

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Análisis comparativo del comportamiento estructural y vulnerabilidad sísmica de un edificio de concreto armado de 5 pisos utilizando etabs y cypecad, Abancay 2022

Asesor:

Ing. Acosta Valer, Hugo Virgilio

Autor:

Bach. Ocsa Avalos, Cristhian

Para optar el título profesional de: **Ingeniero Civil**

Abancay – Apurímac – Perú

2024



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N°012-2024-EPIC-FI- UTEA- SA

Reunidos el Jurado Evaluador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- MSc. Ing. Angel MALDONADO MENDÍVIL *PRESIDENTE*
- Mg. Fredy QUISPE FERREL *DICTAMINANTE*
- Dr. SOTO PALOMINO, Wilfredo *REPLICANTE*

y el (la) postulante al TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (a) CIVIL,
Bachiller: OCSA AVALOS, Cristhian con código de matrícula N°201520361-B.

Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, aprobado mediante resolución de consejo Universitario N°1870-2023-UTEA-CU, de fecha 03 de julio del 2023, respecto a la sustentación de tesis, para optar al título profesional de Ingeniero Civil.

SUSTENTACIÓN DE TESIS titulado: "Análisis comparativo del comportamiento estructural y vulnerabilidad sísmica de un edificio de concreto armado de 5 pisos utilizando ETABS y CYPECAD, Abancay 2022", habiendo aprobado con la nota de once (11).

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 269.

Abancay, 17 de abril 2024.

MSc. Ing. Angel MALDONADO MENDÍVIL
PRESIDENTE

Mg. Fredy QUISPE FERREL
DICTAMINANTE

Dr. SOTO PALOMINO, Wilfredo
REPLICANTE

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco: Av. Grau 516. Teléfono. (084) 251565
Sub - Sede Andahuaylas: Av. Juan Antonio Trolles 513 Telefono (083) 421752
www.utea.edu.pe

Análisis comparativo del comportamiento estructural y vulnerabilidad sísmica de un edificio de concreto armado de 5 pisos utilizando ETABS y CYPECAD, Abancay 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	15%	2%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	1%
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
5	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	pt.scribd.com Fuente de Internet	1%
8	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1%

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del Autor		
Nombres y apellidos	:	Cristhian Oca Avalos
Tipo de Documento de Identidad	:	D.N.I.
Número de Documento de Identidad	:	74629281
URL.ORCID (opcional)	:	No aplica
Datos del Asesor		
Nombres y apellidos	:	Hugo Virgilio Acosta Valer
Tipo de Documento de Identidad	:	D.N.I.
Número de Documento de Identidad	:	31036555
URL.ORCID	:	https://orcid.org/0000-0003-1492-0441
Datos de investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Ingeniería civil
Línea de investigación	:	Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	:	2022 - 2024
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciada
Porcentaje de similitud	:	15%
URL.ORCID	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/Ford#2.01.01

DEDICATORIA

A mis padres, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de este arduo camino. Su amor, paciencia y confianza inquebrantable han sido la fuerza motriz que me impulsa a superar obstáculos y perseguir mis sueños. Este logro es también suyo, ya que, sin su constante aliento y sacrificio, no estaría aquí hoy. Con amor y gratitud, les dedico este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de diversas formas a la realización de esta tesis de investigación.

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor, Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer, por su orientación experta, su invaluable conocimiento y su compromiso constante durante todo el proceso de investigación. Su guía y consejos han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco también a mis profesores y profesoras, cuyos conocimientos impartidos en las aulas han sentado las bases para mi formación académica. Sus enseñanzas han sido de gran importancia para el desarrollo de este proyecto.

No puedo dejar de mencionar a mis compañeros y amigos, quienes me han brindado su apoyo y aliento en momentos de dificultad. Sus palabras de aliento y la camaradería compartida han sido un bálsamo en momentos de estrés.

Además, deseo expresar mi gratitud a los participantes de mi investigación, cuya colaboración y disposición han sido fundamentales para obtener los datos necesarios. Su contribución ha enriquecido este trabajo y espero que los resultados obtenidos sean de utilidad en futuras investigaciones.

Finalmente, quiero agradecer a mi familia por su amor incondicional y su constante apoyo. Su comprensión, aliento y paciencia durante este proceso han sido fundamentales para mantenerme enfocado y motivado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
ACTA DE SUSTENTACION.....	ii
REPORTE DE SIMILITUD.....	iii
METADATOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCION	1
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	5
1.2.1. Formulación de problemas	5
1.2.2. Problema General.....	5
1.2.3. Problema Específicos	5
1.3. Justificación de la investigación	5
1.4. Objetivos de la investigación	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
1.5. Delimitación de la Investigación	6
1.5.1. Espacial.....	6
1.5.2. Temporal.....	6
1.5.3. Social.....	7
1.5.4. Conceptual	7
1.6. Viabilidad de la Investigación	7
1.6.1. Económica	7

1.6.2.	<i>Social</i>	7
1.6.3.	<i>Técnica</i>	8
1.7.	Limitaciones	8
CAPÍTULO II		9
MARCO TEÓRICO		9
2.1.	Antecedentes de investigación	9
2.1.1.	A nivel internacional	9
2.1.2.	A nivel nacional	11
2.1.3.	A nivel regional y local	14
2.2.	Bases teóricas	15
2.2.1	Software	15
2.2.1.1	Arquitectura de Software	15
2.2.1.2	Estructura de Software	16
2.2.1	Herramientas sistemáticas de diseño estructural	16
2.2.2.1	<i>Etabs</i>	17
2.2.2.2	<i>Cypecad</i>	26
a)	<i>Interoperabilidad:</i>	35
c)	<i>Tiempo:</i>	36
d)	<i>Entendimiento:</i>	37
e)	<i>Fiabilidad:</i>	38
f)	<i>Amplitud:</i>	38
2.2.3	Comportamiento estructural y vulnerabilidad sísmica	39
2.2.2.3	Comportamiento estructural	39
2.2.2.4	<i>Análisis Estático</i>	40
2.2.2.5	<i>Análisis dinámico</i>	42
2.2.2.6	<i>Espectros</i>	44
2.2.3.5	<i>Derivas</i>	45
2.2.3.6	<i>Modos de vibración</i>	46
2.2.3.7	<i>Vulnerabilidad sísmica</i>	47
2.2.3.8	<i>Criterios de análisis de vulnerabilidad</i>	47
2.3.	Marco conceptual	49

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	52
3.1. Hipótesis	52
3.1.1. Hipótesis general	52
3.1.2. Hipótesis específicas	52
3.2. Método.....	53
3.3. Tipo de Investigación	53
3.4. Nivel o alcance de investigación	53
3.5. Diseño de investigación	54
3.6. Operacionalización de variables	54
3.6.1. Definición de variables.....	54
3.6.2. Matriz de operacionalización de variables.....	56
3.7. Población, muestra y muestreo	58
3.7.1. Población	58
3.7.2. Muestra	58
3.7.3. Muestreo.....	58
3.8. Técnicas e instrumentos.....	59
3.8.1. Técnicas	59
3.8.2. Instrumentos	59
3.9. Consideraciones éticas	59
3.10. Procedimiento de estadísticos.....	61
3.10.1. Características del proyecto	61
3.10.2. Ubicación y vías de acceso	61
3.10.3. Reglamentos y normas de diseño	63
3.10.4. Análisis de la configuración estructural y diseño sísmico mediante ETABS. 66	
3.10.4.1. Estudios geotécnicos.....	66
3.10.4.2. Diseño arquitectónico y estructural.....	71
3.10.4.3. Espectros	72
3.10.4.4. Parámetros sísmicos	73
3.10.4.5. Geotecnia	74
3.10.4.6. Ubicación	74

3.10.4.7.	<i>Tabla resumen del análisis de configuración estructural y diseño sísmico con ETABS</i>	<i>74</i>
3.10.5.	Análisis de la configuración estructural y diseño sísmico mediante CYPECAD	75
3.10.5.1.	<i>Estudios geotécnicos.....</i>	<i>75</i>
3.10.5.2.	<i>Diseño arquitectónico y estructural.....</i>	<i>81</i>
3.10.5.3.	<i>Espectros</i>	<i>82</i>
3.10.5.4.	<i>Parámetros sísmicos</i>	<i>83</i>
3.10.5.5.	<i>Geotecnia</i>	<i>84</i>
3.10.5.6.	<i>Ubicación</i>	<i>84</i>
3.10.5.7.	<i>Tabla resumen del análisis de configuración estructural y diseño sísmico con CYPECAD</i>	<i>85</i>
3.10.6.	Análisis del comportamiento estructural y vulnerabilidad mediante ETABS	85
3.10.6.1.	<i>Espectros</i>	<i>85</i>
3.10.6.2.	<i>Derivas</i>	<i>86</i>
3.10.6.3.	<i>Desplazamientos</i>	<i>87</i>
3.10.6.4.	<i>Fuerza cortante.....</i>	<i>90</i>
3.10.6.5.	<i>Vibración</i>	<i>93</i>
3.10.6.6.	<i>Tabla resumen del análisis de comportamiento estructural y vulnerabilidad con ETABS</i>	<i>96</i>
3.10.7.	Análisis del comportamiento estructural y vulnerabilidad mediante CYPECAD	98
3.10.7.1.	<i>Espectros</i>	<i>98</i>
3.10.7.2.	<i>Derivas</i>	<i>99</i>
3.10.7.3.	<i>Desplazamientos</i>	<i>100</i>
3.10.7.4.	<i>Fuerza cortante.....</i>	<i>104</i>
3.10.7.5.	<i>Vibración</i>	<i>105</i>
3.10.7.6.	<i>Tabla resumen del análisis de comportamiento estructural y vulnerabilidad con CYPECAD</i>	<i>106</i>
3.1.1.	Análisis de la calidad de resultados mediante ETABS	108

3.1.1.1.	<i>Interoperabilidad</i>	108
3.1.1.2.	<i>Exactitud</i>	109
3.1.1.3.	<i>Tiempo</i>	109
3.1.1.4.	<i>Entendimiento</i>	110
3.1.1.5.	<i>Fiabilidad</i>	111
3.1.1.6.	<i>Amplitud</i>	111
3.1.2.	Análisis de la calidad de resultados mediante CYPECAD	112
3.1.2.1.	<i>Interoperabilidad</i>	112
3.1.2.2.	<i>Exactitud</i>	113
3.1.2.3.	<i>Tiempo</i>	113
3.1.2.4.	<i>Entendimiento</i>	114
3.1.2.5.	<i>Fiabilidad</i>	114
3.1.2.6.	<i>Amplitud</i>	114
CAPITULO IV		116
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		116
4.1.	RESULTADOS	116
4.1.1.	Determinar el análisis estático del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022.....	116
4.1.2.	Determinar el análisis dinámico del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022.....	117
4.1.3.	Determinar el modo espectral del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022.....	123
4.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	126
4.2.1.	Discusión 01	126
4.2.2.	Discusión 02	126
4.2.3.	Discusión 03	128
CONCLUSIONES		130
RECOMENDACIONES		132

BIBLIOGRAFIA..... 133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de nivel crítico de la vulnerabilidad estructural en Abancay.....	3
Figura 2. Interfaz del Software ETABS.....	18
Figura 3. Datos de modelados del Software ETABS	19
Figura 4. Plantillas del Software ETABS	20
Figura 5. Modelos analíticos del Software ETABS.....	20
Figura 6. Modelos físicos del Software ETABS.....	21
Figura 7. Vistas en planta y alzados del Software ETABS	22
Figura 8. Nudos estructurales del Software ETABS	23
Figura 9. Cargas aplicadas al Software ETABS	24
Figura 10. Modos de vibración del Software ETABS.....	25
Figura 11. Dimensionamiento de elementos del Software ETABS.....	25
Figura 12. Animaciones del Software ETABS	26
Figura 13. Integración de dwg en Cypecad	27
Figura 14. Integración de IFC en Cypecad	27
Figura 15. Dimensionado de elementos en Cypecad.....	28
Figura 16. Factores de dimensionamiento en Cypecad	29
Figura 17. Tabla de aceros en Cypecad	29
Figura 18. Análisis estructural en Cypecad.....	30
Figura 19. Vigas en Cypecad.....	30
Figura 20. Interacciones de vigas en Cypecad.....	31
Figura 21. Revisión de dimensionamiento en Cypecad	31
Figura 22. Escaleras en Cypecad.....	32
Figura 23. Análisis de escaleras por elementos finitos en Cypecad.....	33
Figura 24. Cimentaciones en Cypecad	34
Figura 25. Diagrama de un grado de libertad.....	41
Figura 26 Diagrama de un grado de libertad.....	43
Figura 27. Espectro aceleración.....	44
Figura 28. Espectro aceleración.....	45
Figura 29. Modos de vibración	47

Figura 30. Ubicación del proyecto “Mejoramiento de la gestión municipal y servicio administrativo de la municipalidad provincial de Abancay, distrito de Abancay - provincia de Abancay - departamento de Apurímac”.....	62
Figura 31. Ubicación política de Abancay	63
Figura 32. Modelamiento de bloque A en ETABS 2018.1.1. Sistema Aporticado	64
Figura 33. Modelamiento de bloque A en CYPECAD Sistema Aporticado.....	65
Figura 34. Espectro R=8 para sistema aporticado de concreto armado según la RNE E.030 en ETABS	73
Figura 35. Espectro R=8 para sistema aporticado de concreto armado según la RNE E.030 en CYPECAD.....	82
Figura 36. Espectro R=8 para sistema aporticado de concreto armado según la RNE E.030 en ETABS	86
Figura 37. Espectro R=8 para sistema aporticado de concreto armado según la RNE E.030 en CYPECAD	98
Figura 38. Resultados del análisis de derivas	118
Figura 39. Resultados del análisis de desplazamientos.....	119
Figura 40. Resultados del análisis de cortantes.....	120
Figura 41. Resultado del análisis de vibración.....	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de la vulnerabilidad en Abancay por sectores	3
Tabla 2. Daño estructural en relación al daño no estructural	48
Tabla 3. Descripción del perfil estratigráfico de C-1.....	66
Tabla 4. Descripción del perfil estratigráfico de C-2.....	67
Tabla 5. Descripción del perfil estratigráfico de C-3.....	68
Tabla 6. Descripción del perfil estratigráfico de C-4.....	69
Tabla 7. Descripción del perfil estratigráfico de C-5.....	70
Tabla 8. Tabla resumen del análisis de configuración estructural y diseño sísmico con ETABS	74
Tabla 9. Descripción del perfil estratigráfico de C-1.....	76
Tabla 10. Descripción del perfil estratigráfico de C-2.....	77
Tabla 11. Descripción del perfil estratigráfico de C-3.....	78
Tabla 12. Descripción del perfil estratigráfico de C-4.....	79
Tabla 13. Descripción del perfil estratigráfico de C-5.....	80
Tabla 14. Tabla resumen del análisis de configuración estructural y diseño sísmico con CYPECAD.....	85
Tabla 15. Desplazamiento absoluto UX y UY en ETABS	86
Tabla 16. Desplazamiento relativo UX y UY en ETABS.....	87
Tabla 17. Irregularidad torsional en planta en ETABS.....	88
Tabla 18. Irregularidad torsional X-X en planta en ETABS.....	89
Tabla 19. Irregularidad torsional Y-Y en planta en ETABS.....	89
Tabla 20. Cortante basal en ETABS	90
Tabla 21. Cortante mínima en ETABS	92
Tabla 22. Amplificación al 80% en ETABS	93
Tabla 23. Modos de vibración en ETABS.....	93
Tabla 24. Tabla resumen del análisis de derivas con ETABS.....	96
Tabla 25. Tabla resumen del análisis de desplazamientos con ETABS.....	97
Tabla 26. Tabla resumen del análisis de cortantes con ETABS	97
Tabla 27. Tabla resumen del análisis de vibración con ETABS.....	97
Tabla 28. Deriva de pilares en CYPECAD.....	100

Tabla 29. Deriva de muros en CYPECAD.....	100
Tabla 30. Desplazamiento en situaciones transitorias en CYPECAD	101
Tabla 31. Hipótesis sísmica: Sismo X1 en CYPECAD	104
Tabla 32. Hipótesis sísmica: Sismo X1 en CYPECAD	104
Tabla 33. Modos de vibración en CYPECAD	105
Tabla 34. Tabla resumen del análisis de derivas con CYPECAD	106
Tabla 35. Tabla resumen del análisis de desplazamientos con CYPECAD.....	106
Tabla 36. Tabla resumen del análisis de cortantes con CYPECAD.....	107
Tabla 37. Tabla resumen del análisis de vibración con CYPECAD	107
Tabla 38. Interoperabilidad de ETABS.....	109
Tabla 39. Exactitud de ETABS.....	109
Tabla 40. Tiempo de ETABS	110
Tabla 41. Entendimiento de ETABS	110
Tabla 42. Amplitud de ETABS.....	111
Tabla 43. Interoperabilidad de CYPECAD.....	112
Tabla 44. Exactitud de CYPECAD	113
Tabla 45. Tiempo de CYPECAD.....	113
Tabla 46. Entendimiento de CYPECAD.....	114
Tabla 47. Amplitud de CYPECAD.....	115
Tabla 48. Resultados del análisis de configuración estructural y diseño sísmico con ETABS	116
Tabla 49. Resultados del análisis de configuración estructural y diseño sísmico con CYPECAD.....	116
Tabla 50. Resultados del análisis de derivas.....	117
Tabla 51. Resultados del análisis de desplazamientos	118
Tabla 52. Resultados del análisis de cortantes	119
Tabla 53. Resultado del análisis de vibración	121
Tabla 54. Resultados de la interoperabilidad.....	123
Tabla 55. Resultados de la exactitud	124
Tabla 56. Resultados del Tiempo.....	124
Tabla 57. Resultados del entendimiento	124

Tabla 58. Resultados de la Amplitud 125

RESUMEN

La tesis titulada “Análisis comparativo del comportamiento estructural y vulnerabilidad sísmica de un edificio de concreto armado de 5 pisos utilizando ETABS y CYPECAD, Abancay 2022”. Se llevó a cabo con el objetivo de determinar el comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETABS y CYPECAD. Se utilizó el método de Investigación Hipotético Deductivo y un enfoque cuantitativo descriptivo, cuasi experimental. Los resultados obtenidos revelaron ambos programas de análisis comparten una configuración y diseño estructural similares. Entre estos datos se incluyen los parámetros sísmicos, los análisis geotécnicos y la localización específica del proyecto. Además, la aceleración del espectro sísmico se mantiene constante, siendo de 1.210 m/s^2 tanto para ETABS como para CYPECAD.

En el análisis comparativo de los softwares ETABS y CYPECAD para el diseño sismorresistente, ambos cumplen con el requisito de derivas máximas inferiores a 0.007, con ETABS registrando una deriva máxima de 0.0050 y CYPECAD de 0.0055. Se destaca que el análisis de derivas varía según los elementos estructurales y el nivel de la edificación, siendo notable en el penúltimo nivel con desplazamientos de 0.0161m para ETABS y 0.0089m para CYPECAD, una diferencia del 44.72%. La fuerza cortante dinámica mínima mostró que ETABS ofrece valores más conservadores (240820.82N) en comparación con CYPECAD (222323.00N). Además, en el análisis de vibraciones basado en 9 modos, el segundo modo mostró la mayor variación, con periodos de 0.467s para ETABS y 0.589s para CYPECAD, lo que representa una variación del 26.12%. En conclusión, ETABS tiende a proporcionar valores más conservadores en el análisis sísmico.

Palabras clave: Vulnerabilidad sísmica /Comportamiento estructural/ETABS /CYPECAD

ABSTRACT

The thesis titled “Comparative analysis of the structural behavior and seismic vulnerability of a 5-story reinforced concrete building using ETABS and CYPECAD, Abancay 2022”. Was carried out with the objective of determining the structural behavior and seismic vulnerability of a 5-story reinforced concrete building using ETABS and CYPECAD. The Hypothetical Deductive Research method and a quantitative descriptive, quasi-experimental approach were used. The results obtained revealed both analysis programs share a similar configuration and structural design. This data includes seismic parameters, geotechnical analyzes and the specific location of the project. Furthermore, the acceleration of the seismic spectrum remains constant, being $1,210 \text{ m/s}^2$ for both ETABS and CYPECAD.

In the comparative analysis of the ETABS and CYPECAD software for earthquake resistant design, both meet the requirement of maximum drifts less than 0.007, with ETABS recording a maximum drift of 0.0050 and CYPECAD of 0.0055. It is highlighted that the drift analysis varies according to the structural elements and the level of the building, being notable in the penultimate level with displacements of 0.0161m for ETABS and 0.0089m for CYPECAD, a difference of 44.72%. The minimum dynamic shear force showed that ETABS offers more conservative values (240820.82N) compared to CYPECAD (222323.00N). Furthermore, in the vibration analysis based on 9 modes, the second mode showed the greatest variation, with periods of 0.467s for ETABS and 0.589s for CYPECAD, representing a variation of 26.12%. In conclusion, ETABS tends to provide more conservative values in seismic analysis.

Keywords: Seismic vulnerability /Structural behavior/ETABS /CYPECAD

INTRODUCCION

En un contexto global cada vez más consciente de la necesidad de infraestructuras seguras y sostenibles, la ingeniería civil enfrenta el reto continuo de mejorar las prácticas de diseño y construcción. Perú, ubicado en el prolífico "Cinturón de Fuego del Pacífico". En particular, el presente estudio se centra en el "Análisis comparativo del comportamiento estructural y vulnerabilidad sísmica de un edificio de concreto armado de 5 pisos utilizando ETABS y CYPECAD, Abancay 2022" teniendo los siguientes capítulos:

Capítulo I: Este capítulo introduce la problemática central del estudio, discutiendo la frecuencia y severidad de los sismos en Perú, y cómo afectan la infraestructura existente. Se formulan las preguntas de investigación, estableciendo el objetivo de comparar las capacidades de ETABS y CYPECAD en el análisis estructural y de vulnerabilidad sísmica.

Capítulo II: Se revisan las teorías fundamentales que apoyan el estudio, incluyendo conceptos de diseño sismorresistente, análisis estructural. Este marco teórico proporciona la base científica y técnica para entender cómo ETABS y CYPECAD pueden ser utilizados para mejorar la seguridad y eficiencia en la construcción.

Capítulo III: Descripción detallada de la metodología investigativa empleada, incluyendo la operacionalización de variables, diseño de investigación, y procedimientos estadísticos utilizados para comparar los dos softwares.

Capítulo IV: Presentación de los resultados obtenidos del análisis comparativo, seguida de una discusión sobre lo que estos resultados implican para la práctica de la ingeniería civil en zonas sísmicas también compara directamente los resultados de ETABS y CYPECAD.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Realidad problemática

Perú, situado en el cinturón de fuego del Océano Pacífico, ha sido testigo de numerosos terremotos devastadores a lo largo de su historia. Uno de los más trágicos fue el terremoto de 1746 que asoló Lima y Callao el 28 de octubre, resultando en uno de los desastres más mortales de la nación. Este sismo destruyó una vasta cantidad de estructuras coloniales y se llevó la vida de miles, dejando una marca imborrable en la memoria del país (Instituto Geofísico del Perú, 2019)

El conocido "Gran Terremoto de Perú" del 31 de mayo de 1970, en Áncash, con una magnitud de entre 7.9 y 8.0, también marcó un antes y un después en la historia sísmica del país. Este fenómeno no solo sacudió la tierra, sino que también causó una catastrófica avalancha de nieve y rocas, conocida como la "Avalancha de Yungay", que enterró a Yungay junto con otras localidades, dejando un saldo desolador de víctimas (ESTRADA REYES, 2020)

El terremoto de magnitud 8.0 del 15 de agosto de 2007, centrado cerca de Pisco, en la región de Ica, provocó extensos daños a la infraestructura y edificaciones, afectando no solo a Pisco sino también a Ica y Chincha. La catástrofe resultó en numerosas víctimas, heridos, desplazados y pérdidas económicas considerables (A., P., & T*, 2018).

Más recientemente, el 26 de mayo de 2019, un terremoto de magnitud 8.0 golpeó el norte de Perú cerca de la ciudad de Lagunas. Aunque el epicentro fue en una zona remota, el temblor causó daños en varias ciudades, afectando edificaciones y carreteras. Por fortuna, la lejanía del epicentro ayudó a minimizar los daños materiales y humanos comparado con otros sismos históricos (A., P., & T*, 2018).

La posición de Perú sobre la placa de Nazca, junto con la actividad tectónica en la región andina, hace que el país sea extremadamente vulnerable a terremotos. Este entorno geológico ha sido el origen de algunos de los eventos sísmicos más destructivos registrados, como el terremoto de 8.8 en el sur de Perú en 1868 y el terremoto de 8 grados en el centro del país en 2007, ambos dejando profundas cicatrices en el tejido social y físico de la nación (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres del Perú, 2020)

A esta realidad se suma la problemática de la informalidad en la construcción, con un aproximado del 80% de las estructuras en el país catalogadas como informales por CAPECO. La autoconstrucción en terrenos inadecuados, junto con la falta de supervisión profesional y los obstáculos burocráticos para obtener licencias de construcción, amplifican el riesgo ante sismos, haciendo que las edificaciones sean especialmente vulnerables ante estos desastres (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres del Perú, 2020)

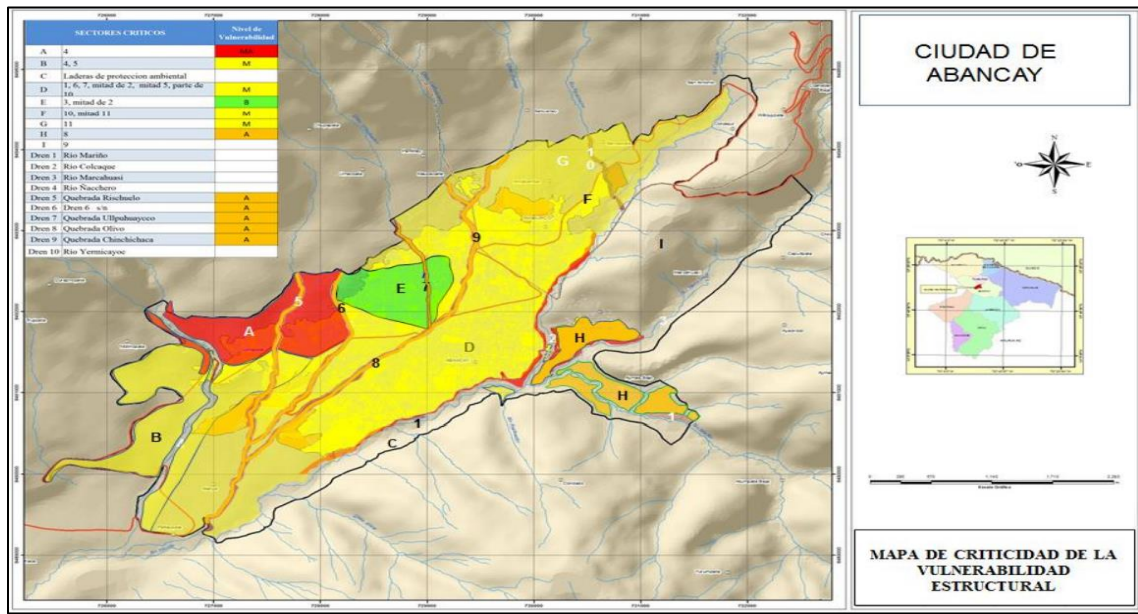
En respuesta a esta situación, se han realizado estudios detallados, en Abancay, para evaluar la vulnerabilidad sísmica mediante el análisis de factores como la condición estructural, los métodos constructivos, la altura de los edificios y los materiales usados. Estos estudios han permitido la creación de mapas de vulnerabilidad, proporcionando herramientas cruciales para la mitigación de riesgos y la planificación urbana (Allende, 2020)

Además de las medidas de evaluación de riesgo, es crucial implementar políticas que promuevan

la construcción segura, la educación sobre el riesgo sísmico y la preparación de la comunidad. Iniciativas de fortalecimiento estructural, regulaciones de zonificación más estrictas y programas de capacitación pueden ayudar a reducir significativamente las vulnerabilidades ante futuros terremotos, asegurando así un entorno más seguro para todos los peruanos.

Figura 1.

Mapa de nivel crítico de la vulnerabilidad estructural en Abancay



Nota: Tomado de (CSI Spain, 2012)

Tabla 1.*Caracterización de la vulnerabilidad en Abancay por sectores*

VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL		DESCRIPCIÓN DE LOS SECTORES CRÍTICOS
CRITICIDAD	RANGO	
MUY ALTO	0,080 - 0,092	El sector 4 donde se encuentran viviendas familiares. cuyas infraestructura brinda la seguridad por las malas condiciones de conservación de la vivienda. uso del adobe y levantar los muros sin criterios técnicos.
ALTO	0,066 - 0,079	Sectores ubicados en el área de influencia de las Quebradas Riachuelo, Ullpuchuycco, Olivo y Chinchichaca existen viviendas; antiguas mal conservadas y todas autoconstruidas, pero los pobladores están logrando rehabilitar las viviendas por la antigüedad y conservación donde están empleando bloquetas
MEDIO	0,053 - 0,065	Sectores 1. 4. 5. 6. 7. 10 y 11 donde existen edificaciones antiguas y modernas con tendencia a viviendas de mas de 2 pisos, y al empleo de bloquetas, y a la conservación de las viviendas.
BAJO	0,038 - 0,052	Sectores 2 y 3 donde existen edificaciones de 2 pisos, empleo de materiales como bloquetas y con mejor uso del espacio.

Nota: Tomado de (CSI Spain, 2012)

Se ha identificado un área crítica que, frente a un terremoto severo, enfrenta un alto riesgo de sufrir daños considerables o incluso de colapsar completamente. Esta constatación subraya la importancia vital de integrar un análisis detallado de resistencia sísmica durante la fase de diseño estructural de las edificaciones. La presencia de un riesgo sísmico significativo en nuestro país es una realidad que no puede ser ignorada, lo que nos lleva a la urgente necesidad de enfrentar este desafío de manera proactiva.

Con el propósito de identificar cuál software ofrece el análisis más exhaustivo y preciso para la resistencia sísmica, y así garantizar diseños estructurales que optimicen la seguridad en la construcción de edificaciones, se propone la realización de esta investigación. Este estudio busca evaluar las herramientas disponibles para determinar la más adecuada en el desarrollo de proyectos constructivos que no solo cumplan con las normativas vigentes, sino que también prioricen la protección de vidas humanas ante eventos sísmicos.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Formulación de problemas

La evaluación de la vulnerabilidad de una edificación se revela como un aspecto de suma importancia, ya que permite comprender su verdadero comportamiento estructural. Este análisis resulta fundamental para buscar soluciones óptimas desde las primeras etapas del diseño. La utilización del software especializado en este proceso se vuelve indispensable para agilizar y precisar este trabajo de investigación.

1.2.2. Problema General

¿Cómo es el comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica en una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETABS Y CYPECAD, Abancay 2022?

1.2.3. Problema Específicos

PE1: ¿Cuál es el análisis estático del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETABS Y CYPECAD, Abancay 2022?

PE2: ¿Cuál es el análisis dinámico del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETABS Y CYPECAD, Abancay 2022?

PE3: ¿Cuál es el modo espectral del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETABS Y CYPECAD, Abancay 2022?

1.3. Justificación de la investigación

La presente tesis de investigación se fundamenta en una justificación práctica al buscar contribuir al campo de la ingeniería estructural. Se enfoca en el uso accesible de herramientas tecnológicas como CYPECAD y ETABS, que han demostrado un excelente desempeño en análisis estructural y evaluación de vulnerabilidad sísmica. El enfoque es generar informes claros con los resultados de los diseños realizados con cada software, lo que permitirá una comparación precisa para

determinar cuál ofrece mayores niveles de precisión. Además, se respalda teóricamente en una amplia bibliografía sobre vulnerabilidad sísmica y en la abundante información disponible en tutoriales y cursos para los softwares mencionados. Metodológicamente, se justifica en base a la norma NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES” vigente en el país

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Determinar el comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022

1.4.2. Objetivos Específicos

OE1: Determinar el análisis estático del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022.

OE2: Determinar el análisis dinámico del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022.

OE3: Determinar el modo espectral del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022.

1.5. Delimitación de la Investigación

1.5.1. Espacial

El presente estudio se realizó en el distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac.

1.5.2. Temporal

La presente tesis de investigación se inició el último bimestre del año 2022 con el proyecto de tesis, la recolección de datos y su respectivo análisis se realizarán hasta el primer trimestre del año

2023, procurando así la sustentación final el mes de marzo del año 2023, siguiendo lo especificado en el cronograma presentado.

1.5.3. Social

La presente tesis de investigación realizó la comparación del análisis estructural y sismorresistente de una estructura que servirá para mejorar la gestión municipal y el servicio administrativo de la municipalidad provincial de Abancay, la cual beneficiará a 72 277 habitantes de la provincia de Abancay.

1.5.4. Conceptual

La tesis de investigación compara el análisis estructural y de vulnerabilidad sísmica de una estructura empleando los softwares de ingeniería CYPECAD y ETABS. Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó como referencia la NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, así como los tutoriales y cursos proporcionados por los fabricantes de estos softwares.

1.6. Viabilidad de la Investigación

1.6.1. Económica

La presente tesis de investigación ha sido autofinanciada por el tesista a cargo, Cristhian Oca Avalos. Se contó con los recursos económicos necesarios para adquirir las licencias de los softwares pertinentes y se realizó el análisis comparativo correspondiente

1.6.2. Social

La presente tesis de investigación utilizó un expediente técnico existente del proyecto "Mejoramiento de los Servicios Administrativos y de Gestión de la Municipalidad Provincial de Abancay", facilitado por la municipalidad provincial de Abancay. Por lo tanto, se concluyó que la investigación fue viable desde un punto de vista social.

1.6.3. Técnica

Se conto con la posibilidad de disponer licencias de software para programas como CYPECAD y ETABS, así como el acceso a cursos relacionados con dichos softwares. Además, se tenía conocimiento en diseño estructural sismorresistente adquirido en las aulas de la Universidad Tecnológica de los Andes. Por estas razones, se consideraba técnicamente viable realizar la investigación

1.7. Limitaciones

- La presente investigación se enfocará en la provincia de Abancay, por lo cual, solo se utilizará los parámetros de diseño en dicha zona.
- Se estudiará solo la parte estructural del diseño del proyecto.
- Los únicos softwares a utilizar serán CYPECAD y ETABS.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. A nivel internacional

(Flores, 2022) tiene como **objetivo** principal identificar la variación en los diseños estructurales utilizando los softwares CYPECAD, ETABS, respecto al método convencional, específicamente en pórticos de concreto armado. La **metodología** utilizada es Hipotética Deductiva, ya que busca contrastar la hipótesis de mejor obtención de diseño estructural en edificaciones mediante la utilización de softwares respecto al método convencional, el nivel de investigación es descriptivo y el diseño metodológico es no experimental. La **población** utilizada son los elementos estructurales modelados. Los **resultados** del diseño estructural no varían mucho, ya que ambos softwares se basan en el diseño estructural convencional, pero si existe variación al realizar el análisis sísmico. La **Conclusión** a la que se llegó es que el software CYPECAD considera más detalles de los elementos estructurales a la hora de modelar y diseñar.

