

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“VARIACIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL AL CONSIDERAR EL
EFECTO DE LA CONSTRUCCIÓN POR ETAPAS EN UN EDIFICIO
MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES”**

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

PRESENTADO POR:

Bach. VICTOR MANUEL TACILLA ROJAS

ASESOR:

Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

CAJAMARCA-PERÚ

2022

AGRADECIMIENTO

A los Docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil por los conocimientos impartidos, al Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno por su asesoramiento en la presente tesis y a mi familia por su apoyo durante estos años.

DEDICATORIA

A Dios y a mi familia por el apoyo incondicional durante toda mi vida.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Hipótesis	2
1.4. Justificación de la investigación	2
1.5. Alcances	3
1.6. Delimitación.....	3
1.7. Objetivos	4
1.7.1. Objetivo general	4
1.7.2. Objetivos específicos	4
1.8. Organización de la tesis	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación	6
2.1.1. Ámbito internacional.....	6
2.1.2. Ámbito nacional.....	7
2.2. Bases teóricas.....	8

2.2.1. Cargas dinámicas.	8
2.2.2. Fenómeno sísmico.....	9
2.2.3. Acelerogramas y espectros de respuesta.	10
2.2.4. Sismos de análisis.	18
2.2.5. Movimiento vibratorio en estructuras.	20
2.2.6. Evaluación numérica de la respuesta dinámica.....	23
2.2.7. Análisis no lineal.....	26
2.2.8. Método por etapas de construcción.....	43
2.2.9. Balance energético en estructuras.	45
2.3. Definición de términos básicos	46
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	48
3.1. Ubicación geográfica	48
3.2. Época de investigación	48
3.3. Procedimiento	48
3.3.1. Descripción de la edificación en estudio.....	48
3.3.2. Estimación de la respuesta estructural.	49
3.4. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.....	64
3.4.1. Tipo de investigación.	64
3.4.2. Tipo de análisis.	64
3.4.3. Recolección de datos.....	65
3.4.4. Procesamiento de datos.....	65
3.4.5. Análisis de datos y presentación de resultados.	65
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	96
4.1. Respuesta estructural	96
4.2. Fuerzas de Diseño de elementos estructurales.....	97
4.2.1. Momento en vigas.	97

4.2.2. Momento en columnas	98
4.3. Deformaciones en elementos estructurales	99
4.4. Distorsiones de entrepiso	99
4.5. Contrastación de la Hipótesis.....	100
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
5.1. Conclusiones.....	101
5.2. Recomendaciones	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
ANEXOS	107
ANEXO 01: MÉTODO PUNTAL EQUIVALENTE.....	107
ANEXO 02: REGISTROS SÍSMICOS	110
ANEXO 03: METRADO DE CARGAS	115
ANEXO 04: ESCALAMIENTO DE REGISTROS-SPECTRAL MATCHING	120
ANEXO 05: RESULTADOS EN EL ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL.....	122
A.Momento en vigas.....	123
B.Momento en columnas	130
C.Distorsiones de entrepiso	136
ANEXO 06: PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES	138

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Zona de contacto de la plaza oceánica y sudamericana.....	1
<i>Figura 2.</i> (a) Comportamiento de una estructura frente a (b) Carga sísmica.	8
<i>Figura 3.</i> Epicentros de terremotos registrados entre 1963 y 1998.....	9
<i>Figura 4.</i> Sismos registrados en el Perú.	9
<i>Figura 5.</i> Tipos de Ondas Sísmicas.	10
<i>Figura 6.</i> Acelerograma del terremoto de Lima 1974 comp. N820.	10
<i>Figura 7.</i> Factor de amplificación con la recta inicial de subida para periodos cortos.	11
<i>Figura 8.</i> Desplazamiento constante del acelerograma respecto a la línea base.	12
<i>Figura 9.</i> Entorno del software seismosignal 2021.	13
<i>Figura 10.</i> Spectral Matching vs. Amplitude-scaled Response Spectra.....	15
<i>Figura 11.</i> Ejemplo de Espectro para escalar y espectro objetivo.....	15
<i>Figura 12.</i> Espectro promedio SRSS de 3 registros espectro compatibles.....	16
<i>Figura 13.</i> Entorno del programa seismoMatch 2021.	16
<i>Figura 14.</i> Espectros de respuesta para el componente norte-sur de los movimientos de suelo registrados en la subestación del distrito de riego del Valle Imperial. El Centro, California; durante los sismos del 18 de mayo de 1940, 9 de febrero de 1956 y 8 de abril de 1968. $\zeta=2\%$	17
<i>Figura 15.</i> Espectro de demanda sísmica.	18
<i>Figura 16.</i> Sistema de un grado de libertad.	21
<i>Figura 17.</i> Matriz que representa los posibles procedimientos de análisis sísmico inelástico para varios modelos estructurales y caracterizaciones del movimiento del suelo junto con las tendencias de la incertidumbre en el resultado.	26
<i>Figura 18.</i> Modelo para edificios con diafragma rígidos.	27
<i>Figura 19.</i> Puntal de compresión a) Puntal concéntrico y B) Puntal excéntrico.....	28
<i>Figura 20.</i> No linealidad del material.....	30
<i>Figura 21.</i> Diagramas esfuerzo-deformación teóricos.	30
<i>Figura 22.</i> Ciclo de histéresis.	32

