacidad por FEMA 356. SAP2000 V20.....	102
Gráfico 105. Curva de capacidad bilineal FEMA 356. Excel 2018.	103
Gráfico 106. Curva de capacidad ATC-40. SAP2000 V20.....	103
Gráfico 107. Conversión de curva de capacidad a curva de demanda (ATC-40).....	104
Gráfico 108. Curva de capacidad Modulo A. SAP2000 V20.	104
Gráfico 109. Curva de capacidad eje Y. Excel 2018.....	105

Gráfico 110. Curva De capacidad eje Y FEMA 356. SAP2000 V20.	105
Gráfico 111. Curva de capacidad FEMA 356. SAP2000 V20.....	106
Gráfico 112. Curva de capacidad ATC-40. SAP2000 V20.....	107
Gráfico 113. Conversión de curva de capacidad a curva de demanda (ATC-40).....	107
Gráfico 114. Sectorización de la curva de capacidad eje X. Excel 2018.	109
Gráfico 115. Sectorización de la curva de capacidad eje Y. Excel 2018.	110
Gráfico 116. Zonas sísmicas NTE.030.	118
Gráfico 117. Vista en 3D del Módulo A. SAP2000 V20..	130
Gráfico 118. Factor a evaluar.....	141
Gráfico 119. Características del periodo fundamental, Modulo A.	148
Gráfico 120. Condiciones del periodo fundamental. NTE.030.	148
Gráfico 121. Espectro de diseño sísmico para el análisis dinámico (NPE.030).....	151
Gráfico 122. Espectro de diseño sísmico para el análisis Pushover (NPE.030).....	152
Gráfico 123. Resistencia a la compresión del concreto.	155
Gráfico 124. Modos de vibración (modos 1-3). SAP2000 V20.....	156
Gráfico 125. Modos de vibración eje 11 (modos 4-6). SAP2000 V20.....	157
Gráfico 126. Modos de vibración eje 11 (modos 7-9). SAP2000 V20.....	158
Gráfico 127. Modos de vibración eje 11 (modos 10-12). SAP2000 V20.....	159
Gráfico 128. Modos de vibración eje 12 (modo 1-3). SAP2000 V20.	160
Gráfico 129. Modos de vibración eje 12 (modos 4-6). SAP2000 V20.....	161
Gráfico 130. Modos de vibración eje 12 (modos 7-9). SAP2000 V20.....	162
Gráfico 131. Modos de vibración eje 12 (modos 10-12). SAP2000 V20.....	163
Gráfico 132. Modos de vibración eje 13 (modos 1-3). SAP2000 V20.....	164
Gráfico 133. Modos de vibración eje 13 (modos 4-6). SAP2000 V20.....	165
Gráfico 134. modos de vibración eje 13 (modos 7-9). SAP2000 V20.	166
Gráfico 135. Modos de vibración eje 13 (modos 10-12). SAP2000 V20.....	167
Gráfico 136. Modos de vibración eje A-A – S-S (modos 1-3). SAP2000 V20.....	168
Gráfico 137. Modos de vibración eje A-A – S-S (modos 4-5). SAP2000 V20.....	169
Gráfico 138. Generación de rotulas en columnas (Paso 1). SAP2000 V20.....	170
Gráfico 139. Generación de rotulas plásticas en columnas y vigas (Paso 2)	171
Gráfico 140. Generación de rotulas plásticas en columnas y vigas (Paso 3)	171
Gráfico 141. Generación de rotulas plásticas en columnas y vigas (Paso 4)	172
Gráfico 142. Generación de rotulas plásticas en columnas y vigas (Paso 5)	172
Gráfico 143. Generación de rotulas plásticas en el eje 12, dirección X	173
Gráfico 144. Generación de rotulas plásticas en columnas (Paso 1).....	173
Gráfico 145. Generación de rotulas plásticas en columnas (Paso 2).....	173
Gráfico 146. Generación de rotulas plásticas en columnas (Paso 3).....	174

Gráfico 147. Generación de rotulas plásticas en columnas (Paso 4).....	174
Gráfico 148. Generación de rotulas plásticas en columnas (Paso 5).....	174
Gráfico 149. Generación de rotulas plásticas en el eje 13, dirección X	175
Gráfico 150. Generación de rotulas plásticas en columnas (Paso 1).....	175
Gráfico 151. Generación de rotulas plásticas en columnas (Paso 2).....	175
Gráfico 152. Generación de rotulas plásticas en columnas (Paso 3).....	176
Gráfico 153. Generación de rotulas plásticas en columnas (Paso 4).....	176
Gráfico 154. Generación de rotulas plásticas en columnas (Paso 5).....	176
Gráfico 155. Generación de rotulas plásticas en columnas (Paso 1).....	177
Gráfico 156. Generación de rotulas plásticas en columnas (Paso 2).....	178
Gráfico 157. Generación de rotulas plásticas en columnas (Paso 3).....	178
Gráfico 158. Fotografías de la evaluación visual y directa del Módulo A.	179
Gráfico 159. Ensayo de Esclerometría.	180
Gráfico 160. Esclerómetro brindado por el laboratorio de suelos de la UCP.....	181
Gráfico 161. Plano Arquitectónico de los ejes 11 y 13. AutoCAD 2017.....	182
Gráfico 162. Plano estructural de los ejes 11 y 12. AutoCAD 2017.	182
Gráfico 163. Plano de losa y vigas. AutoCAD 2017.....	183
Gráfico 164. Plano de Planta General. AutoCAD 2017	183

RESUMEN

La finalidad de esta investigación es evaluar la vulnerabilidad sísmica de una edificación de concreto armado, que pertenece al ministerio de educación, ubicada en la ciudad de Iquitos, el mejoramiento de esta edificación tiene como inicio el año 2015 y finalizado a fines del 2017, el propósito que tenemos es predecir la vulnerabilidad de la edificación, basándonos en el desempeño Sismorresistente y con ello poder identificar zonas críticas que posiblemente requieran reforzamiento estructural, tenemos como propósito evitar pérdidas humanas, económicas de gran magnitud. Al estar en la categoría de “edificaciones esenciales” según la NTE.030. es Indispensable hacer un análisis basado en desempeño, la edificación es una Institución Educativa que alberga niños y adolescentes por la mañana y la tarde, la norma indica que una Institución Educativa debe servir como Refugio después de un desastre, pero no da parámetros de desempeño que una edificación debe tener para poder servir como refugio, por lo cual se procede a utilizar metodologías externas a las normas Peruanas, y así poder tener un mejor criterio de aceptación de que la estructura si cumple lo requerimientos mínimos para tener una ocupación Inmediata después de un desastre. Los datos que se utilizaron para estos análisis lo proporcionó la norma E.030 (Diseño sismorresistente).

La metodología de evaluación estructural que se adopto fue el de niveles de desempeño estructural o parámetros de diseño según la norma ATC (Applied Technology Council) y el comité VISSION 2000 SEAOC (Structural Enginners Association Of California). Estos fueron Las metodologías que se aplicaron para la evaluación.

El análisis Matemático se desarrollo en el Software SAP2000 V20, utilizando las propiedades de los materiales y elementos estructurales brindado por el expediente técnico, se procedió a hacer el análisis estático y dinámico para interpretar los resultados del software basada en la norma E.030, y al finalizar esta se procedió a hacer el análisis estático No lineal Pushover, este análisis consiste en agregar un patrón de cargas a cada nodo la cual va aumentando en función del número de pisos de la edificación, dicho patrón de cargas nos da un análisis más cercano a la realidad y con esta podemos determinar las fuerzas que actúan y los desplazamientos producidas por estas cargas laterales.

Mediante este análisis se genera la curva de capacidad de la edificación, los desplazamientos de fluencia y de colapso, luego se lo asocia a los niveles de desempeño.

Para obtener el nivel de desempeño, es la intersección de la curva de capacidad y los espectros de diseño, así se encuentra el punto de desempeño de la edificación. Al concluir se obtiene que el nivel de desempeño de la edificación es aceptable para garantizar la vida útil.

Palabras claves:

SAP2000 V20, VISSION 2000, Evaluación, PUSHOVER, ATC.

ABSTRACT

The purpose of this investigation is to evaluate the seismic vulnerability of a reinforced concrete building, which belongs to the Ministry of Education, located in the city of Iquitos, the improvement of this building starts in 2015 and ended at the end of 2017, the Our purpose is to predict the vulnerability of the building, based on the seismic performance and thus to identify critical areas that may require structural reinforcement, we aim to avoid human, economic losses of great magnitude. Being in the category of "essential buildings" according to NTE.030. It is essential to make a performance-based analysis, the building is an educational institution that houses children and adolescents in the morning and afternoon, the standard indicates that an educational institution should serve as a refuge after a disaster, but does not provide performance parameters that a building must have to be able to serve as a refuge, which is why we proceed to use methodologies external to the Peruvian norms, and thus have a better acceptance criterion that the structure if it meets the minimum requirements to have an immediate occupation after a disaster. The data that was used for these analyzes was provided by the E.030 standard (seismic resistant design).

The methodology of structural evaluation that was adopted was the structural performance levels or design parameters according to the ATC (Applied Technology Council) and the VISSION 2000 SEAOC (Structural Engineers Association Of California) committee. These were the methodologies that were applied for the evaluation.

The Mathematical analysis was developed in the Software SAP2000 V20, using the properties of the materials and structural elements provided by the technical file, proceeded to make the static and dynamic analysis to interpret the results of the software based on the E.030 standard, and At the end of this process, the static non-linear Pushover analysis was carried out. This analysis consists of adding a load pattern to each node, which is increased depending on the number of floors of the building, this load pattern gives us a closer analysis to reality and with this we can determine the forces that act and the displacements produced by these lateral loads.

By means of this analysis, the building capacity curve, the creep and collapse displacements are generated, then it is associated with the performance levels.

To obtain the level of performance, it is the intersection of the capacity curve and the design spectra, this is the point of performance of the building. At the end, it is obtained that the level of performance of the building is acceptable to guarantee the useful life.

Keywords:

SAP2000 V20, VISSION 2000, EVALUATION, PUSHOVER, ATC.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El tema de investigación a analizar nace al notar la poca importancia que dan a la ingeniería sismorresistente en la ciudad de Iquitos, en todo el mundo se promueve la evaluación basada en el desempeño sísmico, esta permite evaluar las Normativas y análisis no lineales de las estructuras edificadas, esta nos permite comprobar los principios fundamentales de la ingeniería antisísmica, con el propósito de velar por la seguridad de la vida, la economía y el bienestar de la sociedad; en el caso a evaluar se tomara una edificación existente de acuerdo a la normativa nacional de diseño sismorresistente que por la naturaleza y uso pertenece al uso educacional de la ciudad de Iquitos , provincia de Maynas, región Loreto, beneficia a la educación escolar del distrito de belén y por ello se procede a evaluar por desempeño sísmico la edificación, esto asegura un proyecto de correcto funcionamiento para el bienestar y seguridad de la población beneficiaria.

La gran mayoría de centros educativos de la región generalmente son construidas con pocas medidas de seguridad, partiendo desde el diseño, basándose solo en criterios y llegando a una mala construcción, de acuerdo a la observación que tuvimos en la “INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE MENORES N° 60014 DEL PP.JJ. SANTO CRISTO DE BAGAZÁN, DISTRITO DE BELÉN, PROVINCIA DE MAYNAS, REGIÓN LORETO” se encontró fallas estructurales en los muros de la estructura y es por ello que se decidió hacer una evaluación estructural de la edificación existente, tomando un “diseño sísmico” como metodología para evaluar la edificación, en este caso se tomara como método un “Diseño sísmico basado en Desempeño”. En este proyecto de Tesis trata de marcar la forma correcta en diseño y criterios al construir una edificación, de acuerdo a la norma vigente peruana y a otros parámetros de análisis sísmico, el objetivo es detallar en lo posible un correcto nivel de desempeño sísmico de estructuras en toda la región y el país llevando así a desarrollar correctas ejecuciones de obras de toda magnitud, teniendo en cuenta la metodología de diseño basado en desempeño sísmico, metodología que tiene nuevos estándares de calidad frente a la norma de diseño sismorresistente RNE 0.30.

1.2 Problema General

¿Hasta qué punto es vulnerable la estructura existente edificada en la “INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE MENORES N° 60014 DEL PPJJ. SANTO CRISTO DE BAGAZÁN- distrito de belén, provincia de Maynas, región Loreto - 2018”?

1.3 Problemas Específicos

- ¿Cómo influye el diseño sísmico basado en desempeño en la capacidad de respuesta de la estructura existente?
- ¿Cómo es el comportamiento estructural de un modelo de concreto armado?
- ¿Cómo el diseño sísmico basado en desempeño, mejora el comportamiento estructural del modelo de concreto armado?
- ¿Cuál es el criterio de aprobación de un modelo estructural de concreto armado?

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis General

- La estructura de concreto armado de la institución educativa inicial, primaria y secundaria de menores N.º 60014 del Pje. Santo Cristo de Bagazán, no es vulnerable y cumple las normas de diseño estructural y sísmico para edificaciones.

1.4.2 Hipótesis Especifica

- La estructura de concreto armado de la institución educativa inicial, primaria y secundaria de menores N° 60014 del Pje. Santo Cristo de Bagazán, es vulnerable y no cumple las normas de diseño estructural y sísmico para edificaciones.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Determinar la vulnerabilidad sísmica mediante el diseño sísmico basado en desempeño de una estructura de concreto armado – distrito de belén, provincia de Maynas, región Loreto – 2018.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Como influye el diseño sísmico basado en desempeño, para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la estructura de concreto armado - distrito de Belén, provincia de Maynas, región Loreto - 2018
- Determinar el comportamiento en la estructura de concreto armado – distrito de belén, provincia de Maynas, región Loreto - 2018
- Determinar si la estructura existente de concreto armado es vulnerable – distrito de belén, provincia de Maynas, región Loreto - 2018.
- Determinar se la estructura existente de concreto armado no es vulnerable – distrito de belén, provincia de Maynas, región Loreto - 2018.

1.6 Justificación de la Investigación

El proyecto de investigación tiene dos caracteres fundamentales a estudiar:

1.6.1 En el carácter Social

El aporte que se dará será vital para la sociedad de la región y el país para diseñar futuras edificaciones y así cumplir adecuadamente con la norma de diseño sismorresistente RNE E-030.

La INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE MENORES N° 60014 DEL PP.JJ. SANTO CRISTO DE BAGAZÁN, DISTRITO DE BELÉN, PROVINCIA DE MAYNAS, REGIÓN LORETO”. Centro de educación a evaluar, desempeña un papel muy importante en la población del distrito de belén, desde el punto de vista social y económico, la función de este colegio es brindar seguridad y comodidad durante el día y la tarde a los estudiantes que acuden a esta.

1.6.2 En el Carácter Científico

La investigación a realizar tiene un aporte muy importante para la comunidad investigadora con referencia a la ingeniería antisísmica, brindando parámetros para una correcta evaluación del desempeño sísmico, y esta es aplicada a cualquier tipo de estructura existente.

La evaluación por desempeño sísmico es un método que proporciona una mayor visión de los criterios a tomar al momento de diseñar una edificación, haciendo énfasis en el comportamiento esperado, el control de fallas estructurales y no estructurales y los niveles de seguridad establecidos.

El resultado de la investigación dará un buen aporte con sus resultados obtenidos para futuras investigaciones en el área de ingeniería Antisísmica.

(autoría propia de los egresados que desarrollan la tesis)

1.7 Antecedentes de Estudio

1.7.1 Internacionales

- Luis Esteva Maraboto (2001); DISEÑO SISMICO BASADO EN DESEMPEÑO: TENDENCIAS Y RETOS, revista de ingeniería sísmica No. 63 36-54 (2001), concluye al mostrar un panorama de las tendencias en el desarrollo de normas de confiabilidad. Para los diseñadores, los nuevos criterios implicaran un control más directo de las variables significativas que afectan el comportamiento esperado de las construcciones para sismos de diversas intensidades.
- Pérez Cruz, José Luis (2013), en tesis “DISEÑO SISMO RESISTENTE POR DESEMPEÑO Y SUS EFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL”, AMBATO – ECUADOR (2013), universidad técnica de Ambato, afirma que los procedimientos de diseño establecidos en la mayoría de normas sismorresistentes en el mundo están orientados a evitar el colapso de las edificaciones ante sismos severos. Además, propone el uso de la nueva tendencia del diseño sismo resistente que consiste en cuantificar el

comportamiento no lineal que se espera de una edificación y esto entre otras cosas significa, calcular el índice de daño a nivel de sección de los elementos, a nivel de piso y a nivel de estructura.

1.7.2 Nacionales

- Silva Sánchez, Héctor Hugo tesis (2005) “DESEMPEÑO DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO DISEÑADOS BAJO LA NORMA PERUANA DE DISEÑO SISMORRESISTENTE E-030” Universidad Nacional de Ingeniería. Lima-Perú (2005) El presente trabajo consta de 7 capítulos organizados de la siguiente forma: 1. El primero, en el cual se exponen las generalidades relacionadas al código peruano de diseño sismorresistente y sus principios para el diseño de edificaciones, 2. El segundo, en el cual se hace una sinopsis de 3 de los más importantes documentos que se han publicado sobre diseño sísmico y rehabilitación de estructuras basados en criterios de desempeño y que han sido desarrollados en base a la investigación en Norteamérica. Se describen principalmente los aspectos relacionados a la filosofía del desempeño (establecimiento de niveles de demanda sísmica y niveles de desempeño) y la predicción de la respuesta de las edificaciones (Objetivos de Desempeño y Parámetros de Control). 3. El tercero, en el cual se tratan los detalles del análisis estructural del edificio, incluyendo los modelos no lineales de elementos, las definiciones del análisis no lineal estático y la curva de capacidad, la definición de los espectros de respuesta y de diseño y sus reducciones tanto por amortiguamiento como por ductilidad, la transformación del edificio a un sistema de un grado de libertad y la culminación de la capacidad y la demanda en diagramas en formato aceleración espectral vs. desplazamiento espectral. 4. El cuarto, en el cual se desarrollan los métodos de cálculo de los puntos de desempeño, detallando las similitudes y diferencias entre ellos, la definición de la curva bilineal, y el procedimiento por aproximaciones sucesivas al punto de desempeño. 5. El quinto, en el cual se introducen las estructuras a ser estudiadas, se hace una descripción de las características de su uso y estructuración y se realiza un análisis modal espectral para conocer la respuesta según el análisis lineal

elástico, calculando masas, modos de vibración, fuerzas cortantes y desplazamientos por niveles. 6. El sexto, en el cual se realiza el cálculo numérico del análisis de las estructuras descritas en el capítulo quinto según los modelos y procedimientos de cálculo expuestos en el capítulo tercero y luego se hallan los puntos de desempeño por medio de los métodos que se tomaron en cuenta en el capítulo cuarto. Finalmente se comparan los resultados con los parámetros de respuesta más representativos que se consideraron en el capítulo segundo. 7. El séptimo, en el cual se concluye brevemente los resultados obtenidos en relación al desempeño supuesto para las estructuras según nuestro código de diseño.

- “EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE UN EDIFICIO DESTINADO A VIVIENDA EN LA CIUDAD DE LIMA APLICANDO EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Aborda el diseño por desempeño de un edificio en Lima aplicando el análisis estático no lineal “Pushover”. Por ello, la hipótesis plantea que el diseño por desempeño de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima debido a un sismo moderado y severo, cumple con lo indicado en la Norma Peruana Sismorresistente E-030 respecto a sus objetivos del no daño estructural y el no colapso respectivamente, si los puntos de desempeño obtenidos al comparar el Espectro de Capacidad con el Espectro de Demanda de la Norma E-030 se encuentran dentro del rango de desempeño establecido según el código de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA).
- Luis Miguel Borda Meza, Adolfo Enrique Pastor Dulanto (2007) “DESEMPEÑO SISMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO PERUANO DE SEIS PISOS” Pontificia Universidad Católica Del Perú, lima 2007. Para el diseño se emplearon las normas peruanas vigentes. La evaluación se hizo considerando tres niveles de peligro sísmico correspondientes a periodos de retorno de 43, 75 y 475 años. Para estimar la respuesta se utilizarían técnicas espectrales inelásticas (espectros de demanda y capacidad), y para la evaluación del desempeño se usó la propuesta del comité VISIÓN 2000 del SEAOC. El diseño condujo a un edificio muy rígido, con columnas

de 55 x 55cm de lado para los tres primeros pisos y 50 x 50cm para los pisos restantes, y vigas de 30x55cm.

Con estas dimensiones de los elementos, la deriva lateral máxima fue de 0.69%, para las sollicitaciones de la norma peruana. Los resultados indican que la estructura tendría una ductilidad de desplazamiento de 11 respecto a la fluencia efectiva, y una sobrerresistencia respecto a la demanda del código de 1.3 para la formación de la primera rótula y 2.5 para el colapso. Para los tres niveles de peligro sísmico el desempeño de la estructura se mantuvo dentro de la categoría de Funcional. Según la propuesta del SEAOC el edificio tendría un buen comportamiento ante un sismo raro de 475 años de periodo de retorno. En un evento frecuente de 75 años de periodo de retorno el desempeño podría considerarse aceptable. Los resultados indican que el límite de deriva lateral impuesto por la norma peruana podría ser conservador; cabe resaltar que este estudio fue desarrollado considerando valores medios para las características estructurales y la demanda.

- Vergara luna y Zevallos Esquivel (2014), realizo una investigación titulada “ANÁLISIS SÍSMICO POR DESEMPEÑO ESTÁTICO NO LINEAL DE UN EDIFICIO DE 6 NIVELES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO, LA LIBERTAD (2014)”, en la cual concluye: Realizar el Diseño por desempeño y análisis sísmico no-lineal estático de un edificio de 6 pisos en la localidad de Trujillo, la libertad, para establecer parámetros de calidad a comparación con un diseño estructural tradicional basado en normas convencionales como la norma de RNE E0.30.

1.8 Bases teóricas

1.8.1 Ingeniería sísmico-resistente

La Ingeniería Sismo-Resistente, es parte de la dinámica estructural, que estudia el comportamiento de las edificaciones ante la acción sísmica e investiga los métodos de cálculo estructural, que garantizan su buen comportamiento y seguridad estructural ante los sismos. Por lo general, el dictado de los cursos de Ingeniería Sismo-Resistente, se centran en la descripción teórica y en la resolución de un escaso número de problemas, lo cual dificulta el proceso de aprendizaje, más aún, tratándose de un curso eminentemente práctico y con una diversidad de estructuras.

1.8.2 Evaluación estructural

La evaluación estructural se requiere para investigar la capacidad de estructuras existentes ante sollicitaciones nuevas o existe incertidumbre en su estructura.

1.8.3 Diseño sísmico-resistente

Elementos y características que definen la estructura antisísmica de un edificio. Configuración del edificio. Escala. Simetría. Altura. Tamaño horizontal. Distribución y concentración de masas. Densidad de estructura en planta. Rigidez. Piso flexible. Esquinas. Resistencia Perimetral. Redundancia. Centro de Masas. Centro de Rigideces. Torsión. Periodo propio de oscilación. Ductilidad. Amortiguamiento. Sistemas resistentes.

En el Perú se trabaja con la norma técnica E-0.30 y E-0.60 DISEÑO SISMORRESISTENTE. Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios:

a. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.

- b. La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- c. Para las edificaciones esenciales, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

1.8.4 Concepción estructural sismorresistente

Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos:

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

1.8.5 Diseño basado en desempeño

En décadas pasadas el único objetivo de la ingeniería sismorresistente era evitar el colapso de las edificaciones en sismos severos. En la actualidad, el método ha cambiado y se establecen objetivos de desempeño para diferentes niveles de peligro sísmico. Esta ingeniería basada en el desempeño estima el comportamiento sísmico de la estructura a partir del comportamiento real de los elementos (propiedades lineales y no lineales)

Los objetivos del diseño orientado al desempeño se establecen mediante cuatro niveles de peligro sísmico y cinco niveles de desempeño (SEAOC, 1995). Los niveles de peligro se representan por sismos con periodos de retorno entre 45 y 2475 años. Los sismos se denominan frecuentes, ocasionales, raros y muy raros, y se asocian a los periodos de retornos (Tr) de 45, 75, 475 y 2475 años.

Los niveles de desempeño se definen de acuerdo al estado de daño que alcanzaría la estructura. Los niveles de desempeño se denominan operacional (sin daño), funcional (daño leve), resguardo o seguridad de vida (daño moderado), cercano al colapso (daño severo) y Colapso (daño extendido, colapsos parciales, estructura irrecuperable o colapso completo)

La Tabla 1. muestra los objetivos planteados por el SEAOC mediante una matriz donde las filas corresponden a los niveles de peligro sísmico y las columnas a los niveles de comportamiento deseado. Cada casillero de la matriz representa el estado de daño que alcanzaría una estructura en un cierto nivel de peligro, y además se muestra el desempeño mínimo que deberían tener estructuras con objetivos básicos y esenciales.

Estado de daño Sismo	Operacional	Funcional	Resguardo de vida	Cercano al colapso	Colapso
Sismo frecuente (Tr = 45 años)					
Sismo ocasional (Tr = 75 años)					
Sismo raro (Tr = 475 años)					
Sismo muy raro (Tr = 2475 años)					

Tabla 1. Objetivos de reforzamiento según SEAOC

Según la propuesta del SEAOC, las edificaciones comunes (viviendas, oficinas, restaurantes) solo necesitan lograr los objetivos básicos de desempeño, que serían llegar a un nivel funcional para un sismo ocasional y un nivel de resguardo de la vida para un sismo raro. Para edificaciones esenciales como edificaciones educativas (SENCICO, 2016) se exige cumplir los objetivos esenciales, que serían llegar a un estado operacional para un sismo ocasional y a un estado funcional para un sismo raro.

1.8.5.1 Reforzamiento por objetivos de desempeño

Cuando se refuerza una edificación existente se pueden seleccionar los objetivos para cada nivel de peligro dependiendo de la importancia del edificio, de los beneficios sociales y de seguridad que se obtendrían, así como también de los recursos económicos disponibles (FEMA 356, 2000).

El nivel de daño que alcanza una edificación en cada nivel de peligro se puede representar por letras de la “a” a la “p”. Los objetivos de reforzamiento se definen agrupando uno o más estados de daño asociados a cada nivel de peligro. Los objetivos propuestos por FEMA 356 se han dispuesto en cuatro grupos según se presenta en la Tabla 1.2 con colores diferentes.

		Operacional	Ocupación inmediata	Resguardo de vida	Cerca al colapso
Niveles de peligro sísmico	Tr = 72 años	a	b	c	d
	Tr = 225 años	e	f	g	h
	Tr = 475 años	i	j	k	l
	Tr = 2475 años	m	n	o	p

Tabla 2. Objetivos de reforzamiento según FEMA 356.

El grupo de color rojo corresponde a objetivos limitados, donde se pretende evitar el colapso para sismos con 225 años de periodo de retorno y no se persigue reducir el daño en sismos menores y más frecuentes.

Los objetivos básicos de seguridad, grupo de color verde, buscan proteger a las estructuras del colapso ante eventos con periodo de retorno $Tr=2475$ años y resguardar la vida de sus ocupantes ante eventos con 475 años de periodo de retorno.

Los objetivos superiores de desempeño están representados por el grupo de color violeta donde por ejemplo se pretende que, para un sismo extremo con 2475 años de periodo de

retorno, la edificación se mantenga operacional. También se denominan objetivos superiores a una combinación de los objetivos básicos con alguno de los casilleros de color blanco.

Las edificaciones escolares, consideradas como edificaciones esenciales tendrían que ser reforzada para lograr al menos los objetivos básicos “k” y “p” además de “a” ó “b”.

1.8.6. Nivel de desempeño del FEMA-356

El nivel de desempeño describe un estado límite de daño discreto. Representa una condición límite o tolerable establecida en función de tres aspectos fundamentales:

- 1) Los posibles daños físicos sobre los componentes estructurales y no estructurales.
- 2) La amenaza sobre la seguridad de los ocupantes de la edificación, inducida por estos daños
- 3) La funcionalidad de la edificación posterior al terremoto.

1.8.6.1 Nivel y rangos de desempeño estructurales

Se han definido tres niveles desempeño estructurales los cuales tratan de guardar una correlación con las exigencias de desempeño estructurales más usuales. Además, se han propuesto unos rangos que se encuentran para características intermedias a los niveles de desempeño que se van a mencionar.

Los niveles de desempeño son:

1. Nivel de Ocupación Inmediata (I-O Immediately-Occupation) Luego de haber ocurrido un evento sísmico, el daño en la estructura es mínimo, esta estructura puede ser ocupada inmediatamente con reparaciones mínimas que no prioritarias.

2. Nivel de Seguridad Vida (L-S Life-Security) Significa que la estructura ha sufrido daño significativo, pero no colapsará debido a que los elementos estructurales conservan una parte importante de su capacidad resistente; la estructura puede funcionar luego de unas reparaciones, pero se debe analizar qué tan conveniente es esto económicamente.

3. Nivel de Prevención de Colapso (C-P Collapse-Prevention) Se ha producido un daño sustancial a la estructura, la estructura ha perdido en gran parte su resistencia y rigidez, se han producido grandes deformaciones permanentes. La estructura ha sufrido mucho daño por lo cual puede sucumbir si es que sucede una réplica de la excitación sísmica, este nivel no es técnicamente reparable, y se recomienda derrocar.

Los Rangos de Desempeño, son los siguientes:

Describen los posibles estados de daño sobre la estructura. Para tal fin, se designan con la abreviación SP-n (“Structural Performance”, donde “n” es un numero)

1. Rango de Desempeño para la Inmediata Ocupación (SP-1), el sistema resistente a cargas verticales y laterales permanece prácticamente inalterado, puede haber ocurrido daño estructural muy limitado, el peligro a la vida es despreciable y la edificación se mantiene funcionando en su totalidad.

2. Rango de Desempeño para el Control de Daños (SP-2), En este rango se espera un daño menor que para el Nivel de Seguridad de Vida (S-3), pero a la vez mayor que aquel esperado para el Nivel de Ocupación Inmediata (S-1), este se utiliza cuando el Nivel de Ocupación Inmediata es muy costosa. La vida de los ocupantes no está en peligro, aunque es posible que sean afectados.

3. Rango de Desempeño para la Seguridad (SP-3), Pueden haber ocurrido daño significativo en la estructura, sin embargo, la mayoría de los elementos estructurales se mantienen. Amenaza a la vida de los ocupantes interiores y exteriores e incluso, puede haber afectados. Costos elevados asociados a las reparaciones estructurales.

4. Rango de Desempeño de Seguridad Limitada (SP-4), Es un estado entre el Nivel de Seguridad de Vida (SP-3) y Prevención de Colapso (SP-5), con alto peligro para los ocupantes.

5. Rango de Desempeño de Estabilidad Estructural (SP-5), Corresponde a un estado de daño en el cual el sistema estructural está en el límite de experimentar un colapso parcial o total. Han sucedido daños sustanciales, con una significativa degradación de rigidez y resistencia del sistema resistente a cargas laterales, aun cuando los componentes del sistema resistente a cargas verticales mantengan la capacidad suficiente para evitar el colapso. Existe un elevado peligro para ocupantes y transeúntes, así como un peligro elevado en caso de réplicas. Estas edificaciones requieren reparaciones estructurales significativas.

6. Desempeño Estructural No Considerado (SP-6), No corresponde con un nivel de desempeño de la estructura, sino con una condición en la cual solo se incluye una evaluación sísmica de los componentes no estructurales. Se limita a considerar el desempeño de los elementos no estructurales.

1.8.7 Niveles de desempeño no estructurales

Describen los posibles estados de daño de los componentes no estructurales arquitectónicos como divisiones, revestimientos interiores, exteriores y techos, además de los componentes mecánicos, eléctricos, de agua potable, alcantarillado e incendios. Se designan con la abreviación NP-n (“Non-structural Performance” donde “n” designa una letra) Los niveles de desempeño no estructurales son los siguientes:

1. Nivel de desempeño operacional (NP-A), Todas las instalaciones adicionales como son la iluminación, sistemas de computación, agua potable y todas las demás están en condiciones aptas para el correcto funcionamiento del edificio, pero para lograr este se debe tener en cuenta el anclaje de los elementos no estructurales para conseguir un daño mínimo y muy poca limpieza para el uso de la estructura, aunque algunos servicios externos no estén del todo disponibles.

2. Nivel de Ocupación Inmediato (NP-B), Luego del evento sísmico el edificio es estructuralmente seguro, pero no puede ser usado normalmente ya que se debe realizar una limpieza e inspección de las instalaciones, la estructura es capaz de seguir operando, pero las instalaciones pueden presentar problemas como daño en equipo muy sensible.

3. Nivel de Seguridad de Vida (NP-C), El daño post terremoto es extenso y costoso en los componentes no estructurales, puede existir daños contra la vida en el terremoto por la falla de los componentes no estructurales, pero en general la amenaza a la vida es muy baja, la rehabilitación de estos componentes exigirá un gran esfuerzo. No debería haber fallo en los componentes peligrosos, sin embargo, el equipamiento y las maquinas pueden quedar fuera de servicio.

4. Nivel de Riesgo Reducidos (NP-D), Daño considerable ha ocurrido a los componentes no estructurales, pero los muebles o artefactos grandes y pesados que pueden ocasionar riesgo para los habitantes son anclados para evitar que estos lesionen a la gente, pero se espera que las personas sean heridas por la caída de escombros tanto dentro como fuera de la estructura.

5. Desempeño No Estructural No Considerado (NP-E), A veces se puede tomar la decisión de rehabilitar la estructura sin dirigirse a las vulnerabilidades de los componentes no estructurales, esto se puede realizar cuando no se va a interrumpir las operaciones del edificio.

1.8.8 Nivel de desempeño del ATC-40 (1996)

Los Niveles de Desempeño de la Edificación son una combinación del Nivel de Desempeño Estructural y Nivel de Desempeño no Estructural.

1.8.8.1 Niveles de desempeño de edificios

Describen los posibles estados de daño para la edificación. Estos niveles de desempeño se obtienen de la apropiada combinación de los niveles de desempeño de la estructura y de los componentes no estructurales.

1. Nivel Operacional (1-A), Esta es una combinación entre el Nivel de Ocupación Inmediato y el Nivel Operacional No Estructural, en el cual se espera un daño nulo o un 22 mínimo daño a los componentes tanto estructurales como no estructurales. Es decir, el edificio podrá trabajar inmediatamente luego de ocurrido el evento sísmico, pero existirá una pequeña posibilidad de que las instalaciones adicionales no trabajen al cien por ciento.

2. Nivel de Ocupación Intermedia (1-B), Es una combinación de los Niveles de Ocupación Intermedios Estructurales y No Estructurales, en este nivel se espera que el edificio tenga un daño mínimo o ningún daño a los componentes estructurales y un daño mínimo a los componentes no estructurales. Es decir que el edificio se puede ocupar, pero las instalaciones eléctricas, agua potable y demás no funcionarán por lo que se deberá realizar algún tipo de reparación para que el edificio funcione en óptimas condiciones.

3. Nivel de Seguridad de Vida (3-C), Es una combinación de los Niveles de Seguridad de Vida Estructural y No Estructurales, en este nivel de desempeño se espera que la estructura tenga un daño considerable a componentes estructurales y no estructurales, razón por la cual es necesaria una reparación de las instalaciones antes de la ocupación.

4. Nivel de Prevención del Colapso (5-E), En este nivel no se considera la vulnerabilidad de los componentes no estructurales, con excepción de los parapetos y apéndices pesados, los edificios que están en este nivel la estructura ya ha sufrido grandes daños, pero no se derrumba lo cual permite que se puedan salvar muchas vidas, pero la estructura no es posible repararla.

	<i>SP-1 Inmediata Ocupación</i>	<i>SP-2 Daño Controlado (rango)</i>	<i>SP-3 Seguridad</i>	<i>SP-4 Seguridad limitada (rango)</i>	<i>SP-5 Estabilidad Estructural</i>	<i>SP-6 No considerado</i>
<i>NP-A Operacional</i>	1-A Operacional	2-A	NR	NR	NR	NR
<i>NP-B Inmediata Ocupación</i>	1-B Inmediata Ocupación	2-B	3-B	NR	NR	NR
<i>NP-C Seguridad</i>	1-C	2-C	3-C Seguridad	4-C	5-C	6-C
<i>NP-D Amenaza</i>	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
<i>NP-E No Considerado</i>	NR	NR	3-E	4-E	5-E Estabilidad Estructural	No Aplicable

Tabla 3. Niveles de desempeño de la edificación. (ATC-1996)

1.8.9 Nivel de demanda sísmica

El peligro sísmico es una magnitud geofísica que da la probabilidad de ocurrencia de uno o más sismos en un área geográfica específica durante intervalos de tiempo y magnitud determinados y depende principalmente de tres factores: la sismicidad de las fuentes sísmicas que pudieran afectarlo, la distancia entre las fuentes y el sitio, y por último los efectos de la geología local. La sismicidad se refiere a la descripción probabilística de la frecuencia con la que ocurren sismos de diferentes magnitudes en cada fuente. Para una fuente y magnitud dada es posible estimar la intensidad del movimiento a cualquier distancia por medio de leyes de atenuación, las cuales toman en cuenta la disminución de dicha intensidad con el incremento en la distancia al epicentro o a la zona de ruptura. Finalmente, el movimiento sísmico puede verse afectado por las condiciones locales del sitio. (Gallego, 2003).

1.8.10 sismo en el Perú

1.8.10.1 sismo de servicio

es el movimiento que tiene un 50% de probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años. Este sismo es normalmente el 0.5 veces el sismo de diseño.

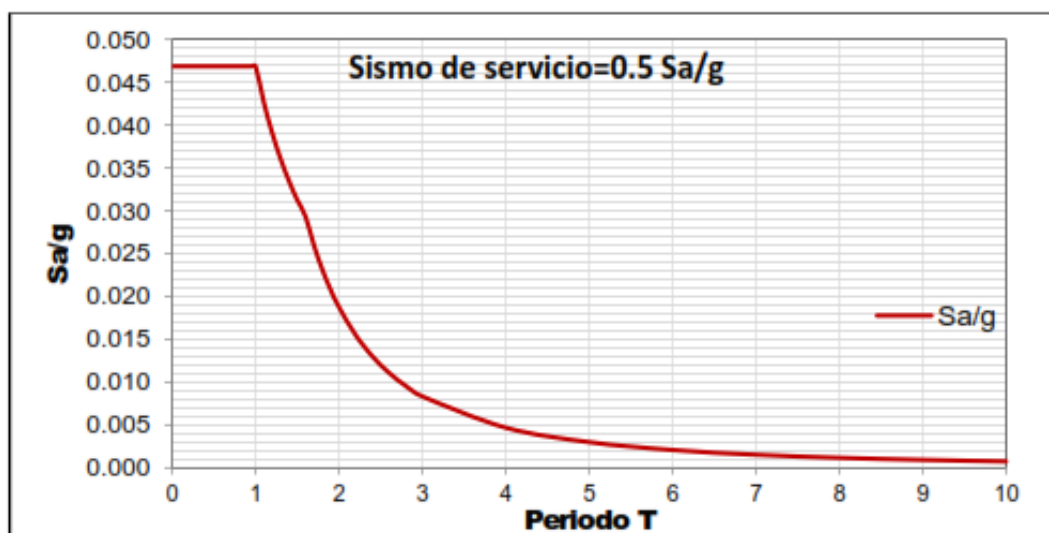


Gráfico 1. Espectro de respuesta elástica para un sismo de servicio.

1.8.10.2 sismo de diseño

Se procede a evaluar la peligrosidad sísmica en términos probabilísticos, y se obtiene mapas de zonificación sísmica originados en curvas de igual aceleración para una vida útil de la estructura de 50 años y con una probabilidad de excedencia del 10%, correspondiente a un periodo estudiada. de retorno de aproximadamente 475 años.

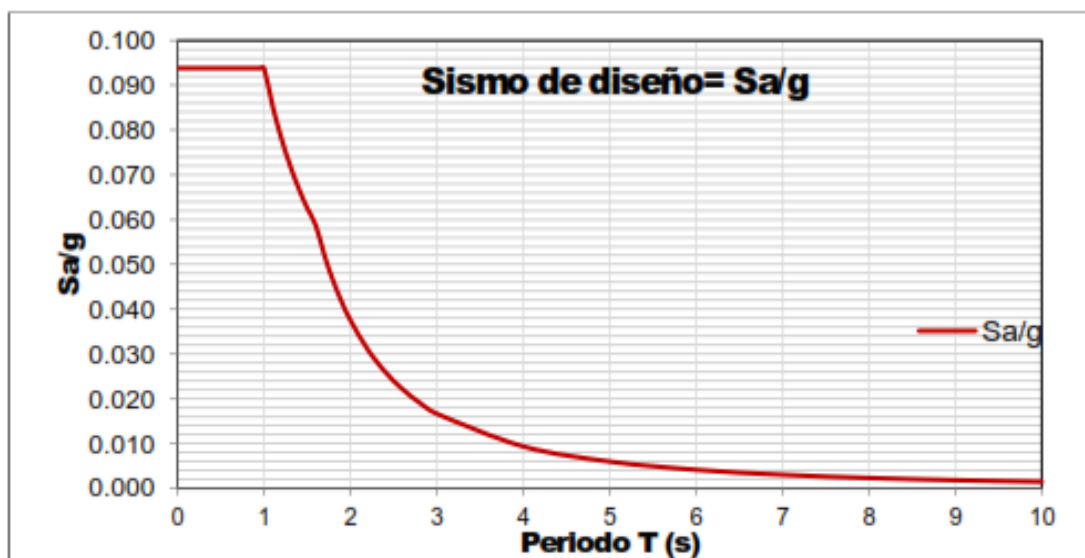


Gráfico 2. Espectro de respuesta elástica para el sismo de Diseño

1.8.10.3 Sismo máximo

El nivel máximo de sismo, que puede suceder en el lugar que está construida la edificación dentro de un marco geológico de trabajo. Este movimiento de suelo puede ser calculado como el nivel de sismo que tiene un 5% de probabilidad de ser excedido en 50 años de periodo. Este nivel de movimiento de la base es 1.25 a 1.5 veces el nivel de movimiento de la base para un sismo de diseño. El sismo máximo tiene un periodo de retorno de aproximadamente 975 años.

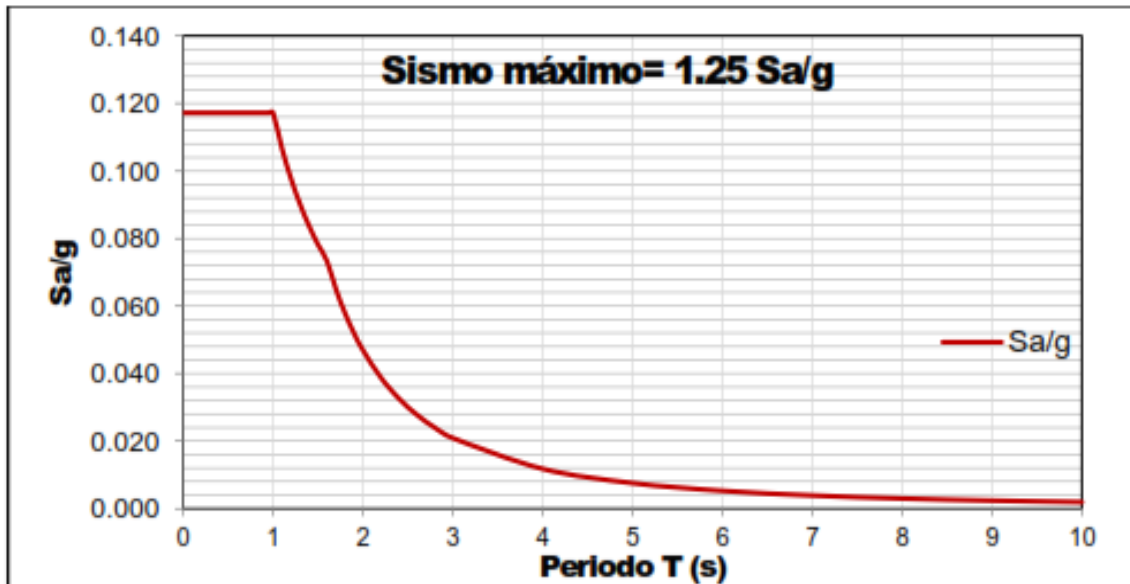


Gráfico 3. Espectro de respuesta elástico para el Sismo Máximo

Al acoplar las tres graficas de espectros, se obtienen los espectros de aceleracion y demanda para los tres niveles de peligro sismico.

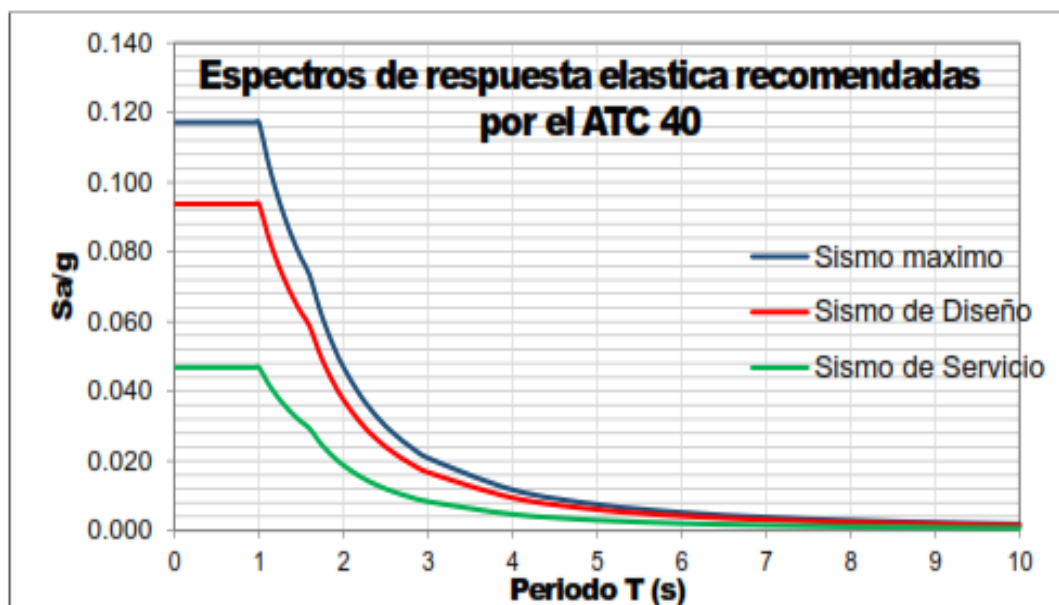


Gráfico 4. Espectros de respuesta elásticos recomendados por el ATC40

1.8.10.4 Norma sísmica para la ciudad de Iquitos

El espectro elástico de respuesta de aceleraciones de la Norma Peruana E-030 corresponde a un sismo catalogado como Sismo de Diseño.

$$SaD = ZUCSg/R$$

Donde:

Z: Factor de Zona

U: Factor de Uso

C: Factor de Amplificación Sísmica

S: Factor que depende del tipo de Suelo

R: Factor de Reducción

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m2/seg)

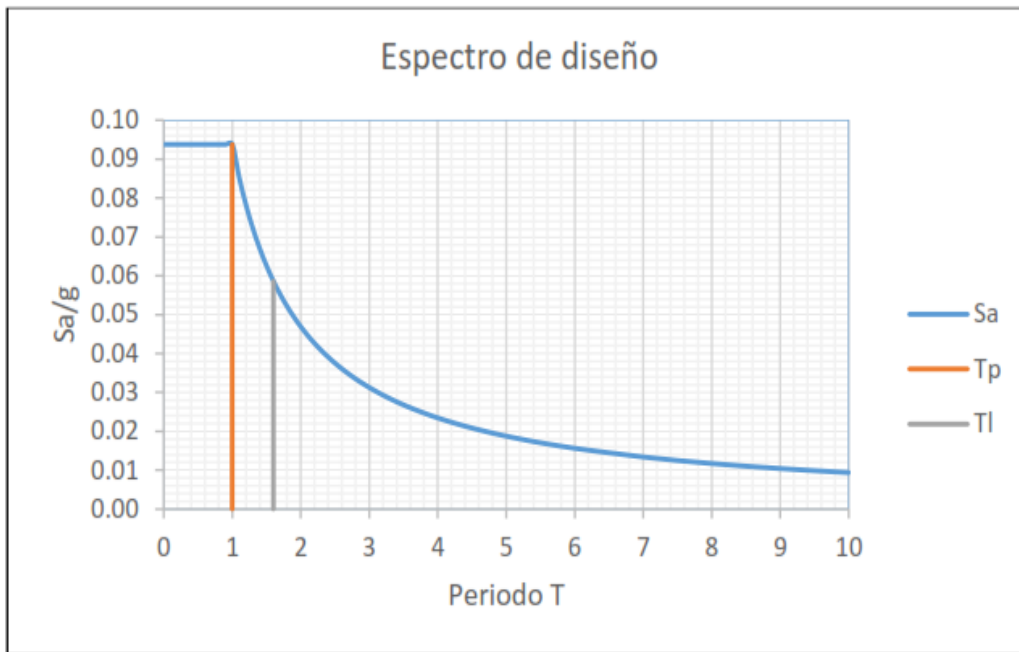


Gráfico 5. Espectro de diseño.

Espectro de sismo de diseño S_a/g (10/50)

La zona es:	El factor de la zona:
Zona: 1	$Z = 0.10$

Tabla 4. Factor de Zona de Iquitos. E.030

PERFIL DE SUELO	S	T_p	T_L
S3	2.00	1.00	1.60

Tabla 5. Perfil de suelo de Iquitos. E.030

Factor de Uso de Instituciones educativas y edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas.

$$U = 1,3$$

$$T=0.61 \text{ Segundos}$$

$$C=2.5$$

1.8.11 Criterios de desempeño

Estudios mencionados a lo largo de este trabajo (HAZUS-99, el ATC - 40, FEMA-273/356, y VISION 2000) proponen ciertos límites de desempeño, que al ser comparados con la respuesta estructural obtenida sirven para determinar si la estructura está dentro del rango de aceptación o rechazo según el objetivo de diseño inicialmente propuesto.

Las siguientes tablas son los valores que plantea en función de las derivas máximas entre pisos, propuestos por el ATC -40(1996).

Nivel de desempeño	Deriva entre piso 8(% altura entre piso)
Ocupación inmediata	0.01
Seguridad	0.02
Estabilidad Estructural	0.33 (V_i/P_i)

Tabla 6. Límites de la deriva máxima. (ATC-40. 1996)

1.8.12 Reglamento nacional de edificaciones RNE.030

Las normas de diseño sísmico y concreto armado en el país, la cual establece condiciones para un comportamiento de acuerdo a principios de diseño sismo-resistente.

La investigación a estudiarse es una edificación existente (Institución educativo), Teniendo como principios de diseño lo siguiente:

Las estructuras soportaran movimientos sísmicos moderados, que ocurran durante su vida útil, observando daños que estén dentro de los límites aceptables.

La estructura no deberá colapsar, ni causar pérdida de vidas humanas, ni pérdidas económicas, durante un evento sísmico que ocurra en el lugar.

La norma E.030 son las que establecen los lineamientos de diseño para condiciones mínimas de una edificación, para comportarse adecuadamente a un sismo, se aplica a edificaciones nuevas, evaluación y reforzamiento de infraestructura existente.

1.8.13 Tipo de análisis

De acuerdo a los lineamientos de la Agencia Federal de Administración de Emergencias (FEMA) se tiene cuatro niveles de clasificación.

- Análisis Lineal Estático ("Linear Static Procedure"). Es apropiado sólo para edificios de regulares, los cuales responden primordialmente dentro del rango elástico.
- Análisis Lineal Dinámico ("Linear Dynamic Procedure"). Es usado para modelar edificaciones irregulares, las cuales responden primordialmente dentro del rango elástico.
- Análisis No Lineal Estático ("Non-Linear Static Procedure"). Sirve para modelar edificaciones que presentan demandas más allá del rango elástico, pero no valora de forma completa la respuesta dinámica, especialmente los efectos de los modos superiores.
- Análisis No Lineal Dinámico ("Non-Linear Dynamic Procedure"). Es el método más completo de análisis, ya que modela tanto los efectos dinámicos como la respuesta inelástica.

1.8.14 Procedimiento para la evaluación y diseño sísmico basado en desempeño

1.8.14.1 Metodología general del SEAOC (1995)

El marco conceptual del proyecto Visión 2000[4]; abarca diversos aspectos de temas de discusión en ingeniería para crear sistemas estructurales con desempeño sismorresistente predecible y controlable, dentro de niveles definidos de riesgo.

1.8.14.1.1 Selección de objetivos de desempeño

Esta selección constituye el primer paso y se realiza por el cliente en consulta con el profesional responsable del diseño se basa en consideraciones de las expectativas del cliente, peligro sísmico (sismo de diseño), análisis económico, y riesgo aceptable (nivel de desempeño).

1.8.14.1.2 Determinar localización adecuada y sismo de diseño

Antes del inicio del diseño estructural y considerando los Objetivos de Desempeño propuesto para el proyecto; se debe analizar la ubicación adecuada para el propósito de la edificación. El análisis de ubicación adecuada incluye consideraciones de sismicidad, tipo de suelo y potencial de riesgo. El análisis de peligro sísmico determinará el sismo de diseño considerando todas las zonas sísmicas críticas.

1.8.14.1.3 Diseño conceptual

Se procede con el diseño estructural, una vez que se selecciona los objetivos de desempeño y se definen la ubicación adecuada y sismo de diseño. La etapa de diseño se inicia con un Diseño Conceptual que implica selección de la distribución, configuración, selección del sistema estructural y materiales, selección de la cimentación y selección de sistema no estructural.

1.8.14.1.4 Diseño preliminar y diseño final

El diseño preliminar y diseño final involucra el pre-dimensionamiento y detallado del sistema estructural y no estructural de modo que los Objetivos de Desempeño se puedan cumplir. Los Objetivos de Desempeño se transforman en términos de ingeniería como criterios de aceptabilidad- parámetros de respuesta estructural que incluyan grados de daño esperados. El criterio de aceptabilidad, valores restrictivos en los parámetros de respuesta, se convierten en metas para el diseño. Ellos incluyen límites de deformación y distorsión, límites de fuerza y aceleración, límites de fluencia, límites de ductilidad y disipación de energía que se puedan cumplir para que la respuesta estructural sea consistente con los Objetivos de Desempeño.

1.8.14.1.5 Comprobación de aceptabilidad en cada paso del diseño

En cada paso de diseño, se requiere una comprobación de aceptabilidad para verificar que se cumplan los Objetivos de Desempeño. La respuesta estructural medida por ciertos parámetros cuantificables debe ser consistente con los Objetivos de Desempeño y asociados a criterios de aceptabilidad.

1.8.14.1.6 Revisión del diseño

Es un importante paso para asegurar la calidad en el proceso de diseño. Cada revisión se debe emprender al término del Diseño Preliminar y Diseño Final, a fin de proporcionar un análisis profesional independiente de: diseño, hipótesis, modelos, análisis y eficacia del diseño en el cumplimiento de las metas de desempeño sismorresistente.

1.8.14.1.7 Garantía de control de la calidad durante la construcción

A pesar de la calidad del diseño y la sofisticación del análisis, el diseño sismorresistente no será un éxito sin un adecuado control de calidad durante la construcción. Este proceso involucra trabajo en equipo, incluyendo profesionales de diseño, revisores, inspectores especiales, autoridades, laboratorios de ensayos, y contratistas.

1.8.14.1.8 Mantenimiento y operatividad de la edificación

La ingeniería basada en desempeño no termina con la construcción de la edificación. Las responsabilidades simplemente cambian. La condición de la edificación, su configuración y uso influyen directamente sobre la vida útil de la estructura.

1.8.15 Métodos convencionales para evaluar y diseñar basado en desempeño

1.8.15.1 Método ATC-40 (1996)

La metodología general para la evaluación y adaptación sísmica de edificaciones existentes de concreto armado se pueden ilustrar en la Fig. 3.2; cada paso de la metodología se enumera a continuación:

Etapas de inicio del proceso

- ✓ Inicio de proceso
- ✓ Selección de profesionales calificados
- ✓ Evaluación básica y adaptación de una estrategia
- ✓ Establecimiento de objetivos de desempeño

- ✓ Revisión de las condiciones de la edificación
- ✓ Formular una estrategia
- ✓ Empezar el proceso de aprobación
- ✓ Conducir investigaciones detalladas
- ✓ Concepto de Evaluación y Adaptación
- ✓ Estudiar la Capacidad sismorresistente
- ✓ Determinar la sollicitación sísmica
- ✓ Verificar el desempeño sismorresistente
- ✓ Diseño final y Construcción
- ✓ Preparar documentos de construcción
- ✓ Monitoreo de calidad de construcción.

ESTRATEGIA	1	Inicio del proceso	
		Requerimientos jurisdiccionales Cambios arquitectónicos	
	2	Selección de profesionales calificados	
		Ingeniero estructural Arquitecto	
	3	Establecimiento de objetivos de desempeño	
		Estabilidad estructural Seguridad limitada Protección de vida Control de daño Ocupación inmediata	
		Revisión de condiciones de edificación	
		Revisión de dibujo Inspección visual Cálculos preliminares	
		Formular una estrategia	
	5	Procedimiento simplificado Métodos de capacidad inelástica	
6	Empezar el proceso de aprobación		
CONCEPTO	7	Conducir investigaciones detalladas	
		Análisis de la ubicación Propiedades del material Detalles de construcción	
	8	Estudiar la capacidad sismorresistente	
		Modelar reglas Fuerza y desplazamiento	
	9	Determinar sollicitación sísmica	
		Peligro sísmico Interdependencia con capacidad Desplazamiento meta	
	10	Verificar desempeño sismorresistente	
		Límite de respuesta global Aceptabilidad de componente	
	DETALLES	11	Preparar documentos de construcción
			Plan de Revisión Proforma de contrato de construcción
12		Monitoreo de calidad de construcción	
		Rendimientos, ensayos e inspecciones Verificación de condiciones existentes Observación de la construcción por el diseñador	

Tabla 7. Metodología para la evaluación sísmica. (ATC-40. 1996)

1.8.15.2 Método para el proceso de rehabilitación del FEMA-273

La metodología para el proceso de rehabilitación de edificaciones existentes se puede resumir como:

- ✓ Selección de Objetivo de Rehabilitación en función al nivel de desempeño y sismo de diseño.
- ✓ Selección de método de rehabilitación.
- ✓ Selección de procedimientos de análisis.

- ✓ Selección de estrategia de rehabilitación.
- ✓ Crear modelo matemático.
- ✓ Evaluación de la relación Fuerza-Deformación.
- ✓ Definir criterios de aceptabilidad.
- ✓ Realizar control de calidad durante la construcción.
- ✓ Uso alternativo de materiales y métodos de construcción.

La U.S. Federal Emergency Management Agency (FEMA), fundó un proyecto para la rehabilitación de edificios. De este proyecto resultaron los reportes FEMA 273 y el FEMA 274, los que fueron reevaluados y modificados, y posteriormente publicados como un estándar del ASCE (FEMA 356, 2000). El marco conceptual asocia niveles de desempeño con niveles de peligro; los niveles de peligrosidad sísmica son (50/50, 20/50, 10/50 y 2/50) y define los niveles de desempeño como operacional (operational), ocupación inmediata (immediate occupancy, IO), seguridad de vida ("life safety", LS), y prevención del colapso (collapse prevention, CP).

1.8.15.3 Método del espectro de capacidad

Para estimar el desempeño por este método, se debe conocer la capacidad de la estructura y la demanda a la cual estará sometida. La capacidad se puede determinar mediante un análisis estático no lineal, conocido comúnmente como PUSHOVER, el cual permite obtener la curva de capacidad de la estructura, curva fuerza-desplazamiento. La demanda se presenta mediante un espectro y es obtenida por el estudio de las fuentes sísmicas o mediante los parámetros establecidos en la norma. Entonces el método permite comparar la capacidad con la demanda mediante una intersección de espectros. El ATC (ATC, 1996) presenta una metodología para estimar el desempeño sísmico basándose en las propiedades de la estructura y el tipo de sismo que la azotará. En las siguientes secciones se presenta la metodología realizada para la estimación del desempeño sísmico, el cual se basó en las recomendaciones del ATC.

1.8.15.3.1 Pushover clásico

El análisis no lineal por el método “pushover” clásico en 2-D, consiste en un empuje lateral incremental hasta que se supone se ha llegado al colapso. En éste se observa cómo interviene la capacidad de la estructura, representada por la curva de capacidad, que se define como la relación entre las fuerzas laterales y los desplazamientos demandados por las mismas. Este modelo de cargas laterales se distribuye a lo largo de la altura del edificio, de acuerdo a un patrón de cargas predefinido. Según criterios técnicos y estudios previos se sabe que las fuerzas aumentan con la altura de la edificación por tanto es adecuado utilizar un patrón de carga de aumento lineal. Otro patrón de carga adecuado consiste en ajustar el patrón de carga a la forma del primer modo de vibración de la estructura.

Para determinar el punto de desempeño de la estructura se superponen los espectros de demanda y capacidad sísmica.

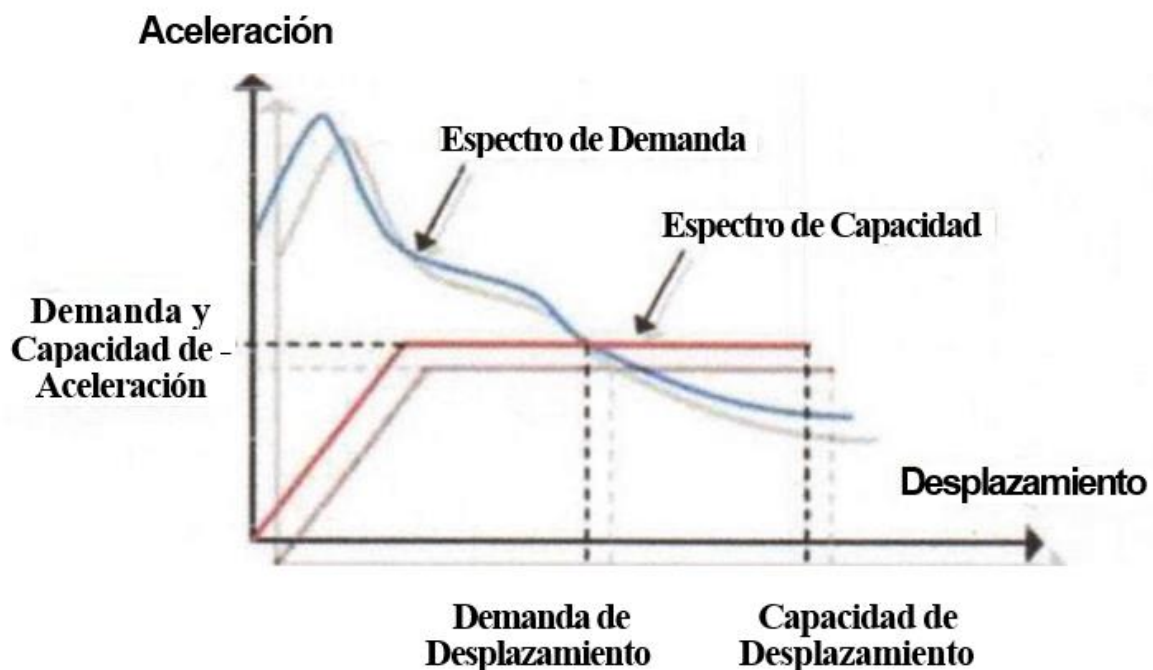


Gráfico 6. Método aro de capacidad ATC-40

En el ATC - 40 (1996) se describen tres procedimientos para determinar el punto de desempeño estructural de una edificación. Estos procedimientos son llamados: A, B y C. El primero se basa en determinar un punto desempeño supuesto que a su vez, mediante una serie de pasos permita encontrar el punto de desempeño real.

1.8.15.3.2 obtención de la curva de capacidad

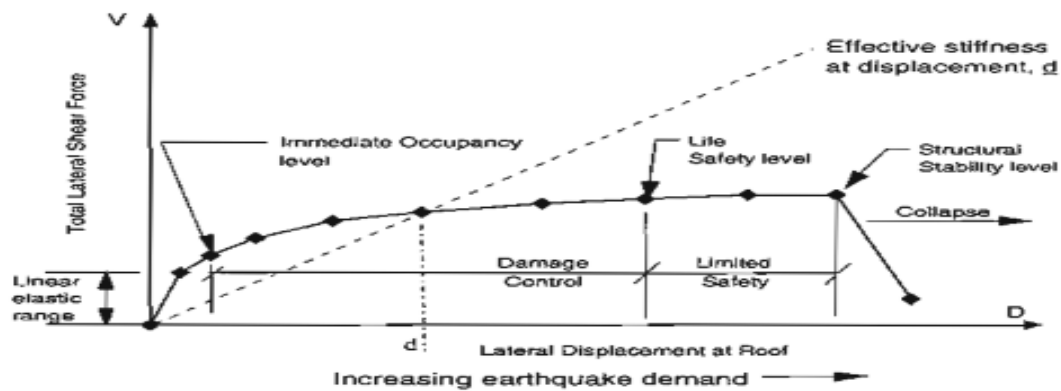


Gráfico 7. Curva de capacidad ATC-40. (1996)

Para determinar la curva de capacidad resistente, se necesita conocer la geometría de la estructura, el detallado del acero de refuerzo para cada elemento, la calidad de los materiales constructivos y las curvas constitutivas del concreto y el acero.