(Flores A. A., 2022) tienen como **objetivo** principal comparar el diseño sismorresistente, específicamente en pórticos, utilizando los softwares CYPECAD y ETABS. La **metodología**

utilizada es Hipotética Deductiva, ya que busca contrastar la hipótesis de existencia de variación en el diseño sismorresistente entre estos softwares mediante el modelamiento, el nivel de investigación es descriptivo y el diseño metodológico es no experimental. La **población** utilizada son los elementos estructurales modelados. Los **resultados** del diseño sísmico estático en ETABS mostraron análisis más completos que CYPECAD. La **Conclusión** a la que se llegó es que el software ETABS nos ofrece mayor capacidad de análisis y un mejor diseño sismorresistente.

(Shiva, 2019), tiene como **objetivo** comparar el desplazamiento del piso al modelar una estructura de 7 pisos con CYPECAD y ETABS. La **metodología** utilizada es Hipotética Deductiva, ya que busca contrastar la hipótesis de variación entre ambos softwares mediante la modelación y la obtención de los resultados finales, con nivel de investigación descriptivo y diseño de investigación no experimental, puesto que se hallará la variación de resultados entre ambos softwares mediante el modelamiento. La **población** utilizada es un edificio de 7 niveles. Los **resultados** del modelamiento nos muestran que CYPECAD obtuvo un desplazamiento de piso mayor en comparación a ETABS. La **conclusión** a la que se llegó es que CYPECAD supera al software ETABS en precisión, además de ofrecer un menor tiempo para el análisis y diseño de estructuras.

(Polanco, 2019), tiene como **objetivo** principal demostrar la aplicabilidad de la metodología BIM utilizando CYPECAD. La **metodología** utilizada es Hipotética Deductiva, ya que busca contrastar la hipótesis mediante el modelamiento, el nivel de investigación es descriptivo y el diseño metodológico es no experimental. La **población** utilizada son los proyectos en Villa Clara. Los **resultados** del diseño utilizando CYPECAD y ArchiCAD como herramientas BIM, nos muestra una disminución del 20% de tiempo respecto a la metodología convencional. La

Conclusión a la que se llegó es que la metodología BIM es totalmente aplicable en los proyectos de Villa Clara, además de ofrecernos más calidad en menos tiempo.

Rosalin (2016), tienen como **objetivo** realizar un estudio del comportamiento no lineal de las estructuras utilizando el análisis pushover. La **metodología** utilizada es Hipotética Deductiva, con nivel de investigación descriptivo y diseño de investigación no experimental. La **población** utilizada es un edificio con variaciones de altura por piso. Los **resultados** al utilizar CYPECAD para dimensionar las estructuras y realizar su análisis sismorresistente fueron insuficientes. La **conclusión** a la que se llegó es que CYPECAD no tiene la suficiente capacidad de análisis sismorresistente.

2.1.2. A nivel nacional

(Saavedra Larreategui, 2017), En la investigación “Diseño con CYPECAD para la gestión estratégica de proyectos en edificaciones” tiene como **objetivo** mejorar la gestión de proyectos utilizando CYPECAD como herramienta de análisis y diseño estructural, específicamente en una edificación de 5 pisos. La **metodología** utilizada es cuantitativa, con nivel de investigación descriptivo, ya que se utilizaron planos, encuestas para la recolección de datos y el diseño fue realizado en CYPECAD. La **población** utilizada son los proyectos de edificaciones brindados por la INMOBILIARIA CAPELLI S.A.C. El **resultado** de la implementación del software CYPECAD como mejora de gestión de proyectos, fue una disminución de 238 horas en tiempo y S/3455 en costos. La **conclusión** a la que se llegó es que el uso de CYPECAD en el diseño estructural ayudaría enormemente en la gestión de proyectos

(Fachin & Sangama, 2021), En la investigación “Implementación del programa CYPECAD para mejorar la calidad estructural de una vivienda unifamiliar, Lamas 2021” tuvieron como **objetivo** determinar si la utilización del software CYPECAD puede mejorar la gestión de proyectos en

tiempos y costos. La **metodología** utilizada es cuantitativa, siendo una investigación aplicada, de nivel descriptivo, explicativo, ya que se busca determinar la calidad de diseño obtenida con el software CYPECAD. La **población** utilizada es una vivienda unifamiliar. Los **resultados** del diseño utilizando el método tradicional y el software CYPECAD no presentan diferencia significativa, pero el tiempo empleado para el análisis y diseño con CYPECAD es mucho menor y representa un menor costo. La **conclusión** a la que se llegó es que CYPECAD es una muy buena opción para optimizar costos y tiempos, cuando se trata de estructuras que no requiera cálculos de no linealidades.

(ESTRADA REYES, 2020) La investigación sobre “El análisis comparativo del diseño estructural utilizando ETABS y el método tradicional para un edificio de cinco pisos con semisótano en el distrito de San Martín de Porres, Lima” tuvo por **Objetivo de la investigación:** Destacar el propósito principal del estudio, que es comparar y evaluar el diseño estructural de un edificio específico utilizando dos enfoques diferentes: ETABS, un software de análisis estructural, y el método tradicional.

Los **métodos** y enfoques empleados para llevar a cabo el análisis comparativo se realizaron mediante comparaciones entre el diseño estructural generado por ETABS y el método tradicional. Sus **Resultados** fueron obtenidos del análisis comparativo, destacando las diferencias, similitudes y posibles ventajas o desventajas identificadas entre los diseños estructurales generados por ETABS y el método tradicional.

(Arotuma Nieto & Pumayauri Palomino, 2022) En la investigación “Análisis comparativo del diseño sismorresistente utilizando ETABS y SAP2000 en una edificación de concreto armado en Ica, 2022”, implicó la evaluación detallada de dos herramientas de modelado y análisis estructural líderes en la industria. **El objetivo** fue determinar la eficiencia, precisión y fiabilidad de ambos

programas al generar modelos para estructuras sismorresistentes en una región con características sísmicas específicas como Ica.

La metodología implicó la creación de modelos estructurales en ambos programas, seguida de análisis de respuesta sísmica con parámetros similares para garantizar la comparabilidad de los resultados. Se examinaron las discrepancias en los enfoques de modelado, la precisión en la predicción de la respuesta estructural ante eventos sísmicos y la interpretación de los resultados obtenidos de cada software.

Los resultados de esta investigación proporcionaron información valiosa sobre las fortalezas y limitaciones de ETABS y SAP2000 en el diseño sismorresistente de estructuras de concreto armado en la región de Ica.

Estos resultados contribuyeron a la toma de decisiones informadas en ingeniería estructural, mejorando la comprensión de las herramientas disponibles y su aplicabilidad en entornos sísmicos específicos como Ica, promoviendo así la seguridad y resiliencia de las edificaciones ante eventos sísmicos.

(Perez Martínez, 2019) En la investigación “Análisis comparativo del diseño estructural de un edificio de concreto armado de 4 niveles en Carapongo, Chosica, Lima, utilizando el método clásico junto con los programas ETABS y CYPECAD”, representó un estudio integral para evaluar la eficacia y la precisión de diferentes enfoques en el diseño de estructuras.

El objetivo principal de este estudio fue comparar y contrastar los resultados obtenidos a través del método clásico de diseño estructural con los resultados generados por los programas computacionales ETABS y CYPECAD. Se buscó evaluar la coherencia, precisión y eficiencia de cada enfoque en la generación de modelos y análisis estructurales para un edificio de concreto armado de 4 niveles.

La metodología implicó la creación de modelos detallados utilizando los tres enfoques, seguidos por análisis de carga estática y dinámica, considerando las características específicas del terreno, la geometría del edificio y los materiales utilizados. Se compararon y contrastaron los resultados en términos de capacidad de carga, comportamiento estructural ante cargas sísmicas, rigidez y deformaciones, entre otros aspectos relevantes.

Los resultados de este estudio proporcionaron información valiosa sobre las diferencias y similitudes entre el método clásico y el uso de software especializado como ETABS y CYPECAD en el diseño estructural de edificaciones de concreto armado en zonas sísmicas como Carapongo. Estos resultados contribuyeron a mejorar la comprensión de las herramientas de diseño disponibles y su aplicabilidad en contextos específicos, así como a promover la seguridad y la resistencia de las construcciones ante eventos sísmicos.

2.1.3. A nivel regional y local

(Aguirre, 2020), La investigación “Evaluación de derivas para determinar el análisis sísmico de un edificio dual en el Jr. Progreso, Abancay-2020” tiene como **objetivo** comparar diversos métodos de diseño de estructuras al utilizar la evaluación de derivas con el diseño obtenido utilizando el software CYPECAD. La **metodología** utilizada es cuantitativa, aplicada, con nivel descriptivo y diseño metodológico experimental. La **población** utilizada es un edificio dual conformado por algunos lotes en el Jr. Progreso. El **resultado** de la investigación fue que la evaluación de derivas sí influye demasiado en el diseño sismorresistente, ya que varía demasiado la magnitud de distorsión estructural. La **conclusión** a la que se llegó es que el análisis sismorresistente debe incluir la relación suelo estructura para poder lograr un modelamiento y simulación lo más cercana a la realidad en CYPECAD.

(Guillermo, 2019), La investigación “Modelamiento y análisis estructural del hospital challhuahuacho, bloque “A” mediante el software CYPECAD” tiene como **objetivo** llevar a cabo el análisis y diseño estructural de un hospital utilizando el software CYPECAD. La **metodología** utilizada es cuantitativa, con nivel de investigación descriptivo. La **población** utilizada es el bloque A del hospital Challhuahuacho. El **resultado** de los Factores de Reducción del análisis y diseño estructural utilizando el software CYPERCAD es de $R_{xx}=R_{yy}=8$, a diferencia del dato en el expediente técnico (Etabs) $R_{xx}=R_{yy}=6$. La **conclusión** a la que se llegó es que el software CYPECAD nos brinda más combinaciones que el software Etabs y además considera más aspectos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Software

Un software es un conjunto de instrucciones, datos y programas que permiten a los usuarios interactuar con una computadora, ejecutar tareas específicas y resolver problemas. Está compuesto por código escrito en uno o más lenguajes de programación y puede incluir documentación y archivos de configuración. El software puede ser de varios tipos, como sistemas operativos, aplicaciones, juegos, utilidades y redes.

La arquitectura y estructura de un software son dos aspectos fundamentales en su diseño y desarrollo, definiendo cómo está organizado y cómo funciona internamente:

2.2.1.1 Arquitectura de Software

La arquitectura de un software se refiere a la organización de alto nivel del sistema y su modelo conceptual. Define la estructura global, incluyendo los componentes de software, las propiedades de estos componentes y las relaciones entre ellos. La arquitectura aborda cómo el software se

divide en partes (a menudo llamadas módulos o servicios), cómo estas partes interactúan entre sí y con el sistema externo, y cómo los datos fluyen a través del sistema. Los aspectos clave de la arquitectura de software incluyen:

- **Patrones de Arquitectura:** Modelos generales que proporcionan una solución esquemática para resolver problemas comunes de diseño, como la arquitectura en capas, el modelo cliente-servidor, y la arquitectura de microservicios.
- **Estilos Arquitectónicos:** Conjuntos de principios que guían el diseño del sistema, afectando su rendimiento, seguridad y escalabilidad.
- **Decisiones Tecnológicas:** Elección de tecnologías, frameworks y herramientas que se utilizarán en el desarrollo del software.

2.2.1.2 Estructura de Software

La estructura de un software se refiere a la disposición interna del código y los recursos del software. Incluye cómo está organizado el código fuente, cómo se agrupan y relacionan los módulos o componentes del software, y la jerarquía de los elementos dentro del sistema. Los aspectos clave de la estructura de software incluyen:

- **Organización del Código:** La forma en que el código fuente está dividido en archivos, directorios y paquetes, y cómo estos elementos están organizados dentro del proyecto.
- **Patrones de Diseño:** Soluciones reutilizables a problemas comunes en el diseño de software, que ayudan a mejorar la legibilidad del código, su reutilización y mantenimiento.
- **Modelado de Datos:** La definición de cómo se organizan, almacenan y acceden los datos dentro del software.

2.2.1 Herramientas sistemáticas de diseño estructural

El análisis y diseño estructural, anteriormente, se realizaba mediante procedimientos extensos, donde había altas posibilidades de errores operacionales, etc. Actualmente, el diseño estructural va de la mano con softwares, programas que nos facilitan dichas operaciones e incluso nos ayudan a modelar los elementos estructurales, existen muchos softwares que están a nuestro alcance, softwares bastante intuitivos, entre ellos tenemos los softwares ETABS y CYPECAD.

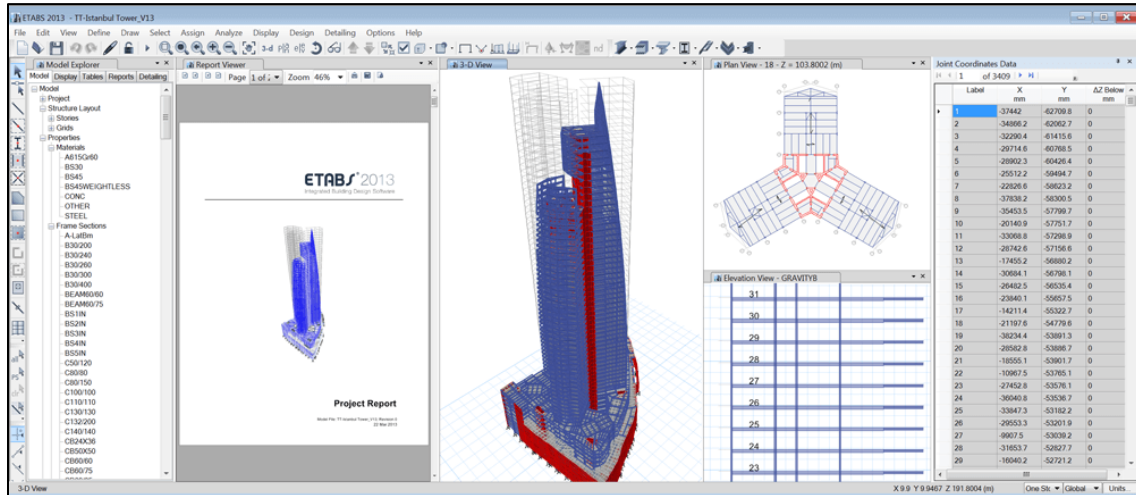
2.2.2.1 Etabs

Es uno de los softwares más conocidos en el campo de la ingeniería estructural, este nos sirve para realizar análisis estructural y dimensionar edificios, ofreciéndonos la visualización de objetos en 3D, su característica más importante es la gran capacidad que tiene para realizar análisis lineales y no lineales, además de ofrecer una interfaz intuitiva que nos permite modelar de manera más sencilla. Podemos modelar tanto estructuras de concreto como de acero, vigas, pilares mixtos, muros de concreto o ladrillo e incluso se puede comprobar que tan seguras son las conexiones y las chapas metálicas. También nos ofrece la creación de informes al culminar un análisis o dimensionamiento. (CSI Spain, 2012)

La interfaz ofrecida por el software ETABS es la siguiente:

Figura 2.

Interfaz del Software ETABS

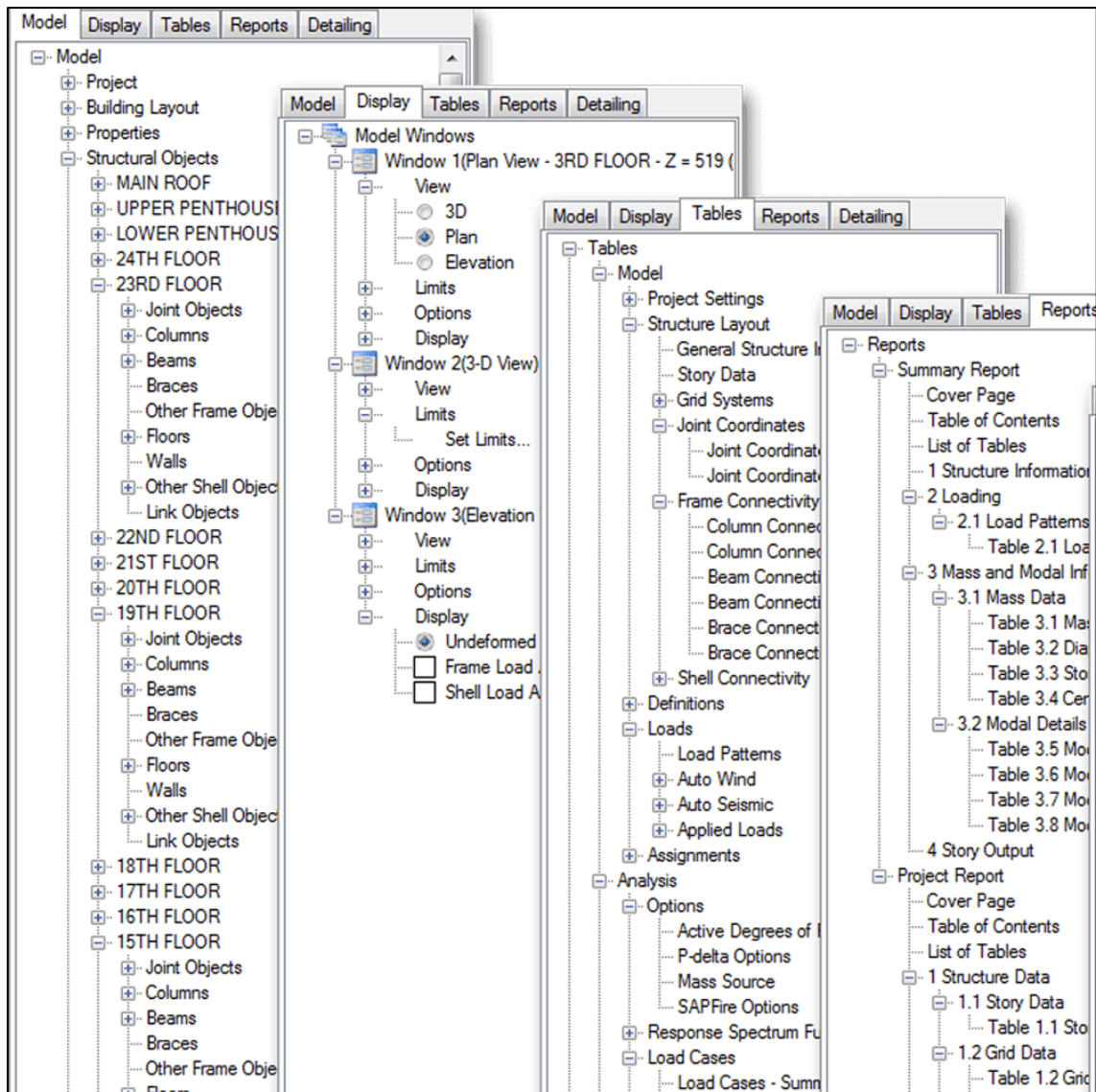


Nota: Tomado de (CSI Spain, 2012)

Nos ofrece manejar fácilmente los datos del modelo, las propiedades de los elementos estructurales, los materiales a utilizar, etc. Todos estos pueden duplicarse, modificarse, etc. (CSI Spain, 2012)

Figura 3.

Datos de modelados del Software ETABS

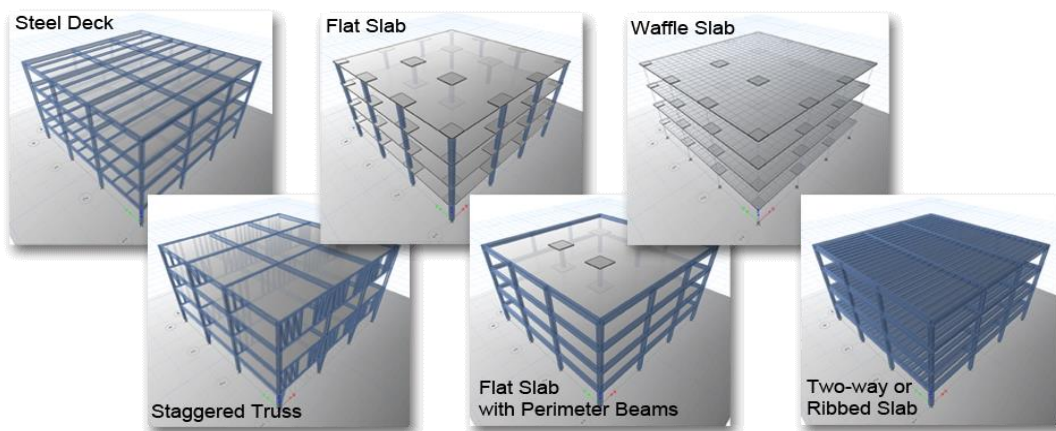


Nota: Tomado de (CSI Spain, 2012)

Además de ofrecernos una gran cantidad de plantillas a utilizar

Figura 4.

Plantillas del Software ETABS

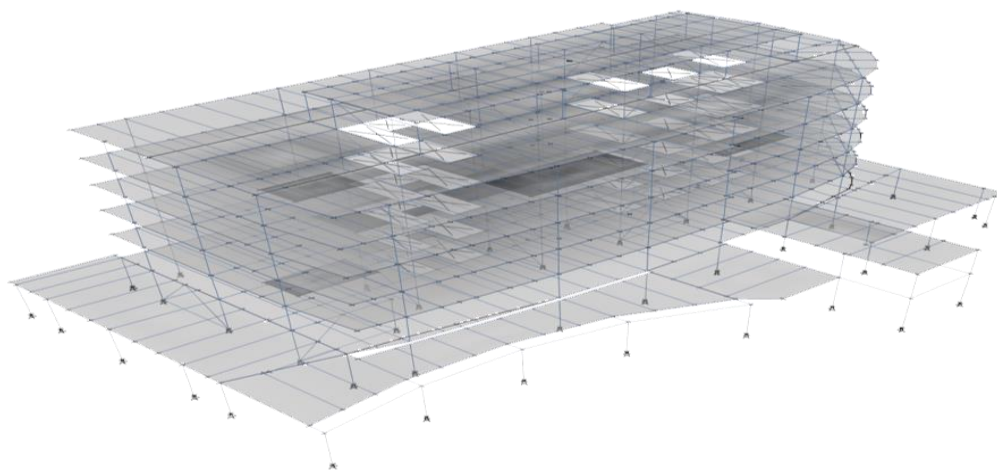


Nota: Tomado de (CSI Spain, 2012)

Se puede observar tanto el modelo analítico, como el físico, pudiendo modelarse estructuras de todo tipo de geometría. (CSI Spain, 2012)

Figura 5.

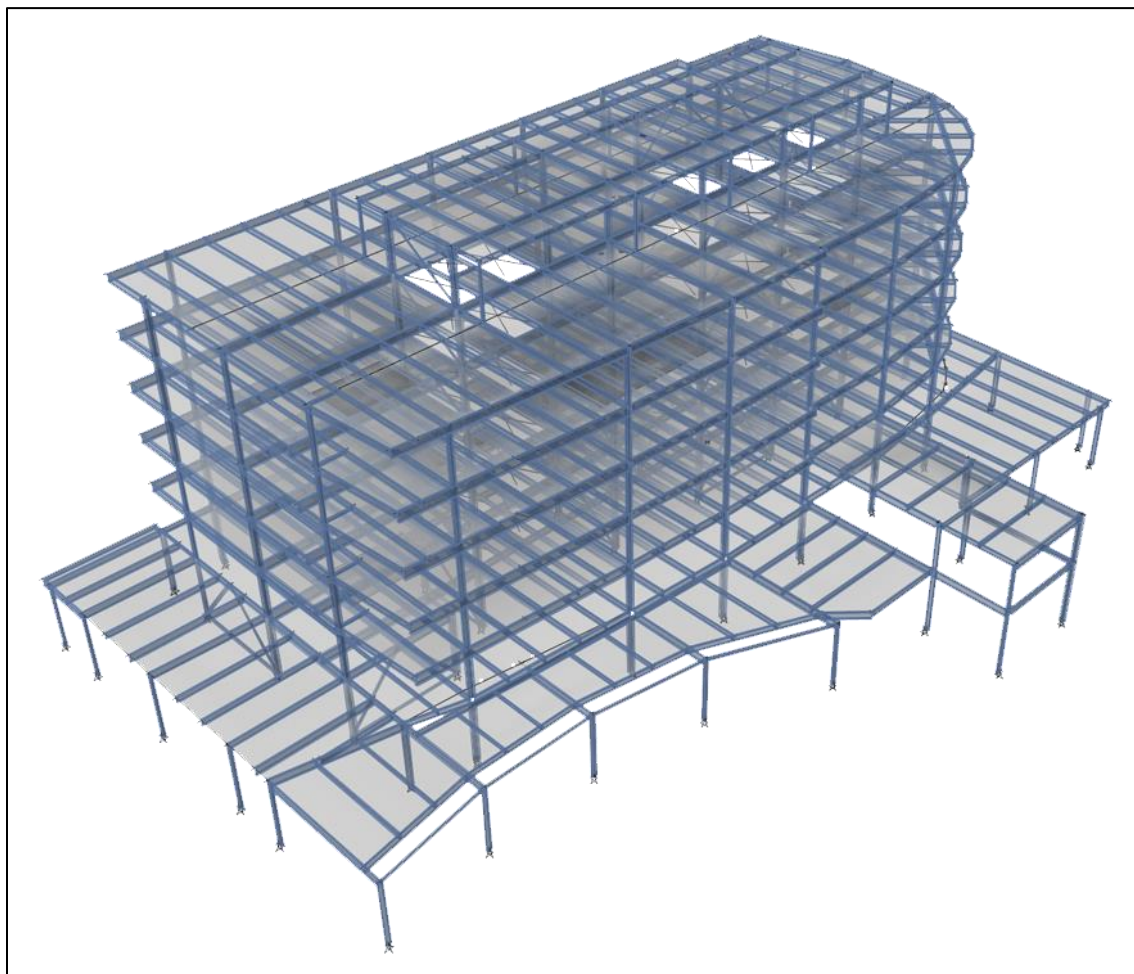
Modelos analíticos del Software ETABS



Nota: Tomado de (CSI Spain, 2012)

Figura 6.

Modelos físicos del Software ETABS

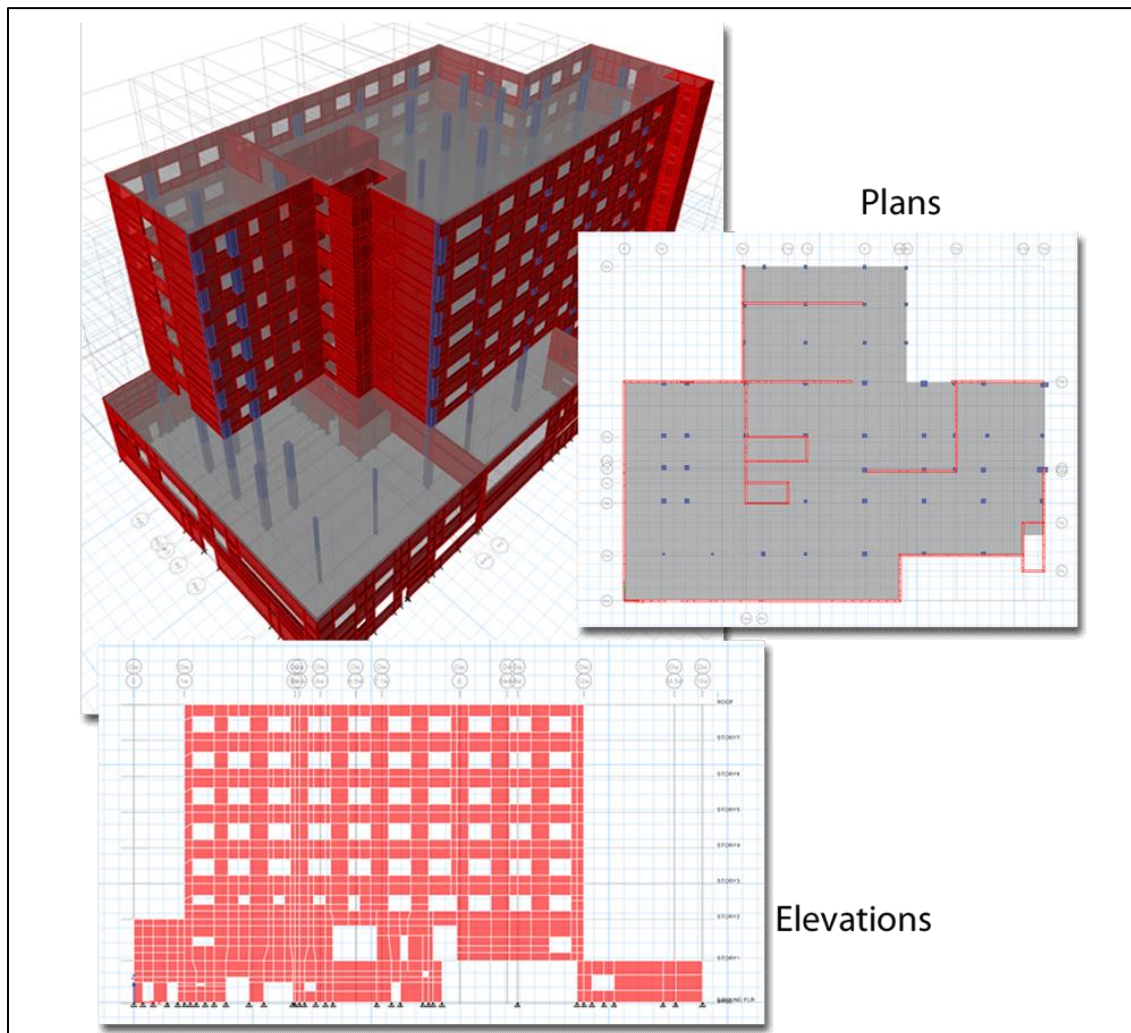


Nota: Tomado de (CSI Spain, 2012)

Las opciones de visualización además nos permiten tener vistas de plantas y de alzados. (CSI Spain, 2012)

Figura 7.

Vistas en planta y alzados del Software ETABS

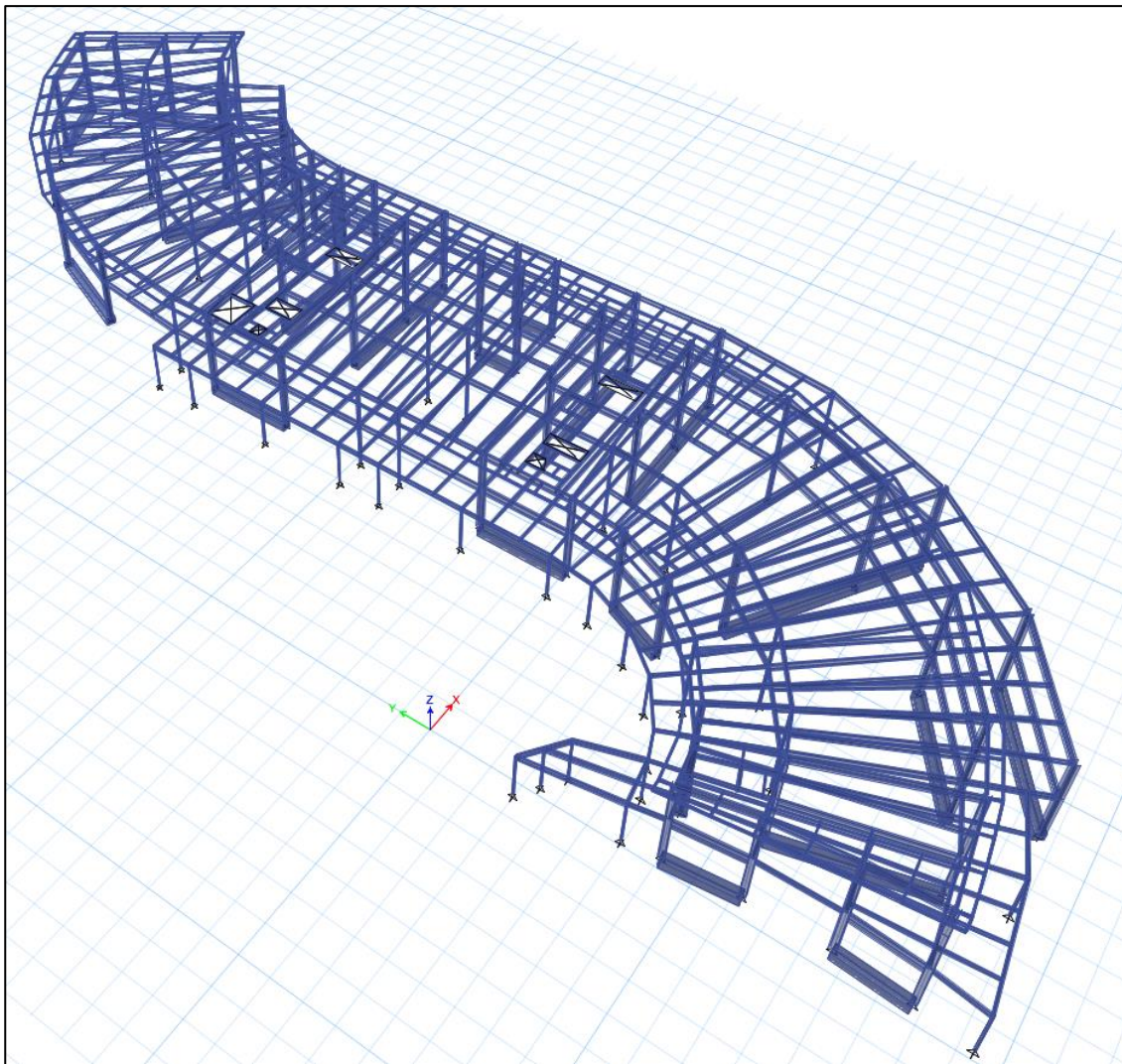


Nota: Tomado de (CSI Spain, 2012)

Se puede modelar elementos estructurales: vigas, columnas, arriostres como elementos de barra, respetando su geometría, siendo rectos o curvados; en la intersección de estos elementos estructurales, se producen automáticamente nudos, asegurando así la conexión de los elementos finitos. (CSI Spain, 2012)

Figura 8.