<i>Figura 23.</i> Relación fuerza-deformación para un elemento estructural de acero.....	33
<i>Figura 24.</i> Relación fuerza-deformación para un elemento estructural de concreto reforzado.	33
<i>Figura 25.</i> Relación fuerza-deformación para un elemento estructural de mampostería.....	34
<i>Figura 26.</i> Modelo de histéresis cinemática.....	35
<i>Figura 27.</i> Modelo de histéresis de Takeda.....	35
<i>Figura 28.</i> Modelo de histéresis de pivote.....	36
<i>Figura 29.</i> Modelo de histéresis de hormigón para un factor de degradación de energía $f=0,7$	36
<i>Figura 30.</i> Comparación del Tipo de modelo de componentes no lineales.....	37
<i>Figura 31.</i> Modelo de inelasticidad distribuida (FIBRA).	38
<i>Figura 32.</i> Modelo ilustrativo de plasticidad concentrada.	38
<i>Figura 33.</i> Ilustración de los componentes de modelado de una viga-columna de hormigón armado: a) modelo de bisagra inelástica; b) curva de la columna vertebral inicial (monótona) y c) modelo de respuesta cíclica (haselton et al.2008).....	39
<i>Figura 34.</i> Ilustración de las tres opciones para el modelado de componentes analíticos, que muestra cómo se maneja el deterioro de la resistencia cíclica en cada caso (adaptado de PEER / ATC, 2010).	39
<i>Figura 35.</i> Curva fuerza-Desplazamiento de elementos "Hinge" en ETABS.....	39
<i>Figura 36.</i> Tipos de curvas Fuerza-Deformación.....	40
<i>Figura 37.</i> Proceso de análisis dinámico no lineal.	41
<i>Figura 38.</i> Desplazamientos del sistema lineal y no lineal, con modelo elastoplasto, del ejemplo analizado.	43
<i>Figura 39.</i> Construcción por etapas.....	44
<i>Figura 40.</i> Energía disipada; a) sistema lineal, $T=0.5$ s, $\zeta=5\%$ b) sistema elastoplástico, $T=0.5$ s, $\zeta=5\%$, $\bar{f}_y=0.25$	46
<i>Figura 41.</i> Ubicación del Edificio multifamiliar en coordenadas UTM WGS 84.....	48
<i>Figura 42.</i> Fachadas del edificio multifamiliar.	49
<i>Figura 43.</i> Esquema general de la metodología.	50
<i>Figura 44.</i> Modelo Lineal del edificio multifamiliar.....	51

<i>Figura 45.</i> Interpretación sencilla de los factores de Z, S Y C.....	52
<i>Figura 46.</i> Zonas Sísmicas.	53
<i>Figura 47.</i> Interpretación del factor Z.	53
<i>Figura 48.</i> Interpretación del factor S.....	55
<i>Figura 49.</i> Espectro objetivo según RNE. (E.030).....	56
<i>Figura 50.</i> Sismos registrados a los alrededores de Cajamarca.....	56
<i>Figura 51.</i> Registro sísmico N°01- Spectral Matching.	57
<i>Figura 52.</i> Registro sísmico N°02- Spectral Matching.	58
<i>Figura 53.</i> Registro sísmico N°03- Spectral Matching.	58
<i>Figura 54.</i> Registro sísmico N°04- Spectral Matching.	58
<i>Figura 55.</i> Registro sísmico N°05- Spectral Matching.	59
<i>Figura 56.</i> Registro sísmico N°06- Spectral Matching.	59
<i>Figura 57.</i> Registro sísmico N°07- Spectral Matching.	59
<i>Figura 58.</i> Modelo No Lineal del edificio multifamiliar.....	60
<i>Figura 59.</i> Propiedades no lineales de materiales usados en el modelo.	61
<i>Figura 60.</i> Asignación de rótulas plásticas (ASCE 41-13).....	61
<i>Figura 61.</i> Creación manual de fibras para columnas.	62
<i>Figura 62.</i> Asignación de rotula axial para puntales equivalentes de muros.	62
<i>Figura 63.</i> Definir propiedades de Hinge para muros.	63
<i>Figura 64.</i> Creación del caso Análisis tiempo historia no lineal por integración directa.....	64
<i>Figura 65.</i> Respuestas estructurales máximas para R1 (sin etapas).	65
<i>Figura 66.</i> Respuestas estructurales máximas para R1 (con etapas).	66
<i>Figura 67.</i> Respuestas estructurales máximas para R2 (sin etapas).	66
<i>Figura 68.</i> Respuestas estructurales máximas para R2 (con etapas).	66
<i>Figura 69.</i> Respuestas estructurales máximas para R3 (sin etapas).	67
<i>Figura 70.</i> Respuestas estructurales máximas para R3 (con etapas).	67