1.8.15.3.3 conversión de la curva de capacidad a espectro de capacidad

Para usar el “Método del espectro de capacidad” propuesto por la ATC-40 es necesario convertir la Curva de Capacidad, que está en términos del cortante basal y desplazamiento del techo, a un Espectro de Capacidad, que es una representación de la Curva de Capacidad en un formato de Espectro de Respuesta Aceleración-desplazamiento (ADRS).

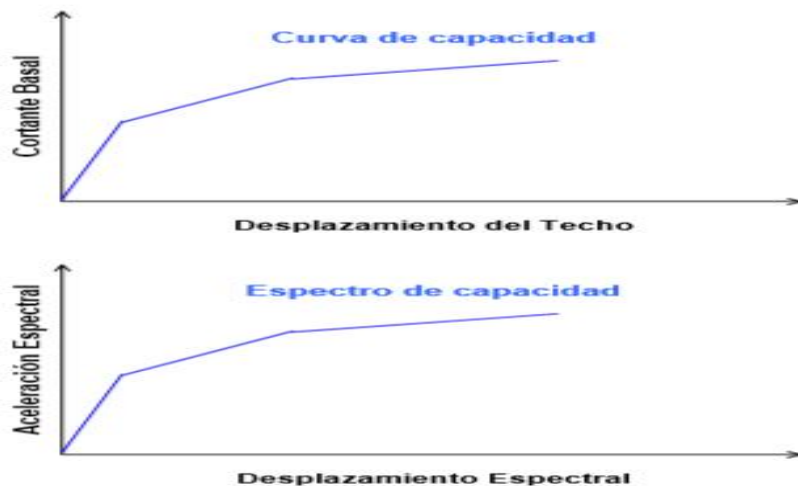


Gráfico 8. Cortante basal y aceleración espectral ATC-40

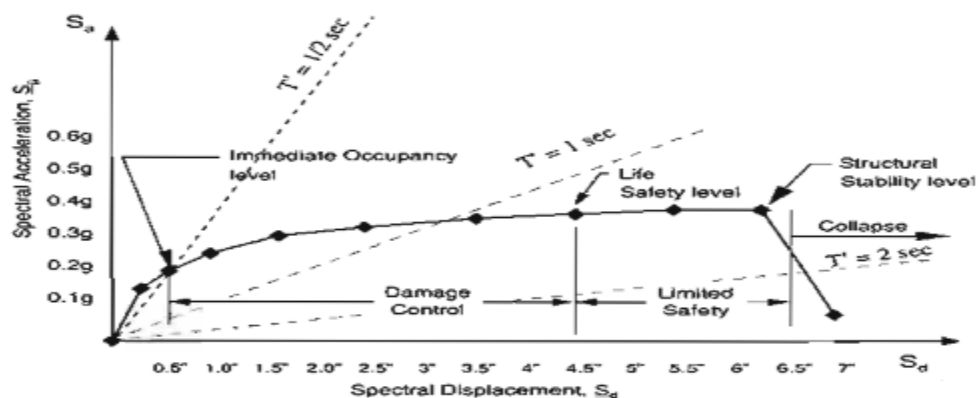


Gráfico 9. Conversion a espectro de capacidad.

El proceso general para convertir la Curva de Capacidad al Espectro de Capacidad, que es, convertir la Curva de Capacidad de un formato cortante basal versus desplazamiento del techo a un formato de desplazamiento espectral versus aceleración espectral (formato ADRS), es primero calcular el factor de participación modal PF_1 y el coeficiente modal de masa usando las ecuaciones dadas.

1.8.15.3.4 Espectro de demanda

Los espectros de demanda, relacionan el desplazamiento espectral, con la aceleración espectral, y se los obtiene a partir de formas espectrales que relacionan la aceleración espectral con el período.

1.8.15.3.5 Punto de desempeño

El punto de desempeño en una edificación resulta de relacionar su capacidad estructural versus la demanda que sufre la misma. La capacidad puede ser definida mediante una curva o espectro de capacidad y la demanda a través de un espectro de diseño sísmico, ambos conceptos ya descritos anteriormente. Este objetivo generalmente es relacionado al desplazamiento de un nudo de interés.

El análisis estático no lineal (Pushover) se considera generalmente más realista en la estimación de la vulnerabilidad que los procedimientos lineales ampliamente utilizados en los diferentes códigos de diseño actuales.

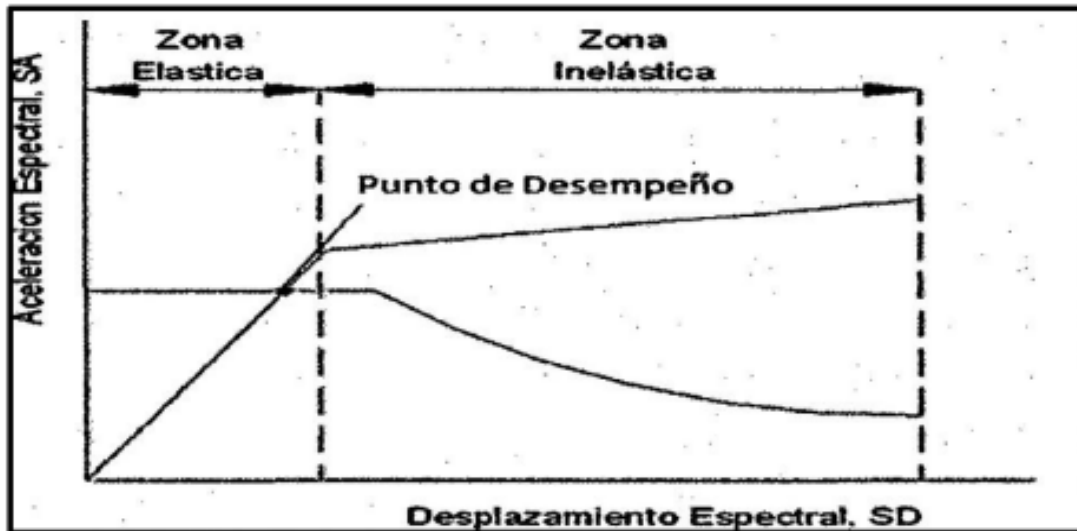


Gráfico 10. Punto de desempeño del rango elástico. (SOTO, 2015)

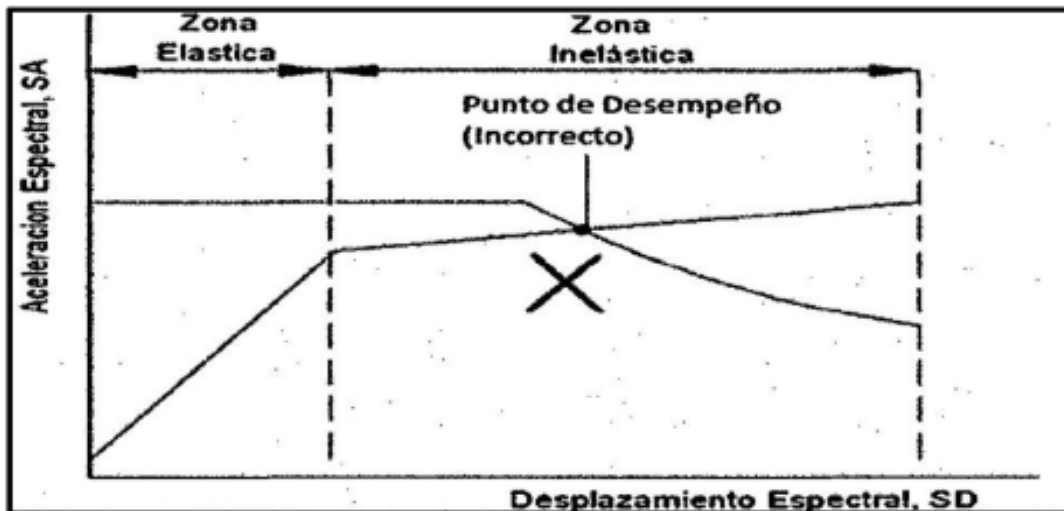


Gráfico 11. Estimación incorrecta del Punto de Desempeño. (SOTO, 2015)

1.8.15.4 Pushover Modal

La metodología “Modal Pushover Analysis” (MPA), fue desarrollada por los investigadores A. K. Chopra y R. K. Goel (Chopra y Goel, 2001), y permite estimar la demanda sísmica y verificar el desempeño de una estructura para sismos severos. Se basa en un análisis estático no-lineal, de tipo “Push Over”, con distribuciones de fuerzas laterales equivalentes invariantes en la altura, que incluye las contribuciones de los modos de vibración del comportamiento elástico, y emplea de manera aproximada, la teoría clásica de la dinámica de estructuras. A partir de esto, se determina la capacidad resistente de la estructura e

información del comportamiento no-lineal, como, por ejemplo, la secuencia en que las secciones van ingresando al rango no-lineal, los desplazamientos laterales en cada incremento de carga, drift de entrepisos, ductilidades, fallas de elementos por flexión y corte, esfuerzos, etc.

Del análisis tipo pushover realizado al sistema de varios grados de libertad (MDF), se obtienen las curvas del desplazamiento de techo vs. corte basal hasta un desplazamiento lateral máximo esperado, usando distribuciones de fuerzas laterales proporcionales a las formas modales, y con el supuesto de que éstas no cambian después que la estructura entra en el rango de comportamiento inelástico, para una cantidad suficientes de modos. Cada una de estas curvas por modo, es idealizada como una relación bilineal de fuerza-deformación y trasformada a un sistema inelástico equivalente de un grado de libertad (SDF). Para cada uno de estos sistemas equivalentes SDF, se obtiene el desplazamiento máximo mediante un análisis no-lineal tiempo historia para un registro de aceleraciones o considerando un espectro de respuesta (o diseño) inelástico. Con estos desplazamientos máximos por modos, se obtiene desde la base de datos del análisis de pushover, cualquier respuesta de interés a nivel modal y, finalmente, la demanda sísmica total se obtiene combinando las respuestas por modo de acuerdo a alguna regla de combinación, por ejemplo, la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS).

El análisis mediante el Pushover modal permite obtener resultados más aproximados en el comportamiento de la estructura dentro del rango No-Lineal para las demandas sísmicas en un edificio irregular.

1.8.15.4.1 Patrón de cargas laterales

Para evaluar el desempeño de una estructura, es importante seleccionar el patrón de carga lateral que determine el desplazamiento objetivo. Los patrones de carga tratan de representar y limitar la distribución de fuerzas de inercia en un análisis sísmico. La distribución de las fuerzas de inercia deberá variar de acuerdo con la intensidad del sismo (hasta la deformación inelástica) y con el tiempo (Krawinkler y Seneviratna, 1998). Una distribución puede ocurrir cuando se forma un mecanismo local y las propiedades dinámicas de la estructura cambian

por consecuencia de éste. Así, es más atractivo utilizar un patrón de carga que siga más de cerca la distribución de fuerzas de inercia con variación en el tiempo.

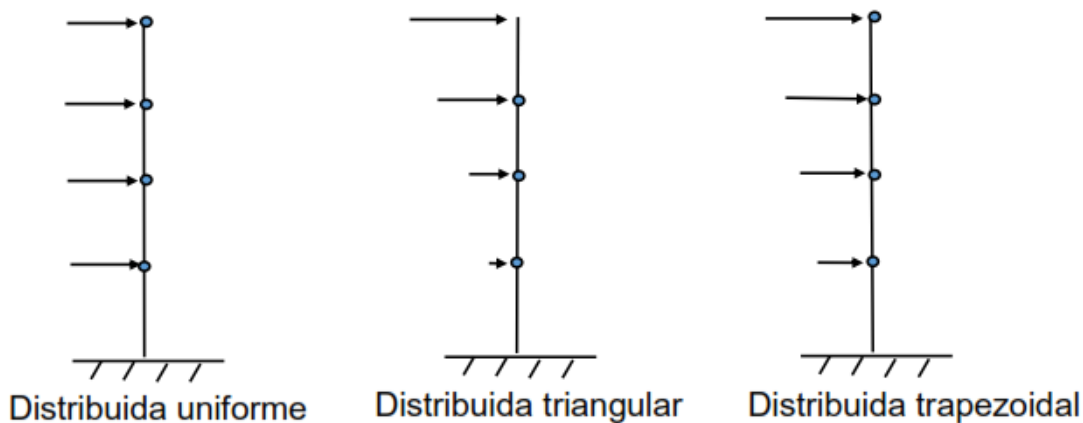


Grafico 12. Patrones de cargas lateral, distribucion vertical

1.8.16 Riesgo sísmico

De acuerdo a Alejandro Nava (sf) Se llama riesgo sísmico a la probabilidad de ocurrencia, dentro de un plazo dado, de un sismo que cause, en un lugar determinado, cierto efecto definido como pérdidas o daños determinados. En el riesgo influyen el peligro potencial sísmico, los posibles efectos locales de amplificación, directividad, etc., la vulnerabilidad de las construcciones (e instituciones) y las pérdidas posibles (en vidas y bienes).

1.8.17 Estructuras

Las estructuras son el elemento básico de toda construcción y su función es recibir y transmitir su peso y el de las fuerzas exteriores al terreno, de manera que todos sus elementos estén en equilibrio. La transmisión de dichos esfuerzos se logra mediante la transformación en esfuerzos internos y su distribución a lo largo de las piezas estructurales.

1.8.17.1 Comportamiento estructural

El comportamiento estructural está definido de acuerdo al uso y servicio que tendrá una estructura, tanto el comportamiento geométrico de la estructura y sus elementos como el comportamiento de las secciones y las uniones. Es una expresión del comportamiento deseado o del desempeño objetivo que debe ser capaz de alcanzar un edificio sujeto a un determinado nivel de movimiento sísmico.

1.8.17.2 Forma de trabajo

Por su forma de trabajo las estructuras pueden ser activas o pasivas.

a) Estructuras activas: son capaces de modificar que las fuerzas hagan rodeos a través de una estructura, arco, dinteles, etc.

b) Estructuras pasivas: transmiten los esfuerzos en forma directas, como en un muro de carga o una columna, porque estos solo son elementos interpuestos entre las cargas y el terreno.

1.8.17.3 Principios del diseño estructural

SEGURIDAD, FUNCIONALIDAD Y ECONOMÍA

Una estructura se diseña para que no falle durante su vida útil. Se reconoce que una estructura falla cuando deja de cumplir su función de manera adecuada.

Las formas de falla pueden ser: falla de servicio o falla por rotura o inestabilidad.

La falla de servicio es cuando la estructura sale de uso por deformaciones excesivas ya sean elásticas o permanentes.

La falla por rotura (resistencia) o inestabilidad se da cuando hay movimiento o separación entre las partes de la estructura, ya sea por mal ensamblaje, malos apoyos o rompimiento del material.

SEGURIDAD: La seguridad se determina controlando las deformaciones excesivas que obligan a que salga de servicio o el rompimiento o separación de alguna de sus partes o de todo el conjunto.

Una de las condiciones de seguridad, la estabilidad, se puede comprobar por medio de las leyes de equilibrio de Newton. En el caso particular de fuerzas estáticas la ecuaciones generales del equilibrio son: $\sum \vec{F} = 0$ y $\sum \vec{M} = 0$, las cuales deben ser satisfechas por la estructura en general y por cada una de sus partes.

FUNCIONALIDAD: La estructura debe mantenerse en funcionamiento durante su vida útil para las cargas de solicitación. Un puente que presenta deformaciones excesivas daría la sensación de inseguridad y la gente dejaría de usarlo, en ese momento deja de ser funcional.

ECONOMÍA: El aprovechamiento de los recursos determina un reto para el diseño estructural. En la economía se conjuga la creatividad del ingeniero con su conocimiento.

1.8.17.4 Tipos de estructuras

Se reconocen dos tipos de estructuras:

reticulares (frame) y estructuras tipo placa o cascaron (Shell).

Estructuras reticulares: Se componen por barras rectas o curvas unidos en sus extremos por pasadores o soldadura.

Placa o cascarón: Se construye de losas continuas curvas o planas con apoyos por lo general en forma continua en sus bordes.

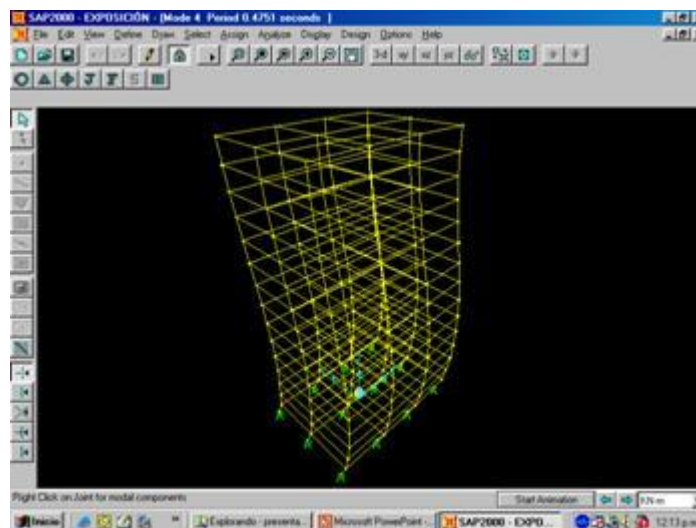


Gráfico 13. Ejemplo SAP2000 Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*.

Análisis de un edificio en estructura reticular de pórticos utilizando un programa comercial de análisis SAP2000. Estructura deformada.

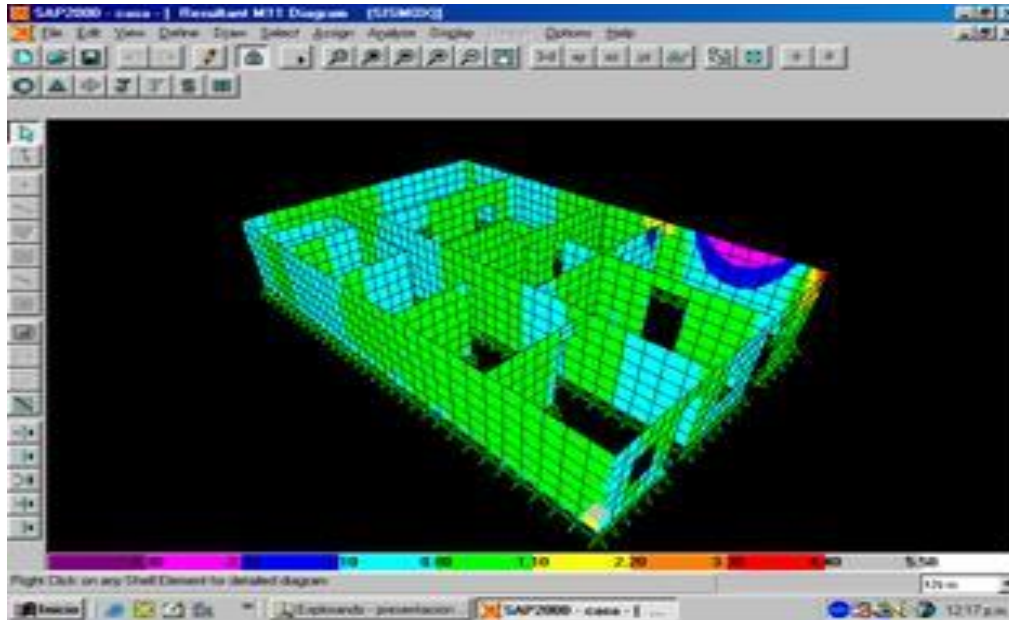


Gráfico 14. Ejemplo SAP2000 Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*.

Análisis de una estructura con elementos placa o cascarón. En este caso están constituidos por los muros de la vivienda y se realiza por medio de elementos finitos

1.8.17.5 Elementos estructurales más comunes

Elemento tipo Cable: No posee rigidez para soportar esfuerzos de flexión, compresión o cortantes. Al someter a cargas a un cable este cambia su geometría de tal manera que las cargas son soportadas por esfuerzos de tracción a lo largo del elemento. Siempre encontraremos que cuando aplicamos una fuerza el cable tendrá otra geometría.

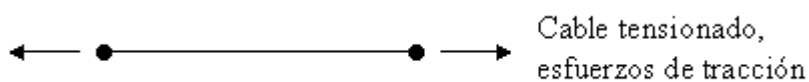


Gráfico 15. Esfuerzo de tracción. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*.

Un cable bajo su propio peso adquiere la forma del diagrama de momentos de tal manera que al encontrar las fuerzas internas en cualquiera de sus puntos el valor del momento sea cero y solo presente componente de tracción.

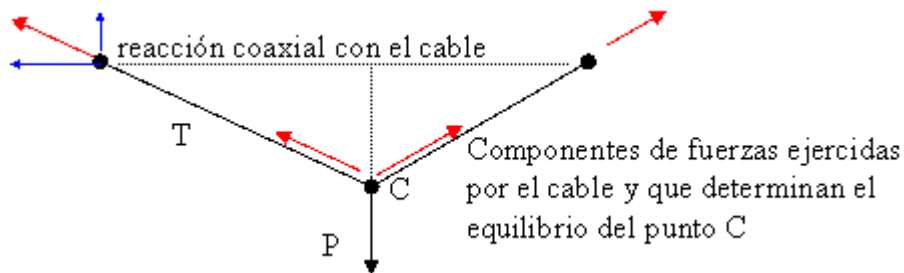
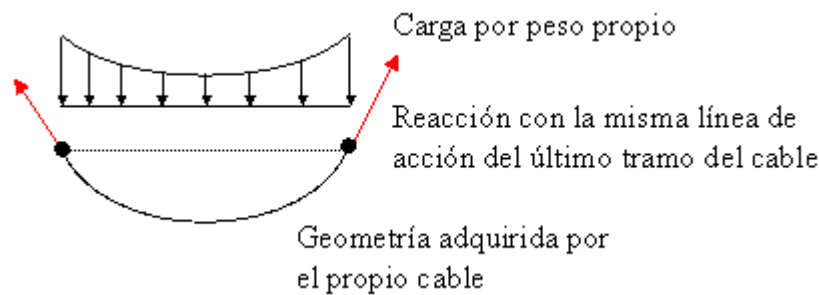


Gráfico 16. Componente de F. Castro, M., Duque, P. (S. F) Estructuras I



Grafica 17. Carga por peso propia. Castro, M., Duque, P. (S. F) Estructuras I.

Un cable bajo carga puntual se deforma de tal manera que el momento interno en todo el tramo sea igual a cero. Los cables no tienen rigidez a flexión.

Es un elemento con poca I (inercia) y poca A transversal (área) pero con una gran resistencia a la tracción.

Elemento tipo Columna: Es un elemento con dos dimensiones pequeñas comparadas con la tercera dimensión. Las cargas principales actúan paralelas al eje del elemento y por lo tanto trabaja principalmente a compresión. También puede verse sometido a esfuerzos combinados de compresión y flexión.

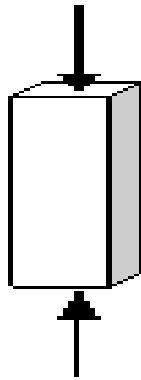


Gráfico 18. Compresión y flexión. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*.

Elemento tipo viga: Es un elemento que tiene dos de sus dimensiones mucho menores que la otra y recibe cargas en el sentido perpendicular a la dimensión mayor. Estas características geométricas y de carga hacen que el elemento principalmente esté sometido a esfuerzos internos de flexión y de cortante. Es un elemento que debe tener la suficiente I (inercia transversal) y A (área transversal) para soportar estos tipos de esfuerzos. Recordemos que los

esfuerzos de flexión dependen directamente de la inercia de la sección ($\sigma = \frac{M.c}{I}$) y los de cortante indirectamente del área ($\tau = \frac{V.Q}{I.t}$ donde Q , es el primer momento del área).

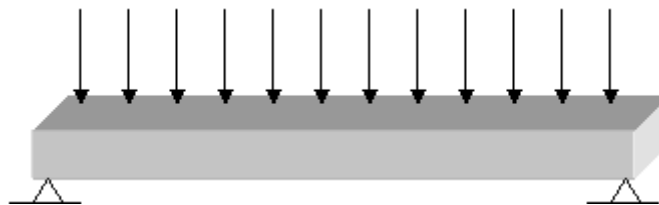


Gráfico 19. Viga. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

Elementos tipo Arco: Se comporta o es similar a un cable invertido, aunque posee rigidez y resistencia a flexión. Esta característica lo hace conservar su forma ante cargas distribuidas y puntuales. Debido a su forma los esfuerzos de compresión son mucho más significativos que los de flexión y corte.

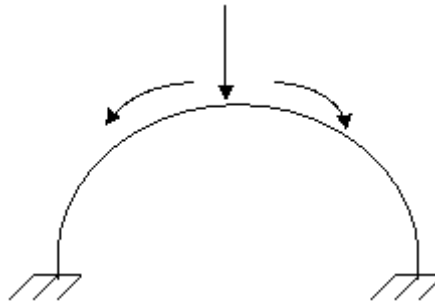


Gráfico 20. Elemento tipo arco. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

sus esfuerzos principales son compresión y esto permite que su sección transversal sea pequeña relacionada con la luz o claro entre sus apoyos. En el caso de cargas asimétricas el esfuerzo de flexión empieza a ser notable y el arco debe tornarse más grueso.

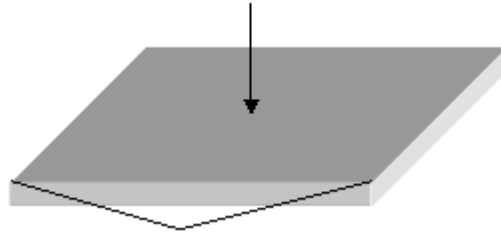
Elementos tipo Cercha: Es un elemento cuya área transversal es pequeña comparada con su longitud y está sometido a cargas netamente axiales aplicadas en sus extremos. Por su geometría y tipo de cargas actuantes soporta solamente fuerzas de tracción y de compresión.

Su comportamiento netamente axial exige que sus conexiones a otros elementos o soportes sean rotulas sin rozamiento. Sin embargo, en la práctica se construyen uniones rígidas que obligan a mantener la geometría de la sección y la posición de los nudos. Esto hace que las pequeñas deformaciones de alargamiento o acortamiento de los elementos por sus tensiones axiales, no se disipen en deformaciones de los nudos y producen entonces esfuerzos de flexión en los elementos.

Estos esfuerzos de flexión son muy pequeños comparados con sus grandes fuerzas axiales y no se tienen en cuenta en su análisis y diseño.

Elementos tipo cascaron: Pueden ser flexibles, en este caso se denominan membranas, o rígidos y se denominan placas.

Membrana: no soporta esfuerzos de flexión, es como si fueran cables pegados. Trabaja por tracción netamente



Grafica 21. Membrana. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

Cascaron o placa: tiene rigidez a flexión es decir trabaja principalmente por compresión, pero se asocia con esfuerzos cortantes y flectores mínimos.

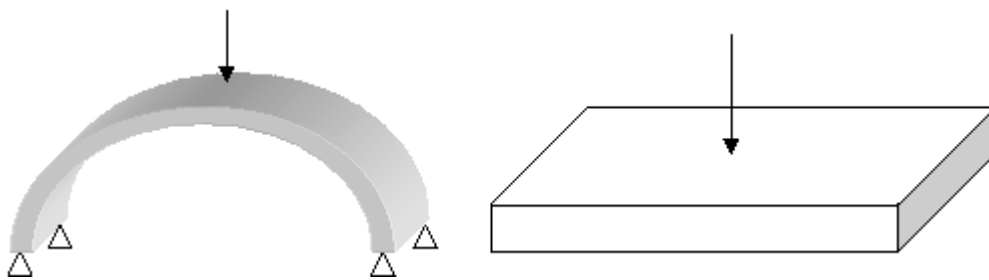


Gráfico 22. Cascaron y placa. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

Elementos tipo muro: Estos elementos se caracterizan por tener dos de sus dimensiones mucho más grandes que la tercera dimensión y porque las cargas actuantes son paralelas a las dimensiones grandes. Debido a estas condiciones de geometría y carga, el elemento trabaja principalmente a cortante por fuerzas en su propio plano. Adicionalmente a esta gran rigidez a corte los muros también son aptos para soportar cargas axiales siempre y cuando no se pandeen.

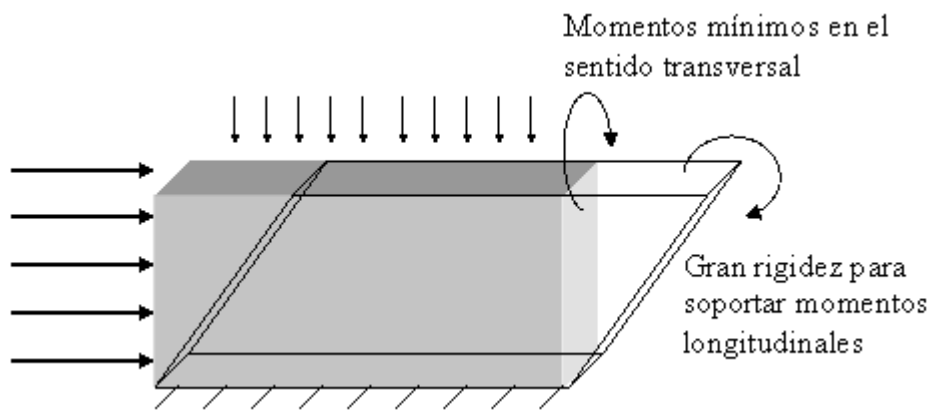


Gráfico 23. Muro. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

1.8.17.6 Principales sistemas estructurales

Cerchas

Armaduras planas y espaciales

Marcos o pórticos planos y espaciales

Sistemas combinados o duales

Sistemas de muros

Sistemas de piso

Sistemas continuos

CERCHAS: Este sistema combina elementos tipo cercha donde la disposición de los elementos determina la estabilidad. Pueden ser planas y espaciales

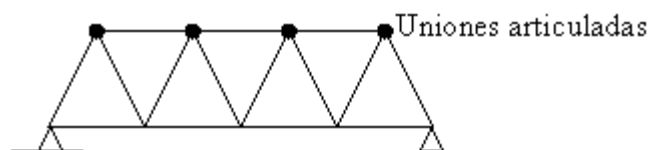
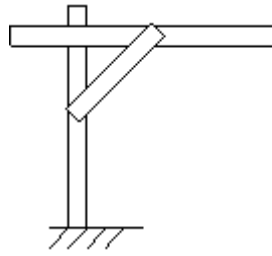


Gráfico 24. Cerchas. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

ARMADURAS: En este sistema se combinan elementos tipo cercha con elementos tipo viga o columna unidos por articulaciones.



Grafica 25. Armadura. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

MARCOS O PÓRTICOS: Este sistema conjuga elementos tipo viga y columna. Su estabilidad está determinada por la capacidad de soportar momentos en sus uniones. Pueden ser planos y espaciales

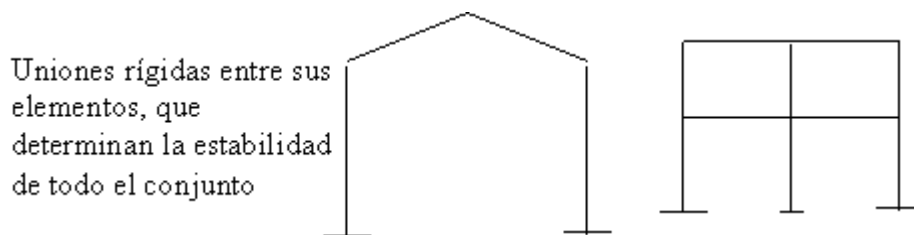


Gráfico 26. Marcos o Pórticos. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

SISTEMAS DE PISOS: Consiste en una estructura plana conformada por la unión varios elementos (cáscara, viga, cercha) de tal manera que soporte cargas perpendiculares a su plano. Se clasifican por la forma en que transmiten la carga a los apoyos en bidireccionales y unidireccionales.

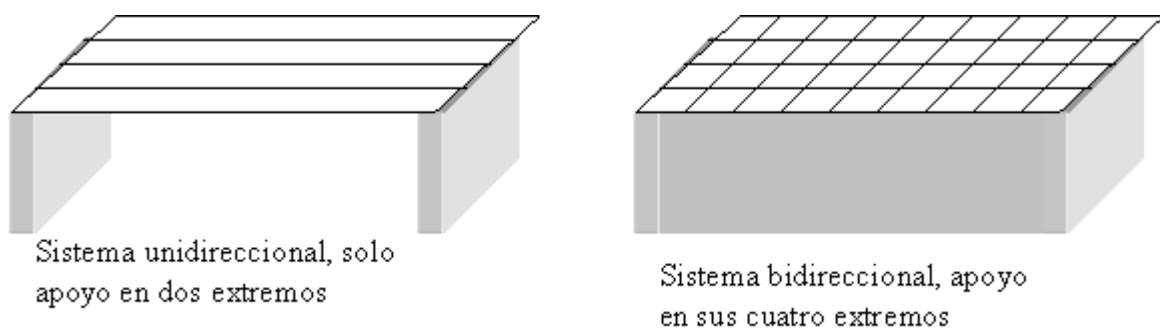


Gráfico 27. Sistema de pisos. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

SISTEMAS DE MUROS: Es un sistema construido por la unión de muros en direcciones perpendiculares y presenta gran rigidez lateral. Este sistema es uno de los más usados en edificaciones en zonas sísmicas.

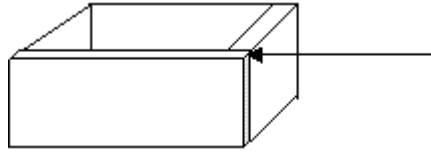


Gráfico 28. Sistema de muros. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

SISTEMAS COMBINADOS PARA EDIFICACIONES: Se aprovechan las cualidades estructurales de los elementos tipo muro con las cualidades arquitectónicas de los sistemas de pórticos. Las características de rigidez lateral también se pueden lograr por medio de riostras que trabajan como elementos tipo cercha.

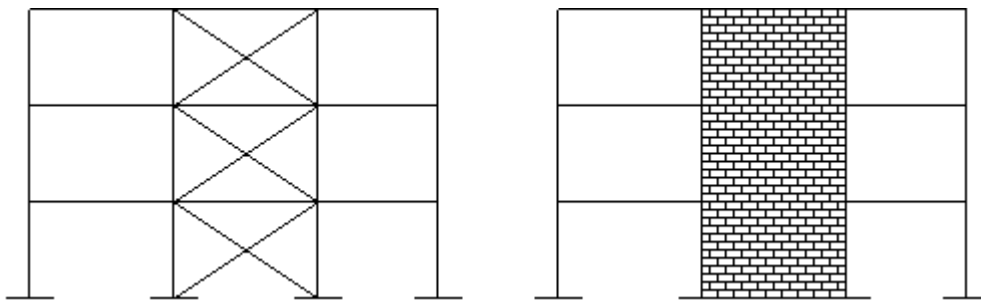


Gráfico 29. Sistemas combinados. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

1.8.17.7 Modelado de la estructura

El modelado es la abstracción de lo real al papel de tal manera que me permita analizarlo y diseñarlo.

En el modelado se debe tener bastante cuidado para que la representación del sistema sea lo más parecido a la realidad; la ubicación y determinación de los apoyos, la selección del tipo de elemento, las combinaciones de estos y sus uniones juegan un papel primordial en esta etapa.

En este curso trabajaremos principalmente con estructuras reticulares, aquellas cuyos elementos tienen una de sus dimensiones mucho más grande que las otras dos. El modelado

de este tipo de estructuras se hace por medio de líneas que representan el eje centroidal de la sección de los elementos.

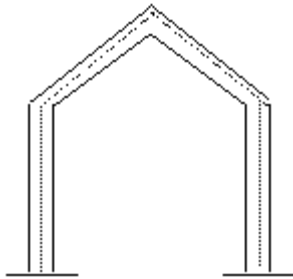


Diagrama de líneas que representa la estructura.

Grafica 30. Modelado de estructura. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

1.8.17.8 Tipo de apoyos y conexiones

Parte del modelado van en la representación de los soportes o apoyos, estos nos proporcionan estabilidad impidiendo el movimiento.

Los tipos de apoyo se clasifican por la cantidad de grados de libertad que restrinjan. Van desde los más simples que restringen un solo grado de libertad hasta los más complejos que restrinjan seis grados de libertad en el espacio.

Los más simples son rodillos, superficies lisas, uniones con cables, apoyos basculantes, etc.

Al segundo tipo, aquellos que restringen dos grados de libertad, pertenecen las articulaciones, las superficies rugosas, las rotulas, etc.

Al tercer tipo y último en estructuras planas pertenecen los empotramientos.

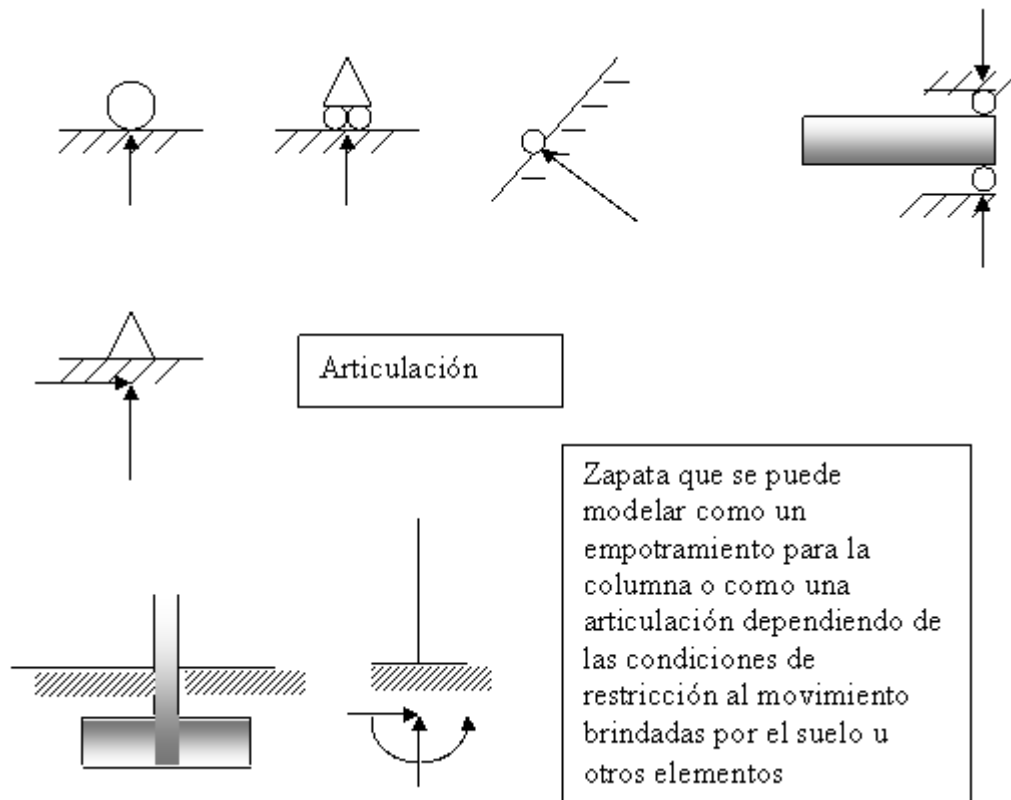


Gráfico 31. Apoyos y conexiones. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

APOYOS ELÁSTICOS



Gráfico 32. Apoyos elásticos. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*

1.8.17.9 Modelos constitutivos del concreto estructural

Para describir el comportamiento de los elementos se describe el de los materiales que lo componen. En el caso del concreto armado se debe referir a los modelos constitutivos del acero y hormigón.

1.8.17.9.1 Modelo constitutivo del acero

En el acero, la forma de la curva esfuerzo-deformación unitaria, y en particular la del tramo inicial, tiene una influencia significativa en el comportamiento de elementos de concreto reforzado.

1.8.17.9.2 Modelo constitutivo del concreto

El concreto tiene resistencia a la compresión, mientras que su resistencia a la tracción es casi nula. Tener en cuenta que un hormigón convencional posee una resistencia a la tracción diez veces menor que a la compresión.

1.8.17.10 Mecánica de relaciones momento curvatura

Una de las herramientas básicas para el diseño sísmico basado en desempeño es la relación Momento — Curvatura ($M - \phi$) para secciones de estructuras de concreto reforzado, análoga a la relación fuerza axial — deformación unitaria de una sección (Chávez, Meléndez, Sinchi & Hurtado, 2013).

Esta relación es usada para definir lo siguiente:

La capacidad nominal a la flexión de la sección.

Capacidad máxima o sobre resistencia de la sección.

Curvatura a la primera fluencia.

Curvatura última y ductilidad de la sección (o ductilidad de curvatura).

Curvaturas correspondientes a límites de desempeño de los materiales.

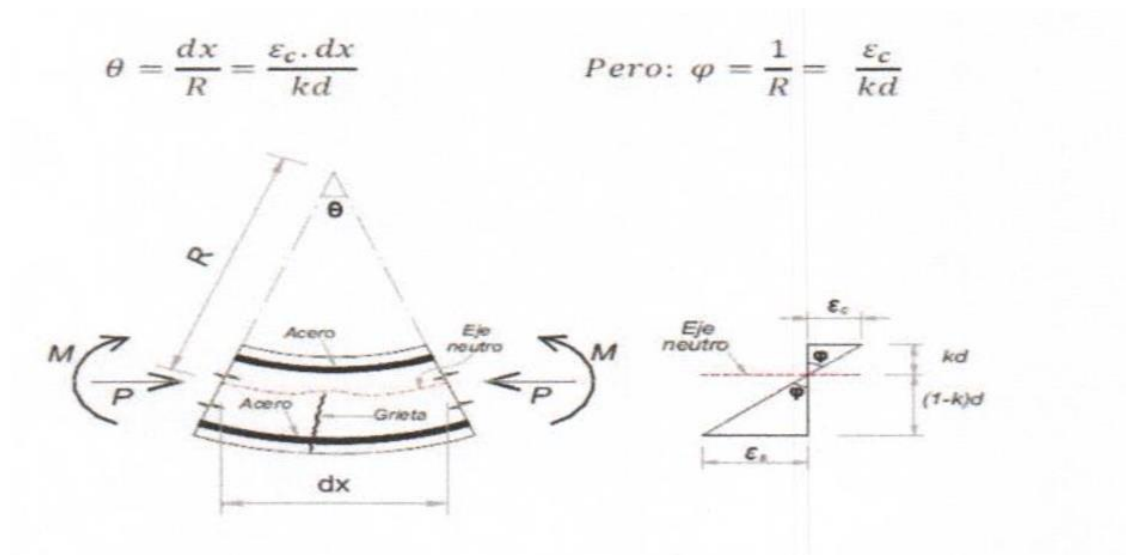


Gráfico 33. Deformación de un miembro en Flexión. fuente. Fajardo (2012)

1.8.17.10.1 Plasticidad y rotulas plásticas

Una rótula plástica permite la rotación de la deformación plástica de la conexión de los elementos estructurales, de manera rígida. En la teoría estructural, la rótula plástica se usa para describir la deformación de una sección donde se produce la flexión (López, 2004).

Considere una viga simplemente apoyada con una carga P_p en el centro, que produce un momento M_p como indica la figura:

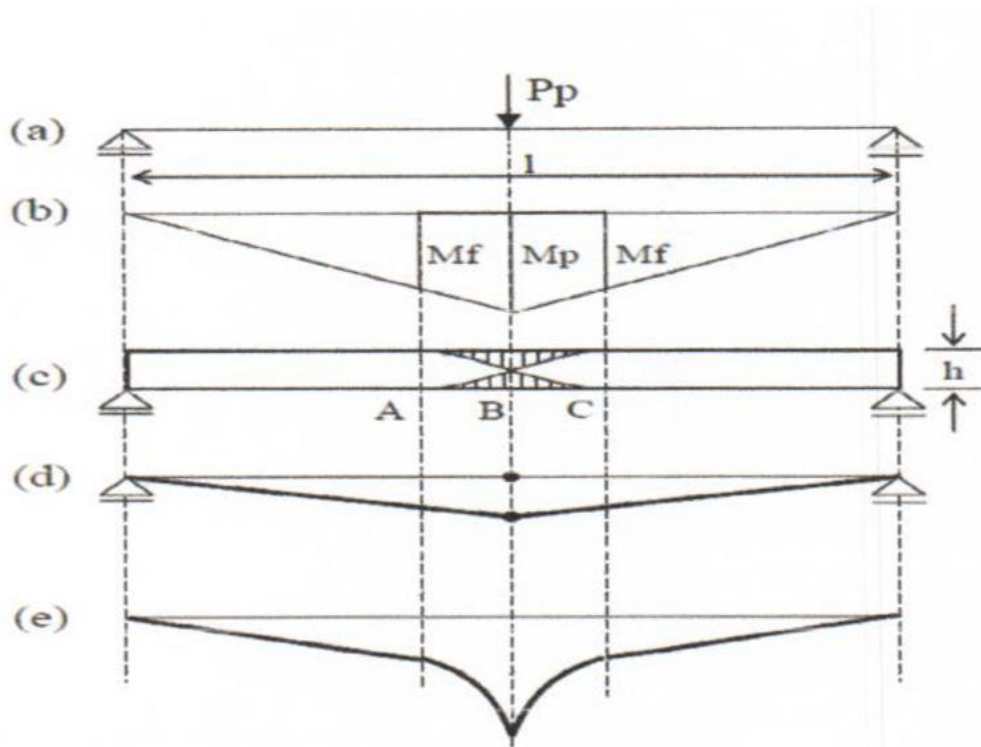


Gráfico 34. Plasticidad y rotulas plásticas. fuente. Fajardo (2012)

LA figura (c) muestra una vista de la viga donde en el tramo ABC se sombrea la parte plastificada con:

$$M_f \leq M \leq M_p$$

Que está en estado elasto-plástico, excepto la sección B que se encuentra totalmente plastificada y en la cual se ha formado una rotula plástica que convierte al sistema en un mecanismo inestable (figura (d)). Los demás tramos se encuentran en régimen elástico.

Mientras en la zona elástica la curvatura es pequeña, en la zona elasto-plástica se incrementa rápidamente hasta alcanzar valores muy grandes para el punto B, que funciona como una "rotula plástica" (figura (e)) que es una rótula o articulación, (en lugar de ser libre, con $M = 0$) que trabaja como si tuviera un rozamiento y con un $M = M_p$. Esto permite idealizar como un mecanismo de rotura o colapso al de la figura (d).

1.8.17.11 Ductilidad

Se define como la capacidad de un elemento o estructura de poder deformarse sin llegar a su degradación total o parcial perdiendo su capacidad de resistir esfuerzos, anotando los estados límites en que se reduce abruptamente la rigidez y cuando alcanza un límite tal que se llegue a una falla perdiéndose su integridad como es el estado del colapso de la sección o de la estructura.

Esta definición da lugar a diferentes clases de ductilidad: Existe la ductilidad por curvatura (μ_ϕ) de una sección cuando se analiza los estados límites último y de fluencia en las curvaturas observadas en el diagrama $M - \phi$ y la ductilidad por desplazamientos (μ_Δ) cuando se relacionan los desplazamientos de una estructura correspondientes a los mismos estados de los límites, habiendo más clases de ductilidad para otros parámetros como la que concierne a la rotación de uno o más elementos en una estructura o la ductilidad de deformaciones. Complementariamente, se identifican dos tipos de ductilidad en el análisis y diseño estructural: La ductilidad local que corresponde a la relación de los estados límites último y de fluencia de una misma sección del elemento que se esté analizando; por otro lado, la ductilidad global es la relación de los estados límites de fluencia asociados al último elemento estructural que fluyendo forma un mecanismo de colapso con respecto al primero que fluye, siendo esta ductilidad de importancia al determinar el momento en que ocurre la falla de la estructura por perderse la estabilidad del sistema estructural hiperestático. Relacionar este par de ductilidades depende del grado de redundancia que tenga la estructura.

1.8.17.12 Sistema tradicional aporticado

Los elementos porticados, son estructuras de concreto armado con la misma dosificación columnas -vigas peraltadas, o chatas unidas en zonas de confinamiento donde forman Angulo de 90° en el fondo parte superior y lados laterales, es el sistema de los edificios porticados. Los que soportan las cargas muertas, las ondas sísmicas por estar unidas como su nombre lo indica-El porticado o tradicional consiste en el uso de columnas, losas y muros divisorios en ladrillo.

1.8.17.12.1 Características

Es el sistema de construcción más difundido en nuestro país y el más antiguo. Basa su éxito en la solidez, la nobleza y la durabilidad. Un sistema aporticado es aquel cuyos elementos estructurales principales consisten en vigas y columnas conectados a través de nudos formando pórticos resistentes en las dos direcciones principales de análisis (x e y).

El comportamiento y eficiencia de un pórtico rígido depende, por ser una estructura hiperestática, de la rigidez relativa de vigas y columnas. Para que el sistema funcione efectivamente como pórtico rígido es fundamental el diseño y detallado de las conexiones para proporcionarle rigidez y capacidad de transmitir momentos.



Grafica 35. Sistemas estructurales. Arq. Dani Novoa Vega UPN

1.8.17.12.2 Ventajas

- Gran libertad en la distribución de los espacios internos del edificio.
- Son estructuras muy flexibles que atraen pequeñas solicitaciones sísmicas.
- Disipan grandes cantidades de energía gracias a la ductilidad que poseen los elementos y la gran hiperestaticidad del sistema.

1.8.17.12.3 Desventajas

- El sistema en general presenta una baja resistencia y rigidez a las cargas laterales.
- Su gran flexibilidad permite grandes desplazamientos lo cual produce daños en los elementos no estructurales.

- Es difícil mantener las derivas bajo los requerimientos normativos.
- Por su alta flexibilidad, el sistema da lugar a períodos fundamentales largos, lo cual no es recomendable en suelos blandos.
- El uso de este sistema estructural está limitado a estructuras bajas o medianas. Ya que a medida que el edificio tenga más pisos, mayores tendrían que ser las dimensiones de las columnas, lo cual puede hacer el proyecto inviable económica y arquitectónicamente.

1.9 Definición de términos básicos

- **Desempeño estructural:** Es una expresión del comportamiento deseado o del desempeño objetivo que debe ser capaz de alcanzar un edificio sujeto a un determinado nivel de movimiento sísmico. selección debe estar basada en las características de ocupación de la edificación, la importancia de la función de sus instalaciones, las consideraciones económicas relacionadas con los costos de reparación de daño y de interrupción de servicios, la importancia de la edificación en el ámbito histórico y cultural. **(SEAO, 1995).**
- **Diagrama momento giro:** Es una representación de los valores obtenidos de la relación Momento Curvatura de un elemento, en la que el giro está representado por la multiplicación del valor de la curvatura por la longitud (L_p) de la rótula plástica **(ATC-40, 1996).**
- **Espectro de capacidad:** Es la gráfica de la aceleración espectral (S_a) frente a la relación de desplazamiento espectral (S_d) basado en la curva de capacidad. **(FEMA 274, 1997).**
- **Espectro de demanda:** Es el espectro de respuesta reducido utilizado para representar el movimiento del suelo en un sismo en el método de espectro de capacidad. **(ATC 40, 1996).**
- **Nivel de desempeño:** Estado limite los daños o condición descrita por el daño físico dentro del edificio, la amenaza a la seguridad de vida de los ocupantes debido a los

daños del edificio, y del servicio post-terremoto del edificio. (ATC-40, 1996).

- **Punto de desempeño:** Es la intersección del espectro de capacidad con el apropiado espectro de demanda en el método del espectro de capacidad (el desplazamiento del punto de desempeño es equivalente al desplazamiento tope en el método de coeficiente) **(ATC 40, 19%)**.
- **Rótula plástica:** Una rótula plástica es la zona de daño equivalente en la cual se concentra toda la deformación inelástica. A la rótula plástica le corresponde una longitud L_p correspondiente a una aproximación de 0.4 a 0.5 veces el peralte del elemento. **(Paulay y Priesdey, 1992)**.
- **Sistemas estructurales marcos o pórticos:** Este sistema conjuga elementos tipo viga y columna. Su estabilidad está determinada por la capacidad de soportar momentos en sus uniones. Pueden ser planos y espaciales.
- **Desempeño Sísmico:** el diseño **basado** en el desempeño sísmico consiste en la selección de apropiados esquemas de evaluación que permitan el dimensionado y detallado de los componentes estructurales, no estructurales y del contenido, de manera que para un nivel de movimiento especificado y con diferentes niveles de confiabilidad, la estructura no Capítulo 6 66 debería ser dañada más allá de ciertos estados límites **(Bertero, en SEAOC, 1995)**.
- **Carga de servicio** — La carga (sin amplificar), **(RNE E.060, 2009)**
- **Carga amplificada o factorizada**— La carga, multiplicada por los factores de carga apropiados, que se utiliza para diseñar los elementos utilizando el método de diseño por resistencia de esta Norma. **(RNE E.060, 2009)**
- **Concreto estructural** — Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado. **(RNE E.060, 2009)**

- **Módulo de elasticidad** — Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. **(RNE E.060, 2009)**
- **Refuerzo corrugado** — Barras de refuerzo corrugado, mallas de barras, alambre corrugado o refiler7o electro soldado de **alambre**. **(RNE E.060, 2009)**

1.10 Variables

1.10.1 Identificación de variables

Variable independiente (X):

- Evaluación de la vulnerabilidad sísmica basada en desempeño.

Variable dependiente (Y):

- Vulnerabilidad sísmica de la estructura existente de concreto armado.

1.10.2 Definición de las variables

Variable independiente (X): Evaluación de la vulnerabilidad sísmica basada en desempeño.

El método de diseño sísmico basado en desempeño consiste en analizar los desplazamientos, distorsiones, evalúa el comportamiento de cada elemento perteneciente a una estructura estudiada, ante eventos sísmicos con diferente intensidad. Hace un análisis que consiste en seleccionar esquemas de evaluación apropiados que permiten el dimensionamiento y detalles de los componentes estructurales, no estructurales y contenidos, de tal manera que para unos niveles de movimientos sísmicos del terreno determinado y con ciertos niveles de fiabilidad, los daños en la estructura no deberán superar ciertos estados de límites. (BERTERO, 1997).

Variable dependiente (Y): Vulnerabilidad sísmica de la estructura existente de concreto armado.

Las Normas establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico.

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

La filosofía del diseño sismorresistente consiste en:

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

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

- a. La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.
- b. La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.

La finalidad del análisis global de pórticos es obtener la distribución de los esfuerzos y los correspondientes desplazamientos de la estructura sometida a una carga dada. Para conseguir este propósito es necesario adoptar modelos adecuados, basados en varias suposiciones que incluyen tanto el comportamiento geométrico de la estructura y sus elementos como el comportamiento de las secciones y las uniones. Una vez calculados los esfuerzos y los desplazamientos, es necesario realizar varias comprobaciones en la estructura y en sus componentes (elementos y uniones). Estas comprobaciones dependen del tipo de análisis realizado y del tipo de verificación de las secciones (es decir, el criterio de estado límite último) adoptado.

1.10.3 Operacionalización de las variables

- VARIABLE INDEPENDIENTE:
- VARIABLE DEPENDIENTE:

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
	VARIABLE	CONCEPTUALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TECNICAS O INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE	Evaluación de la vulnerabilidad sísmica basada en desempeño.	El método de diseño sísmico basado en desempeño consiste en conocer los desplazamientos, distorsiones y comportamiento de cada uno de los elementos estructurales ante eventos sísmicos de diferente intensidad.	1.Vulnerabilidad sísmica máxima.	Punto de colapso de la estructura	¿la estructura debe ser diseñada para un punto de colapso?	Uso de software (SAP2000 V20).
			2. análisis lineal estático.	Parámetros de diseño sísmico; ubicación, uso, y tipo de la estructura.	¿Es factible un análisis estático lineal de la estructura?	Normas E-0.30., software (Microsoft Excel).
			3. análisis no lineal estático (PUSHOVER)	Diagramas de momento curvatura, curvas de capacidad, espectro de respuesta.	¿Cuál es la importancia de un análisis no lineal estático de las estructuras en estudio?	Análisis en software SAP2000 V20.
VARIABLE DEPENDIENTE	Vulnerabilidad sísmica de la estructura existente de concreto armado.	Las Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico.	a. Evitar pérdidas de vidas	La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.	¿la estructura no colapsara por la carga de servicio total y o movimiento sísmico?	NORMA E.030
			b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos	La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio.	¿la estructura soportara todo tipo de movimiento sísmico?	NORMA E.030
			c. Minimizar los daños a la propiedad.	La estructura deberá mantener la rigidez y geometría al ocurrir un evento sísmico.	¿la estructura mantendría su estado físico o se deformara?	NORMA E.030

CAPITULO II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización

La institución educativa inicial, primaria y secundaria de menores N° 60014 del PP.JJ. santo cristo de Bagazán. Se encuentra en la ciudad de Iquitos, distrito de Belen, provincia de Maynas, departamento de Loreto, Región de Loreto, Perú.

La ciudad de Iquitos se encuentra geográficamente con las coordenadas siguientes, Latitud $3^{\circ}44'56''$ S, Longitud: $73^{\circ}15'13''$ O, está ubicada en una altitud sobre el nivel del mar de 92m, tiene un clima cálido, húmedo y lluvioso, el promedio de la temperatura mínima anual es de $22,5^{\circ}\text{C}$ Y máximo de $32,9^{\circ}\text{C}$. (Fuente: SENAMHI – LORETO 2018).

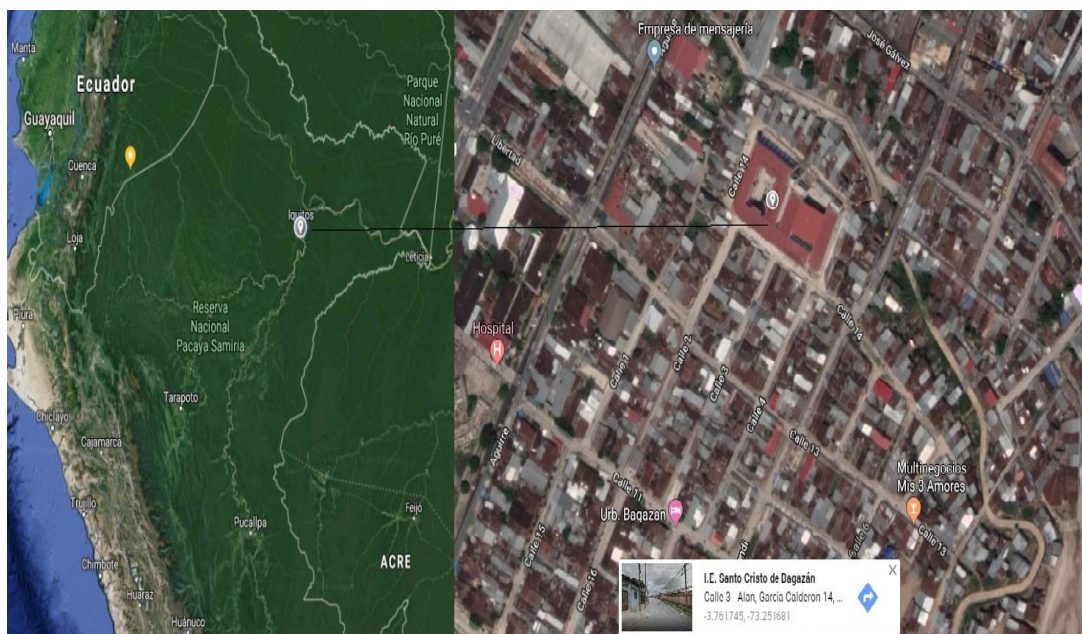


Gráfico 36. Localización Geográfica del proyecto de estudio. Fuente Google earth.

2.2 Tipo de investigación

Según el alcance de la investigación es:

TIPO CORRELACIONAL

Se medirá el grado a asociación entre las variables: Evaluación estructural mediante las normas E-030 y E-0.60, Diseño basado en desempeño sísmico.

TIPO EXPLORATORIO

La investigación tendrá su proceso de exploración en el análisis de la problemática de los daños estructurales posibles en el modelo aporticado que será evaluado ante eventos sísmicos de diferente magnitud.

TIPO EXPLICATIVO

Realizado el proceso de evaluación y diseños necesarios se planteará dar soluciones para el presente trabajo, como el rediseño estructural de ser necesario. Dando un aporte a la investigación en la ingeniería estructural del país.

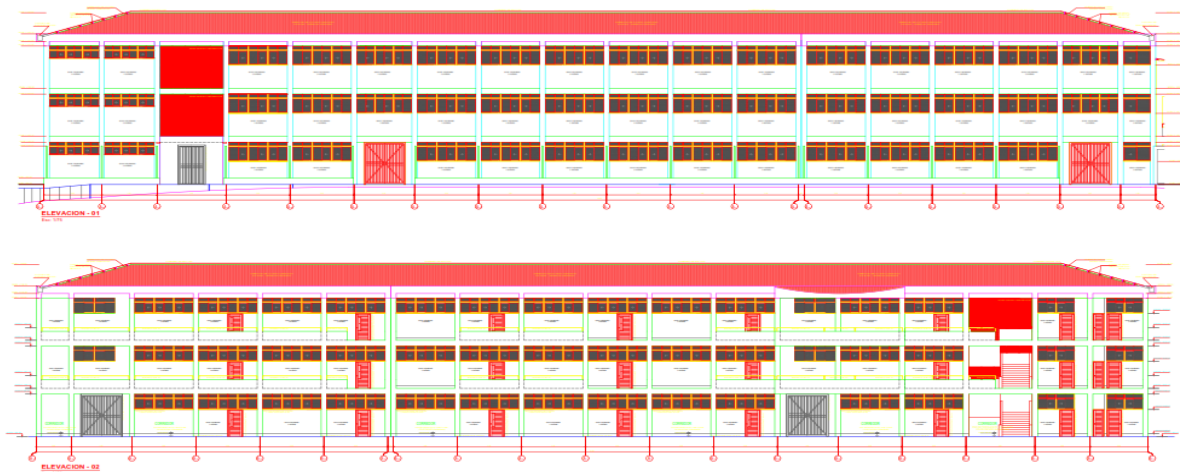
2.3 Diseño de la investigación

La evaluación general de la investigación es APLICADA.

2.4 Población y muestra

2.4.1 población

En la presente investigación la población de estudio es constituida por un modelo aporticado.



Grafica 37 Modelo aporticado (Modulo A) fuente. Expediente tecnico.

2.4.2 Muestra

Modelo aporticado, Iquitos 2018. Se seleccionan los elementos estructurales tales como Columnas, vigas, losas, juntas.

2.5 Técnicas, instrumentos y procedimientos de la recolección de datos

2.5.1 Técnicas de recolección de datos

- ✓ **Información Directa.** Este tipo de información se obtuvo mediante la observación directa con los planos del expediente técnico.
- ✓ **La Evaluación Visual.** Toma de datos a través de visita a la institución, y con formulario como instrumento de recolección de datos en la muestra según el muestreo establecido.
- ✓ **La Investigación Documental.** Estará fundamentada en artículos, libros y códigos relacionados.

2.5.2 Instrumentos de recolección de datos

2.5.2.1 Expediente técnico

- Se revisó los planos existentes y especificaciones técnicas de los materiales que se emplearon para la edificación. Que se encuentran en el expediente técnico “MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LA INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE MENORES N° 60014 DEL PP.JJ. SANTO CRISTO DE BAGAZÁN, DISTRITO DE BELÉN, PROVINCIA DE MAYNAS, REGIÓN LORETO”.

Se dio varias visitas de campo, para verificar que las estructuras existentes estén acordes a lo que especifica los planos del expediente técnico, lo que es muy importante para que el análisis estructural mediante el modelamiento basado en desempeño sísmico no tenga márgenes de error.

2.5.2.2 Observación

- En presencia del asesor se procedió a hacer la evaluación del módulo A, que se seleccionó por presentar mayor configuración de pórticos, convirtiéndolo en el módulo más Crítico de la estructura existente, se verificó las secciones de vigas, columnas, losas y luces para corroborar con lo que indica los planos estructurales y arquitectónicos.

- Tras realizar la evaluación estructural, se recopiló la información existente de la edificación, como la verificación de estados de los elementos estructurales tales como, vigas, columnas y losas. Con lo recopilado se elaboró un cuadro para levantar daños y causas.

Para Analizar los tipos de Daños del diseño estructural

Los daños se representarán detalladamente para cada elemento estructural, en el presente cuadro se clasifican los tipos de daños para cada elemento estructural.

ELEMENTOS	TIPOS DE DAÑOS ESTRUCTURALES	CAUSAS
LOSAS ALIGERADAS	Grietas en las uniones con las columnas y vigas.	Penetración o mal diseño de mezcla
VIGAS	Grietas Verticales	Flexo-compresión
	Grieta diagonal	Cortante o torsión
	Grietas horizontales	Flexo-compresión
	Desprendimiento de recubrimiento	Flexo-compresión
COLUMNAS	Grietas verticales	Flexo-compresión
	Grietas diagonal	Cortante o torsión
	Grietas horizontales	Flexo-compresión
	Desprendimiento de recubrimiento	Flexo-compresión
UNION DE VIGA Y COLUMNA	grietas en las uniones	Flexo-compresión
	falla por adherencia del refuerzo en vigas y columnas	Flexión
MAMPOSTERIA DE ARCILLA	Grietas verticales	Flexo-compresión
	Grietas diagonales	Cortante o torsión
	Grietas horizontales	Flexo-compresión

Tabla 8. Elementos Estructurales y Daños Frecuentes.