Nudos estructurales del Software ETABS

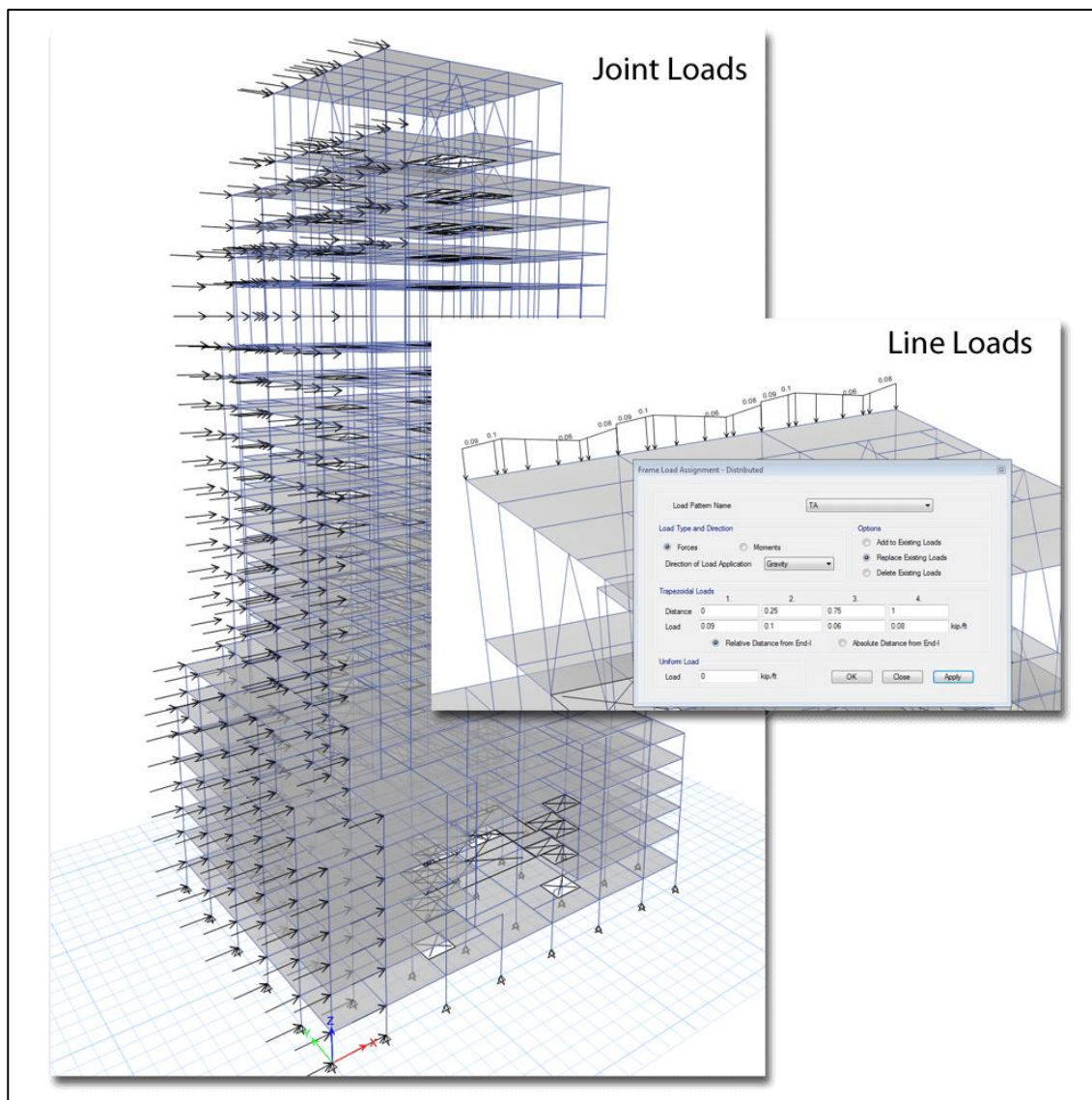


Nota: Tomado de (CSI Spain, 2012)

Se puede aplicar todo tipo de cargas, sean puntuales, distribuidas, e incluso térmicas. Sin importar la dirección de estas ni el punto de aplicación. (CSI Spain, 2012)

Figura 9.

Cargas aplicadas al Software ETABS

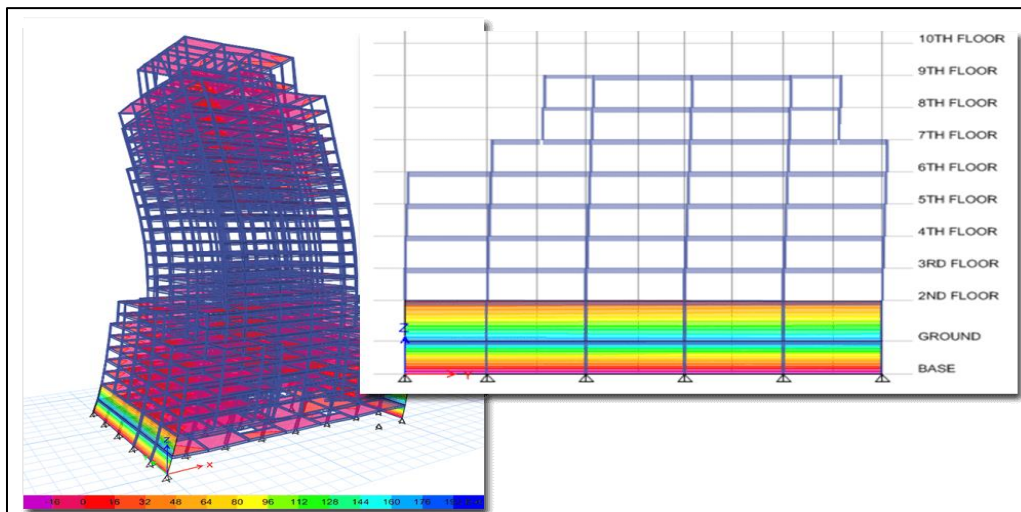


Nota: Tomado de (CSI Spain, 2012)

Etabs tiene una gran capacidad de análisis, calcula los modos de vibración haciendo uso de los conocidos eigen vectores o vectores propios, analizando los espectros de respuesta y tiempo-historia, sea comportamiento lineal o no lineal. (CSI Spain, 2012)

Figura 10.

Modos de vibración del Software ETABS

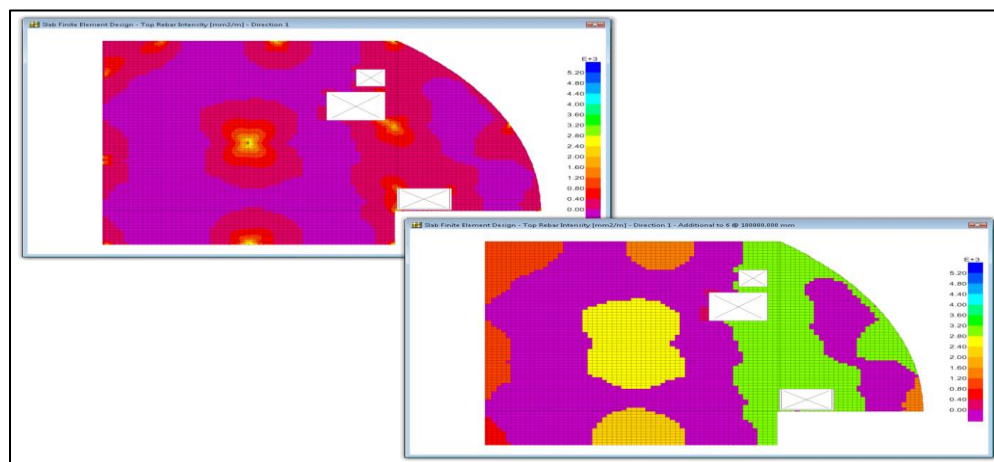


Nota: Tomado de (CSI Spain, 2012)

Como se mencionó, utiliza el método de elementos finitos para dimensionar elementos estructurales con geometrías un tanto más complicadas, donde determinar las bandas es más complicado. (CSI Spain, 2012)

Figura 11.

Dimensionamiento de elementos del Software ETABS

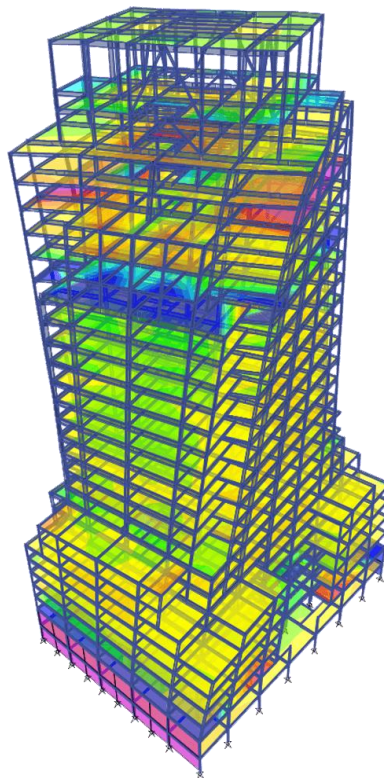


Nota: Tomado de (CSI Spain, 2012)

Entre otras de sus bondades, tenemos las video animaciones de los análisis.

Figura 12.

Animaciones del Software ETABS



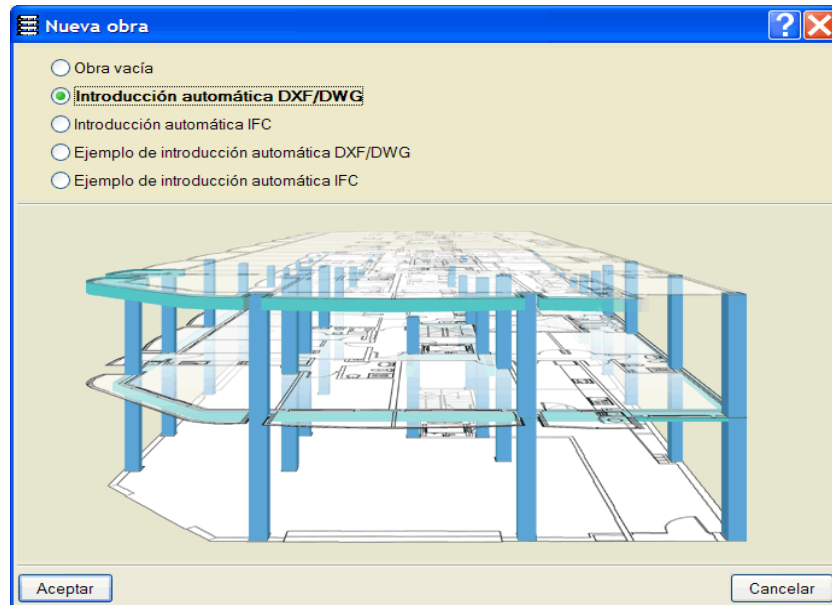
Nota: Tomado de (CSI Spain, 2012)

2.2.2.2 Cypecad

CYPECAD es un software BIM que sirve para diseñar, calcular y dimensionar cualquier tipo de elemento estructural como vigas, columnas, cimentaciones, uniones, losas, etc. Sean de concreto, acero, mampostería, etc. Podemos elegir la manera en la que cargamos la información de la geometría de nuestra estructura, podemos introducir manualmente las coordenadas, medidas, también podemos utilizar plantillas importadas desde AutoCAD, Civil 3D, CYPE 3D o softwares BIM, con lo que es muy fácil y sencilla la manera de introducir estructuras. (Cype, 2022)

Figura 13.

Integración de dwg en Cypecad



Nota: Tomado de (Cype, 2022)

Figura 14.

Integración de IFC en Cypecad

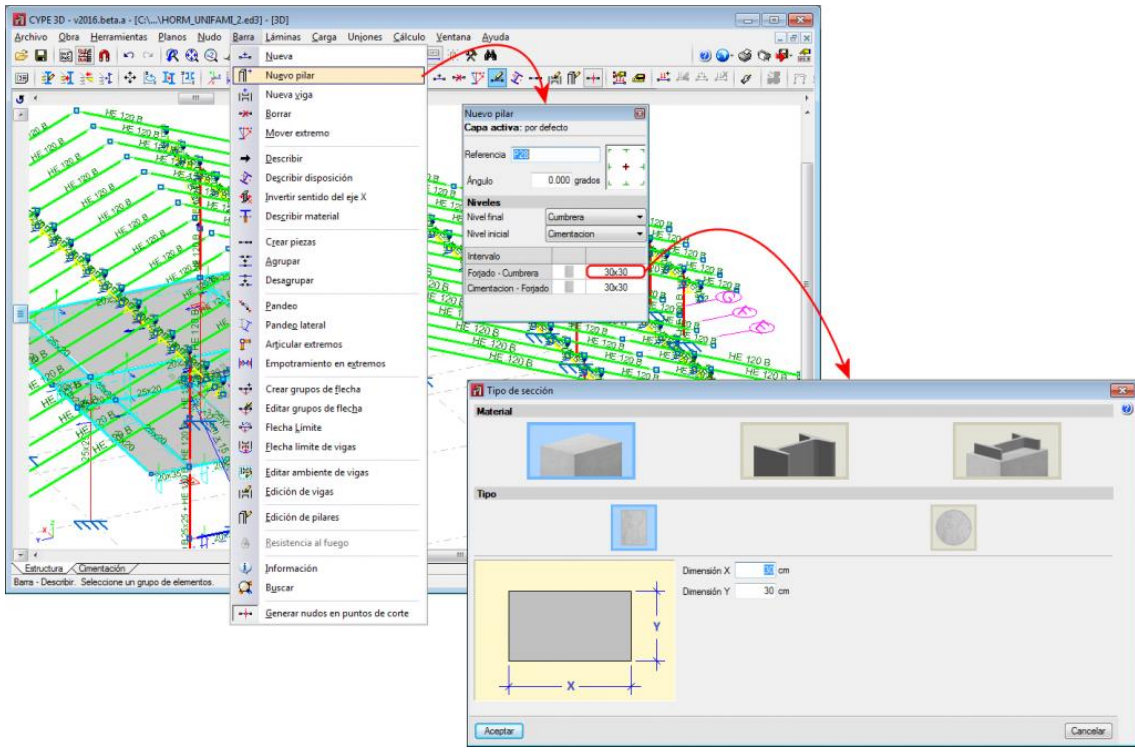


Nota: Tomado de (Cype, 2022)

CYPECAD se encarga del análisis y dimensionamiento de elementos estructurales como columnas: sean rectangulares, circulares, de concreto armado o acero. (Cype, 2022)

Figura 15.

Dimensionado de elementos en Cypecad

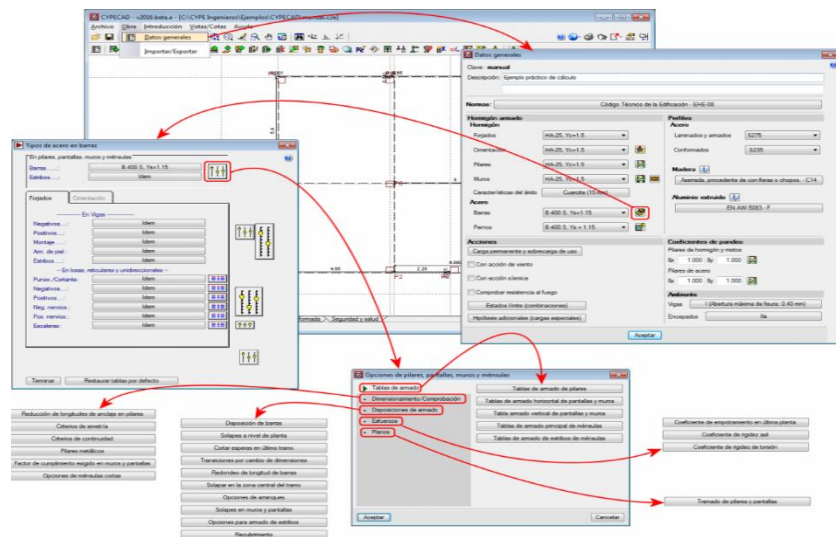


Nota: Tomado de (Cype, 2022)

Para poder realizar el análisis y diseño de columnas, se puede introducir valores que van a influir en el dimensionamiento de dichos elementos estructurales: (Cype, 2022)

Figura 16.

Factores de dimensionamiento en Cypecad



Nota: Tomado de (Cype, 2022)

CYPECAD nos muestra una tabla de armado generada automáticamente: (Cype, 2022)

Figura 17.

Tabla de aceros en Cypecad

Edición tabla de armados

Biblioteca: NCSE-02 (0.12g <= ac < 0.16g)

Diámetros utilizados: Ø12, Ø16, Ø20 y Ø25

Nº	Esq+Cara X+Cara Y	Armadura		Mayor		Menor		
		Secc	De	A	Sep	De	A	Sep
1	4Ø12+2Ø12+2Ø12	9.05	20	45	4a17	20	45	4a17
2	4Ø12+2Ø12+4Ø12	11.31	25	45	7a17	25	45	4a17
3	4Ø12+4Ø12+2Ø12	11.31	25	65	4a18	20	45	4a17
4	4Ø16+2Ø12+2Ø12	12.57	20	45	4a17	20	45	4a17
5	4Ø12+4Ø12+4Ø12	13.57	25	65	4a18	25	65	4a18
6	4Ø12+6Ø12+2Ø12	13.57	30	85	4a18	20	45	4a17
7	4Ø16+2Ø12+2Ø16	14.33	20	45	4a17	20	45	4a17
8	4Ø16+2Ø16+2Ø12	14.33	20	45	4a17	20	45	4a17

Armadura: 4 Ø12, 2 Ø12 de 20 a 45

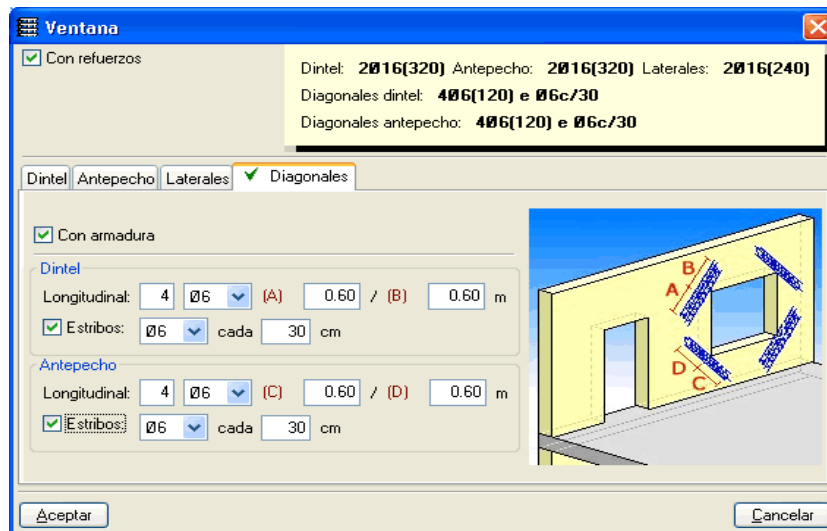
Disposición estribos

Nota: Tomado de (Cype, 2022)

Podemos realizar cálculos y análisis estructural para muros. (Cype, 2022)

Figura 18.

Análisis estructural en Cypecad

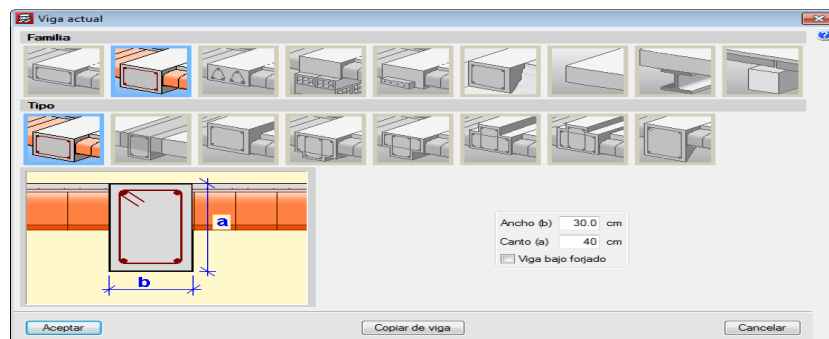


Nota: Tomado de (Cype, 2022)

Para el caso de vigas se puede realizar el análisis, diseño y dimensionamiento para las formas geométricas de estas, como rectangulares, L, T, pretensadas, metálicas. (Cype, 2022)

Figura 19.

Vigas en Cypecad

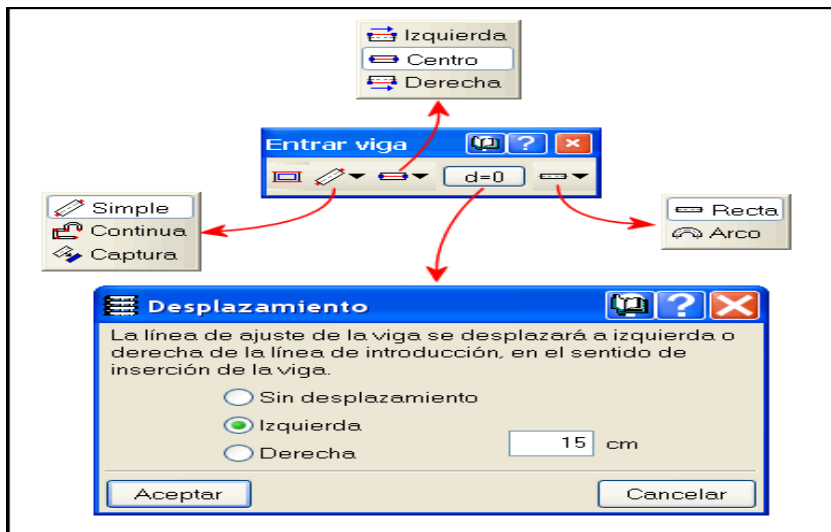


Nota: Tomado de (Cype, 2022)

Nos permite elegir donde interactúan las vigas con los demás elementos. (Cype, 2022)

Figura 20.

Interacciones de vigas en Cypecad

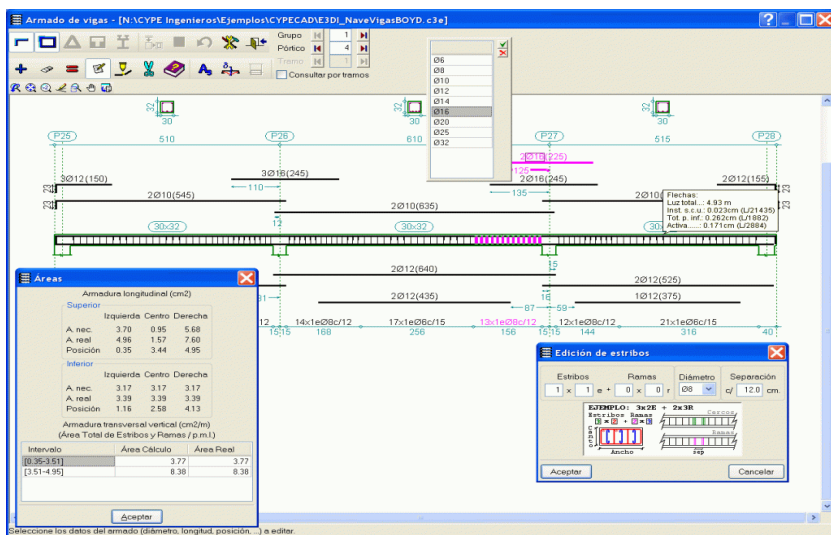


Nota: Tomado de (Cype, 2022)

También nos permite editar el dimensionamiento, revisarlo, etc. (Cype, 2022)

Figura 21.

Revisión de dimensionamiento en Cypecad

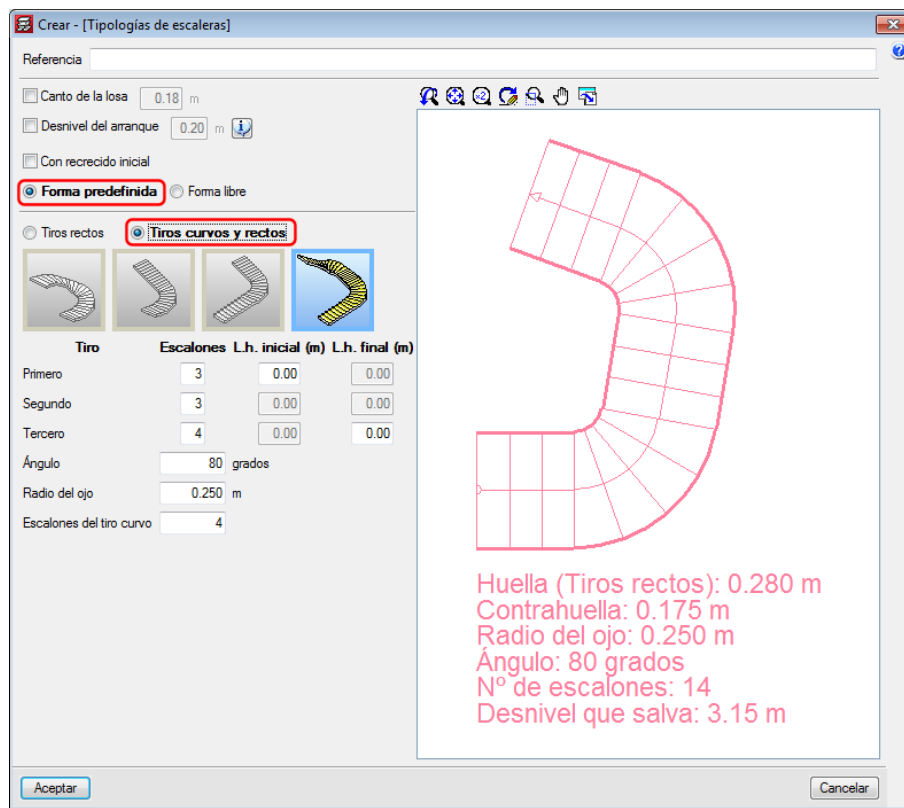


Nota: Tomado de (Cype, 2022)

En cuanto a escaleras, el programa nos permite introducir escaleras de concreto armado, comunes, curvas, etc. (Cype, 2022)

Figura 22.

Escaleras en Cypecad

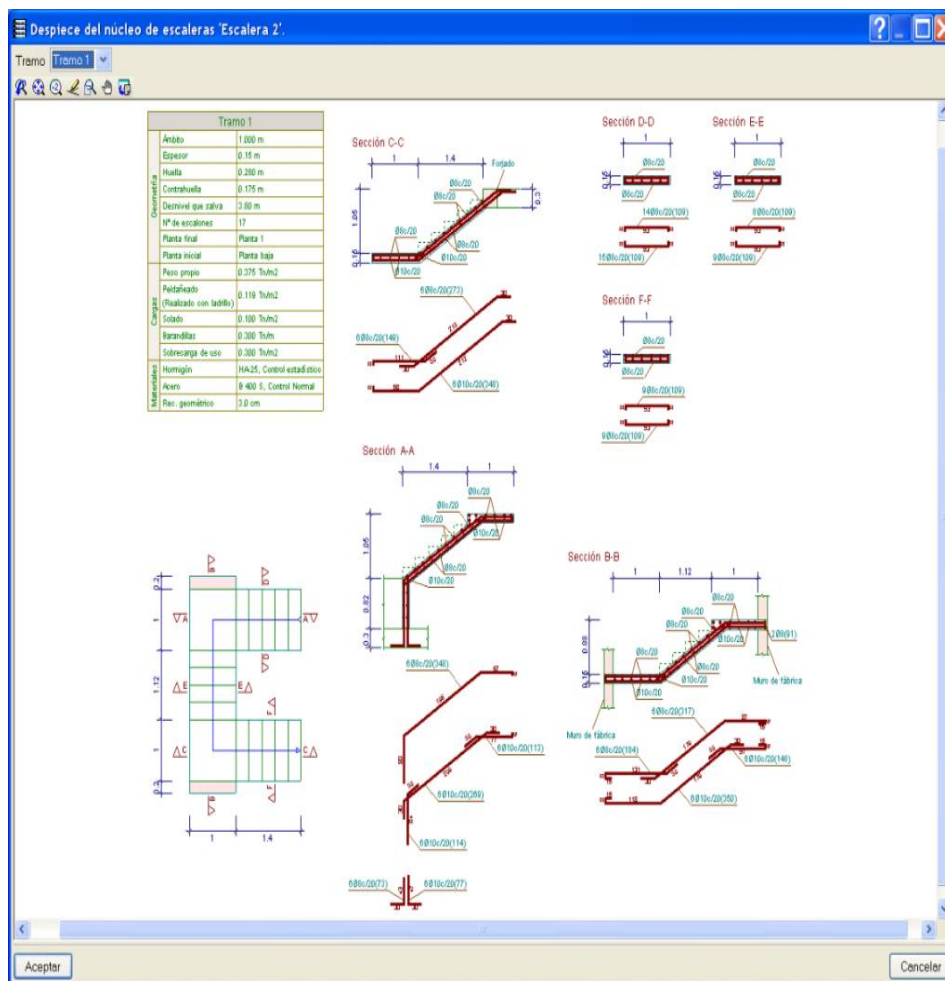


Nota: Tomado de (Cype, 2022)

Nos presenta el dimensionamiento de dichas escaleras, considerando que el análisis es realizado utilizando el método de elementos finitos: (Cype, 2022)

Figura 23.

Análisis de escaleras por elementos finitos en Cypecad

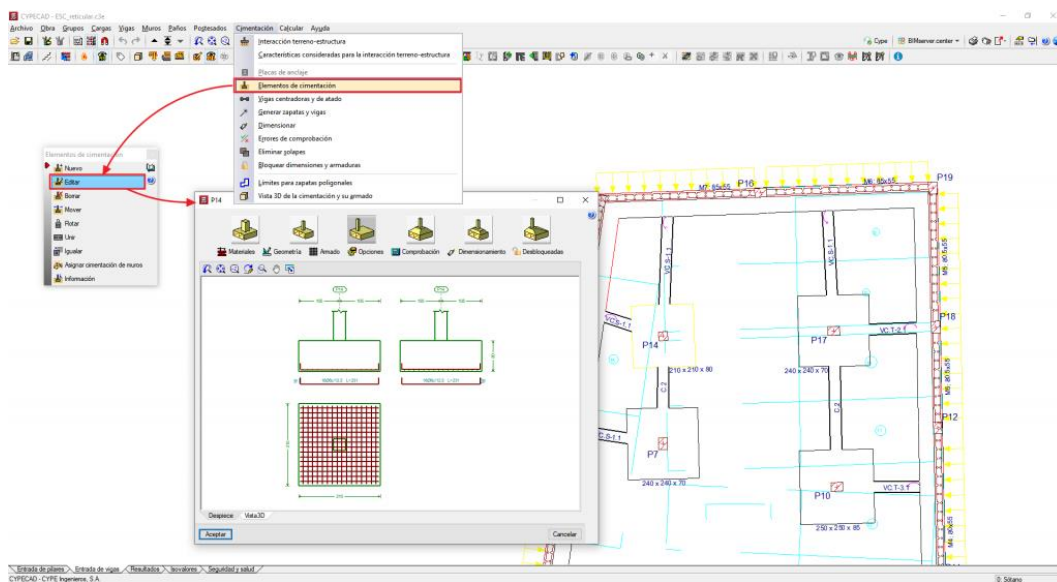


Nota: Tomado de (Cype, 2022)

En cuanto a cimentaciones, CYPECAD permite calcular solo cimentaciones, introduciendo al menos arranques de columnas, pueden analizar, diseñar y predimensionar zapatas, vigas de conexión, losas de cimentación: (Cype, 2022)

Figura 24.

Cimentaciones en Cypecad



Nota: Tomado de (Cype, 2022)

El análisis sísmico se realiza utilizando el análisis modal espectral, considera elementos no estructurales, realizando las correcciones por la fuerza cortante basal, el espectro sísmico personalizado por cada usuario. También podemos comprobar la resistencia al fuego de los revestimientos utilizados, también si se utilizaron elementos de madera. (Cype, 2022)

Indicadores para medir herramientas sistemáticas de diseño estructural

a) Interoperabilidad:

La interoperabilidad del software se refiere a la capacidad de diferentes programas o sistemas para intercambiar datos, funcionar conjuntamente y utilizar la información de manera efectiva. Aquí hay algunos puntos clave sobre la interoperabilidad del software:

- ❖ La interoperabilidad permite que los datos se transfieran fácilmente entre diferentes plataformas o aplicaciones, independientemente de los formatos en los que se almacenen. Esto implica que los sistemas pueden leer, interpretar y utilizar la información de manera coherente.
- ❖ El uso de estándares y protocolos comunes facilita la interoperabilidad. Cuando los softwares siguen reglas y normativas aceptadas en la industria, es más probable que puedan comunicarse entre sí sin problemas.
- ❖ La interoperabilidad es crucial en entornos donde varios sistemas deben trabajar juntos. Por ejemplo, en negocios, la interoperabilidad permite la integración de sistemas de gestión, bases de datos, herramientas de análisis, entre otros.
- ❖ La interoperabilidad también se refiere a la capacidad de los sistemas para mantenerse sincronizados y actualizados entre sí. Esto garantiza que los datos compartidos estén siempre al día y consistentes en todos los programas involucrados.
- ❖ Una buena interoperabilidad facilita la colaboración entre equipos y organizaciones al permitir que diferentes herramientas y sistemas trabajen juntos sin obstáculos.

b) Exactitud:

La exactitud del software se refiere a la precisión con la que un programa o aplicación realiza sus funciones o procesos. En términos generales, la exactitud se evalúa mediante la comparación de

los resultados generados por el software con los resultados esperados o con una referencia conocida.

- ❖ Los desarrolladores de software suelen realizar procesos de validación y verificación para asegurar que el programa produce resultados precisos.
- ❖ Algunos tipos de software requieren calibración o ajustes para mejorar su exactitud. Por ejemplo, en programas de análisis numérico o científico, es común ajustar parámetros para lograr resultados más precisos.
- ❖ Se pueden realizar pruebas específicas donde los resultados del software se comparan con datos conocidos o mediciones reales para evaluar su exactitud.
- ❖ Es importante comprender que todos los softwares tienen cierto margen de error. La exactitud no implica ausencia total de error, sino la minimización de este dentro de un rango aceptable.
- ❖ Los desarrolladores suelen lanzar actualizaciones y mejoras para corregir posibles errores y mejorar la precisión del software en versiones posteriores.

c) Tiempo:

En términos de herramientas sistemáticas hace referencia a los siguientes aspectos:

Tiempo de Desarrollo: Se refiere al período que lleva crear o desarrollar un software, desde la concepción de la idea hasta su implementación y lanzamiento. Este tiempo puede variar según la complejidad del software, el equipo de desarrollo y los recursos disponibles.

Tiempo de Ejecución: Es el tiempo que tarda un programa en completar una tarea o proceso específico una vez que se ejecuta. Puede variar dependiendo de la complejidad de la tarea, la eficiencia del código y la capacidad del hardware en el que se ejecuta.

Tiempo de Respuesta: Es el tiempo que transcurre entre la realización de una acción por parte del usuario en un software y la respuesta o resultado visible que ofrece el programa. La optimización del tiempo de respuesta es crucial para mejorar la experiencia del usuario.

Tiempo de Carga: Se refiere al tiempo que un software tarda en iniciarse o en cargar completamente después de ser ejecutado. Esto es relevante especialmente en aplicaciones web, donde un tiempo de carga largo puede afectar la satisfacción del usuario.

Tiempo de Procesamiento: Es el tiempo necesario para procesar y manipular los datos dentro del software. En aplicaciones de análisis, cálculos complejos o manipulación de grandes conjuntos de datos, el tiempo de procesamiento puede ser crítico.

d) Entendimiento:

Se refiere a la capacidad de comprender, interpretar y trabajar eficazmente con el código, la lógica y las funcionalidades de una aplicación o programa. Toma en cuenta diversos aspectos:

- ❖ Entender la arquitectura del software implica comprender cómo están organizados los diferentes módulos, componentes y capas que componen la aplicación. Esto es crucial para mantener una estructura coherente y escalable.
- ❖ Es importante comprender cómo los usuarios interactúan con el software, cómo navegan por la interfaz de usuario, qué funcionalidades utilizan con más frecuencia y cómo mejorar la experiencia del usuario.
- ❖ El entendimiento del software también incluye la capacidad de identificar y solucionar problemas o errores. Esto implica utilizar herramientas de depuración y técnicas para encontrar y corregir fallos en el código.

e) Fiabilidad:

Se refiere a la capacidad de un programa o sistema para funcionar de manera consistente y predecible en diversas condiciones y entornos, manteniendo un nivel aceptable de rendimiento y minimizando la posibilidad de errores o fallos inesperados. Toma en cuenta ciertos aspectos:

- ❖ Un software fiable es estable y funciona sin interrupciones significativas o caídas frecuentes. Los usuarios confían en que el software estará disponible cuando lo necesiten.
- ❖ Un software fiable puede manejar situaciones inesperadas o errores sin colapsar completamente. En lugar de detenerse por completo, puede ofrecer una funcionalidad reducida o alternativa.
- ❖ La fiabilidad del software implica proteger y mantener la integridad de los datos. Esto significa que los datos almacenados y procesados por el software se mantienen precisos y seguros.
- ❖ Los usuarios pueden prever cómo funcionará el software en diferentes situaciones. La consistencia en el comportamiento del software es esencial para su fiabilidad.
- ❖ Un software fiable debe mantener su rendimiento incluso cuando se enfrenta a cargas de trabajo más altas o a un mayor número de usuarios. Debe ser escalable para adaptarse a las demandas cambiantes.
- ❖ Los programas fiables se someten a actualizaciones regulares y mantienen altos estándares de calidad a lo largo del tiempo. Las actualizaciones deben mejorar el software sin introducir nuevos errores.

f) Amplitud:

Se refiere a la cantidad y diversidad de funciones o características que ofrece un software. Un programa con una amplia gama de funcionalidades puede abordar múltiples necesidades o casos de uso, ofreciendo una experiencia más completa a los usuarios.