<i>Figura 71.</i> Respuestas estructurales máximas para R4 (sin etapas).....	67
<i>Figura 72.</i> Respuestas estructurales máximas para R4 (con etapas).....	68
<i>Figura 73.</i> Respuestas estructurales máximas para R5 (sin etapas).....	68
<i>Figura 74.</i> Respuestas estructurales máximas para R5 (con etapas).....	68
<i>Figura 75.</i> Respuestas estructurales máximas para R6 (sin etapas).....	69
<i>Figura 76.</i> Respuestas estructurales máximas para R6 (con etapas).....	69
<i>Figura 77.</i> Respuestas estructurales máximas para R7 (sin etapas).....	69
<i>Figura 78.</i> Respuestas estructurales máximas para R7 (con etapas).....	70
<i>Figura 79.</i> Comportamiento de la rótula en la viga VP2 (Hinge B13H19).....	84
<i>Figura 80.</i> Comportamiento de la rótula en la viga VP2 (Hinge B13H20).....	84
<i>Figura 81.</i> Comportamiento de la rótula en la viga VP1 (Hinge B16H19).....	85
<i>Figura 82.</i> Comportamiento de la rótula en la viga VP1 (Hinge B16H20).....	85
<i>Figura 83.</i> Comportamiento del concreto sin confinar en columnas (Fiber C8H9-No.22)....	86
<i>Figura 84.</i> Comportamiento del concreto confinado en columnas (Fiber C8H9-No.33).....	86
<i>Figura 85.</i> Comportamiento del acero en columnas (Fiber C8H9-No.10).....	87
<i>Figura 86.</i> Comportamiento del concreto sin confinar en columnas (Fiber C4H9-No.18)....	87
<i>Figura 87.</i> Comportamiento del concreto confinado en columnas (Fiber C4H9-No.27).....	88
<i>Figura 88.</i> Comportamiento del acero en columnas (Fiber C4H9-No.7).....	88
<i>Figura 89.</i> Comportamiento del concreto sin confinar en columnas (Fiber C23H9-No.20)..	89
<i>Figura 90.</i> Comportamiento del concreto confinado en columnas (Fiber C23H9-No.29)....	89
<i>Figura 91.</i> Comportamiento del acero en columnas (Fiber C23H9-No.10).....	90
<i>Figura 92.</i> Comportamiento del concreto sin confinar en columnas (Fiber C9H9-No.24)....	90
<i>Figura 93.</i> Comportamiento del concreto confinado en columnas (Fiber C9H9-No.25).....	91
<i>Figura 94.</i> Comportamiento del acero en columnas (Fiber C9H9-No.16).....	91
<i>Figura 95.</i> Comportamiento del concreto sin confinar en columnas (Fiber C6H9-No.20)....	92
<i>Figura 96.</i> Comportamiento del concreto confinado en columnas (Fiber C6H9-No.29).....	92

<i>Figura 97.</i> Comportamiento del acero en columnas (Fiber C6H9-No.12).....	93
<i>Figura 98.</i> Distorsiones de entrepiso máximas para R1.	93
<i>Figura 99.</i> Distorsiones de entrepiso máximas para R2.	94
<i>Figura 100.</i> Distorsiones de entrepiso máximas para R3.	94
<i>Figura 101.</i> Distorsiones de entrepiso máximas para R4.	94
<i>Figura 102.</i> Distorsiones de entrepiso máximas para R5.	94
<i>Figura 103.</i> Distorsiones de entrepiso máximas para R6.	95
<i>Figura 104.</i> Distorsiones de entrepiso máximas para R7.	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Rango de interés de periodos para el escalamiento sísmico.	14
Tabla 2	Parámetros de los sismos de análisis establecidos con el Comité VISION 2000.....	19
Tabla 3	Sismos de análisis y desempeño esperado en las edificaciones.....	19
Tabla 4	Nivel de desempeño esperado: Criterio de seguridad básica.....	20
Tabla 5	Métodos de la aceleración promedio y la aceleración lineal.	24
Tabla 6	Método de Newmark: sistemas no lineales.....	25
Tabla 7	Factores para traducir las propiedades de albañilería sujetas a la ley a las propiedades de albañilería de resistencia esperada.	31
Tabla 8	Resistencia esperada de los materiales.	31
Tabla 9	Factores para transformar las propiedades de los materiales con límites inferiores en propiedades de los materiales con resistencia esperada.....	31
Tabla 10	Resistencia esperada de los materiales.	31
Tabla 11	Valores de la rigidez efectiva.....	40
Tabla 12	Periodos de los modos de vibración de la estructura.	51
Tabla 13	Factor de uso.....	54
Tabla 14	Parámetros de Sitio-Factor de suelo “S”.....	55
Tabla 15	Parámetros de Sitio-Periodos “T _p ” y “T _L ”.....	55
Tabla 16	Datos de registros sísmicos.....	57
Tabla 17	Dimensiones de Puntal equivalente de muros en el modelo no lineal.....	60
Tabla 18	Criterios de aceptación para muros.....	63
Tabla 19	Respuesta estructural Máximas sin y con el efecto de la construcción por etapas..	70
Tabla 20	Variación porcentual de la respuesta estructural al considerar efecto de la construcción por etapas.....	70
Tabla 21	Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°01 (sin etapas).....	71
Tabla 22	Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°01 (sin etapas).....	71