2.5.2.3 Análisis para el cálculo estructural

El análisis se realizó mediante un modelamiento estructural en el software SAP2000 V20 que se muestra en la sección 2.5.3 procesamiento de la información, mediante previa revisión de planos de AutoCAD 2016 que se muestra en los anexos; Grafico 163-164.

2.5.2.4 Revisión bibliográfica

El proyecto de tesis tiene como fundamentos, la normativa, NTE E.030 “Diseño Sismorresistente”, que se muestra en el anexo 6.2.

2.5.2.5 Ensayo de esclerometría

Se realizó solo un tipo de ensayo, Consiste en una barra de acero (émbolo), la cual recibe el impacto de una pieza de acero impulsada por un resorte. Este impacto se transmite a la superficie de concreto y debido a la resistencia de este, la pieza rebota y su desplazamiento máximo es registrado en una escala lineal fija al cuerpo del instrumento.

Los ángulos de utilización del Esclerómetro

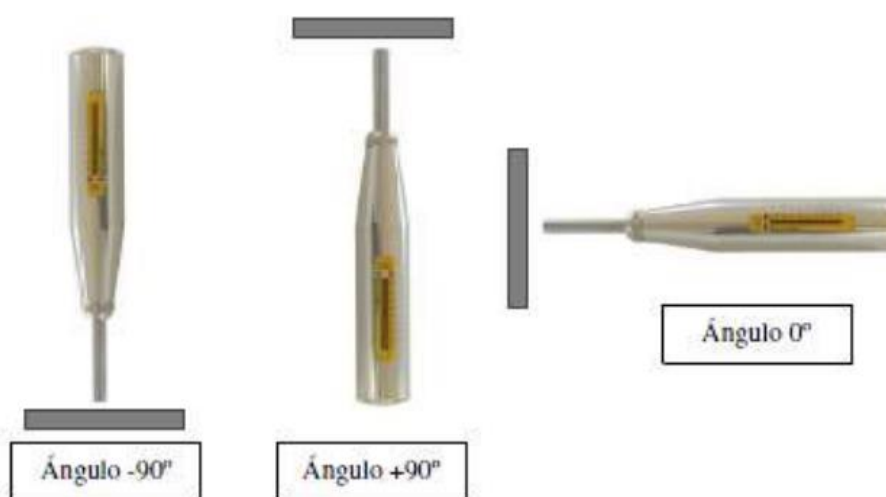


Gráfico 38. Determinación del índice de rebotes.

La finalidad del ensayo es obtener una Resistencia aproximado de la estructura estudiada.

Se evaluó el aproximado de la resistencia a compresión del concreto de los siguientes elementos estructurales, viga y columna, mediante el grafico de número de rebotes en escala. Que se muestra en el anexo, gráfica 123 – tabla 41 y 42.



Grafica 39. Fotografía del ensayo de Esclerometría. Fuente propia.



Gráfico 40. Fotografía del ensayo de esclerometría. Fuente Propia.

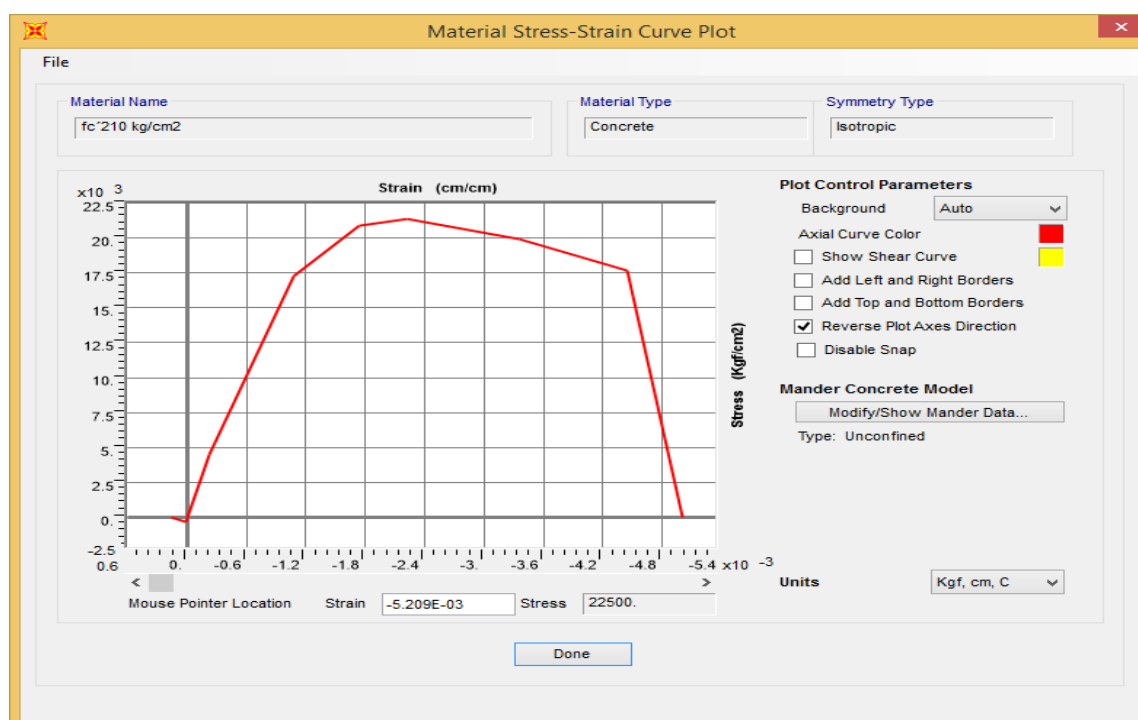
2.5.3 Procesamiento y análisis de la información

2.5.3.1 Características No lineales de los materiales a evaluar

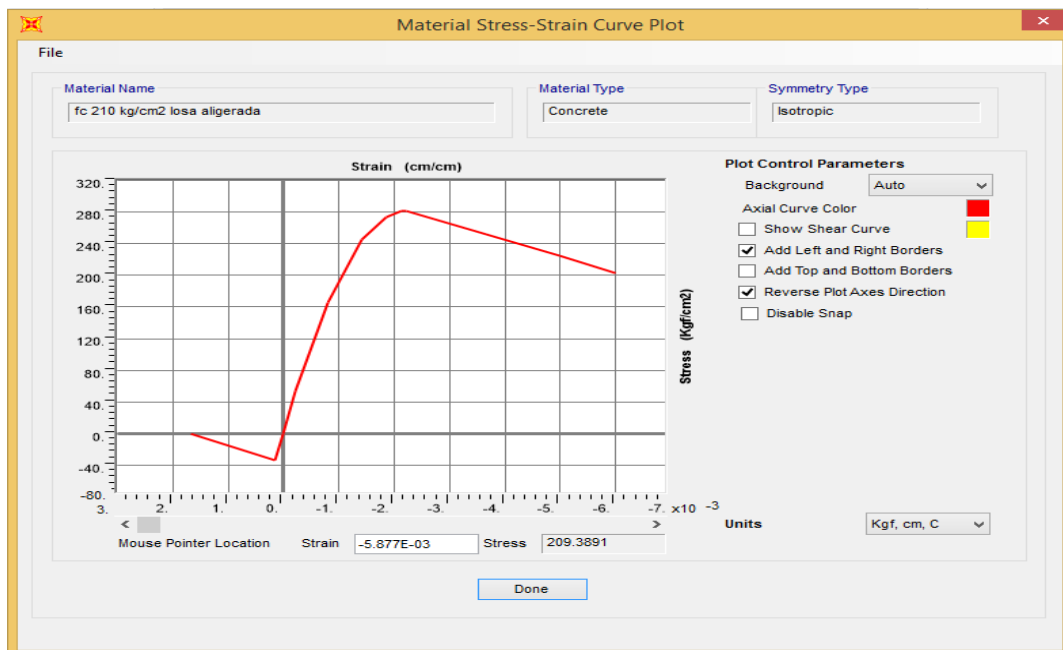
Los materiales que conforman la estructura a analizar, son los correspondientes a concreto armado y al acero corrugado. Cuyas características no lineales se determinan por modelos del comportamiento referentes a las curvas de esfuerzo-deformación, donde se puede observar el comportamiento de fluencia, basado en la degradación de la rigidez, y el esfuerzo máximo que tienen los materiales, hasta alcanzar su capacidad ultima.

2.5.3.1.1 Cuerva esfuerzo - deformación

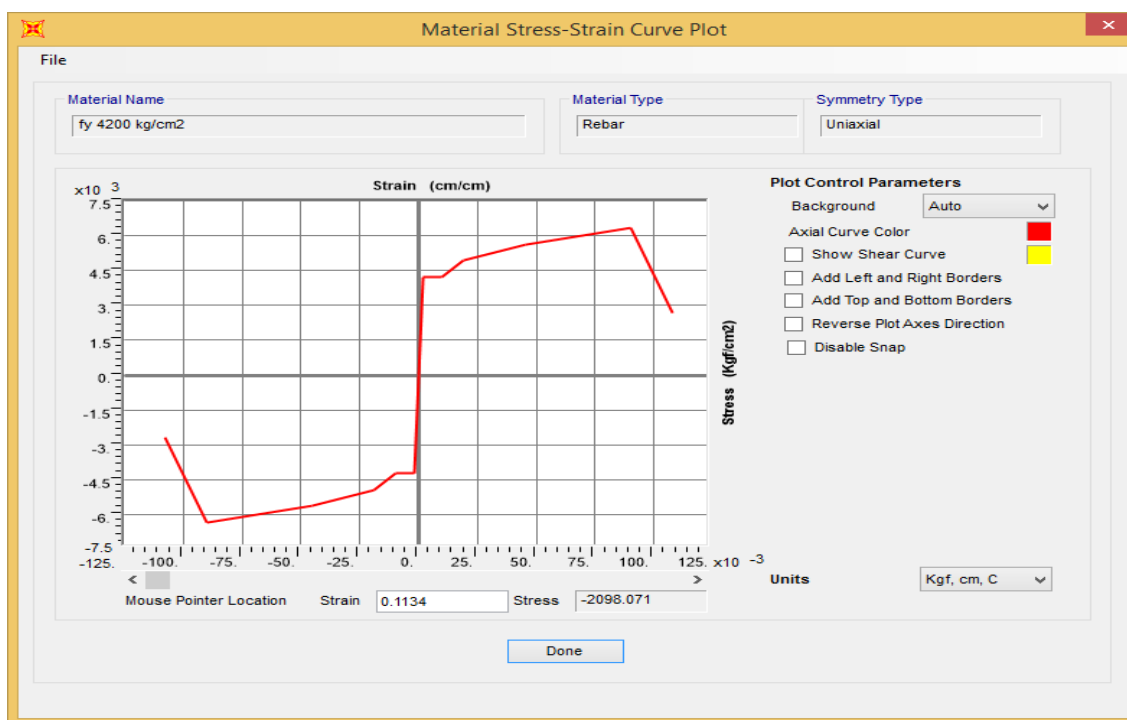
Por lo general la resistencia a la compresión del concreto se obtiene del ensayo de probetas de 12" de altura por 6" de diámetro. En este caso el proyecto a evaluar en el caso de concreto armado nos basamos en el modelo Mander, y las curvas del acero de refuerzo y el estructural están dadas por las normas ASTM.



Grafica 41. Curva de Esfuerzo-Deformación del concreto $f'_c=210$ kg/cm² para vigas y columnas. SAP2000 V20.



Grafica 42. Curva de Esfuerzo-Deformación del concreto $f'_c=210$ kg/cm² para losa aligerada. SAP2000 V20.



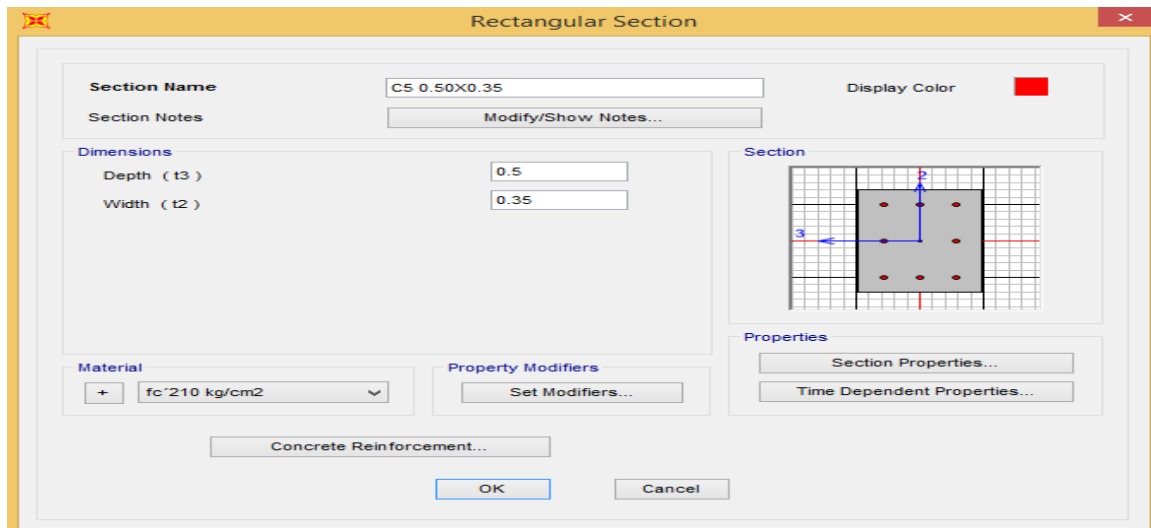
Grafica 43. Curva de Esfuerzo-Deformación del Acero ASTM A615 – Grado 60. SAP2000 V20.

2.5.3.1.2 Secciones de los elementos estructurales.

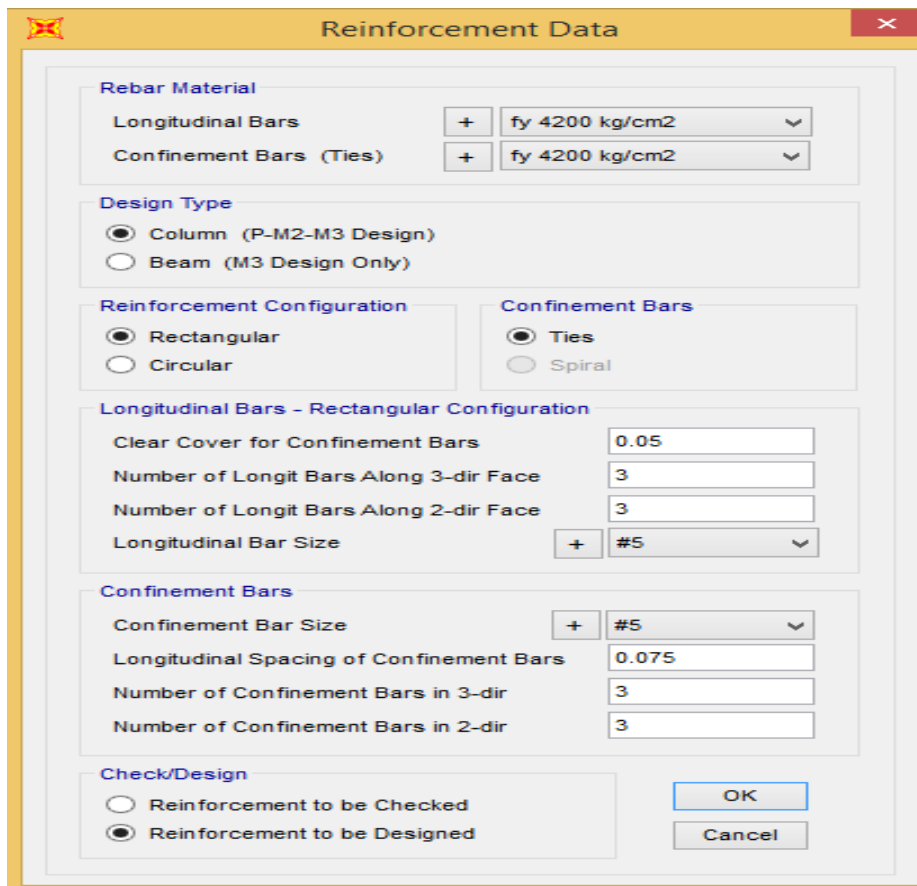
Las secciones que se asignaron al modelamiento estructural en el Software SAP2000 V20, fue proporcionado por las revisiones de los planos estructurales, y la verificación visual en la muestra a evaluar en presencia del asesor de tesis.

MODULO A, DE LA I. E.I. P.S.N° 60014 DEL PP.JJ. SANTO CRISTO DE BAGAZÁN

✓ COLUMNAS.



Grafica 44. Sección de la columna C5 en el software SAP2000 V20



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars: + fy 4200 kg/cm2

Confinement Bars (Ties): + fy 4200 kg/cm2

Design Type

☒ Column (P-M2-M3 Design)

☐ Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

☒ Rectangular

☐ Circular

Confinement Bars

☒ Ties

☐ Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars: 0.05

Number of Longit Bars Along 3-dir Face: 3

Number of Longit Bars Along 2-dir Face: 3

Longitudinal Bar Size: + #5

Confinement Bars

Confinement Bar Size: + #5

Longitudinal Spacing of Confinement Bars: 0.075

Number of Confinement Bars in 3-dir: 3

Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

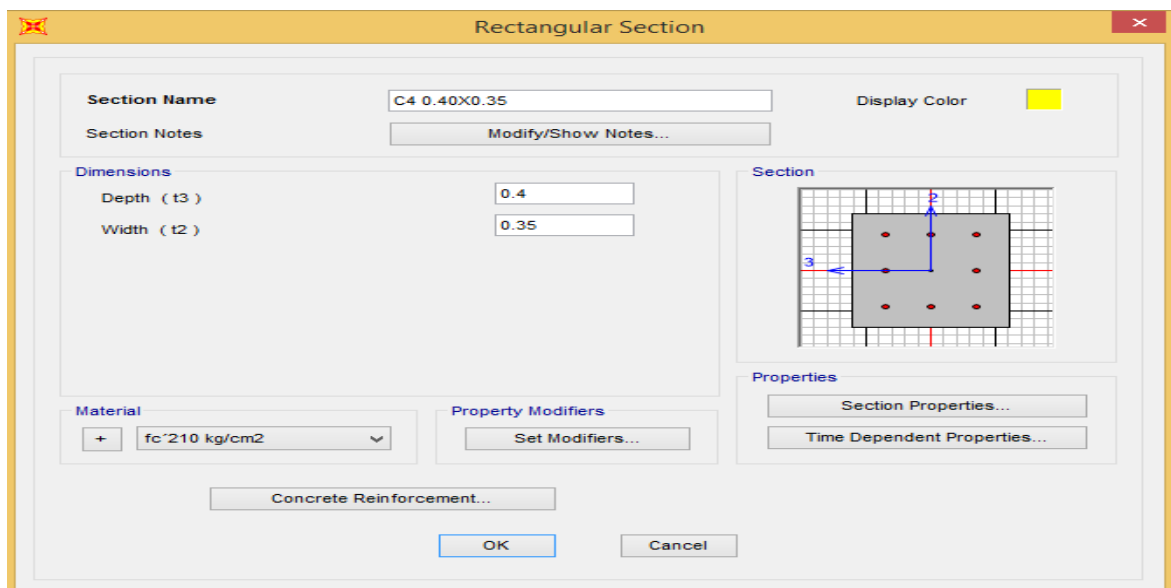
Check/Design

☐ Reinforcement to be Checked

☒ Reinforcement to be Designed

OK Cancel

Grafica 45. Reforzamiento de la columna C5 en el software SAP2000 V20



Rectangular Section

Section Name: C4 0.40X0.35

Section Notes: Modify/Show Notes...

Display Color: [Yellow]

Dimensions

Depth (t3): 0.4

Width (t2): 0.35

Material: + fc'210 kg/cm2

Property Modifiers: Set Modifiers...

Section: [Diagram of rectangular section with reinforcement bars]

Properties

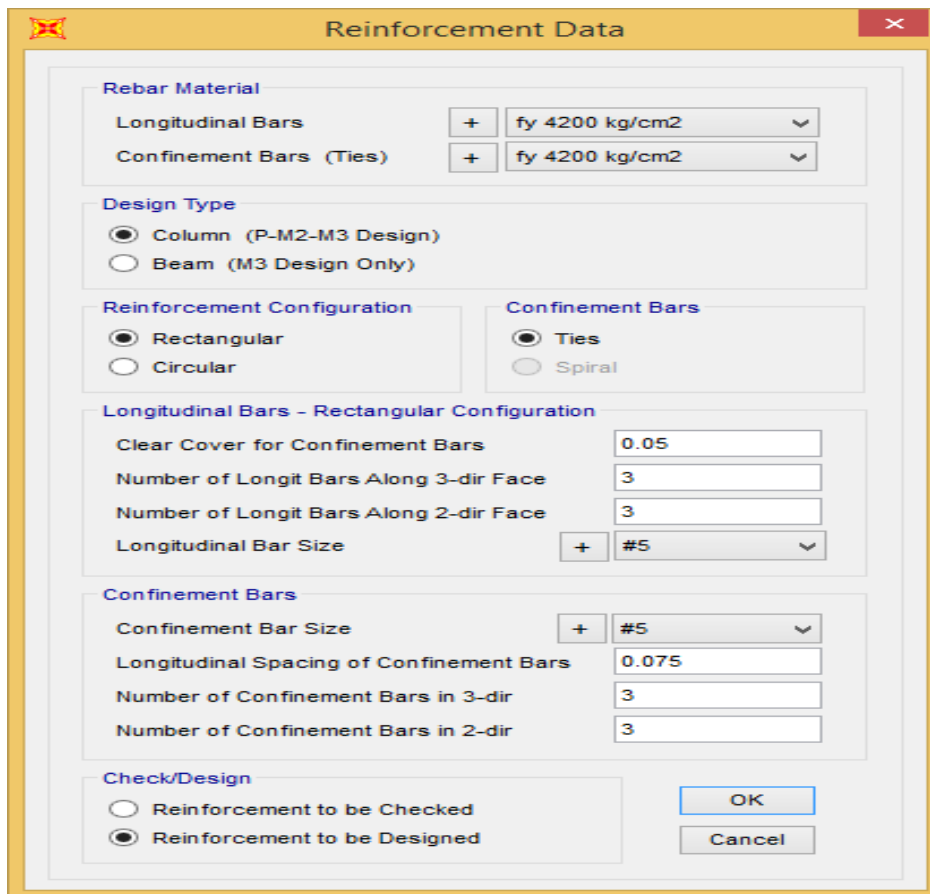
Section Properties...

Time Dependent Properties...

Concrete Reinforcement...

OK Cancel

Grafica 46. Sección de la columna C4 en el software SAP2000 V20



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars: + fy 4200 kg/cm2

Confinement Bars (Ties): + fy 4200 kg/cm2

Design Type

☒ Column (P-M2-M3 Design)

☐ Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

☒ Rectangular

☐ Circular

Confinement Bars

☒ Ties

☐ Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars: 0.05

Number of Longit Bars Along 3-dir Face: 3

Number of Longit Bars Along 2-dir Face: 3

Longitudinal Bar Size: + #5

Confinement Bars

Confinement Bar Size: + #5

Longitudinal Spacing of Confinement Bars: 0.075

Number of Confinement Bars in 3-dir: 3

Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

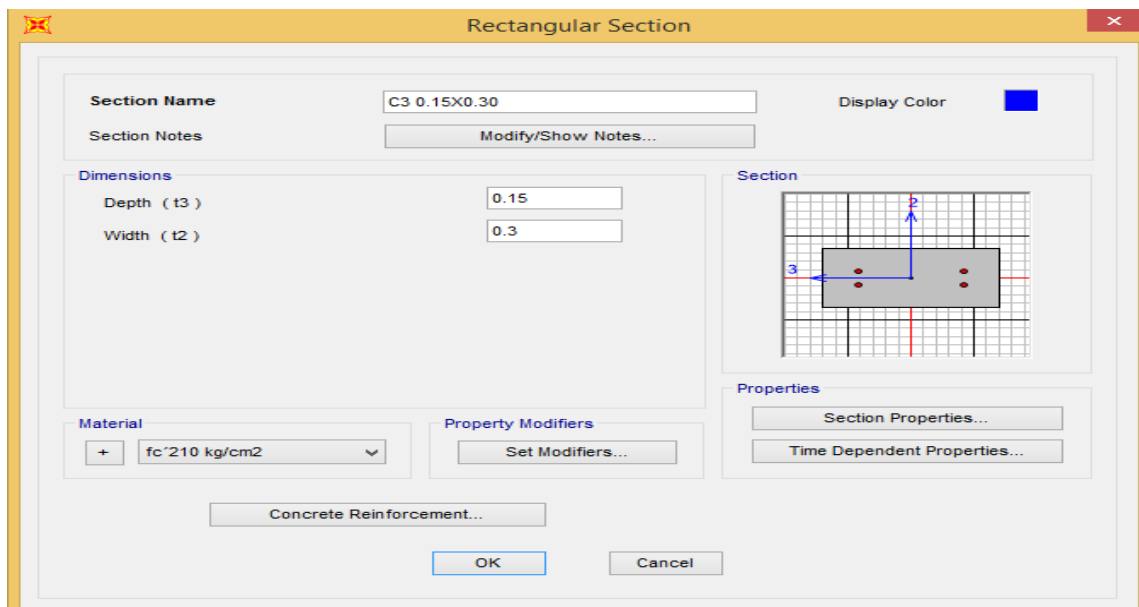
Check/Design

☐ Reinforcement to be Checked

☒ Reinforcement to be Designed

OK Cancel

Grafica 47. Reforzamiento de la columna C4 en el software SAP2000 V20



Rectangular Section

Section Name: C3 0.15X0.30

Section Notes: Modify/Show Notes...

Display Color: [Blue]

Dimensions

Depth (t3): 0.15

Width (t2): 0.3

Material: + fc'210 kg/cm2

Property Modifiers: Set Modifiers...

Concrete Reinforcement...

Section: [Diagram of rectangular section with reinforcement]

Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

Grafica 48. Sección de la columna C3 en el software SAP2000 V20

Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars

Confinement Bars (Ties)

Design Type

☒ Column (P-M2-M3 Design)
☐ Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

☒ Rectangular
☐ Circular

Confinement Bars

☒ Ties
☐ Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars

Number of Longit Bars Along 3-dir Face

Number of Longit Bars Along 2-dir Face

Longitudinal Bar Size

Confinement Bars

Confinement Bar Size

Longitudinal Spacing of Confinement Bars

Number of Confinement Bars in 3-dir

Number of Confinement Bars in 2-dir

Check/Design

☐ Reinforcement to be Checked
☒ Reinforcement to be Designed

Grafica 49. Reforzamiento de la columna C3 en el software SAP2000 V20

Rectangular Section

Section Name **Display Color**

Section Notes

Dimensions

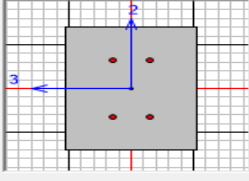
Depth (t3)

Width (t2)

Material

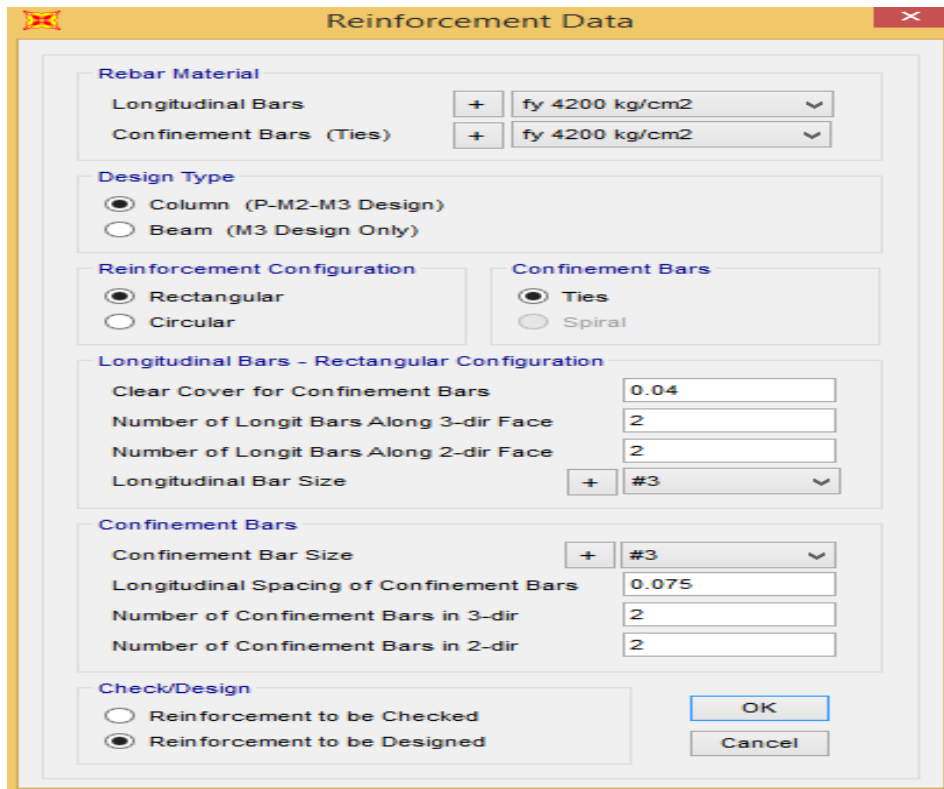
Property Modifiers

Section



Properties

Grafica 50. Sección de la columna C PARED en el software SAP2000 V20



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars: + fy 4200 kg/cm2

Confinement Bars (Ties): + fy 4200 kg/cm2

Design Type

☒ Column (P-M2-M3 Design)

☐ Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

☒ Rectangular

☐ Circular

Confinement Bars

☒ Ties

☐ Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars: 0.04

Number of Longit Bars Along 3-dir Face: 2

Number of Longit Bars Along 2-dir Face: 2

Longitudinal Bar Size: + #3

Confinement Bars

Confinement Bar Size: + #3

Longitudinal Spacing of Confinement Bars: 0.075

Number of Confinement Bars in 3-dir: 2

Number of Confinement Bars in 2-dir: 2

Check/Design

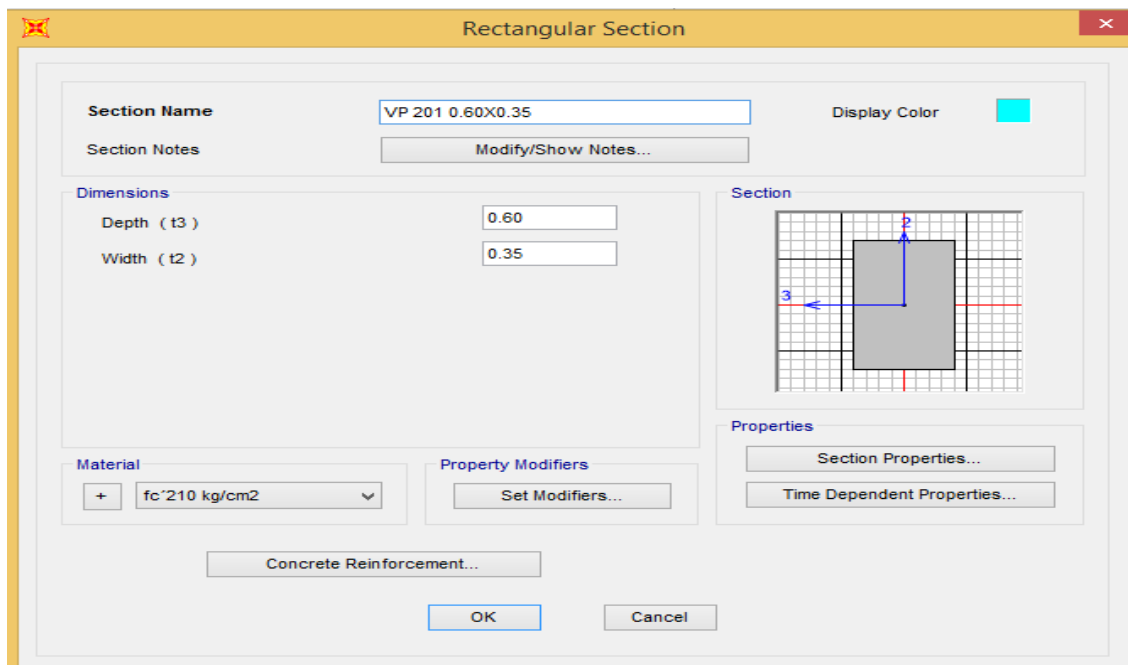
☐ Reinforcement to be Checked

☒ Reinforcement to be Designed

OK Cancel

Grafica 51. Reforzamiento de la columna C PARED en el software SAP2000 V20

✓ VIGAS.



Rectangular Section

Section Name: VP 201 0.60X0.35

Section Notes: Modify/Show Notes...

Display Color: [Blue]

Dimensions

Depth (t3): 0.60

Width (t2): 0.35

Material

+ fc'210 kg/cm2

Property Modifiers

Set Modifiers...

Section

Diagram showing a rectangular section with dimensions and reinforcement layout.

Properties

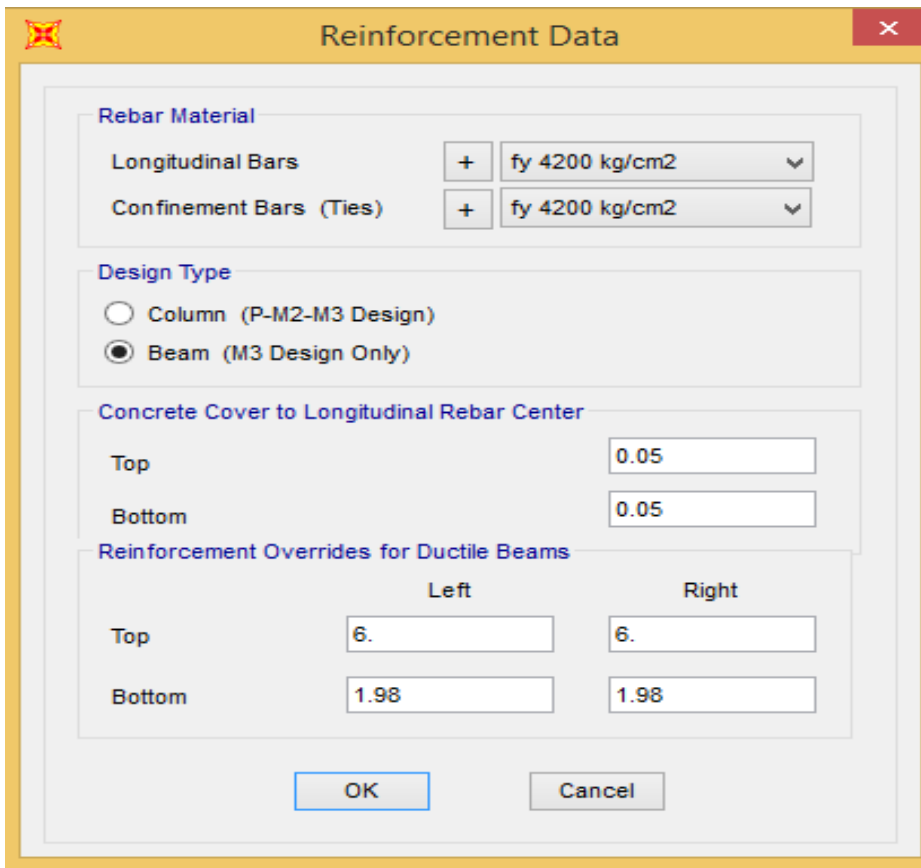
Section Properties...

Time Dependent Properties...

Concrete Reinforcement...

OK Cancel

Grafica 52. Sección de la viga VP201 en el software SAP2000 V20



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars	+	fy 4200 kg/cm2	▼
Confinement Bars (Ties)	+	fy 4200 kg/cm2	▼

Design Type

☐ Column (P-M2-M3 Design)
☒ Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

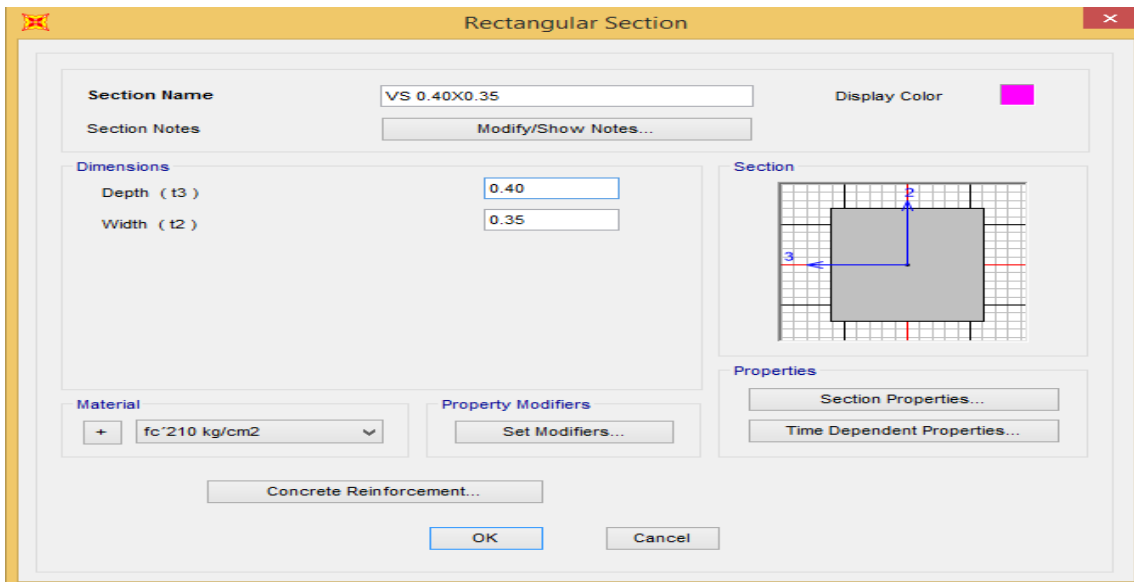
Top	0.05
Bottom	0.05

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

	Left	Right
Top	6.	6.
Bottom	1.98	1.98

OK Cancel

Grafica 53. Reforzamiento de la viga VP201 en el software SAP2000 V20



Rectangular Section

Section Name VS 0.40X0.35 **Display Color** ■

Section Notes

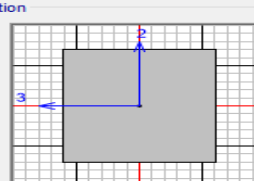
Dimensions

Depth (t3)	0.40
Width (t2)	0.35

Material fc'210 kg/cm2 ▼

Property Modifiers

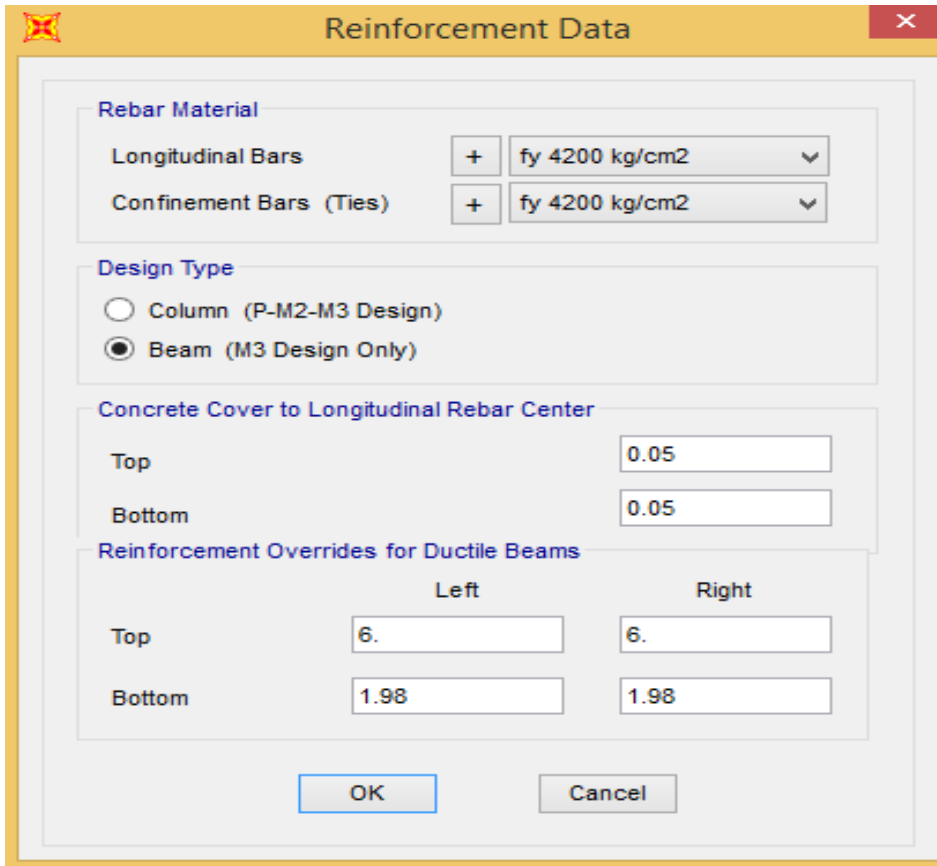
Section



Properties

OK Cancel

Grafica 54. Sección de la viga VS en el software SAP2000 V20



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars: + fy 4200 kg/cm2

Confinement Bars (Ties): + fy 4200 kg/cm2

Design Type

☐ Column (P-M2-M3 Design)

☒ Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

Top: 0.05

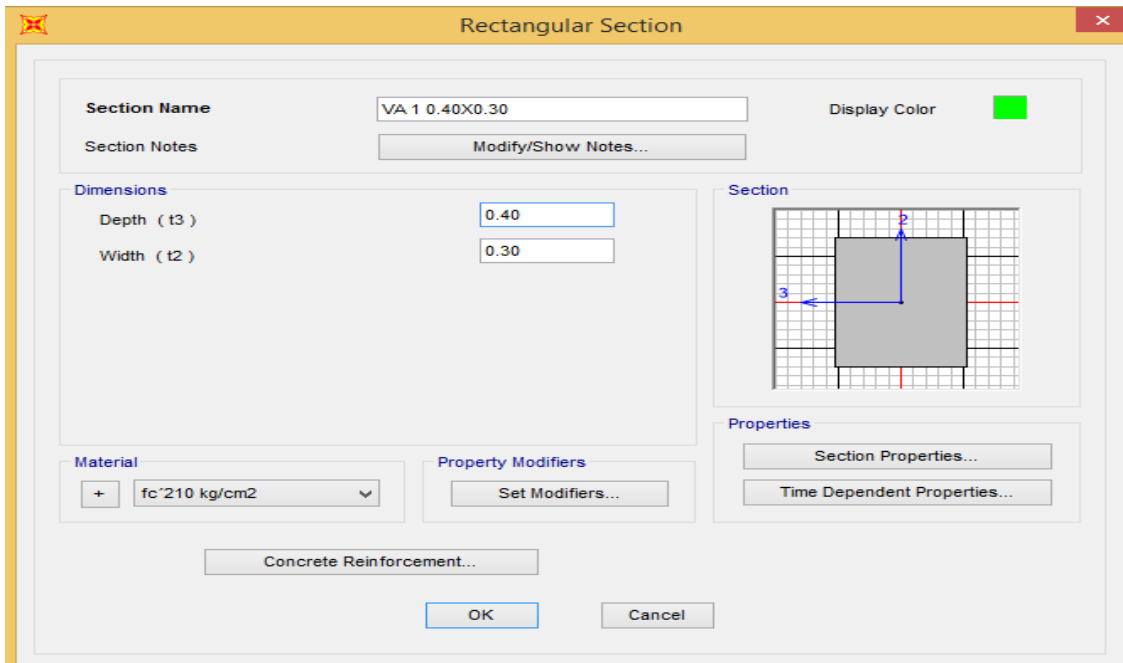
Bottom: 0.05

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

	Left	Right
Top	6.	6.
Bottom	1.98	1.98

OK Cancel

Grafica 55. Reforzamiento de la viga VS en el software SAP2000 V20



Rectangular Section

Section Name: VA 1 0.40X0.30

Section Notes: Modify/Show Notes...

Display Color: [Green]

Dimensions

Depth (t3): 0.40

Width (t2): 0.30

Material

+ fc'210 kg/cm2

Property Modifiers

Set Modifiers...

Section

Diagram showing a rectangular section with dimensions 0.40 (depth) and 0.30 (width) on a grid.

Properties

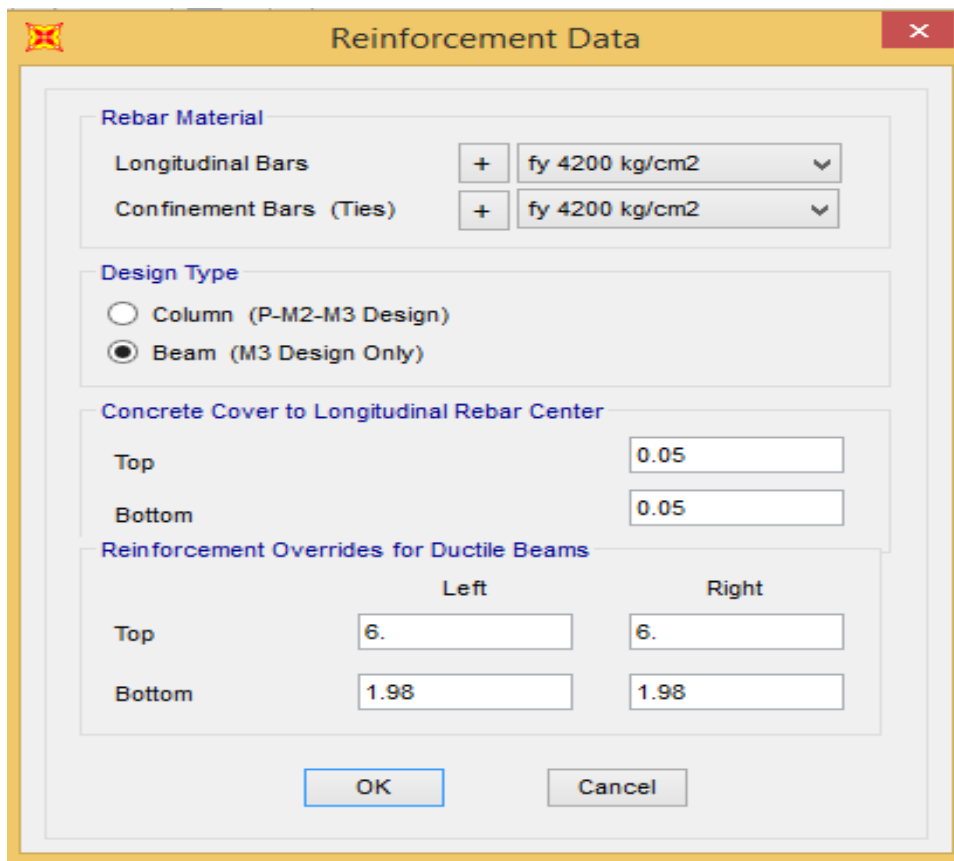
Section Properties...

Time Dependent Properties...

Concrete Reinforcement...

OK Cancel

Grafica 56. Sección de la viga VA 1 en el software SAP2000 V20



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + fy 4200 kg/cm2

Confinement Bars (Ties) + fy 4200 kg/cm2

Design Type

☐ Column (P-M2-M3 Design)

☒ Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

Top 0.05

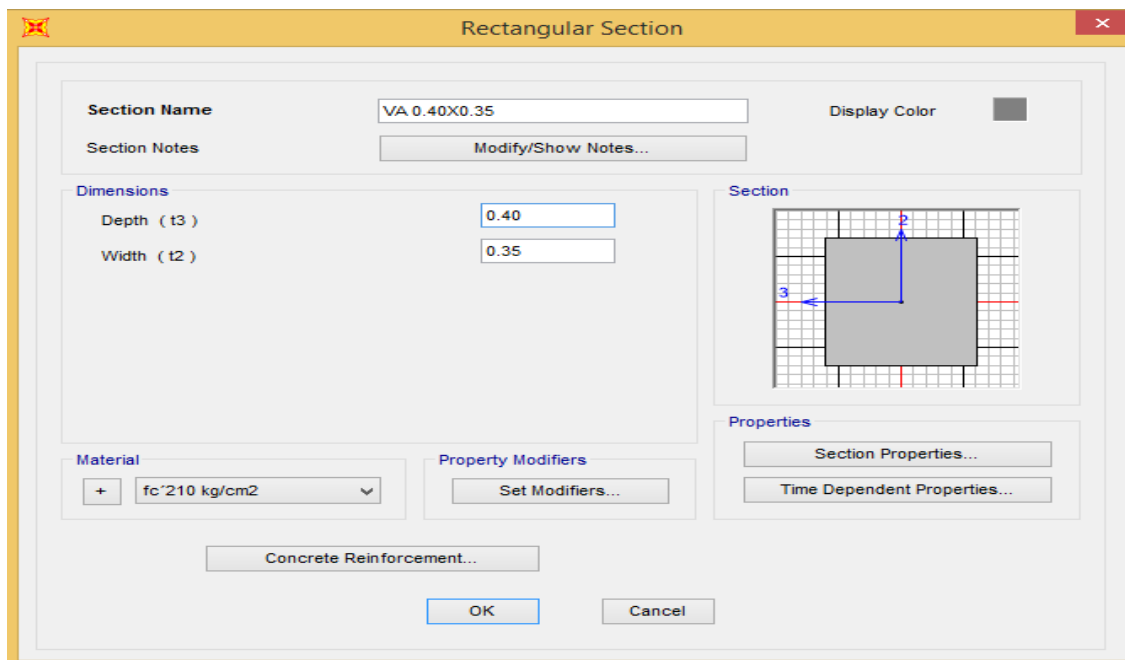
Bottom 0.05

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

	Left	Right
Top	6.	6.
Bottom	1.98	1.98

OK Cancel

Grafica 57. Reforzamiento de la viga VA 1 en el software SAP2000 V20



Rectangular Section

Section Name VA 0.40X0.35 Display Color

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Depth (t3) 0.40

Width (t2) 0.35

Material

+ fc'210 kg/cm2

Property Modifiers

Set Modifiers...

Section

Diagram showing a rectangular section with dimensions 0.40 (depth) and 0.35 (width) on a grid. The section is labeled with 2 and 3.

Properties

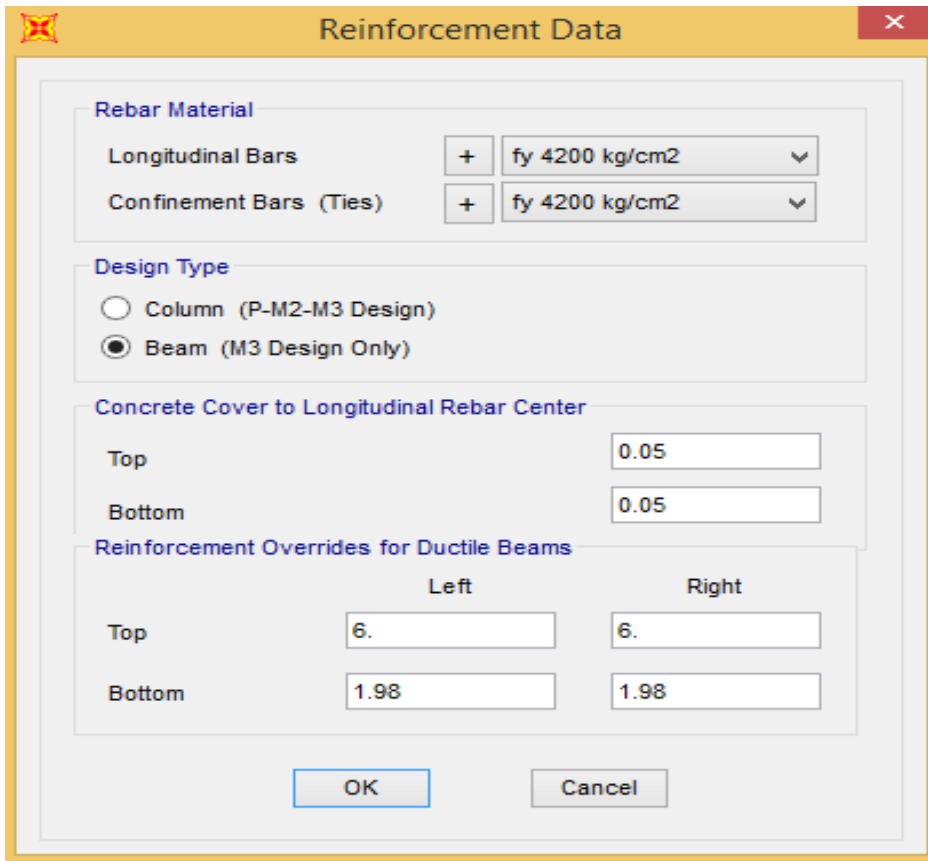
Section Properties...

Time Dependent Properties...

Concrete Reinforcement...

OK Cancel

Grafica 58. Sección de la viga VA en el software SAP2000 V20



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars: + fy 4200 kg/cm2

Confinement Bars (Ties): + fy 4200 kg/cm2

Design Type

☐ Column (P-M2-M3 Design)

☒ Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

Top: 0.05

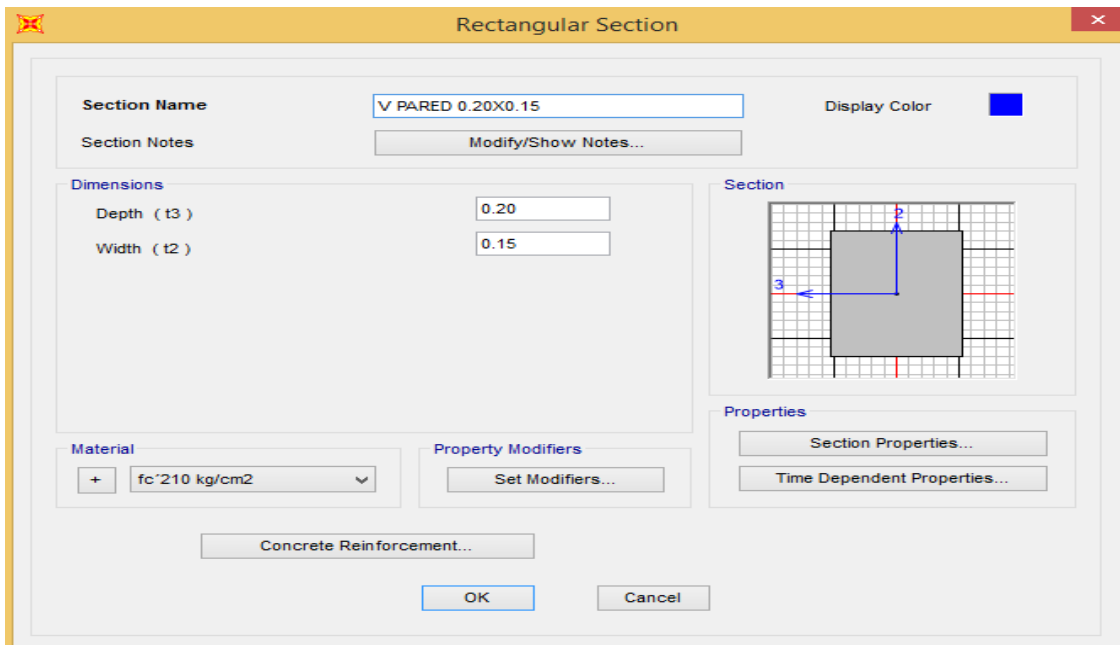
Bottom: 0.05

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

	Left	Right
Top	6.	6.
Bottom	1.98	1.98

OK Cancel

Grafica 59. Reforzamiento de la viga VA en el software SAP2000 V20



Rectangular Section

Section Name: V PARED 0.20X0.15

Section Notes: Modify/Show Notes...

Display Color: [Blue]

Dimensions

Depth (t3): 0.20

Width (t2): 0.15

Material: + fc'210 kg/cm2

Property Modifiers: Set Modifiers...

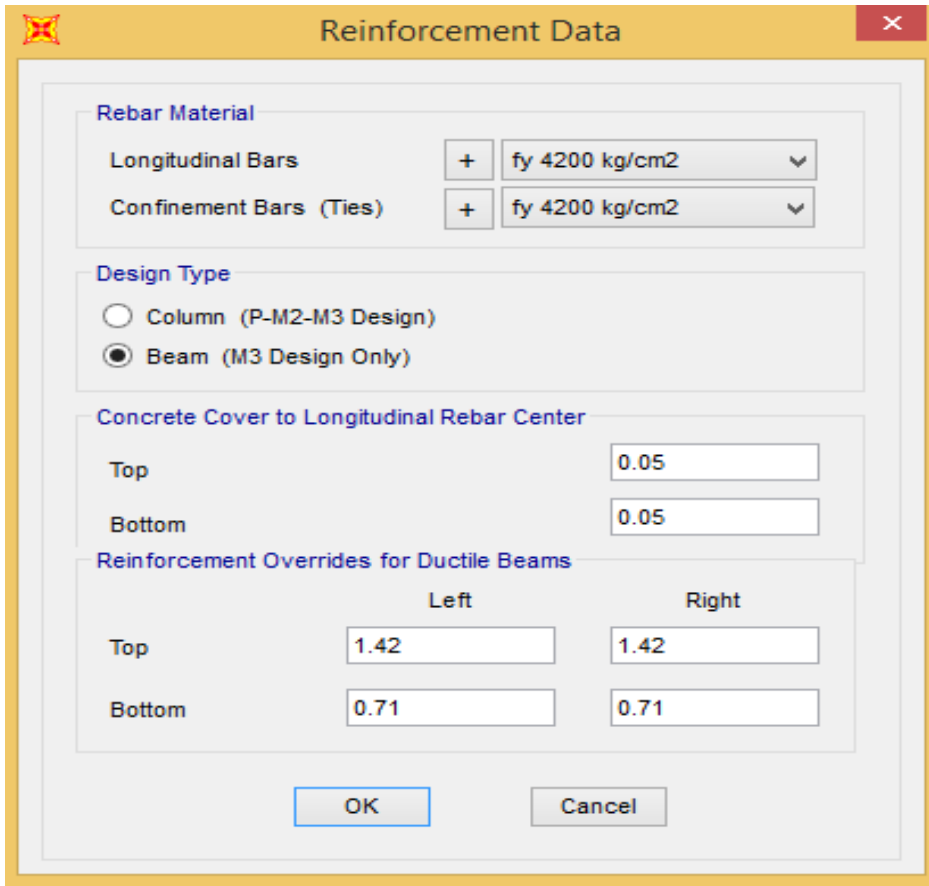
Concrete Reinforcement...

Section: [Diagram of a rectangular section with dimensions and reinforcement layout]

Properties: Section Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Grafica 60. Sección de la viga V PARED en el software SAP2000 V20



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars: + fy 4200 kg/cm2

Confinement Bars (Ties): + fy 4200 kg/cm2

Design Type

☐ Column (P-M2-M3 Design)

☒ Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

Top: 0.05

Bottom: 0.05

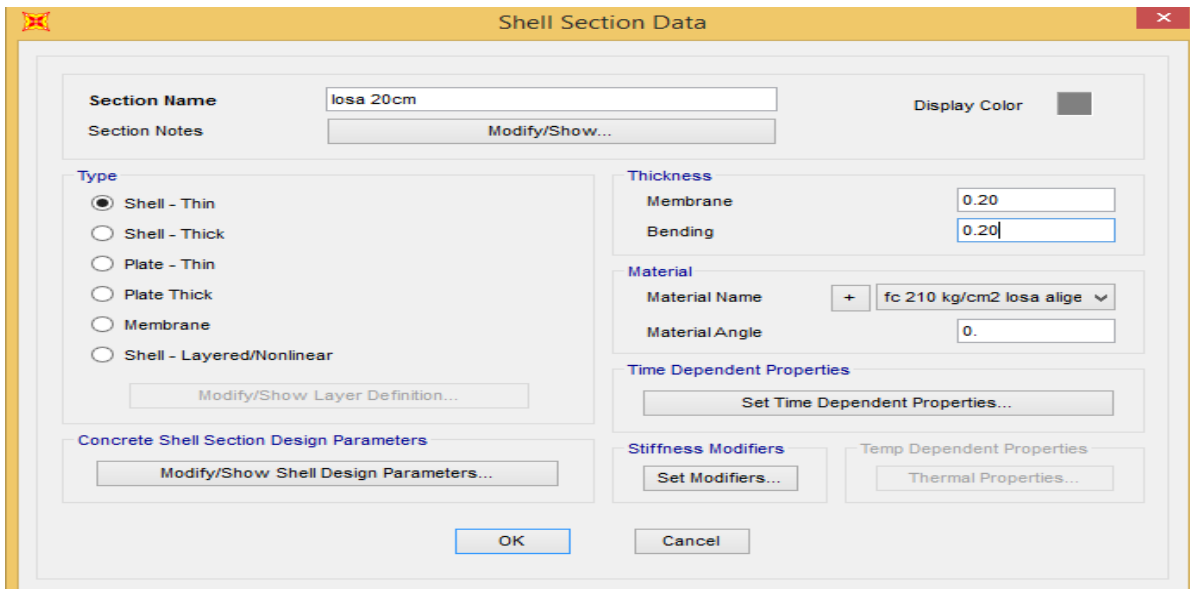
Reinforcement Overrides for Ductile Beams

	Left	Right
Top	1.42	1.42
Bottom	0.71	0.71

OK Cancel

Grafica 61. Reforzamiento de la viga V PARED en el software SAP2000 V20

✓ LOSA Y MAMPOSTERIA



Shell Section Data

Section Name: losa 20cm

Section Notes: Modify/Show...

Display Color: [Color Selection]

Type

☒ Shell - Thin

☐ Shell - Thick

☐ Plate - Thin

☐ Plate Thick

☐ Membrane

☐ Shell - Layered/Nonlinear

Modify/Show Layer Definition...

Thickness

Membrane: 0.20

Bending: 0.20

Material

Material Name: + fc 210 kg/cm2 losa alige

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

Grafica 62. Sección de la Losa Aligerada en el software SAP2000 V20

Grafica 63. Sección del muro en el software SAP2000 V20

2.5.3.2 Metrado de cargas en el software SAP2000 V20

CARGAS MUERTAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL MODULO A						
SectionName	Material	Shape	t3	t2	Area	TotalWt
Text	Text	Text	m	m	m2	Kgf
C PARED 0.20X0.15	f'c'210 kg/cm2	Rectangular	0.2	0.15	0.03	8810.72
C3 0.15X0.30	f'c'210 kg/cm2	Rectangular	0.15	0.3	0.045	15503.99
C4 0.40X0.35	f'c'210 kg/cm2	Rectangular	0.4	0.35	0.14	75424.86
C5 0.50X0.35	f'c'210 kg/cm2	Rectangular	0.5	0.35	0.175	185517.85
COLUMNA ESCALERA	f'c'210 kg/cm2	Rectangular	0.4	0.15	0.06	1623.31
V 0.20X0.15	f'c'210 kg/cm2	Rectangular	0.2	0.15	0.03	32685.36
V PARED 0.20X0.15	f'c'210 kg/cm2	Rectangular	0.2	0.15	0.03	32685.36
VA 0.40X0.35	f'c'210 kg/cm2	Rectangular	0.4	0.35	0.14	66941.16
VA 1 0.40X0.30	f'c'210 kg/cm2	Rectangular	0.4	0.3	0.12	62556.59
VIGA CHATA 0.30X.0.20	f'c'210 kg/cm2	Rectangular	0.3	0.2	0.06	628.56
VP 201 0.60X0.35	f'c'210 kg/cm2	Rectangular	0.6	0.35	0.21	200823.49
VS 0.40X0.35	f'c'210 kg/cm2	Rectangular	0.4	0.35	0.14	144747.65
Section	Material	AreaType	Thickness	BendThick		
Text	Text	Text	m	m		
losa 20cm	f'c'210 kg/cm2	Shell	0.2	0.2		693665.87
MURO	f'c'30kg/cm2	Shell	0.15	0.15		684067.98
TOTAL						2205682.75

Tabla 9. Metrado de cargas. Software SAP2000 V20.

Tras el análisis en el software SAP2000 V20, se obtuvieron los siguientes resultados de carga Muerta para los elementos estructurales que conforman el Modulo A, de la estructura que se evaluó.

PARAMETROS QUE SE ADOPTARON PARA EL DISEÑO

Mortero estructural $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para columnas, vigas y losa.

Mampostería de Arcilla $f'c=30 \text{ kg/cm}^2$ para paredes.

Acero Corrugado G-60 (ASTM 615) $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$

CARGAS Y SOBRECARGAS

Peso específico del concreto: $2,400 \text{ kg/m}^3$

Piso terminado: 100 kg/m^2

Sobrecarga en el cielorraso: 20 kg/m^2

Sobrecarga en el techo: 120 kg/m^2

Sobrecarga de sala profesores: 300 kg/m^2

Sobrecarga de almacén: 300 kg/cm^2

Sobrecarga en las aulas: 250 kg/m^2

Sobrecarga en los baños: 300 kg/m^2

Sobrecarga en los corredores y escaleras: 400 kg/m^2

Las sobrecargas se obtuvieron del Reglamento Nacional de Edificaciones, de la Norma E.020 Cargas, el parámetro del esfuerzo máximo de compresión del concreto se obtuvo de los planos estructurales y comparando con el ensayo de esclerometría, la mampostería por la Norma E. 070 Albañilería.