- ❖ Algunos softwares tienen una amplia compatibilidad con diferentes sistemas operativos, dispositivos o plataformas. Esto permite que un mismo software funcione en una amplia gama de entornos, lo que aumenta su accesibilidad.
- ❖ La amplitud también puede referirse a la extensión o frecuencia con la que se utiliza un software en diferentes áreas o industrias. Un software con una amplia base de usuarios o aplicaciones en diversos campos muestra su versatilidad y adaptabilidad.
- ❖ Algunos programas tienen la capacidad de manejar una gran cantidad y variedad de datos. La amplitud en este sentido implica la capacidad de gestionar, procesar y analizar datos complejos o extensos.
- ❖ Se refiere a la disponibilidad y accesibilidad del software a diferentes usuarios o grupos. Programas con acceso amplio pueden llegar a un gran número de usuarios, ya sea a través de su costo, disponibilidad en múltiples idiomas, entre otros.
- ❖ La capacidad de integrarse con otros sistemas o herramientas también puede ser considerada como amplitud. La integración amplia permite que el software trabaje en conjunto con otros programas o plataformas.

2.2.3 Comportamiento estructural y vulnerabilidad sísmica

2.2.2.3 Comportamiento estructural

Es la manera en la que una edificación o elemento estructural reacciona ante cualquier fuerza que actúe sobre este, por ejemplo, un sismo. Podemos hablar entonces del comportamiento estructural de una edificación ante sismos, esta dependerá de 3 factores: (Aguilar et al., 2016)

- Sismo: influye la frecuencia, tipo de ondas, magnitud. (NTP E.030, 2019)
- Suelo que subyace a la edificación: su tipo, capacidad portante, características, presencia de nivel freático. (NTP E.030, 2019)

- Configuración estructural de la edificación: esta puede ser regular o irregular. (NTP E.030, 2019)

Para mejorar el comportamiento sísmico de dicha edificación se recomienda:

- Mejorar la simetría en la distribución geométrica, de masas o de rigideces. (NTP E.030, 2019)
- Tratar de aligerar el peso por piso, especialmente en edificios donde la altura de entrepiso es considerable. (NTP E.030, 2019)
- No descuidar ni pasar por alto errores en la ejecución de obra. (NTP E.030, 2019)
- Que exista continuidad en la estructura, no generar desplazamientos en los elementos estructurales ni cambios de orientación. (NTP E.030, 2019)

2.2.2.4 Análisis Estático

Análisis estático Lineal

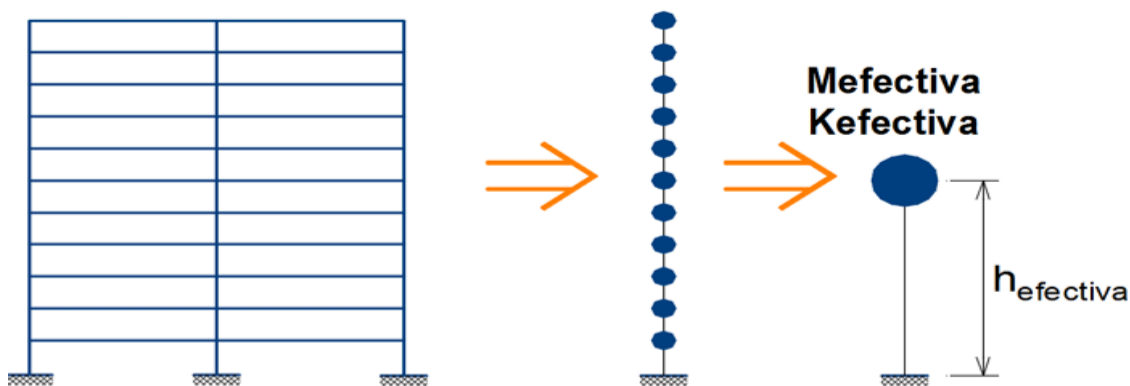
El análisis estático lineal, se emplea para realizar la determinación matemática de desplazamientos, así como las deformaciones con las que cuenta y las fuerzas que surgen como reacción a la influencia de cargas aplicadas. Este análisis lo desarrollamos mediante la suposición estática y la suposición de linealidad, la primera considerando que todas las cargas serán aplicada de manera lenta y gradual, hasta alcanzar sus magnitudes completas, en otras palabras las cargas no varían en el tiempo; la segunda suposición refiere que la en la interacción de las cargas y las respuestas que han sido afectadas es lineal; significando que si variamos en proporción a las cargas, la respuesta que se obtienen de modelo también varia en esa proporción, ya sean desplazamientos, deformaciones unitarias o las tensiones. (UPC, 2011)

El modelo en el análisis estático lineal se considera como un sistema de un grado de libertad y una rigidez lineal donde la acción del sismo se analiza en un modelo con una distribución de fuerzas

laterales equivalente, obtenidas a partir de la distribución en altura de la cortante basal, y los desplazamientos internos a partir del análisis estático lineal. (UPC, 2011)

Figura 25.

Diagrama de un grado de libertad



Nota: Tomado de (Calcina, 2017)

Análisis estático no lineal

El análisis estático no-lineal o AENL nos va a permitir realizar un análisis de la curva de capacidad resistente de la estructura, que relaciona el desplazamiento lateral de la estructura con la cortante basal. Consiste en aplicar cargas laterales de manera incremental a una estructura ya diseñada, las cargas serán aplicadas en una sola dirección. (Freddy & Odeleid, 2021)

El análisis estático no lineal toma en consideración parámetros específicos acerca de la deformación de materiales en el cual las estructuras se ven afectadas por las cargas laterales que son provocadas por los sismos. Mediante este método analítico no lineal se puede comprobar qué tipo de comportamiento adquiere la estructura en el rango inelástico. Uno de los principales objetivos es obtener la caracterización de la respuesta de la estructura en cuanto a desplazamientos provocado por acción sísmica. Se aplican distintos métodos para esta caracterización, para lo cual generalmente como primer paso se determina un sistema equivalente de un solo grado de libertad

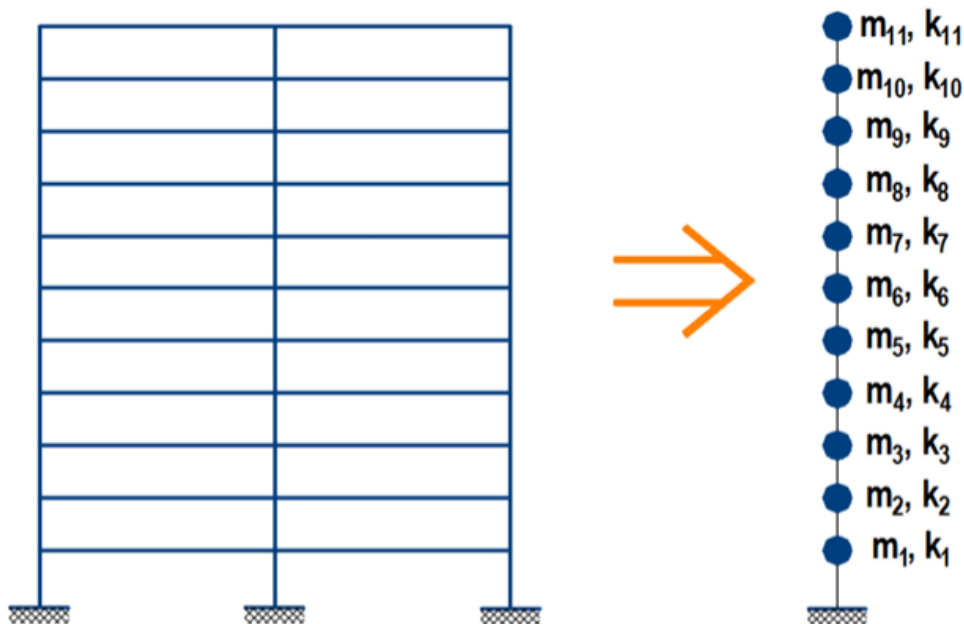
mediante la curva de capacidad obtenida por alguno de los métodos empleados en este tipo de análisis como puede ser el modelo analítico no lineal con clasificación pushover.

El siguiente paso se caracteriza la demanda sísmica mediante los espectros de respuesta elástica o el espectro inelástico. A través de esta caracterización se determinará el desplazamiento máximo y se realiza un análisis para conocer cuánto daño se ocasionó en la estructura. (Calcina, 2017)

2.2.2.5 Análisis dinámico

Análisis dinámico lineal

El análisis dinámico no lineal se puede realizar mediante técnicas que van en función del tiempo-historia, en la cual se hacen uso de los datos que se tienen sobre la aceleración y el registro de repuestas estructurales obtenidas en la totalidad de tiempo en el que se produjo el sismo. Se pueden emplear también los métodos basados en el espectro de respuesta, donde se obtienen los espectros de los registros de aceleración, y estos se combinan con los aportes de cada modo, con el propósito de obtener un valor representativo de la respuesta. Con este análisis se obtienen mejores resultados, puesto que el modelo se realiza representando un diseño que cuenta con muchos grados de libertad, unido a matrices de amortiguamiento y rigidez elástica. (UPC, 2011)

Figura 26*Diagrama de un grado de libertad**Nota:* Tomado de (Calcina, 2017)**Análisis dinámico no lineal**

El análisis dinámico no lineal (ADNL), no ofrece resultados más exactos de las respuestas sísmicas inelásticas de las estructuras que se someten a movimientos sísmicos importantes. Para desarrollar este tipo de análisis (ADNL), se debe contar con los registros de aceleraciones del terreno, estos pueden ser reales o pueden ser obtenidos a través de una simulación, o una combinación de estos.

Su uso está limitado a estructuras con características especiales ya que requiere de un manejo minucioso de datos además de usar programas especializados para su desarrollo. (UPC, 2011)

Este análisis nos da una diagramación que se acerca más al comportamiento real de las estructuras frente a la ocurrencia de un evento sísmico, es el mejor método para obtener datos de la capacidad de la estructura y el comportamiento de la edificación frente a sismos; sin embargo, para implementar este método se debe tener una definición clara de los parámetros involucrados en el

análisis, algunos de ellos pueden ser las características de las frecuencias, ruptura, etc. (Krawinkler & Seneviratna, 1998)

2.2.2.6 Espectros

Espectro de diseño sísmico

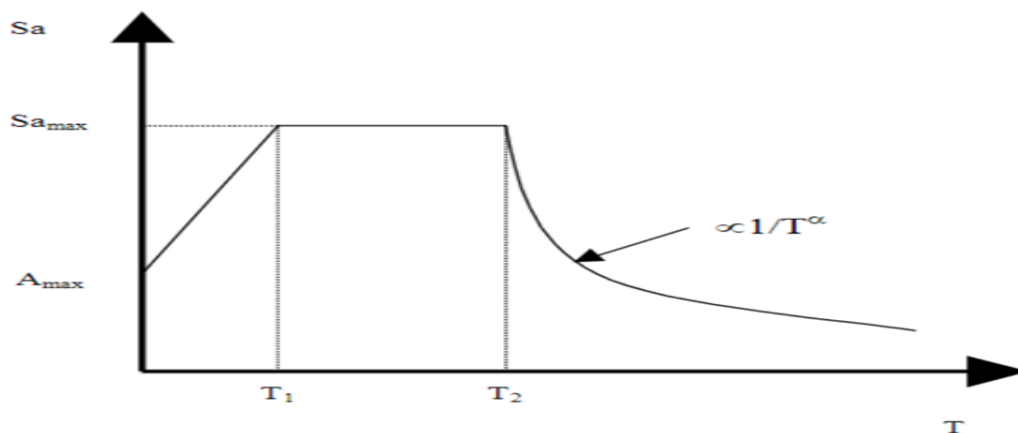
Es un dato obtenido que se emplea para calcular la medición de la reacción de una estructura a la vibración del terreno que la soporta. Consiste en la determinación de la fuerza de deformación que se define por el periodo de vibración natural y su amortiguamiento. Se obtiene con un cálculo sobre los espectros de la respuesta comparables. (Chopra, 2014)

Espectro de aceleraciones para diseño sísmico

La siguiente imagen representa la forma que tiene el espectro de aceleraciones para el diseño sísmico en función de los periodos de quiebre, las aceleraciones consideradas son la aceleración máxima en el nivel de superficie y la aceleración espectral máxima. (Jaramilla, 2003)

Figura 27.

Espectro aceleración



Nota: Tomado de (Jaramilla, 2003)

Espectro de respuesta

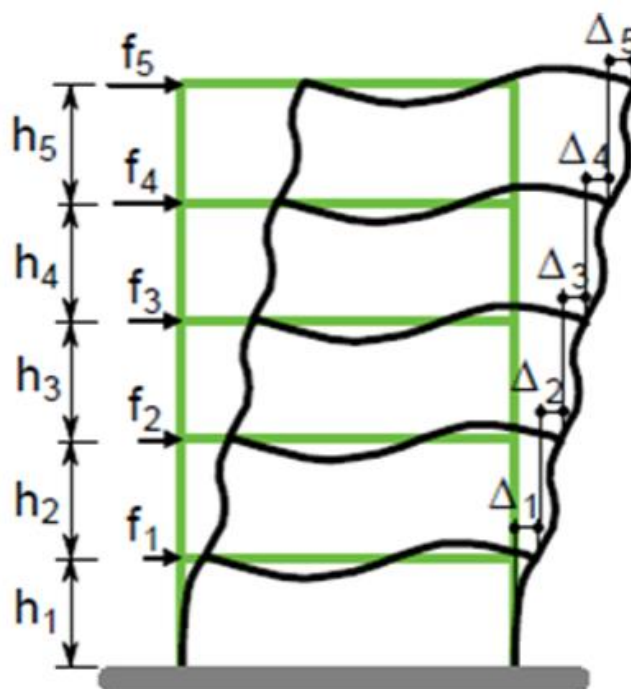
El espectro de respuesta viene a ser un medio práctico de caracterización de los movimientos del terreno y los efectos que genera en las estructuras. Proporciona los medios para obtener un resumen de la respuesta máxima generada por todos los posibles sistemas lineales de un grado de libertad sujeto a un componente particular del movimiento del terreno. (Chopra, 2014)

2.2.3.5 Derivas

Se denomina deriva al desplazamiento horizontal que existe entre 2 pisos contiguos o consecutivos al colocarlos en una misma línea transversal o vertical, como se puede observar en la siguiente imagen: (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

Figura 28.

Espectro aceleración



Nota: Tomado de (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

La importancia de considerar los límites de las derivas está en que podemos evitar que sismos de intensidades bajas o medias, que son los más comunes, causen daños significativos en los elementos considerados no estructurales. (Universidad EAFIT, 2020)

2.2.3.6 Modos de vibración

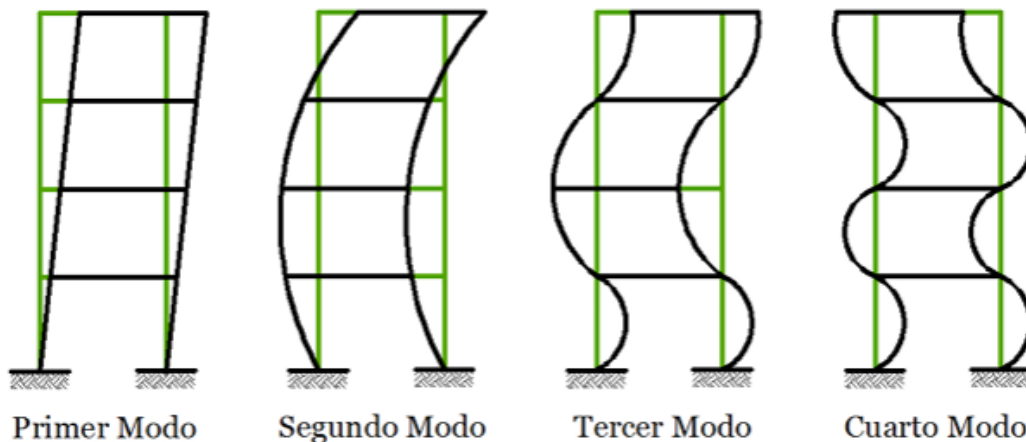
Los modos de vibración nos dan a conocer cuál es la forma de respuesta que va a tener una estructura durante la ocurrencia de un evento sísmico, de esta manera, el primer modo de vibración vendrá a indicarnos el comportamiento sísmico bueno o malo de la estructura. Por lo tanto, al considerar a los modos de vibración como indicadores de la respuesta estructural, es de gran importancia conocer sus valores, ya que de esta manera podemos establecer diferencias numéricas entre los modos, llegando a comprobar si es que el primero es el más influyente para puntualizar el comportamiento de la estructura ante la ocurrencia de un sismo. (Aguilar, 2012)

Modos de vibración en edificaciones

Frente a la ocurrencia de un evento sísmico, una edificación, tal como lo hacen todos los cuerpos materiales, inicia con movimientos de vibración u oscilaciones de varios modos, básicamente se consideran nueve formas o modos de vibración, cada uno de estos modos son producidos a diferentes periodos de vibración, por lo tanto, dependerá de la frecuencia del sismo el porcentaje en el cual será afectada la edificación. (Villalba et al., 2016)

Figura 29.

Modos de vibración



Nota: Tomado de (Villalba et al., 2016)

2.2.3.7 Vulnerabilidad sísmica

Es la predisposición que se tiene a sufrir cambios o daños en la estructura debido a un sismo y tiene mucho que ver con el comportamiento estructural de una edificación.

Se debe tener en cuenta este concepto a la hora de realizar un diseño estructural para así poder mitigar el riesgo sísmico y las consecuencias que podría traer un movimiento sísmico.

Se puede realizar estudios de vulnerabilidad sísmica a diferentes tipos de estructuras, edificaciones, presas, centrales nucleares, etc. Y a la hora de realizar estos estudios se debe considerar el aspecto estructural, funcional, operativo y urbano, para poder tener una mejor planificación en prevención de desastres. (UPC, 2011)

2.2.3.8 Criterios de análisis de vulnerabilidad

Existen varias maneras de evaluar la vulnerabilidad sísmica, entre ellos tenemos:

Técnicas directas:

No necesitan más que un paso para predecir el daño que puede causar un sismo a una estructura y a su vez tiene dos métodos. (UPC, 2011)

Métodos Tipológicos:

Considera a las estructuras como si fueran elementos de distintas clases, dichas clases dependen del material, la técnica con la que fue construida dicha estructura Para hallar la vulnerabilidad deberemos hallar cuán probable es que una estructura calificada como cierto tipo experimente cierto nivel de daño para cierta intensidad de sismo, como se ve en la siguiente tabla: (UPC, 2011)

Tabla 2.

Daño estructural en relación al daño no estructural

Estado	Daño estructural	Daño no estructural	Relación de daño	Intensidad de sismo				
				V	VI	VII	VIII	IX
0	Cero	Cero	0.00-0.05	-	-	-	-	-
1	Cero	Bajo	0.05-0.30	-	-	-	-	-
2	Cero	Puntual	0.30-1.25	-	-	-	-	-
3	No notorio	Distribuido	1.25-3.50	-	-	-	-	-
4	Bajo	Substancial	3.50-4.50	-	-	-	-	-
5	Substancial	Grave	7.50-20.00	-	-	-	-	-
6	Alto	Muy grave	20.00-65.00	-	-	-	-	-
7	Ruina	Ruina	100	-	-	-	-	-
8	Colapso	Colapso	100	-	-	-	-	-

Nota: Tomado de (UPC, 2011)

Métodos Mecánicos:

Se hace uso del modelado mecánico para las edificaciones, de las cuales queremos observar el efecto sísmico, puede existir dos tipos de métodos:

Basados en modelos simples: Son modelos que no necesitan de un gran número de parámetros al momento de la entrada de datos y menor cantidad de tiempo para el procesamiento de estos.

(Freddy & Odeleid, 2021)

Basados en modelos detallados: Para este tipo de modelado se requieren mayor cantidad de parámetros de entrada y para su análisis se utiliza el Análisis lineal y no lineal, que serán vistos más adelante. (Freddy & Odeleid, 2021)

Técnicas indirectas:

Se les denomina así porque primero hallan el Índice de vulnerabilidad para luego establecer la relación que existe entre el daño causado y la intensidad con la que se produjo el sismo, son mayormente utilizados para evaluar los efectos de los sismos en las edificaciones a grandes escalas. (Freddy & Odeleid, 2021)

2.3. Marco conceptual

- **Eigen vectores:** También conocidos como “vector propio”, el vector propio de una Matriz B debe ser un vector diferente a 0 y su multiplicación con la matriz B nos da como resultado un escalar multiplicado con dicho vector propio: $Bx=\lambda x$.

Los eigen vectores son especialmente relevantes en el análisis de modos de vibración en estructuras. En el contexto de la ingeniería sísmica, por ejemplo, se utilizan para describir cómo una estructura se deforma o vibra durante un terremoto. Los modos de vibración representan las formas características en las que una estructura oscilaría naturalmente después de ser perturbada por una fuerza externa, como un sismo. (Lay et al., 2015)

- **Eigen valores:** También denominado “valor propio”, el valor propio de B es un escalar λ que multiplicado por cualquier vector diferente a cero (denominado propio) da como resultado la multiplicación de B y dicho vector propio: $Bx=\lambda x$.

En el ámbito de la ingeniería estructural, los eigenvalores y eigen vectores se utilizan para analizar los modos de vibración de una estructura. Estos modos de vibración

- representan las formas características en las que una estructura oscilaría naturalmente después de ser perturbada por una fuerza externa, como un terremoto. (Lay et al., 2015)
- **Espectro sísmico:** El espectro sísmico se crea mediante la combinación de datos geotécnicos, información sísmica histórica y modelos probabilísticos para predecir las fuerzas que una estructura experimentaría durante un terremoto. Se representa gráficamente como una curva que muestra la aceleración máxima esperada en función de la frecuencia de vibración. Describe la distribución de energía entre diferentes frecuencias que están presentes en una onda. (D. Rodríguez, 2022)
 - **Estructura aporticada:** Una estructura aporticada es un tipo de estructura comúnmente utilizada en ingeniería civil y arquitectura. Consiste en un sistema de soportes verticales (llamados pórticos) interconectados por vigas horizontales y/o losas que forman un marco rígido, constituye un sistema de construcción sólida, donde los elementos como vigas y columnas son los elementos estructurales, que están unidos por medio de nudos. (ICASA, 2020)
 - **Frecuencia:** Se refiere a la capacidad de sistemas, dispositivos o entidades diferentes para intercambiar información y trabajar juntos de manera efectiva. En diversos campos, como la tecnología, la informática, la salud, la ingeniería y la administración, la interoperabilidad es crucial para garantizar la comunicación fluida y la colaboración entre sistemas heterogéneos (E. Rodríguez, 2009)
 - **Interoperabilidad:** Capacidad de los sistemas y de los procedimientos al que dan soporte, para hacer posible el intercambio de información y conocimiento entre distintos sistemas con distintos datos en distintos formatos. (Semic, 2019)

- **Patologías:** Las patologías estructurales se refieren a problemas o defectos que afectan la integridad de las construcciones. Pueden incluir grietas, corrosión, deformaciones, fallas en materiales, entre otros, que comprometen la estabilidad y la seguridad de las estructuras. (S&P, 2019)
- **Sismorresistente:** Denominado así a una estructura que tiene la capacidad de soportar eventos sísmicos, sin sufrir ningún daño considerable, están diseñados siguiendo códigos de construcción específicos que tienen en cuenta la ubicación geográfica, la actividad sísmica de la región y las características del suelo. (Blanco, 2012)
- **Software:** Denominado así a un programa o sistema operativo que hace que una computadora desarrolle tareas consideradas inteligentes, dando instrucciones y datos al hardware para que este lo procese. (Milenium, 2022)
- **Vibración:** Puede ser tanto un fenómeno natural como un problema a resolver. Por ejemplo, en el diseño de puentes o edificios altos, es esencial considerar cómo estos responderán a las fuerzas vibratorias, como las producidas por el viento o los terremotos. Los ingenieros buscan mitigar o controlar estas vibraciones para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras. Movimiento oscilatorio generado por la oscilación de las partículas componentes. Es cualquier movimiento que se repite después de un intervalo de tiempo. (UPC, 2011)
- **Vulnerabilidad: (sísmica)** La vulnerabilidad sísmica se refiere a la susceptibilidad que tienen las estructuras, edificaciones o infraestructuras a sufrir daños durante un terremoto. Esta vulnerabilidad puede estar relacionada con varios factores, como el diseño y la calidad de la construcción, la ubicación geográfica, la resistencia de los materiales utilizados, entre otros.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis general*

Existe relación significativa entre el comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022.

3.1.2. *Hipótesis específicas*

HE1: Existe relación significativa entre el análisis estático del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022.

HE2: Existe relación significativa entre el análisis dinámico del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022.

HE3: Existe relación significativa entre el modo espectral del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022.

3.2. Método

El método de Investigación Hipotético Deductivo consiste en comprobar la hipótesis planteada con la observación de la realidad mediante una recopilación de datos, registro sistemático eficiente y confiable de comportamientos y situaciones observables de las variables. (Hernandez et al., 2018). En la presente tesis de investigación se busca demostrar que el software BIM CYPECAD brinda un mejor soporte al realizar el análisis del comportamiento estructural y de vulnerabilidad sísmica en comparación al software Etabs y el método convencional; esto se realizará mediante el diseño estructural sismorresistente y modelamiento en dichos softwares y el método convencional.

3.3. Tipo de Investigación

La investigación aplicada se caracteriza por utilizar conocimientos, antes obtenidos, y al mismo tiempo adquirir unos nuevos, mediante la implementación y sistematización de la práctica basándose en la investigación., básicamente consiste en crear nuevos conocimientos solucionando problemas existentes en la sociedad o sector productivo. (Hernandez et al., 2018) La presente tesis de investigación busca encontrar el software más preciso para analizar el comportamiento estructural, considerando la vulnerabilidad sísmica de una edificación, todo esto con el fin de mejorar el diseño estructural y sismorresistente para así poder ofrecer edificaciones más seguras.

3.4. Nivel o alcance de investigación

La investigación de nivel descriptivo se basa en describir de manera detallada los fenómenos o situaciones que manifiesta el objeto en estudio, es decir, en este nivel se pretende medir o recoger información sobre las variables de interés.(Hernandez et al., 2018) En la presente tesis de investigación se determinará qué software es más confiable comparándolos, a la misma vez, con el método convencional, esto se determinará a partir de los resultados mostrados del análisis estructural y sismorresistente ofrecido por cada uno de los softwares.

3.5. Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación es cuasi experimental se puede manipular de manera deliberada, por lo menos, una variable independiente para poder observar su influencia en las variables dependientes. El muestreo utilizado en este diseño de investigación es el no probabilístico, las muestras son grupos intactos, el agrupamiento no tiene que ver con la investigación a realizar. (Hernandez et al., 2018) En la presente tesis de investigación se utilizará como muestra un expediente técnico, ya existente, de una edificación, el cual será modelado en ambos softwares y seguidamente se realizarán los análisis estructurales y de vulnerabilidad sísmica, para así compararlos y determinar cuál es el software de mayor precisión.

3.6. Operacionalización de variables

3.6.1. Definición de variables

Variable Independiente:

Comportamiento estructural

Definición conceptual:

El comportamiento estructural viene a ser la respuesta de una estructura representada a través de deformaciones y desplazamientos por causa de esfuerzos y fuerzas externas con lo cual se evalúan las vulnerabilidades ocasionadas por daños funcionales. (EDEN INGENIERÍA, 2017)

Definición operacional:

Se extraerá la información de las características estructurales del proyecto de edificación del cual se procederá a desarrollar el diseño estructural y diseño sísmico según las normativas peruanas E.020, que indica los procedimientos para definir las cargas, E.030, que norma los criterios para el diseño sismorresistente y E.060 que establece los fundamentos para el diseño de edificaciones de concreto armado.

Variable dependiente:

vulnerabilidad sísmica

Definición conceptual:

La definición de vulnerabilidad sísmica de una estructura viene a ser la tendencia a sufrir daños por causa de fuerzas sísmicas, a su vez este está directamente relacionado a sus características de diseño estructural. El conocimiento de este concepto es muy importante al momento de realizar estudios de prevención de riesgos por sismos. (Bonett, 2017)

Definición operacional:

Se tendrán los diseños estructurales y sísmicos desarrollados con ambos softwares, del cual se procederá a evaluar el comportamiento estructural y vulnerabilidad sísmica en ambos diseños, se determinará si estos programas realizan todos los cálculos necesarios establecidos por las normativas. Así mismo, de estos resultados se analizará la calidad de resultados en base a indicadores. Estas evaluaciones y análisis nos permitirán determinar el software que nos brinda un mejor soporte y una mejor respuesta al momento de realizar un análisis de comportamiento estructural y vulnerabilidad sísmica.

3.6.2. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos	
VI: Comportamiento estructural	El comportamiento estructural viene a ser la respuesta de una estructura representada a través de deformaciones y desplazamientos por causa de esfuerzos y fuerzas externas con lo cual se evalúan las vulnerabilidades ocasionadas por daños funcionales. (EDEN INGENIERÍA, 2017)	Se extraerá la información de las características estructurales del proyecto de edificación del cual se procederá a desarrollar el diseño estructural y diseño sísmico según las normativas peruanas E.020, que indica los procedimientos para definir las cargas, E.030, que norma los criterios para el diseño sismorresistente y E.060 que establece los fundamentos para el diseño de edificaciones de concreto armado.	D1: Análisis estático.	Análisis estático no lineal	Deformaciones	Simulación en ETABS	
				Análisis estático lineal	Desplazamientos	Simulación en ETABS Simulación en ETABS	
				Análisis dinámico lineal	Modos de vibración	Simulación en CYPECAD	
			D2: Análisis dinámico.	Análisis dinámico no lineal	Respuesta temporal a cargas dinámicas	Simulación en CYPECAD	
				Espectro de diseño sísmico	Periodos de vibración		
				D3: Modo espectral.	Espectro de aceleraciones para diseño sísmico	Aceleración base	Simulación en CYPECAD
					Espectro de respuesta	Aceleración espectral	
Espectro de respuesta	Aceleración espectral						

<p>VD: Vulnerabilidad sísmica</p>	<p>La definición de vulnerabilidad sísmica de una estructura viene a ser la tendencia a sufrir daños por causa de fuerzas sísmicas, a su vez este está directamente relacionado a sus características de diseño estructural. El conocimiento de este concepto es muy importante al momento de realizar estudios de prevención de riesgos por sismos. (Bonett, 2017)</p>	<p>Se tendrán los diseños estructurales y sísmicos desarrollados con ambos softwares, del cual se procederá a evaluar el comportamiento estructural y vulnerabilidad sísmica en ambos diseños, se determinará si estos programas realizan todos los cálculos necesarios establecidos por las normativas. Así mismo, de estos resultados se analizará la calidad de resultados en base a indicadores. Estas evaluaciones y análisis nos permitirán determinar el software que nos brinda un mejor soporte y una mejor respuesta al momento de realizar un análisis de comportamiento estructural y vulnerabilidad sísmica.</p>	<p>DI: Vulnerabilidad sísmica.</p>	<p>I1: Vulnerabilidad</p>	<p>Irregularidades</p>	<p>Norma E.020, E.030 y E.060</p>
-----------------------------------	---	---	------------------------------------	---------------------------	------------------------	-----------------------------------

3.7. Población, muestra y muestreo

3.7.1. Población

La población está definida como la totalidad del fenómeno a analizar, donde las unidades de población tienen la misma característica dando inicio a la data investigada. (Tamayo & Tamayo, 1999) La presente tesis de investigación analizará solo la parte estructural del proyecto, que contiene 4 partidas, estas partidas serán la población.

3.7.2. Muestra

La muestra se define como todas las operaciones que se realizarán para estudiar las características de la población haciendo una división en fracciones factibles de analizar. (Tamayo & Tamayo, 1999) En la presente tesis de investigación se realizará el análisis estructural y de vulnerabilidad sísmica de la estructura utilizando dos softwares, para realizar dicho análisis, se utilizará el modelado de los elementos estructurales que componen el proyecto y conforman la parte resistente de la estructura, entonces la muestra estará conformada solo por la partida de Obra de concreto armado, que será modelada por ambos softwares.

3.7.3. Muestreo

En el método de muestreo no probabilístico, la elección de las unidades no depende de la probabilidad, sino de razones relacionadas con las características y contexto de la investigación. (Hernandez et al., 2018) La presente tesis de investigación realizará el análisis estructural y de vulnerabilidad sísmica solo para una partida, que será elegida evaluando su comportamiento estructural.

3.8. Técnicas e instrumentos

3.8.1. Técnicas

La observación directa es una técnica de recolección de datos que consiste en obtener la data mediante el uso de la visión de forma consecutiva. (Arias, 2012) En la presente tesis de investigación se utilizará la técnica de observación directa, ya que el presente tesista estará presente en todas las etapas de la realización del estudio.

3.8.2. Instrumentos

Las fichas de recolección, son instrumentos utilizados en la colocación de información necesaria y relevante que se pueda obtener durante la recopilación de datos, estos datos son transcritos ya que es información que ha de ser de uso constante en cualquier momento deseado. (Arias, 2012) En la presente investigación se hace uso de las fichas de recolección como un instrumento para recopilar los datos obtenidos en el modelado de la estructura al realizar el análisis estructural y de vulnerabilidad sísmica utilizando el software CYPECAD y ETABS.

3.9. Consideraciones éticas

La presente tesis de investigación será realizada sin ningún fin de lucro, cuidando minuciosamente la calidad de la investigación y la ética del investigador. Se considerará y pondrá en práctica los valores aprendidos en la etapa universitaria, como la responsabilidad, garantizando el cumplimiento del cronograma y la justicia garantizando la correcta realización de la investigación dentro de todos los márgenes de la ley.

- Se obtendrá el consentimiento informado de cualquier individuo o institución que proporcione datos o información relevante para el estudio. Se garantizará la confidencialidad de los datos y la privacidad de las fuentes consultadas.