Tabla 23 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°02 (sin etapas).....	72
Tabla 24 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°02 (sin etapas).....	72
Tabla 25 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°03 (sin etapas).....	73
Tabla 26 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°03 (sin etapas).....	73
Tabla 27 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°04 (sin etapas).....	74
Tabla 28 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°04 (sin etapas).....	74
Tabla 29 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°05 (sin etapas).....	75
Tabla 30 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D- nivel N°05 (sin etapas).....	75
Tabla 31 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°01 (con etapas).....	76
Tabla 32 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°01 (con etapas).....	76
Tabla 33 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°02 (con etapas).....	77
Tabla 34 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°02 (con etapas).....	77
Tabla 35 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°03 (con etapas).....	78
Tabla 36 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°03 (con etapas).....	78
Tabla 37 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°04 (con etapas).....	79
Tabla 38 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°04 (con etapas).....	79
Tabla 39 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°05 (con etapas).....	80

Tabla 40 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°05 (con etapas).....	80
Tabla 41 Variación porcentual de Momentos actuantes por nivel en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C, al considerar el efecto de la construcción por etapas.	80
Tabla 42 Variación porcentual de Momentos actuantes por nivel en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D, al considerar el efecto de la construcción por etapas.	81
Tabla 43 Momentos actuantes por registro sísmico, en columnas del eje C-nivel N°01 (sin etapas).	81
Tabla 44 Momentos actuantes por registro sísmico, en columnas del eje D-nivel N°01 (sin etapas).	82
Tabla 45 Momentos actuantes por registro sísmico, en columna exterior CC2 del eje D-nivel N°01 (sin etapas).....	82
Tabla 46 Momentos actuantes por registro sísmico, en columnas del eje C-nivel N°01 (con etapas).	82
Tabla 47 Momentos actuantes por registro sísmico, en columnas del eje D-nivel N°01 (con etapas).	83
Tabla 48 Momentos actuantes por registro sísmico, en columna exterior CC2 del eje D-nivel N°01 (con etapas).....	83
Tabla 49 Variación porcentual de derivas por nivel al considerar el efecto de la construcción por etapas.	95

RESUMEN

En esta investigación se determinó la variación de la respuesta estructural al incorporar el efecto de la construcción por etapas en los análisis dinámicos de un edificio de 5 niveles. Para ello, se realizaron los análisis dinámicos no lineales por integración directa del edificio con y sin el efecto de la construcción por etapas utilizando el software de análisis tridimensional Etabs. Asimismo, el procedimiento consistió en caracterizar el peligro sísmico por medio del ajuste espectral, realizar el modelo matemático y los análisis dinámicos no lineales del edificio. Para el modelo matemático y los análisis dinámicos se tuvo en cuenta el apéndice A del ACI 318-19, la cual hace referencia a guías como: ASCE/SEI 41, LATBSDC y FEMA 356. Por otra parte, con el modelo matemático del edificio y los 7 pares de registros sísmicos, escalados espectralmente, se ingresó toda la información en el software para realizar los análisis dinámicos. Según la norma técnica E.030 Diseño sismorresistente, el edificio tiene un desempeño esperado de seguridad de vida frente a un sismo raro, sismo que hace que el edificio ingrese a su rango inelástico y que al considerar el efecto de la construcción por etapas en los análisis dinámicos, se obtiene una variación porcentual en la respuesta estructural de -15.45% en la aceleración, +7.63% en la velocidad, +16.40% en el desplazamiento del quinto nivel, -1.99% en el cortante de la base y +20.76% en la distorsión de entrepiso del tercer nivel.

Palabra clave: análisis dinámico no lineal, método por etapas de construcción, espectro de respuesta, ajuste espectral, desempeño.

ABSTRACT

In this research, the variation of the structural response when incorporating the effect of staged construction in the dynamic analyses of a 5-story building was determined. For this purpose, nonlinear dynamic analyses were performed by direct integration of the building with and without the effect of staged construction using the Etabs three-dimensional analysis software. Likewise, the procedure consisted of characterizing the seismic hazard by means of the Spectral Adjustment, performing the mathematical model and nonlinear dynamic analysis of the building. For the mathematical model and the dynamic analyses, Appendix A of ACI 318-19 was considered, which refers to guides such as: ASCE/SEI 41, LATBSDC and FEMA 356. On the other hand, with the mathematical model of the building and the 7 pairs of seismic records, spectrally scaled, all the information was entered into the software to perform the dynamic analyses. According to the technical standard E.030 Seismic-resistant design, the building has an expected life safety performance against a rare earthquake, an earthquake that causes the building to enter its inelastic range and that when considering the effect of the staged construction in the dynamic analyses, a percentage variation in the structural response of -15.45% in acceleration, +7.63% in velocity, +16.40% in fifth level displacement, -1.99% in base shear and +20.76% in third level interstory distortion is obtained.