2.5.3.3 Configuración estructural del Módulo A

El área del Módulo A, que se evaluó es de 758.888 m², consta de un sistema tipo Pórtico con columnas y vigas, de secciones variables, la losa aligerada es de concreto armado con espesores de 20cm y la mampostería con espesor de 15cm, el techo consta de elementos de acero con sección variable. Estos son los elementos que conforman el módulo A que se evaluó.

2.5.3.4 Modelo Estructural del Módulo A

El modelamiento estructural corresponde a la idealización del pórtico correspondiente al Módulo A, con elementos estructurales tales como: columnas, vigas, paredes y losas, mediante el software SAP2000 V20. Las columnas y vigas se generaron como elemento “frame”, las paredes y losas como elemento “Shell”, la cimentación brinda características de empotramiento en la base de la estructura.

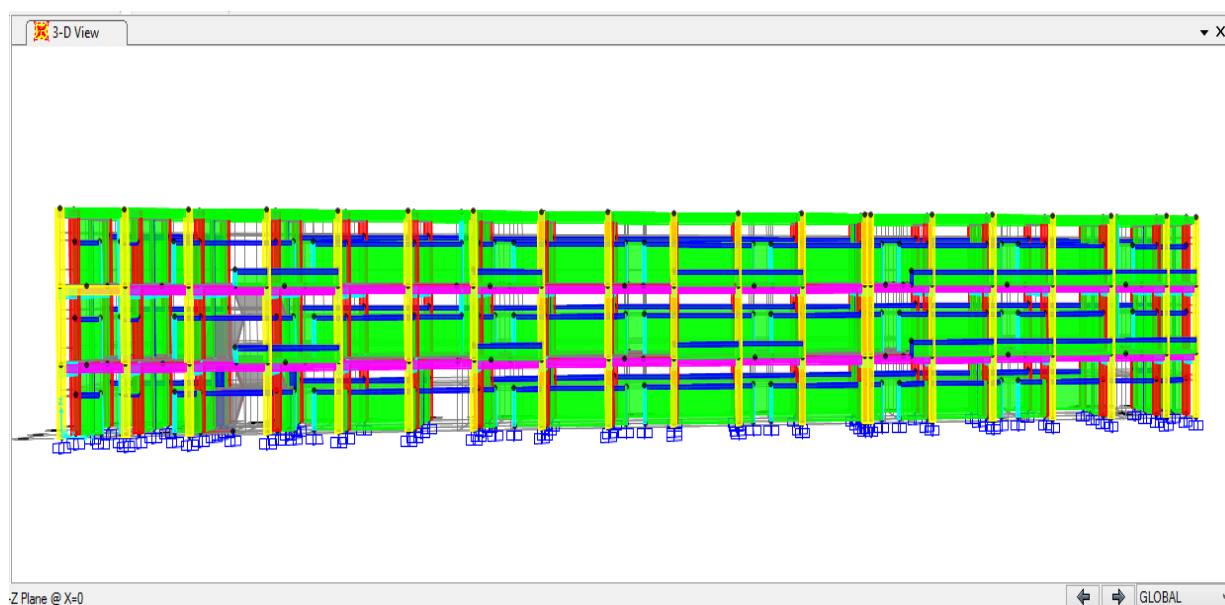


Gráfico 64. Modelo estructural Del Módulo A. Sección 11-11, A-A – S-S.

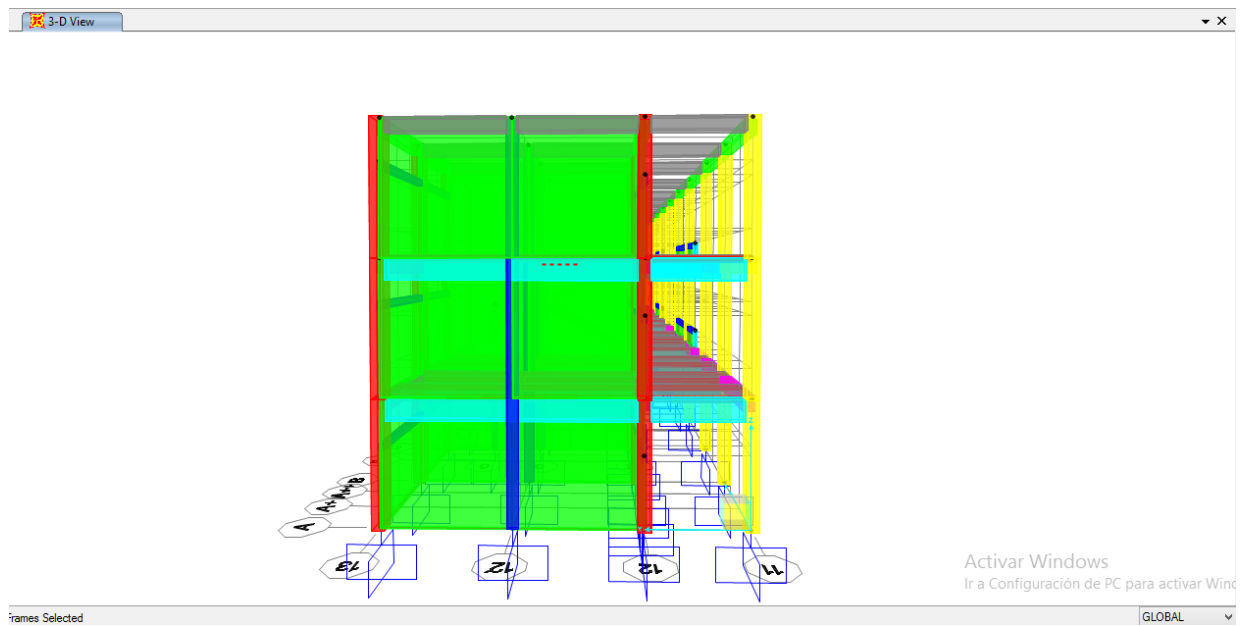


Gráfico 65. Modelo estructural Del Módulo A. Sección A-A, 11- 13.

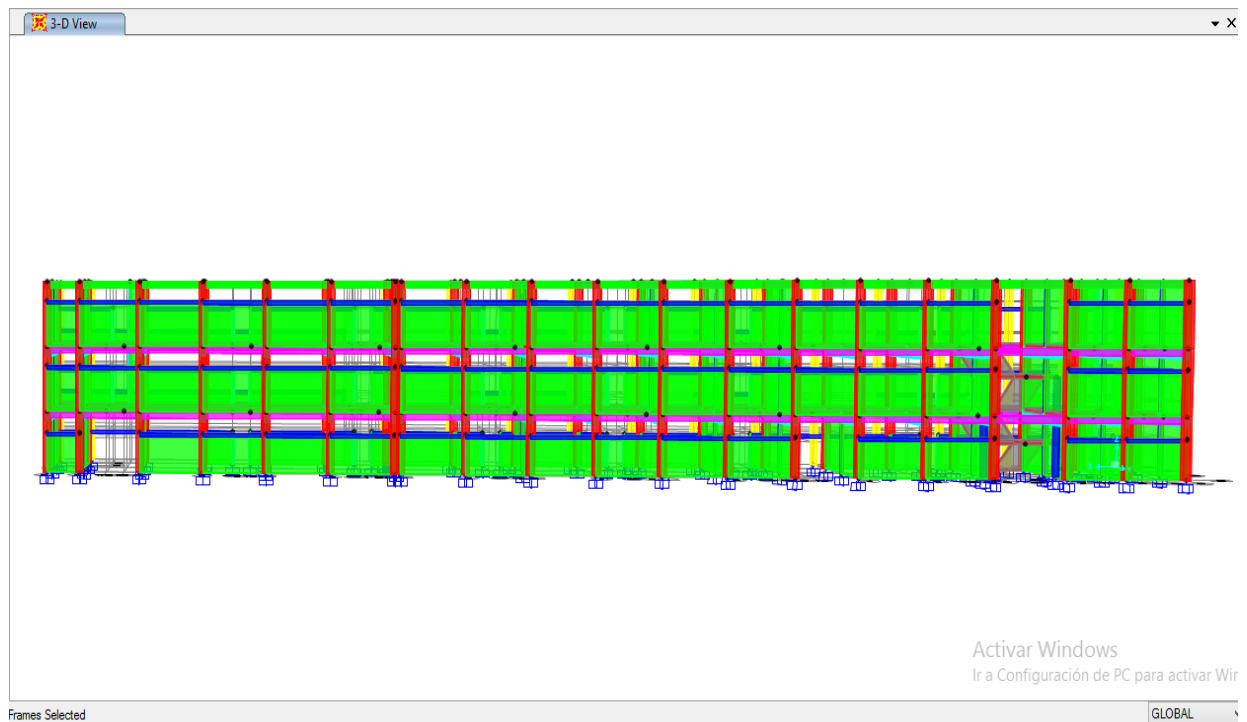


Gráfico 66. Modelo estructural Del Módulo A. Sección 13-13, A-A – S-S.

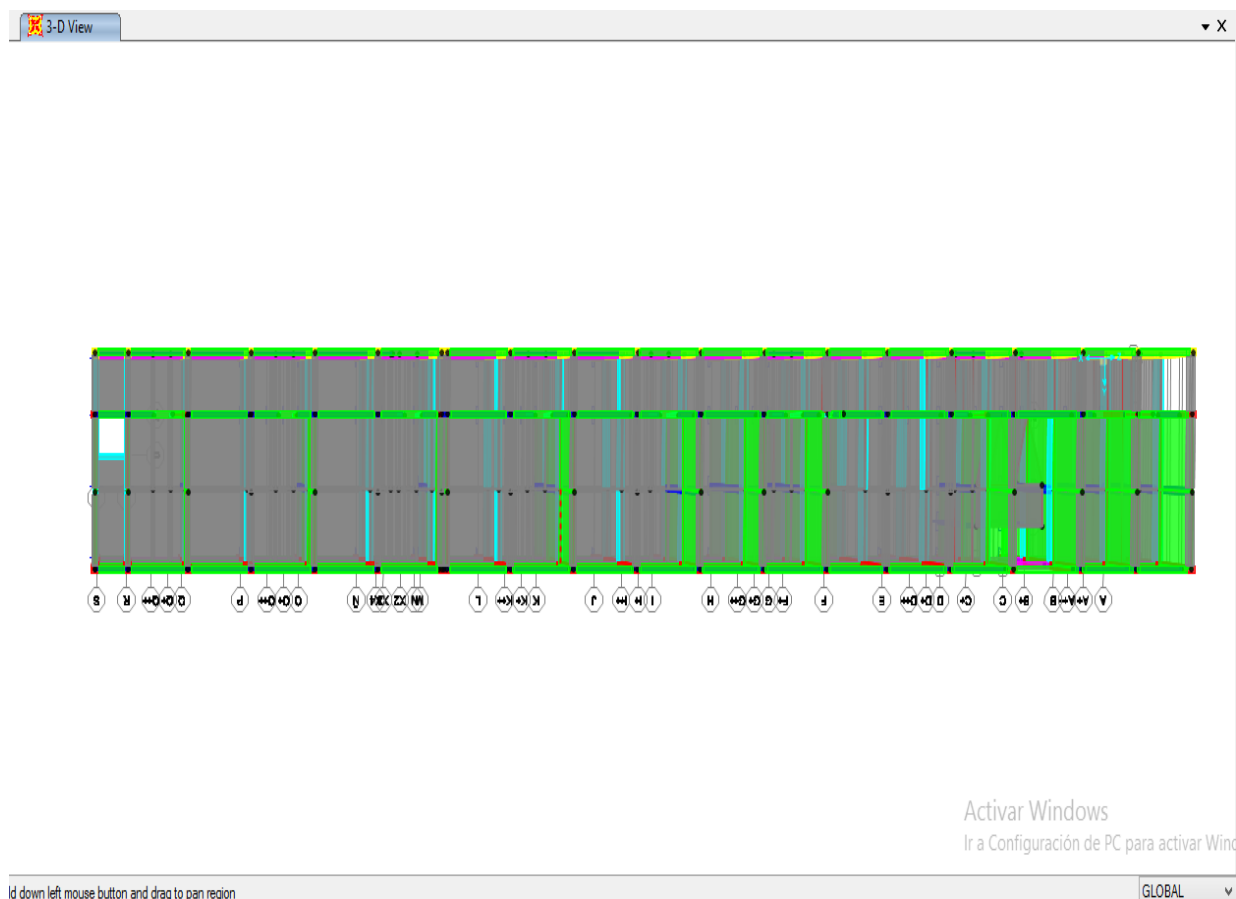


Gráfico 67. Modelo estructural Del Módulo A. Vista en planta.

2.5.3.5 Objetivos de desempeño

El objetivo del desempeño requiere de conocer el uso y estado actual de la edificación a evaluar, y la demanda sísmica que establece la norma E.030 de acuerdo a la zona en la que se ubica. La I.E.I.P.S N° 60014 DEL PP.JJ. SANTO CRISTO DE BAGAZÁN está dirigida a la población estudiantil del distrito de Belen, tiene poco tiempo de uso ya que fue entregada en el año 2018.

El centro educativo está considerado como una estructura esencial por la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, la estructura debe tener un cierto margen de deformación antes que esta colapse, de tal manera que el peligro de vida sea muy despreciable y la estructura así pueda permanecer segura y funcional en su totalidad. El ATC-40 establece que, para lograr el comportamiento de la estructura ya mencionada, se debe establecer un objetivo de desempeño. La cual es el de ocupación inmediata. Tal como se observa (tabla 10)

	Nivel de desempeño del edificio			
	Operacional	Ocupación Inmediata	Seguridad de vida	Estabilidad estructural
Sismo de Diseño.		✓		

Tabla 10. Objetivo de evaluación de la edificación.

2.5.3.6 Análisis estático No lineal

Para poder realizar un análisis estático no lineal, se debe definir patrones de cargas que se aplicaran a la edificación, sus posibles modos de falla y ubicación, para lograr generar la curva de capacidad de la estructura analizada. Se define patrones de cargas laterales de 1t, 2t y 3t, la cual incrementa en forma distribuida triangular hasta la altura final de la edificación.

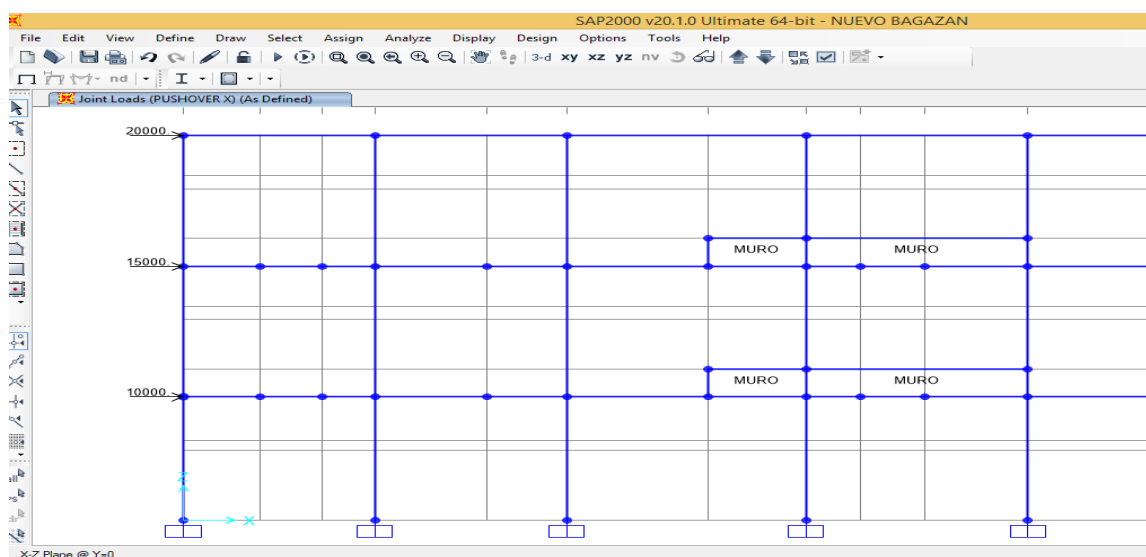


Gráfico 68. Aplicación del patrón de cargas lateral en el eje 11-11 - A-A.

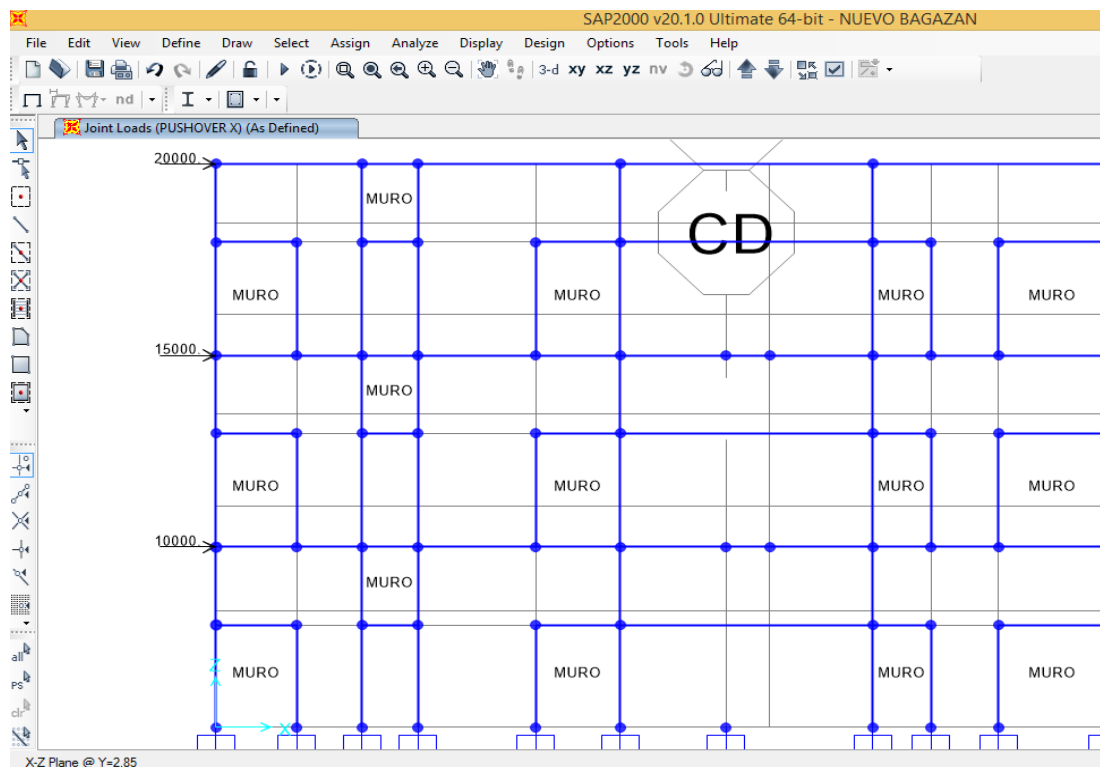
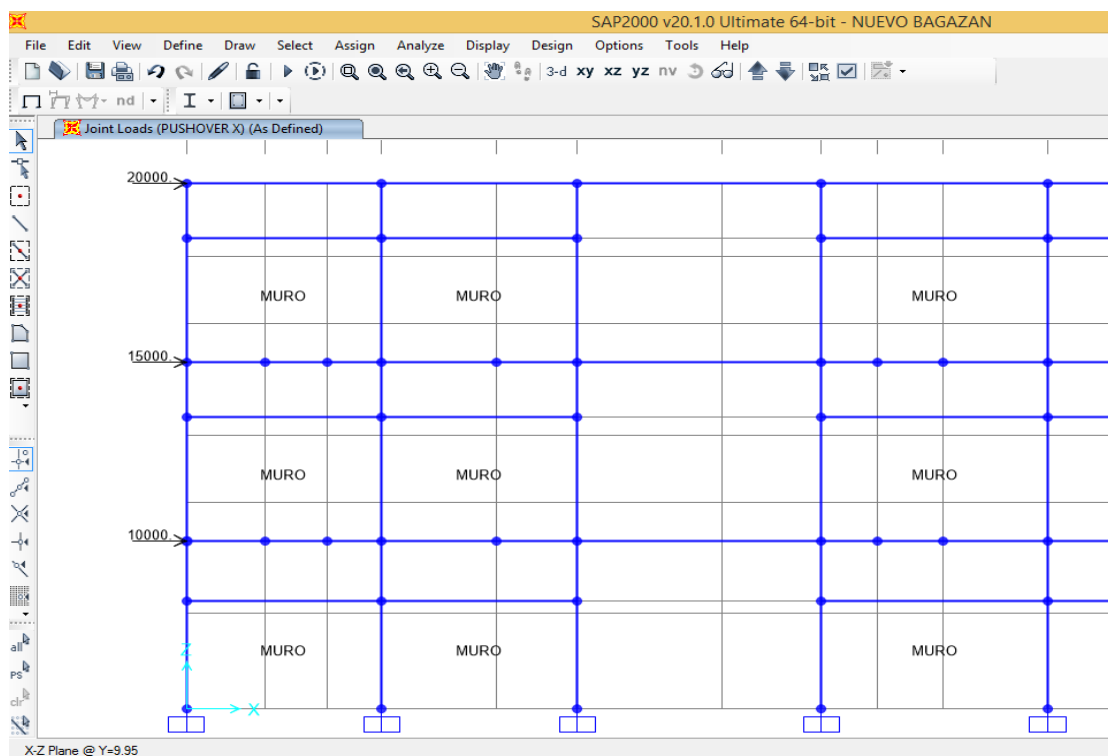
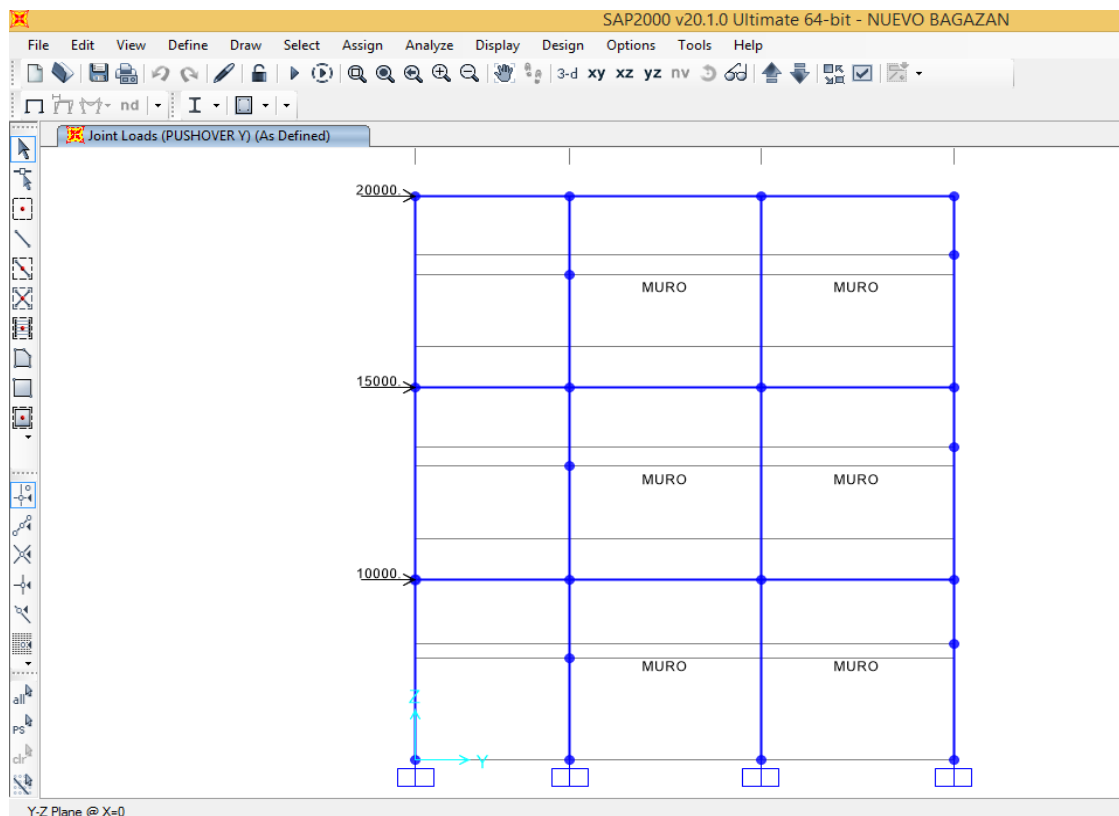


Gráfico 69. Aplicación del patrón de cargas lateral eje 12-12, A-A – S-S.



Grafica 70. Aplicación del patrón de cargas lateral eje 13-13, A-A – S-S.



Grafica 71. Aplicación del patrón de cargas lateral eje A-A - S-S, 11-11.

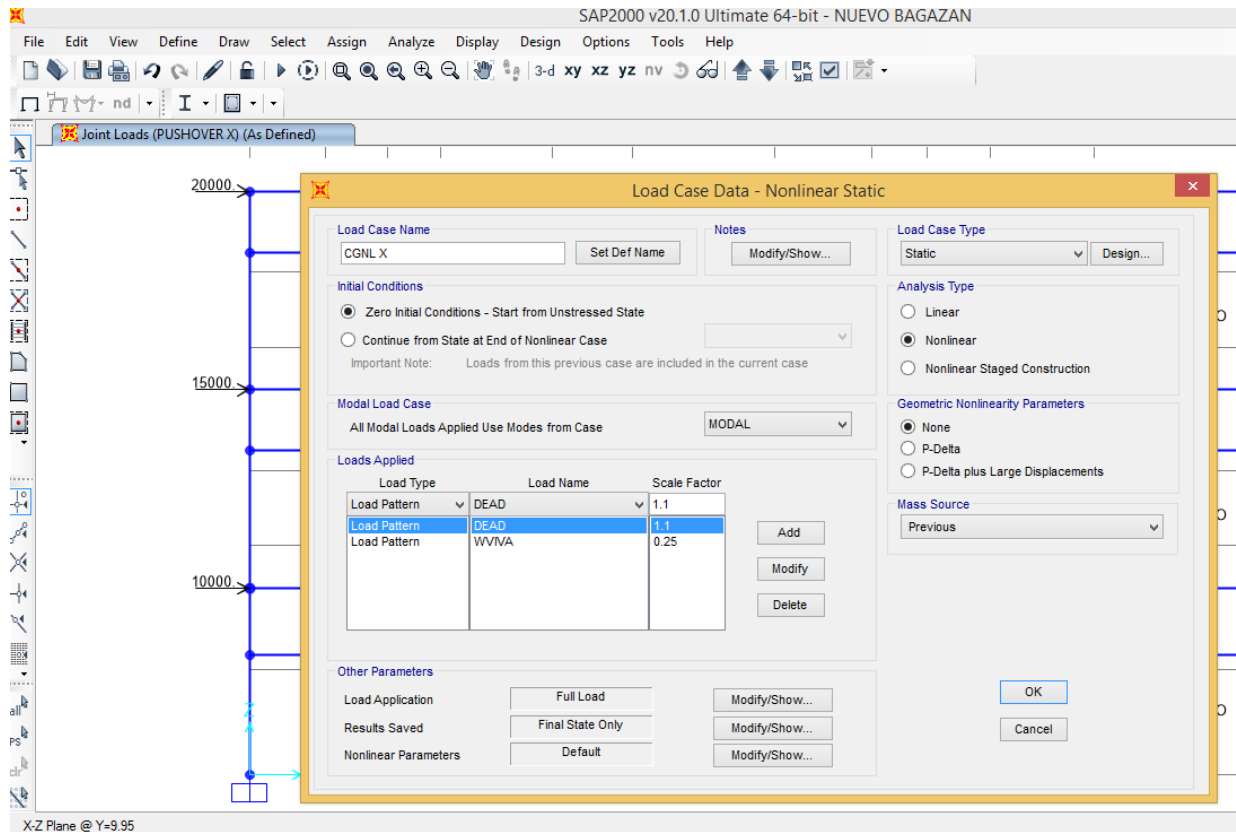
2.5.3.7 Análisis Pushover

Luego de aplicar el patrón de cargas laterales de manera incremental, así se creó puntos de control en los nodos seleccionados para el análisis. se realizó para obtener un desplazamiento controlado, hasta alcanzar el colapso, donde se apreciará el mecanismo que genera rotulas plásticas; la cual nos permitirá obtener la curva de capacidad estructural de la edificación en función de cargas laterales y desplazamiento.

Para obtener el análisis en mención, es necesario definir las siguientes combinaciones de carga.

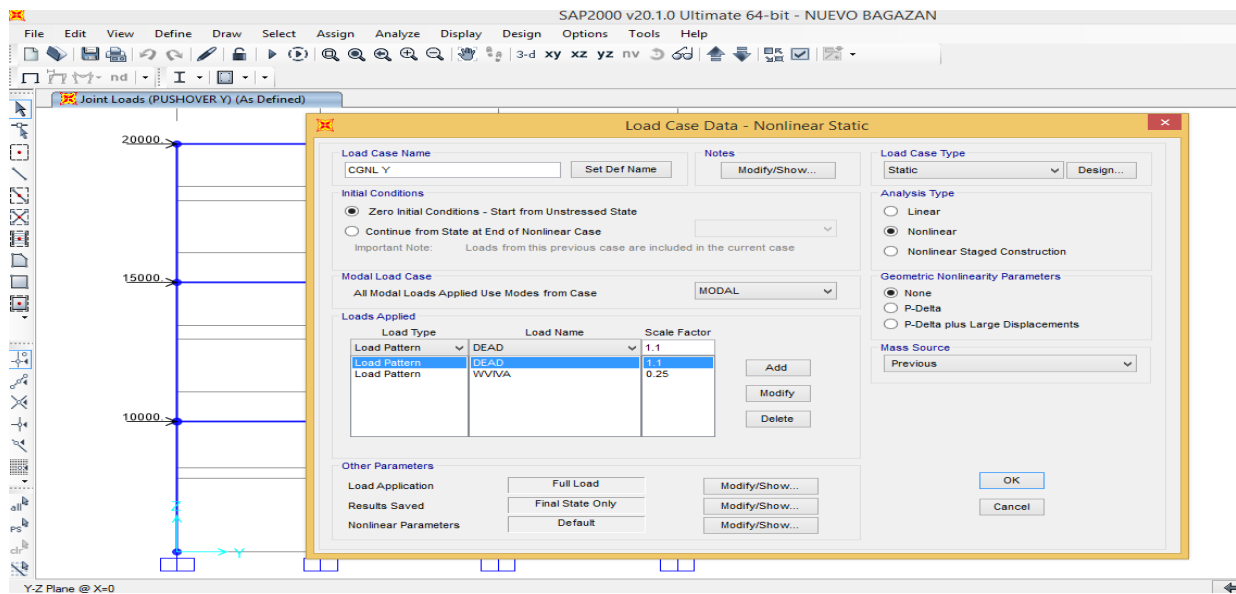
2.5.3.7.1 Carga gravitacional No lineal eje X

Se define la carga gravitacional no lineal para el eje X. Para obtener una valoración más cercana al desempeño de la estructura bajo cargas que crecen periódicamente, se considerara el efecto de las cargas Gravitacionales.



Grafica 72. Definición de la carga gravitacional no Lineal. SAP2000 V20.

2.5.3.7.2 Carga gravitacional No lineal eje Y

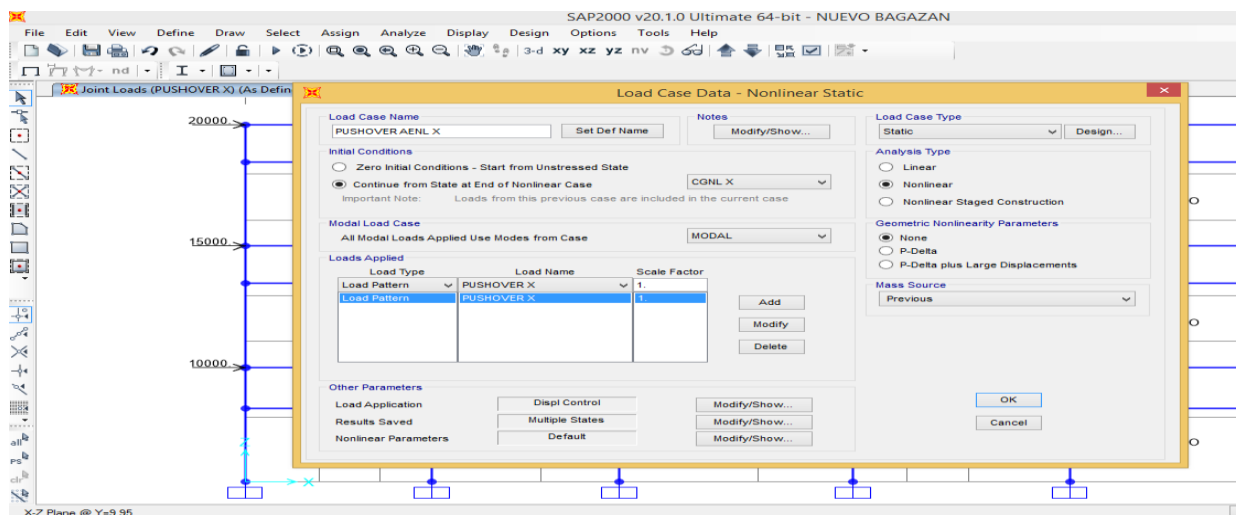


Grafica 73. Definición de la carga gravitacional no Lineal Y. SAP2000 V20.

2.5.3.7.3 Carga No lineal Pushover eje X

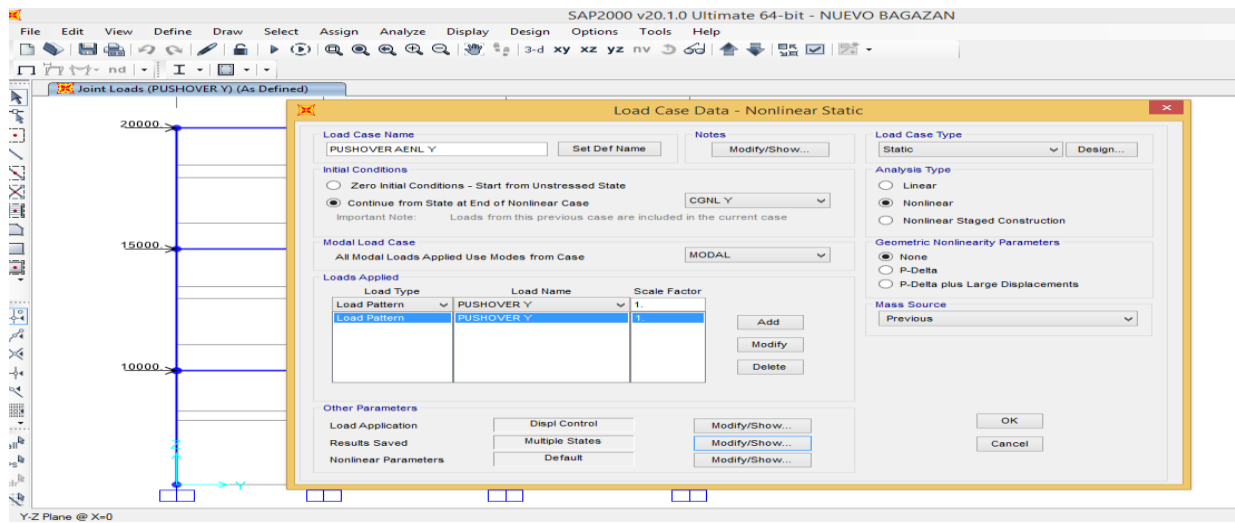
Las cargas aplicadas a la edificación tienen un patrón de cargas del tipo triangular, cargas puntuales asignadas en los nodos del pórtico y sus ejes correspondientes (11,12 y 13).

En el grafico 73 se observa la asignación de las cargas laterales que se utilizara para el análisis Pushover.

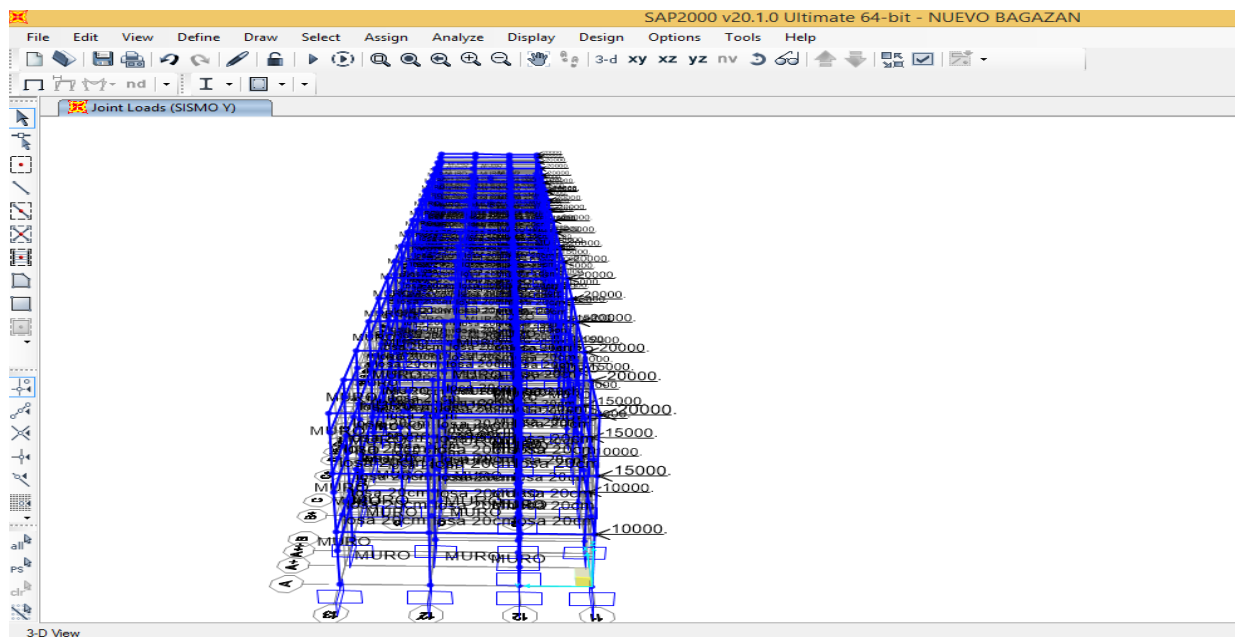


Grafica 74. Definición de cargas laterales PUSHOVER AENL. SAP2000 V20.

2.5.3.7.4 Carga No lineal Pushover eje Y



Grafica 75-1. Definición de cargas laterales PUSHOVER AENL Y. SAP2000 V20.

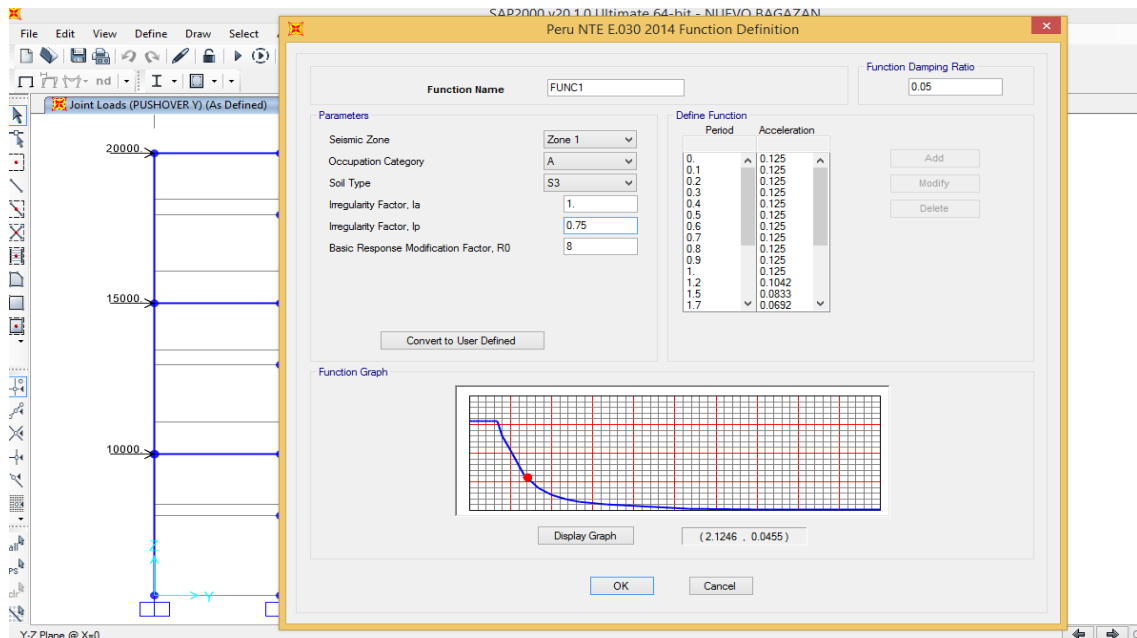


Grafica 75-2. Definición de cargas laterales PUSHOVER AENL Y. SAP2000 V20.

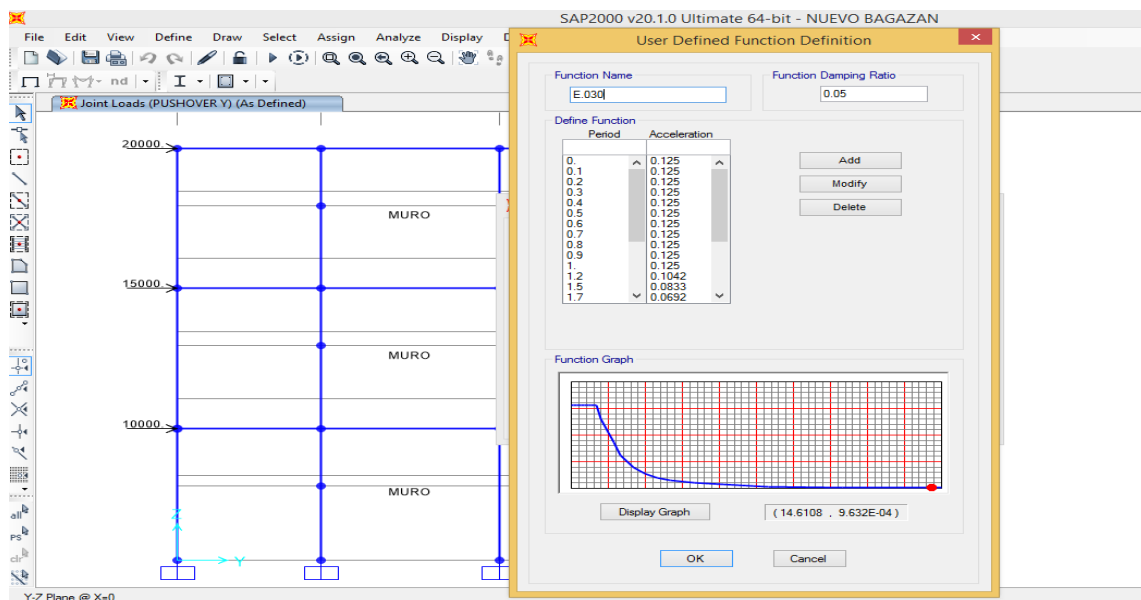
En el grafico 75-2 se observa la asignación de las cargas laterales que se utilizara para el análisis Pushover.

2.5.3.8 Espectro de diseño Norma técnica E.030

Para definir el espectro de respuesta sísmica se usaron factores y coeficientes de sitio de la Norma Técnica E.030 (Diseño Sismorresistente), la cual se introdujo en el Software Sap2000 v20 para crear el espectro de Diseño.



Grafica 76. Asignación de coeficientes para el Espectro de Diseño.SAP2000 V20.



Grafica 77. Espectro de Diseño.SAP2000 V20.

2.5.3.9 Asignación de rotulas plásticas para vigas y columnas

Se asigna un posible mecanismo de rotulas plásticas, la que predominara a flexión(m3), y son asignadas a las vigas.

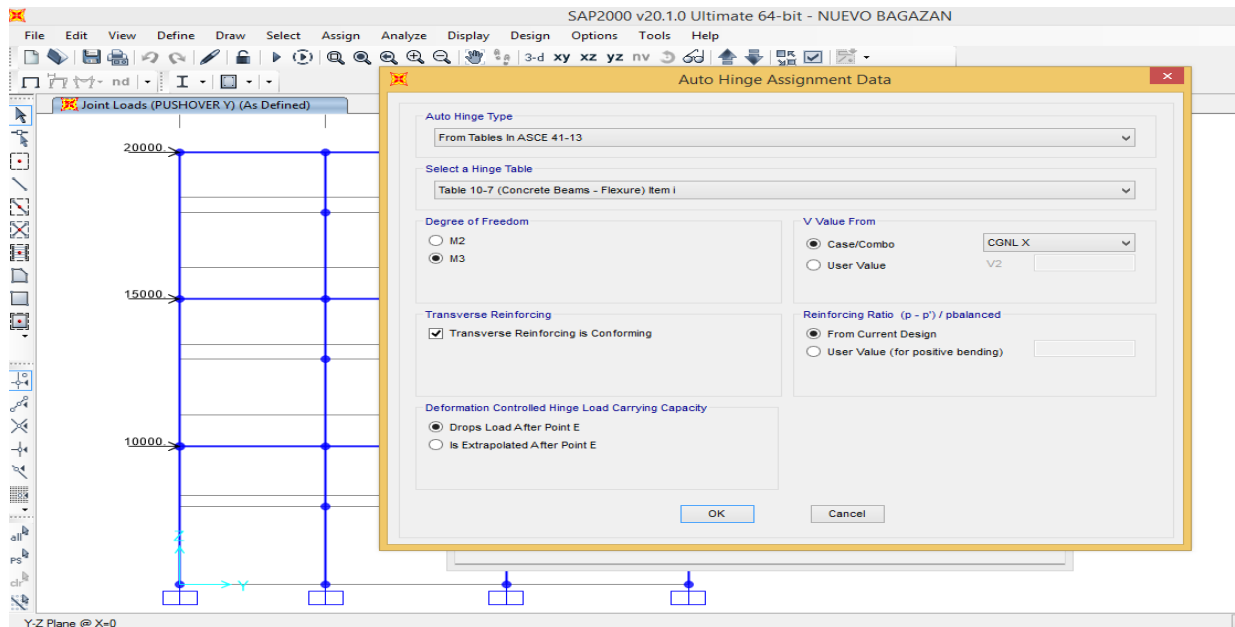


Gráfico 78. ASCE 41-13 la versión más reciente del ATC-40. SAP2000 V20

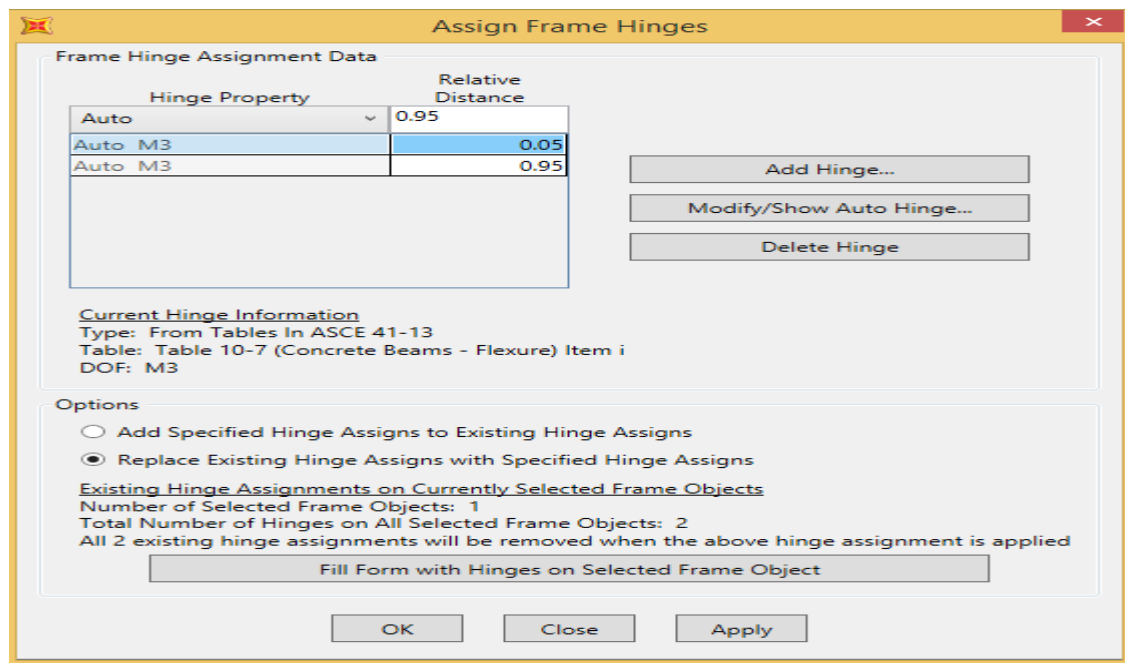


Gráfico 79. Asignación de rotulas Plásticas en las vigas. SAP2000 V20

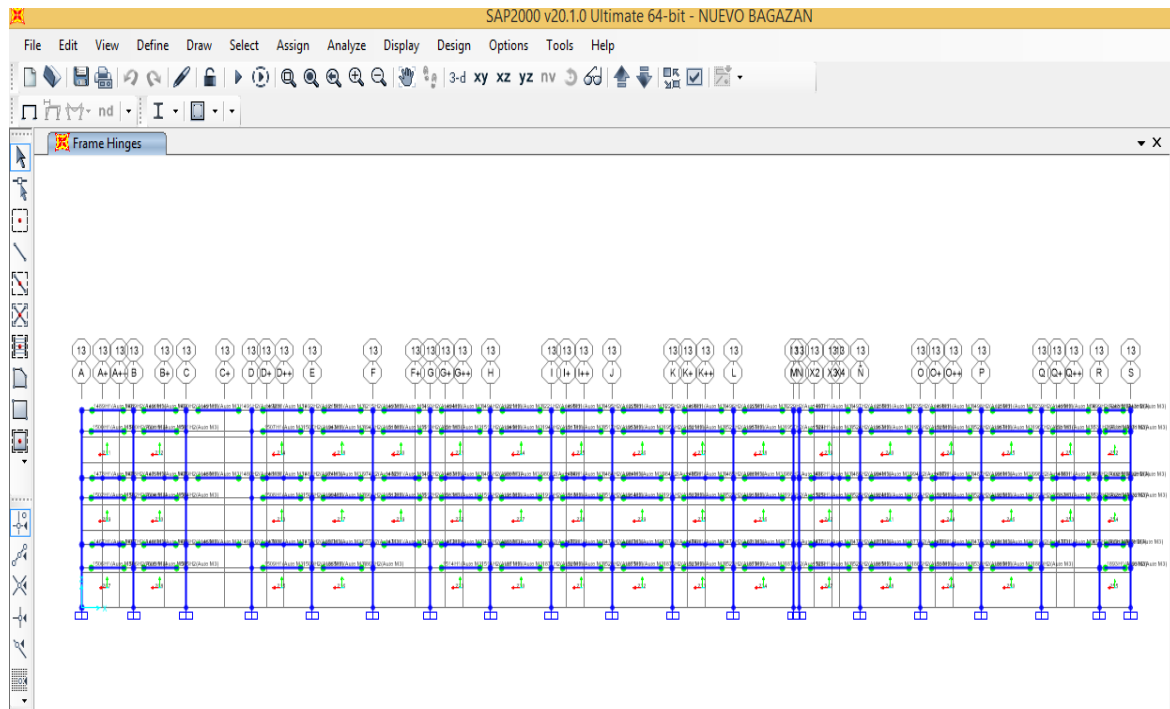


Gráfico 80. Asignación de rotulas Plásticas en las vigas. SAP2000 V20.

Se definen un solo mecanismo de articulación plástica, que corresponde a flexo-compresión(P-M2-M3), debido a que los esfuerzos que actúan en estos elementos (carga axial y Momentos) están en relación mediante sus curvas de interacción.

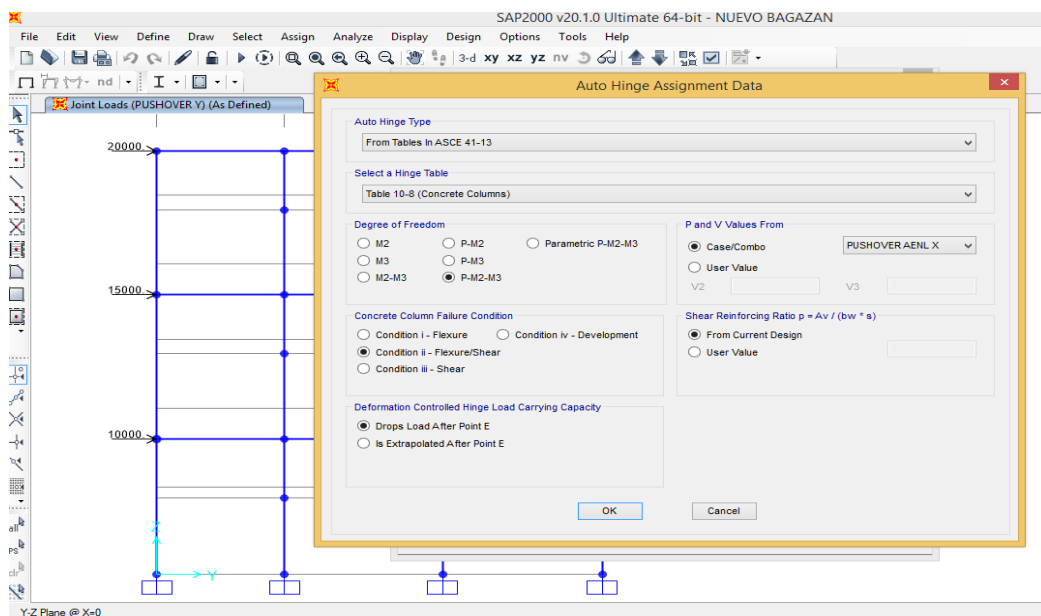


Gráfico 81. Asignación de rotulas Plásticas en columnas eje x. SAP2000 V20.

ASCE 41-13 la versión más reciente del ATC-40

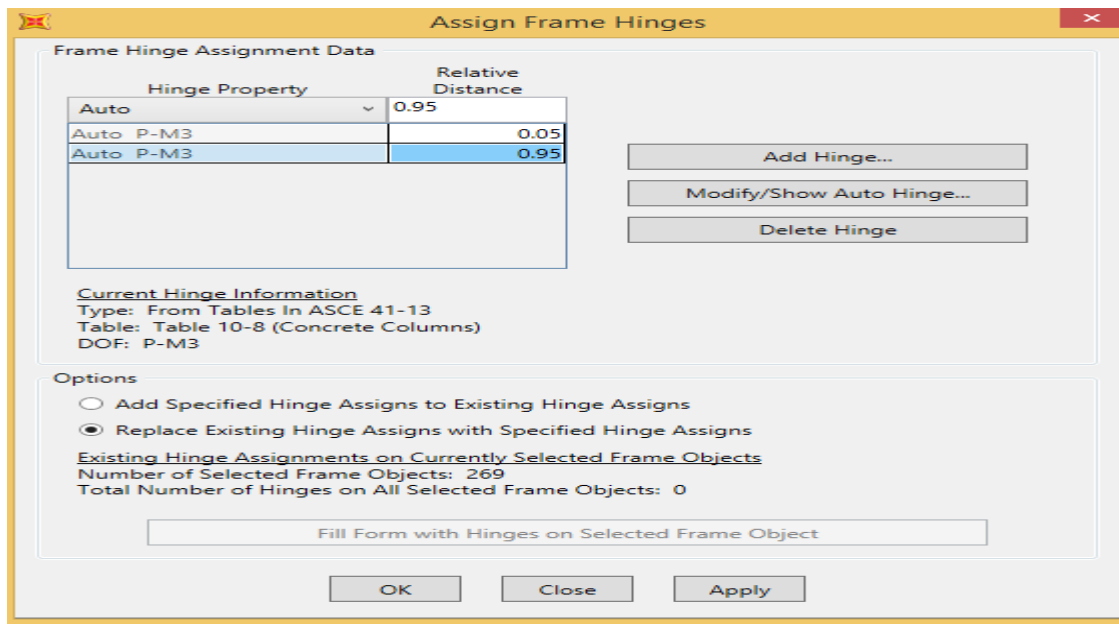


Gráfico 82. Asignación de rotulas plásticas en columnas eje x. SAP2000 V20.

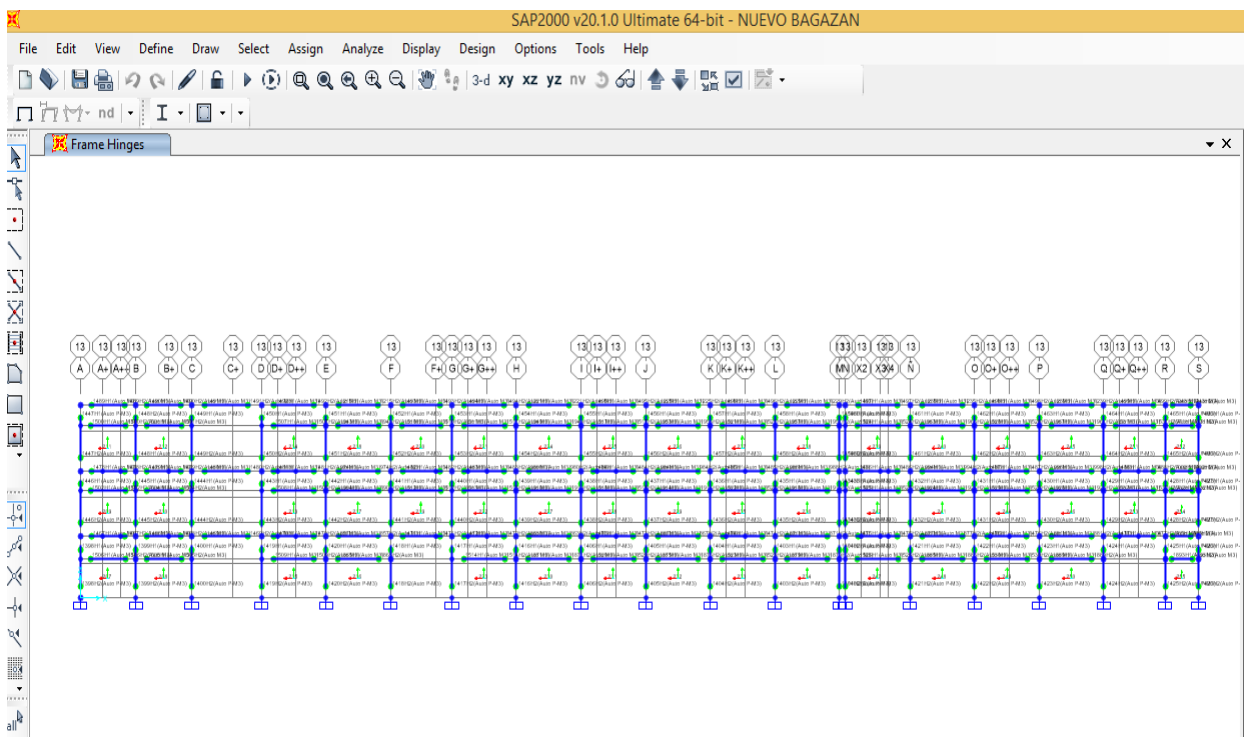


Gráfico 83. Asignación de rotulas Plásticas en columnas eje x. SAP2000 V20

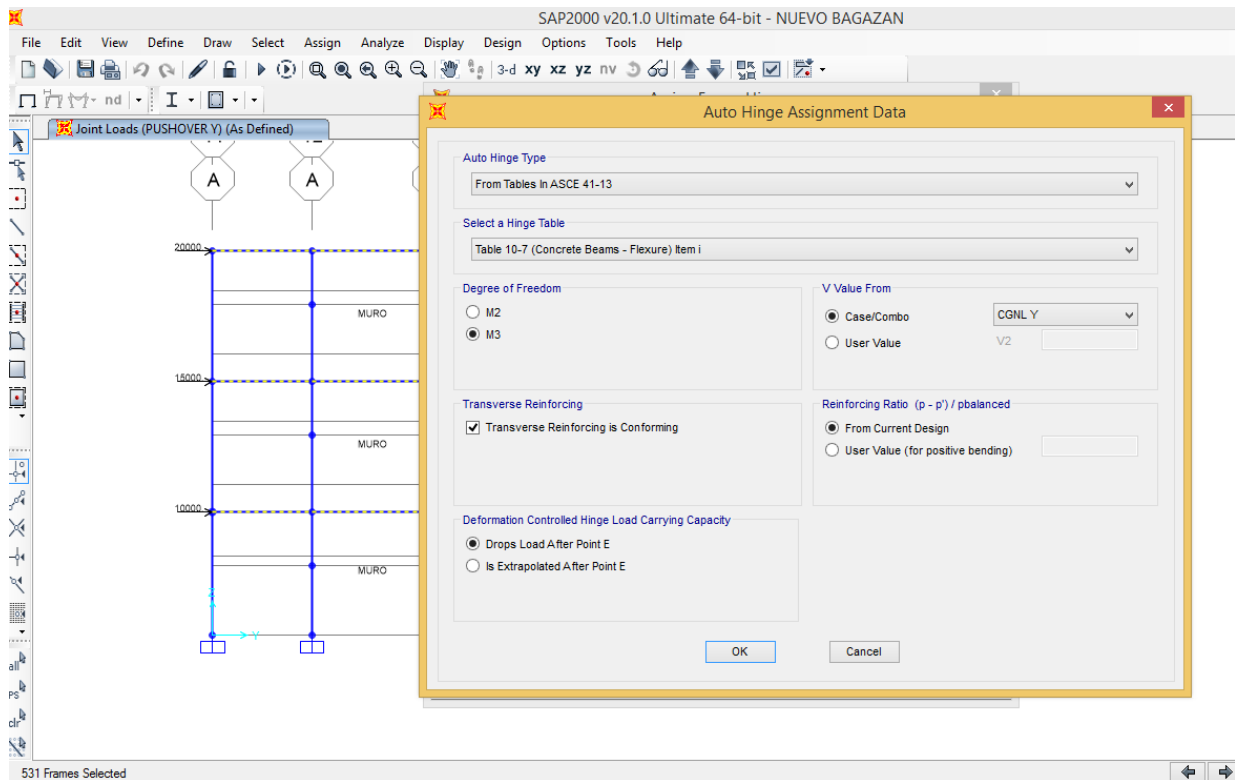
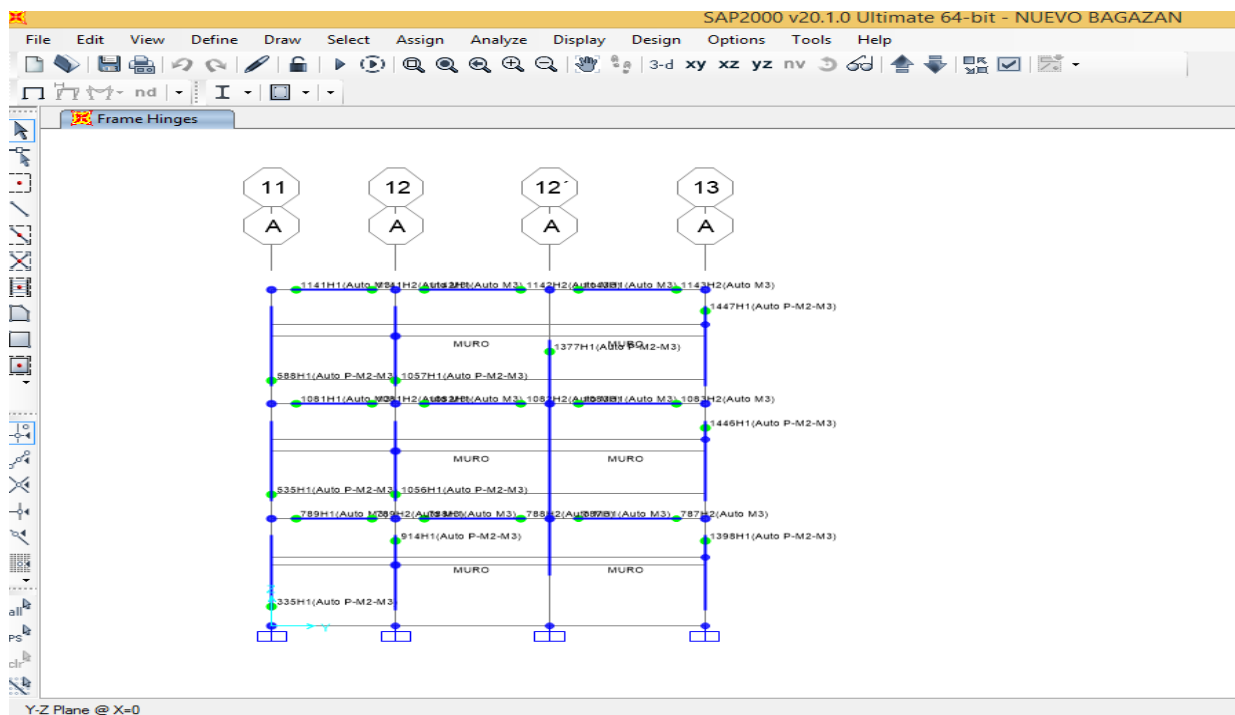
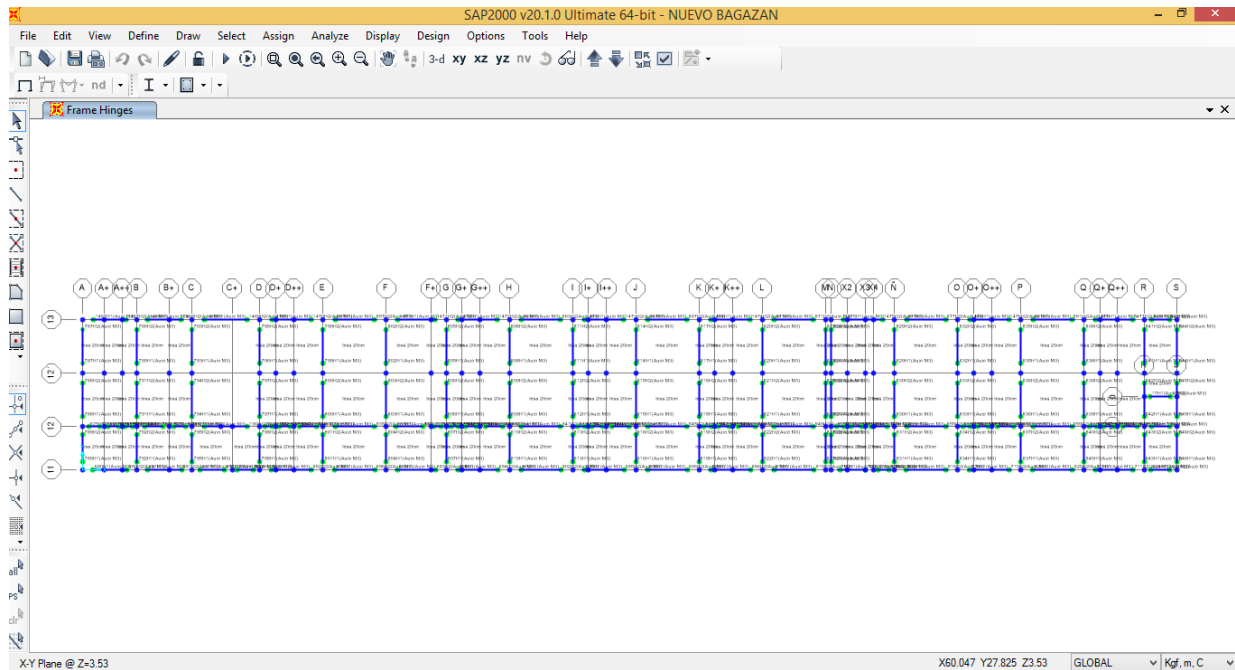


Gráfico 84. Asignación de rotulas Plásticas en las vigas del eje Y. SAP2000 V20.