- Se asegurará que la recopilación de datos se realice de manera ética y respetuosa, evitando cualquier forma de coacción o manipulación. Se tomarán medidas para asegurar que los datos recopilados sean precisos y relevantes para el estudio.
- Se mantendrá la integridad y la precisión en la recopilación y presentación de datos. Se evitará cualquier forma de manipulación o distorsión de la información para respaldar conclusiones sesgadas.
- Se abordará el estudio con neutralidad y objetividad, evitando prejuicios o sesgos que puedan influir en la interpretación de los resultados.
- Se divulgarán cualquier posible conflicto de interés que pueda influir en los resultados o conclusiones del estudio.
- Se seguirán todas las pautas éticas proporcionadas por la Universidad UTEA y se buscará cumplir con los estándares éticos aceptados en la investigación científica.
- Se procurará que los resultados del estudio sean beneficiosos para la comprensión del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica, evitando cualquier impacto negativo o daño a las personas o comunidades involucradas.
- Se mantendrá la consistencia y la transparencia en la presentación de los datos, análisis y conclusiones, asegurando que otros investigadores puedan replicar y verificar los hallazgos.

3.10. Procedimiento de estadísticos

3.10.1. Características del proyecto

2.3 El proyecto realizó el análisis del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica denominado **“MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN MUNICIPAL Y SERVICIO ADMINISTRATIVO DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ABANCAY, DISTRITO DE ABANCAY - PROVINCIA DE ABANCAY - DEPARTAMENTO DE APURIMAC”**.

El presente estudio demostró, mediante métodos reconocidos por la ingeniería, la resistencia suficiente de las estructuras del proyecto para su adecuado comportamiento ante las cargas de gravedad y sísmicas, así como, al mismo tiempo, la optimización de los recursos materiales en la misma; garantizando de ese modo la economía y la seguridad de la infraestructura a edificarse. Específicamente, la memoria de cálculo muestra el análisis estructural del bloque A.

3.10.2. Ubicación y vías de acceso

El proyecto se encuentra localizado en el mismo predio actual, circundado por 02 vías principales: la 1era, es el Jirón Lima la cual cruza la plaza de armas de la ciudad de Abancay, es una vía principal de la Provincia con accesibilidad de transporte público y privado, tiene un sentido, se encuentra asfaltada y cuenta con veredas en regular estado, en esta vía se ubican 01 acceso, el cual viene a ser el acceso peatonal principal; la 2da vía es el Jirón Huancavelica la cual cruza por el mercado central de la ciudad de Abancay, esta vía de igual manera con accesibilidad de transporte público y privado, tiene un sentido, se encuentra asfaltada y cuenta con veredas en regular estado, en esta vía se encuentran 02 accesos, el ingreso al semisótano (primer lote – bloque construido) y al garaje municipal (segundo lote – bloque sin construcción).

- Por el Norte: Colinda con el Jr. Lima, en una línea recta de 18.50 ml (frontis principal de la edificación).

- Por el Sur: Colinda con la propiedad del colegio de ingenieros del Perú, en una línea recta de 18.39 ml.
- Por el Oeste: Colinda con la parroquia de Abancay, en una línea recta de 55.22 ml.
- Por el Este: Colinda con el Jr. Huancavelica, en una línea recta de 54.65 ml (fachada lateral).

Figura 30.

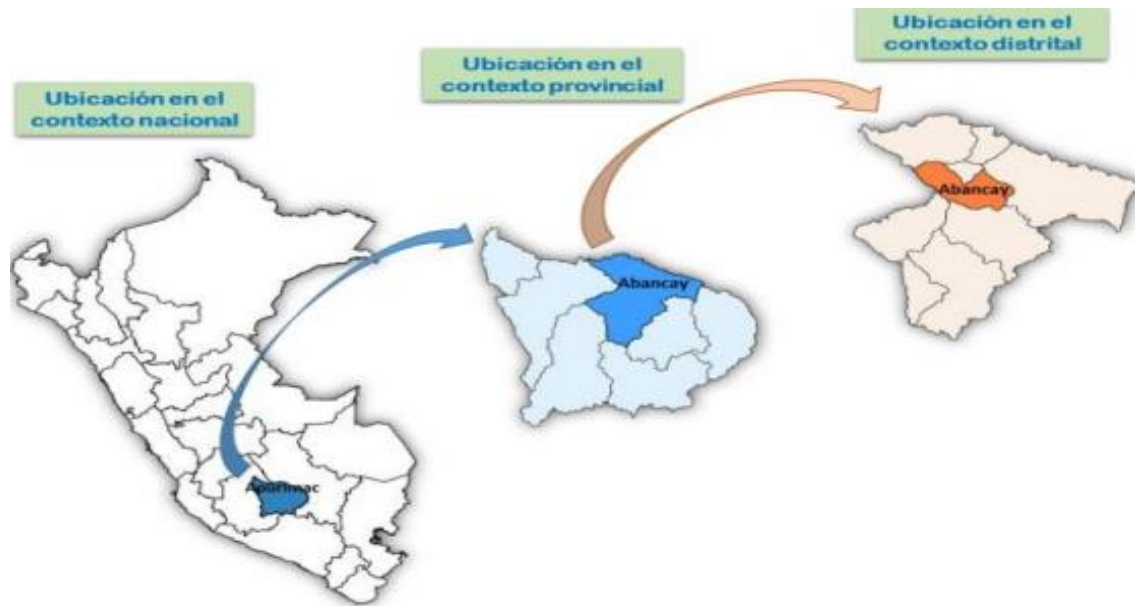
Ubicación del proyecto “Mejoramiento de la gestión municipal y servicio administrativo de la municipalidad provincial de Abancay, distrito de Abancay - provincia de Abancay - departamento de Apurímac”.



Nota: Imagen satelital tomada de Google Earth

Figura 31.

Ubicación política de Abancay



Nota: Página Oficial Municipalidad Provincial de Abancay

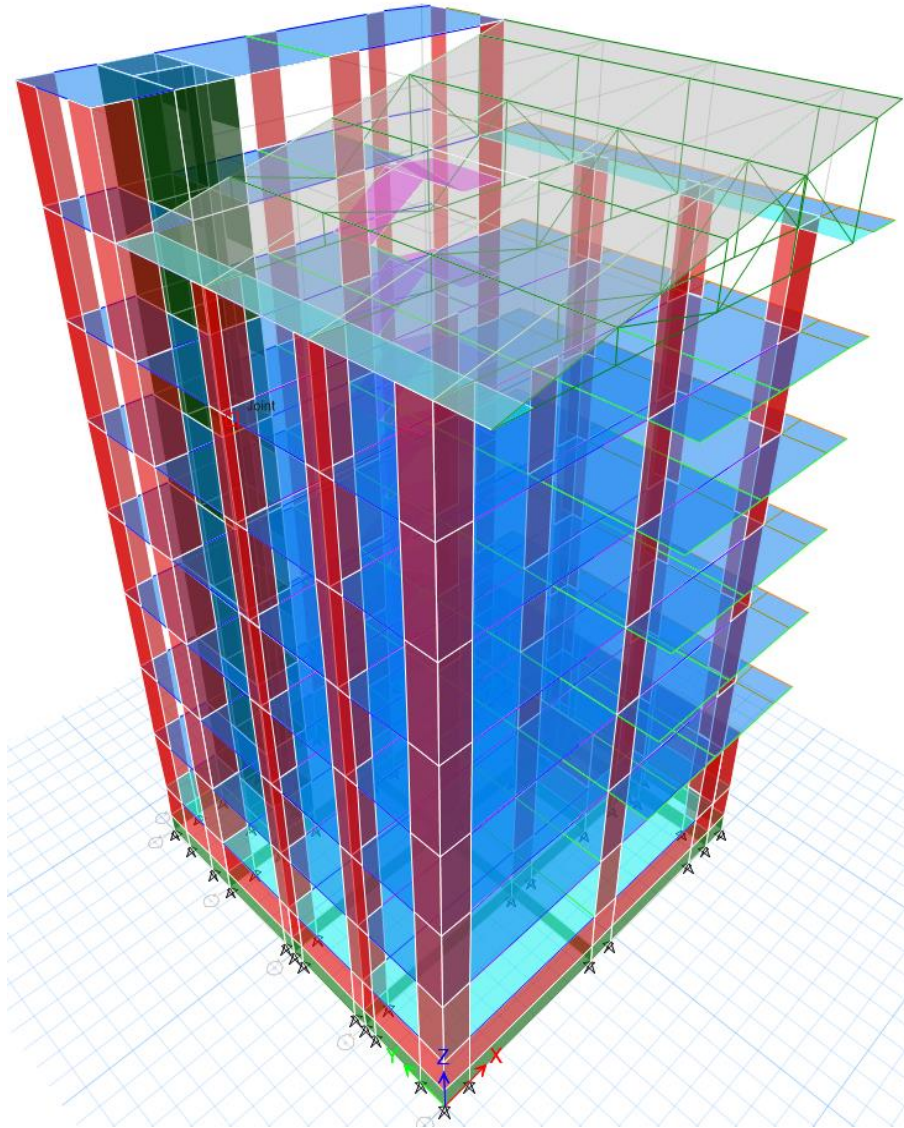
3.10.3. Reglamentos y normas de diseño

El expediente técnico del proyecto tomó como reglamentos y códigos a las normas:

- Norma de cargas E.020
- Norma de diseño Sismorresistente E.030 (2018)
- Norma de Suelos y Cimentaciones E.050 (2018)
- Norma de Concreto Armado E.060
- Norma de Albañilería E.070
- Norma de Estructuras Metálicas E.090

Figura 32.

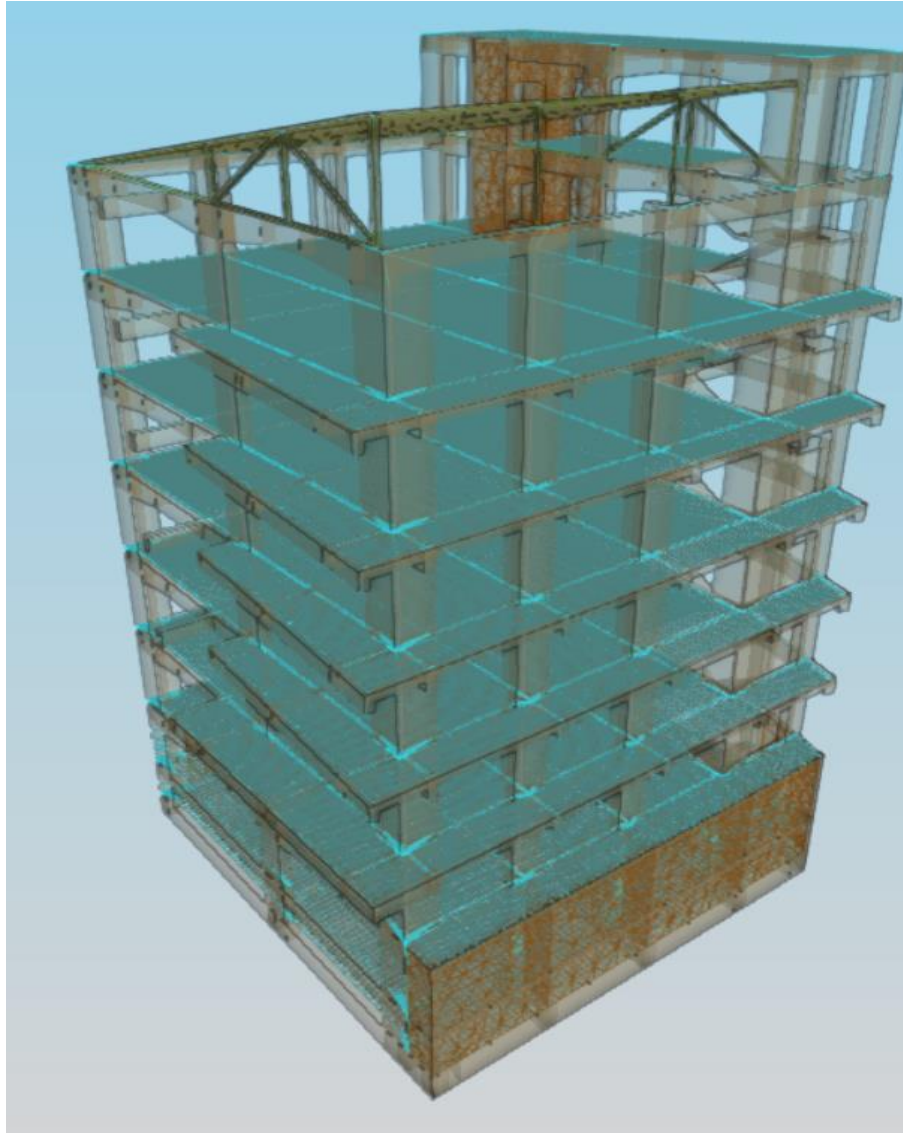
Modelamiento de bloque A en ETABS 2018.1.1. Sistema Aporticado



Nota: Elaboración propia

Figura 33.

Modelamiento de bloque A en CYPECAD Sistema Aporticado



Nota: Elaboración propia

3.10.4. Análisis de la configuración estructural y diseño sísmico mediante ETABS

3.10.4.1. Estudios geotécnicos

Tipo de cimentación:

La naturaleza del sub suelo en el área del proyecto es heterogéneo; en los niveles de fundación y apoyo de la cimentación. Se recomienda que el tipo de Cimentación sea platea de Cimentación.

Estrato de apoyo de la cimentación:

La estratigrafía del sub suelo en el área de emplazamiento del presente EMS es el siguiente:

Conformado por suelos orgánicos que subrayasen a suelos finos de naturaleza arcillosa, prosiguen suelos gruesos de heterometría variable gravas gruesas a medias con diámetros entre 1 – 10 cm. Bloques aislados de material pizarra esquistosos, etc. y otros soportado por una matriz de arcillas plásticas y limos con trazas de arenas, cuyas tonalidades van de Gris claro a gris oscuro.

De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), están caracterizados Como: Grava mal graduadas con arcilla “GP - GC” y por el sistema ASHTOO Como suelos tipo A-2-6 a A-2-4. En conjunto alcanzan profundidades superiores a 3.20 m. Suelos poco friccionantes (Gravas limosas y arcillosas) de muy baja compresibilidad.

Descripción de perfil estratigráfico:

Los perfiles estratigráficos fueron tomados del expediente técnico del proyecto, ya que para el caso de ambos softwares se mantiene dichos estudios, ambos softwares no poseen una preferencia en cuanto al estudio o identificación propiamente de mecánica de suelos, solo se enfocan al nivel estructural.

Tabla 3.

Descripción del perfil estratigráfico de C-1

Calicata	Estrato	Profundidad	Descripción
----------	---------	-------------	-------------

C-01	E-01	0.00-0.50	Material de cobertura, constituido por material de relleno - Material de afirmado, Grava mal graduada de color marrón oscuro.
	E-02	0.50-1.10	Arcilla negra de alta plasticidad con grava subangulosa, consistencia moderada y estructura estratificada. Contiene 20.29% de grava, 15.11% de arena y 64.61% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media y grava gruesa. Sin bloques o bolones. Dureza de grano grueso alta. Índice de plasticidad: 26.55%. Límite líquido: 51.53%.
	E-03	1.10-1.50	Grava arcillosa marrón claro con presencia de grava subredondeada. Forma de grava: chatas. Humedad moderada, consistencia suave y cementación débil. Estructura estratificada con 36.37% de grava, 27.67% de arena y 35.96% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media y grava gruesa. Presencia de grava de 1", 2" y 3", así como bloque o bolones de 11% en un 40% (según descripción visual). Dureza de grano grueso, con la mayor partícula resistente al golpe de martillo. Índice de plasticidad: 12.31%. Límite líquido: 36.19%.
	E-04	1.50-2.80	Grava arcillosa con bloque gris oscuro. Presencia de grava subredondeada a redondeada. Forma de grava: chatas. Humedad moderada, consistencia suave y cementación moderada. Estructura estratificada con 61.14% de grava, 24% de arena y 14.86% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media y grava gruesa. Presencia de grava de 1", 2", 3" y bloque de 11", 20", 23% en un 40% (según descripción visual). Dureza de grano grueso, con la mayor partícula resistente al golpe de martillo. Índice de plasticidad: 13.11%. Límite líquido: 27.97%.

Nota: Expediente técnico

Tabla 4.

Descripción del perfil estratigráfico de C-2

Calicata	Estrato	Profundidad	Descripción
----------	---------	-------------	-------------

C-02	E-01	0.00-0.30	Material de cobertura, compuesta de grava mal graduada (material de afirmado) de color gris oscuro en condición húmeda, consistencia moderada.
	E-02	0.30-1.30	Arcilla marrón oscuro de media plasticidad con grava subangulosa. Forma de grava: chatas y alargadas. Humedad húmeda, consistencia moderada y cementación moderada. Estructura estratificada con 24.17% de grava, 20.32% de arena y 55.51% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media y grava gruesa. No hay bloques o bolones, la grava tiene dimensiones de 2" y 3" en un 20% (según descripción visual). Dureza de grano grueso, la partícula más grande se agrieta al golpearla con un martillo. Índice de plasticidad: 17.98%. Límite líquido: 38.40%.
	E-03	1.30-3.30	Grava mal graduada con arcilla y arena de color marrón oscuro. Presencia de grava subredondeada a redondeada. Forma de grava: chatas. Humedad moderada, consistencia suave y cementación débil. Estructura estratificada con 70.73% de grava, 19.88% de arena y 9.39% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media, grava gruesa de 2" y 3". Presencia de bloques o bolones de 4", 6", 7" en un 30% y de 15" en un 10% (según descripción visual). Dureza de grano grueso, las partículas más grandes son resistentes al golpe de martillo. Índice de plasticidad: 9.52. Límite líquido: 21.10.
	E-04	3.30-4.10	Arcilla roja a ocre de baja plasticidad, con presencia de grava chatas. Humedad moderada, consistencia suave, cementación débil. Estructura estratificada con 12.10% de grava, 24.46% de arena y 63.44% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media, grava gruesa. Tamaño de grava: 3/4". Índice de plasticidad: 21.86. Límite líquido: 9.01%.

Nota: Expediente técnico

Tabla 5.

Descripción del perfil estratigráfico de C-3

Calicata	Estrato	Profundidad	Descripción
----------	---------	-------------	-------------

C-03	E-01	0.00-0.60	Grava bien graduada con arena y con bloque de color gris claro, Material de cobertura, suelo tratado con dosificación para afirmado, húmeda moderada, consistencia moderada.
	E-02	0.60-1.70	Arcilla marrón oscuro de media plasticidad con grava subangulosa. Forma de grava: chatas y alargadas. Humedad húmeda, consistencia moderada y cementación débil. Estructura estratificada con 15.73% de grava, 28.401% de arena y 55.87% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media, grava gruesa. Sin bloque o bolones. Grava de tamaño 2" y 3" en un 15% según descripción visual. Dureza de grano grueso, la partícula más grande se agrieta al golpearla con un martillo. Índice de plasticidad: 35.38%. Límite líquido: 17.66%.
	E-03	1.70-4.00	Grava arcillosa con arena de color marrón oscuro. Presencia de grava subredondeada a redondeada. Forma de grava: chatas. Humedad moderada, consistencia suave y cementación moderada. Estructura estratificada con 63.57% de grava, 24.09% de arena y 12.34% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media, grava gruesa de 2" y 3". Presencia de bloques o bolones de 4", 6", 7" en un 30% y de 15" en un 10% (según descripción visual). Dureza de grano grueso, las partículas más grandes son duras y no se desmoronan al golpearlas con un martillo. Índice de plasticidad: 8.12%. Límite líquido: 23.44%.

Nota: Expediente técnico

Tabla 6.

Descripción del perfil estratigráfico de C-4

Calicata	Estrato	Profundidad	Descripción
C-04	E-01	0.00-0.50	Grava bien graduada con arena y con bloque de color gris claro, Material de cobertura, suelo tratado con dosificación para afirmado, húmeda moderada, consistencia moderada.
	E-02	0.50-1.20	Arcilla de media plasticidad gravosa de color marrón oscuro.

	E-03	1.20-3.00	Grava arcillosa con arena de color marrón oscuro.
	E-04	3.00-4.00	Grava arcillosa con arena y bloques de color marrón oscuro. Presencia de grava subredondeada a redondeada. Forma de grava: chatas. Humedad moderada, consistencia suave y cementación débil. Estructura estratificada con 59.89% de grava, 22.41% de arena y 17.70% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media, grava gruesa de 2" y 3". Bloques de diferentes tamaños. Dureza de grano grueso. Índice de plasticidad: 8.12%. Límite líquido: 23.44%.

Nota: Expediente técnico

Tabla 7.

Descripción del perfil estratigráfico de C-5

Calicata	Estrato	Profundidad	Descripción
C-05	E-04	4.00-6.00	Grava arcillosa-limosa con mezcla de gravas, arenas, limos y arcillas, y bloques de color marrón oscuro a gris oscuro. Presencia de grava subredondeada a subangulosa. Forma de grava: chatas. Humedad moderada, consistencia suave y cementación débil. Estructura estratificada con 34.66% de grava, 38.90% de arena y 26.44% de finos. Dureza de grano grueso, el bloque más grande mantiene su dureza al golpearlo con un martillo. Índice de plasticidad: 4.74%. Límite líquido: 20.10%.

Nota: Expediente técnico

Tipo de perfil de suelo:

De acuerdo a los ensayos de caracterización y ensayos de resistencia mecánica, el perfil del suelo en el presente proyecto corresponde a S2, que corresponden a suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimiente sobre:

- Arena Densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N60 menor a 15.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenado entre 25 kPa y 50 kPa (0.5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

3.10.4.2. Diseño arquitectónico y estructural

El diseño arquitectónico y estructural está conformado por:

- Losa de cimentación de espesor $t=0.60$ con vigas de rigidez de 0.60×1.00 m
- Columnas rectangulares de 0.40×1.30 m, en L de $0.40/1.30$ m y en T de $0.40/1.20$ m
- Placas de 0.30 m de espesor para ascensor y de 0.20 m para contención de suelos
- Vigas peraltadas de 0.30×0.60 m, 0.40×0.60 m y 0.40×0.70 m
- Losas aligeradas horizontales en una dirección, de 0.25 m de espesor
- Vigas de borde de 0.25×0.30 m para volados

Concreto

- Resistencia a la compresión : $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para cimentaciones
- Módulo de Elasticidad : $E = 217\,371 \text{ kg/cm}^2$ para cimentaciones
- Resistencia a la compresión : $F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para cimentaciones
- Módulo de Elasticidad : $E = 250\,998 \text{ kg/cm}^2$ para cimentaciones
- Módulo de Poisson : $\mu = 0.20$
- Peso Específico : $\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$

Acero

- Resistencia a la Fluencia : $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad : $E = 2.0 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$

Cargas de gravedad

Las cargas de gravedad son las generadas por el peso propio de los diferentes elementos estructurales y no estructurales de la edificación y las generadas por las cargas vivas que actúan por la función que cumple esta construcción. Para calcular los pesos propios de los elementos estructurales y no estructurales, así también como las sobrecargas, se han considerado los siguientes pesos unitarios:

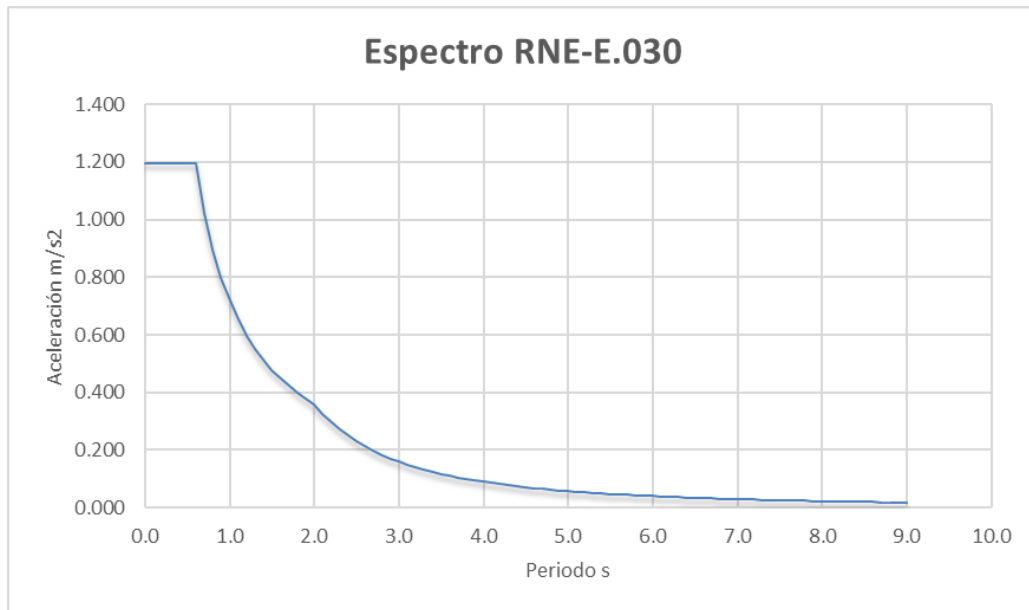
- Elementos de concreto armado : 2400 kg/m³
- Losa aligerada de 25cm en una dirección : 350 kg/m²
- Acabados de pisos y techo : 125 kg/m²
- Muros de albañilería sólida (ladrillo King Kong) : 1800 kg/m³
- Tarrajeo en muros : 2000 kg/m³
- Peldaños de escaleras : 210 kg/m²
- Carga viva en oficinas : 250 kg/m²
- Carga viva en corredores y escaleras : 400 kg/m²
- Carga viva en techo ligero : 30 kg/m²

3.10.4.3. Espectros

El espectro sísmico nos arroja un valor equivalente a 1.210 m/s² de aceleración máxima, mientras que para periodos superiores a 9 segundos va tendiendo a 0 la aceleración.

Figura 34.

Espectro R=8 para sistema aporticado de concreto armado según la RNE E.030 en ETABS



Nota: Elaboración propia

3.10.4.4. Parámetros sísmicos

Los parámetros a utilizar son:

- $Z = 0.25$ factor de zona (Zona 2)
- $U = 1.3$ factor de uso
- $S = 1.2$ factor de suelo
- $C =$ coeficiente de amplificación sísmica
- $R = 8$ reducción por ductilidad para estructuras
- $T_p = 0.6$ periodo del suelo
- $T_l = 2.0$ periodo del suelo

3.10.4.5. Geotecnia

El perfil del suelo en el presente proyecto corresponde a S2, que corresponden a suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimiente sobre:

- Arena Densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N60 menor a 15.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenado entre 25 kPa y 50 kPa (0.5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

3.10.4.6. Ubicación

Apurímac se encuentra ubicado en la Zona 2 según el sistema establecido en la norma E.030, con lo cual esta ubicación es inamovible para cualquier cálculo.

3.10.4.7. Tabla resumen del análisis de configuración estructural y diseño sísmico con ETABS

Tabla 8.

Tabla resumen del análisis de configuración estructural y diseño sísmico con ETABS

Estudios geotécnicos	Subsuelo heterogéneo	SUCS: GP - GC	AASHTO: A-2-6 a A-2-4			
Diseño de arquitectura y estructuras	Losa de cimentación: t = 0.60m	Vigas de cimentación: 0.60x1.00m	Columnas L: 0.40x1.30m	Columnas T: 0.40x1.20m	Placas e = 0.30m	Vigas peraltadas: 0.30x0.60m
Espectros	Aceleración 1.210 m/s ²					
Parámetros	Z	U	S	R	Tp	Tl

sísmicos	0.25	1.3	1.2	8	0.6	2.0
Geotecnia	S2					
Ubicación	Z = 2					

Nota: Elaboración propia

3.10.5. Análisis de la configuración estructural y diseño sísmico mediante CYPECAD

3.10.5.1. Estudios geotécnicos

Tipo de cimentación:

La naturaleza del sub suelo en el área del proyecto es heterogéneo; en los niveles de fundación y apoyo de la cimentación. Se recomienda que el tipo de Cimentación sea platea de Cimentación.

Estrato de apoyo de la cimentación:

La estratigrafía del sub suelo en el área de emplazamiento del presente EMS es el siguiente:

Conformado por suelos orgánicos que suprayacen a suelos finos de naturaleza arcillosa, prosiguen suelos gruesos de heterometría variable gravas gruesas a medias con diámetros entre 1 – 10 cm. Bloques aislados de material pizarra esquistosos, etc. y otros soportado por una matriz de arcillas plásticas y limos con trazas de arenas, cuyas tonalidades van de Gris claro a gris oscuro.

De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), están caracterizados Como: Grava mal graduadas con arcilla “GP - GC” y por el sistema ASHTOO Como suelos tipo A-2-6 a A-2-4. En conjunto alcanzan profundidades superiores a 3.20 m. Suelos poco friccionantes (Gravas limosas y arcillosas) de muy baja compresibilidad.

Descripción de perfil estratigráfico:

Los perfiles estratigráficos fueron tomados del expediente técnico del proyecto, ya que para el caso de ambos softwares se mantiene dichos estudios, ambos softwares no poseen una preferencia en cuanto al estudio o identificación propiamente de mecánica de suelos, solo se enfocan al nivel estructural.

Tabla 9.*Descripción del perfil estratigráfico de C-1*

Calicata	Estrato	Profundidad	Descripción
C-01	E-01	0.00-0.50	Material de cobertura, constituido por material de relleno - Material de afirmado, Grava mal graduada de color marrón oscuro.
	E-02	0.50-1.10	Arcilla negra de alta plasticidad con grava subangulosa, consistencia moderada y estructura estratificada. Contiene 20.29% de grava, 15.11% de arena y 64.61% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media y grava gruesa. Sin bloques o bolones. Dureza de grano grueso alta. Índice de plasticidad: 26.55%. Límite líquido: 51.53%. Grava arcillosa marrón claro con presencia de grava subredondeada. Forma de grava: chatas. Humedad moderada, consistencia suave y cementación débil. Estructura estratificada con 36.37% de grava, 27.67% de arena y 35.96% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media y grava gruesa. Presencia de grava de 1", 2" y 3", así como bloque o bolones de 11% en un 40% (según descripción visual). Dureza de grano grueso, con la mayor partícula resistente al golpe de martillo. Índice de plasticidad: 12.31%. Límite líquido: 36.19%.
	E-03	1.10-1.50	Grava arcillosa con bloque gris oscuro. Presencia de grava subredondeada a redondeada. Forma de grava: chatas. Humedad moderada, consistencia suave y cementación moderada. Estructura estratificada con 61.14% de grava, 24% de arena y 14.86% de finos.
	E-04	1.50-2.80	Tamaño máximo de partícula: arena media y grava gruesa. Presencia de grava de 1", 2", 3" y bloque de 11", 20", 23% en un 40% (según descripción visual). Dureza de grano grueso, con la mayor partícula resistente al golpe de martillo. Índice de plasticidad: 13.11%. Límite líquido: 27.97%.

Nota: Expediente técnico

Tabla 10.*Descripción del perfil estratigráfico de C-2*

Calicata	Estrato	Profundidad	Descripción
C-02	E-01	0.00-0.30	Material de cobertura, compuesta de grava mal graduada (material de afirmado) de color gris oscuro en condición húmeda, consistencia moderada. Arcilla marrón oscuro de media plasticidad con grava subangulosa. Forma de grava: chatas y alargadas. Humedad húmeda, consistencia moderada y cementación moderada. Estructura estratificada con 24.17% de grava, 20.32% de arena y 55.51% de finos.
	E-02	0.30-1.30	Tamaño máximo de partícula: arena media y grava gruesa. No hay bloques o bolones, la grava tiene dimensiones de 2" y 3" en un 20% (según descripción visual). Dureza de grano grueso, la partícula más grande se agrieta al golpearla con un martillo. Índice de plasticidad: 17.98%. Límite líquido: 38.40%. Grava mal graduada con arcilla y arena de color marrón oscuro. Presencia de grava subredondeada a redondeada. Forma de grava: chatas. Humedad moderada, consistencia suave y cementación débil. Estructura estratificada con 70.73% de grava, 19.88% de arena y 9.39% de finos.
	E-03	1.30-3.30	Tamaño máximo de partícula: arena media, grava gruesa de 2" y 3". Presencia de bloques o bolones de 4", 6", 7" en un 30% y de 15" en un 10% (según descripción visual). Dureza de grano grueso, las partículas más grandes son resistentes al golpe de martillo. Índice de plasticidad: 9.52. Límite líquido: 21.10.
	E-04	3.30-4.10	Arcilla roja a ocre de baja plasticidad, con presencia de grava chatas. Humedad moderada, consistencia suave, cementación débil. Estructura estratificada con 12.10% de grava, 24.46% de arena y 63.44% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media, grava gruesa. Tamaño de grava: 3/4". Índice de plasticidad: 21.86. Límite líquido: 9.01%.

Nota: Expediente técnico

Tabla 11.

Descripción del perfil estratigráfico de C-3

Calicata	Estrato	Profundidad	Descripción
C-03	E-01	0.00-0.60	Grava bien graduada con arena y con bloque de color gris claro, Material de cobertura, suelo tratado con dosificación para afirmado, húmeda moderada, consistencia moderada.
	E-02	0.60-1.70	Arcilla marrón oscuro de media plasticidad con grava subangulosa. Forma de grava: chatas y alargadas. Humedad húmeda, consistencia moderada y cementación débil. Estructura estratificada con 15.73% de grava, 28.401% de arena y 55.87% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media, grava gruesa. Sin bloque o bolones. Grava de tamaño 2" y 3" en un 15% según descripción visual. Dureza de grano grueso, la partícula más grande se agrieta al

E-03	1.70-4.00	<p>golpearla con un martillo. Índice de plasticidad: 35.38%. Límite líquido: 17.66%.</p> <p>Grava arcillosa con arena de color marrón oscuro. Presencia de grava subredondeada a redondeada. Forma de grava: chatas. Humedad moderada, consistencia suave y cementación moderada. Estructura estratificada con 63.57% de grava, 24.09% de arena y 12.34% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media, grava gruesa de 2" y 3". Presencia de bloques o bolones de 4", 6", 7" en un 30% y de 15" en un 10% (según descripción visual). Dureza de grano grueso, las partículas más grandes son duras y no se desmoronan al golpearlas con un martillo. Índice de plasticidad: 8.12%. Límite líquido: 23.44%.</p>
------	-----------	---

Nota: Expediente técnico

Tabla 12.

Descripción del perfil estratigráfico de C-4

Calicata	Estrato	Profundidad	Descripción
C-04	E-01	0.00-0.50	Grava bien graduada con arena y con bloque de color gris claro, Material de cobertura, suelo tratado con dosificación para afirmado, húmeda moderada, consistencia moderada.
	E-02	0.50-1.20	Arcilla de media plasticidad gravosa de color marrón oscuro.
	E-03	1.20-3.00	Grava arcillosa con arena de color marrón oscuro.
	E-04	3.00-4.00	Grava arcillosa con arena y bloques de color marrón oscuro. Presencia de grava subredondeada a redondeada. Forma de grava: chatas. Humedad moderada, consistencia suave y cementación débil. Estructura estratificada con 59.89% de grava, 22.41% de arena y 17.70% de finos. Tamaño máximo de partícula: arena media, grava gruesa de 2" y 3". Bloques de diferentes tamaños. Dureza de grano

grueso. Índice de plasticidad: 8.12%. Límite líquido: 23.44%.

Nota: Expediente técnico

Tabla 13.