Key words: nonlinear dynamic analysis, staged method of construction, response spectrum, spectral matching, performance.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La secuencia constructiva de una edificación y el peligro sísmico presente en la zona son factores que determinan la respuesta estructural de una edificación. Los terremotos más severos y los más importantes desde el punto de vista de la ingeniería, son los de origen tectónico, que se deben al repentino desplazamiento de las grandes placas en que esta subdividida dicha corteza (Bazán y Meli, 2002).



Figura 1. Zona de contacto de la placa oceánica y sudamericana.

Fuente: Tomado de imágenes de Google

El Perú se encuentra en una región sísmica debido al proceso de subducción de la placa oceánica (Nazca) bajo la placa continental (Sudamericana), tal como se muestra en la Figura 1, este proceso libera energía en forma de ondas vibratorias que se propagan a grandes distancias a través de la roca de la corteza (Bazán y Meli, 2002). Por esta razón, la norma de Diseño Sismorresistente E.030 divide al territorio nacional en 4 zonas siendo la 4 la zona con más alta sismicidad. La región de Cajamarca se encuentra en zonas de alta sismicidad (2 y 3), y en el caso específico de la provincia de Cajamarca se ubica en la zona 3.

La secuencia de construcción de los edificios es piso por piso, sin embargo, en los análisis y diseños los profesionales generalmente no toman en cuenta el efecto de la construcción por etapas y consideran todas las cargas aplicadas a la vez en sus modelos matemáticos (Nayak et ál., 2014). Es esto lo que genera errores en los diagramas de momentos y con ello errores en los análisis dinámicos.

El estudio del método por etapas de construcción mediante la aplicación del análisis dinámico no lineal permite determinar la capacidad resistente de la estructura ante un evento sísmico, incorporando los efectos de la construcción por etapas, para obtener respuestas estructurales más cercanas a la realidad, ya que la capacidad de la estructura depende de la rigidez, resistencia y deformación de cada uno de los miembros que la conforman.

Por lo tanto, la presente tesis tuvo como objetivo hallar la variación de la respuesta estructural al considerar el efecto de la construcción por etapas en un edificio multifamiliar de 5 niveles, es decir, se compararon los análisis dinámicos no lineales por integración directa del edificio con y sin el efecto de la construcción por etapas utilizando el software de Análisis Tridimensional ETABS.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la variación de la respuesta estructural al considerar el efecto de la construcción por etapas en un edificio multifamiliar de 5 niveles?

1.3. Hipótesis

La variación de la respuesta estructural al considerar el efecto de construcción por etapas en un edificio multifamiliar de 5 niveles en la ciudad de Cajamarca es más del 5%.

1.4. Justificación de la investigación

Los edificios son construidos piso a piso y se va corrigiendo la altura, ya que las vigas y la losa de techo son vaciadas horizontalmente a un mismo nivel, la cual anula los asentamientos diferenciales que considera un análisis convencional, por este motivo y por la existencia de edificios en la ciudad de Cajamarca que han sido construidos por etapas debido a los pocos recursos con las que cuentan algunas familias, se hace necesario el estudio de la variación de la respuesta estructural al incorporar el efecto de la construcción por etapas en los

análisis de una edificación.

Este estudio presenta la incorporación del efecto de la construcción por etapas al análisis del modelo matemático de un edificio de 5 niveles, permitiendo acercarnos más al comportamiento real del edificio frente a un sismo, ya que se corrige los diagramas de momento de las vigas superiores, errores de momento que se generan debido a la presencia de una deformación axial de las columnas y con ello asentamientos diferenciales en los elementos de apoyo de las vigas.

1.5. Alcances

- En esta investigación se ha estimado la variación de la respuesta estructural al considerar el efecto de la construcción por etapas en un edificio multifamiliar de 5 niveles, es decir, se ha comparado los análisis dinámicos no lineales por integración directa de una edificación multifamiliar de 5 niveles con y sin el efecto de la construcción por etapas, opción automática del software Etabs 20.
- El efecto de la interacción suelo - estructura no se ha considerado en esta investigación.
- No se ha considerado el efecto P-Delta en el análisis dinámico de la investigación.
- Se ha tenido en cuenta en los análisis el Apéndice A del ACI 318 -Verificación del diseño usando análisis no lineal de historia de la respuesta.
- Los análisis dinámicos con el efecto de la construcción por etapas se realizaron después de incluir la etapa de construcción N° 05 al modelo; es decir, con los 5 niveles del edificio.
- Para los análisis dinámicos se utilizaron registros escalados espectralmente los cuales representan el peligro sísmico de la ciudad de Cajamarca.