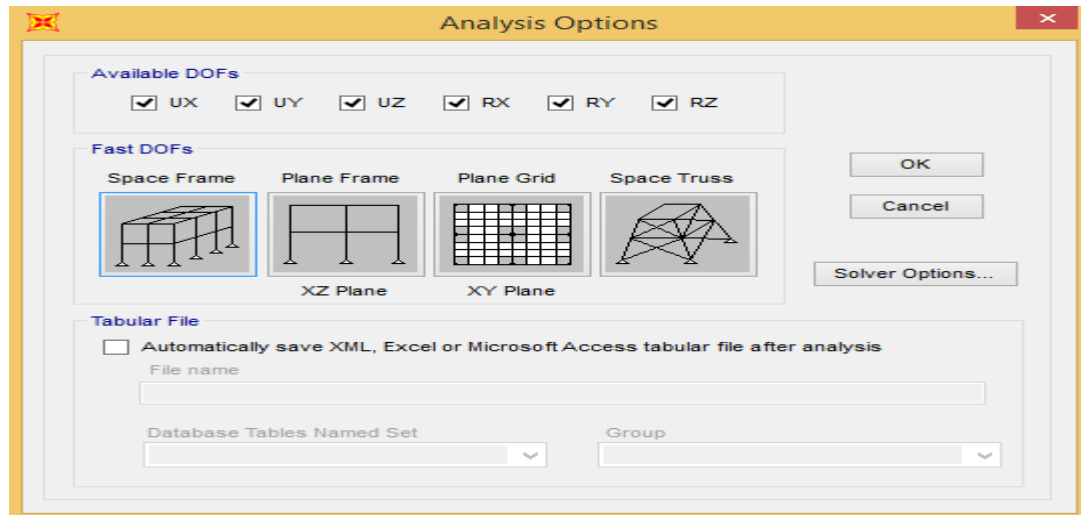
Grafica 85. Asignación de rotulas Plásticas en las vigas del eje Y. SAP2000 V20.



Grafica 86. Asignación de rotulas Plásticas vista en planta. SAP2000 V20.

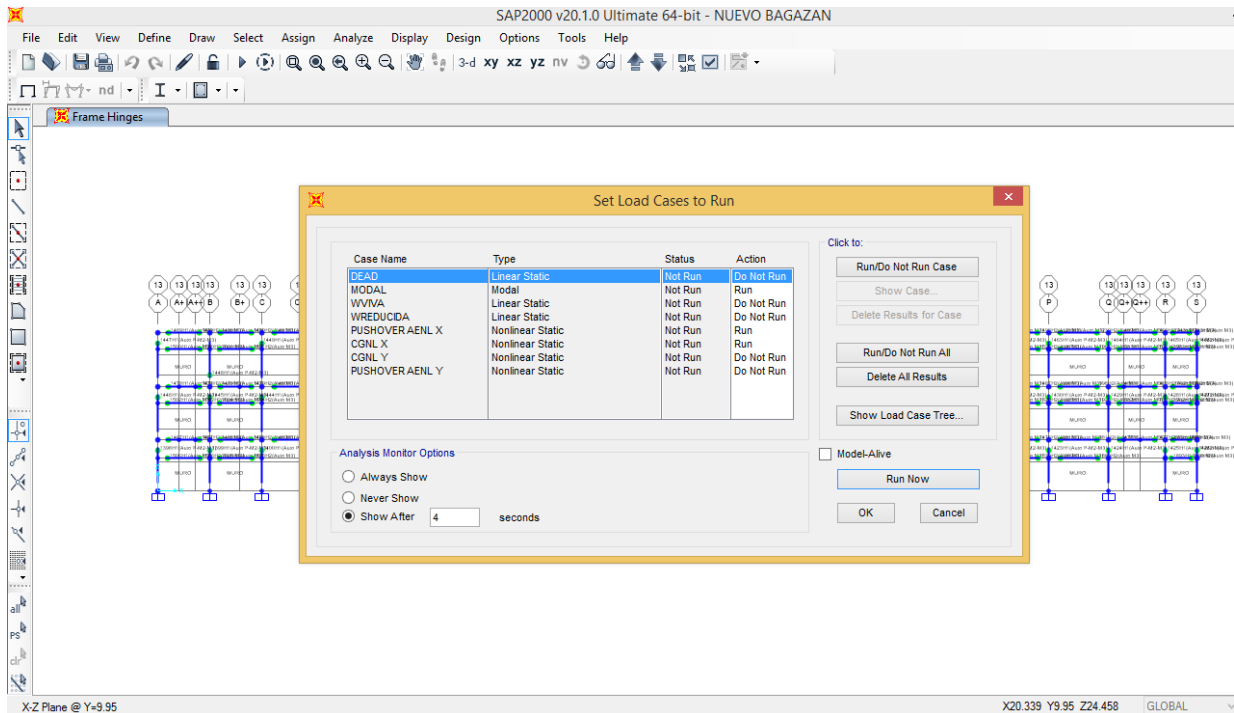
2.5.3.10 Procedimiento para el análisis eje (X y Y)

Procedimiento para análisis como los patrones de cargas fueron separados en componentes de dirección (X y Y) de aplicación de las fuerzas, se procede a hacer un análisis completo tridimensional (Space Frame).

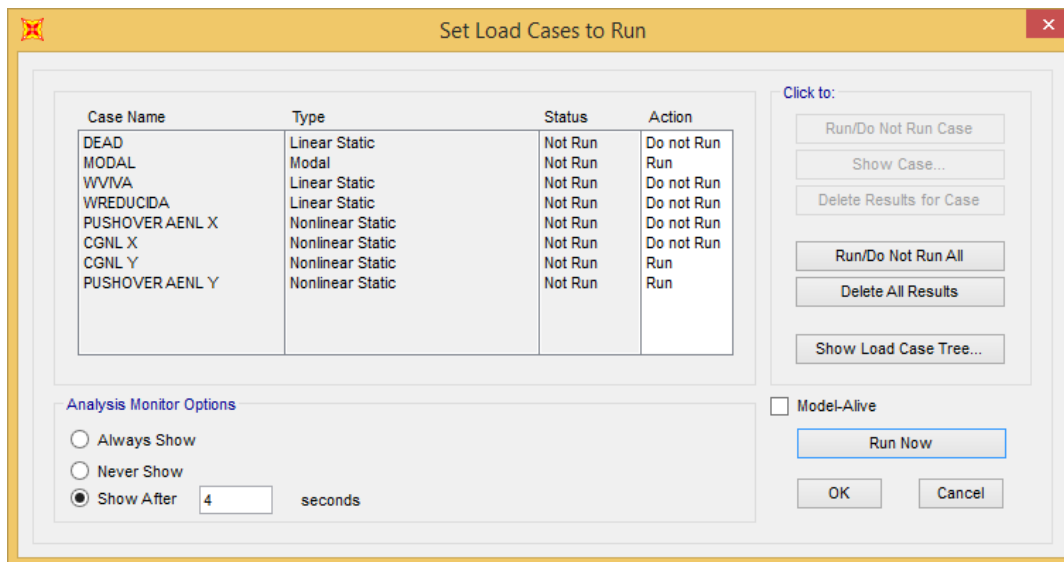


Grafica 87. Análisis tridimensional. (space frame) SAP2000 V20.

Para el primer análisis se selecciona aleatoriamente las cargas No Lineales actuantes en el eje X.



Grafica 88. Análisis tridimensional Pushover, eje x. (space frame) SAP2000 V20.



Grafica 89. Análisis tridimensional Pushover, eje Y. (space frame) SAP2000 V20.

CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Presentación de resultados

Los resultados que se obtuvieron en esta investigación, está conformado por cuadros, gráficos, cálculos matemáticos, basadas en bases teóricas que se definieron para la presente investigación, del ATC – 40 se determinó los niveles de desempeño para el Módulo A, que se evaluó de la institución educativa primaria y secundaria, santo cristo de bagazan.

Colores designados por el SAP2000 para los Niveles de Desempeño.

ATC-40	Fluencia	Ocupación Inmediata	Resguardo de Vida	Prevención del Colapso	Seguridad Limitada	Estabilidad Estructural	Colapso
NIVEL DE DESEMPEÑO	B	IO	LS	CP	C	D	E
VISION 2000	Operacional	Funcional	Resguardo de Vida	Cerca al Colapso	Colapso	Posterior al Colapso	

Grafico 90. Colores designados para los niveles de desempeño. SAP2000 V20.

Lo que se propone con esta investigación es evaluar el desempeño sismorresistente del Módulo A, de concreto armado, con el fin de verificar si el nivel de desempeño es aceptable para casos de sismo.

3.2 Resultados obtenidos

3.2.1 Análisis sísmico estático (RNE E.030)

Al desarrollar el análisis sísmico estático, se utilizaron factores que nos facilita la Norma E.030 para obtener resultados más aproximados a la realidad.

3.2.1.1 Modulo A (758.888 m2)

DATOS	FACTORES
Z=	0.1
U=	1.5
S=	2
T _p =	1.0
T _L =	1.6
C _T =	45
H _n =	12
T=	0.27
C=	2.5
R=	8
ZUSC/R=	0.09375

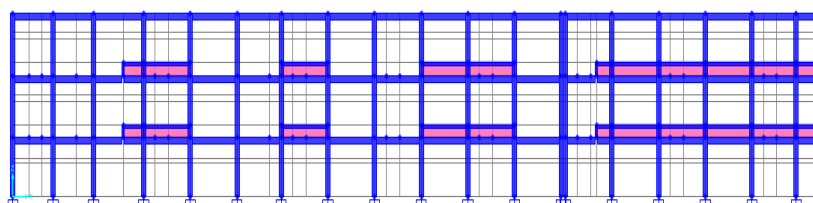
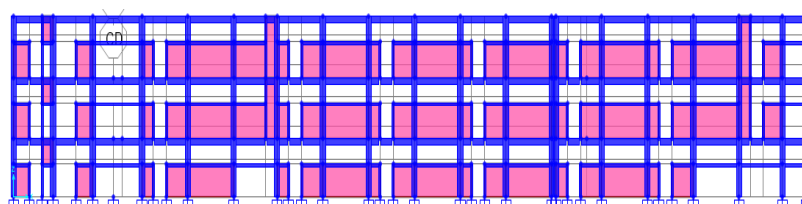
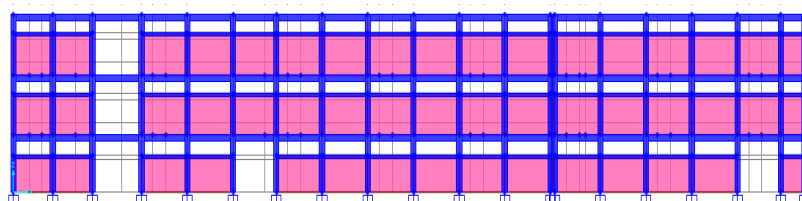


Grafico 91. Vista elevación modulo A. SAP2000 V20.

Tabla 11. Factores. NTE.030

Auto Seismic - User Coefficient									
Units: As Noted									
Filter:									
	LoadPat Text	Dir Text	PercentEcc Unitless	EccOverride	UserZ Yes/No	C Unitless	K Unitless	WeightUsed	BaseShear Kgf
▶	sismo x	X	0.05	No	No	2.5	1	203928.97	209828.97
	sismo y	Y	0.05	No	No	2.5	1	203928.97	209828.97

Gráfico 92. Resultados del cortante Basal. SAP2000 V20.

The screenshot shows the 'Joint Reactions' window in SAP2000. The table displays reaction data for joints 1, 2, 3, and 13 across different cases (DEAD, WVIVA, sismo x, sismo y, COMB1). The columns include Joint Text, OutputCase, CaseType Text, and reaction values for F1, F2, F3 (Tonf) and M1, M2, M3 (Tonf-m).

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	F1 Tonf	F2 Tonf	F3 Tonf	M1 Tonf-m	M2 Tonf-m	M3 Tonf-m
1	DEAD	LinStatic	0.155	-0.0917	11.2596	0.23574	0.18496	0.00342
1	WVIVA	LinStatic	0.0571	0.0208	1.9094	-0.0276	0.06243	6.59E-05
1	sismo x	LinStatic	-39.8271	-1.7146	-96.153	2.86553	-82.23027	0.03323
1	sismo y	LinStatic	-0.6146	-50.2081	-154.6163	89.94711	-1.18237	-0.10315
1	COMB1	Combination	0.3141	-0.093	19.0095	0.28312	0.36508	0.0049
2	DEAD	LinStatic	0.0237	-0.0488	16.9761	0.17727	0.03374	0.00342
2	WVIVA	LinStatic	-0.0142	0.0358	3.8813	-0.04504	-0.01977	6.59E-05
2	sismo x	LinStatic	-47.7124	-1.0134	13.1011	1.96833	-91.31193	0.03323
2	sismo y	LinStatic	-0.6734	-50.7068	-158.0672	90.79131	-1.25018	-0.10315
2	COMB1	Combination	0.0089	-0.0075	30.3648	0.17161	0.01363	0.0049
3	DEAD	LinStatic	0.0541	-0.0194	19.9128	0.13439	0.06875	0.00342
3	WVIVA	LinStatic	-0.0123	0.0346	4.434	-0.04382	-0.01758	6.59E-05
3	sismo x	LinStatic	-50.4496	-0.6774	-11.2434	1.49339	-94.46442	0.03323
3	sismo y	LinStatic	-0.7229	-51.1239	-160.546	91.54175	-1.30709	-0.10315
3	COMB1	Combination	0.0547	0.0316	35.4156	0.11366	0.06637	0.0049
13	DEAD	LinStatic	0.0813	-1.0597	12.7739	0.91846	0.00693	0.11471

Grafica 93. Resultados del Metrado de cargas. SAP2000 V20

Tras obtener el metrado de cargas analizadas por el SAP2000 V20, se procede a seleccionar las cargas muertas y vivas para el análisis con la Norma E.030.

Se obtuvo que la carga total es $P = 3024.3716 \text{ Ton}$

ESFUERZO CORTANTE EN LA BASE	Ton	V (Ton)
CORTANTE BASAL SAP2000 V20		209.8289
CORTANTE BASAL E.030	3024.3716	283.5348
CORTANTE BASAL E.030	2812.6442	263.6854
CORTANTE BASAL E.30 METRADO	1493.1400	139.9800

Tabla 12. Cortantes basal.

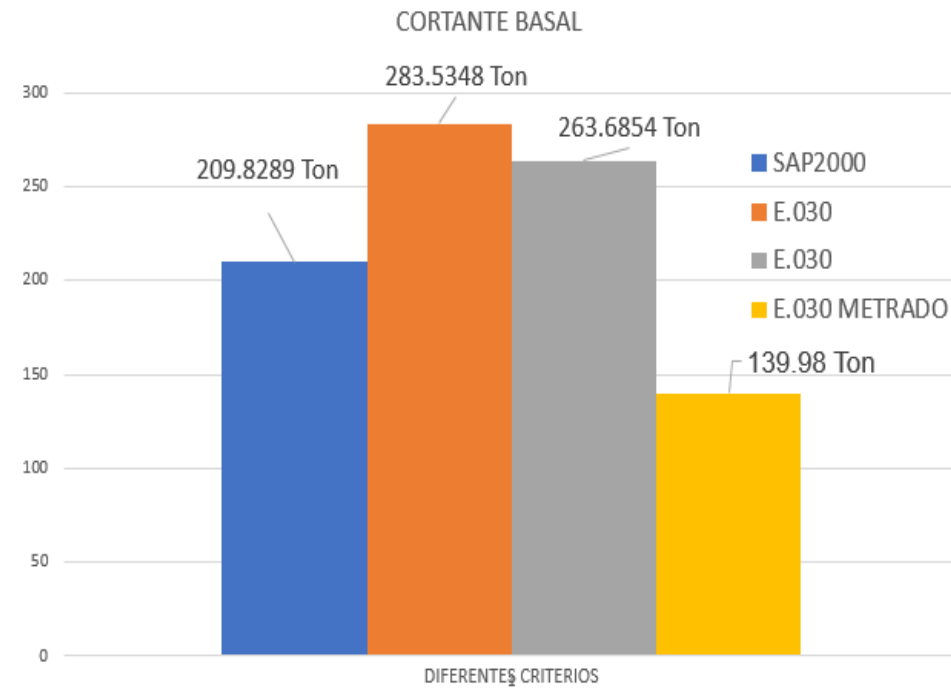


Gráfico 94. Comparativo del cortante Basal. Excel 2018.

3.2.2 Análisis Sísmico Dinámico (RNE E.030)

Para el análisis sísmico dinámico, se utilizaron factores que la norma peruana E.030 brinda para la construcción del espectro de diseño.

Se utilizo el siguiente espectro en el SAP2000 V20

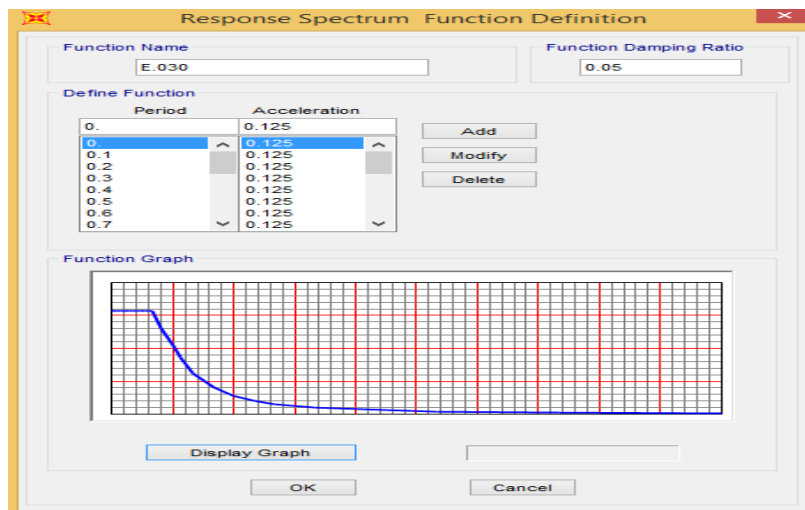


Gráfico 95. Valores del espectro E.030. SAP2000 V20.

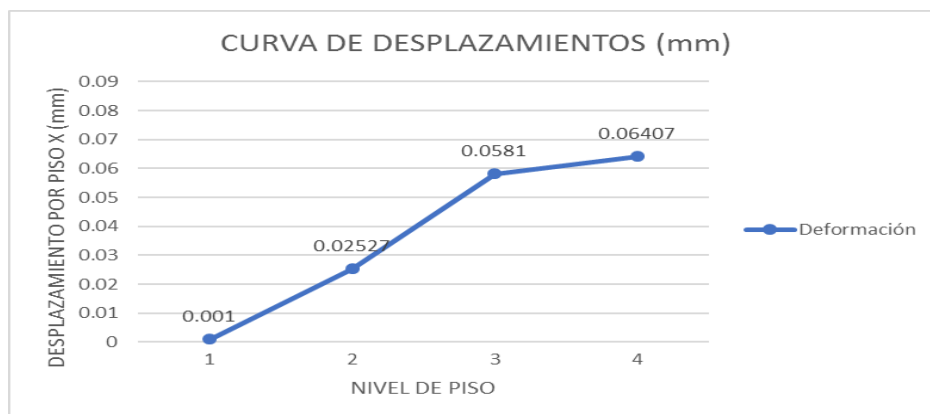
3.2.2.1 Desplazamientos.

Se procede a verificar los resultados de los desplazamientos máximos por cada piso analizado por el SAP2000 V20, cabe recalcar que para este análisis se Aplicaron cargas Laterales en el Eje X y Y. Con el mismo patrón de cargas que se utilizó para el análisis Pushover No lineal. (10000,15000 y 20000 kgf).

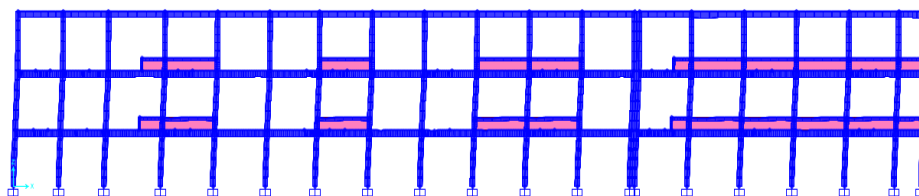
Resultados obtenidos para el eje X.

NIVEL	DESPLAZAMIENTOS (mm) eje X.	DESPLAZAMIENTOS (m) eje X.
1	0	0
2	0.025270	0.000025270
3	0.058100	0.000058100
4	0.064070	0.000064070

Tabla 13. Desplazamientos laterales del Módulo A eje X



Grafica 96. Desplazamientos laterales del Módulo A eje X. Excel 2018.



Grafica 97. Modulo A eje X. SAP2000 V20.

Resultados obtenidos para el eje Y.

NIVEL	DESPLAZAMIENTOS (mm) eje Y.	DESPLAZAMIENTOS (m) eje Y.
1	0	0
2	0.73882	0.00073882
3	1.46200	0.00146200
4	1.91420	0.00191420

Tabla 14. Desplazamientos laterales Modulo A eje Y



Gráfico 98. Desplazamientos laterales del Módulo A eje Y. Excel 2018.

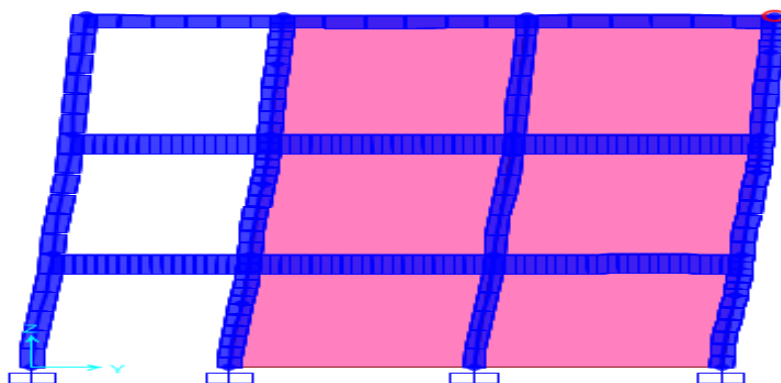


Gráfico 99. Modulo A eje Y. SAP2000 V20.

3.2.3 Análisis No destructivo

Para la verificación de la resistencia del concreto, cave recalcar que solo se pudo realizar el ensayo de esclerometría, ya que la Institución no dió los permisos necesarios para el ensayo de extracción de núcleos de concreto, por tal motivo se procedió a realizar el ensayo No destructivo (Martillo de rebote)

A continuación, se muestra la resistencia calculada para columnas, con el ensayo de esclerometría.

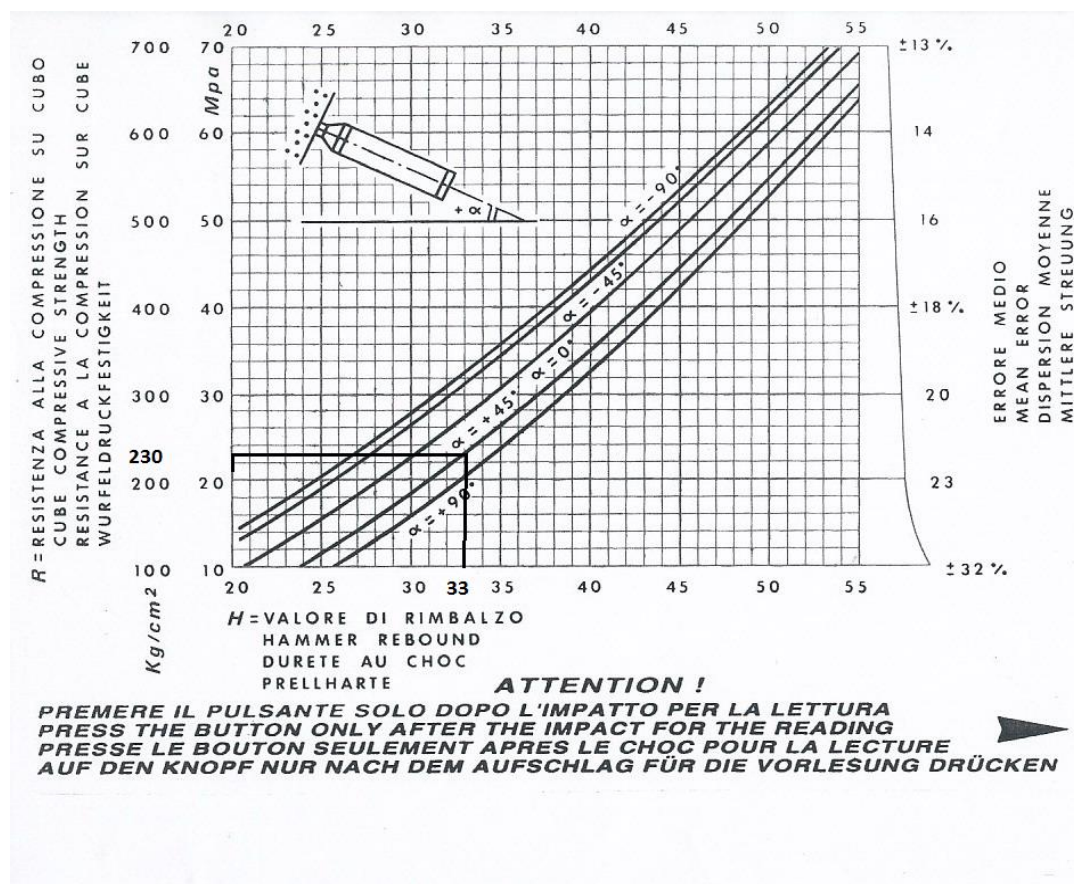


Gráfico 100. Conversión de N° de golpes a resistencia a la compresión.

A continuación, se muestra la resistencia calculada para vigas, con el ensayo de esclerometría.

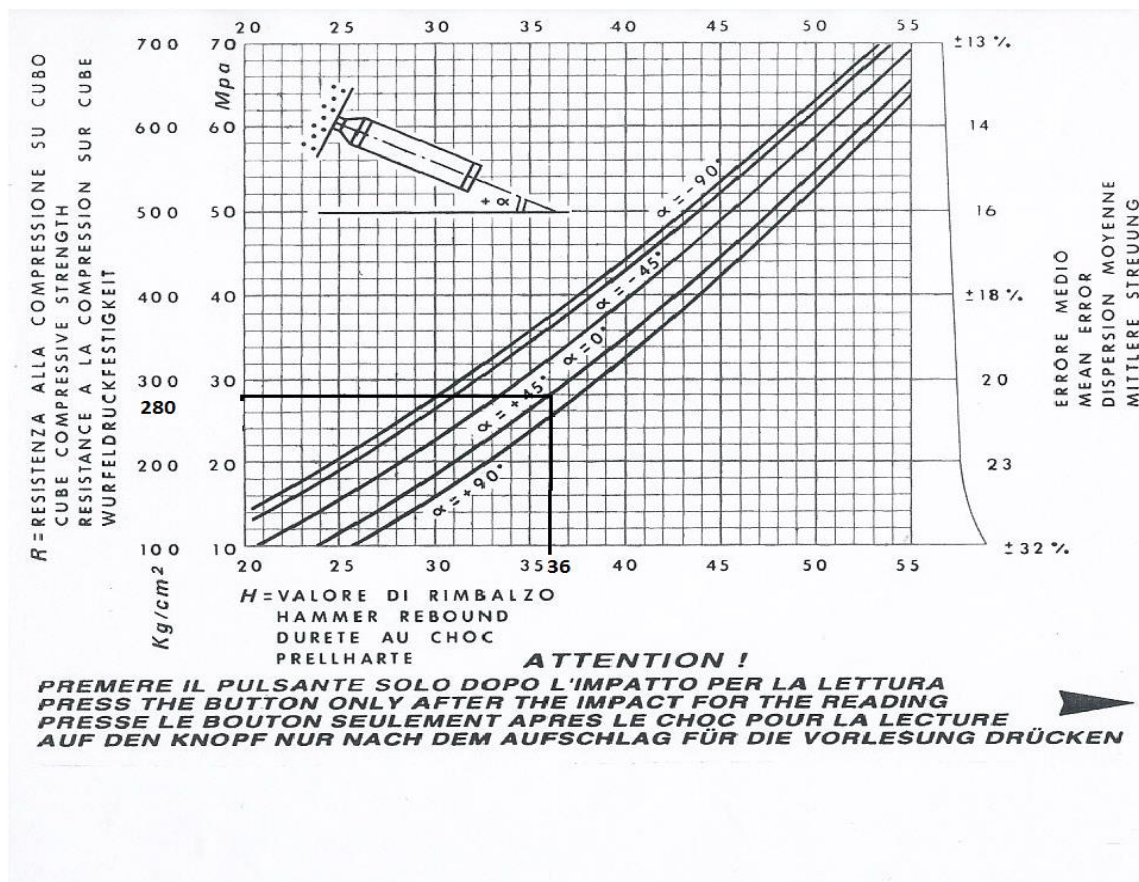


Gráfico 101. Conversión de N° de golpes a resistencia a la compresión.

Obteniendo los resultados de la resistencia a la compresión:

$f'_c = 230 \text{ kg/cm}^2$ (Para columnas)

$f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$ (para vigas)

$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (Resistencia real)

Se pone en conocimiento que este ensayo solo fue referencial, ya que se contó con la resistencia del concreto que se utilizó (Expediente). Este ensayo tiene un 40% de exactitud. Así que solo fue referencial.

3.2.4 Curva de capacidad estructural.

El análisis consta de someter cargas laterales inducidos por el sismo en los ejes (X y Y), obteniéndose así los valores de desplazamiento en los nodos de control, que se encuentra en la segunda, tercera planta y techo del Módulo A, por lo tanto el software SAP2000 V20 basado en el análisis PUSHOVER NO LINEAL, genera los cortantes basales.

Por la tanto se muestra los resultados obtenidos, mediante gráficos que contienen los valores obtenidos.

3.2.4.1 Curva de capacidad Modulo A, eje X

Se creó un punto de control, en el nodo de techo del Módulo A eje X. como se muestra.

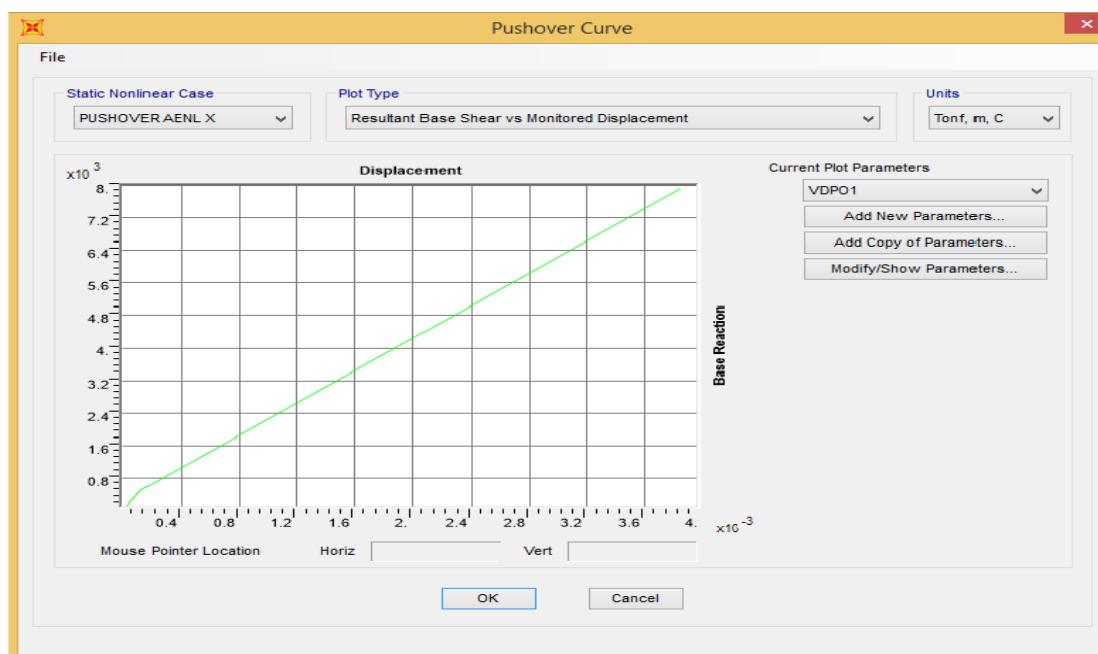


Gráfico 102. Curva de capacidad del Módulo A. SAP2000 V20.

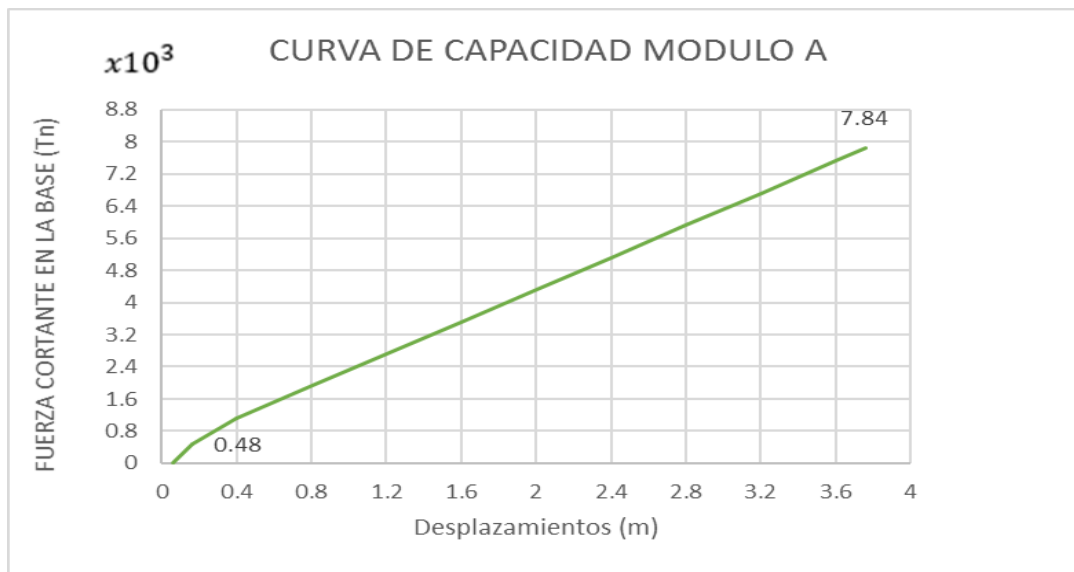
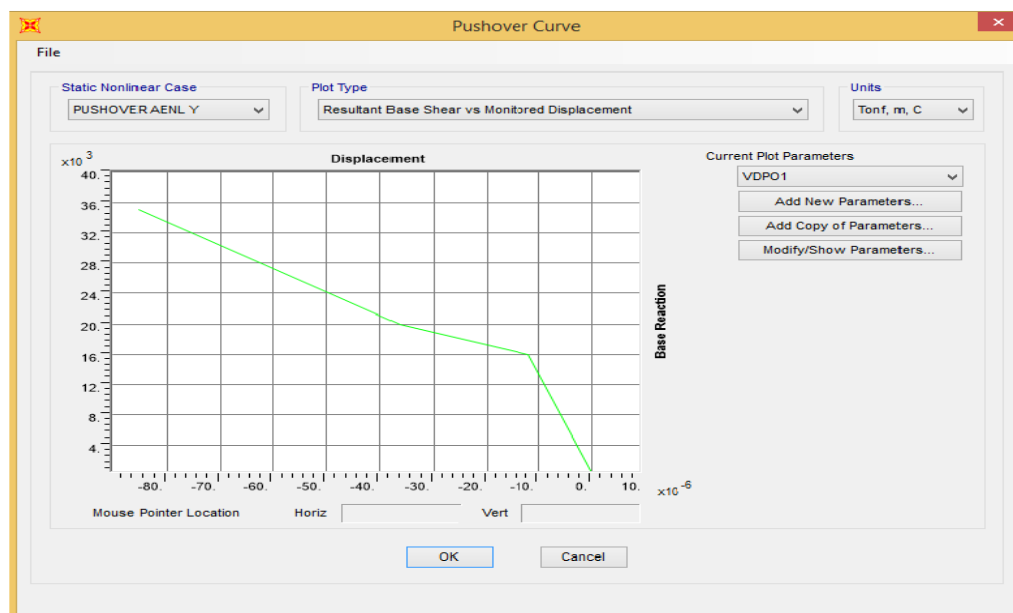


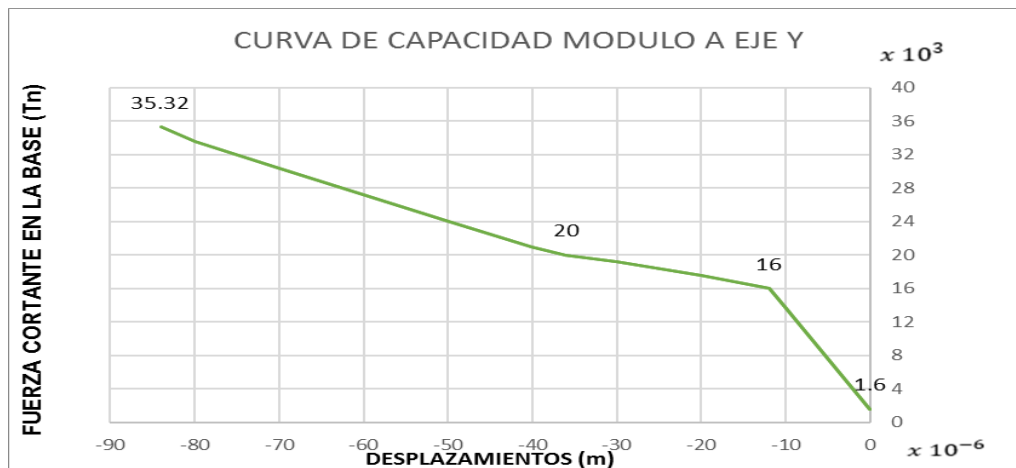
Gráfico 103. Curva de capacidad Modulo A. Excel 2018.

3.2.4.2 Curva de capacidad Modulo A, eje Y

Se creó un punto de control, en el nodo de techo del Módulo A eje X. como se muestra.



Gráfica 104. Curva de capacidad Modulo A, eje Y. SAP2000 V20.



Gráfica 105. Curva de capacidad eje Y. Excel 2018.

3.2.5 Punto de desempeño

El punto de desempeño se encuentra ubicada en la intersección del espectro de capacidad y el espectro de demanda, esta intersección determina la respuesta máxima a lo que está sometida la estructura, se establece como la capacidad de incursión en el rango inelástico.

3.2.5.1 Punto de desempeño Modulo A FEMA 356, eje X

Atraves del análisis con el software SAP2000 V20, Por el método Pushover se determina la curva de capacidad que se muestra en el grafico 104

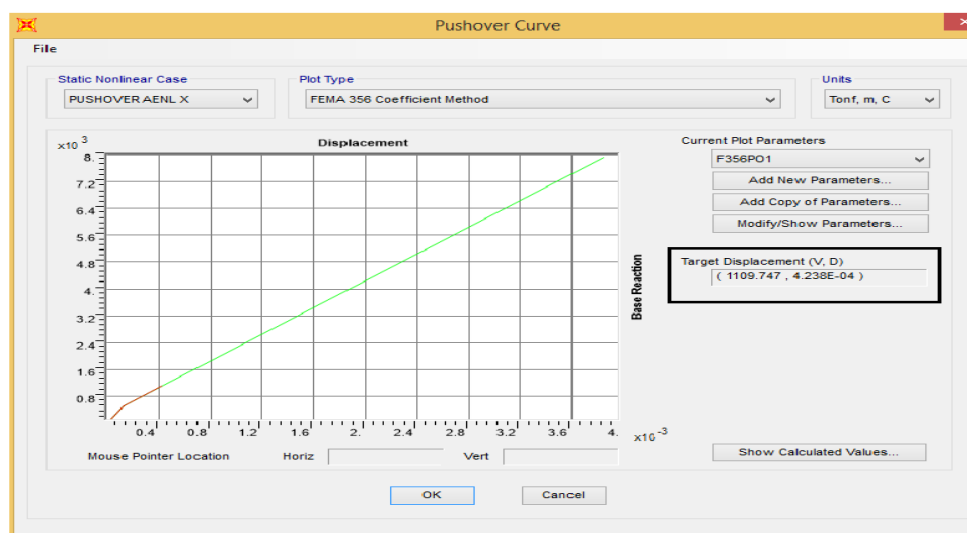


Gráfico 106. Curva de capacidad por FEMA 356. SAP2000 V20.

Del resultado, se procede a construir un modelo bilineal para, obtener el desplazamiento.

Gráfico 107. Curva de capacidad bilineal FEMA 356. Excel 2018.

Tras este análisis se obtiene que para un cortante basal de 1109.747 ton

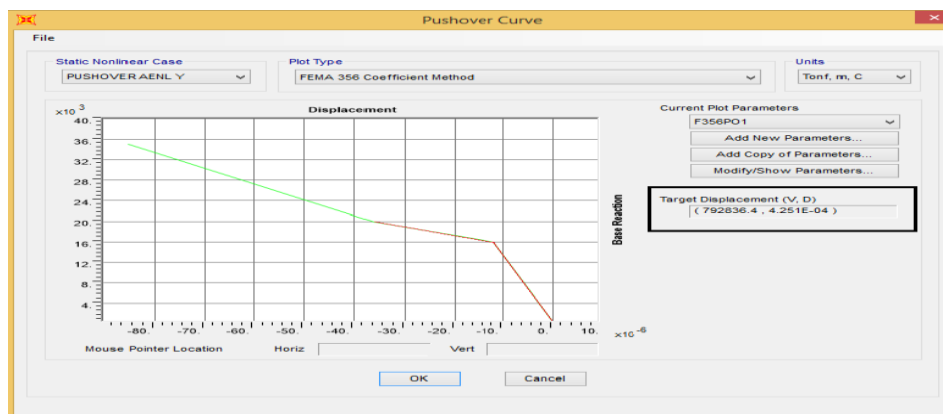
Se obtiene un desplazamiento de:

$$\delta = 0.0004238 \text{ m}$$

para FEMA 356 se obtiene un desplazamiento máximo de $\delta = 0.0004238 \text{ m}$

3.2.5.2 Punto de desempeño Modulo A FEMA 356, eje Y

Atreves del análisis con el software SAP2000 V20, Por el método Pushover se determina la curva de capacidad que se muestra en el grafico 110



Grafica 108. Curva De capacidad eje Y FEMA 356. SAP2000 V20.

Del resultado, se procede a construir un modelo bilineal para, obtener el desplazamiento.

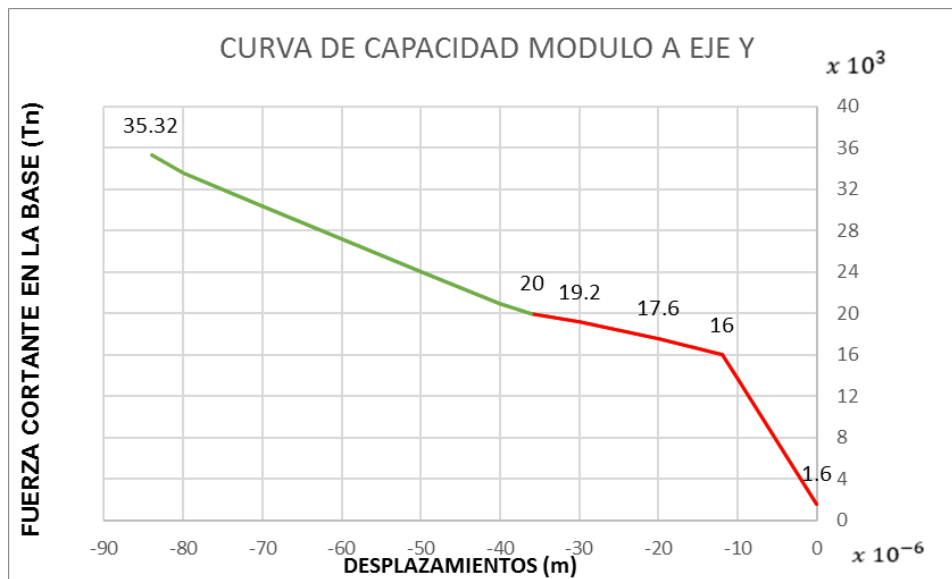


Gráfico 109. Curva de capacidad FEMA 356. SAP2000 V20.

Tras este análisis se obtiene para FEMA 356 se obtiene un desplazamiento máximo de $\delta = 0.0004251 \text{ m}$

3.2.5.3 Punto de desempeño Modulo A ATC-40, eje X

Atraves del análisis con el software SAP2000 V20, Por el método Pushover se determina la curva de capacidad que se muestra en el grafico 106

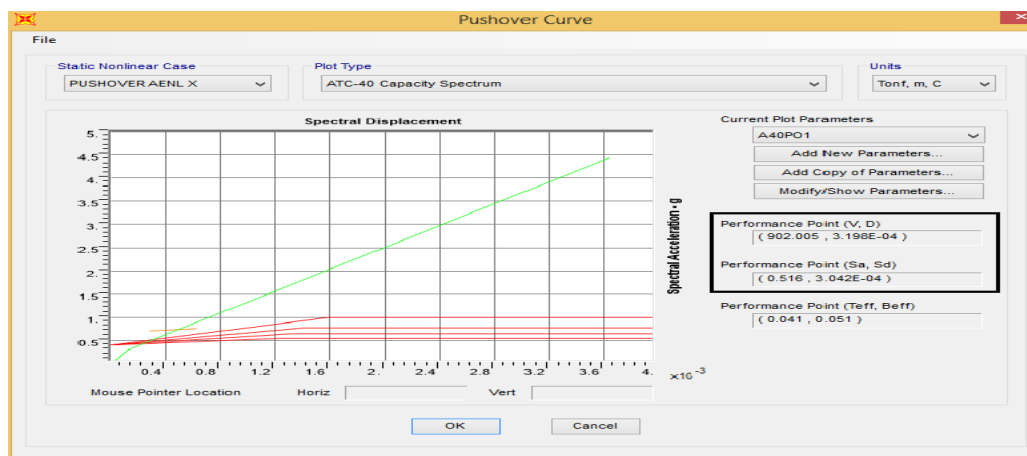
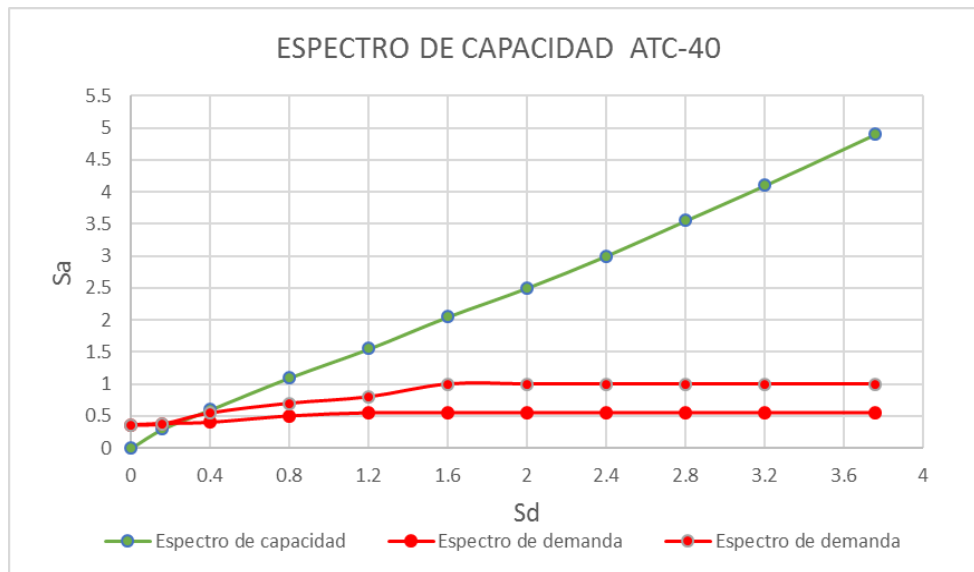


Gráfico 110. Curva de capacidad ATC-40. SAP2000 V20.



Gráfica 111. Conversión de curva de capacidad a curva de demanda. (ATC-40)

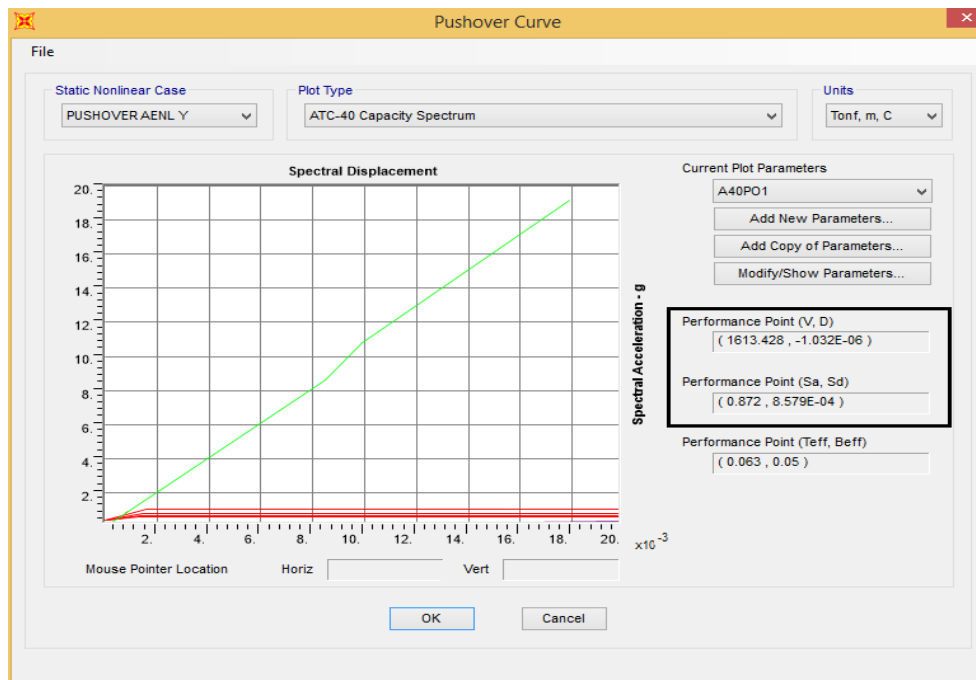
Con los resultados obtenidos se tiene una representación gráfica del espectro de demanda y espectro de capacidad, la curva de color naranja es la representación de la unión de diferentes puntos de amortiguamientos efectivos – desplazamientos espectrales, las cuales se generan con la norma E.030 “diseño sismorresistente”, denominada espectro de diseño sísmico, la curva al interceptar con el espectro de capacidad de la estructura, determina el punto de desempeño.

Para la evaluación se obtiene el siguiente punto de desempeño.

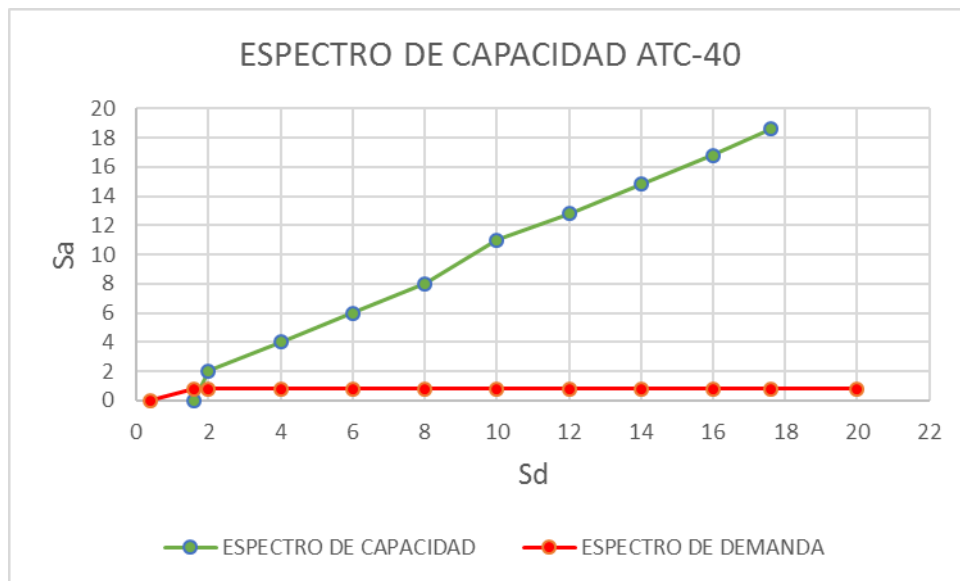
Cortante basal (V) = 902.005 Tn

Desplazamiento (δ) = 0.0003198m

3.2.5.4 Punto de desempeño Modulo A ATC-40, eje Y



Grafica 112. Curva de capacidad ATC-40. SAP2000 V20.



Grafica 113. Conversión de curva de capacidad a curva de demanda. (ATC-40)

Con los resultados obtenidos se tiene una representación gráfica del espectro de demanda y espectro de capacidad, la curva de color naranja es la representación de la unión de diferentes puntos de amortiguamientos efectivos – desplazamientos espectrales, las cuales se generan con la norma E.030 “diseño sismorresistente”, denominada espectro de diseño sísmico, la curva al interceptar con el espectro de capacidad de la estructura, determina el punto de desempeño.

Para la evaluación se obtiene el siguiente punto de desempeño.

Cortante basal (V) = 1613.428 Tn

Desplazamiento (δ) = 0.000001032m ($\leftarrow$)

3.2.6 Sectorización de la curva de capacidad

Las siguientes tablas son los valores que plantea en función de las derivas máximas entre pisos, propuestos por el ATC -40(1996)

Nivel de desempeño	Deriva entre piso 8(% altura entre piso)
Ocupación inmediata	0.01
Seguridad	0.02
Estabilidad Estructural	0.33 (V_i/P_i)

Tabla 15. Límites de la deriva máxima. (ATC-40,1996)

Nivel de desempeño	Deriva entre piso δ	Desplazamientos (m)
Ocupación inmediata	0.01	0.1370
Seguridad	0.02	0.2740
Estabilidad estructural	0.33 (V_i/P_i)	0.4102

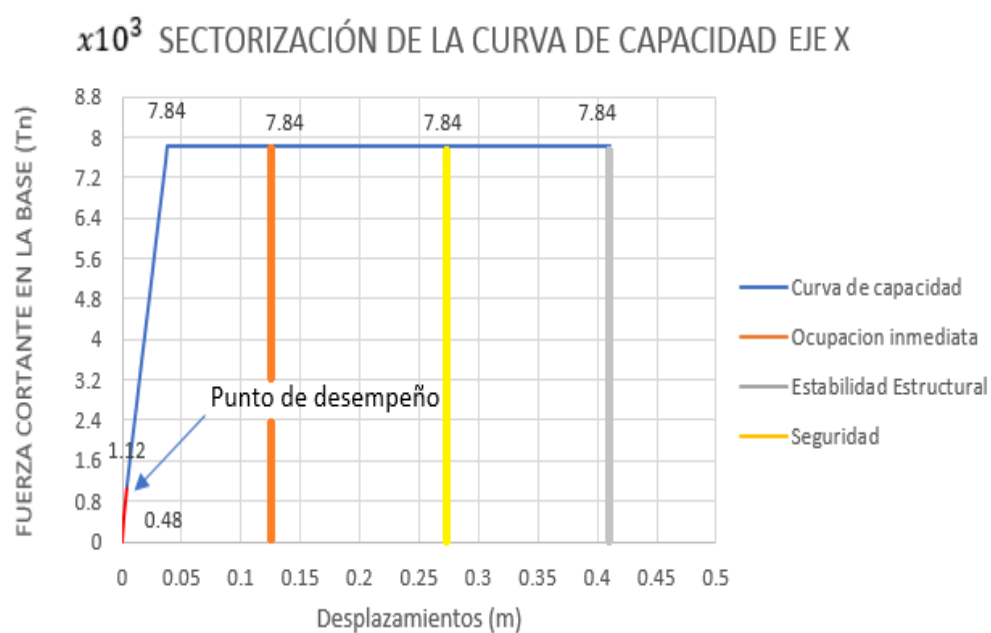
Tabla 16. Deriva y desplazamientos.

Para este caso se utilizó lo siguiente:

$H = 13.70\text{m}$ (Altura del a edificación)

$V_i = 1613.428\text{ Tn}$ (cortante en la base del eje x)

$P_i = 1297.921\text{ Tn}$ (Peso de la edificación)



Grafica 114. Sectorización de la curva de capacidad eje X. Excel 2018.

Sectorización de la curva de capacidad eje Y.

Nivel de desempeño	Deriva entre piso δ	Desplazamientos (m)
Ocupación inmediata	0.01	0.1370
Seguridad	0.02	0.2740
Estabilidad estructural	0.33 (V_i/P_i)	0.2293

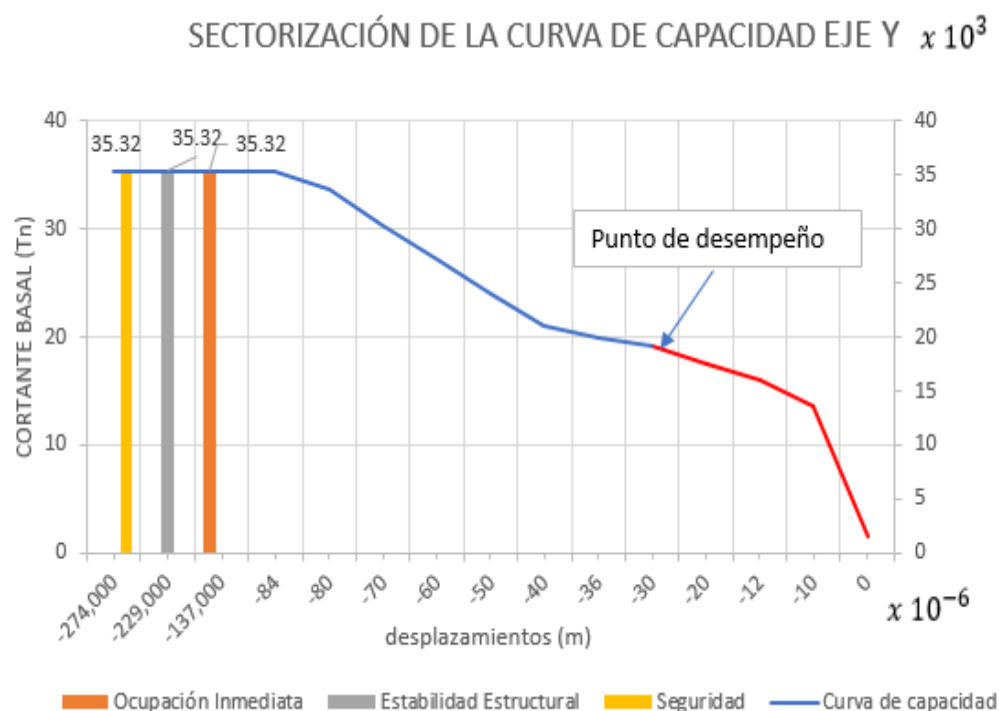
Tabla 17. Deriva y desplazamientos eje Y.

Para este caso se utilizó lo siguiente:

$H = 13.70\text{m}$ (Altura de la edificación)

$V_i = 902.005\text{ Tn}$ (cortante en la base del eje x)

$P_i = 1297.921\text{ Tn}$ (Peso de la edificación)



Grafica 115. Sectorización de la curva de capacidad eje Y. Excel 2018.

el comportamiento mostrado en la curva de capacidad en los ejes (X y Y) para los desplazamientos que se da para cada nivel de desempeño, se observa que para el nivel de “ocupación inmediata” tiene un desplazamiento máximo de 0.1370m, por lo que se demuestra que la estructura supera su límite de fluencia.

El software SAP2000 V20, hace el cálculo para obtener la curva de capacidad y esta nos da los desplazamientos máximos de la estructura. Tras evaluar los resultados se concluye que la edificación está en el nivel de ocupación Inmediata.

Por lo tanto, la edificación cumple con los objetivos de evaluación basándonos en la norma E.030. No requiere intervención inmediata.

3.2.7 Discusión

- Los resultados del análisis sísmico estático en el software SAP2000 V20, proponen que la estructura tiene un comportamiento como lo muestra en la Tabla 12. La cual mediante el cálculo matemático realizado en el Capítulo VI Anexos, 6.6 y 6.7.1.10. la cual difiere en el resultado obtenido por el Software SAP2000 V20. El criterio que se tiene en estos resultados es; el software hace un análisis completo de las cargas vivas y muertas, en cambio para el análisis con la Norma E.030 se utiliza solo el 50% de la carga viva que actúa en la edificación, es por eso que el software da un Cortante basal mayor a la calculada.
- Para el análisis sísmico dinámica, se tiene como resultados los desplazamientos que se muestran en las Tablas 13 y 14, las cuales son mayores obtenidas por el análisis Pushover No lineal como se muestran en el grafico 107 y 109. La cual se interprete este resultado que para el análisis sísmico dinámica se utilizo un factor de irregularidad (I_a) de 0.75 como se muestra en la gráfica 121 y para el análisis pushover un factor de irregularidad de (I_a) de 1 como se muestra en la gráfica 122.
- En el ensayo de esclerometría da resultados como referencia de resistencia a la compresión como se muestra en los gráficos 100 y 101, la cual solo se tomo como referencia a la que indicaba el expediente técnico, ya que tiene un margen de error muy grande.

CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Tras realizar la presente evaluación se tuvo conocimiento que las vigentes normas de evaluación estructural en el Perú, no cuentan con un procedimiento de evaluación de la vulnerabilidad sísmica para estructuras, por lo cual se tuvo que complementar la evaluación con investigaciones y normas Internacionales tales como el ATC-40, VISION 2000.
- La metodología que se expone en esta presente investigación, es un aporte a la ingeniería civil por lo que se debe ser validado para próximas investigaciones, fue necesario evaluar la estructura ya que en la ciudad no se da mucha importancia a los casos de sismo que pueden suceder en la ciudad.
- Los resultados obtenidos son satisfactorios ya que al asignar un patrón de cargas laterales de Pushover, se determinó los desplazamientos máximos, estos resultados se evaluaron basándonos en los niveles del código ATC-40, ya que el Perú no cuenta con rangos de evaluación estructural. El análisis se dio en dos sentidos (X y Y)
- Los resultados para X un desplazamiento lateral de 0.1370m, por pushover el desplazamiento máximo es de $(\delta) = 0.0004238$ m. esto confirma que la selección de los objetivos del desempeño es satisfactoria. Esto indica que mantiene el rango de ocupación inmediata.
- Los resultados para Y un desplazamiento lateral de 0.1370m, por pushover el desplazamiento máximo es de Desplazamiento $(\delta) = 0.0004251$ m. esto confirma que la selección de los objetivos del desempeño es satisfactoria. Esto indica que mantiene el rango de ocupación inmediata.
- La evaluación de la edificación con soporte tipo pórtico, de concreto armado, se sustenta en las indicaciones de las normas; del reglamento nacional de edificaciones la norma técnica E.060 “concreto armado” y la norma técnica E.030 “diseño sismorresistente”, código ATC-40 (Applied Technology Council).
- Tras el análisis estático No lineal Pushover se logra apreciar claramente la generación de rotulas plásticas en la estructura, la cual indica que la estructura está incursionando en el rango Inelástico.
- La presente investigación es un aporte muy importante para futuras investigaciones en la ciudad de Iquitos, ya que las investigaciones en la ciudad son muy escasas sobre el tema sísmico.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda Promover metodologías para futuras investigaciones con la finalidad de tener nuevos criterios de evaluación basado en desempeño sísmico.
- Tener en cuenta siempre el análisis estático, dinámico y No lineal Pushover en la elaboración de proyectos de gran envergadura, como Instituciones educativas entre otros, esta tesis es aplicable a cualquier tipo de edificación que sea tipo Pórtico.
- Las entidades encargadas de dar aprobación a edificaciones de este tipo, se recomienda hacer un modelamiento estructural con los datos del expediente técnico, para comparar resultados y dar confiabilidad y aceptación a la estructura a ejecutar.
- Para futuras evaluaciones considerar normas internacionales tales como el FEMA 356, ATC-40, que se afirman a las normas vigentes de edificaciones (RNE), ya que esta no cuenta con un capítulo que este dirigido a parámetros aceptables de desempeño sísmico en edificaciones aporticadas.
- Promover más investigaciones sísmicas en la ciudad de Iquitos para tener mayor Metodologías acerca del desempeño sísmico, y así tener un mejor criterio de evaluación de la vulnerabilidad de edificaciones existentes en la región.
- Esta investigación lo que quiere dar a conocer es que es necesario hacer un análisis estático, dinámico y no lineal Pushover, para evaluar edificaciones existentes de tipo pórtico en general, ya que simula un evento sísmico, brindando datos del comportamiento estructural, y así poder prevenir casos lamentables como pérdidas Humanas y Económicas de gran envergadura.

CAPITULO V BIBLIOGRAFIA

1. Luis Esteva Maraboto (2001). *DISEÑO SISMICO BASADO EN DESEMPEÑO: TENDENCIAS Y RETOS*, revista de ingeniería sísmica No. (63) 36-54 (2001)
2. Perez Cruz, Jose Luis (2013). “*DISEÑO SISMO RESISTENTE POR DESEMPEÑO Y SUS EFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL*”, AMBATO – ECUADOR (2013)
3. Silva Sánchez, Héctor Hugo tesis (2005). “*Desempeño de edificios de concreto armado diseñados bajo la norma peruana de diseño sismorresistente E-030*” Universidad Nacional de Ingeniería. Lima 2005.
4. Vergara luna, Zevallos Esquivel (2014). “*Análisis sísmico por desempeño estático no lineal de un edificio de 6 niveles*” Trujillo, la libertad (2014).
5. Luis Miguel Borda Meza, Adolfo Enrique Pastor Dulanto (2007). “*DESEMPEÑO SISMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO PERUANO DE SEIS PISOS*” Pontificia Universidad Católica Del Perú. Lima 2007.
6. Gustavo Juan Franklin Loa Canales (2017). “*Evaluación del desempeño sísmico de tres opciones de reforzamiento incremental en edificaciones educativas típicas construidas antes de 1997*” PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU. Lima, marzo de 2017.
7. JULIO EDWIN DELGADILLO ALANYA (2005). “*ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO DE ESTRUCTURAS Y LA NORMA E.030*” UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. Lima, enero de 2005
8. Delgado, G. (2011). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO*. Lima, Perú: EDICIVIL S.R.Ltda.
9. Gibu, P., Espinoza. C., García, E., Morales, R., Sato, J., Untama, J., Ruiz, N., y Salazar, R. (2013). *ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA: ESTRUCTURAL, NO ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DEL HOSPITAL DE EMERGENCIAS JOSÉ CASIMIRO ULLOA – MIRAFLORES*, Lima 2013.
10. Br. Jorge Luis Jiménez Cortez, Br. María Alejandra Rivas Huete (2016). “*ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS ESTÁTICOS NO LINEALES (PUSHOVER CLÁSICO VS PUSHOVER MODAL) APLICADO A UN MODELO DE EDIFICIO IRREGULAR, 2016*”. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. Managua, febrero 2016.
11. Villarreal, G. (2013). *INGENIERIA SISMO-RESISTENTE Prácticas y Exámenes UPC*. Trujillo, Perú: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L.

12. MONTALVÁN MELÉNDEZ Darwin Enrique, TORRES FALCÓN Deinнер José (2018). "EVALUACION POR DESEMPEÑO SISMICO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE DOS RESERVORIOS ELEVADOS CON SOPORTE TIPO MARCO - CABALLO COCHA 2018": UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ. Loreto 2018.
13. PhD., Roberto Aguiar Falconi. *Análisis Sísmico por Desempeño*. Quito : Centro de Investigaciones científicas de la Espe., 2003.
14. Paredes Garrido, D. (2013). *Sistemas Aportricados*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/169274438/SISTEMAS-APORTRICADOS-1>
15. Acosta, R., de la Cruz, M., Robert, N., Toribio, A., Allen P., Muñoz, M., Moreta, C., Martínez, V., Cedano, J., y Olivo, R. (2010). *Diseño Sísmico*. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos81/disenio-sismico/disenio-sismico.shtml>
16. Morales, R., Burgos, M., y Taffarelli, M. (S. F) *Diseño Sismo Resistente*. Recuperado de <http://www.um.edu.ar/um/fau/estructura5-anterior/DISENO.htm>
17. Revista ARQHYS. 2012, 12. *Estructuras de ingeniería*. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. obtenido 09, 2018. Recuperado de <https://www.arqhys.com/contenidos/estructuras-ingenieria.html>
18. Castro, M., Duque, P. (S. F) *Estructuras I*. Recuperado de <http://estructuras.eia.edu.co/estructurasI/conceptos%20fundamentales/conceptos%20fundamentales.htm>
19. Tello, O. (S. F). *Evaluación y Reforzamiento de Estructuras*. Universidad Nacional Federico Villarreal. recuperado de <https://es.scribd.com/document/357637978/Tello-Omart-Ing-Evaluacion-y-reforzamiento-de-estructuras-UNFV-pdf>
20. Determinación del índice de rebote utilizando el dispositivo conocido como esclerómetro. Recuperado de <https://es.slideshare.net/leydycastro96/esclerometria>
21. Recuperado de <https://docplayer.es/27323322-Diseno-por-desempeno-de-elementos-estructurales-de-hormigon-armado-mediante-los-codigos-fema-utilizando-etabs.html>
22. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93538/15CAPITULO6.pdf>
23. Recuperado de <https://edoc.site/analisis-metodo-push-over-pdf-free.html>

CAPITULO VI ANEXOS

6.1 Matriz de consistencia

“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la estructura existente de concreto armado sin juntas sísmicas de la
“INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE MENORES N° 60014 DEL PP.JJ.
SANTO CRISTO DE BAGAZÁN, distrito de Belén, Provincia de Maynas, Región Loreto.

Matriz de Consistencia

TITULO: “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la estructura existente de concreto armado sin juntas sísmicas de la “INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE MENORES N° 60014 DEL PP.JJ. SANTO CRISTO DE BAGAZÁN, distrito de Belén, Provincia de Maynas, Región Loreto - 2018”

“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la estructura existente de concreto armado sin juntas sísmicas de la “INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE MENORES N° 60014 DEL PP.JJ. SANTO CRISTO DE BAGAZÁN, distrito de Belén, Provincia de Maynas, Región Loreto - 2018”				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL ¿Hasta qué punto es vulnerable la estructura existente edificada en la “INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE MENORES N° 60014 DEL PPJJ. SANTO CRISTO DE BAGAZÁN- distrito de belén, provincia de Maynas, región Loreto - 2018”?	OBJETIVO GENERAL Determinar la vulnerabilidad sísmica mediante el diseño sísmico basado en desempeño de una estructura de concreto armado – distrito de belén, provincia de Maynas, región Loreto – 2018.	HIPOTESIS GENERAL La estructura de concreto armado de la institución educativa inicial, primaria y secundaria de menores N° 60014 del Pje. Santo Cristo de Bagazán, no es vulnerable y cumple las normas de diseño estructural y sísmico para edificaciones.	VARIABLE INDEPENDIENTE Evaluación de la vulnerabilidad sísmica basada en desempeño.	Tipo de Investigación: TIPO CORRELACIONAL, EXPLORATORIO Y EXPLICATIVO Diseño de investigación: APLICATIVO. Población y Muestra Población: En la presenta investigación la población de estudio constituida por un modelo aportado sin junta sísmica de la “INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE MENORES N° 60014 DEL PP.JJ. SANTO CRISTO DE BAGAZÁN” de la ciudad de Iquitos. Muestra Modelo aportado sin junta sísmica, Iquitos 2018. Técnicas, Instrumentos y Procedimiento de recolección de Datos Y Procesamiento y Análisis de la Información: Información Directa. Este tipo de información se obtuvo mediante la observación directa con los planos del expediente técnico.
PROBLEMAS ESPECIFICOS ¿Cómo influye el diseño sísmico basado en desempeño capacidad de respuesta de la estructura existente? ¿Cómo es el comportamiento estructural de un modelo de concreto armado? ¿Cómo es el diseño sísmico basado desempeño, mejora el comportamiento estructural del modelo de concreto armado? ¿Cuál es el criterio de aprobación de un modelo estructural de concreto?	OBJETIVOS ESPECIFICO Como influye el diseño sísmico basado en desempeño, para la evaluación de la Vulnerabilidad sísmica de la estructura de concreto armado – distrito de belén, provincia de Maynas, región Loreto – 2018. Determinar el comportamiento en la estructura de concreto armado – distrito de belén, provincia de Maynas, región Loreto – 2018. Determinar si el diseño sísmico basado en desempeño mejora el comportamiento estructural de un modelo de concreto armado – distrito de belén, provincia de Maynas, región Loreto - 2018. Determinar los criterios de aprobación para un modelo estructural – distrito de belén, provincia de Maynas, región Loreto - 2018.	HIPOTESIS ESPECIFICA La estructura de concreto armado de la institución educativa inicial, primaria y secundaria de menores N° 60014 del Pje. Santo Cristo de Bagazán, es vulnerable y no cumple las normas de diseño estructural y sísmico para edificaciones.	VARIABLE DEPENDIENTE Vulnerabilidad sísmica de la estructura existente de concreto armado.	La Evaluación Visual. Toma de datos a través de visita a la institución, y con formulario como instrumento de recolección de datos en la muestra según el muestreo establecido. La Investigación Documental. Estará fundamentada en artículos, libros y códigos relacionados. Instrumentos de Recolección de Datos Lista de comprobación de diseño sísmico basado en desempeño. Hoja de cálculo estructural. Se realizará los procesos prácticos y aplicativos. Software; SAP2000 V19, AutoCAD 2017, Microsoft (Word y Excel) Revisiones bibliográficas. Norma ACI Norma ATC 40 Norma E-030 DISEÑO SISMORESISTENTE.

6.2 Normativas que se aplicaron a la investigación.

6.2.1 Norma técnica E.020 “Cargas”

TABLA 1
CARGAS VIVAS MÍNIMAS REPARTIDAS

OCUPACION O USO	CARGAS REPARTIDAS kPa (kgf/m ²)
Almacenaje	5,0 (500) Ver 6.4
Baños	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)
Bibliotecas	Ver 6.4
Salas de lectura	3,0 (300)
Salas de almacenaje con estantes fijos (no apilables)	7,5 (750)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Centros de Educación	
Aulas	2,5 (250)
Talleres	3,5 (350) Ver 6.4
Auditorios, gimnasios, etc.	De acuerdo a lugares de asambleas
Laboratorios	3,0 (300) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)

Tabla 18. Cargas vivas y mínimas repartidas. NTE.020 Cargas.

6.2.2 Norma técnica E.030 “Diseño sismorresistente”

A. zonificación



Grafica 116. Zonas sísmicas NTE.030

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

Tabla 19. Factores de zona. E.030.

B. Condiciones Geotécnicas (S)

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

Tabla 20. Clasificación de los perfiles de suelo. NTE.030.

C. Parámetros de sitio (S, Tp y TL).

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla 21. Factores de suelo "S". NTE.030

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

Tabla 22. Periodos Tp y TL . NTE.030.

D. categoría de la edificación (U).

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

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Tabla 23. Factor "U". NTE.030.

E. categoría y sistemas estructurales

Tabla N° 6 CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.

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

Tabla 24. Categoría de la edificación. NTE.030.

F. Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de la fuerza sísmica. (R_o)

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

Tabla 25. Sistemas estructurales. NTE.030

G. Irregularidades estructurales en Altura (I_a) y Planta (I_p)

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

Tabla 26. Factor de Irregularidad I_a . NTE.030.

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_p
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10) Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total.	0,60
Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_p
Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ_{max}), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{cm}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,75

Tabla 27. Factor de Irregularidad I_p . NTE.030

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

Tabla 28. Factor de Irregularidad I_p . NTE.030

H. Estimación del peso (P)

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

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

I. Fuerza cortante en la Base (V).

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

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

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

J. Periodo Fundamental de vibración (T).

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

Donde:

$C_T = 35$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

6.3 Instrumentos de recolección de datos

6.3.1 Lista de comprobación de datos

INSPECCIÓN DE LA INSTITUCION CONSTRUIDA

1. UBICACIÓN

Dirección:	IQUITOS
Distrito:	BELEN
Provincia:	MAYNAS
Región:	LORETO

2. TIPO DE EVALUACION

Exterior:	x
Parcial:	
Completa:	
Interior:	

3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN

3.1 Área	758.888 m2
3.2 Altura:	11.10m
3.3 Año de construcción:	2017
3.4 Zona sísmica:	1
3.5 Factor de Suelo:	2
3.6 Factor de uso:	1.5
3.7 Sistema estructural:	Pórticos

4. ESTADO DE LA ESTRUCTURA

4.1 Colapso de la edificación	Total	Parcial	Ninguno
			x

4.2 Deformaciones e inclinaciones	Evidente	Proceso	Ninguno
			x

4.3 Asentamientos	Evidente	Proceso	Ninguno
			x

4.3 Patologías	Grietas	Corrosión	Erosión	Fisuras
	x			x

5.DAÑOS PRESENTADOS

ELEMENTOS EVALUADOS	Severo	Fuerte	Moderado	Leve	Ninguno
Columnas				x	
Vigas				x	
Losa de 2do piso					x
Losa de 3er piso					x

6.3.2 Libreta de inspección

Información que se requiere para realizar una evaluación detallada, para casos de no contar con el expediente original.			
ITEM	REQUERIDO		COMENTARIOS
	SI	NO	
Calculo estructural	x		Esencial para tener un mejor análisis.
Sismicidad del sitio a evaluar		x	Útil pero no es necesario
Informe base		x	Útil pero no es necesario
Informes de evaluación sísmica		x	Útil pero no es necesario
Inspección de dimensiones	x		Es necesario para el análisis estructural
Inspección no estructural	x		Esencial para identificar posibles fallas
Extracción de Núcleos, con diamantina	x		Esencial, mínimo 2 por piso y 8 por edificio.
Prueba de martillo de rebote	x		Útil pero no necesario, mínimo 10 por piso.

Tabla 29. Libreta de inspección ATC-40 NTE.030.

6.4 Propuesta ATC-40

La propuesta dl ATC-40 considera que existen gran variedad de objetivos de desempeño para todo tipo de estructuras, las cuales están definidas por la combinación de niveles de desempeño para las estructuras en caso de movimientos sísmicos de diseño.

Movimiento sísmico de diseño	Nivel de desempeño de la edificación			
	operacional	Ocupación inmediata	seguridad	Estabilidad estructural
Sismo de servicio, SE		X		
Sismo de diseño, DE			X	
Sismo Máximo, ME				X

Tabla 30. Objetivos de seguridad para estructuras. ATC-40.

6.5 COMITÉ VISION 2000 – SEAOC

- Metodología general del SEAOC (1995)
- Selección de Objetivos de Desempeño
- Determinar Localización Adecuada y Sismo de Diseño
- Diseño Conceptual
- Diseño Preliminar y Diseño Final
- Comprobación de Aceptabilidad en cada paso del diseño
- Revisión de Diseño
- Garantía de control de la calidad durante la construcción
- Mantenimiento y Operatividad de la edificación

6.6 Metrado de cargas Modulo A

Para un análisis más completo, se procedió a realizar el metrado de cargas de toda la estructura para poder comparar los resultados obtenidos con el SAP2000 V20, cabe recalcar que en este análisis no se aplicó cargas combinadas como en el Sap2000 v20.

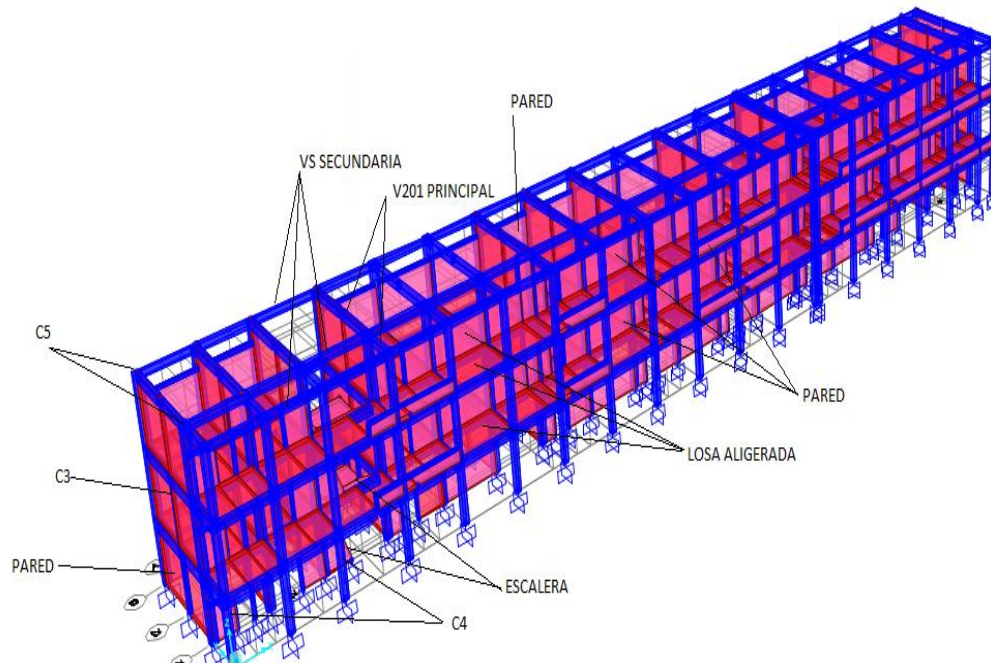


Gráfico 117. Vista en 3D del Módulo A. SAP2000 V20.

Pesos específicos del concreto $\gamma_c = 2.4 \text{ Tn/m}^3$

Metrados de columnas C5

$$C5 = 0.50 \times 0.35$$

$$b = 0.50\text{m}$$

$$t = 0.35\text{m}$$

$$N^\circ \text{ de columnas} = 20$$

$$H_c = 11.10\text{m}$$

Resolviendo se obtiene

$$C5 = (b \times t \times H_c \times \gamma_c) \times N^\circ$$

$$C5 = (0.50 \times 0.35 \times 11.10 \times 2.40) \times 20 = 93.24 \text{ Tn}$$

Metrados de columnas C4

$$C4 = 0.40 \times 0.35$$

$$b = 0.40\text{m}$$

$$t = 0.35\text{m}$$

$$N^{\circ} \text{ de columnas} = 20$$

$$Hc = 11.10\text{m}$$

Resolviendo se obtiene

$$C4 = (b \times t \times Hc \times yc) \times N^{\circ}$$

$$C4 = (0.40 \times 0.35 \times 11.10 \times 2.40) \times 20 = 74.59 \text{ Tn}$$

Metrados de columnas C3

$$C3 = 0.30 \times 0.15$$

$$b = 0.30\text{m}$$

$$t = 0.15\text{m}$$

$$N^{\circ} \text{ de columnas} = 12$$

$$Hc = 11.10\text{m}$$

Resolviendo se obtiene

$$C3 = (b \times t \times Hc \times yc) \times N^{\circ}$$

$$C3 = (0.30 \times 0.15 \times 11.10 \times 2.40) \times 12 = 14.39 \text{ Tn}$$

Metrado de vigas

Se recalca que, para este metrado, se restaron las columnas para el análisis.

Metrados de viga VP201

$$VP201 = 0.60 \times 0.35$$

$$b = 0.35\text{m}$$

$$t = 0.60\text{m}$$

$$N^{\circ} \text{ de vigas} = 60$$

$$L_v = 9.03\text{m}$$

Resolviendo se obtiene

$$VP_{201} = (b \times t \times L_v \times y_c) \times N^{\circ}$$

$$VP_{201} = (0.35 \times 0.60 \times 9.03 \times 2.40) \times 60 = 273.08 \text{ Tn}$$

Metrados de viga VS

$$VS = 0.40 \times 0.35$$

$$b = 0.35\text{m}$$

$$t = 0.40\text{m}$$

$$N^{\circ} \text{ de vigas} = 9$$

$$L_v = 65.98\text{m}$$

Resolviendo se obtiene

$$VS = (b \times t \times y_c) \times L_v \times N^{\circ}$$

$$VS = (0.35 \times 0.40 \times 2.40) \times 9 \times 65.98 = 171.02 \text{ Tn}$$

Metrados de techo

$$y_t = 0.14 \text{ Tn/m}^3 \text{ (valor obtenido del Expediente técnico del proyecto)}$$

$$S/C = 0.12 \text{ Tn/m}^2 \text{ (techo)}$$

$$S/C = 0.02 \text{ Tn/m}^2 \text{ (cielorraso)}$$

$$L_t = 74\text{m (techo)}$$

$$L_t = 72.70\text{m (cielorraso)}$$

$$H_t = 11.40\text{m (ancho del techo)}$$

$$H_t = 10.50\text{m (ancho de cielorraso)}$$

Resolviendo se obtiene

$$PT_{\text{techo}} = (H_t \times L_t) \times S/C$$

$$PT_{\text{techo}} = (11.40 \times 74) \times 0.120 = 101.232 \text{ Tn}$$

$$PCielorraso = (10.50 \times 72.70) \times 0.02 \text{ Tn/m}^2 = 15.267 \text{ Tn}$$

Metrados de Losa aligerada 20 cm

Se recalca que, para este metrado, se restaron las vigas para el análisis.

$$A = 1211.376 \text{ m}^2$$

$$t = 0.05 \text{ m}$$

Resolviendo se obtiene

$$PLosa = A \times t \times \gamma_c$$

$$PLosa = 1211.376 \times 0.05 \times 2.40 = 145.37 \text{ Tn}$$

Viguetas

$$b = 0.10 \text{ m}$$

$$t = 0.15 \text{ m}$$

$$Lv = 65.97 \text{ m}$$

$$N^\circ = 44$$

Resolviendo se obtiene

$$PViguetas = (b \times t \times Lv \times \gamma_c) \times N^\circ$$

$$PViguetas = (0.10 \times 0.15 \times 65.97 \times 2.40) \times 44 = 104.49 \text{ Tn}$$

Metrado de escalera

$$Le = 3.70 \text{ m}$$

$$t = 0.30 \text{ m}$$

$$\text{paso} = 0.30 \text{ m}$$

$$CT_{\text{paso}} = 0.17 \text{ m}$$

$$Ld = 4.18 \text{ m}$$

$$Hd = 1.95 \text{ m}$$

$$td = 0.15 \text{ m}$$

$$N^{\circ}\text{pasos} = 10$$

$$N^{\circ}\text{de tramos} = 4$$

$$N^{\circ} \text{ de descansos} = 2$$

$$\text{Área a Restar, } (0.30 \times 0.17 \times \frac{1}{2}) \times 10 = 0.25\text{m}^2$$

$$\text{Área de escalera} = 0.30 \times 3.70 = 1.11\text{m}^2$$

$$\text{Área escalera} = 1.11 - 0.25 = 0.86\text{m}^2$$

$$V. \text{ escalera} = (2.09 \times 0.86) \times 4 = 7.19\text{m}^3$$

$$V. \text{ descanso} = (4.18 \times 1.95 \times 0.15) \times 2 = 2.45 \text{ m}^3$$

$$V.\text{total} = 7.19 + 2.45 = 9.64\text{m}^3$$

$$P. \text{ escalera} = 9.64 \times 2.40 = 23.14 \text{ Tn}$$

Metrado de pared

Se recalca que, para este metrado, se restaron las columnas y vigas para el análisis.

Metrados de pared Eje 11

$$yL = 1.40 \text{ Tn/m}^3$$

$$A = 37.6\text{m}^2$$

$$t = 0.15\text{m}$$

$$\text{Peso pared} = A \times t \times yL$$

$$\text{Peso pared} = 37.6 \times 0.15 \times 1.40 = 7.89 \text{ Tn}$$

Metrados de pared Eje 12

$$yL = 1.40 \text{ Tn/m}^3$$

$$A = 295.218\text{m}^2$$

$$t = 0.15\text{m}$$

$$\text{Peso pared} = A \times t \times yL$$

$$\text{Peso pared} = 295.218 \times 0.15 \times 1.40 = 61.99 \text{ Tn}$$

Metrados de pared Eje 13

$$yL = 1.40 \text{ Tn/m}^3$$

$$A = 346.99 \text{ m}^2$$

$$t = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{Peso pared} = A \times t \times yL$$

$$\text{Peso pared} = 346.99 \times 0.15 \times 1.40 = 72.87 \text{ Tn}$$

Metrados de pared Eje AA-SS

$$yL = 1.40 \text{ Tn/m}^3$$

$$A = 82.17 \text{ m}^2$$

$$t = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{Peso pared} = A \times t \times yL$$

$$\text{Peso pared} = 82.17 \times 0.15 \times 1.40 = 17.26 \text{ Tn}$$

Metrado de piso Terminado

Piso terminado

$$A = 1211.376 \text{ m}^2$$

$$S/C = 0.1 \text{ Tn/m}^2$$

$$\text{Peso piso terminado} = A \times S/C$$

$$\text{Peso piso terminado} = 1211.376 \times 0.1 = 121.14 \text{ Tn}$$

Peso muerto total

$C5 + C4 + C3 + VP201 + VS + Ptecho + Pcielorraso Plosa + Pviguetas + P. escalera + Ppared11 + Ppared12 + Ppared13 + Ppared AA-SS + Ppiso terminado.$

$$\text{Peso total} = 93.24 + 74.59 + 14.39 + 273.08 + 171.02 + 116.449 + 145.37 +$$

$$104.49 + 23.14 + 7.89 + 61.99 + 72.87 + 17.26 + 121.14 = 1297.92 \text{ Tn}$$

$$\text{Peso Muerto Total} = 1297.92 \text{ Tn}$$

Metrado de cargas Vivas Repartidas

Área de profesores

$$A = 88.35\text{m}^2$$

$$S/C = 0.30 \text{ Tn/m}^2$$

$$\text{Carga Profesores} = A \times S/C$$

$$CP = 88.35 \times 0.30 = 26.51 \text{ Tn}$$

Área de aulas

$$A = 440.752\text{m}^2$$

$$S/C = 0.25 \text{ Tn/m}^2$$

$$\text{Carga aulas} = A \times S/C$$

$$CA = 440.752 \times 0.25 = 110.19 \text{ Tn}$$

Área de baños

$$A = 75.40\text{m}^2$$

$$S/C = 0.30 \text{ Tn/m}^2$$

$$\text{Carga baños} = A \times S/C$$

$$CB = 75.40 \times 0.30 = 22.62 \text{ Tn}$$

Área de corredor

$$A = 443.47\text{m}^2$$

$$S/C = 0.40 \text{ Tn/m}^2$$

$$\text{Carga corredor} = A \times S/C$$

$$Cc = 443.47 \times 0.40 = 177.39 \text{ Tn}$$

Área de escalera

$$A = 65.21\text{m}^2$$

$$S/C = 0.40 \text{ Tn/m}^2$$

$$\text{Carga escalera} = A \times S/C$$

$$CE = 65.21 \times 0.40 = 26.08 \text{ Tn}$$

Área de almacén

$$A = 92.17 \text{m}^2$$

$$S/C = 0.30 \text{ Tn/m}^2$$

$$CA = A \times S/C$$

$$\text{Carga almacén} = 92.17 \times 0.30 = 27.65 \text{ Tn}$$

$$\text{Carga viva repartida total} = CP+CA+CB+Cc+CE+CA$$

$$CVRT = 26.51 + 110.19 + 22.62 + 177.39 + 26.08 + 27.65 = 390.44 \text{ Tn}$$

6.6.1 Metrado de cargas Desarrollados por el software SAP2000 V20.

TABLE: Joint Reactions					
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 Tonf	F2 Tonf	F3 Tonf
1	DEAD	Lin Static	0.155	-0.0917	11.2596
2	WVIVA	Lin Static	0.0571	0.0208	1.9094
3	DEAD	Lin Static	0.0237	-0.0488	16.9761
4	WVIVA	Lin Static	-0.0142	0.0358	3.8813
5	DEAD	Lin Static	0.0541	-0.0194	19.9128
6	WVIVA	Lin Static	-0.0123	0.0346	4.434
7	DEAD	Lin Static	0.0813	-1.0597	12.7739
8	WVIVA	Lin Static	-0.0207	-0.0082	1.2209
9	DEAD	Lin Static	-0.474	2.4835	2.3028
10	WVIVA	Lin Static	0.0101	0.0009564	0.0002633
11	DEAD	Lin Static	-0.0463	-0.0011	23.7597
12	WVIVA	Lin Static	-0.0134	0.03	3.2881
13	DEAD	Lin Static	-0.0203	0.0809	18.7626
14	WVIVA	Lin Static	-0.0556	0.0884	3.546
15	DEAD	Lin Static	-0.0027	0.0459	18.3919
16	WVIVA	Lin Static	0.015	0.0706	3.7099
17	DEAD	Lin Static	0.0834	1.0722	13.6437
18	WVIVA	Lin Static	0.0553	-0.0126	1.3757
19	DEAD	Lin Static	0.0196	0.0692	20.8783
20	WVIVA	Lin Static	0.0046	0.0397	4.8668
21	DEAD	Lin Static	1.4389	3.8117	33.0359
22	WVIVA	Lin Static	0.0126	0.0379	7.3255
23	DEAD	Lin Static	-0.0071	0.0863	20.8412
24	WVIVA	Lin Static	-0.0503	0.058	4.3107
25	DEAD	Lin Static	0.0293	0.1989	17.4962
26	WVIVA	Lin Static	0.0652	0.0752	4.1342
27	DEAD	Lin Static	0.0045	0.1653	18.9273
28	WVIVA	Lin Static	-0.0466	0.0822	3.7709
29	DEAD	Lin Static	0.028	0.1301	22.4134
30	WVIVA	Lin Static	0.0514	0.0565	4.3954
31	DEAD	Lin Static	-0.0205	0.1913	19.3028
32	WVIVA	Lin Static	-0.0515	0.0816	3.7812
33	DEAD	Lin Static	-0.1835	0.1261	12.7834
34	WVIVA	Lin Static	-0.0075	0.0457	2.2197
35	DEAD	Lin Static	0.0909	-0.0483	33.7248
36	WVIVA	Lin Static	0.0436	0.0323	8.5898
37	DEAD	Lin Static	0.1762	0.1239	12.1272
38	WVIVA	Lin Static	0.0646	0.0572	2.2625
39	DEAD	Lin Static	-0.0408	0.2183	20.7177
40	WVIVA	Lin Static	-0.0701	0.0781	4.0435
41	DEAD	Lin Static	0.0237	0.1955	22.6265
42	WVIVA	Lin Static	0.0497	0.0578	4.5675
43	DEAD	Lin Static	-0.0107	0.3074	38.4808
44	WVIVA	Lin Static	-0.0622	0.1911	14.5129

45	DEAD	Lin Static	-0.1357	-0.0351	32.235
46	WVIVA	Lin Static	-0.0639	0.0637	11.376
47	DEAD	Lin Static	-0.0038	0.2316	20.6758
48	WVIVA	Lin Static	-0.0438	0.0833	3.7814
49	DEAD	Lin Static	0.0038	0.2259	22.5209
50	WVIVA	Lin Static	0.0444	0.0387	4.4327
51	DEAD	Lin Static	-0.099	0.1973	18.0289
52	WVIVA	Lin Static	-0.0468	0.0432	3.2079
53	DEAD	Lin Static	-0.2082	0.1958	33.4694
54	WVIVA	Lin Static	-0.0313	0.0883	11.1402
55	DEAD	Lin Static	-0.0722	0.1814	10.7403
56	WVIVA	Lin Static	-0.0182	0.0247	1.2424
57	DEAD	Lin Static	0.1709	0.2328	33.6286
58	WVIVA	Lin Static	0.0366	0.0796	9.6462
59	DEAD	Lin Static	0.3329	-0.069	33.7786
60	WVIVA	Lin Static	0.126	0.0438	4.2182
61	DEAD	Lin Static	0.0299	0.0287	42.0373
62	WVIVA	Lin Static	-0.0345	0.0784	8.0428
63	DEAD	Lin Static	0.0499	-0.2087	21.9736
64	WVIVA	Lin Static	0.0205	0.001	2.5842
65	DEAD	Lin Static	-0.0543	0.3653	67.6916
66	WVIVA	Lin Static	0.043	0.1414	13.3094
67	DEAD	Lin Static	-0.0012	-0.1901	27.4357
68	WVIVA	Lin Static	-0.0084	-0.0021	3.16
69	DEAD	Lin Static	-0.0069	-0.2492	20.0866
70	WVIVA	Lin Static	-0.0159	-0.0116	2.3722
71	DEAD	Lin Static	0.0816	-0.23	21.3897
72	WVIVA	Lin Static	0.0245	-0.0137	2.7367
73	DEAD	Lin Static	-0.006	-0.1334	15.2384
74	WVIVA	Lin Static	0.0094	-0.0062	3.9742
75	DEAD	Lin Static	0.0042	-0.1359	29.8136
76	WVIVA	Lin Static	-0.0007623	-0.006	5.8181
77	DEAD	Lin Static	-0.0055	-0.1137	29.9179
78	WVIVA	Lin Static	-0.0183	-0.0048	5.1724
79	DEAD	Lin Static	0.0127	-0.0683	30.1312
80	WVIVA	Lin Static	0.0257	-0.0049	5.3934
81	DEAD	Lin Static	-0.0434	-0.0286	25.5208
82	WVIVA	Lin Static	0.0034	0.0015	3.7201
83	DEAD	Lin Static	0.0128	-0.0031	30.1584
84	WVIVA	Lin Static	0.0258	-0.0036	5.3907
85	DEAD	Lin Static	0.0075	0.0264	29.7145
86	WVIVA	Lin Static	0.0276	-0.0023	5.6792
87	DEAD	Lin Static	-0.0376	0.0551	25.7643
88	WVIVA	Lin Static	-0.0194	0.0042	4.2487
89	DEAD	Lin Static	-0.0142	0.0735	19.2628
90	WVIVA	Lin Static	-0.0007624	0.0104	1.4032
91	DEAD	Lin Static	0.1882	-0.6775	31.7928
92	WVIVA	Lin Static	0.0432	-0.0338	2.4466
93	DEAD	Lin Static	0.0394	-0.7743	43.7386
94	WVIVA	Lin Static	-0.0087	-0.1117	4.8727
95	DEAD	Lin Static	-0.09	-0.4446	32.1139
96	WVIVA	Lin Static	-0.0348	-0.0195	1.9287
97	DEAD	Lin Static	-0.3688	-0.4894	34.2215
98	WVIVA	Lin Static	-0.0381	-0.0915	2.8286
99	DEAD	Lin Static	0.313	-0.435	29.0218
100	WVIVA	Lin Static	0.0771	-0.102	3.4034
101	DEAD	Lin Static	-0.2203	-0.8957	47.1803
102	WVIVA	Lin Static	-0.0259	-0.2788	6.8152
103	DEAD	Lin Static	-0.1093	-0.647	48.0814
104	WVIVA	Lin Static	-0.0069	-0.1307	4.9775
105	DEAD	Lin Static	-0.0913	-0.9525	47.6949
106	WVIVA	Lin Static	0.0008192	-0.2837	6.8952
107	DEAD	Lin Static	-0.0633	-1.1985	36.8966
108	WVIVA	Lin Static	0.0008682	-0.2462	7.2392
109	DEAD	Lin Static	0.1082	0.4252	39.0546
110	WVIVA	Lin Static	0.013	0.1601	13.1601
111	DEAD	Lin Static	-0.0353	-0.7138	48.4177
112	WVIVA	Lin Static	-0.015	-0.131	4.6536
113	DEAD	Lin Static	0.0398	-0.7099	43.8423
114	WVIVA	Lin Static	-0.0226	-0.1136	5.7012
115	DEAD	Lin Static	-0.1306	-0.4412	42.5193
116	WVIVA	Lin Static	-0.0195	-0.0986	5.9945
117	DEAD	Lin Static	0.2457	-0.3877	33.3951
118	WVIVA	Lin Static	0.045	-0.024	2.4466
119	DEAD	Lin Static	0.0442	-1.0156	47.1116
120	WVIVA	Lin Static	-0.0016	-0.3344	8.1505
121	DEAD	Lin Static	0.1144	-0.8504	47.0204
122	WVIVA	Lin Static	0.0304	-0.277	6.8947
123	DEAD	Lin Static	-0.0257	-0.3448	47.8908
124	WVIVA	Lin Static	0.0087	-0.1286	4.9658
125	DEAD	Lin Static	-0.0799	0.3125	35.941
126	WVIVA	Lin Static	0.0236	0.0851	10.3898
127	DEAD	Lin Static	-0.0699	-0.8179	47.1399
128	WVIVA	Lin Static	0.0228	-0.2777	6.8119
129	DEAD	Lin Static	-0.1406	-0.4762	45.276
130	WVIVA	Lin Static	0.044	-0.13	5.1972
131	DEAD	Lin Static	-0.244	-0.3508	37.1482
132	WVIVA	Lin Static	-0.0713	-0.055	3.9782
133	DEAD	Lin Static	-0.3111	-0.188	26.5424
134	WVIVA	Lin Static	-0.0766	-0.0282	1.4942
135	DEAD	Lin Static	-0.2205	0.4575	58.285
136	WVIVA	Lin Static	-0.089	0.1589	12.9612
137	DEAD	Lin Static	-0.4246	0.3155	40.7601
138	WVIVA	Lin Static	-0.0839	0.0663	3.8728

139	DEAD	Lin Static	0.6644	0.2263	33.6632
140	WVIVA	Lin Static	0.2617	0.0703	6.8188
141	DEAD	Lin Static	0.1368	0.494	58.2498
142	WVIVA	Lin Static	0.0073	0.1604	13.0347
143	DEAD	Lin Static	-0.0087	0.4221	33.8934
144	WVIVA	Lin Static	0.0212	0.0872	10.3673
145	DEAD	Lin Static	-0.0902	0.4674	34.4388
146	WVIVA	Lin Static	-0.0389	0.0927	10.3338
147	DEAD	Lin Static	-0.1436	0.4198	41.4402
148	WVIVA	Lin Static	-0.0191	0.0684	8.8361
149	DEAD	Lin Static	-0.2436	0.3408	27.3333
150	WVIVA	Lin Static	-0.0717	0.0277	2.1008
151	DEAD	Lin Static	0.0368	0.3394	36.8923
152	WVIVA	Lin Static	-0.0271	0.1608	12.9813
153	DEAD	Lin Static	-0.0506	-0.0032	0.8023
154	WVIVA	Lin Static	-0.0021	0.0003842	0.0061
155	DEAD	Lin Static	0.0021	-0.0017	7.4088
156	WVIVA	Lin Static	-0.003	0.0013	1.7332
157	DEAD	Lin Static	0.1177	-0.0036	0.9477
158	WVIVA	Lin Static	0.0127	0.0001663	0.0243
159	DEAD	Lin Static	-0.1439	-0.0032	1.0176
160	WVIVA	Lin Static	-0.0209	0.00033	0.071
161	DEAD	Lin Static	0.1049	0.0013	1.0398
162	WVIVA	Lin Static	0.0189	0.0018	0.0271
163	DEAD	Lin Static	-0.1683	0.0001663	1.0836
164	WVIVA	Lin Static	-0.0337	0.0009334	0.1162
165	DEAD	Lin Static	0.103	-0.0001379	1.0361
166	WVIVA	Lin Static	0.0132	0.0004383	0.0183
167	DEAD	Lin Static	-0.191	0.0089	1.1673
168	WVIVA	Lin Static	-0.0333	0.0023	0.1123
169	DEAD	Lin Static	0.1081	0.0032	1.0433
170	WVIVA	Lin Static	0.0183	0.0013	0.0237
171	DEAD	Lin Static	-0.1307	0.0014	1.0336
172	WVIVA	Lin Static	-0.0246	0.0009189	0.0829
173	DEAD	Lin Static	0.098	0.0038	1.0313
174	WVIVA	Lin Static	0.0132	0.0013	0.022
175	DEAD	Lin Static	-0.0633	0.0039	0.7861
176	WVIVA	Lin Static	-0.0064	0.0013	0.0336
177	DEAD	Lin Static	0.1092	0.0044	1.0431
178	WVIVA	Lin Static	0.0176	0.0016	0.0247
179	DEAD	Lin Static	-0.1302	0.0046	1.0329
180	WVIVA	Lin Static	-0.0246	0.0009632	0.0829
181	DEAD	Lin Static	0.1069	0.0031	1.0422
182	WVIVA	Lin Static	0.0173	0.0016	0.0249
TOTAL					3024.3716

Tabla 31. Metrado de cargas. SAP2000 V20.

Para este metrado desarrollado por el software SAP2000 V20, se obtiene directamente la suma de cargas muertas y vivas que el software analiza, esto permite proceder a comprobar La fuerza cortante en la base (V).

Para tener un análisis más detallado, se procede a realizar la suma de cargas vivas que obtiene el software SAP2000 V20, obteniendo un análisis completo basado en la norma E.030.

6.6.2 Metrado de cargas vivas obtenidas por el software SAP2000 V20.

TABLE: Joint Reactions					
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 Tonn	F2 Tonn	F3 Tonn
2	WVIVA	Lin Static	0.0571	0.0208	1.9084
4	WVIVA	Lin Static	-0.0142	0.0358	3.8813
6	WVIVA	Lin Static	-0.0123	0.0346	4.434
8	WVIVA	Lin Static	-0.0207	-0.0082	1.2209
10	WVIVA	Lin Static	0.0101	0.0003364	0.0002833
12	WVIVA	Lin Static	-0.0134	0.03	5.2881
14	WVIVA	Lin Static	-0.0336	0.0884	3.546
16	WVIVA	Lin Static	0.015	0.0706	3.7099
18	WVIVA	Lin Static	0.0533	-0.0126	1.3757
20	WVIVA	Lin Static	0.0046	0.0397	4.9668
22	WVIVA	Lin Static	0.0126	0.0379	7.3255
24	WVIVA	Lin Static	-0.0303	0.038	4.3107
26	WVIVA	Lin Static	0.0632	0.0732	4.1342
28	WVIVA	Lin Static	-0.0466	0.0822	3.7709
30	WVIVA	Lin Static	0.0514	0.0565	4.5934
32	WVIVA	Lin Static	-0.0513	0.0816	3.7812
34	WVIVA	Lin Static	-0.0075	0.0437	1.2197
36	WVIVA	Lin Static	0.0436	0.0323	8.5898
38	WVIVA	Lin Static	0.0646	0.0372	2.2625
40	WVIVA	Lin Static	-0.0701	0.0781	4.0435
42	WVIVA	Lin Static	0.0487	0.0378	4.5675
44	WVIVA	Lin Static	-0.0622	0.1811	14.5129
46	WVIVA	Lin Static	-0.0639	0.0637	11.376
48	WVIVA	Lin Static	-0.0438	0.0833	3.7814
50	WVIVA	Lin Static	0.0444	0.0367	4.4327
52	WVIVA	Lin Static	-0.0468	0.0432	3.2079
54	WVIVA	Lin Static	-0.0313	0.0883	11.1402
56	WVIVA	Lin Static	-0.0182	0.0247	1.2424
58	WVIVA	Lin Static	0.0366	0.0796	9.6462
60	WVIVA	Lin Static	0.126	0.0438	4.2182
62	WVIVA	Lin Static	-0.0343	0.0784	8.0428
64	WVIVA	Lin Static	0.0205	0.0001	2.5842
66	WVIVA	Lin Static	0.043	0.1414	13.3094
68	WVIVA	Lin Static	-0.0084	-0.0021	5.16
70	WVIVA	Lin Static	-0.159	-0.0156	2.3722
72	WVIVA	Lin Static	0.0243	-0.0137	2.7367
74	WVIVA	Lin Static	0.0084	-0.0062	3.9742
76	WVIVA	Lin Static	-0.0007623	-0.006	3.8181
78	WVIVA	Lin Static	-0.0183	-0.0048	5.1724
80	WVIVA	Lin Static	0.0237	-0.0049	5.3934
82	WVIVA	Lin Static	0.0034	0.0013	3.7201
84	WVIVA	Lin Static	0.0238	-0.0036	5.3907
86	WVIVA	Lin Static	0.0276	-0.0023	5.6792
88	WVIVA	Lin Static	-0.0194	0.0042	4.2487
90	WVIVA	Lin Static	-0.0007824	0.0104	1.4032
92	WVIVA	Lin Static	0.0432	-0.0038	1.4468
94	WVIVA	Lin Static	-0.0067	-0.1117	4.8727
96	WVIVA	Lin Static	-0.0348	-0.0183	1.9287
98	WVIVA	Lin Static	-0.0381	-0.0913	1.8286
100	WVIVA	Lin Static	0.0771	-0.102	3.4054
102	WVIVA	Lin Static	-0.0239	-0.2788	6.8152
104	WVIVA	Lin Static	-0.0888	-0.1807	4.8722
106	WVIVA	Lin Static	0.0008182	-0.2837	6.8852
108	WVIVA	Lin Static	0.0008682	-0.2462	7.2392
110	WVIVA	Lin Static	0.013	0.1601	13.1601
112	WVIVA	Lin Static	-0.013	-0.1131	4.6386
114	WVIVA	Lin Static	-0.0226	-0.1136	5.7012
116	WVIVA	Lin Static	-0.0193	-0.0986	5.9943
118	WVIVA	Lin Static	0.049	-0.024	1.4448
120	WVIVA	Lin Static	-0.0016	-0.3844	8.1303
122	WVIVA	Lin Static	0.0304	-0.277	6.8947
124	WVIVA	Lin Static	0.0087	-0.1286	4.9638
126	WVIVA	Lin Static	0.0236	0.0851	10.3898
128	WVIVA	Lin Static	0.0228	-0.2777	6.8119
130	WVIVA	Lin Static	0.044	-0.13	5.1972
132	WVIVA	Lin Static	-0.0713	-0.083	3.9782
134	WVIVA	Lin Static	-0.0768	-0.0282	1.4842
136	WVIVA	Lin Static	-0.089	0.1589	12.9612
138	WVIVA	Lin Static	-0.0889	0.0663	3.8728
140	WVIVA	Lin Static	0.2817	0.0703	6.8189
142	WVIVA	Lin Static	0.0073	0.1604	13.0347
144	WVIVA	Lin Static	0.0212	0.0872	10.3673
146	WVIVA	Lin Static	-0.0889	0.0927	10.3339
148	WVIVA	Lin Static	-0.0191	0.0684	6.8361
150	WVIVA	Lin Static	-0.0717	0.0277	2.1008
152	WVIVA	Lin Static	-0.0271	-0.1608	12.8813
154	WVIVA	Lin Static	-0.0021	0.0003842	0.0061
156	WVIVA	Lin Static	-0.003	0.0013	1.7332
158	WVIVA	Lin Static	0.0127	0.0001663	0.0243
160	WVIVA	Lin Static	-0.0209	0.00039	0.071
162	WVIVA	Lin Static	0.0189	0.0018	0.0271
164	WVIVA	Lin Static	-0.0337	0.0009334	0.1162
166	WVIVA	Lin Static	0.0132	0.0004383	0.0188
168	WVIVA	Lin Static	-0.033	0.0023	0.1123
170	WVIVA	Lin Static	0.0183	0.0013	0.0237
172	WVIVA	Lin Static	-0.0246	0.0009189	0.0829
174	WVIVA	Lin Static	0.0132	0.0018	0.022
176	WVIVA	Lin Static	-0.0064	0.0013	0.0336
178	WVIVA	Lin Static	0.0176	0.0016	0.0247
180	WVIVA	Lin Static	-0.0246	0.0009632	0.0829
182	WVIVA	Lin Static	0.0173	0.0016	0.0248

Tabla 32. Metrado de cargas vivas. SAP2000 V20. TOTAL = 423.4546 Tn

Para obtener la carga muerta total, se resta la carga viva – carga total del metrado obtenido por el software SAP2000 V20.

$$P_{\text{muerto}} = 3024.3766 - 423.4546 = 2600.9169 \text{ Tn}$$

6.7 Diseño sísmico norma técnica E.030

6.7.1 Modulo A

Con la finalidad de realizar un análisis estructural que se asemeje lo más cercano a la realidad, los efectos de un sismo se pueden expresar como fuerzas laterales estáticas. Este patrón de fuerzas laterales dependerá de las aceleraciones que estén asociadas con el movimiento del lugar en la que se ubique la edificación.

Este análisis incluye lo siguiente:

- Sistema estructural sismorresistente
- Periodo fundamental de vibración en el eje X y Y.
- Parámetros que se utilizan para definir el espectro de diseño.
- Cortante basal en la base, que se emplea para el diseño, en el eje X y Y

- Zona Sísmica

La Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”, en el capítulo 2. Peligro sísmico. Indica que a cada zona del Perú se le asigna un factor Z, este factor se interpreta como la aceleración Máxima Horizontal en el suelo rígido, con una probabilidad del 10% de que exceda en 50 años. Este factor es expresado como una fracción mínima de la aceleración de la gravedad.



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

Tabla 33. La zona a evaluar es: $Z = 1$

Gráfico 118. Factor a evaluar es: $Z = 0.10$

- Características Geotécnicas

En el capítulo 2.3 condiciones geotécnicas, artículo 2.3.1 perfiles de suelo.

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

Tabla 34. Valores de los tipos de perfiles de suelo. (NTE.030)

El estudio de mecánica de suelos determina que la institución a evaluar, esta en situado en el perfil I, tipo S3 suelos blandos, que representan a los suelos flexibles.

- Parámetros del Sitio. (S, TP Y TL)

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

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla N° 4 PERÍODOS " T_p " Y " T_L "				
	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Tabla 35. Valores del Factor de amplificación del suelo. (NTE.030)

Perfil de suelo S3, $S = 2.00$, $T_p = 1.0$ y $T_L = 1.60$

- Categoría de la edificación y factor de uso “U”

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

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

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Tabla 36. Categorías de la edificación. (NTE.030)

El módulo A se encuentra en la categoría A, como una edificación esencial de clase A2, su factor de importancia $U = 1.5$, como se observa en el cuadro xx

- Categoría y sistema estructural

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N° 6 de la norma E.030.

Tabla N° 6 CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Tabla 37. Categoría y sistema estructural. (NTE.030)

- Sistemas estructurales y coeficiente básica de Reducción R_0

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla N° 7. Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente R_0 que corresponda.

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Tabla 38. Sistema estructural sismorresistente. (NTE.030)

El sistema estructural está definido como Pórtico, donde el 80% del esfuerzo cortante en la base, actúa sobre las columnas, el coeficiente básico de reducción $R_0 = 8$.

- Factores de Irregularidad. (I_a y I_p)

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

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_a
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	0,75
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	
Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10) Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	0,50
Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	

Tabla 39. Factor de irregularidad I_a . (NTE.030)

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_p
Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,75

Tabla 40. Factor de irregularidad I_p . (NTE.030)

Se recalca que los factores de irregularidades se utilizaron para construir el espectro de diseño sísmico, para el análisis pushover se utilizó el factor $I_a = 1$, como se muestra en el Grafico 127.

- Periodo Fundamental

El periodo fundamental para cada dirección se estima con la siguiente expresión:

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

Donde:

$C_T = 35$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

En el grafico del módulo A, se muestra las características para el cálculo de periodo fundamental de la estructura. Sin tomar en cuenta su rigidez.

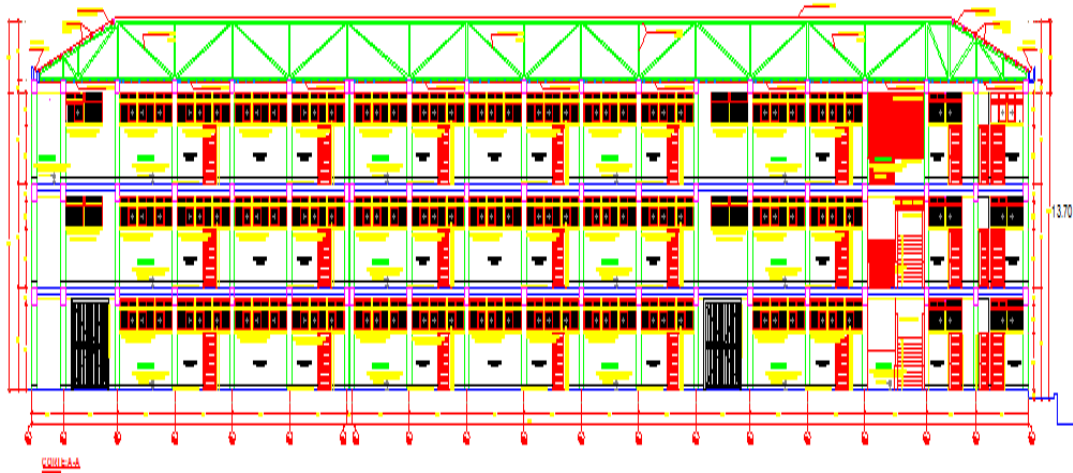


Gráfico 119. Características del periodo fundamental, Modulo A.

Para calcular el coeficiente del periodo se utiliza, $CT = 35$ y la altura (h_n) de la edificación es $h_n = 13.70\text{m}$, por lo tanto, el periodo fundamental es $T = 13.70/35 = 0.39$ segundos.

- Factor de amplificación Sísmica (C)

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

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

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

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

Gráfico 120. Condiciones del periodo fundamental. NTE.030.

T es el periodo Fundamental de la estructura, este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

En el numeral 6.8.1.8 es calculado dicho periodo, $T = 0.39$ segundos y los coeficientes de sitio de la tabla N°4 de la norma E.030, $T_p = 1.00$, $T_L = 1.60$.

Se procede a verificar las condiciones de factores de amplificación sísmica, donde se obtiene el valor de $C = 2.5$, la cual se detalla a continuación:

$T < T_P$	$0.39 < 1.00$	 ok cumple la condición
$T_P < T < T_L$	$1.00 < 0.39 < 1.60$	 no cumple la condición
$T > T_L$	$0.39 > 1.60$	 no cumple la condición

- Estimación del peso (P)

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

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

Metrados obtenidos

Software SAP2000 V20 = 3024.3716 Tn (carga total)

Software SAP2000 V20 = 2600.9169 Tn (carga muerto)

Software SAP2000 V20 = 423.45466 Tn (carga viva)

Metrado de cargas = 1297.9200 Tn (carga muerta)

Metrado de cargas = 390.4400 Tn (carga muerta)

Análisis por la norma E.030.

Como la edificación es de categoría A, se tomará el 50% de la carga viva.

Para el SAP2000 V20

$P = 2600.9169 + (0.5(423.4546)) = 2812.6442 \text{ Tn}$

Para el metrado de cargas

$P = 1297.9200 + (0.5(390.4400)) = 1493.1400$

- Fuerza cortante en la base

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

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

Se considera que: $C/R0 \geq 0.125$

$2.5/8 = 0.3125 \geq 0.125$. OK cumple la condición

Valores dados para la verificación.

$$Z = 0.10$$

$$U = 1.5$$

$$S = 2.00$$

$$C = 2.5$$

$$R0 = 8$$

$$P1 = 3024.3716 \text{ Tn}$$

$$P2 = 2812.6442 \text{ Tn}$$

$$P3 = 1493.1400 \text{ Tn}$$

Para el SAP2000 V20

$$V_{\text{Sap2000}} = 209.8289 \text{ Tn (obtenido por el software)}$$

$$V_{\text{Sap2000}} = (0.1 \times 1.5 \times 2.00 \times 2.5) / 8 \times 3024.3716 = 283.5348 \text{ Tn}$$

$$V_{\text{Sap2000- E.030}} = (0.1 \times 1.5 \times 2.00 \times 2.5) / 8 \times 2812.6442 = 263.6854 \text{ Tn}$$

$$V_{\text{metrado- E.030}} = (0.1 \times 1.5 \times 2.00 \times 2.5) / 8 \times 1493.1400 = 139.9800 \text{ Tn}$$

6.7.2 Construcción del espectro de diseño

El análisis que se realizó tiene las siguientes características

$A = A2$	Categoría de uso, tipo 2
$Z = 0.1$	: Factor de zona, Zona sísmica 1, Loreto
$U = 1.5$	: Factor de Uso, edificación esencial tipo A2
$S = 2.00$	: Factor de amplificación de suelo tipo 3
$T_p = 1.00$	: Periodo de plataforma de suelo tipo S3
$T_L = 1.6$	: Periodo de inicio del factor C
$I_a = 0.75$	: Factor de irregularidad en altura (sísmico dinámico)
$I_a = 1.00$	: Factor de irregularidad en altura (Pushover)
$I_p = 0.75$	: Factor de irregularidad en Planta
$R_0 = 8$	: Factor de Reducción.

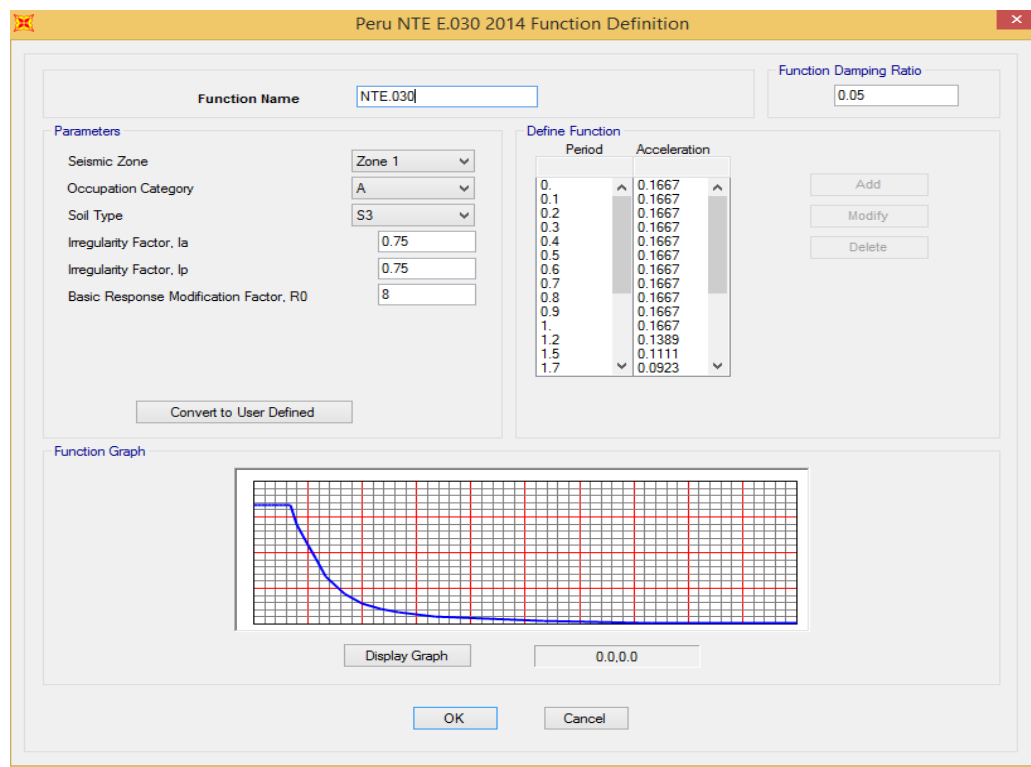


Gráfico 121. Espectro de diseño sísmico para el análisis dinámico. (NPE.030)

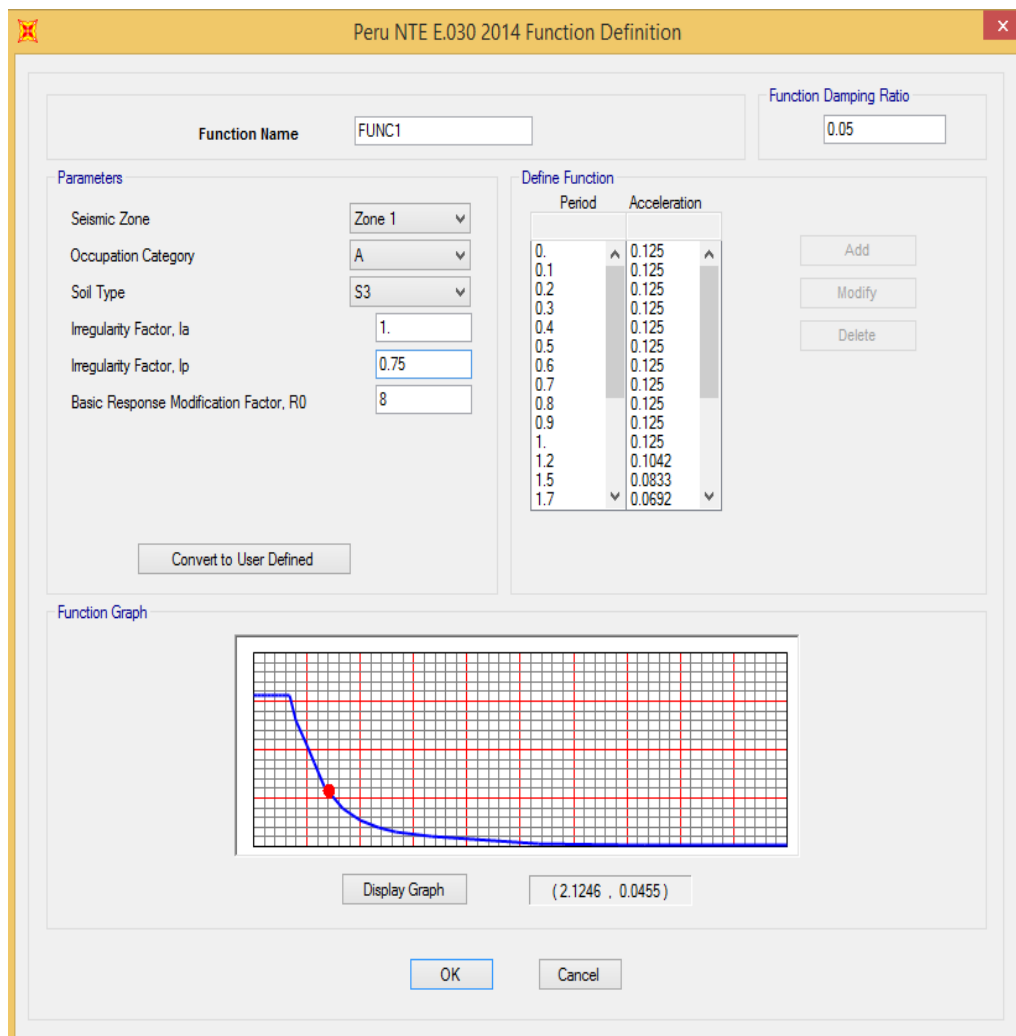


Gráfico 122. Espectro de diseño sísmico para el análisis Pushover. (NPE.030)

6.8 Ensayo de esclerometría.

Se procedió a hacer 4 ensayos de esclerometría por cada piso para obtener los resultados.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos para columnas.

N° de veces	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
1	34	33	32	32	33	33	34	32	33	34	31	32
2	32	32	30	30	35	31	34	35	31	39	35	30
3	33	35	31	31	32	32	31	35	29	37	29	33
4	33	36	32	30	37	31	32	37	38	32	32	32
5	31	32	33	30	38	30	35	30	40	30	33	37
6	34	34	33	29	31	32	34	36	31	32	32	32
7	37	31	32	29	32	35	37	35	38	35	33	30
8	32	30	34	32	31	33	38	32	33	31	38	31
9	35	32	34	31	31	31	39	31	30	33	31	35
10	33	30	35	33	32	35	33	35	38	32	36	31
SUMA	334	325	326	307	332	323	347	338	341	335	330	323
N°de golpes	33.4	32.5	32.6	30.7	33.2	32.3	34.7	33.8	34.1	33.5	33	32.3
N°de golpes	33.01 = 33 golpes											

Tabla 41. Resultados del ensayo de esclerometría columnas.