Descripción del perfil estratigráfico de C-5

Calicata	Estrato	Profundidad	Descripción
C-05	E-04	4.00-6.00	Grava arcillosa-limosa con mezcla de gravas, arenas, limos y arcillas, y bloques de color marrón oscuro a gris oscuro. Presencia de grava subredondeada a subangulosa. Forma de grava: chatas. Humedad moderada, consistencia suave y cementación débil. Estructura estratificada con 34.66% de grava, 38.90% de arena y 26.44% de finos. Dureza de grano grueso, el bloque más grande mantiene su dureza al golpearlo con un martillo. Índice de plasticidad: 4.74%. Límite líquido: 20.10%.

Nota: Expediente técnico

Tipo de perfil de suelo:

De acuerdo a los ensayos de caracterización y ensayos de resistencia mecánica, el perfil del suelo en el presente proyecto corresponde a S2, que corresponden a suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimiente sobre:

- Arena Densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N60 menor a 15.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenado entre 25 kPa y 50 kPa (0.5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

3.10.5.2. Diseño arquitectónico y estructural

El diseño arquitectónico y estructural está conformado por:

- Losa de cimentación de espesor $t=0.60$ con vigas de rigidez de $0.60 \times 1.00\text{m}$
- Columnas rectangulares de $0.40 \times 1.30\text{m}$, en L de $0.40/1.30\text{m}$ y en T de $0.40/1.20\text{m}$
- Placas de 0.30m de espesor para ascensor y de 0.20m para contención de suelos
- Vigas peraltadas de $0.30 \times 0.60\text{m}$, $0.40 \times 0.60\text{m}$ y $0.40 \times 0.70\text{m}$
- Losas aligeradas horizontales en una dirección, de 0.25m de espesor
- Vigas de borde de $0.25 \times 0.30\text{m}$ para volados

Concreto

- Resistencia a la compresión : $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para cimentaciones
- Módulo de Elasticidad : $E = 217\,371 \text{ kg/cm}^2$ para cimentaciones
- Resistencia a la compresión : $F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para cimentaciones
- Módulo de Elasticidad : $E = 250\,998 \text{ kg/cm}^2$ para cimentaciones
- Módulo de Poisson : $\mu = 0.20$
- Peso Específico : $\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$

Acero

- Resistencia a la Fluencia : $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad : $E = 2.0\text{E}+06 \text{ Kg/cm}^2$

Cargas de gravedad

Las cargas de gravedad son las generadas por el peso propio de los diferentes elementos estructurales y no estructurales de la edificación y las generadas por las cargas vivas que actúan por la función que cumple esta construcción. Para calcular los pesos propios de los elementos

estructurales y no estructurales, así también como las sobrecargas, se han considerado los siguientes pesos unitarios:

- Elementos de concreto armado : 2400 kg/m³
- Losa aligerada de 25cm en una dirección : 350 kg/m²
- Acabados de pisos y techo : 125 kg/m²
- Muros de albañilería sólida (ladrillo King Kong) : 1800 kg/m³
- Tarrajeo en muros : 2000 kg/m³
- Peldaños de escaleras : 210 kg/m²
- Carga viva en oficinas : 250 kg/m²
- Carga viva en corredores y escaleras : 400 kg/m²
- Carga viva en techo ligero : 30 kg/m²

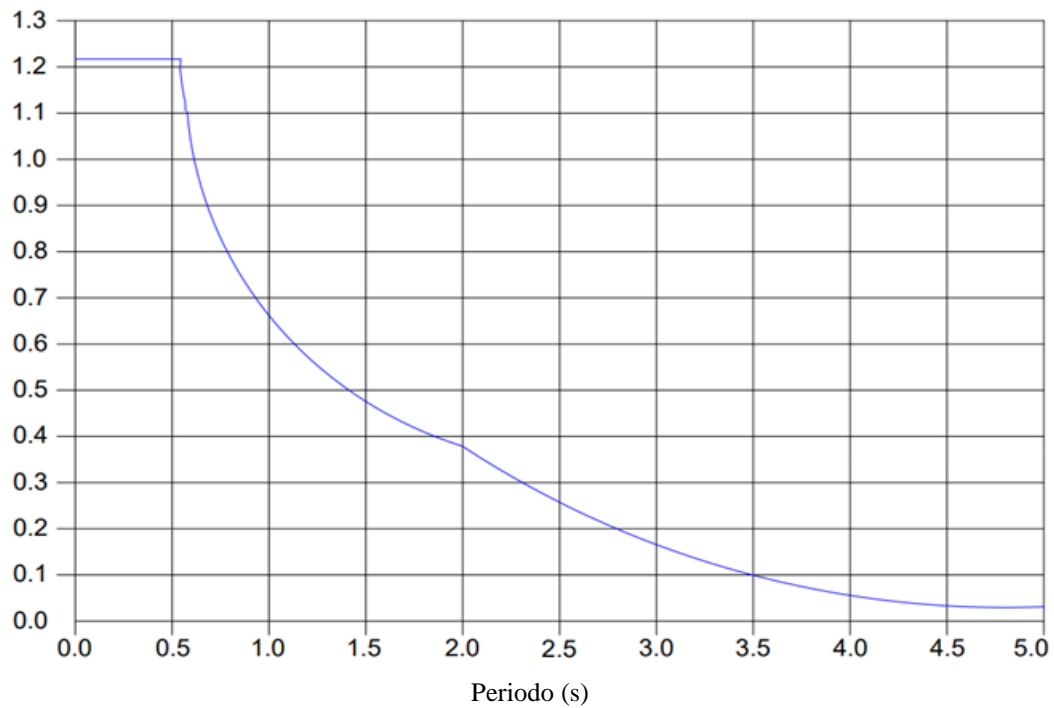
3.10.5.3. Espectros

El espectro sísmico nos arroja un valor equivalente a 1.210 m/s² de aceleración máxima, mientras que para periodos superiores a x segundos va tendiendo a 0 la aceleración.

Figura 35.

Espectro R=8 para sistema aporcionado de concreto armado según la RNE E.030 en CYPECAD

Coef.Amplificacion (g)



Nota: Elaboración propia

3.10.5.4. Parámetros sísmicos

Los parámetros a utilizar son:

- $Z = 0.25$ factor de zona (Zona 2)
- $U = 1.3$ factor de uso
- $S = 1.2$ factor de suelo
- $C =$ coeficiente de amplificación sísmica
- $R = 8$ reducción por ductilidad para estructuras
- $T_p = 0.6$ periodo del suelo
- $T_l = 2.0$ periodo del suelo

3.10.5.5. Geotecnia

El perfil del suelo en el presente proyecto corresponde a S2, que corresponden a suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimiente sobre:

- Arena Densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N60 menor a 15.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenado entre 25 kPa y 50 kPa (0.5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

3.10.5.6. Ubicación

Apurímac se encuentra ubicado en la Zona 2 según el sistema establecido en la norma E.030, con lo cual esta ubicación es inamovible para cualquier cálculo.

3.10.5.7. Tabla resumen del análisis de configuración estructural y diseño sísmico con CYPECAD

Tabla 14.

Tabla resumen del análisis de configuración estructural y diseño sísmico con CYPECAD

Estudios geotécnicos	Subsuelo heterogéneo	SUCS: GP - GC	AASHTO: A-2-6 a A-2-4			
Diseño de arquitectura y estructuras	Losa de cimentación: t = 0.60m	Vigas de cimentación: 0.60x1.00m	Columnas L: 0.40x1.30m	Columnas T: 0.40x1.20m	Placas e = 0.30m	Vigas peraltadas: 0.30x0.60m
Espectros	Aceleración 1.210 m/s ²					
Parámetros sísmicos	Z	U	S	R	Tp	Tl
Geotecnia	0.25	1.3	1.2	8	0.6	2.0
Ubicación	S2 Z = 2					

Nota: Elaboración propia

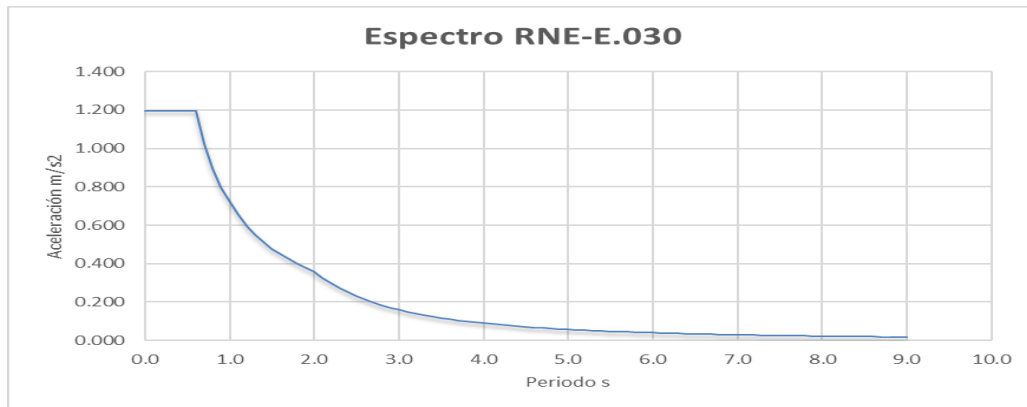
3.10.6. Análisis del comportamiento estructural y vulnerabilidad mediante ETABS

3.10.6.1. Espectros

El espectro sísmico nos arroja un valor equivalente a 1.210 m/s² de aceleración máxima, mientras que para periodos superiores a 9 segundos va tendiendo a 0 la aceleración.

Figura 36.

Espectro R=8 para sistema aporticado de concreto armado según la RNE E.030 en ETABS



Nota: Elaboración propia

3.10.6.2. Derivas

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso calculado no deberá exceder a 0.007 para estructuras de concreto armado. Siendo $R=8$

Se tiene el siguiente cuadro con los desplazamientos absolutos UX y UY:

Tabla 15.

Desplazamiento absoluto UX y UY en ETABS

Story	Diaphragm	Output Case	CaseType	StepType	UX m	UY m	RZ rad	Point	X m	y m	Z m
Story 9	D9	Espectro	LinRespSpec	Max	1.43E-02	1.74E-02	9.45E-04	225	9.1724	16	31.9
Story 8	D8	Espectro	LinRespSpec	Max	1.55E-02	1.61E-02	8.91E-04	228	10.541	10.672	28.2
Story 7	D7	Espectro	LinRespSpec	Max	1.47E-02	1.33E-02	7.79E-04	286	9.1831	8.352	24.5
Story 6	D6	Espectro	LinRespSpec	Max	1.20E-02	1.09E-02	6.44E-04	288	9.1857	8.3467	20.8
Story 5	D5	Espectro	LinRespSpec	Max	9.08E-03	8.14E-03	4.82E-04	289	9.1857	8.3467	17.1
Story 4	D4	Espectro	LinRespSpec	Max	5.97E-03	5.29E-03	3.04E-04	315	9.1857	8.3467	13.4
Story 3	D3	Espectro	LinResoSoec	Max	3.07E-03	2.61E-03	1.38E-04	326	9.1846	8.3473	9.7
Story 2	D2	Espectro	LinRespSpec	Max	8.76E-04	6.41E-04	3.70E-05	327	8.9242	9.7015	6
Story 1	D1	Espectro	LinRespSpec	Max	1.18E-04	1.08E-04	4.00E-06	328	8.6517	8.9877	2.8

Nota: Elaboración propia

Luego se tiene el siguiente cuadro con los desplazamientos relativos de entrepiso:

Tabla 16.*Desplazamiento relativo UX y UY en ETABS*

Entrepiso	Desp. Relat. X-X	Desp. Relat. Y-Y	0.75R X	0.75R Y	Desp. corregido X-X	Desp. corregido Y-Y	Altura de entrepiso he (m)	D/he (X X) ≤ 0.007	Obs.	D/he (Y Y) ≤ 0.007	Obs.
9	1.183E-03	1.314E-03	6	6	0.00710	0.00788	3.700	0.0019	Ok	0.0021	Ok
8	8.660E-04	2.713E-03	6	6	0.00520	0.01628	3.700	0.0014	Ok	0.0044	Ok
7	2.627E-03	2.460E-03	6	6	0.01576	0.01476	3.700	0.0043	Ok	0.0040	Ok
6	2.954E-03	2.744E-03	6	6	0.01772	0.01646	3.700	0.0048	Ok	0.0044	Ok
5	3.103E-03	2.856E-03	6	6	0.01862	0.01714	3.700	0.0050	Ok	0.0046	Ok
4	2.908E-03	2.676E-03	6	6	0.01745	0.01606	3.700	0.0047	Ok	0.0043	Ok
3	2.190E-03	1.969E-03	6	6	0.01314	0.01181	3.700	0.0036	Ok	0.0032	Ok
2	7.580E-04	5.330E-04	6	6	0.00455	0.00320	3.200	0.0014	Ok	0.0010	Ok
1	1.180E-04	1.080E-04	6	6	0.00071	0.00065	2.800	0.0003	Ok	0.0002	Ok

Nota: Elaboración propia

Siendo en todos los casos los valores de D/he menores que 0.007 (desplazamiento relativo de entrepiso), se llega a la conclusión de que todos los desplazamientos están dentro de los parámetros.

3.10.6.3. Desplazamientos

En cada dirección se analizará la irregularidad, comprobando que el desplazamiento relativo del centro de masa del entrepiso no supere al del promedio de los extremos de dicho entrepiso en 1.3 veces. En el caso de exceder el valor de 1.3 se deberá proceder a la verificación de irregularidad torsional extrema.

Tabla 17.*Irregularidad torsional en planta en ETABS*

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Ux m	Uy m
Story9	1	152	Espectro	LinRespSpec	Max	0.012304	0.015418
Story9	4	155	Espectro	LinRespSpec	Max	0.014238	0.015418
Story9	53	17	Espectro	LinRespSpec	Max	0.014238	0.019284
Story9	58	26	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.012485	0.019284
Story8	1	252	Espectro	LinRespSpec	Max	0.011069	0.013371
Story8	30	278	Espectro	LinRespSpec	Max	0.021133	0.013371
Story8	35	283	Espectro	LinRespSpec	Max	0.021133	0.017719
Story8	58	301	Espectro	LinRespSpec	Max	0.011234	0.017719
Story7	1	363	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.009679	0.011335
Story7	30	389	Espectro	LinRespSpec	Max	0.018409	0.011335
Story7	35	394	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.018409	0.015492
Story7	58	412	Espectro	LinRespSpec	Max	0.009817	0.015492
Story6	1	474	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.008043	0.009181
Story6	30	500	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.015266	0.009181
Story6	35	505	Espectro	LinRespSpec	Max	0.015266	0.012801
Story6	58	523	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.008155	0.012801
Story5	1	585	Espectro	LinRespSpec	Max	0.006167	0.006928
Story5	30	611	Espectro	LinRespSpec	Max	0.01161	0.006928
Story5	35	616	Espect ro	LinRespSpec	Ma x	0.01161	0.009622
Story5	58	634	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.006251	0.009622
Story4	1	696	Espectro	LinRespSpec	Max	0.004164	0.004683
Story4	30	722	Espectro	LinRespSpec	Max	0.007658	0.004683
Story4	35	727	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.007658	0.006168
Story4	58	745	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.004221	0.006168
Story3	1	807	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.002246	0.002602
Story3	30	833	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.003886	0.002602
Story3	35	838	Espectro	LinRespSpec	Max	0.003886	0.002855
Story3	58	856	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.002277	0.002855
Story2	1	918	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.000771	0.000915
Story2	30	944	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.001123	0.000915
Story2	35	949	Espectro	LinRespSpec	Ma x	1.12E-03	0.000463
Story2	58	967	Espectro	LinRespSpec	Max	0.000776	0.000463
Story1	1	4	Espect ro	LinRespSpec	Ma x	0.00011	0.000136
Story1	30	60	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.000154	0.000136
Story1	35	70	Espectro	LinRespSpec	Max	0.000154	0.000103
Story1	58	113	Espectro	LinRespSpec	Ma x	0.000111	0.000103

Nota: Elaboración propia

Para la dirección X-X:

Tabla 18.*Irregularidad torsional X-X en planta en ETABS*

Entrepiso	Desplaz. Prom.X-X	Desplaz. Relat.Prom. X-X	Desp. Relat. del CM X-X	D/he (X-X) ≤ 0.007 (deriva)	Relación entre despalzam.X-X ≤ 1.3	Obs.	Nota
9	0.0133	0.0028	0.0012	0.0019	0.42	Ok	Deriva < 50%
8	0.0161	0.0021	0.0009	0.0014	0.42	Ok	Deriva < 50%
7	0.0141	0.0024	0.0026	0.0043	1.10	Ok	Deriva > 50%
6	0.0117	0.0028	0.0030	0.0048	1.07	Ok	Deriva > 50%
5	0.0089	0.0030	0.0031	0.0050	1.04	Ok	Deriva > 50%
4	0.0059	0.0029	0.0029	0.0047	1.02	Ok	Deriva > 50%
3	0.0031	0.0021	0.0022	0.0036	1.03	Ok	Deriva > 50%
2	0.0009	0.0008	0.0008	0.0014	0.93	Ok	Deriva < 50%
1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.89	Ok	Deriva < 50%

Nota: Elaboración propia

Para la dirección Y-Y:

Tabla 19.*Irregularidad torsional Y-Y en planta en ETABS*

Entrepiso	Desplaz. Prom.Y-Y	Desplaz. Relat.Prom. Y-Y	Desp. Relat. del CM Y-Y	D/he (Y-Y) ≤ 0.007 (deriva)	Relación entre despalzam. Y-Y ≤ 1.3	Obs.	Nota
9	0.0174	0.0018	0.0013	0.0021	0.73	Ok	Deriva < 50%
8	0.0155	0.0021	0.0027	0.0044	1.27	Ok	Deriva > 50%
7	0.0134	0.0024	0.0025	0.0040	1.02	Ok	Deriva > 50%
6	0.0110	0.0027	0.0027	0.0044	1.01	Ok	Deriva > 50%
5	0.0083	0.0028	0.0029	0.0046	1.00	Ok	Deriva > 50%
4	0.0054	0.0027	0.0027	0.0043	0.99	Ok	Deriva > 50%
3	0.0027	0.0020	0.0020	0.0032	0.97	Ok	Deriva < 50%
2	0.0007	0.0006	0.0005	0.0010	0.94	Ok	Deriva < 50%
1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.90	Ok	Deriva < 50%

Nota: Elaboración propia

3.10.6.4. Fuerza cortante

Para cada una de las fuerzas consideradas en el análisis, la fuerza cortante en la base del edificio no podrá ser menor que el 80% (estructura regular) del siguiente valor:

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

Donde:

$$C = 2.5 * \frac{T_P}{T}$$

$$h_n = 31.9m \text{ (altura del edificio)}$$

$$C_t = 45 \text{ (para este tipo de estructura)}$$

Siendo el periodo fundamental del edificio:

$$T = \frac{h_n}{C_t} = \frac{31.9}{45} = 0.71$$

Este valor es obtenido, en este caso, aplicando un coeficiente sísmico global de:

$$\text{Coef. Sísmico} = \frac{Z * U * C * S}{R} = 0.10315$$

El cual es introducido al programa para su procesamiento que es idéntico al manual. Luego se tienen los resultados del cortante basal debido al análisis estático y al análisis dinámico en la siguiente tabla. Los valores resaltados con color azul son los de interés y comprobarán la fuerza cortante basal mínima se cumple o no.

Story	Diaphragm	Mass X kgf-s2/m	Mass Y kgf-s2/m	XCM m	YCM m	Cum Mass X kgf-s2/m	Cum Mass Y kgf-s2/m	XCCM m	YCCM m	XCR m	YCR m
Story 1	D1	13505.87	13505.87	8.6517	8.9877	13505.87	13505.87	8.6517	8.9877	8.254	10.1237
Story 2	D2	10412.18	10412.18	8.9242	9.7015	10412.18	10412.18	8.9242	9.7015	12.4402	9.9435
Story 3	D3	11147.55	11147.55	9.1846	8.3473	11147.55	11147.55	9.1846	8.3473	8.358	10.9727
Story 4	D4	11145.23	11145.23	9.1857	8.3467	11145.23	11145.23	9.1857	8.3467	7.1245	11.5867

Story 5	D5	11145.23	11145.23	9.1857	8.3467	11145.23	11145.23	9.1857	8.3467	6.8682	11.945
Story 6	D6	11145.23	11145.23	9.1857	8.3467	11145.23	11145.23	9.1857	8.3467	6.9284	12.2073
Story 7	D7	11132.11	11132.11	9.1831	8.352	11132.11	11132.11	9.1831	8.352	7.1056	12.4615
Story 8	D8	6189.18	6189.18	10.5413	10.6717	6189.18	6189.18	10.5413	10.6717	7.2548	12.783
Story 9	D9	1814.4	1814.4	9.1724	16.0004	1814.4	1814.4	9.1724	16.0004	7.413299...	12.8704

Tabla 20.

Peso y Cortante basal en ETABS

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P kgf	VX kgf	VY kgf	T kgf-m	MX kgf-m	MY kgf-m
Story 9	Sx	LinStatic		Top	0	-13812.56	0.00E+00	217339.41	5.44E-05	0.00E+00
Story 9	Sx	LinStatic		Bottom	0	-31765.66	0.00E+00	489127.54	0.00E+00	-85014.19
Story 9	Sy	LinStatic		Top	0	0	-1.38E+04	-116508.66	1.47E-04	0.00E+00
Story 9	Sy	LinStatic		Bottom	0	0	-3.18E+04	-224986.37	85014.2	-1.52E-04
Story 9	Espectro	LinRespSpec	Max	Top	0.00E+00	10311.15	1198.73	218565.56	9.71E-05	0.00E+00
Story 9	Espectro	LinRespSpec	Max	Bottom	0.00E+00	22119.49	25834.74	441258.5	7.12E+04	61133
Story 8	Sx	LinStatic		Top	0	-57483.94	0	774232.08	1.53E-04	-8.50E+04
Story 8	Sx	LinStatic		Bottom	0	-87726.86	6.81E-05	1120080.14	-1.48E-04	-354267.98
Story 8	Sy	LinStatic		Top	0.00E+00	0	-57483.94	-474063.64	8.50E+04	-1.60E-04
Story 8	Sy	LinStatic		Bottom	0.00E+00	-5.51E-05	-87726.86	-713159.4	354268	-374E-04
Story 8	Espectro	LinRespSpec	Max	Top	0.00E+00	39665.89	47042.48	760910.38	7.12E+04	6.11E+04
Story 8	Espectro	LinRespSpec	Max	Bottom	0.00E+00	58040.67	68865.72	1067728.68	2.87E+05	242148.99
Story 7	Sx	LinStatic		Top	0	-152335.2	-7.94E-05	1631868.81	-435E-04	-3.54E+05
Story 7	Sx	LinStatic		Bottom	0	-180153.44	-7.05E-05	1942680.17	-2.19E-04	-969905.25
Story 7	Sy	LinStatic		Top	0.00E+00	-5.83E-05	-152335.2	-1275082.98	3.54E+05	-3.73E-04
Story 7	Sy	LinStatic		Bottom	0.00E+00	-1.17E-04	-180153.45	-1496775.46	969905.3	-7.68E-04
Story 7	Espectro	LinRespSpec	Max	Top	0.00E+00	101126.51	117294.2	1634462.62	2.87E+05	2.42E+05
Story 7	Espectro	LinRespSpec	Max	Bottom	0.00E+00	116135.81	135525.16	1882199.86	7.54E+05	638800.99
Story 6	Sx	LinStatic		Top	0.00E+00	-234531.16	-1.25E-04	2371401.16	-2.21E-04	9.70E+05
Story 6	Sx	LinStatic		Bottom	0.00E+00	-258148.28	-6.42E-05	2635273.67	0.00E+00	-1881815
Story 6	Sy	LinStatic		Top	0	-1.56E-04	-234531.17	-1971596.41	9.70E+05	-6.92E-04
Story 6	Sy	LinStatic		Bottom	0	-1.66E-04	258148.29	-2159808.81	1881815	-1.29E-03
Story 6	Espectro	LinRespSpec	Max	Top	0.00E+00	148933.86	172908.12	2321454.76	7.54E+05	6.39E+05
Story 6	Espectro	LinRespSpec	Max	Bottom	0.00E+00	160390.58	186995.15	2514390.5	1.41E+06	1201217.51
Story 5	Sx	LinStatic		Top	0	-302853.05	-7.9E-05	2987731.8	-3.80E-04	-1881815
Story 5	Sx	LinStatic		Bottom	0	-322269.04	-6.90E-05	3204665.45	-1.18E-04	-3038663.1
Story 5	Sy	LinStatic		Top	0	-1.67E-04	-302853.05	-2550166.41	1881815	-1.30E-03
Story 5	Sy	LinStatic		Bottom	0	-1.90E-04	-322269.05	-2704898.71	3038663	-0.001994
Story 5	Espectro	LinRespSpec	Max	Top	0.00E+00	185705.21	215615.57	2857974.03	1.41E+06	1201217.51
Story 5	Espectro	LinRespSpec	Max	Bottom	0.00E+00	194667.13	226191.25	3008022.6	2.22E+06	1885641.95
Story 4	Sx	LinStatic		Top	0.00E+00	-357300.85	-1.05E-04	3480860.7	-0.000146	-3038663.1
Story 4	Sx	LinStatic		Bottom	-5.09E-05	-372515.72	-1.12E-04	3650855.5	2.48E-04	-4389115.4
Story 4	Sy	LinStatic		Top	0	-1.93E-04	-357300.85	-3010792.98	3038663	-2.00E-03
Story 4	Sy	LinStatic		Bottom	0	-2.01E-04	-372515.73	-3132045.19	4389115	-2.76E-03
Story 4	Espectro	LinRespSpec	Max	Top	0.00E+00	213824.56	246629.52	3261078.66	2.22E+06	1885641.95
Story 4	Espectro	LinRespSpec	Max	Bottom	0.00E+00	220209.52	253591.74	3362426.49	3.12E+06	2659968.24
Story 3	Sx	LinStatic		Top	-6.83E-05	-398085.3	-1.02E-04	3853153.39	5.39E-05	-4389115.4
Story 3	Sx	LinStatic		Bottom	-6.87E-05	-409099.06	-1.04E-04	3976209.32	4.32E-04	-5882617.6
Story 3	Sy	LinStatic		Top	0.00E+00	-2.04E-04	-398085.31	-3354361.2	4389115	-2.74E-03
Story 3	Sy	LinStatic		Bottom	0.00E+00	-1.94E-04	-409099.06	-3442133.33	5882618	-3.47E-03
Story 3	Espectro	LinRespSpec	Max	Top	0.00E+00	232075.18	265116.3	3507209.97	3.12E+06	2659968.24
Story 3	Espectro	LinRespSpec	Max	Bottom	0.00E+00	253296.58	268252.59	3551303.62	4.09E+06	3493734.77
Story 2	Sx	LinStatic		Top	-7.38E-05	-424151.49	-1.04E-04	4106502.11	3.64E-04	-5882617.6
Story 2	Sx	LinStatic		Bottom	-7.42E-05	-431696.89	-0.000104	4185695.65	6.91E-04	-7252057
Story 2	Sy	LinStatic		Top	0.00E+00	-0.0001983	-424151.5	-3570350.23	5882618	-3.45E-03
Story 2	Sy	LinStatic		Bottom	0.00E+00	-0.0001983	-431696.89	-3646198.49	7252057	-4.09E-03
Story 2	Espectro	LinRespSpec	Max	Top	0.00E+00	239162.74	271284.54	3589505.76	4.09E+06	3493734.77
Story 2	Espectro	LinRespSpec	Max	Bottom	0.00E+00	240147.1	272029.99	3600512.91	4.94E+06	4238536.93
Story 1	Sx	LinStatic		Top	-6.88E-05	-437031.86	-1.04E-04	4233516.34	7.37E-04	-7252057

Story 1	Sx	LinStatic		Bottom	-7.01E-05	-453481.17	-1.05E-04	4383150.25	9.54E-04	-8492417
Story 1	Sy	LinStatic		Top	0.00E+00	-1.99E-04	-437031.87	-3692692.81	7252057	-4.09E-03
Story 1	Sy	LinStatic		Bottom	0.00E+00	-1.98E-04	-453481.17	-3841257.23	8492417	-4.59E-03
Story 1	Espectro	LinRespSpec	Max	Top	0.00E+00	240567.85	272433.4	3605565.5	4.94E+06	4238536.93
Story 1	Espectro	LinRespSpec	Max	Bottom	0.00E+00	240820.82	272683.35	3608662.19	5696928	4897781.91

Nota: Elaboración propia

El cuadro siguiente muestra que no se cumple el 80% del cortante mínimo en la base, por lo que el espectro de diseño fue amplificado:

Tabla 21.

Cortante mínima en ETABS

	Dinam	Estat	%	Multi por	Al 80%
Vx	240820.82	453481.17	0.53	1.88	1.51
Vy	272683.35	453481.17	0.60	1.66	1.33

Nota: Elaboración propia

Según el artículo 4.6.4 de la NORMA TÉCNICA E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE" DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, indica que la Fuerza Cortante Mínima para cada una de las direcciones en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado según el numero 4.5 para estructuras regulares, no menos que el 90% para estructuras irregulares. Teniendo en cuenta este criterio es que se multiplica con los valores correspondientes en las dos direcciones de la geometría de la edificación para llegar a los valores recomendados que la normativa solicita.

Según el artículo 6.5 de LA NORMA TÉCNICA E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE" DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, las fuerzas sísmicas verticales se calculan a partir de considerar 2/3 de la fuerza horizontal



Tabla 22.*Amplificación al 80% en ETABS*

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	EspecAbancay	1.51
Acceleration	U2	EspecAbancay	1.33
Acceleration	U3	EspecAbancay	0.667

Nota: Elaboración propia**3.10.6.5. Vibración**

En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

Tabla 23.*Modos de vibración en ETABS*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	0.644	0.483	0.045	0.483	0.045	0.032	0.288	0.069	0.032	0.288	0.069
Modal	2	0.585	0.067	0.518	0.550	0.562	0.360	0.047	0.004	0.393	0.335	0.072
Modal	3	0.467	0.056	0.029	0.606	0.591	0.017	0.064	0.527	0.409	0.399	0.599
Modal	4	0.443	0.000	0.000	0.606	0.591	0.000	0.000	0.000	0.409	0.399	0.599
Modal	5	0.248	0.000	0.000	0.606	0.591	0.000	0.000	0.000	0.409	0.399	0.599
Modal	6	0.248	0.000	0.000	0.606	0.591	0.000	0.000	0.000	0.409	0.399	0.599
Modal	7	0.246	0.000	0.000	0.606	0.591	0.000	0.000	0.000	0.409	0.399	0.600
Modal	8	0.243	0.000	0.000	0.606	0.591	0.000	0.000	0.000	0.409	0.399	0.600
Modal	9	0.243	0.000	0.000	0.606	0.591	0.000	0.000	0.000	0.409	0.399	0.600
Modal	10	0.225	0.000	0.000	0.606	0.591	0.000	0.000	0.000	0.409	0.399	0.600
Modal	11	0.224	0.000	0.000	0.606	0.591	0.000	0.000	0.000	0.409	0.399	0.600
Modal	12	0.205	0.001	0.000	0.607	0.591	0.000	0.001	0.000	0.409	0.400	0.600
Modal	13	0.204	0.000	0.000	0.607	0.591	0.000	0.000	0.000	0.409	0.400	0.600
Modal	14	0.203	0.000	0.000	0.607	0.591	0.000	0.000	0.000	0.409	0.400	0.600
Modal	15	0.200	0.001	0.000	0.608	0.591	0.000	0.001	0.000	0.409	0.401	0.600
Modal	16	0.200	0.000	0.000	0.608	0.591	0.000	0.000	0.000	0.409	0.401	0.600
Modal	17	0.179	0.090	0.017	0.608	0.608	0.018	0.106	0.013	0.427	0.507	0.613
Modal	18	0.162	0.035	0.079	0.733	0.687	0.082	0.046	0.007	0.509	0.552	0.619
Modal	19	0.152	0.000	0.000	0.733	0.687	0.000	0.000	0.000	0.509	0.553	0.619
Modal	20	0.151	0.000	0.000	0.733	0.687	0.000	0.000	0.000	0.509	0.553	0.619
Modal	21	0.129	0.003	0.041	0.736	0.727	0.047	0.007	0.092	0.556	0.559	0.712
Modal	22	0.126	0.000	0.000	0.736	0.727	0.000	0.000	0.000	0.556	0.559	0.712
Modal	23	0.126	0.000	0.000	0.736	0.727	0.000	0.000	0.000	0.556	0.559	0.712
Modal	24	0.126	0.000	0.000	0.736	0.727	0.000	0.000	0.000	0.556	0.559	0.712
Modal	25	0.126	0.000	0.000	0.736	0.727	0.000	0.000	0.000	0.556	0.559	0.712
Modal	26	0.125	0.000	0.000	0.736	0.727	0.000	0.000	0.000	0.556	0.559	0.712

Modal	147	0.048	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	148	0.048	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	149	0.048	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	150	0.048	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	151	0.048	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	152	0.048	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	153	0.048	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	154	0.047	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	155	0.046	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	156	0.046	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	157	0.046	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	158	0.046	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	159	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	160	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	161	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	162	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	163	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	164	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	165	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	166	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	167	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	168	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	169	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	170	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	171	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	172	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	173	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	174	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	175	0.045	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	176	0.044	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	177	0.044	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	178	0.044	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	179	0.044	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772
Modal	180	0.044	0.000	0.000	0.841	0.806	0.000	0.000	0.000	0.634	0.675	0.772

Nota: Elaboración propia

Para este caso serían normales calcular el edificio empleando unos 27 modos de vibración para alcanzar la suma de masas participantes mayor al 90% exigida por la norma, pero por la asimetría de rigideces en planta, se tuvo que aumentar hasta 180 modos y aun así sin llegar a dicho porcentaje.

3.10.6.6. Tabla resumen del análisis de comportamiento estructural y vulnerabilidad con ETABS

Tabla 24.

Tabla resumen del análisis de derivas con ETABS

Derivas

Level	X-X	Y-Y
9	0.0019	0.0021
8	0.0014	0.0044
7	0.0043	0.0040
6	0.0048	0.0044
5	0.0050	0.0046
4	0.0047	0.0043
3	0.0036	0.0032
2	0.0014	0.0010
1	0.0003	0.0002

Nota: Elaboración propia

Tabla 25.

Tabla resumen del análisis de desplazamientos con ETABS

Desplazamientos		
Level	X-X	Y-Y
9	0.0133	0.0174
8	0.0161	0.0155
7	0.0141	0.0134
6	0.0117	0.011
5	0.0089	0.0083
4	0.0059	0.0054
3	0.0031	0.0027
2	0.0009	0.0007
1	0.0001	0.0001

Nota: Elaboración propia

Tabla 26.

Tabla resumen del análisis de cortantes con ETABS

Cortante mínima		
	Dinámica	Estática
V _x	240820.82	453481.17
V _y	2726683.35	453481.17

Nota: Elaboración propia

Tabla 27.