1.6. Delimitación

En esta investigación se ha estimado la variación de la respuesta estructural al incorporar el efecto de la construcción por etapas en el análisis estructural de un edificio multifamiliar de 5 niveles. El método de análisis es dinámico no lineal por integración directa, mismo que se realizó con 7 pares de registros escalados espectralmente y un modelo matemático el cual tiene en cuenta la arquitectura del edificio multifamiliar de 5 niveles ubicado en el Jr. Los Tulipanes No. 167 “San Martín de Porres” del distrito de Cajamarca, con

esto se determinó los desplazamientos, derivas de entrepiso y deformaciones de la edificación en estudio.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

- Determinar la variación de la respuesta estructural al considerar el efecto de la construcción por etapas en un edificio multifamiliar de 5 niveles.

1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar las fuerzas de diseño en los elementos estructurales considerando el efecto de la construcción por etapas.
- Determinar las deformaciones en los elementos mediante el análisis dinámico no lineal de integración directa de la edificación multifamiliar de 5 niveles, considerando el efecto de la construcción por etapas.
- Determinar las distorsiones de entrepiso mediante el análisis dinámico no lineal de integración directa de la edificación multifamiliar de 5 niveles considerando el efecto de la construcción por etapas.

1.8. Organización de la tesis

La investigación está organizada en 5 capítulos los cuales se detallarán a continuación:

Capítulo I: Como primer capítulo se presenta el contexto y el desarrollo de la formulación del problema de investigación, así como, la justificación de la importancia de este estudio, los alcances y los objetivos de la investigación.

Capítulo II: En este capítulo se da a conocer el marco teórico de la investigación, el cual incluye a los antecedentes teóricos. Además, se presentan las bases teóricas necesarias para comprender el desarrollo de la investigación y se concluye con la definición de términos básicos para una mejor comprensión.

Capítulo III: Se describen las características de la muestra en estudio, así como, su ubicación, la época de estudio, consideraciones para el modelo no lineal y, además el

procedimiento, datos considerados para los análisis dinámicos no lineales y resultados en los elementos estructurales críticos al incorporar el efecto de la construcción por etapas.

Capítulo IV: En este capítulo se describen, analizan y discuten los resultados obtenidos en los elementos estructurales críticos al considerar el efecto de la construcción por etapas.

Capítulo V: Se presentan las conclusiones de los resultados, al incorporar el efecto de la construcción por etapas en los análisis dinámicos del edificio, así como, se plantean recomendaciones en relación con el presente tema de investigación.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

2.1.1. Ámbito internacional.

Bedecarratz (2018) en su investigación realizada en Chile y titulada: “Modelación no lineal de un edificio de hormigón armado y aplicación de metodología de diseño por desempeño”, concluye que, los resultados obtenidos en el análisis dinámico no lineal y el análisis estático son similares, ya que el nivel de deformación unitaria en la sección de estudio para el análisis dinámico está relacionado con la demanda de deriva de techo que esta impuesta por los registros sísmicos considerados en los análisis.

Nayak et. al. (2014) en el artículo realizado en la India y titulada: "Efecto del análisis de construcción por etapas en el diseño sísmico y el rendimiento de edificaciones de concreto armado" (original en inglés), describieron los efectos del análisis de la construcción por etapas considerando cuatro edificios con altura de 13.5m, 31.5m, 46.5m y 61.5m, pero con plantas idénticas. Se compararon los momentos flectores y las cargas axiales de los modelos con y sin el efecto de la construcción por etapas para el caso de carga muerta; observándose que la variación de la fuerza axial es insignificante y no es más del 5% en ninguno de los modelos matemáticos de la edificación. La variación de los momentos de las columnas para la carga muerta es significativamente alta, para el edificio de 4 plantas es de un máximo del 50% en los edificios de 10 y 15 plantas, la variación alcanza un máximo del 75% y para el de 20 pisos llega al 100%, concluyendo que, el efecto es máximo para las tres plantas inferiores y en el diseño de acero de refuerzo en las columnas la variación es de hasta un máximo de 10% para 4 pisos, 6% para 10 pisos, 3% para 15 pisos y 25% para el edificio de 20 pisos. También se observó que el momento de flexión en vigas es máxima para el piso más bajo, la variación al considerar el efecto es de 100%, 50% y 50% en las secciones del extremo izquierdo, extremo derecho y vano medio respectivamente. Y, para el diseño de vigas el acero de refuerzo en cada uno de los edificios se obtuvo una variación para la sección del extremo izquierdo de 4%, 4%, 1% y 6%, para la sección del extremo derecho 5%, 4%, 1.5% y 6%, y para la sección de la mitad de la viga el porcentaje fue 5%, 39%, 5% y 50%.