Para calcular el N° de golpes aproximado a la realidad, se hace una sumatoria de la cantidad de golpes y se divide entre N° de veces

$$N^{\circ} \text{ de golpes} = \sum N^{\circ} \text{ golpes} / N^{\circ} \text{ de veces (Paso 1)}$$

$$N^{\circ} \text{ de golpes} = \sum N^{\circ} \text{ golpes} / N^{\circ} \text{ de columnas (paso 2)}$$

A continuación, se muestra los resultados obtenidos para Vigas.

N° de veces	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12
1	34	41	40	38	37	34	34	32	39	34	40	32
2	37	32	37	36	40	37	34	35	37	43	42	38
3	33	40	39	40	38	39	31	35	39	37	38	38
4	38	42	32	30	37	37	32	37	38	32	32	40
5	39	32	33	38	38	39	35	30	40	30	33	37
6	40	34	39	29	37	38	34	36	31	32	32	32
7	40	31	42	29	41	40	37	35	38	35	33	37
8	32	39	34	32	39	33	38	32	33	31	38	37
9	40	39	34	31	31	31	39	31	38	33	31	35
10	38	39	35	33	32	35	33	35	38	39	36	40
SUMA	371	369	365	336	370	363	347	338	371	346	355	366
N°de golpes	37.1	36.9	36.5	33.6	37	36.3	34.7	33.8	37.1	34.6	35.5	36.6
N°de golpes	35.81 = 36 N° De golpes											

Tabla 42. Resultados del ensayo de esclerometría vigas.

Para calcular el N° de golpes aproximado a la realidad, se hace una sumatoria de la cantidad de golpes y se divide entre N° de veces

$$N^{\circ} \text{ de golpes} = \sum N^{\circ} \text{ golpes} / N^{\circ} \text{ de veces (Paso 1)}$$

$$N^{\circ} \text{ de golpes} = \sum N^{\circ} \text{ golpes} / N^{\circ} \text{ de vigas (paso 2)}$$

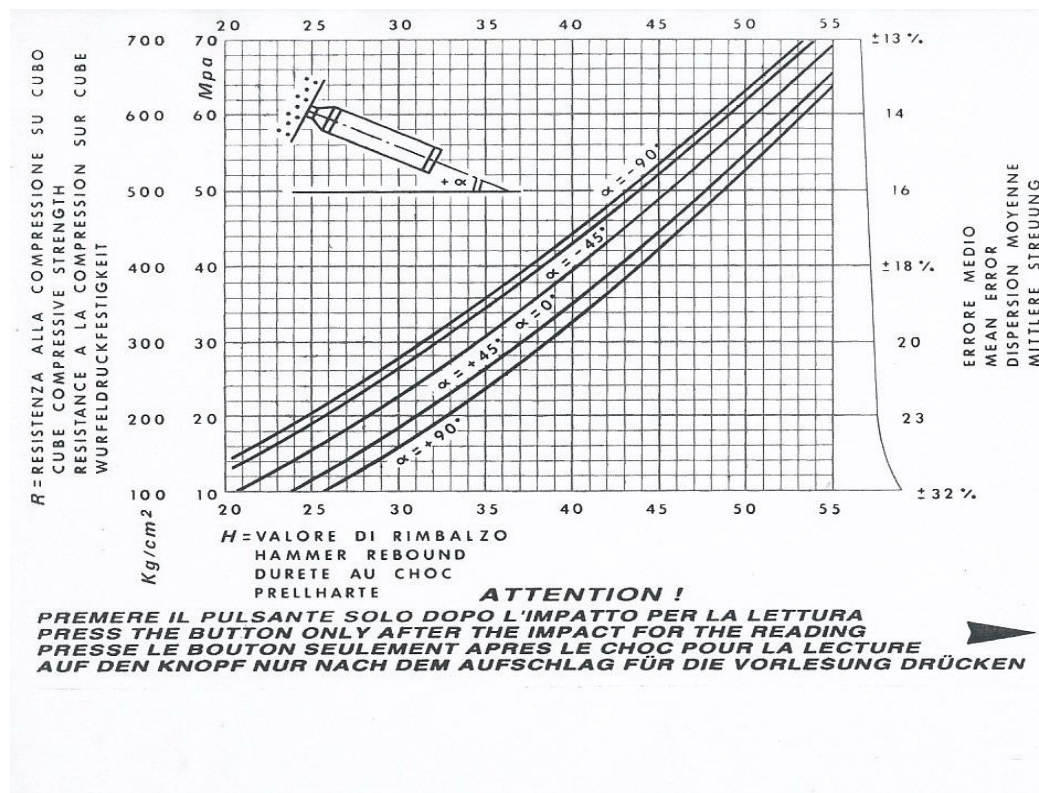


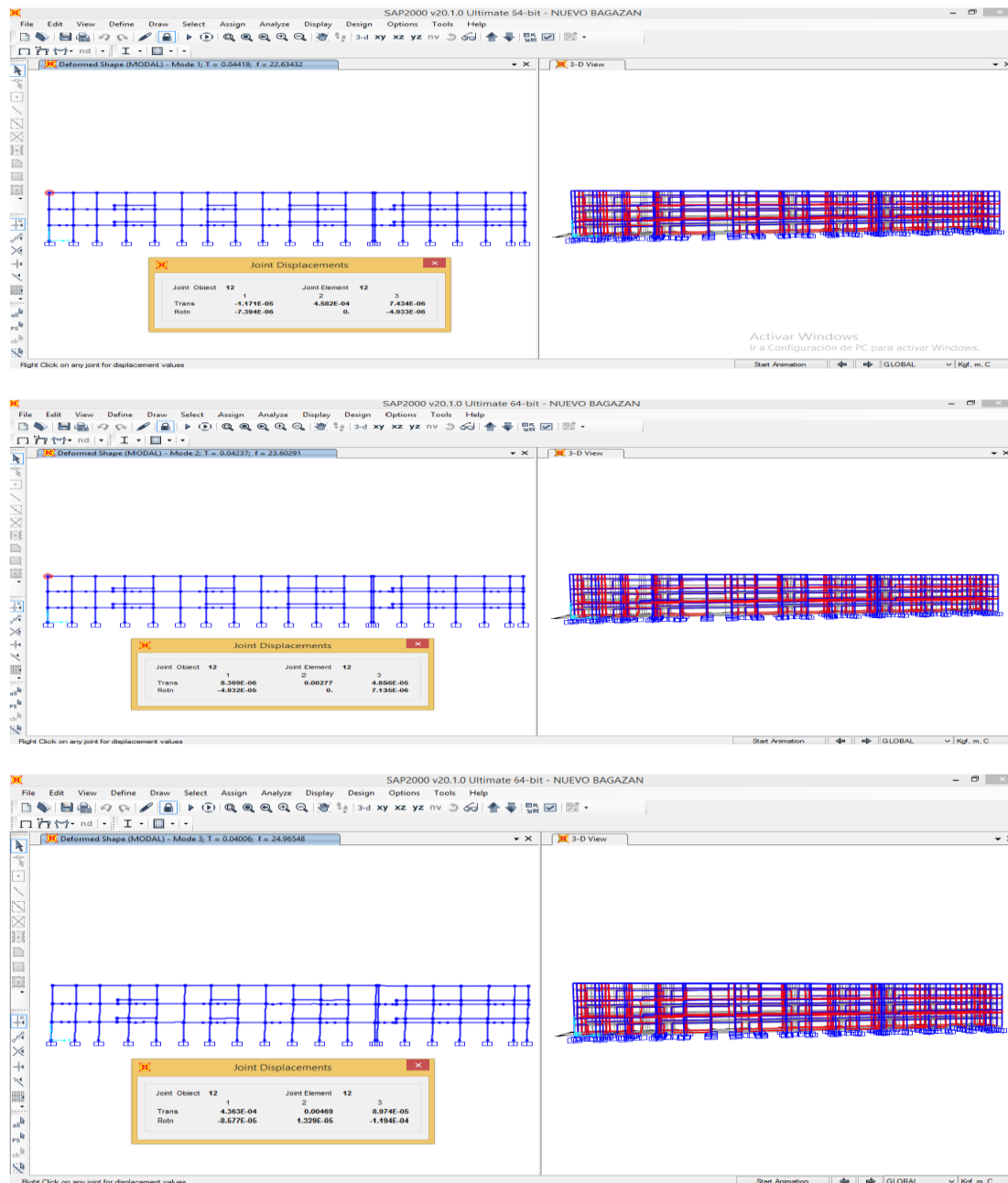
Gráfico 123. Resistencia a la compresión del concreto.

6.9 Análisis Modal espectral.

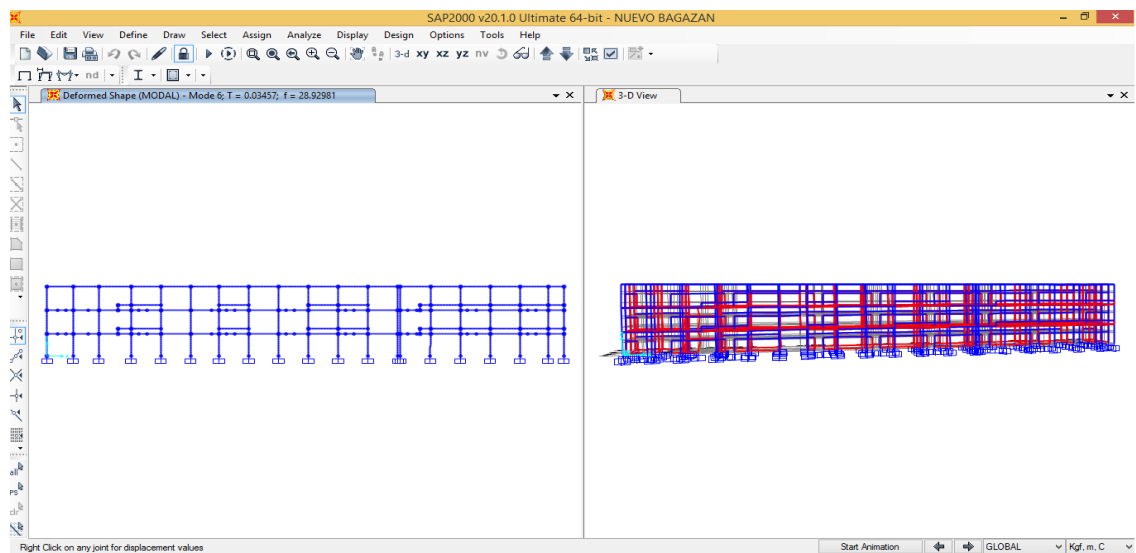
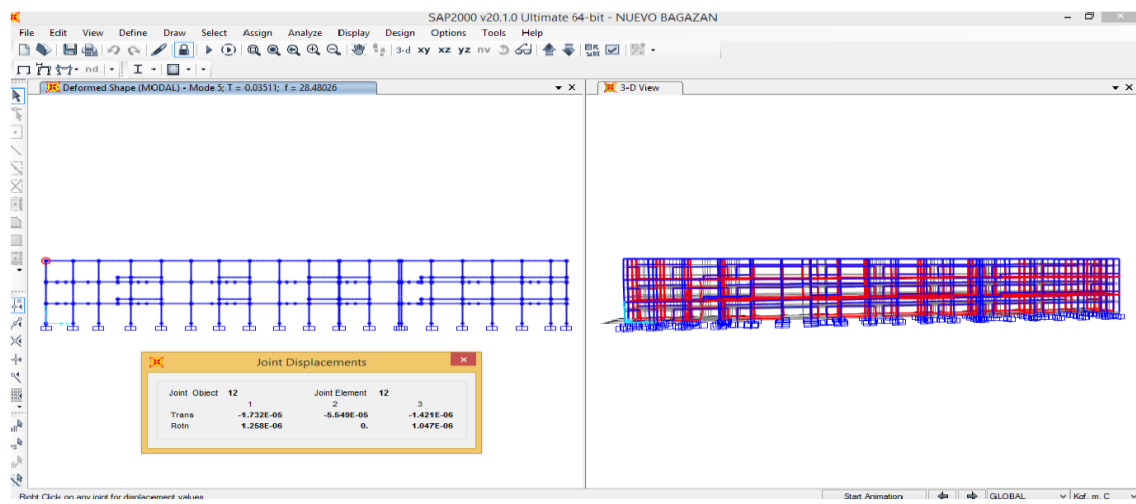
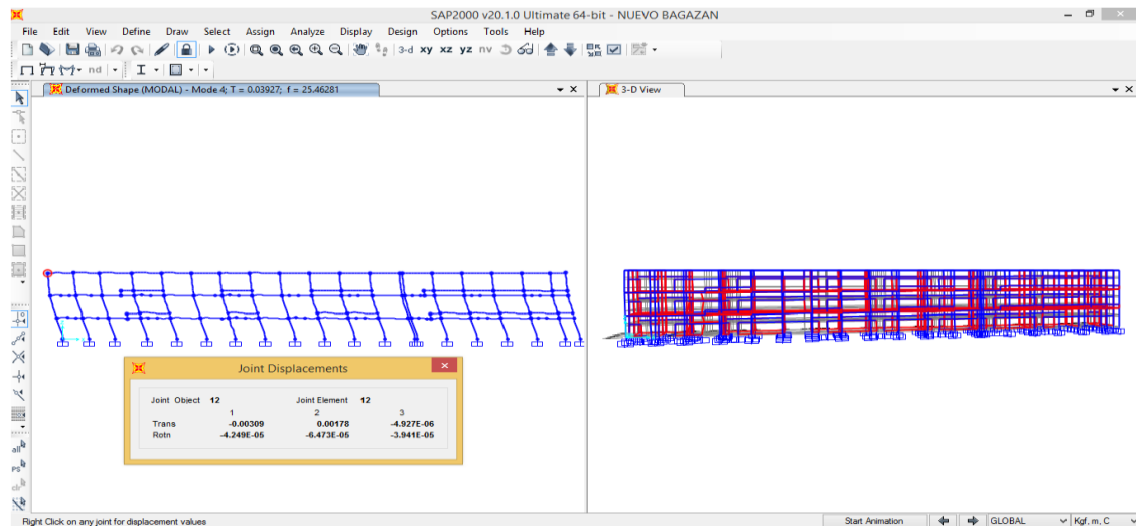
Al desarrollar el análisis modal se obtuvieron los periodos para los diferentes cambios de vibración. Las fuerzas distribuidas y cortantes por cada modo, para su respectivo periodo.

6.9.1 Modos de vibración eje X

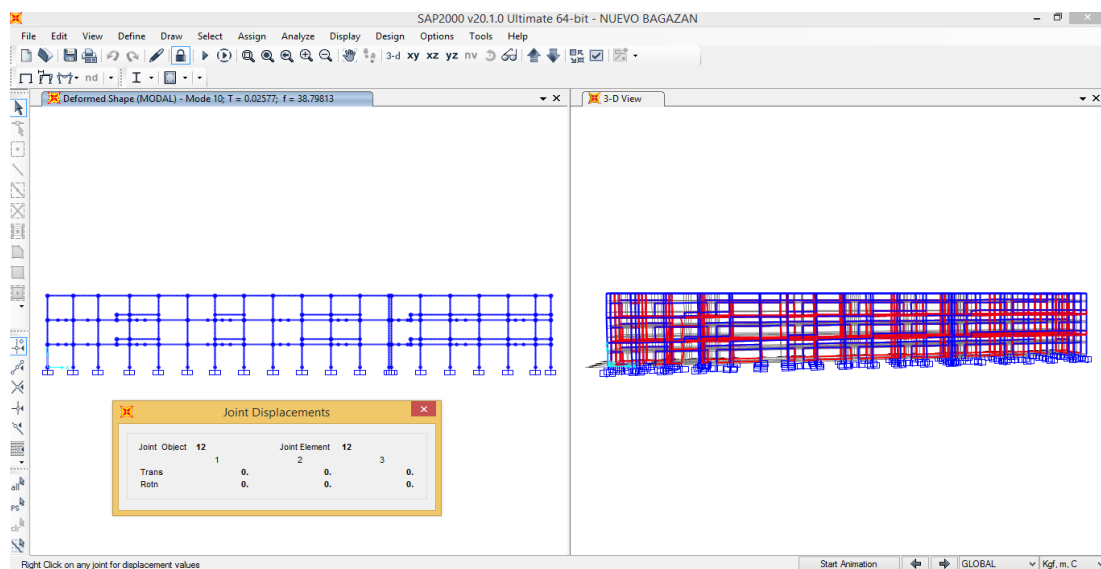
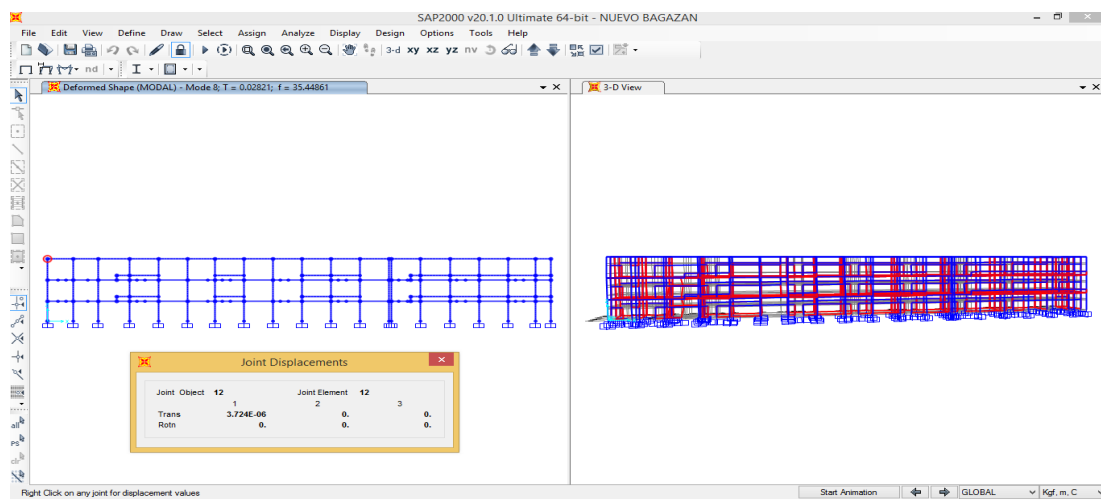
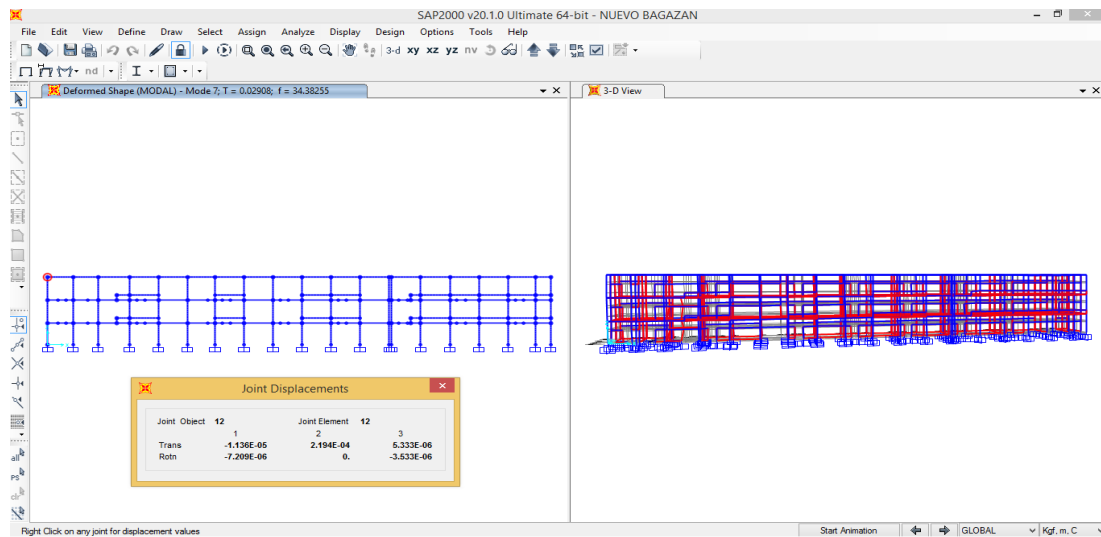
A continuación, se muestran los modos de vibración 12 para el eje 11, Dirección X.



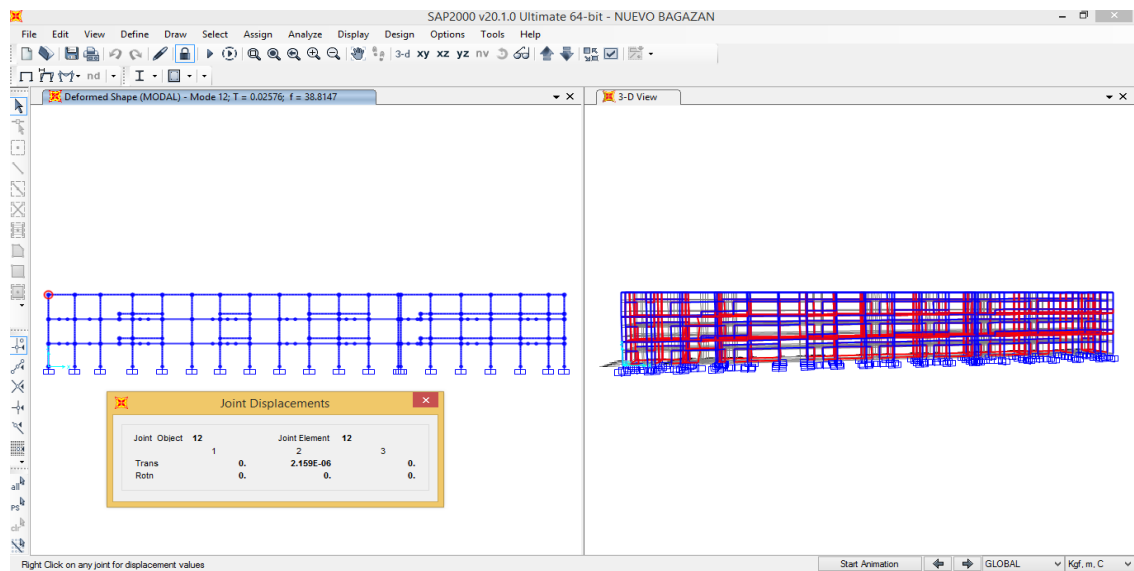
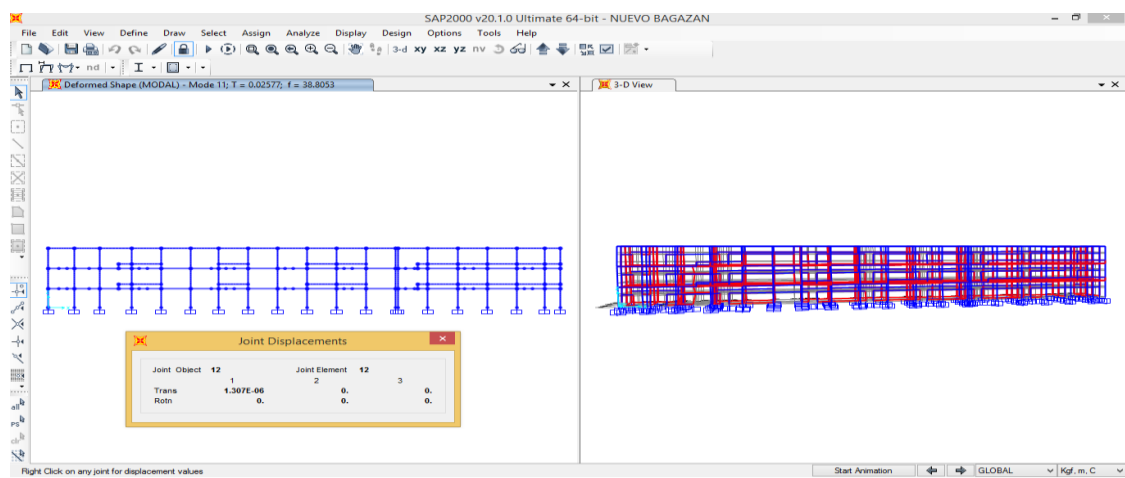
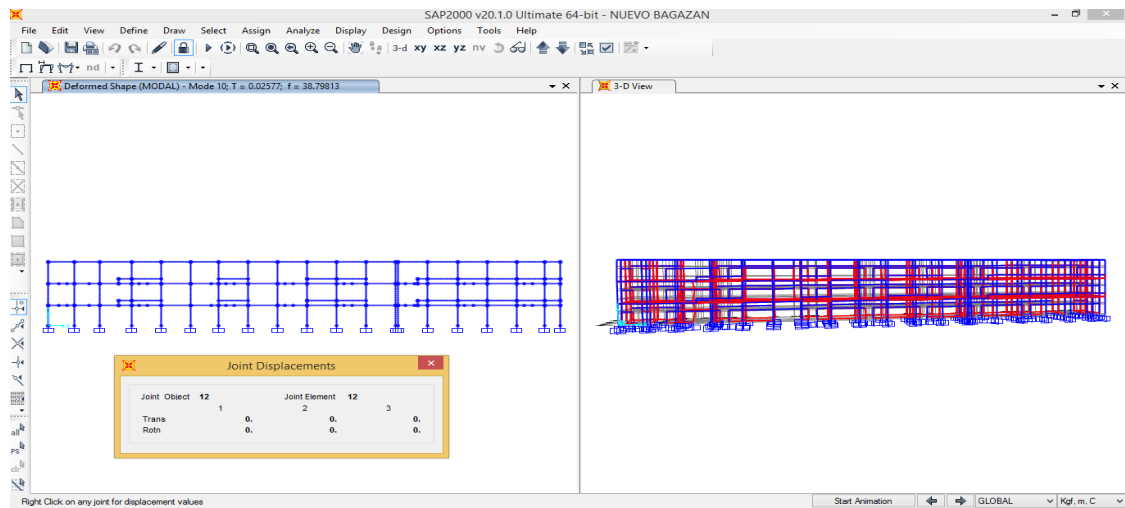
Grafica 124. Modos de vibración. (modos 1-3) SAP2000 V20.



Grafica 125. Modos de vibración eje 11. (modos 4-6) SAP2000 V20.

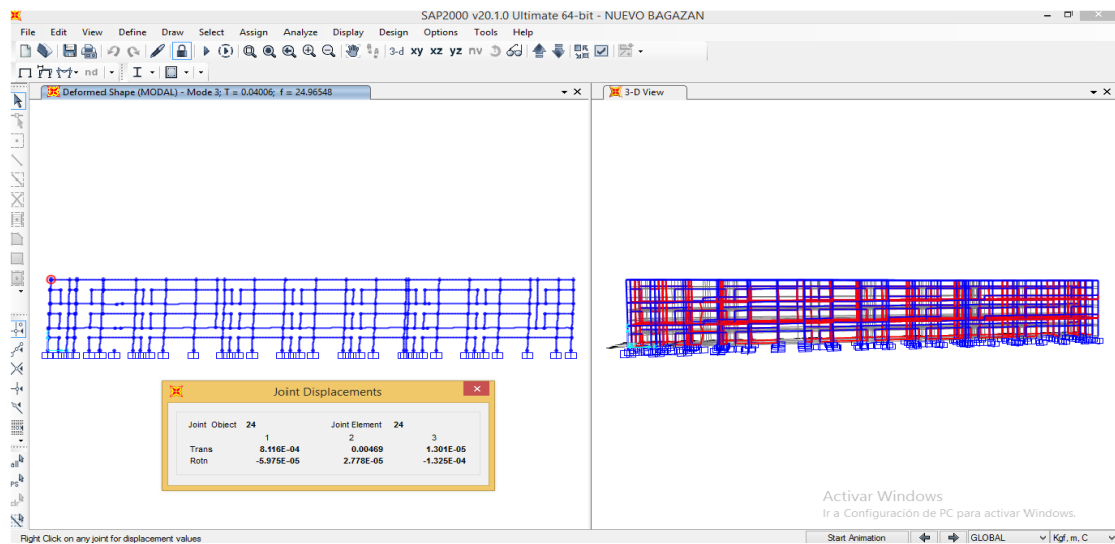
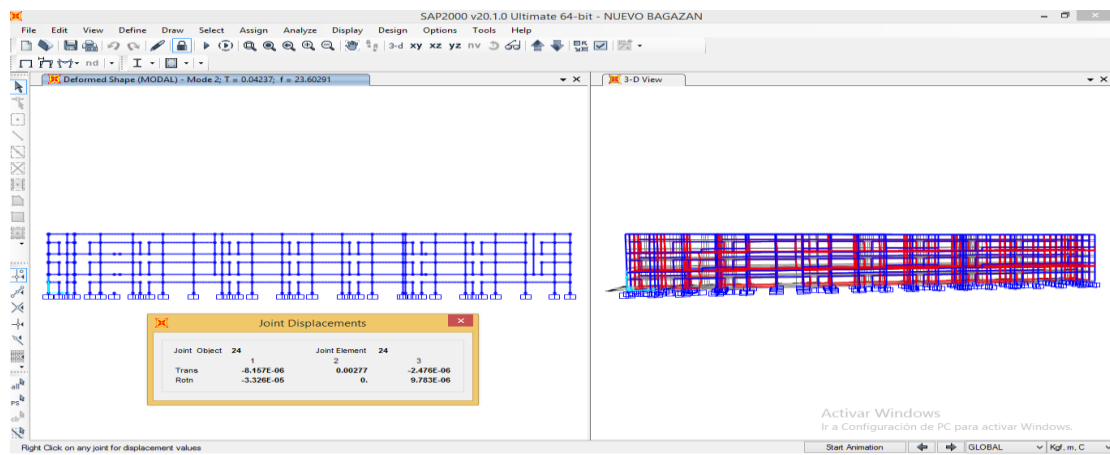
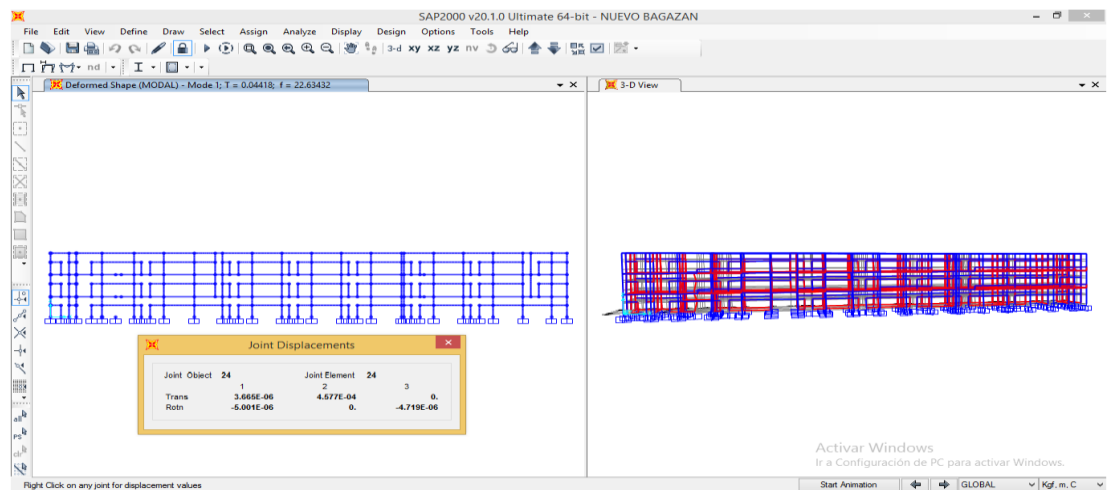


Grafica 126. Modos de vibración eje 11. (modos 7-9) SAP2000 V20.

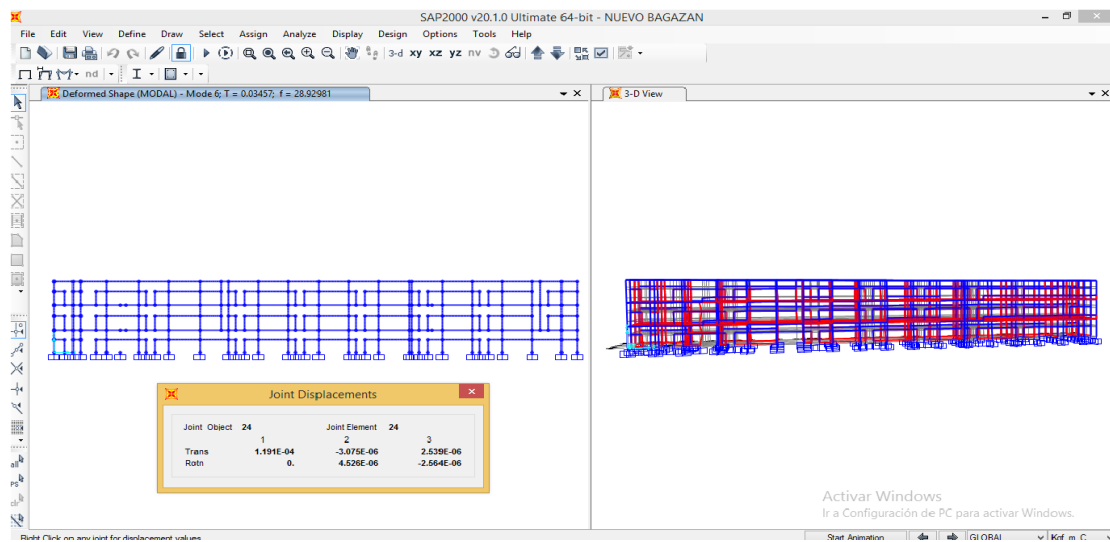
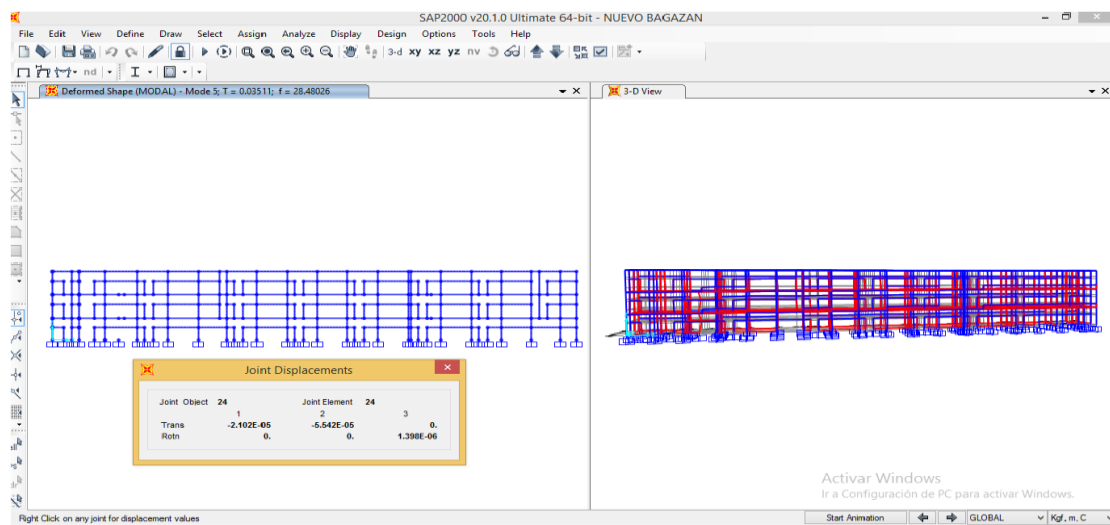
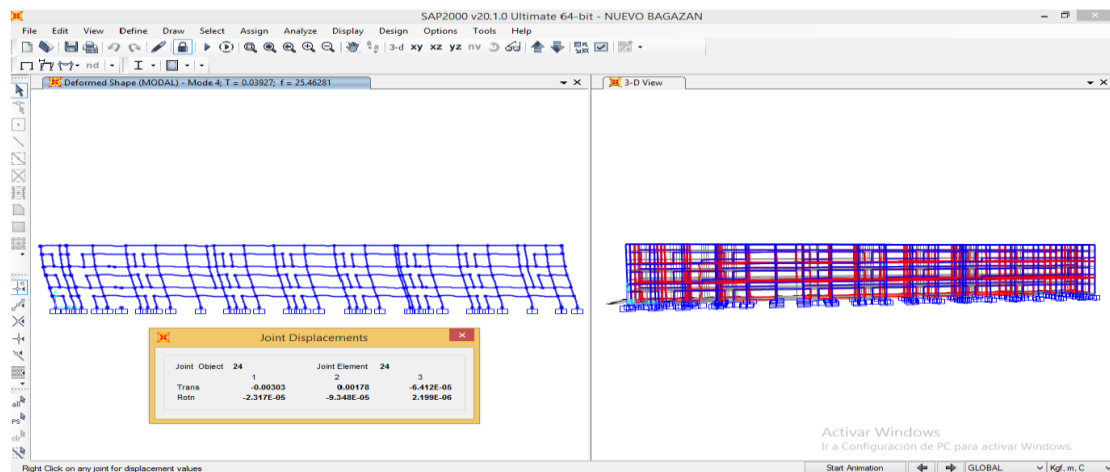


Grafica 127. Modos de vibración eje 11. (modos 10-12) SAP2000 V20.

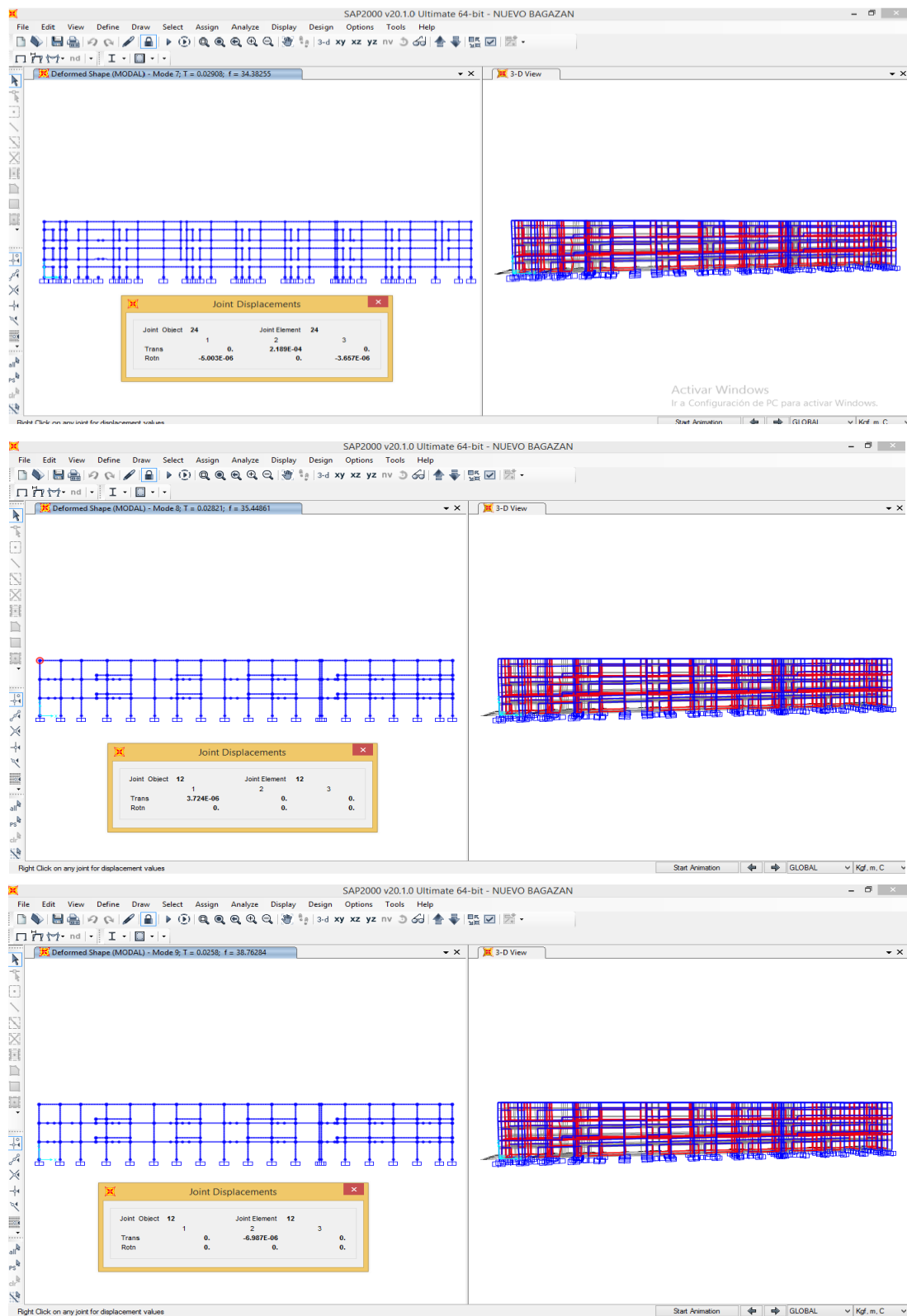
A continuación, se muestran los modos de vibración para el eje 12, Dirección X.



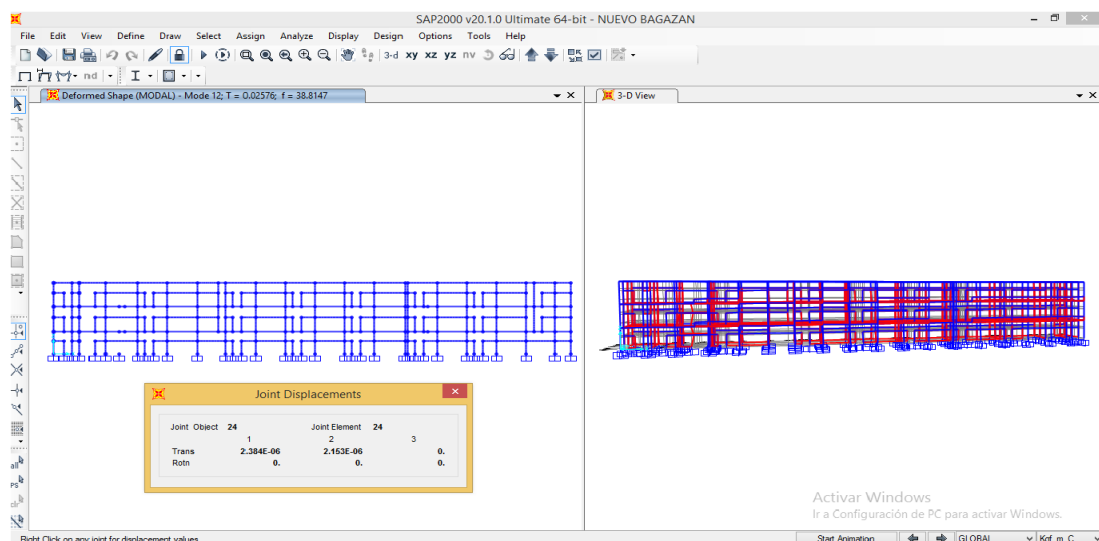
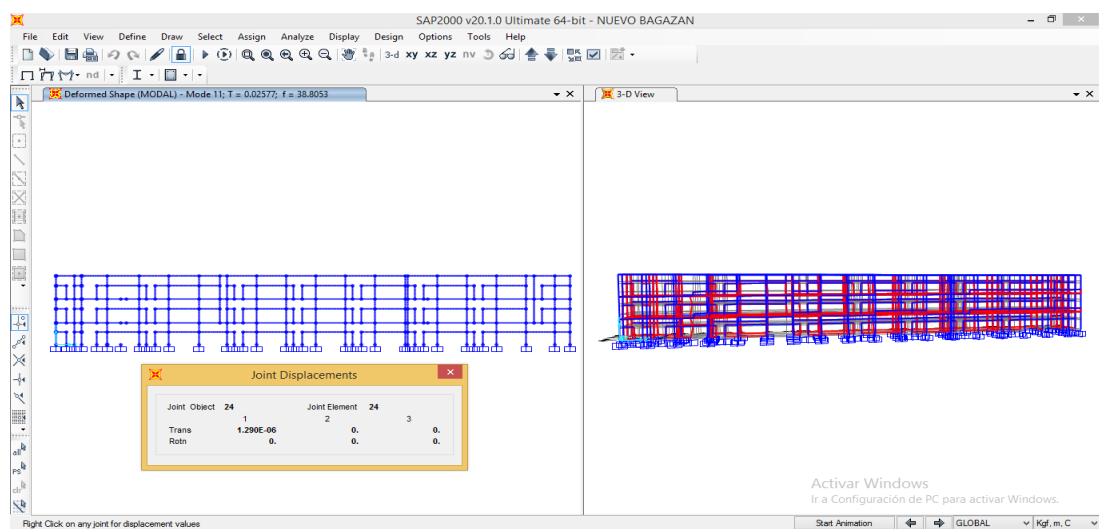
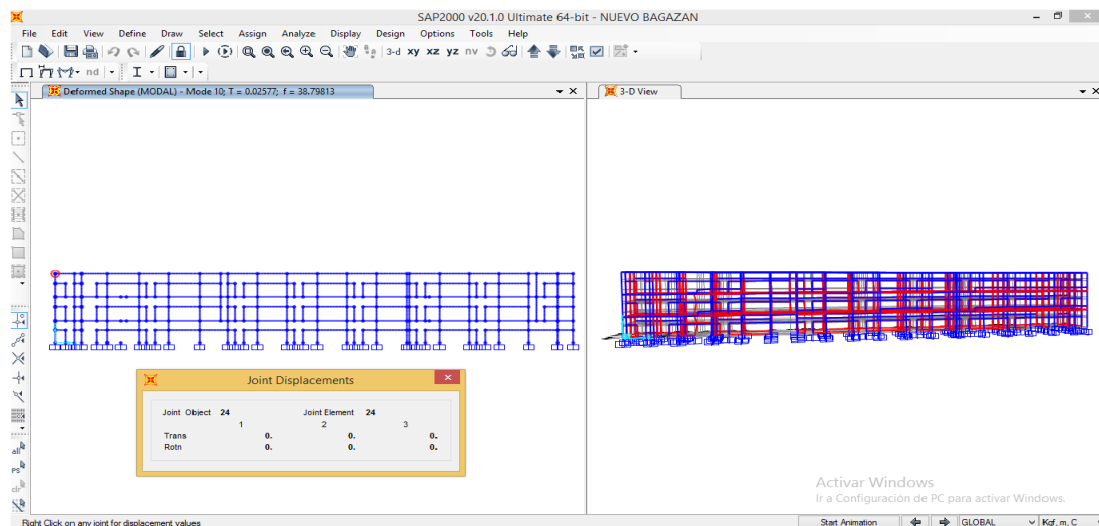
Grafica 128. Modos de vibración eje 12. (modo 1-3) SAP2000 V20.



Grafica 129. Modos de vibración eje 12. (modos 4-6) SAP2000 V20.

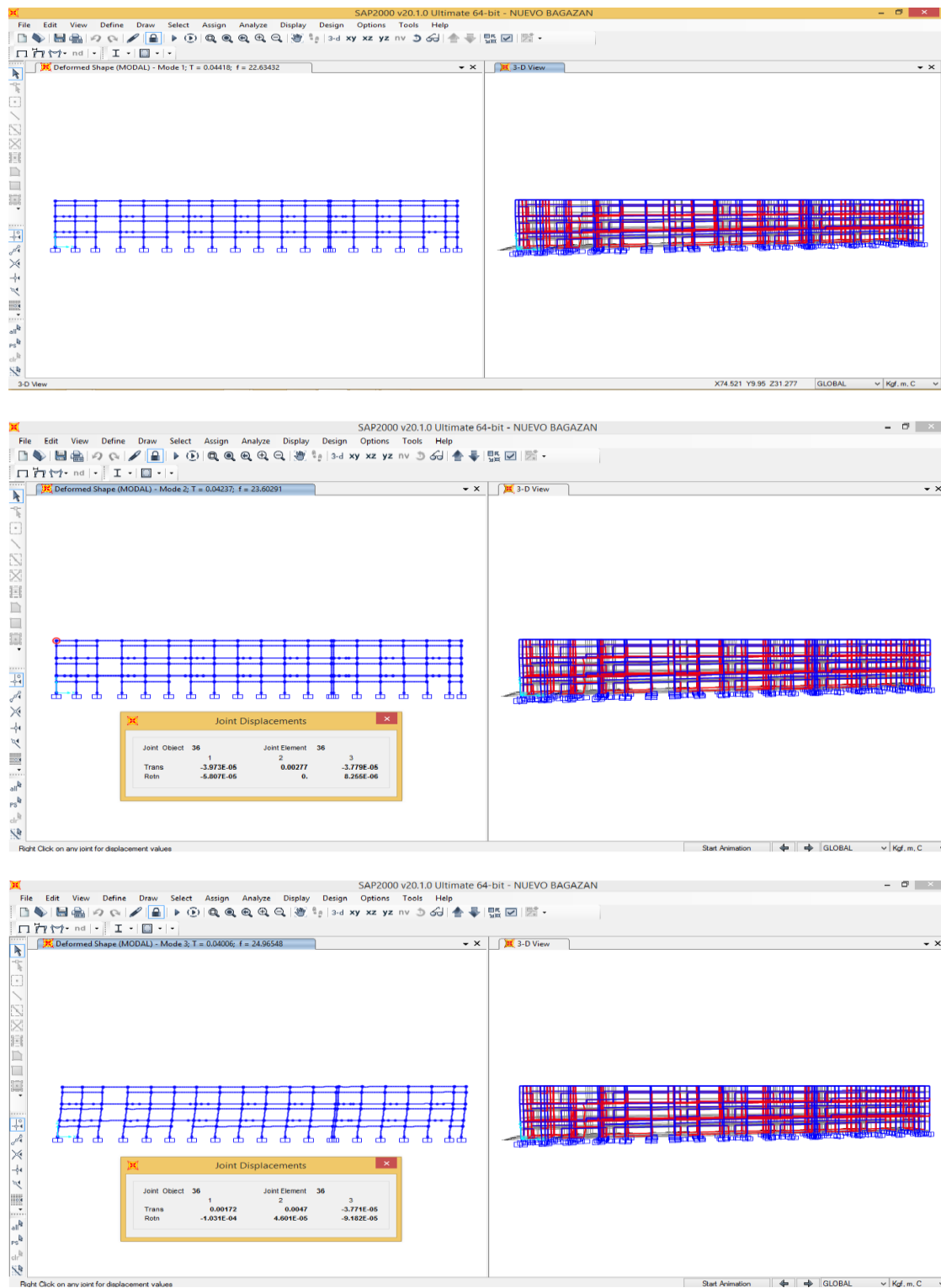


Grafica 130. Modos de vibración eje 12. (modos 7-9) SAP2000 V20.

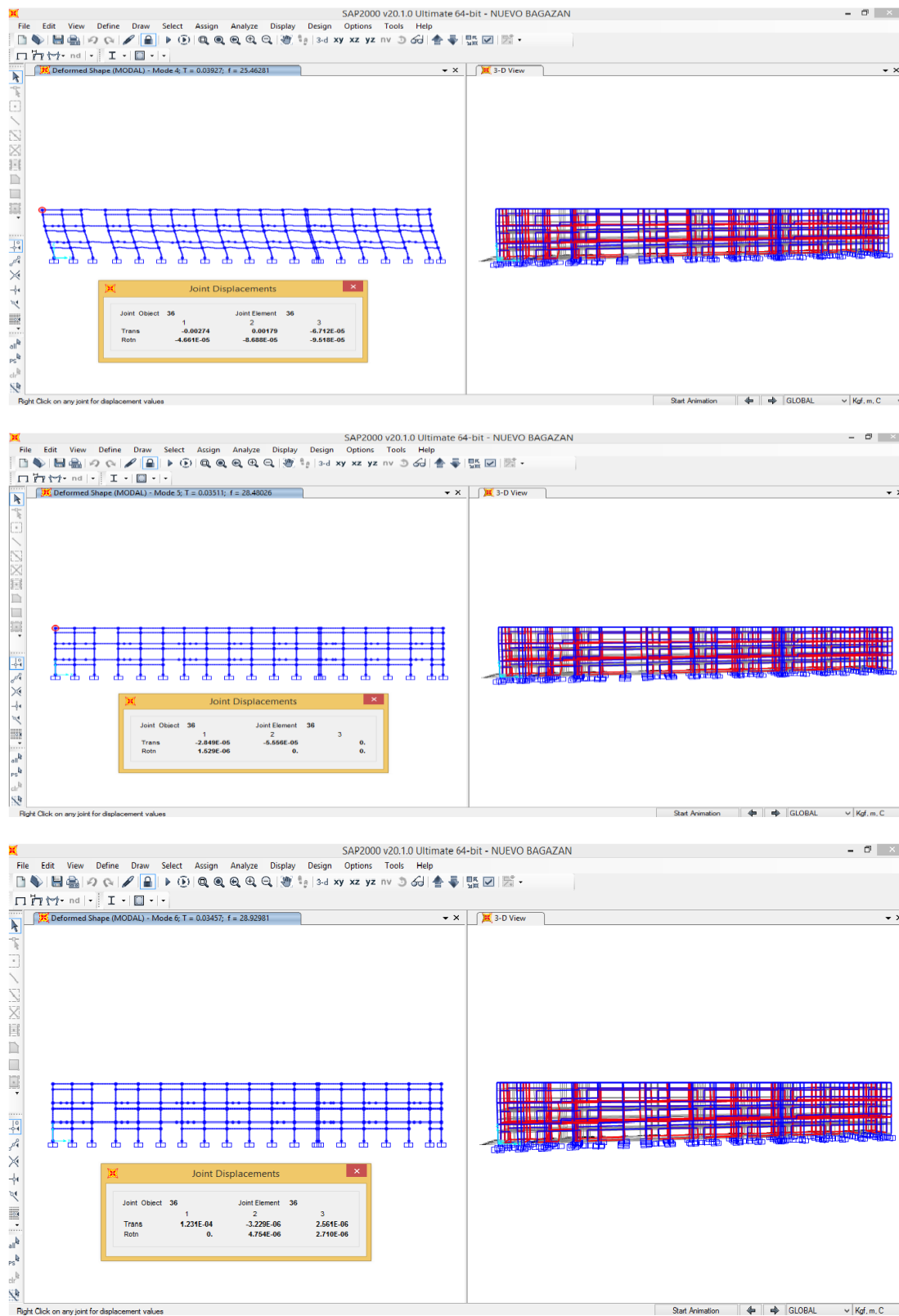


Grafica 131. Modos de vibración eje 12. (modos 10-12) SAP2000 V20.

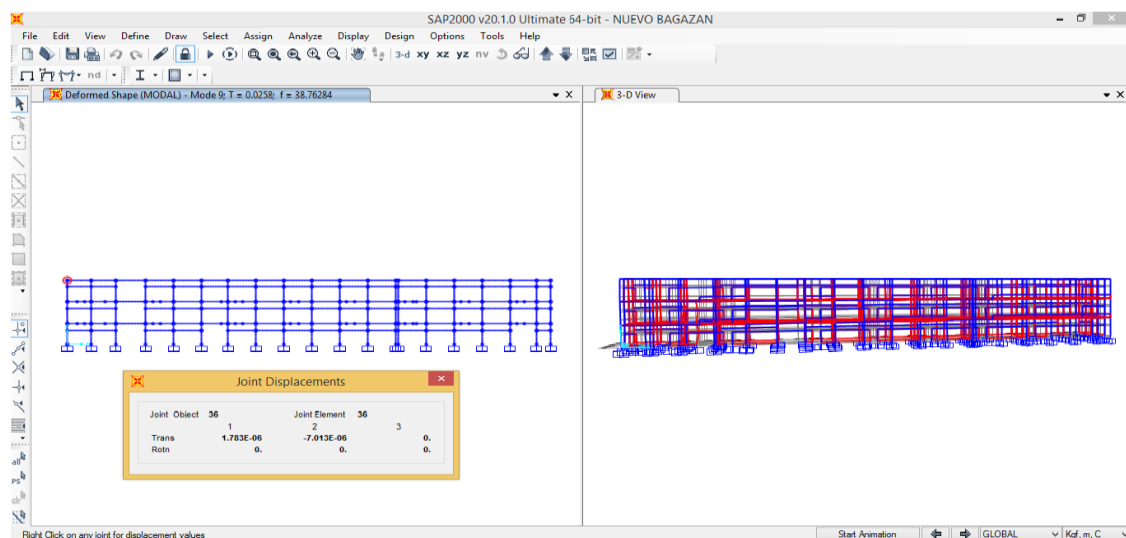
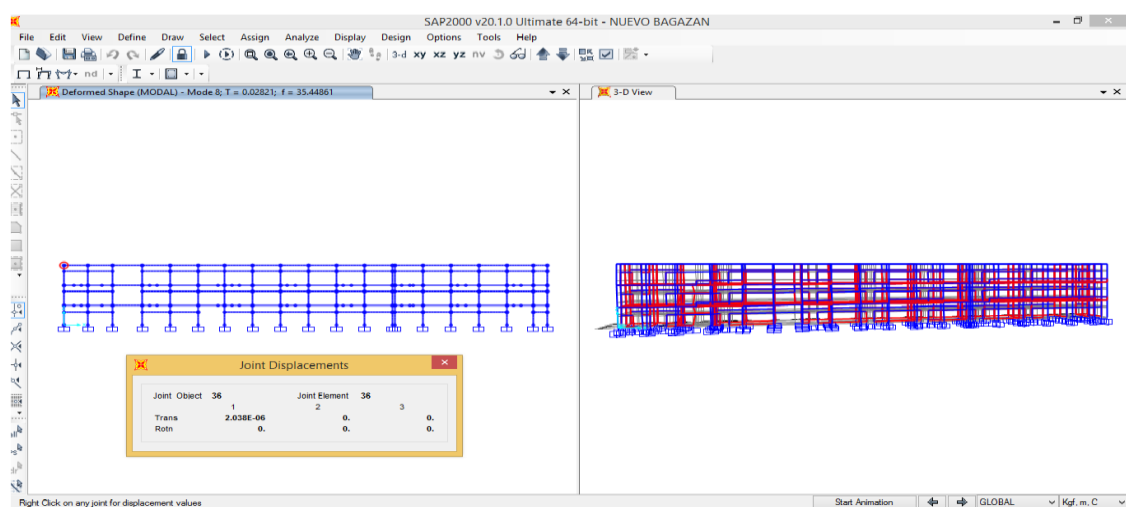
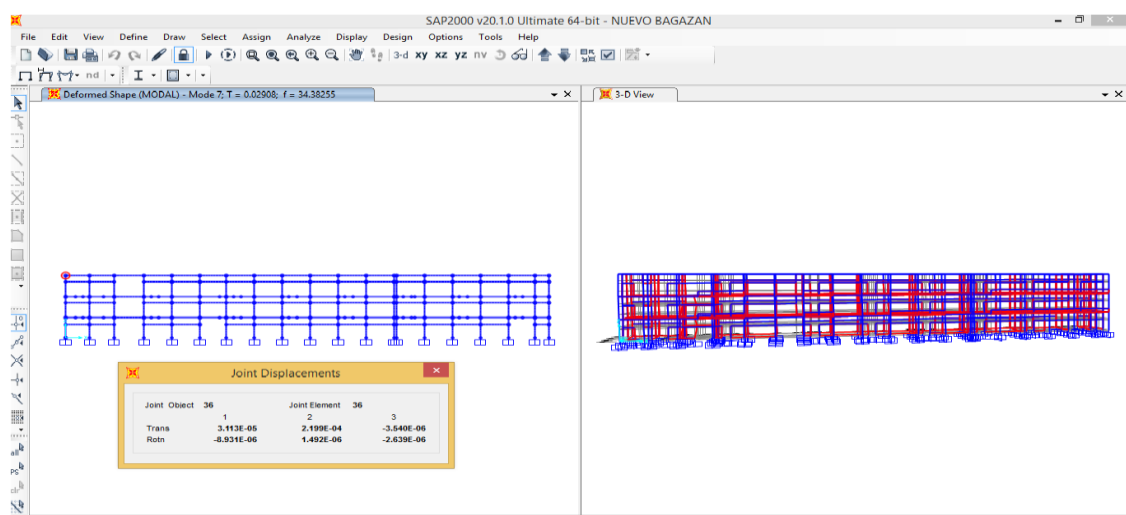
A continuación, se muestran los modos de vibración¹² para el eje 13, Dirección X.



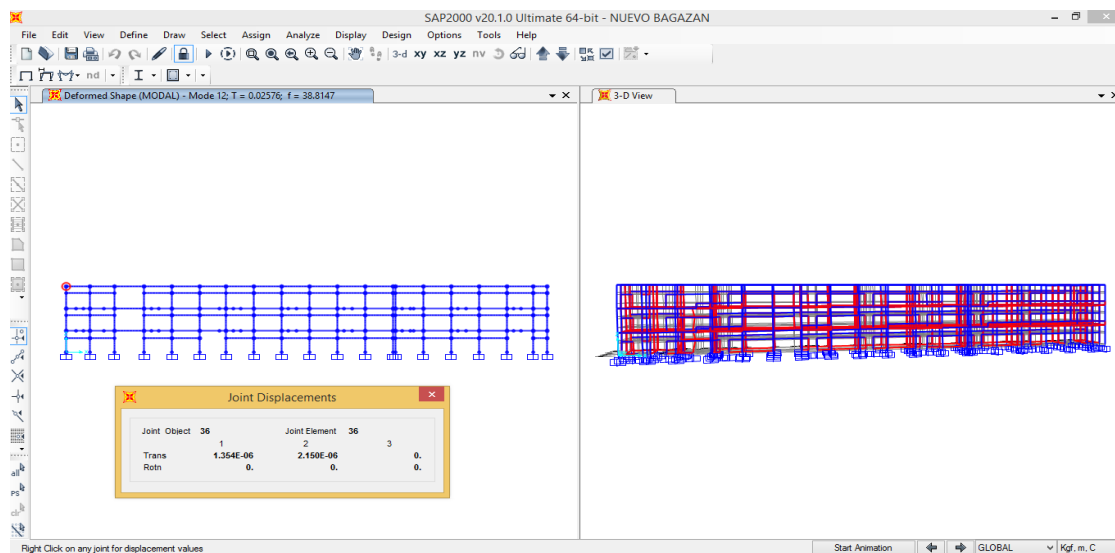
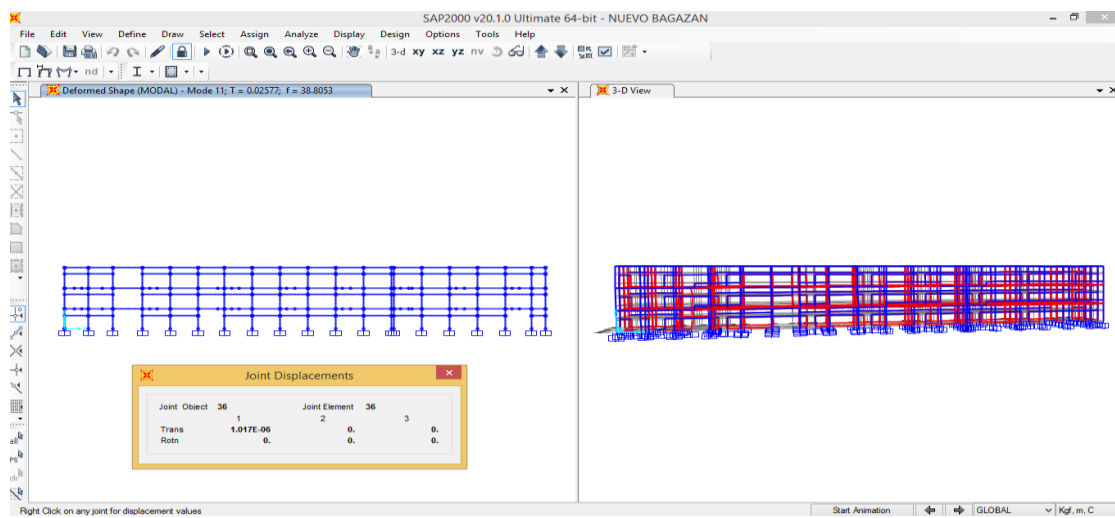
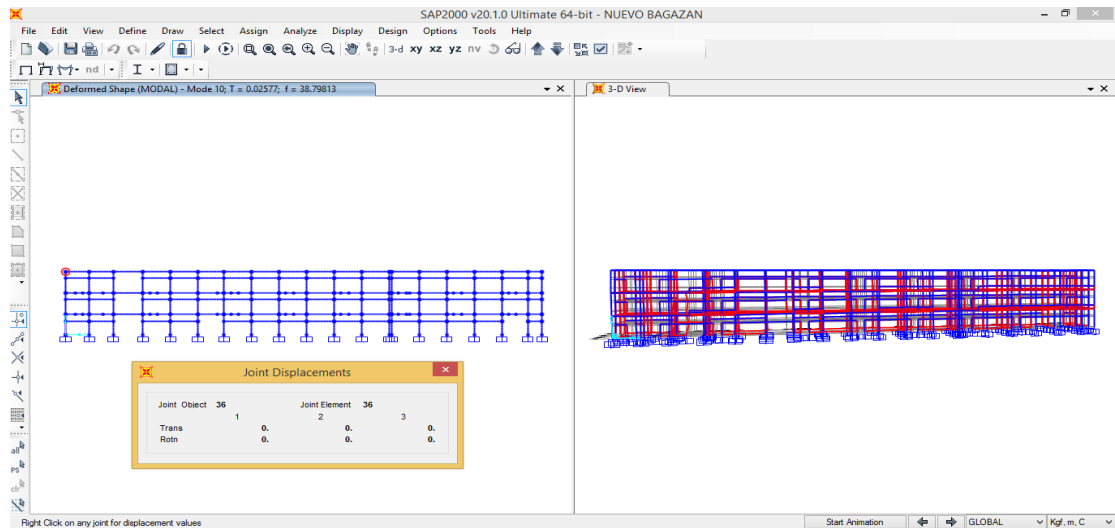
Grafica 132. Modos de vibración eje 13. (modos 1-3) SAP2000 V20.