Tabla resumen del análisis de vibración con ETABS

Periodo de vibración	
Modo de vibración	Periodo de vibración
1	0.644
2	0.467
3	0.248
4	0.246
5	0.243
6	0.224
7	0.200
8	0.179
9	0.152

Nota: Elaboración propia

3.10.7. Análisis del comportamiento estructural y vulnerabilidad mediante CYPECAD

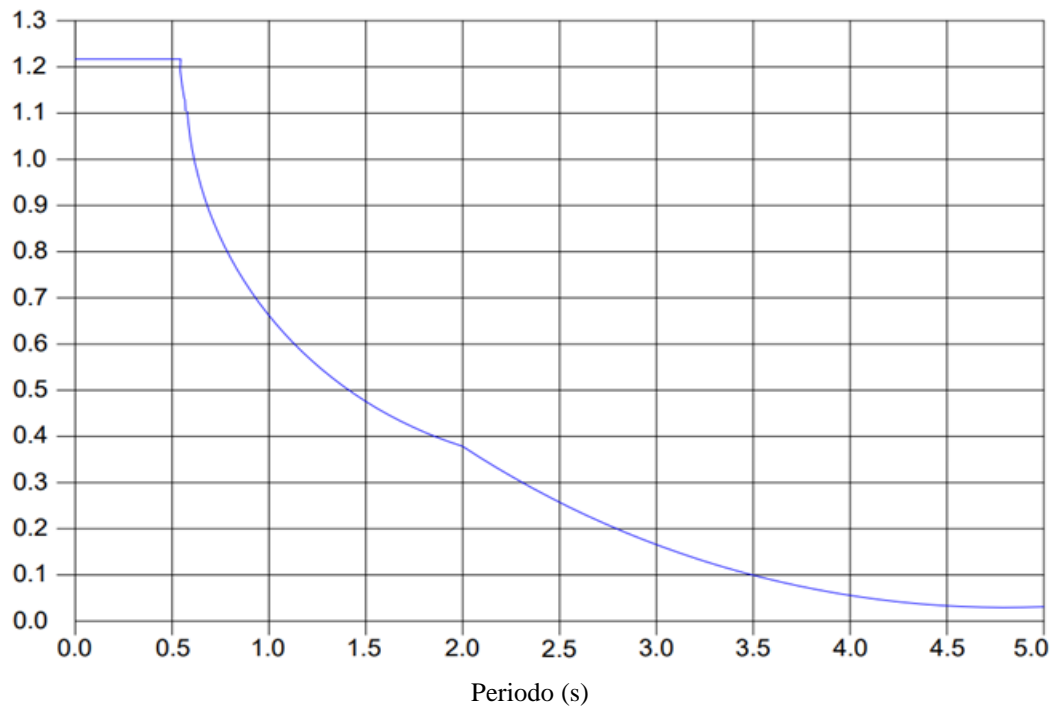
3.10.7.1. Espectros

El espectro sísmico nos arroja un valor equivalente a 1.210 m/s² de aceleración máxima, mientras que para periodos superiores a x segundos va tendiendo a 0 la aceleración.

Figura 37.

Espectro R=8 para sistema aperticado de concreto armado según la RNE E.030 en CYPECAD

Coef. Amplificación (g)



Nota: Elaboración propia

3.10.7.2. Derivas

Las diferentes normas suelen limitar el valor del desplome relativo entre plantas y del desplome total del edificio. El valor absoluto se utilizará para definir las juntas sísmicas. El valor relativo suele limitarse en función de la altura de la planta 'h'. Se comprueba el valor 'Total' tomando en ese caso como valor de 'h' la altura total. Los desplomes están mayorados por el factor de desplazamientos obtenido a partir de los datos del sistema estructural definidos para la acción sísmica.

Tabla 28.*Deriva de pilares en CYPECAD*

Planta	Desplome local máximo de los pilares (δ / h)			
	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ^{'''}	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
5	1/ 2847 (C1, ...)	1/ 1371(C11, ...)	1/ 102 (C1, ...)	1/ 153 (C15)
4	1/ 2643 (C1, ...)	1/ 1371(C15)	1/ 97 (C1 ...)	1/ 154 (C15)
3	1/ 2467 (C1, ...)	1/ 1404 (C15)	1/ 102 (C10)	1/ 170 (C15)
2	1/ 2000 (C2, ...)	1/ 1400 (C12, C13)	1/ 116 (C2, ...)	1/ 234 (C2, C3)
1	1/ 1813 (C1, ...)	1/ 1319 (C6, ...)	1/ 116 (C1, ...)	1/ 220 (C1, C5)

Notas:

(1)Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Nota: Elaboración propia**Tabla 29.***Deriva de muros en CYPECAD*

Planta	Desplome local máximo de los pilares (δ / h)			
	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ^{'''}	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
5	1/4805 (M7)	1/1652 (M7)	1/ 173 (M7)	1/187 (M7)
4	1/4328 (M7)	1/1662 (M7)	1/ 167 (M7)	1/190 (M7)
3	1/3565 (M7)	1/1687 (M7)	1/ 156 (M7)	1/204 (M7)
2	1/ 2195 (M12)	1/ 1588 (M16.2)	1/ 143 (M7)	1/268 (M1)
1	1/ 2297 (M12)	1/ 1582 (M16.2)	1/ 134 (M7)	1/271(M1)

Notas:

(1)Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Nota: Elaboración propia**3.10.7.3. Desplazamientos**

Los desplazamientos se consideraron por cada columna de la edificación

Tabla 30.*Desplazamiento en situaciones transitorias en CYPECAD*

Situación es persistentes o transitorias					
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. z (mm)
C1	Sexto Nivel	20.50	-10.09	-15.30	-19.06
	Quinto Nivel	16.80	-8.98	-13.18	-19.04
	Cuarto Nivel	13.10	-7.76	-11.08	-19.00
	Tercer Nivel	9.40	-6.47	-8.99	-18.94
	Segundo Nivel	5.70	-5.13	-6.90	-18.86
	Primer Nivel	2.00	-3.73	-4.82	-18.75
	Semisótano	-1.70	-2.23	-2.75	-18.63
	Sótano	-4.75	-0.78	-0.99	-18.54
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-18.51
C2	Sexto Nivel	20.70	-9.14	-15.29	-16.83
	Quinto Nivel	16.80	-8.16	-13.18	-16.82
	Cuarto Nivel	13.10	-7.08	-11.08	-16.78
	Tercer Nivel	9.40	-5.95	-8.99	-16.72
	Segundo Nivel	5.70	-4.77	-6.90	-16.62
	Primer Nivel	2.00	-3.51	-4.82	-16.49
	Semisótano	-1.70	-2.14	-2.75	-16.33
	Sótano	-4.50	-0.75	-0.99	-16.24
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-16.23
C3	Sexto Nivel	20.70	-8.12	-15.29	-14.29
	Quinto Nivel	16.80	-7.28	-13.18	-14.28
	Cuarto Nivel	13.10	-6.35	-11.08	-14.25
	Tercer Nivel	9.40	-5.39	-8.99	-14.18
	Segundo Nivel	5.70	-4.37	-6.90	-14.10
	Primer Nivel	2.00	-3.28	-4.82	-13.98
	Semisótano	-1.70	-2.04	-2.75	-13.83
	Sótano	-4.50	-0.71	-0.99	-13.75
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-13.72
C4	Séptimo Nivel	24.35	-7.70	-17.45	-11.57
	Sexto Nivel	20.65	-7.03	-15.30	-11.57
	Quinto Nivel	16.95	-6.33	-13.18	-11.55
	Cuarto Nivel	13.25	-5.58	-11.08	-11.52
	Tercer Nivel	9.55	-4.79	-8.99	-11.47
	Segundo Nivel	5.85	-3.95	-6.90	-11.41
	Primer Nivel	2.15	-3.02	-4.82	-11.33
	Semisótano	-1.55	-1.93	-2.75	-11.23
	Sótano	-4.50	-0.67	-0.99	-11.15
C5	Séptimo Nivel	24.35	-6.74	-17.45	-9.33
	Sexto Nivel	20.65	-6.15	-15.30	-9.33
	Quinto Nivel	16.95	-5.57	-13.18	-9.32
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-11.12

	cuarto Nivel	13.25	-4.95	-11.08	-9.30
	Tercer Nivel	9.55	-4.30	-8.99	-9.28
	Segundo Nivel	5.85	-3.61	-6.90	-9.25
	Primer Nivel	2. 15	-2.82	-4.82	-9.21
	Semisótano	-1.55	-1.84	-2.75	-9.17
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-9.11
C6	Séptimo Nivel	24.35	-6.68	-19.58	-8.88
	Sexto Nivel	20.65	-6.09	-17.25	-8.87
	Quinto Nivel	16.95	-5.52	-14.87	-8.86
	Cuarto Nivel	13.25	-4.91	-12.47	-8.83
	Tercer Nivel	9.55	-4.27	-10.06	-8.80
	Segundo Nivel	5.85	-3.58	-7.66	-8.76
	Primer Nivel	2. 15	-2.81	-5.27	-8.71
	Semisótano	-1.55	-1.83	-2.95	-8.66
	Sótano	-4.75	-0.64	-1.06	-8.61
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-8.59
C7	Séptimo Nivel	24.20	-7.76	-19.58	-12.54
	Sexto Nivel	20.50	-7.09	-17.25	-12.55
	Quinto Nivel	16.80	-6.38	-14.87	-12.55
	Cuarto Nivel	13.10	-5.62	-12.47	-12.54
	Tercer Nivel	9.40	-4.82	-10.06	-12.51
	Segundo Nivel	5.70	-3.97	-7.66	-12.46
	Primer Nivel	2.00	-3.04	-5.27	-12.40
	Semisótano	-1.70	-1.93	-2.95	-12.33
	Sótano	-4.70	-0.67	-1.06	-12.26
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-12.21
C8	Quinto nivel	16.20	0.00	0.00	-12.21
	Cuarto Nivel	13.10	-6.35	-12.47	-17.86
	Tercer Nivel	9.40	-5.39	-10.06	-17.83
	Segundo Nivel	5.70	-4.37	-7.66	-17.78
	Primer Nivel	2.00	-3.28	-5.27	-17.70
	Semisótano	-1.70	-2.04	-2.95	-17.62
	Sótano	-4.50	-0.71	-1.06	-17.53
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-17.45
C9	Quinto Nivel	16.80	-8.16	-14.87	-22. 18
	cuarto Nivel	13.10	-7.08	-12.47	-22. 17
	Tercer Nivel	9.40	-5.95	-10.06	-22. 14
	Segundo Nivel	5.70	-4.77	-7.66	-22.11
	Primer Nivel	2.00	-3.51	-5.27	-22.07
	Semisótano	-1.70	-2. 14	-2.95	-22.01
	Sótano	-4.50	-0.75	-1.06	-21.96
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-21.90
C10	Sexto Nivel	20.50	-10.15	-17.25	-24.48
	Quinto Nivel	16.80	-9.04	-14.87	-24.50
	Cuarto Nivel	13.10	-7.80	-12.47	-24.50
	Tercer Nivel	9.40	-6.50	-10.06	-24.50
	Segundo Nivel	5.70	-5.16	-7.66	-24.49
	Primer Nivel	2.00	-3.75	-5.27	-24.47

	Semisótano	- 1.70	-2.24	-2.95	-24.44
	Sótano	-4.75	-0.78	-1.06	-24.42
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-24.40
C11	Sexto Nivel	20.50	-10.09	-18.93	-16.02
	Quinto Nivel	16.80	-8.98	-16.33	-16.00
	Cuarto Nivel	13.10	-7.76	-13.66	-15.95
	Tercer Nivel	9.40	-6.47	-10.98	-15.86
	Segundo Nivel	5.70	-5.13	-8.31	-15.74
	Primer Nivel	2.00	-3.73	-5.66	-15.59
	Semisótano	-1.70	-2.23	-3.12	-15.40
	Sótano	-4.75	-0.78	-1.12	-15.29
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-15.27
C12	Sexto Nivel	20.70	-9.14	-18.93	-13.22
	Quinto Nivel	16.80	-8.16	-16.33	-13.22
	Cuarto Nivel	13.10	-7.08	-13.67	-13.18
	Tercer Nivel	9.40	-5.95	-10.98	-13.10
	Segundo Nivel	5.70	-4.77	-8.31	-12.99
	Primer Nivel	2.00	-3.51	-5.67	-12.84
	Semisótano	-1.70	-2. 14	-3.12	-12.66
	Sótano	-4.50	-0.75	-1.12	-12.57
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-12.56
C13	Sexto Nivel	20.70	-8.12	-18.93	-10.30
	Quinto Nivel	16.80	-7.28	-16.33	-10.29
	Cuarto Nivel	13.10	-6.35	-13.67	-10.25
	Tercer Nivel	9.40	-5.39	-10.98	-10.18
	Segundo Nivel	5.70	-4.37	-8.31	-10.06
	Primer Nivel	2.00	-3.28	-5.67	-9.91
	Semisótano	-1.70	-2.04	-3.12	-9.73
	Sótano	-4.50	-0.71	-1. 12	-9.60
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-9.52
C14	Séptimo Nivel	24.20	-7.70	-21.42	-7.55
	Sexto Nivel	20.50	-7.03	-18.93	-7.53
	Quinto Nivel	16.80	-6.33	-16.33	-7.50
	cuarto Nivel	13.10	-5.58	-13.66	-7.44
	Tercer Nivel	9.40	-4.79	-10.98	-7.36
	Segundo Nivel	5.70	-3.95	-8.31	-7.25
	Primer Nivel	2.00	-3.02	-5.66	-7. 11
	semisótano	-1.70	-1.93	-3.12	-6.95
	Sótano	-4.70	-0.67	-1.12	-6.84
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-6.80
C15	Séptimo Nivel	24.40	-6.87	-21.48	-5.40
	Sexto Nivel	20.65	-6.26	-18.99	-5.40
	Quinto Nivel	16.95	-5.67	-16.38	-5.37
	Cuarto Nivel	13.25	-5.03	-13.71	-5.32
	Tercer Nivel	9.55	-4.37	-11.01	-5.25
	Segundo Nivel	5.85	-3.65	-8.33	-5. 15
	Primer Nivel	2.15	-2.85	-5.68	-5.04
	Semisótano	-1.50	-1.85	-3.12	-4.90

C16	Sótano	-4.70	-0.64	-1.13	-4.84
	Cimentación	-6.20	0.00	0.00	-4.81
	Séptimo Nivel	24.35	-6.68	-20.94	-5.73
	Sexto Nivel	20.65	-6.09	-18.50	-5.71
	Quinto Nivel	16.95	-5.52	-15.95	-5.67
	Cuarto Nivel	13.25	-4.91	-13.36	-5.62
	Tercer Nivel	9.55	-4.27	-10.74	-5.56
	Segundo Nivel	5.85	-3.58	-8.14	-5.49
	Primer Nivel	2.15	-2.81	-5.56	-5.42
	Semisótano	-1.55	-1.83	-3.07	-5.32
	Sótano	-4.75	-0.64	-1.11	-5.28

Nota: Elaboración propia

3.10.7.4. Fuerza cortante

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Tabla 31.

Hipótesis sísmica: Sismo XI en CYPECAD

Planta	Mass X kgf-s ² /m	Q _x (t)	F _{eq,x} (t)
9	1807.30	22.2323	22.2323
8	6173.16	63.3112	41.1610
7	11135.15	136.0983	73.1469
6	11144.36	195.2802	60.7150
5	11144.36	244.1322	52.7490
4	11144.36	277.3197	37.8448
3	11144.36	319.6597	49.0819
2	10412.55	319.6597	0.0000
1	13500.57	319.6597	0.0000

Nota: Elaboración propia

Tabla 32.*Hipótesis sísmica: Sismo Y1 en CYPECAD*

Planta	Mass Y kgf-s2/m	Q _y (t)	F _{eq,y} (t)
9	1807.30	12.2935	12.2935
8	6173.16	31.0218	19.0332
7	11135.15	62.3407	32.5396
6	11144.36	86.0015	26.4644
5	11144.36	105.9182	25.6933
4	11144.36	118.6932	19.8671
3	11144.36	141.9380	31.0275
2	10412.55	141.9380	0.0000
1	13500.57	141.93.80	0.0000

Nota: Elaboración propia

3.10.7.5. Vibración

Para el análisis de vibración se tomaron en cuenta los modos de vibración, así como también el periodo de vibración, considerando para este caso 10 modos de análisis.

Tabla 33.*Modos de vibración en CYPECAD*

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.698	0.2189	0.8108	0.5428	6.71 %	75.45 %	R = 8 A = 1.186 m/s ² D = 14.6446 mm R = 8	R = 8 A = 1.186 m/s ² D = 14.6446 mm R = 8
Modo 2	0.589	0.9297	0.271	0.2495	79.23 %	5.52 %	A = 1.378 m/s ² D = 12.1194 mm R = 8	A = 1.378 m/s ² D = 12.1194 mm R = 8
Modo 3	0.352	0.0129	0.0107	0.9999	0.88 %	0.5 %	A = 1.38 m/s ² D = 4.33751 mm R = 8	A = 1.38 m/s ² D = 4.33751 mm R = 8
Modo 4	0.286	0.0048	0.0398	0.9992	0 %	0.24 %	A = 1.38 m/s ² D = 2.85829 mm R = 8	A = 1.38 m/s ² D = 2.85829 mm R = 8
Modo s	0.218	0.0009	0.1691	0.9856	0 %	0.35 %	A = 1.38 m/s ² O = 1.6661 mm R = 8	A = 1.38 m/s ² D = 1.6661 mm R = 8
Modo 6	0.215	0.0558	0.0042	0.9984	0.02 %	0%	A = 1.38 m/s ² D = 1.62146 mm	A = 1.38 m/s ² D = 1.62146 mm

Modo 7	0.208	0.002	0.0306	0.9995	0 %	0.05 %	R = 8 A = 1.38 m/s ² D = 1.51341 mm R = 8	R = 8 A = 1.38 m/s ² D = 1.51341 mm R = 8
Modo 8	0.146	0.2192	0.1224	0.968	6.91 %	1.77 %	A = 1.38 m/s ² D = 0.74508 mm R = 8	A = 1.38 m/s ² D = 0.74508 mm R = 8
Modo 9	0.143	0.2171	0.026	0.9758	0.37 %	0 %	A = 1.38 m/s ² D = 0.71951 mm R = 8	A = 1.38 m/s ² D = 0.71951 mm R = 8
Modo 10	0.125	0.1812	0.333	0.9254	3.03 %	8.39 %	A = 1.38 m/s ² D = 0.5418 mm	A = 1.38 m/s ² D = 0.5418 mm
Total					97.15 %	92.27 %		

Nota: Elaboración propia

3.10.7.6. Tabla resumen del análisis de comportamiento estructural y vulnerabilidad con CYPECAD

Tabla 34.

Tabla resumen del análisis de derivas con CYPECAD

Level	Derivas	
	X-X	Y-Y
9	0.0019	0.0067
8	0.0029	0.0070
7	0.0032	0.0072
6	0.0035	0.0072
5	0.0035	0.0072
4	0.0037	0.0072
3	0.0040	0.0071
2	0.0050	0.0071
1	0.0055	0.0075

Nota: Elaboración propia

Tabla 35.

Tabla resumen del análisis de desplazamientos con CYPECAD

Level	Desplazamientos	
	X-X	Y-Y
9	0.0101	0.0153
8	0.0089	0.0131
7	0.0077	0.0110
6	0.0064	0.0089
5	0.0051	0.0069
4	0.0037	0.0048
3	0.0022	0.0027
2	0.0007	0.0009
1	0.0000	0.0000

Nota: Elaboración propia

Tabla 36.

Tabla resumen del análisis de cortantes con CYPECAD

	Cortante mínima	
	Dinámica	Estática
V _x	222323.00	411610.00
V _y	264644.00	411610.00

Nota: Elaboración propia

Tabla 37.

Tabla resumen del análisis de vibración con CYPECAD

Periodo de vibración	
Modo de vibración	Periodo de vibración
1	0.698
2	0.589
3	0.352
4	0.286
5	0.218
6	0.215
7	0.208
8	0.146
9	0.143

Nota: Elaboración propia

3.1.1. Análisis de la calidad de resultados mediante ETABS

3.1.1.1. Interoperabilidad

Es la capacidad de tener los softwares informáticos para poder comunicarse, compartir datos y trabajar juntos de manera efectiva. En el contexto de los modelos BIM, la interoperabilidad es especialmente importante, ya que permite a los softwares colaborar entre sí. La interoperabilidad se logra mediante el uso de estándares abiertos y formatos de intercambio de datos comunes, como IFC que permiten la transferencia de información entre diferentes plataformas de software, además de la implementación de protocolos y prácticas que aseguren la compatibilidad y la correcta interpretación de los datos entre los sistemas involucrados. A continuación, se adjunta un cuadro donde se muestra la comunicación que tiene ETABS con diferentes softwares comúnmente utilizados al momento de realizar un proyecto de construcción.

Tabla 38.

Interoperabilidad de ETABS

Interoperabilidad	
Revit	X
AutoCAD	X
Archicad	X
Tekla Structures	X
Bentley AECOSim	X
Vectorworks Architect	X
Sketchup	X
Rhino+Grasshopper	X
Allplan	X

Nota: Elaboración propia

3.1.1.2. Exactitud

La precisión de los resultados está relacionada con la magnitud y la escala del modelo que se está trabajando, así como de los métodos de análisis utilizados. En algunos casos, es posible que los resultados se redondeen o presenten alguna pérdida de precisión debido a las limitaciones de presentación numéricas de los softwares en cuestión. Teniendo en cuenta lo expuesto líneas arriba y considerando una igualdad de criterios en el análisis estructural adjuntamos una tabla de la precisión que maneja el software ETABS al momento de realizar un análisis estructural.

Tabla 39.

Exactitud de ETABS

Exactitud	
Software	Decimales
ETABS	5

Nota: Elaboración propia

3.1.1.3. Tiempo

El tiempo necesario para realizar un cálculo estructural puede variar significativamente y depende de varios factores, como la complejidad de la estructura, el software utilizado, la experiencia del

ingeniero estructural y la disponibilidad de recursos, a continuación, se adjunta una tabla con los tiempos necesarios para poder desarrollar el proyecto en estudio con el software ETABS.

Tabla 40.

Tiempo de ETABS

Tiempo	
Definición de modelo	2.25h
Aplicación de cargas	0.6h
Definición de método de análisis	0.9h
Resolución de modelo	0.3h
Vibración y optimización del diseño	2.3h
Documentación de resultados	1.5h
Tiempo total en horas	7.85h

Nota: Elaboración propia

3.1.1.4. Entendimiento

Es la capacidad del programa para interpretar y comprender los datos y las instrucciones proporcionadas por el usuario de manera precisa y coherente. El software estructural debe ser capaz de comprender y procesar la geometría de la estructura, las propiedades de los materiales, las cargas aplicadas y otros parámetros de diseño proporcionados por el usuario. Esto implica que el software debe tener algoritmos y reglas lógicas que permitan interpretar y manipular los datos ingresados de manera correcta. De acuerdo a la experiencia ganada con la realización de un análisis estructural del mismo proyecto del software realizamos una calificación cuantitativa de esta propiedad.

Tabla 41.

Entendimiento de ETABS

Entendimiento	
Software ETABS	Decimales 8

Nota: Elaboración propia

3.1.1.5. Fiabilidad

Es la capacidad del programa para producir resultados precisos, consistentes y confiables en el análisis y diseño de estructuras. Un programa estructural confiable es aquel que ha sido probado y validado en términos de precisión y exactitud en sus cálculos y resultados. La fiabilidad implica que el software ha sido sometido a rigurosas pruebas y verificaciones para asegurar que los resultados obtenidos sean consistentes y coincidan con los principios y teorías de la ingeniería estructural. Para medir esta propiedad adjuntamos la licencia del dos programa en cuestión para corroborar la fiabilidad de nuestro modelo de estudio

3.1.1.6. Amplitud

Es la capacidad de representar y manejar una amplia gama de elementos y aspectos relacionados con el diseño del proyecto. La amplitud de un software de diseño implica que el programa pueda abarcar diferentes disciplinas y componentes del proyecto, como la arquitectura, ingeniería estructural, sistemas mecánicos, eléctricos entre otros. Esto permite a los diseñadores trabajar en diferentes aspectos del proyecto de manera integrada y coordinada

Tabla 42.

Amplitud de ETABS

Amplitud	
Arquitectura	
Estructuras	X
Instalaciones sanitarias	
Instalaciones eléctricas	

Nota: Elaboración propia

3.1.2. *Análisis de la calidad de resultados mediante CYPECAD*

3.1.2.1. **Interoperabilidad**

Es la capacidad de tener los softwares informáticos para poder comunicarse, compartir datos y trabajar juntos de manera efectiva. En el contexto de los modelos BIM, la interoperabilidad es especialmente importante, ya que permite a los softwares colaborar entre sí. La interoperabilidad se logra mediante el uso de estándares abiertos y formatos de intercambio de datos comunes, como IFC que permiten la transferencia de información entre diferentes plataformas de software, además de la implementación de protocolos y prácticas que aseguren la compatibilidad y la correcta interpretación de los datos entre los sistemas involucrados. A continuación, se adjunta un cuadro donde se muestra la comunicación que tiene CYPECAD con diferentes softwares comúnmente utilizados al momento de realizar un proyecto de construcción.

Tabla 43.

Interoperabilidad de CYPECAD

Interoperabilidad	
Revit	X
AutoCAD	X
Archicad	X
Tekla Structures	X
Bentley AECOSim	X
Vectorworks Architect	X
Sketchup	X
Rhino+Grasshopper	X
Allplan	X

Nota: Elaboración propia

3.1.2.2. Exactitud

La precisión de los resultados está relacionada con la magnitud y la escala del modelo que se está trabajando, así como de los métodos de análisis utilizados. En algunos casos, es posible que los resultados se redondeen o presenten alguna pérdida de precisión debido a las limitaciones de presentación numéricas de los softwares en cuestión. Teniendo en cuenta lo expuesto líneas arriba y considerando una igualdad de criterios en el análisis estructural adjuntamos una tabla de la precisión que maneja el software CYPECAD al momento de realizar un análisis estructural.

Tabla 44.

Exactitud de CYPECAD

Exactitud	
Software CYPECAD	Decimales
	2

Nota: Elaboración propia

3.1.2.3. Tiempo

El tiempo necesario para realizar un cálculo estructural puede variar significativamente y depende de varios factores, como la complejidad de la estructura, el software utilizado, la experiencia del ingeniero estructural y la disponibilidad de recursos, a continuación, se adjunta una tabla con los tiempos necesarios para poder desarrollar el proyecto en estudio con el software CYPECAD.

Tabla 45.

Tiempo de CYPECAD

Tiempo	
Definición de modelo	3.0h
Aplicación de cargas	0.6h
Definición de método de análisis	0.6h
Resolución de modelo	0.24h
Vibración y optimización del diseño	1.8h
Documentación de resultados	0.75h

Tiempo total en horas

6.99h

Nota: Elaboración propia

3.1.2.4. Entendimiento

Tabla 46.

Entendimiento de CYPECAD

Entendimiento	
Software CYPECAD	Decimales 6.5

Nota: Elaboración propia

3.1.2.5. Fiabilidad

Es la capacidad del programa para producir resultados precisos, consistentes y confiables en el análisis y diseño de estructuras. Un programa estructural confiable es aquel que ha sido probado y validado en términos de precisión y exactitud en sus cálculos y resultados. La fiabilidad implica que el software ha sido sometido a rigurosas pruebas y verificaciones para asegurar que los resultados obtenidos sean consistentes y coincidan con los principios y teorías de la ingeniería estructural. Para medir esta propiedad adjuntamos la licencia del dos programa en cuestión para corroborar la fiabilidad de nuestro modelo de estudio

3.1.2.6. Amplitud

Es la capacidad de representar y manejar una amplia gama de elementos y aspectos relacionados con el diseño del proyecto. La amplitud de un software de diseño implica que el programa pueda abarcar diferentes disciplinas y componentes del proyecto, como la arquitectura, ingeniería estructural, sistemas mecánicos, eléctricos entre otros. Esto permite a los diseñadores trabajar en diferentes aspectos del proyecto de manera integrada y coordinada

Tabla 47.

Amplitud de CYPECAD

	Amplitud	
Arquitectura		X
Estructuras		X
Instalaciones sanitarias		X
Instalaciones eléctricas		X

Nota: Elaboración propia

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Determinar el análisis estático del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022.

Tabla 48.

Resultados del análisis de configuración estructural y diseño sísmico con ETABS

Estudios geotécnicos	Subsuelo heterogéneo	SUCS: GP - GC	AASHTO: A-2-6 a A-2-4			
Diseño de arquitectura y estructuras	Losa de cimentación: t = 0.60m	Vigas de cimentación: 0.60x1.00m	Columnas L: 0.40x1.30m	Columnas T: 0.40x1.20m	Placas e = 0.30m	Vigas peraltadas: 0.30x0.60m
Espectros	Aceleración 1.210 m/s ²					
Parámetros sísmicos	Z	U	S	R	Tp	Tl
Geotecnia	S2	1.3	1.2	8	0.6	2.0
Ubicación	Z = 2					

Nota: Elaboración propia

Tabla 49.

Resultados del análisis de configuración estructural y diseño sísmico con CYPECAD

Estudios geotécnicos	Subsuelo heterogéneo	SUCS: GP - GC	AASHTO: A-2-6 a A-2-4			
Diseño de arquitectura y	Losa de cimentación: t = 0.60m	Vigas de cimentación: 0.60x1.00m	Columnas L: 0.40x1.30m	Columnas T: 0.40x1.20m	Placas e = 0.30m	Vigas peraltadas: 0.30x0.60m

estructuras						
Espectros	Aceleración 1.210 m/s ²					
Parámetros sísmicos	Z 0.25	U 1.3	S 1.2	R 8	Tp 0.6	T1 2.0
Geotecnia	S2					
Ubicación	Z = 2					

Nota: Elaboración propia

Interpretación:

En la tabla 48 y 49 se puede apreciar que para ambos softwares de análisis se posee la misma estructura y arquitectura, ya que ambos softwares requieren de todos estos datos base para su procesamiento y modelamiento, tales son el caso de los parámetros sísmicos, los estudios geotécnicos y la ubicación del proyecto; no obstante, la aceleración del espectro sísmico no varía, siendo en el caso del ETABS 1.210 m/s² y en el caso del CYPECAD 1.210 m/s²

4.1.2. Determinar el análisis dinámico del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022.

Tabla 50.

Resultados del análisis de derivas

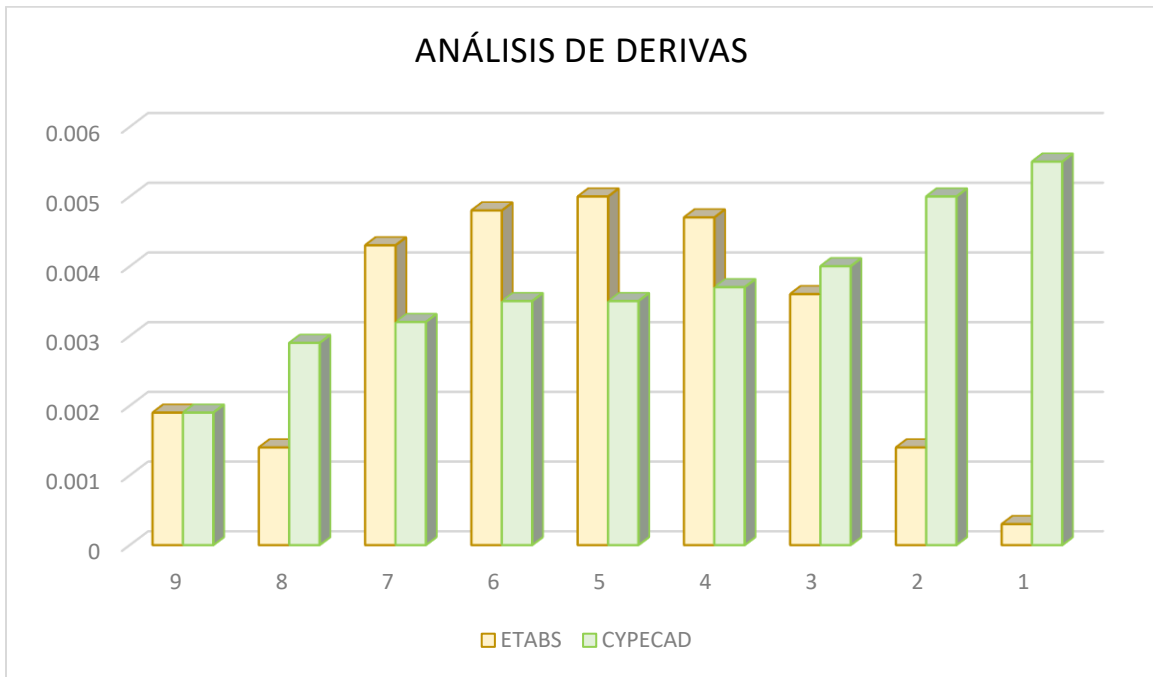
Level	Derivas			
	ETABS		CYPECAD	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
9	0.0019	0.0021	0.0019	0.0067
8	0.0014	0.0044	0.0029	0.0070
7	0.0043	0.0040	0.0032	0.0072
6	0.0048	0.0044	0.0035	0.0072
5	0.0050	0.0046	0.0035	0.0072

4	0.0047	0.0043	0.0037	0.0072
3	0.0036	0.0032	0.0040	0.0071
2	0.0014	0.0010	0.0050	0.0071
1	0.0003	0.0002	0.0055	0.0075

Nota: Elaboración propia

Figura 38.

Resultados del análisis de derivas



Nota: Elaboración propia

Tabla 51.

Resultados del análisis de desplazamientos

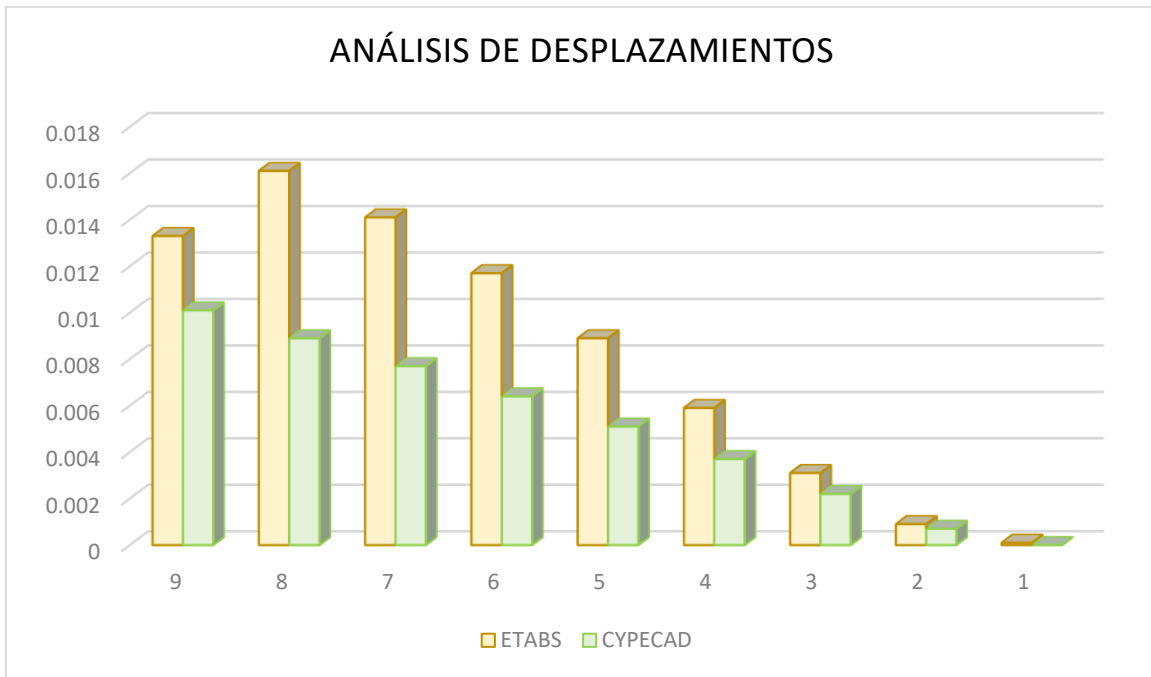
Level	Desplazamientos			
	ETABS		CYPECAD	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
9	0.0133	0.0174	0.0101	0.0153
8	0.0161	0.0155	0.0089	0.0131
7	0.0141	0.0134	0.0077	0.0110
6	0.0117	0.011	0.0064	0.0089
5	0.0089	0.0083	0.0051	0.0069

4	0.0059	0.0054	0.0037	0.0048
3	0.0031	0.0027	0.0022	0.0027
2	0.0009	0.0007	0.0007	0.0009
1	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000

Nota: Elaboración propia

Figura 39.