Núñez (2009) en su tesis para obtener el grado de Magister en Ciencias con Mención

en Ingeniería Sísmica, realizada en Chile y titulada: “Variación debido a cambios de masa y rigidez de las propiedades dinámicas de una estructura en proceso constructivo”, concluye acerca del monitoreo continuo del edificio Titanium La Portada ubicado en Santiago de Chile, que tener una red de monitoreo continuo en el edificio, les permitió percatarse de una de las tantas aplicaciones que tiene la identificación de parámetros dinámicos y el monitoreo de salud en la ingeniería estructural. También, facilitó observar variaciones en la frecuencia y amortiguamiento de la estructura a medida que aumenta la altura del edificio, debido a los procesos y etapas de construcción. La representación en curvas de frecuencia-tiempo y amortiguamiento-tiempo permitió identificar patrones respecto a la variación de las propiedades dinámicas del edificio durante su construcción.

Trejo (2007) en México elaboró su tesis para obtener el grado de Maestro en ingeniería de estructuras, denominada: “Análisis comparativo de métodos numéricos en integración directa para evaluar la respuesta dinámica de estructuras”, concluye que, a partir de este análisis se pudo determinar que, en sistemas lineales el comportamiento del método de aceleración promedio es más estable, independientemente del tamaño del paso de tiempo, proporcionando resultados más precisos; asimismo, se aprecia que el método de aceleración lineal es práctico en su procedimiento proporcionando buenos resultados, pero se limita al análisis de estructuras de comportamiento lineal utilizando pasos de tiempo muy pequeños. Los métodos numéricos por integración directa ayudan a identificar un método aceptable para evaluar la respuesta dinámica de un sistema más complejo.

2.1.2. Ámbito nacional.

Ayuque (2015) en su tesis realizada en Huancayo y titulada: “Análisis comparativo del método convencional y por etapas para diseñar un edificio de concreto armado de 11 pisos y 5 sótanos”, concluye con respecto al método convencional y los parámetros dados por la norma E.030, que la estructura presenta un mejor comportamiento sísmico en ciertos tramos de elementos estructurales como vigas y columnas. La mayoría de los resultados obtenidos en diseños y análisis con el método por etapas de construcción son mayores a los obtenidos con el método convencional, es decir, presenta mayores esfuerzos en los elementos estructurales. Teniendo en cuenta la norma E.030 los desplazamientos laterales van incrementando si se considera el efecto de la construcción por etapas. Para las vigas, los resultados de acero negativo requeridos en el método por etapas de construcción son casi más altos respecto al

método convencional, variando desde 115% en el 1er piso hasta 98% en el 10mo piso, ya que los momentos negativos en el método por etapas de construcción son mayores. Para las columnas, el acero con el método por etapas de construcción es igual o menor al método convencional, con un mínimo de 56% en el 1er piso, 86% en el 4to piso y manteniéndose 100% del 6to al 10mo piso; ya que los resultados de las fuerzas axiales en el método por etapas son menores que en el método convencional. En placas y columnas las fuerzas axiales son menores al considerar el efecto de la construcción por etapas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cargas dinámicas.

Las cargas dinámicas que actúan en una estructura son aquellas cuya magnitud, dirección o posición varía en un intervalo de tiempo relativamente pequeño, generando aceleraciones y como consecuencia aparecen fuerzas denominadas fuerzas inerciales, siendo estas fuerzas las que ponen en peligro la seguridad de la estructura (Bazán y Meli, 2002).

Además, Villareal (2016) menciona que, dentro de los tipos de cargas dinámicas están la carga periódica, carga rodante, carga de impacto, carga de viento, carga sísmica y carga impulsiva. Siendo la carga sísmica la que ocurre como efecto del desplazamiento desordenado del suelo durante un temblor, creando un movimiento complejo del cimiento en una edificación, comportándose de acuerdo con una ley variable en el tiempo.

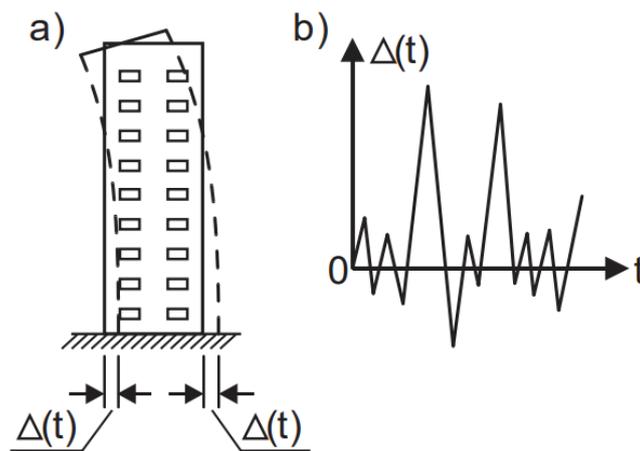


Figura 2. (a) Comportamiento de una estructura frente a (b) Carga sísmica.

Fuente: Tomado de Dinámica Estructural (Villarreal Castro, 2016)

2.2.2. Fenómeno sísmico.

Los sismos, terremotos o temblores de tierra, son vibraciones de la corteza terrestre, generadas por distintos fenómenos, como la actividad volcánica, la caída de techos de cavernas subterráneas y hasta explosiones. Sin embargo, son producidos principalmente por la colisión entre placas tectónicas (Figura 3), donde se libera una gran cantidad de energía y parte de ella se transforma en ondas sísmicas que se propagan hasta la superficie (Bazán y Meli, 2002).