Grafica 133. Modos de vibración eje 13. (modos 4-6) SAP2000 V20.



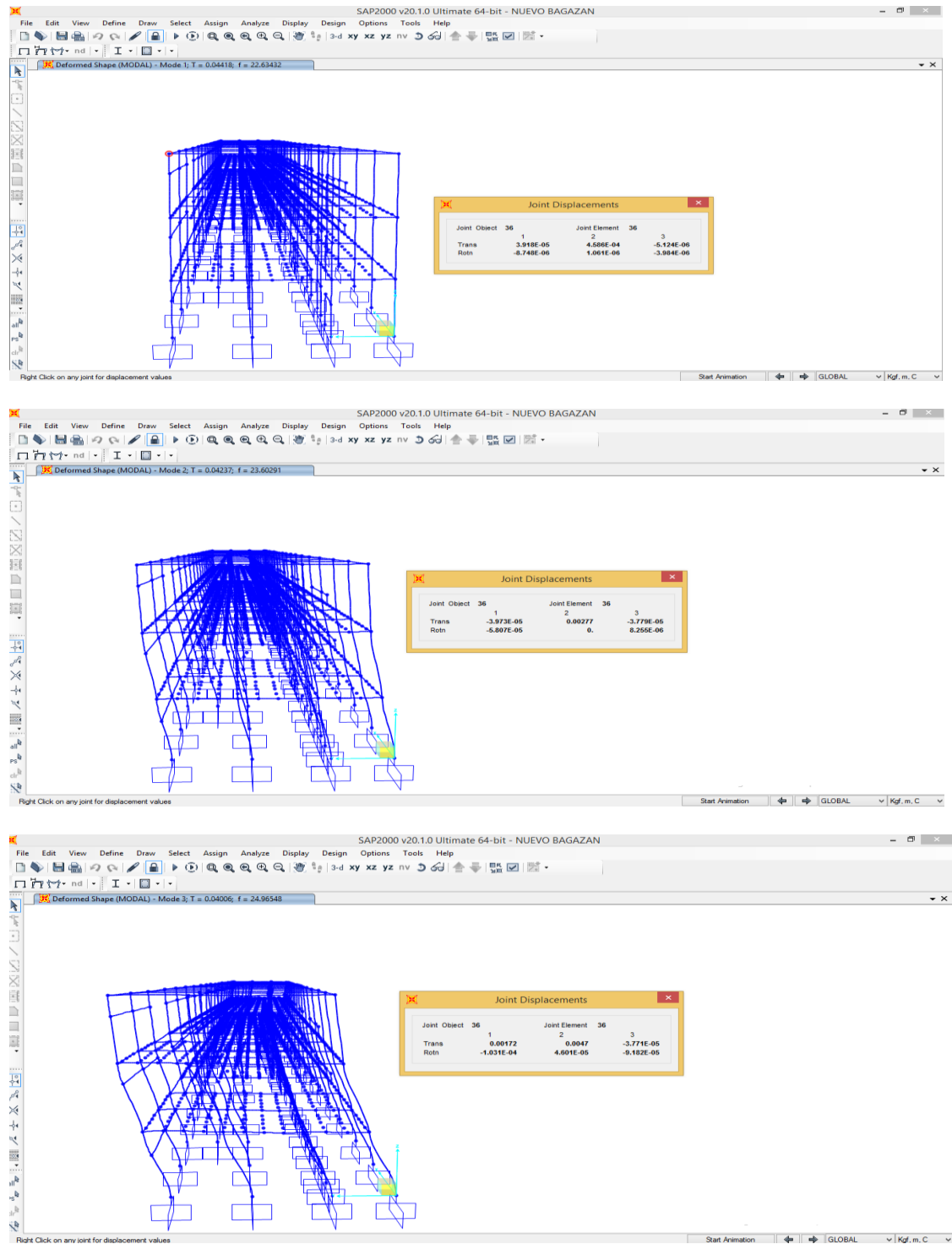
Grafica 134. modos de vibración eje 13. (modos 7-9) SAP2000 V20.



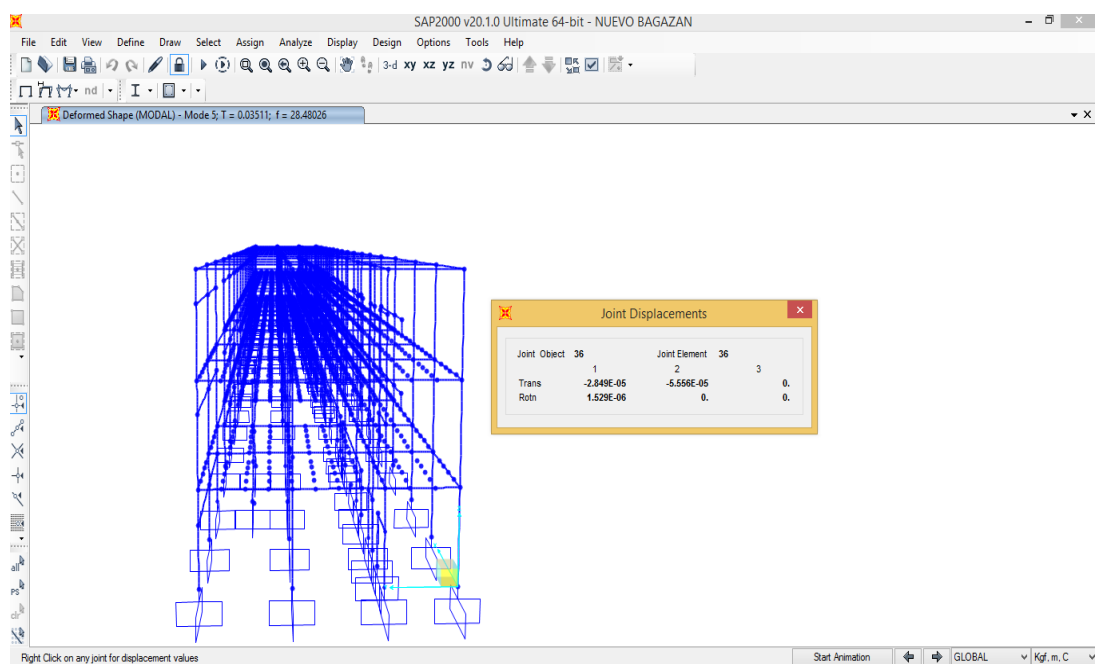
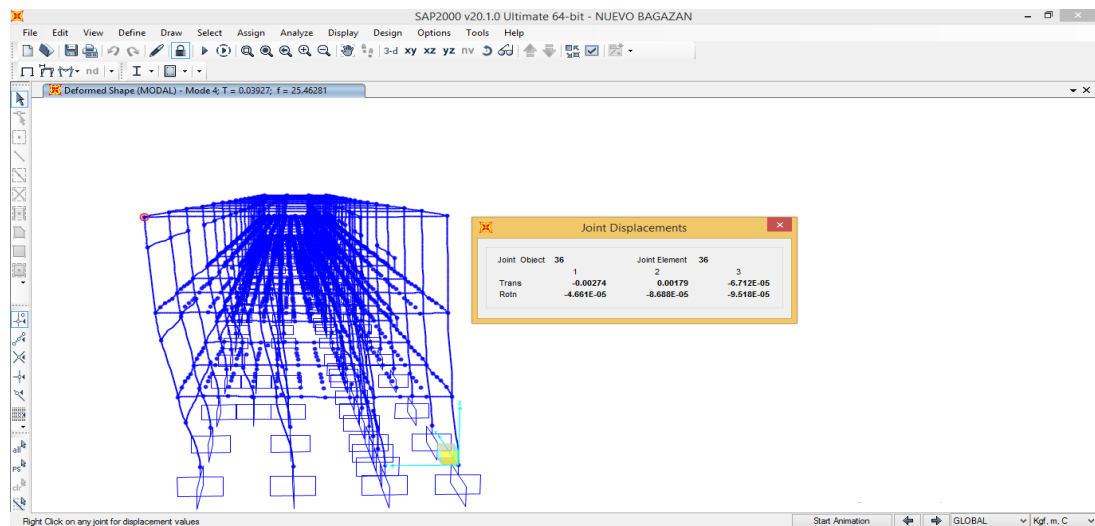
Grafica 135. Modos de vibración eje 13. (modos 10-12) SAP2000 V20.

6.9.2 Modos de vibración eje Y

A continuación, se muestran los modos de vibración12 para los ejes A-A-S-S, Dirección Y.



Grafica 136. Modos de vibración eje A-A – S-S (modos 1-3) SAP2000 V20.



Grafica 137. Modos de vibración eje A-A – S-S (modos 4-5) SAP2000 V20.

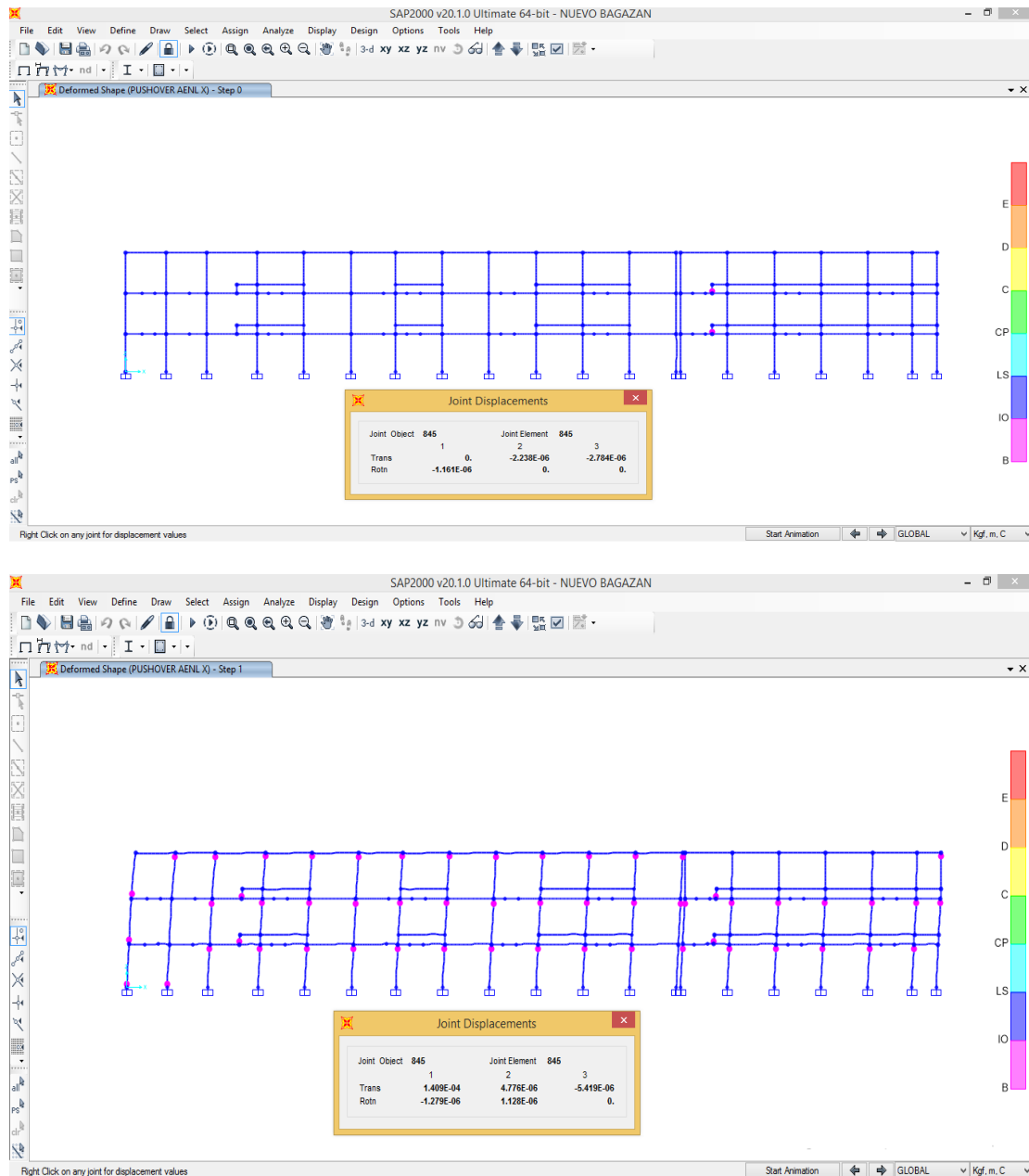
6.10 Formación de rotulas plásticas (PUSHOVER)

A continuación, se muestra la secuencia de formación de rotulas plásticas en los miembros estructurales, donde se puede apreciar el estado de deformación.

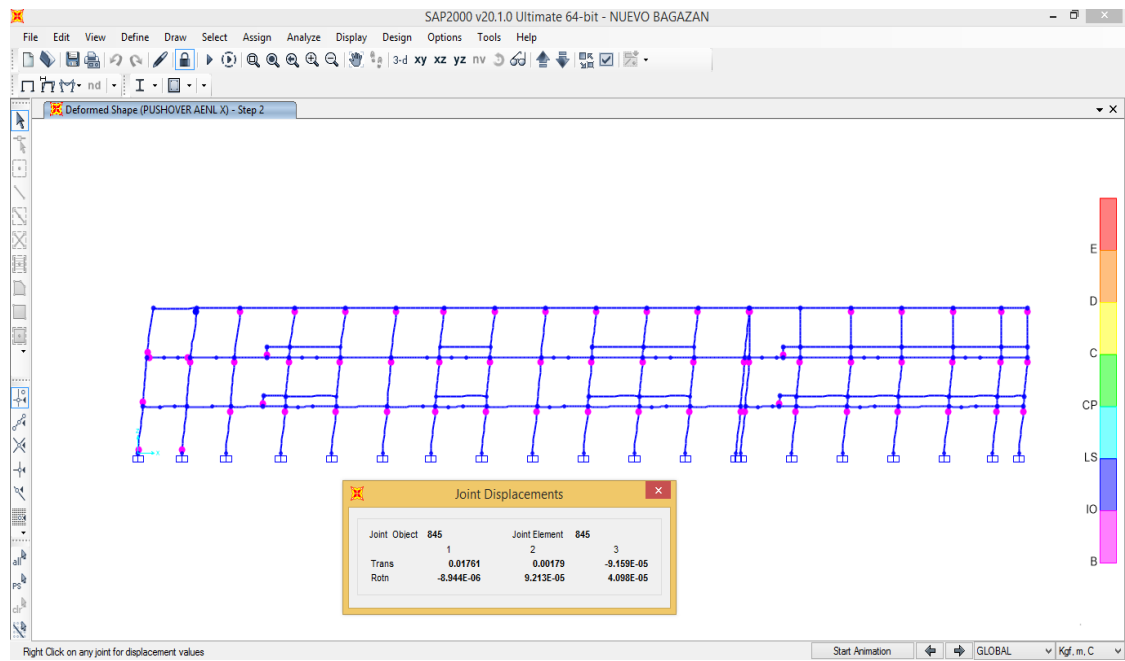
6.10.1 Secuencia de formación de rotulas X

Generación de rotulas plásticas en el eje 11, dirección X.

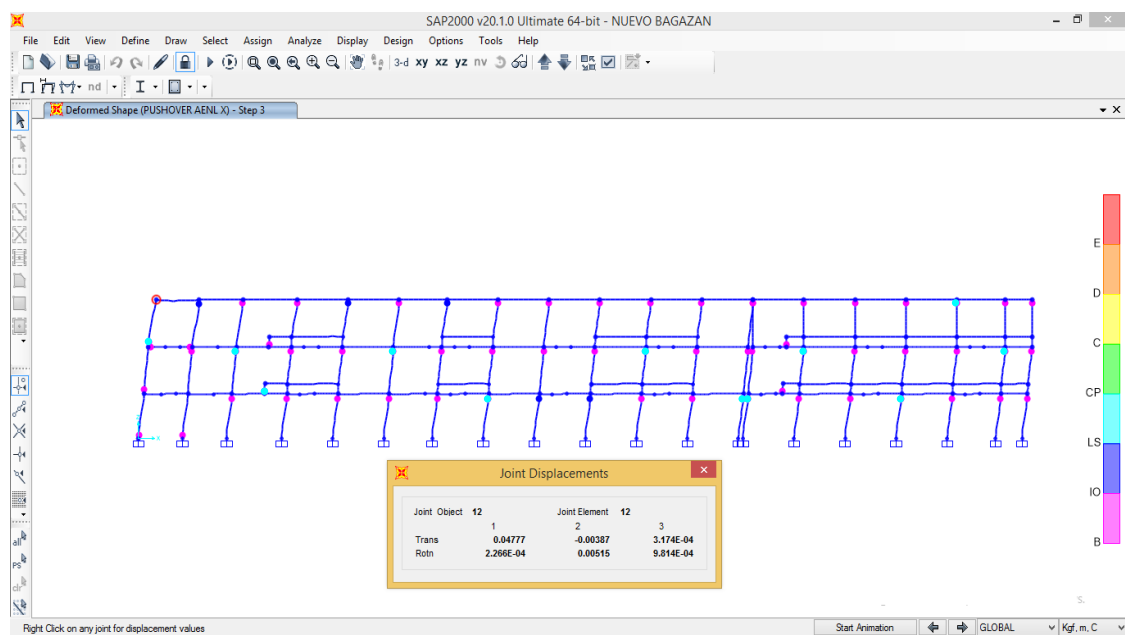
Para este análisis pushover, el software solo encontró 5 estados de rotulas plásticas.



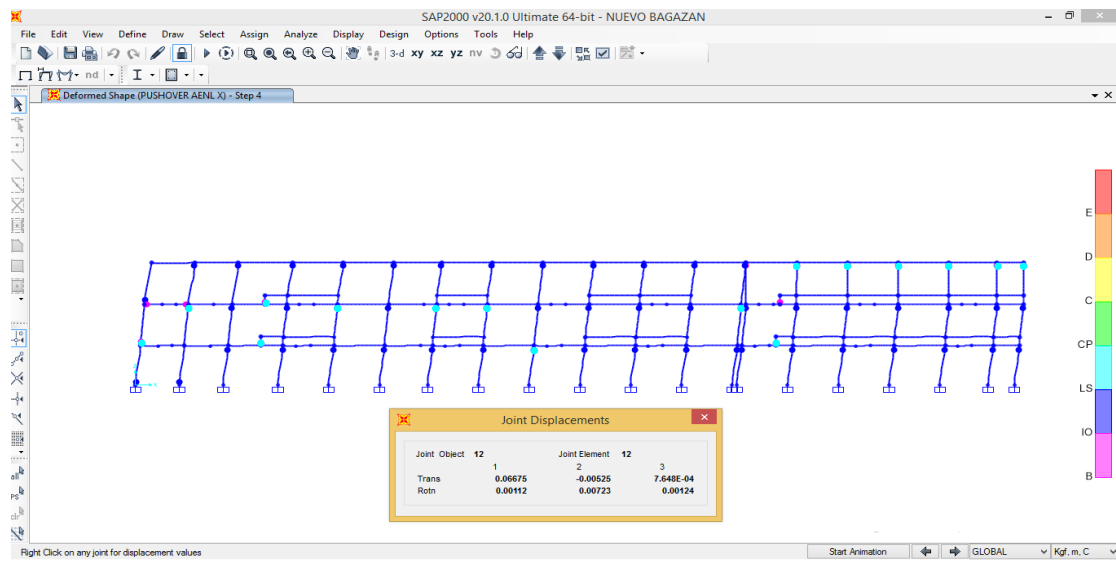
Grafica 138. Generación de rotulas en columnas. (Paso 1) SAP2000 V20.



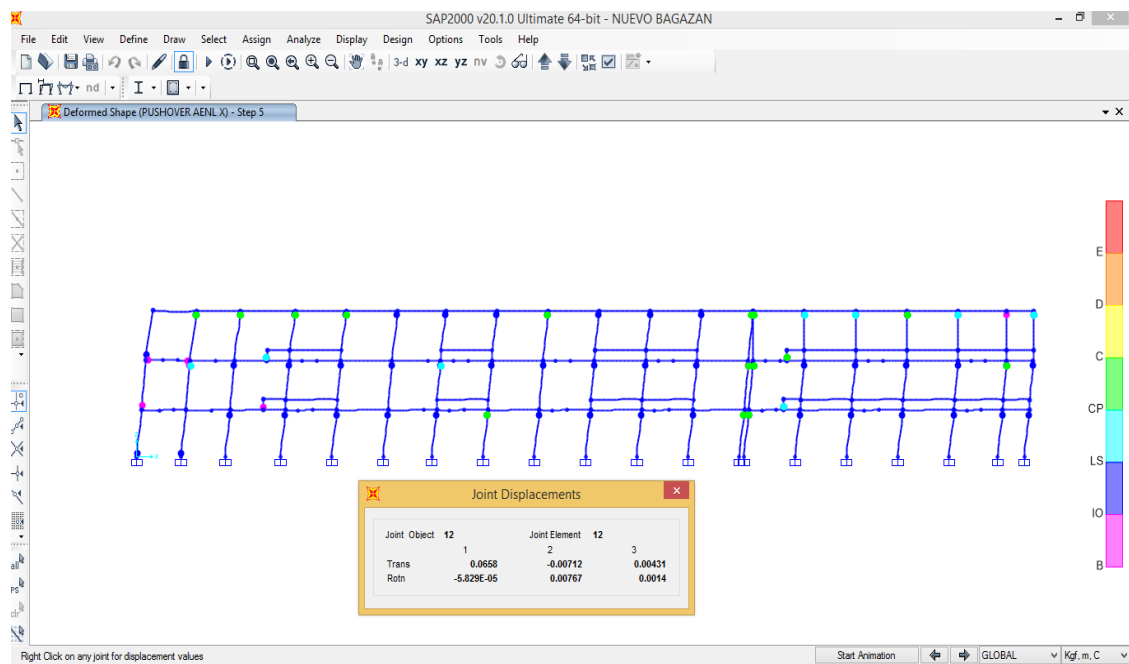
Grafica 139. Generación de rotulas plásticas en columnas y vigas. (Paso 2)



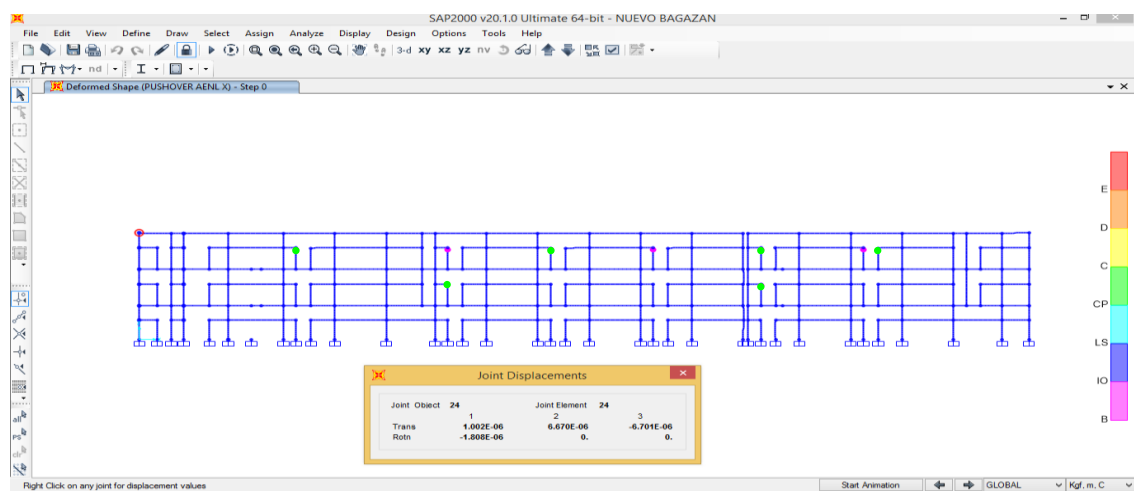
Grafica 140. Generación de rotulas plásticas en columnas y vigas. (Paso 3)



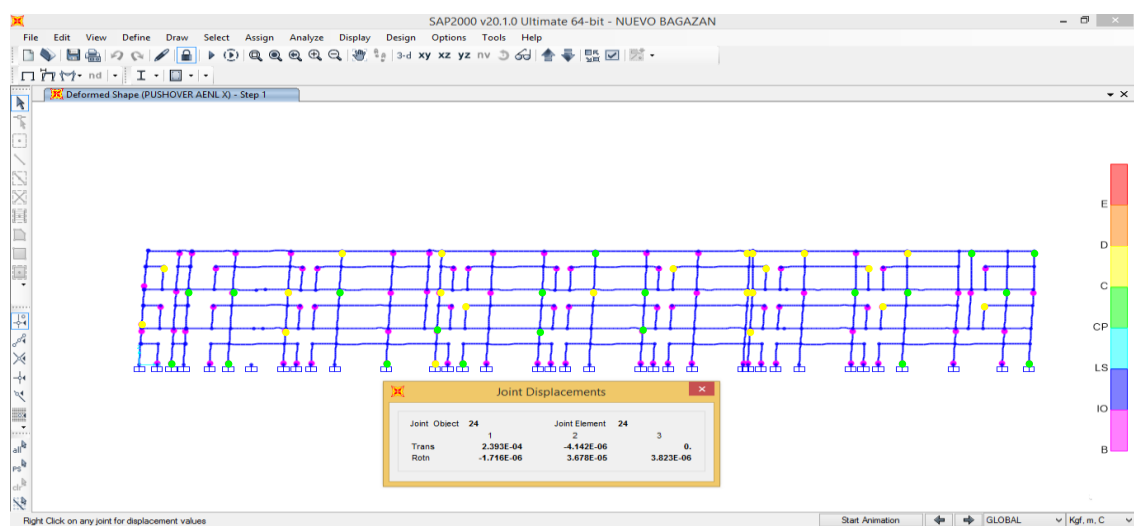
Grafica 141. Generación de rotulas plásticas en columnas y vigas. (Paso 4)



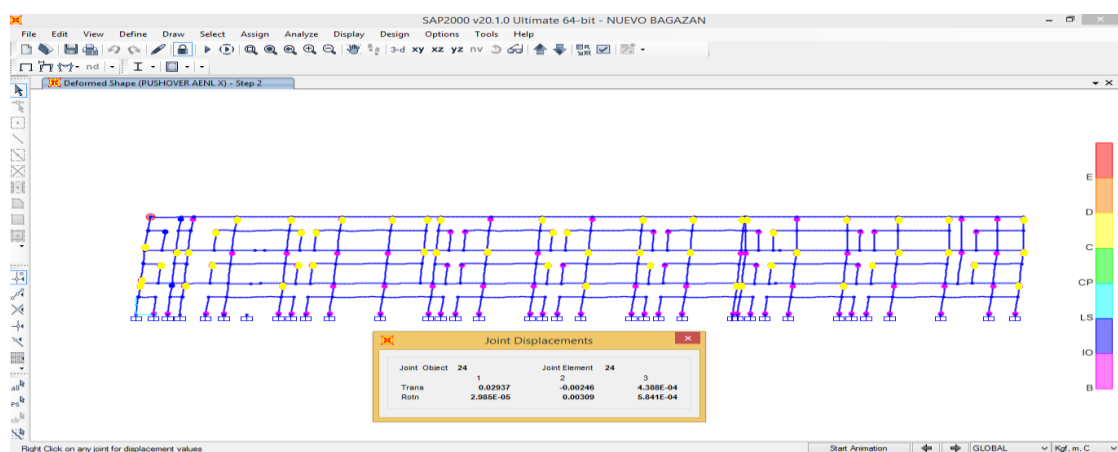
Grafica 142. Generación de rotulas plásticas en columnas y vigas. (Paso 5)



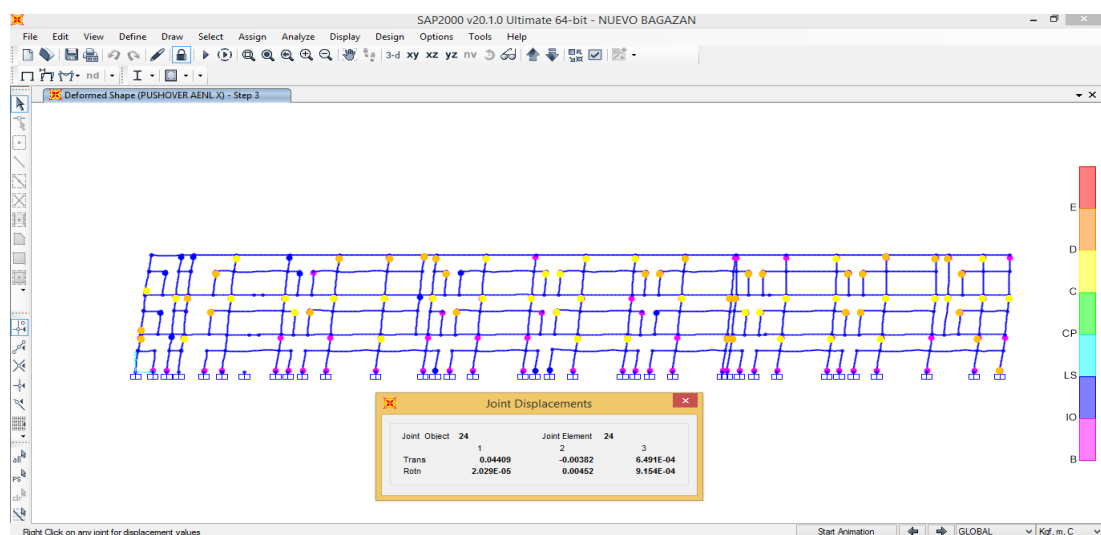
Grafica 143. Generación de rotulas plásticas en el eje 12, dirección X.



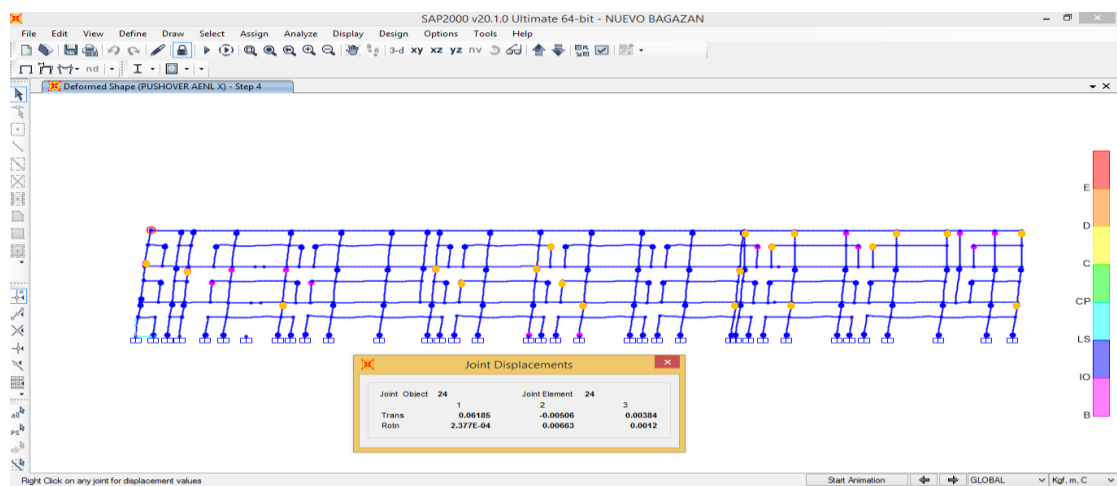
Grafica 144. Generación de rotulas plásticas en columnas. (Paso 1)



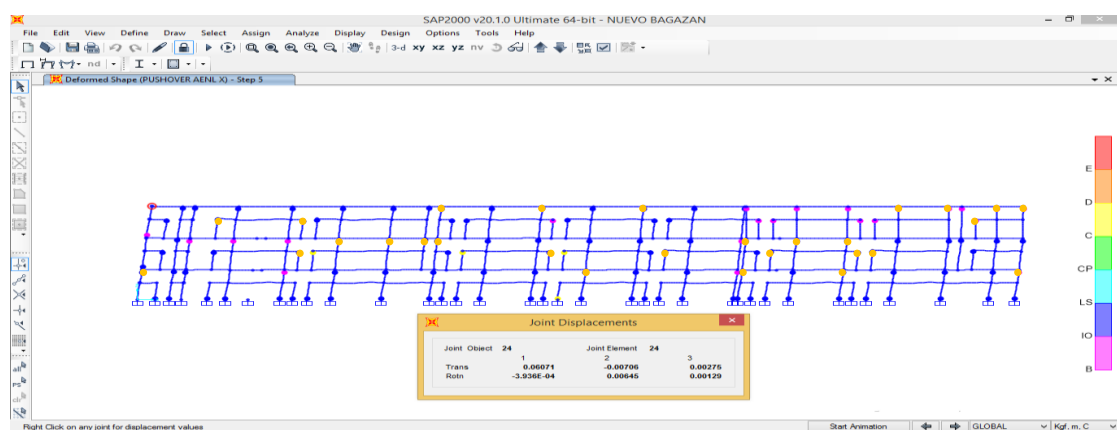
Grafica 145. Generación de rotulas plásticas en columnas. (Paso 2)



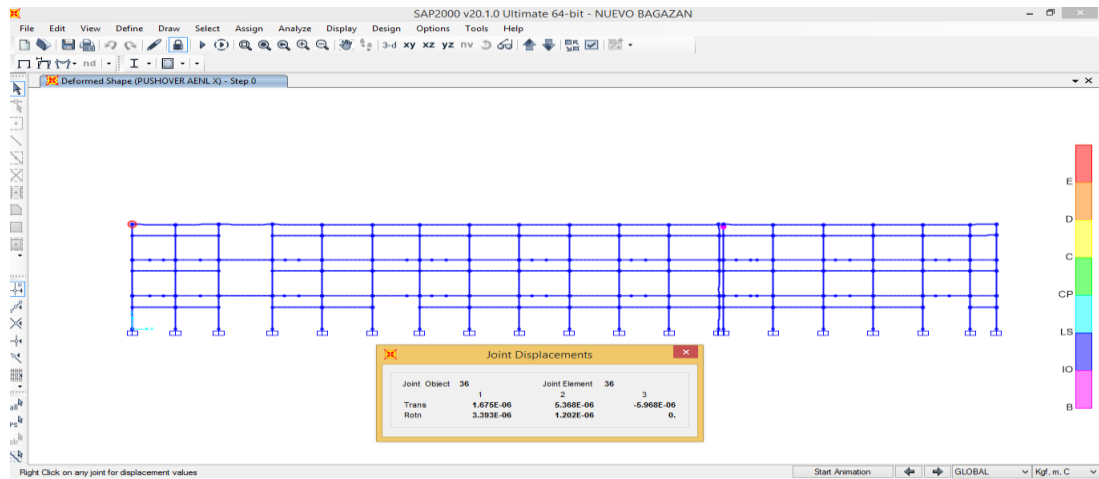
Grafica 146. Generación de rotulas plásticas en columnas. (Paso 3)



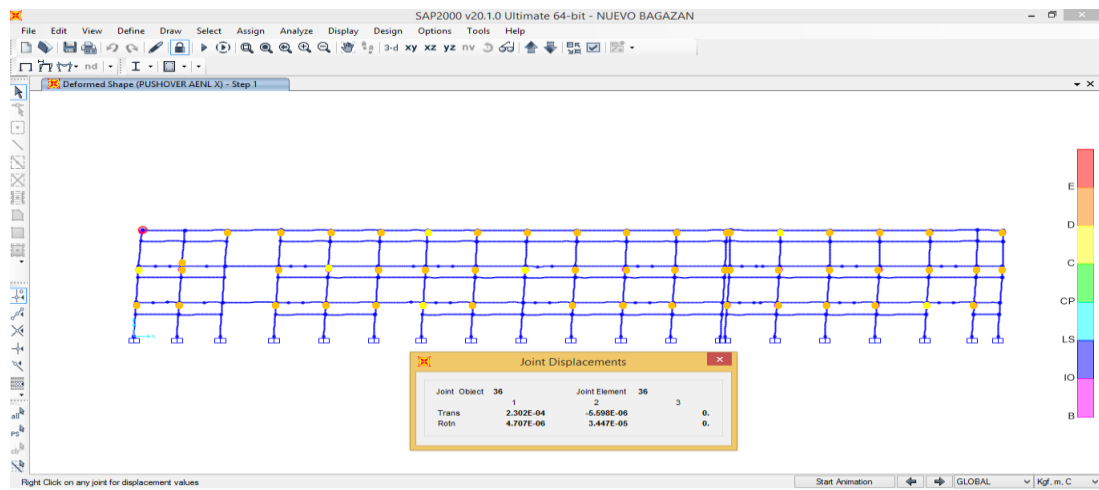
Grafica 147. Generación de rotulas plásticas en columnas. (Paso 4)



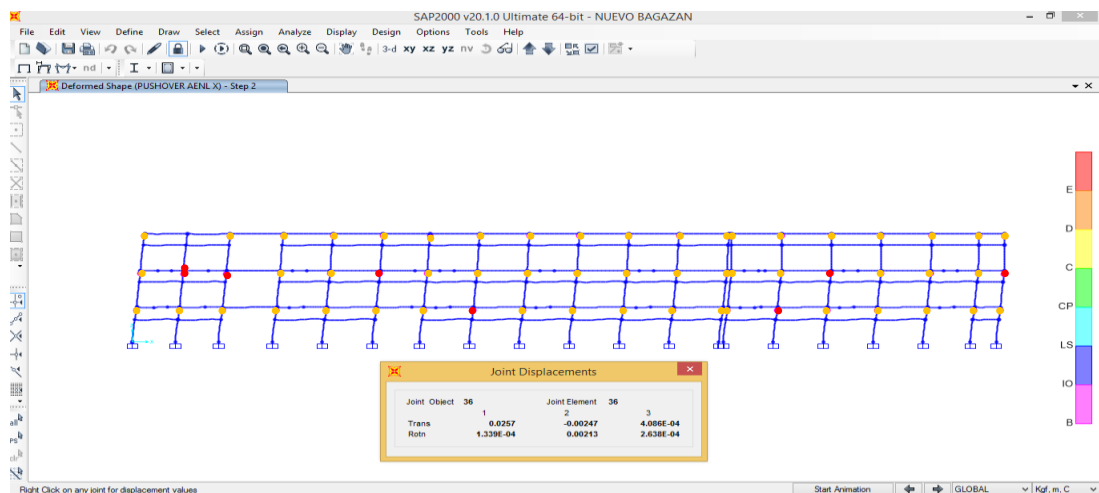
Grafica 148. Generación de rotulas plásticas en columnas. (Paso 5)



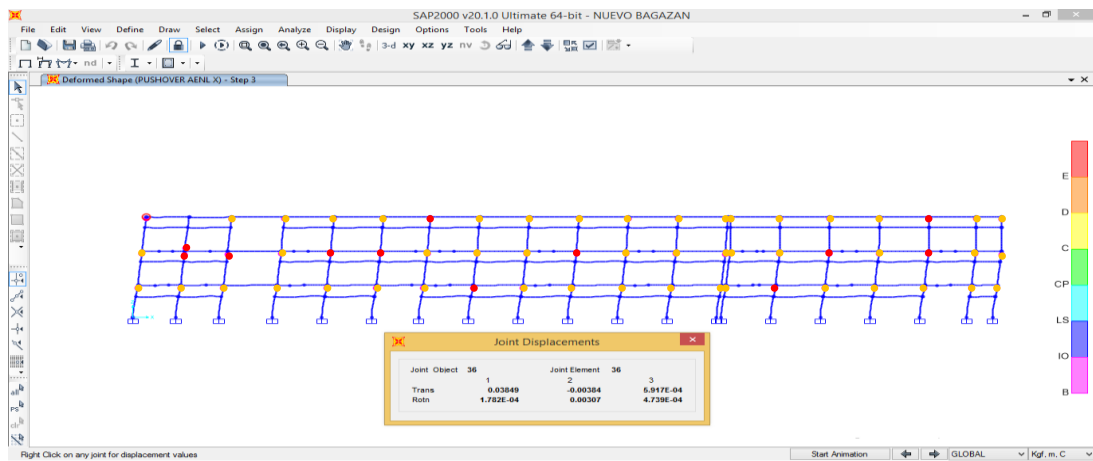
Grafica 149. Generación de rotulas plásticas en el eje 13, dirección X.



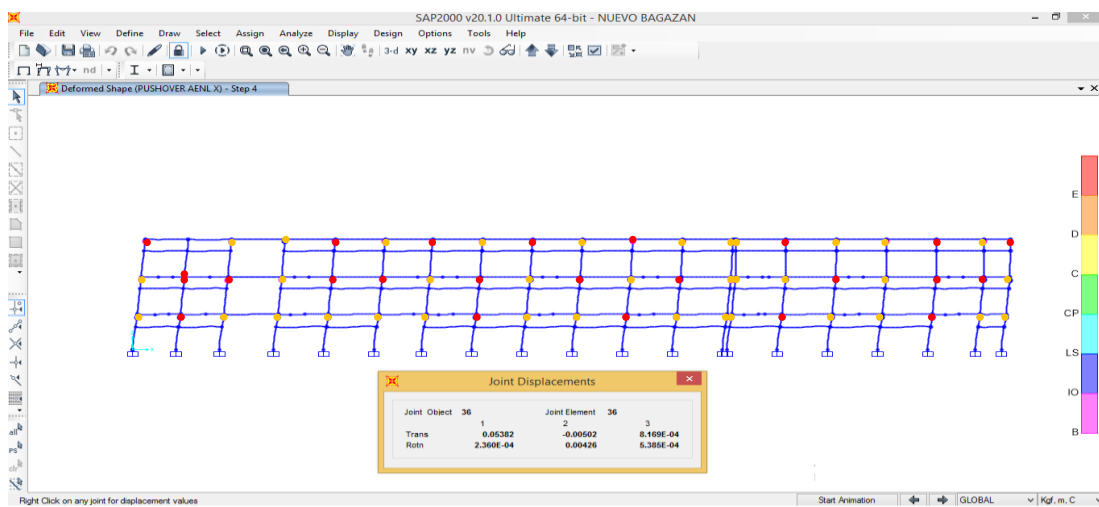
Grafica 150. Generación de rotulas plásticas en columnas. (Paso 1)



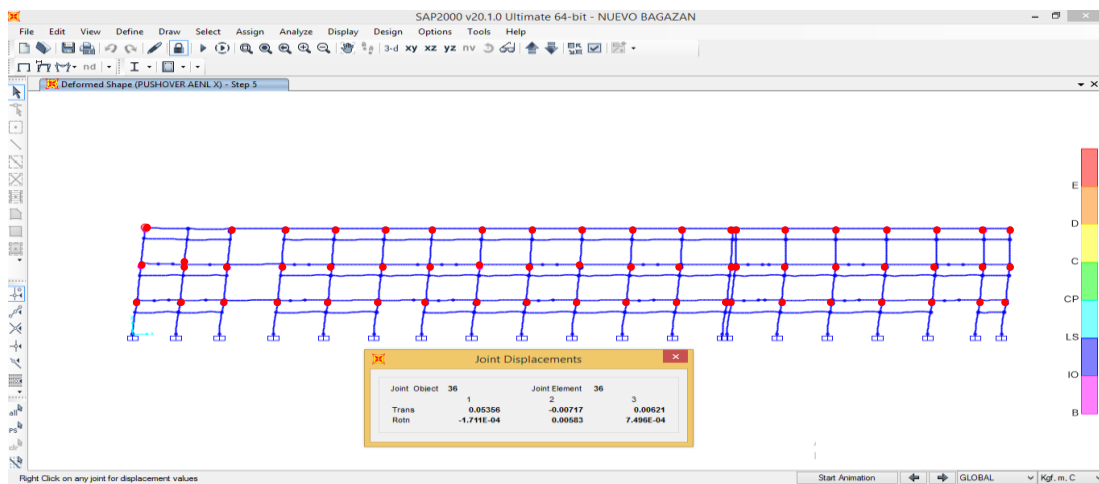
Grafica 151. Generación de rotulas plásticas en columnas. (Paso 2)



Grafica 152. Generación de rotulas plásticas en columnas. (Paso 3)



Grafica 153. Generación de rotulas plásticas en columnas. (Paso 4)

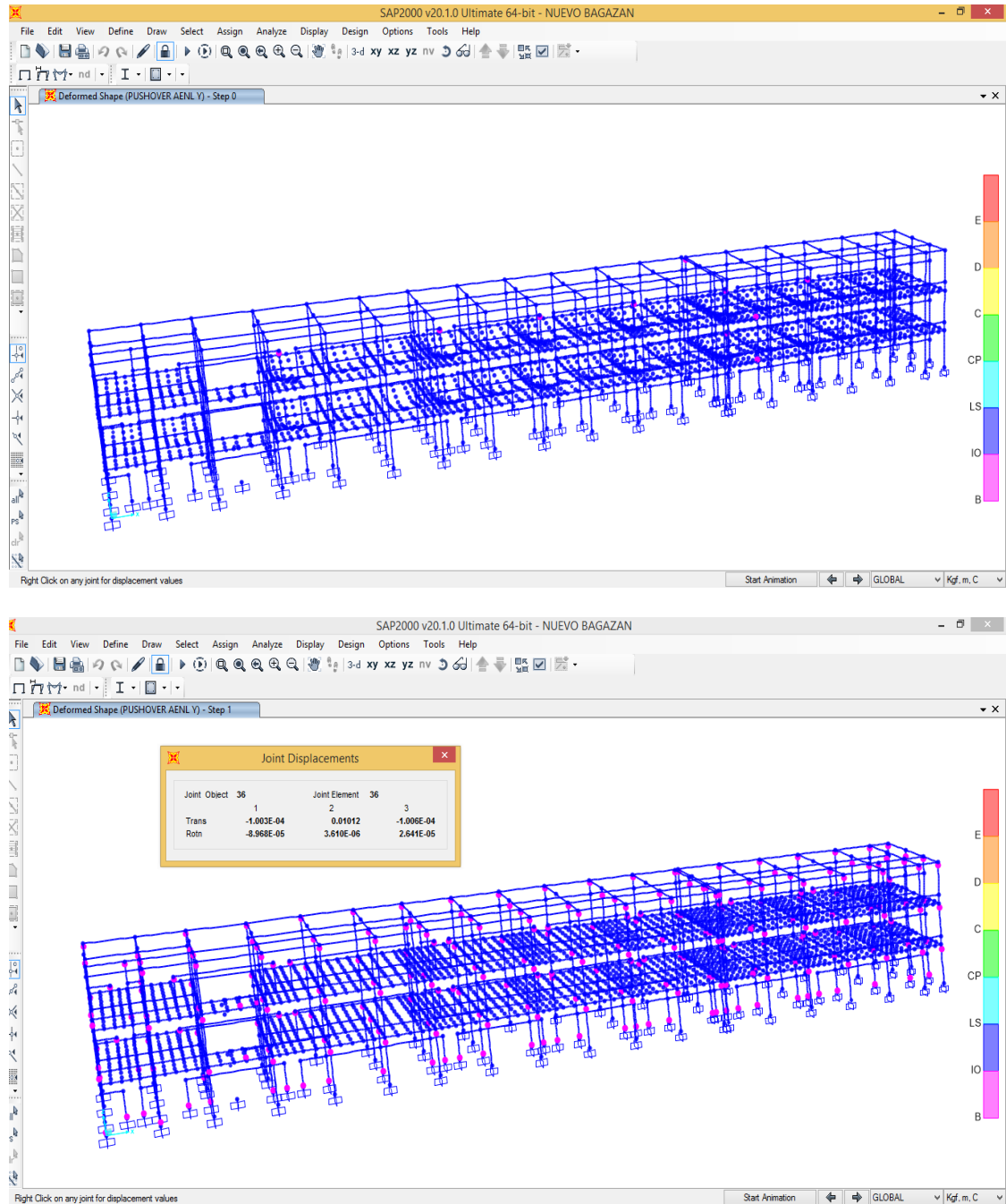


Grafica 154. Generación de rotulas plásticas en columnas. (Paso 5)

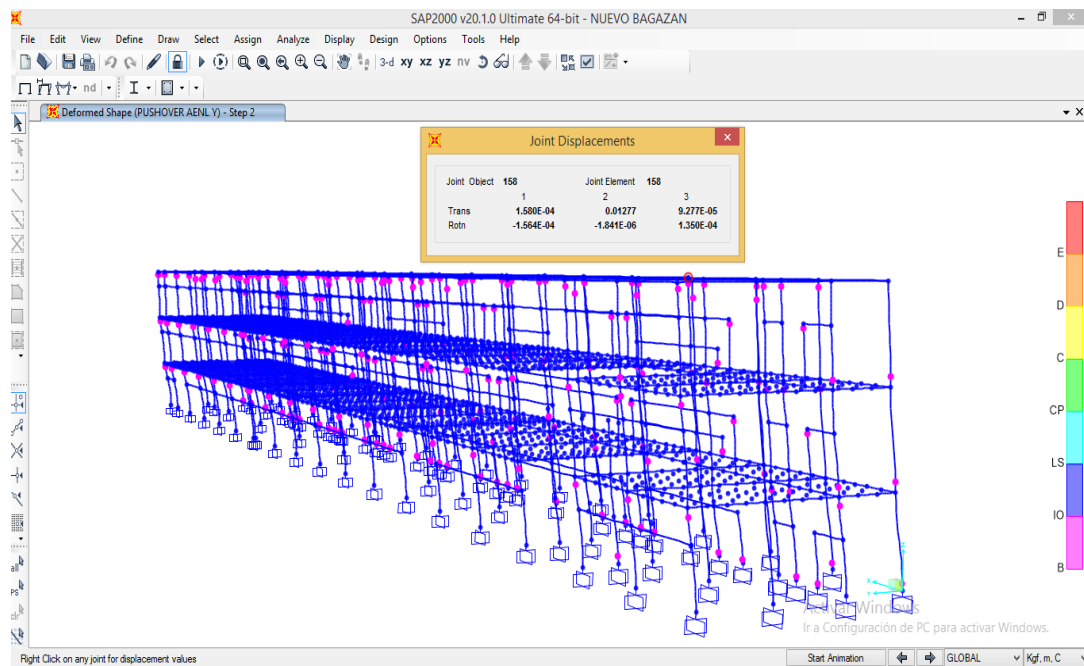
6.10.2 Secuencia de formación de rotulas eje Y

Generación de rotulas plásticas en los ejes A-A-S-S, dirección Y.

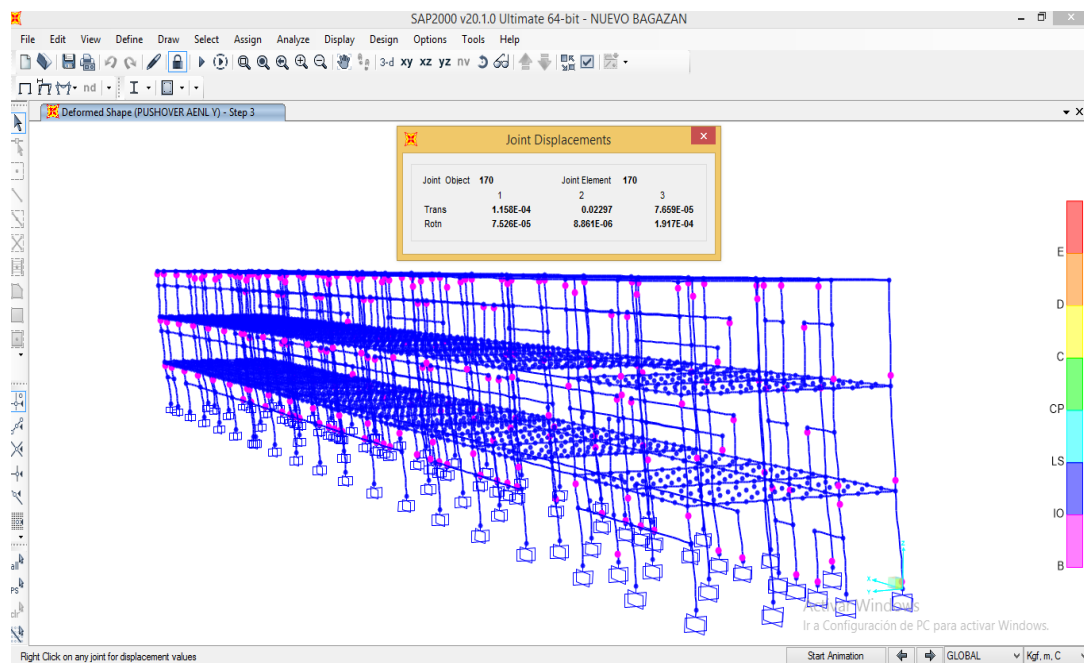
Para este análisis Pushover, el software solo encontró 3 estados de rotulas plásticas.



Grafica 155. Generación de rotulas plásticas en columnas. (Paso 1)



Grafica 156. Generación de rotulas plásticas en columnas. (Paso 2)



Grafica 157. Generación de rotulas plásticas en columnas. (Paso 3)

6.11 Panel fotográficos

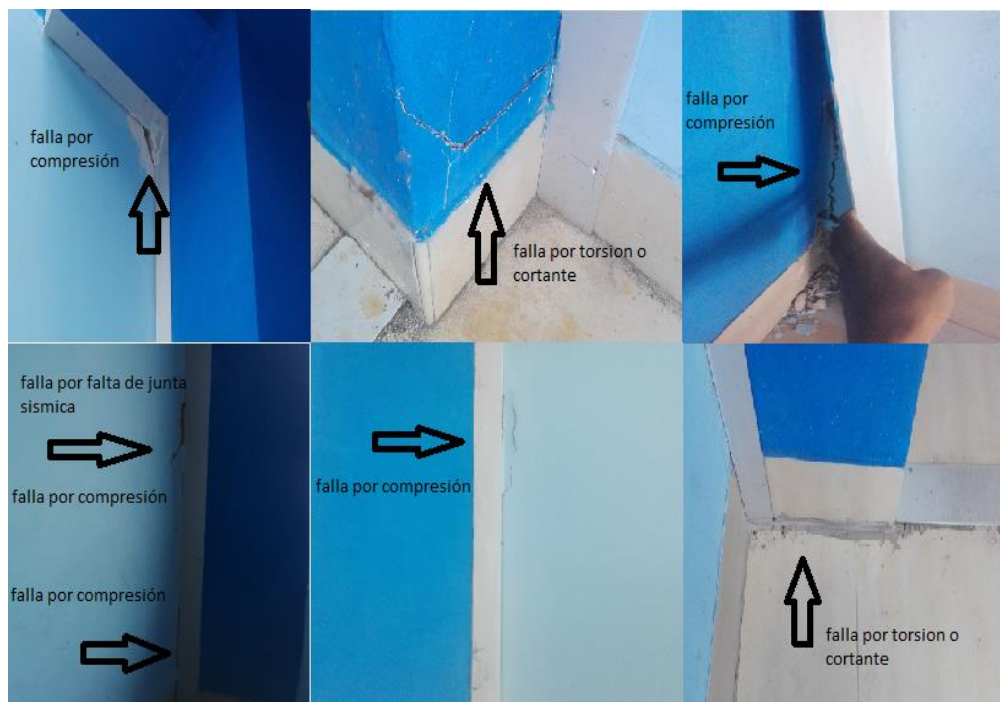


Gráfico 158. Fotografías de la evaluación visual y directa del Módulo A.





Grafica 159. Ensayo de Esclerometría.





Gráfico 160. Esclerómetro brindado por el laboratorio de suelos de la UCP.

6.12 Planos.

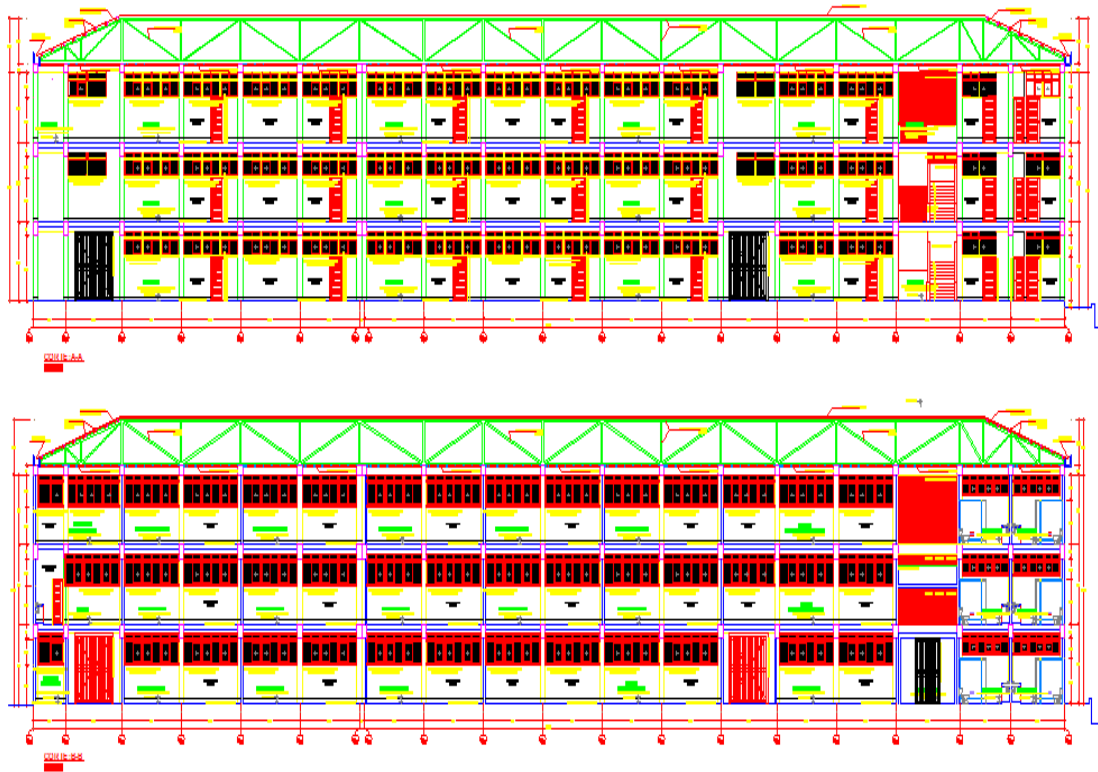


Gráfico 161. Plano Arquitectónico de los ejes 11 y 13. AutoCAD 2017.

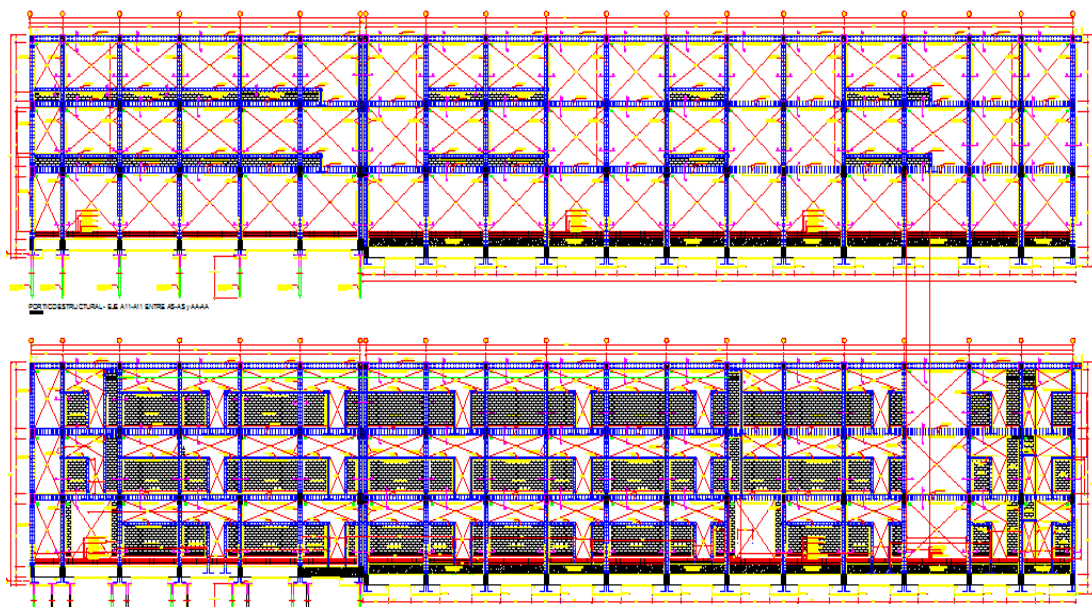
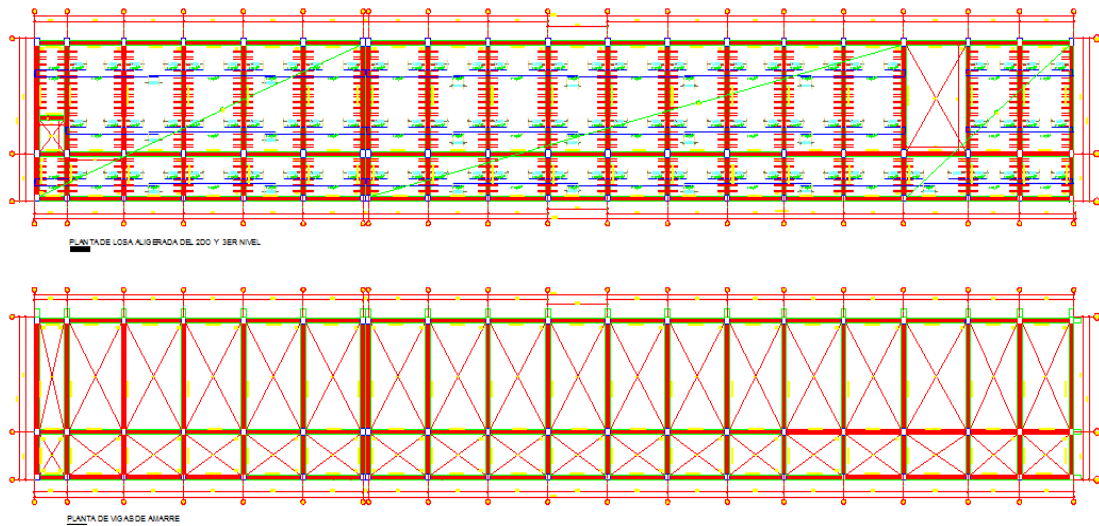
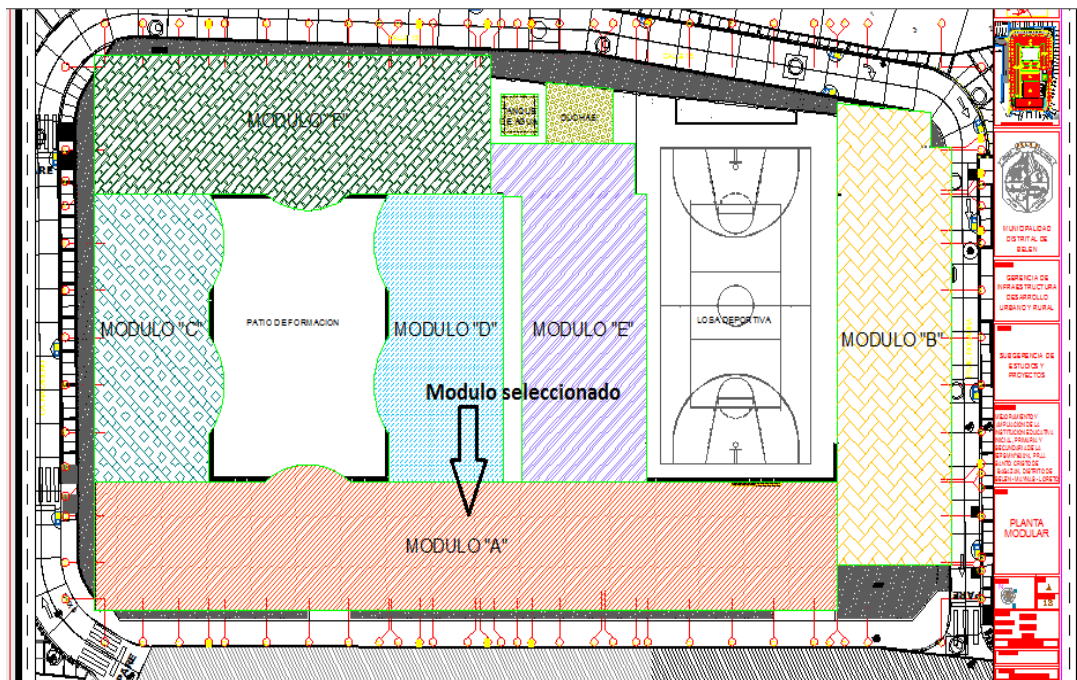


Gráfico 162. Plano estructural de los ejes 11 y 12. AutoCAD 2017.



Grafica 163. Plano de losa y vigas. AutoCAD 2017.



Grafica 164. Plano de Planta General. AutoCAD 2017.