Resultados del análisis de desplazamientos



Nota: Elaboración propia

Tabla 52.

Resultados Masa por nivel y de cortantes

Level	Masa por piso	
	ETABS	CYPECAD
9	1814.40	1807.3
8	6189.18	6173.16
7	11132.11	11135.15

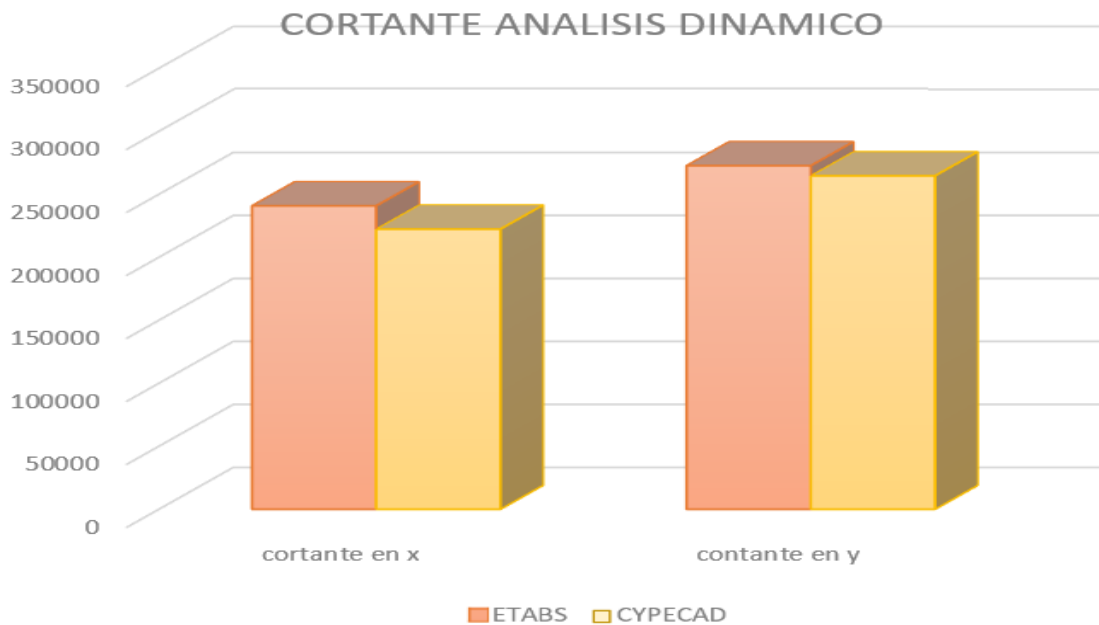
6	11145.23	11144.36
5	11145.23	11144.36
4	11145.23	11144.36
3	11147.55	11144.36
2	10412.18	10412.55
1	13505.87	13500.57

Cortante mínima				
	ETABS		CYPECAD	
	Dinámica	Estática	Dinámica	Estática
Vx	240820.82	453481.17	222323.00	411610.00
Vy	2726683.35	453481.17	264644.00	411610.00

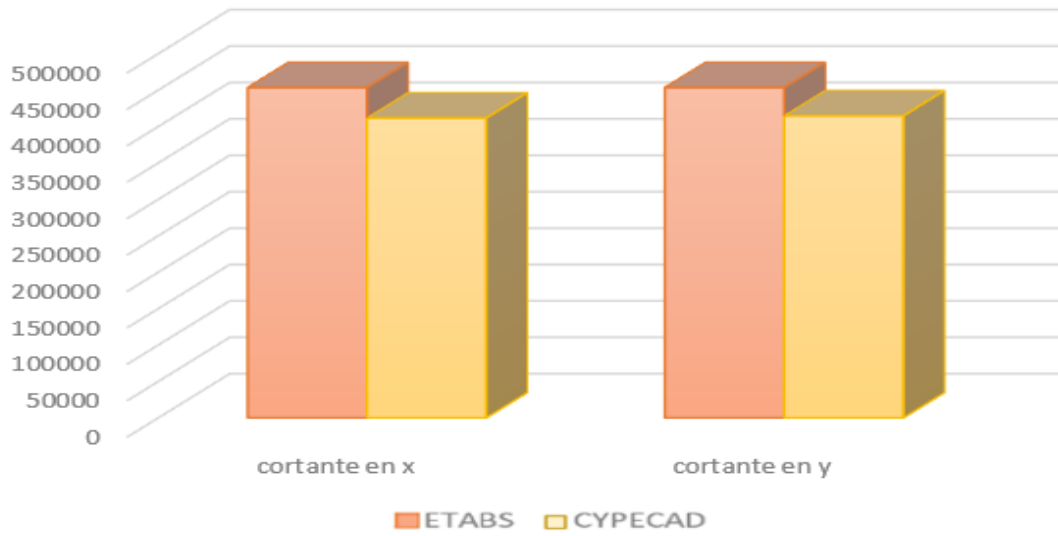
Nota: Elaboración propia

Figura 40.

Resultados del análisis de cortantes



CORTANTE ANALISIS ESTATICO



Nota: Elaboración propia

Tabla 53.

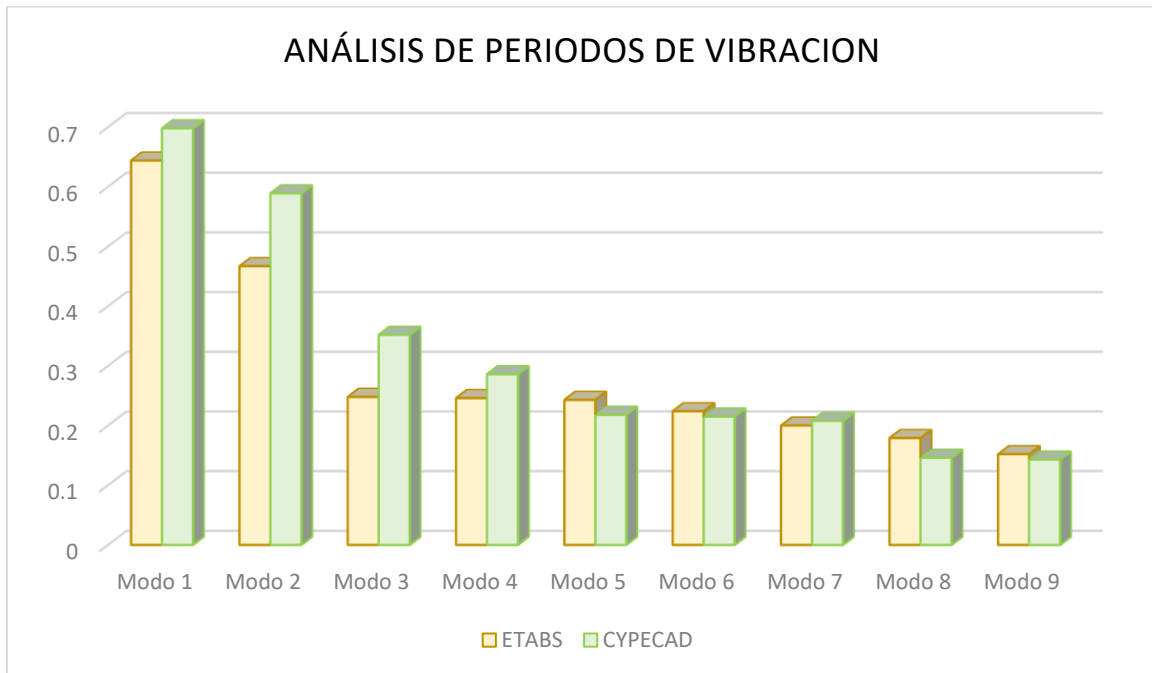
Resultado del análisis de vibración

Periodo de Vibración		
	ETABS	CYPECAD
1	0.644	0.698
2	0.467	0.589
3	0.248	0.352
4	0.246	0.286
5	0.243	0.218
6	0.224	0.215
7	0.200	0.208
8	0.179	0.146
9	0.152	0.143

Nota: Elaboración propia

Figura 41.

Resultado del análisis de vibración



Nota: Elaboración propia

Interpretación:

Las derivas tienen que ser inferiores a 0.007, lo cual cumple con cada uno de los softwares, siendo la máxima deriva para el caso del ETABS de 0.0050 y en el caso del CYPECAD 0.0055, por otro lado se observa que el análisis de derivas depende de cada elemento estructural y no estructural, así como también del nivel o piso de la edificación, los desplazamientos se pueden apreciar también por niveles, siendo en este caso la más representativa la del penúltimo nivel con 0.0161m de desplazamiento en el caso del ETABS y de 0.0089 en el caso del CYPECAD, con una diferencia considerable de 44.72%, por otro lado, el resto de desplazamientos difieren en un porcentaje menor al mencionado. La fuerza cortante dinámica mínima es de 240820.82N en el caso del ETABS, mientras que para el CYPECAD es de 222323.00N, con lo cual se puede apreciar que el ETABS

brinda valores más conservadores, en cuanto a la diferencia se observa un 76.81% de dispersión. Por último, la vibración fue analizada en función a los periodos de vibración considerando 9 modos en cada caso para su comparación, siendo el segundo modo de vibración el que presenta la mayor variación y dispersión de datos, para el ETABS es de 0.467s de periodo y 0.589s de periodo para CYPECAD, haciendo así una variación máxima de 26.12%. Con todo lo analizado se observa que ETABS presenta valores más conservadores en cuanto a la consideración del análisis sísmico.

4.1.3. Determinar el modo espectral del comportamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 pisos de concreto armado utilizando ETBAS y CYPECAD, Abancay 2022.

Tabla 54.

Resultados de la interoperabilidad

	Interoperabilidad	
	ETABS	CYPECAD
Revit	X	X
AutoCAD	X	X
Archicad	X	X
Tekla Structures	X	X
Bentley AECOSim	X	X
Vectorworks Architect	X	X
Sketchup	X	X
Rhino+Grasshopper	X	X
Allplan	X	X

Nota: Elaboración propia

Tabla 55.

Resultados de la exactitud

Exactitud		
	ETABS	CYPECAD
Decimales	5	2

Nota: Elaboración propia

Tabla 56.

Resultados del Tiempo

Tiempo		
	ETABS	CYPECAD
Definición de modelo	2.25h	3.0h
Aplicación de cargas	0.6h	0.6h
Definición de método de análisis	0.9h	0.6h
Resolución de modelo	0.3h	0.24h
Vibración y optimización del diseño	2.3h	1.8h
Documentación de resultados	1.5h	0.75h
Tiempo total en horas	7.85h	6.99h

Nota: Elaboración propia

Tabla 57.

Resultados del entendimiento

Entendimiento		
	ETABS	CYPECAD
Decimales	8	6.5

Nota: Elaboración propia

Tabla 58.

Resultados de la Amplitud

	Amplitud	
	ETABS	CYPECAD
Arquitectura		X
Estructuras	X	X
Instalaciones sanitarias		X
Instalaciones eléctricas		X

Nota: Elaboración propia

Interpretación:

Ambos software no brinda la misma interoperabilidad, teniendo un alcance de 9 softwares con los cuales son compatibles e interoperables, en el caso de la exactitud el ETABS nos ofrece una exactitud al cienmilésimo, mientras que el CYPECAD solo hasta los décimos; el tiempo en el cual realiza todos los procesos y análisis de cada software depende de factores externos, siendo en este caso de análisis considerando el mismo rendimiento a nivel de introducción de datos y haciendo uso de un mismo ordenador capaz de soportarlo se obtiene que el ETABS lo procesa en 7.85 horas, mientras que el CYPECAD lo procesa en 6.99 horas, siendo este el que nos brinda una menor tiempo de procesamiento. El entendimiento se encuentra puntuado como 8 para el ETABS y 6.5 para el CYPECAD, ya que el ETABS al ser un software de uso más general por diversos especialistas, es más fácil de aprender a manipularlo e interpretar dichos datos. Por último, la amplitud del ETABS abraza solo la parte estructural, mientras que el CYPECAD puede llegar a procesar las 4 especialidades.

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. *Discusión 01*

La investigación “Modelamiento y análisis estructural del hospital challhuahuacho, bloque “A” mediante el software CYPECAD” tiene como **objetivo** llevar a cabo el análisis y diseño estructural de un hospital utilizando el software CYPECAD. La **metodología** utilizada es cuantitativa, con nivel de investigación descriptivo. La **población** utilizada es el bloque A del hospital Challhuahuacho . El **resultado** de los Factores de Reducción del análisis y diseño estructural utilizando el software CYPERCAD es de $R_{xx}=R_{yy}=8$, a diferencia del dato en el expediente técnico (Etabs) $R_{xx}=R_{yy}=6$. La **conclusión** a la que se llegó es que el software CYPECAD nos brinda más combinaciones que el software Etabs y además considera más aspectos.

En los resultados de la presente investigación ambos softwares de análisis poseen la misma estructura y arquitectura, ya que ambos softwares requieren los mismos datos base para su procesamiento y modelamiento, tales son el caso de los parámetros sísmicos, los estudios geotécnicos y la ubicación del proyecto; no obstante, la aceleración del espectro sísmico no varía, siendo en el caso del ETABS 1.210 m/s^2 y en el caso del CYPECAD 1.210 m/s^2 .

4.2.2. *Discusión 02*

La investigación “Evaluación de derivas para determinar el análisis sísmico de un edificio dual en el Jr. Progreso, Abancay-2020” tiene como **objetivo** comparar diversos métodos de diseño de estructuras al utilizar la evaluación de derivas con el diseño obtenido utilizando el software CYPECAD. La **metodología** utilizada es cuantitativa, aplicada, con nivel descriptivo y diseño metodológico experimental. La **población** utilizada es un edificio dual conformado por algunos lotes en el Jr. Progreso. El **resultado** de la investigación fue que la evaluación de derivas si influye demasiado en el diseño sismorresistente, ya que varía demasiado la magnitud de distorsión

estructural. La **conclusión** a la que se llegó es que el análisis sismorresistente debe incluir la relación suelo estructura para poder lograr un modelamiento y simulación lo más cercana a la realidad en CYPECAD.

En la presente investigación las derivas cumplen con cada uno de los softwares, siendo la máxima deriva para el caso del ETABS de 0.0050 y en el caso del CYPECAD 0.055, por otro lado se observa que el análisis de derivas depende de cada elemento estructural y no estructural, así como también del nivel o piso de la edificación, los desplazamientos se pueden apreciar también por niveles, siendo en este caso la más representativa la del penúltimo nivel con 0.0161m de desplazamiento en el caso del ETABS y de 0.0089 en el caso del CYPECAD, con una diferencia considerable de 44.72%, por otro lado, el resto de desplazamientos difieren en un porcentaje menor al mencionado. La fuerza cortante dinámica mínima es de 240820.82N en el caso del ETABS, mientras que para el CYPECAD es de 222323.00N, con lo cual se puede apreciar que el ETABS brinda valores mas conservadores, en cuanto a la diferencia se observa un 76.81% de dispersión. Por último, la vibración fue analizada en función a los periodos de vibración considerando 9 modos en cada caso para su comparación, siendo el segundo modo de vibración el que presenta la mayor variación y dispersión de datos, para el ETABS es de 0.467s de periodo y 0.589s de periodo para el CYPECAD, haciendo así una variación máxima de 26.12%. Con todo lo analizado se observa que el ETABS presenta valores más conservadores en cuanto a la consideración del análisis sísmico.

4.2.3. *Discusión 03*

En la investigación “Análisis comparativo del diseño estructural de un edificio de concreto armado de 4 niveles en Carapongo, Chosica, Lima, utilizando el método clásico junto con los programas ETABS y CYPECAD”, represento un estudio integral para evaluar la eficacia y la precisión de diferentes enfoques en el diseño de estructuras.

El objetivo principal de este estudio fue comparar y contrastar los resultados obtenidos a través del método clásico de diseño estructural con los resultados generados por los programas computacionales ETABS y CYPECAD. Se busco evaluar la coherencia, precisión y eficiencia de cada enfoque en la generación de modelos y análisis estructurales para un edificio de concreto armado de 4 niveles.

La metodología implico la creación de modelos detallados utilizando los tres enfoques, seguidos por análisis de carga estática y dinámica, considerando las características específicas del terreno, la geometría del edificio y los materiales utilizados. Se compararon y contrastaron los resultados en términos de capacidad de carga, comportamiento estructural ante cargas sísmicas, rigidez y deformaciones, entre otros aspectos relevantes.

Los resultados de este estudio proporcionaron información valiosa sobre las diferencias y similitudes entre el método clásico y el uso de software especializado como ETABS y CYPECAD en el diseño estructural de edificaciones de concreto armado en zonas sísmicas como Carapongo. Estos resultados contribuyeron a mejorar la comprensión de las herramientas de diseño disponibles y su aplicabilidad en contextos específicos, así como a promover la seguridad y la resistencia de las construcciones ante eventos sísmicos.

La presente investigación demuestra que ambas herramientass no brindan la misma interoperabilidad, teniendo un alcance de 9 softwares con los cuales son compatibles e

interoperables, en el caso de la exactitud el ETABS nos ofrece una exactitud al cienmilésimo, mientras que el CYPECAD solo hasta los décimos; el tiempo en el cual realiza todos los procesos y análisis de cada software depende de factores externos, siendo en este caso de análisis considerando el mismo rendimiento a nivel de introducción de datos y haciendo uso de un mismo ordenador capaz de soportarlo se obtiene que el ETABS lo procesa en 7.85 horas, mientras que el CYPECAD lo procesa en 6.99 horas, siendo este el que nos brinda una menor tiempo de procesamiento. El entendimiento se encuentra puntuado como 8 para el ETABS y 6.5 para el CYPECAD, ya que el ETABS al ser un software de uso más general por diversos especialistas, es más fácil de aprender a manipularlo e interpretar dichos datos. Por último, la amplitud del ETABS abraza solo la parte estructural, mientras que el CYPECAD puede llegar a procesar las 4 especialidades.

CONCLUSIONES

- Se concluye que para ambos softwares de análisis se posee la misma estructura y arquitectura, ya que ambos softwares requieren de todos estos datos base para su procesamiento y modelamiento, tales son el caso de los parámetros sísmicos, los estudios geotécnicos y la ubicación del proyecto, la aceleración del espectro sísmico no varía, siendo en el caso del ETABS 1.210 m/s^2 y en el caso del CYPECAD 1.210 m/s^2 .
- ETABS presentó valores más conservadores en términos de derivas estructurales, desplazamientos, fuerza cortante dinámica y periodos de vibración en comparación con CYPECAD. Estas diferencias resaltan la importancia de evaluar cuidadosamente los resultados y seleccionar el software apropiado según los objetivos del proyecto y los criterios de diseño específicos. Las derivas tienen que ser inferiores a 0.007, lo cual cumple con cada uno de los softwares, siendo la máxima deriva para el caso del ETABS de 0.0050 y en el caso del CYPECAD 0.055, por otro lado se observa que el análisis de derivas depende de cada elemento estructural y no estructural, así como también del nivel o piso de la edificación, los desplazamientos se pueden apreciar también por niveles, siendo en este caso la más representativa la del penúltimo nivel con 0.0161m de desplazamiento en el caso del ETABS y de 0.0089 en el caso del CYPECAD, con una diferencia considerable de 44.72%, por otro lado, el resto de desplazamientos difieren en un porcentaje menor al mencionado. La fuerza cortante dinámica mínima es de 240820.82N en el caso del ETABS, mientras que para el CYPECAD es de 222323.00N, con lo cual se puede apreciar que el ETABS brinda valores mas conservadores, en cuanto a la diferencia se observa un 76.81% de dispersión. Por último, la vibración fue analizada en función a los periodos de vibración considerando 9 modos

en cada caso para su comparación, siendo el segundo modo de vibración el que presenta la mayor variación y dispersión de datos, para el ETABS es de 0.467s de periodo y 0.589s de periodo para el CYPECAD, haciendo así una variación máxima de 26.12%. Con todo lo analizado se observa que el ETABS presenta valores más conservadores en cuanto a la consideración del análisis sísmico.

- Ambos softwares nos brindan la misma interoperabilidad, teniendo un alcance de 9 softwares con los cuales son compatibles e interoperables, en el caso de la exactitud el ETABS nos ofrece una exactitud al cienmilésimo, mientras que el CYPECAD solo hasta los décimos; el tiempo en el cual realiza todos los procesos y análisis de cada software depende de factores externos, siendo en este caso de análisis considerando el mismo rendimiento a nivel de introducción de datos y haciendo uso de un mismo ordenador capaz de soportarlo se obtiene que el ETABS lo procesa en 7.85 horas, mientras que el CYPECAD lo procesa en 6.99 horas, siendo este el que nos brinda una menor tiempo de procesamiento. El entendimiento se encuentra puntuado como 8 para el ETABS y 6.5 horas para el CYPECAD, ya que el ETABS al ser un software de uso más general por diversos especialistas, es más fácil de aprender a manipularlo e interpretar dichos datos. Por último, la amplitud del ETABS abarca solo la parte estructural, mientras que el CYPECAD puede llegar a procesar las 4 especialidades.

RECOMENDACIONES

- Considerar la naturaleza del proyecto y los requisitos específicos: Al evaluar los resultados que muestran las diferencias entre ETABS y CYPECAD en términos de interoperabilidad, exactitud, tiempo de procesamiento, entendimiento y amplitud de especialidades, se recomienda tener en cuenta la naturaleza del proyecto y los requisitos específicos. Es importante determinar qué aspectos son prioritarios para la investigación o el diseño, como la precisión de los resultados, la eficiencia en el tiempo de procesamiento o la capacidad de abordar múltiples disciplinas. Esta evaluación permitirá seleccionar el software más adecuado según las necesidades del proyecto.
- Valorar la facilidad de uso y el aprendizaje: Considerando los puntajes asignados al entendimiento y la facilidad de uso de los softwares, se recomienda tener en cuenta este aspecto al tomar una decisión. ETABS obtuvo una puntuación más alta, lo cual indica que puede ser más fácil de aprender y utilizar para una variedad de especialistas. Si se valora la accesibilidad y se busca minimizar el tiempo de aprendizaje, se sugiere priorizar ETABS como opción preferente.
- Evaluar la importancia de la interoperabilidad y la amplitud de especialidades: Si el proyecto requiere la integración con otros softwares o involucra múltiples disciplinas, es crucial considerar la interoperabilidad y la amplitud de especialidades de los softwares evaluados. CYPECAD demostró una mayor capacidad para abordar las cuatro especialidades, lo cual puede ser beneficioso en proyectos que involucren análisis y diseño multidisciplinarios. Asimismo, si la interoperabilidad con otros softwares es un requisito esencial en el flujo de trabajo, se sugiere tener en cuenta las opciones compatibles ofrecidas por cada software.

BIBLIOGRAFIA

- A., L. C., P., R. M., & T*, E. G. (2018). Riesgo por deslizamiento en el sector de “Mal Paso”, Tumbes, Perú. *Manglar*.
- Abanto Flores, P. J., & Akarley Poma, L. M. (2014). *Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo-cemento en la ciudad de Trujillo*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/684>
- Acosta, B. (2 de JUNIO de 2021). *ECOLOGIA VERDE*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/plantas-herbaceas-caracteristicas-y-ejemplos-1950.html>
- Aguilar Alberca, E. D., & Quezada Zambrano, R. A. (2017). *Caracterización física y mecánica del adobe en el Cantón Cuenca*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28143>
- Alberti Arroyo, J. R., Canales Bernal, R. E., & Elizabeth Sandoval, B. H. (2006). *TECNICAS DE MITIGACIÓN PARA EL CONTROL DE DESLIZAMIENTO EN TALUDES Y SU APLICACION A UN CASO ESPECIFICO*.
- Allende, T. (2020). *EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS NATURALES Y VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA CIUDAD DE ABANCAY*.
- Arias Odón, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica* (6ta ed.). Caracas, Venezuela: EPISTEME, C.A.
- Arotuma Nieto, I. J., & Pumayauri Palomino, J. J. (2022). *Analisis comparativo del diseno sismorresistente empleandolos softwares Etabs y Sap 2000 en una edificacion de concreto armado Ica 2022*. Ica.

- Barrantes Vega, W. A. (2013). Efecto de la concentración de sólidos solubles de Aguamiel de cabuya (*Furcraea andina*) en las características sensoriales de una bebida destilada tipo tequila blanco. *Cientifi-k*, 1(1), 47-61. doi:<https://doi.org/10.18050/cientifi-k.v1i1>
- Benites Zapata, V. B. (2017). *Adobe estabilizado con extracto de cabuya (Furcraea andina)*. Piura, Perú: Universidad de Piura. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/2993>
- Blondet, M., Vargas, J., Torrealva, D., & Rubiños, Á. (2010). *Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas de viviendas de bajo costo saludables y seguras*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1053012/Manual-Construcci%C3%B3n-Adobe-reforzado-con-mallas.pdf.pdf>
- Braja, M. D. (2019). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4ta ed.). Chile: Cengage Learning.
- Castillo Callirgos Mari Roxana, C. F. (2021). *Herramientas informáticas para el diseño estructural*. Lima.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres del Perú. (2020). Obtenido de <https://www.cenepred.gob.pe>
- Cervantes Meneses, L. G., & Cuya Inga, S. (2015). *Elaboración de miel del cabuya y estudio de prefactibilidad de una planta en el distrito de Huanca, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- ComexPerú. (11 de septiembre de 2020). PERÚ A LA ZAGA EN INFRAESTRUCTRA DE TRANSPORTE ENTRE PAÍSES DE LA ALIANZA DEL PACÍFICO.
- Coppin. (1990).
- Cotrina Mendoza, A., Limay Silva, W., & López Alejandría, D. (2014). Comparación de la resistencia a la compresión de unidades de adobe sin paja con unidades de adobe con paja

en Cruz Blanca - Cajamarca. *Revista Electrónica de la Facultad de Ingeniería*, 2(2), 1-15.

Obtenido de <https://revistas.upn.edu.pe/refi/article/view/33>

De la Cruz Molina, R. F., & Guerrero Chupayo, L. C. (2012). *Técnicas de protección en contrucciones de adobe con utilización de materiales propios de la zona, ante la exposición de lluvias, en el distrito de Lircay*. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavalica. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/223>

Duarte Bonilla, C. E., Martinez Chavarria, M. E., & Santamaria Diaz, J. j. (2017). *Analisis estatico no lineal (pushover) del cuerpo central del edificio de la fascultad de medicina de la universidad de El Salvador*. San Salvador.

E030, N. T. (2019). *Diseno Sismorresistente*.

ESTRADA REYES, S. S. (2020). *ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL CON LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE ETABS RESPECTO AL MÉTODO TRADICIONAL DE UN EDIFICIO DE CINCO PISOS CON SEMISÓTANO UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN MARTÍN DE PORRES – LIMA*. LIMA.

Estrella Charcopa, S. A. (2016). *Estudio de un material compuesto a base de fibras naturales de cabuya para mejorar las propiedades mecánicas de elementos de concreto reforzado*. Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3072>

Flores, A. A. (2022). *Comparación del diseño sismorresistente en pórticos utilizando CYPECAD y ETABS*. *Structural Engineering International*.

Flores, A. G. (2022). *dentificación de la variación en los diseños estructurales utilizando CYPECAD y ETABS frente al método convencional en pórticos de concreto armadoñ*.

- Florez Leon, F., & Limpe Zevallos, Y. (2019). *Influencia de la fibra de maguey (furcraea andina) en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional, Cusco-2018*. Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco.
- Freddy, L. d., & Odeleid, C. A. (2021). *Estudio comparativo del comportamiento sísmico de un edificio de oficinas de 20 pisos en el distrito de San Isidro con el incremento de la resistencia mecánica del concreto (21MPa, 35MPa y 55MPa) mediante el análisis estático no lineal y de desempeño sísm.* Lima.
- Galarza Viera, J. L. (2020). *Fábrica de tierra estabilizada con adición de fibra del bagazo de caña aplicado a viviendas rurales*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Gallardo Echenique, E. E. (2017). *Metodología de la Investigación: manual autoinformativo interactivo*. Huancayo, Perú: Universidad Continental. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/4278>
- Garnica, & Pérez. (2008). *Metodología para la gestión de cortes carreteros*. Guadalajara - Mexico.
- Giada, G., Caponetto, R., & Nocera, F. (2019). Hygrothermal Properties of Raw Earth Materials: A Literature Review. *Sustainability*, 11(19), 21. doi:<https://doi.org/10.3390/su11195342>
- Giraldo Agudelo, M. C., & Juanita, V. G. (2017). *Evaluación de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones indispensables en el sector tres de Santa Rosa de Cabal*. Pereira-Risaralda.
- Giraldo, A. P. (2017). *repositorio UNAL*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). Ciudad de México, México: McGrawHill. Obtenido de <http://www.digitalrepositorio.com/items/show/2>

Instituto Geofísico del Perú. (2019). Obtenido de https://www.igp.gob.pe/archivos/publicacion/reporte_2019.pdf

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (2020). *Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en Alto Qosqo. Región Cusco, provincia Cusco, distrito San Sebastián.* Cusco, Perú: INGEMMET. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2797>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Cusco. Resultados definitivos de los censos nacionales 2017. Tomo XII.* Lima, Perú: INEI. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1559/08TOMO_12.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Perfil Sociodemográfico del Perú.* Lima, Perú: INEI. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Resultados definitivos de los censos nacionales 2017. Tomo I.* Lima, Perú: INEI. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/00TOMO_01.pdf

Instituto Nacional de Normalización. (1983). *Hormigón. Ensayo de tracción por flexión.* Santiago, Chile: INN. Obtenido de <https://tecnohorm.weebly.com/uploads/9/6/2/7/9627075/nch1038-1977.pdf>

López Daza, X., & Torbisco Ascue, D. B. (2020). *Aprovechamiento de la fibra de cabuya para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la mezcla tradicional de adobe en una*

- unidad de albañilería en el distrito de Abancay, departamento de Apurímac*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/654799>
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CienciAmérica*, 3(1), 47-50.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). *Edificaciones antisísmicas de adobe*. Obtenido de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manuales_guias/MANUAL%20ADOBE.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). *Norma E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376
- Montenegro Echevarría, M. S. (2019). *Caracterización del adobe reforzado con fibras naturales y artificiales para la recuperación de construcciones tradicionales en la Comunidad de Zuleta*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17674>
- More Silupu, J. A. (2019). *Evaluación de las propiedades del adobe ante la exposición prolongada de agua por inundación en el centro poblado Pozo de los Ramos-Cura Mori-Piura, 2017*.

- Piura, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35512>
- MUÑOZ, R. A. (marzo de 2014). Obtenido de http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/707/1/Troncoso_munoz_Rodolfo_Anibal_Antonio.pdf
- Norma Técnica Peruana 339.134. (1999). *Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)*. Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/21097339134-sucs-3-pdf-free.html>
- Norma Técnica Peruana 399.613. (2017). *Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/ntp-399-613-pdf-5-pdf-free.html>
- Norma Técnica Peruana 400.012. (2001). *Agregados. Análisis granulométrico del agregado*. Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de <https://pdfcookie.com/documents/ntp-400012-granulometria-eg27wgz9d0l0>
- Norma Técnica Peruana 400.018. (2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado en agregados*. Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de https://kupdf.net/download/ntp-400018-materiales-que-pasan-la-malla-200_5d2f8c64e2b6f50a5b661891_pdf
- Nureña Zavaleta, J. F. (2017). *Influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos sobre la resistencia y durabilidad de un adobe constructivo, Trujillo*. Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/11168>

- Ocon Infante, J. (2013). *Influencia del índice plástico en el contenido óptimo de humedad en suelos arcillosos*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/688>
- Pedraza Teves, B. L. (2021). *Evaluación del comportamiento físico mecánico de adobes artesanales con adición de hojas de palmera, Cusco 2021*. Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/66176>
- Perez Martinez, L. A. (2019). *Análisis Comparativo del Diseño Estructural de un Edificio de Concreto Armado de 4 Niveles, por Método Clásico y los Programas Etabs y Cypecad, Carapongo Chosica, Lima 2019*. Lima.
- Polanco, P. (2019). . *Demostración de la aplicabilidad de la metodología BIM utilizando CYPECAD y ArchiCAD en Villa Clara. Journal of Building Information Modeling*.
- Puma, M. (2019). *repositorio UNAP*.
- Quintana Choqueluque, D. L., & Vera Salazar, M. O. (2017). *Evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50% 75% y 100%*. Cusco, Perú: Universidad Andina del Cusco. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12557/1212>
- Romero Coyago, J. A. (2021). *Determinación de la resistencia a compresión de ladrillos macizos fabricados con diferentes tipos de arcilla del Cantón Pastaza y su comparación con el ladrillo común*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica Ambato.
- Saavedra Larreategui, J. C. (2017). *Diseno con CYPECAD para la gestion de estrategica de proyectos en edificaciones*. Chiclayo.
- Salinas Valdéz, E. J. (2017). *Vivienda económica en adobe de 02 pisos*. Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1939>

- Saroza, B., Rodríguez, M. A., Menéndez, J. M., & Barroso, I. J. (2008). Estudio de la resistencia a compresión simple del adobe elaborado con suelos procedentes de Crescencio Valdés, Villa Clara, Cuba. *Informes de la Construcción*, 60(511), 41-47. doi:<https://doi.org/10.3989/ic.2008.v60.i511.745>
- Shiva, R. K. (2019). *Comparación del desplazamiento del piso al modelar una estructura de 7 pisos usando CYPECAD y ETABS. International Journal of Structural Engineering.*
- Sucllar, E., & Paucara, J. (2018). Aplicaciones en el uso del “maguey” (*Agave americana* L) y la “cabuya” (*Furcraea occidentalis* T) desde el horizonte tardío (inca): un continuo relacional enmarcado a partir del enfoque etnobotánico e histórico. *Ciencia y Desarrollo*, 21(1), 57-68. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/8e64/b6e61c3660845f17e45712a73266e6cd295c.pdf>
- Villacorta, S. (2013). *INFORME TÉCNICO A6624.*
- Vyncke, J., Kupers, L., & Denies, N. (2018). Earth as Building Material – an overview of RILEM activities and recent Innovations in Geotechnics. *MATEC Web of Conferences*, 149(02001), 7. doi:<https://doi.org/10.1051/mateconf/201814902001>
- Zeas Solórzano, V. J., & Benalcázar Soto, M. G. (2021). *Mejoramiento de bloques de adobe con fibras de cabuya y aceite de linaza.* Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/37366>