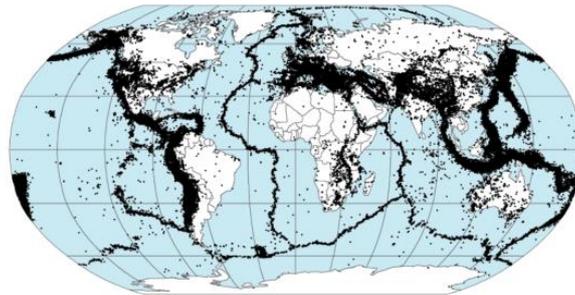


Figura 3. Epicentros de terremotos registrados entre 1963 y 1998.

Fuente: Tomado Google imágenes



Figura 4. Sismos registrados en el Perú.

Fuente: Tomado de la página del IGP

Las ondas se dividen en dos grupos: ondas internas y ondas superficiales. El primer grupo se origina en el hipocentro y se propaga a través de la masa terrestre, en este grupo se encuentran las ondas primarias (P) y secundarias (S). Mientras que el segundo grupo se originan en el epicentro y solo se propagan por la superficie de la tierra, estas son ondas Love y ondas Rayleigh (Herráiz, 1997).

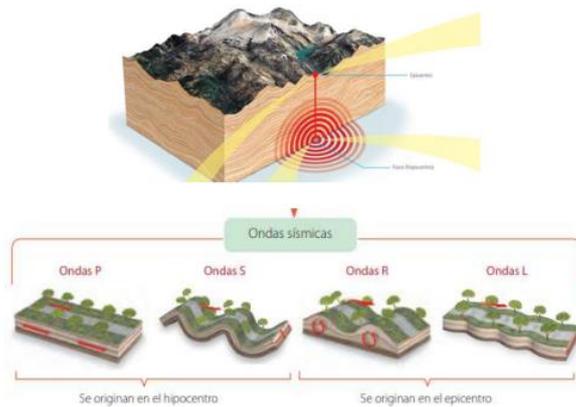


Figura 5. Tipos de Ondas Sísmicas.

Fuente: Tomado Google imágenes

2.2.3. Acelerogramas y espectros de respuesta.

La señal sísmica o acelerograma contiene datos importantes tales como, el contenido frecuencial y la aceleración del lugar donde se construyen nuestras edificaciones, los cuales cambian según los tipos de suelos por los que atraviesa (Flórez y Lozano, 2007).

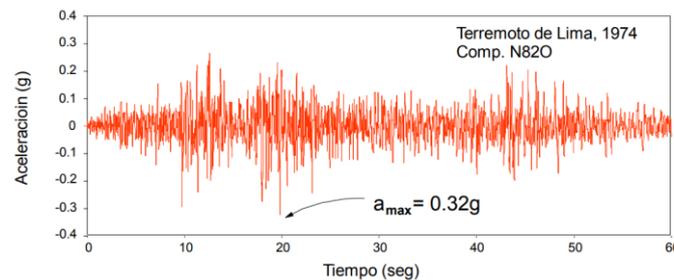


Figura 6. Acelerograma del terremoto de Lima 1974 comp. N820.

Fuente: Tomado de Redes Acelerográficas en el Perú (Alva, 2014)

Un acelerograma real es un registro de valores numéricos de la aceleración, de temblores entre 20 y 60 segundos, los cuales se registran en intervalos de tiempo (Δt) que varía entre 0.005 y 0.02 segundos (Bazán y Meli, 2002).

En la ingeniería sísmica se presta especial atención a dos características de la aceleración: el valor máximo registrado y la duración del movimiento, siendo la duración un factor más importante que la aceleración máxima, ya que puede afectar a la estructura más que el valor máximo de la aceleración. Los períodos prolongados son capaces de alterar la rigidez de los edificios de hormigón armado de modo que durante los sismos se modifican el periodo fundamental y los armónicos cercanos. El tiempo prolongado de un sismo también puede

causar que la presión de los poros se acumule y conduzca a la licuefacción en suelos granulares saturados o pérdida de estabilidad en suelos arcillosos (Herráiz, 1997).

La norma técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” en el artículo 30.1 menciona acerca de los registros de aceleración y espectros de pseudo aceleraciones lo siguiente:

30.1.1. Para el análisis se usan como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluye dos componentes en direcciones ortogonales. 30.1.2. Cada conjunto de registros de aceleraciones del terreno consiste en un par de componentes de aceleración horizontal, elegidas y escaladas de eventos individuales. Las historias de aceleración son obtenidas de eventos cuyas magnitudes, distancia a las fallas, y mecanismos de fuente sean consistentes con el máximo sismo considerado. Cuando no se cuente con el número requerido de registros apropiados, se pueden usar registros simulados para alcanzar el número total requerido. 30.1.3. Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construye un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con 5% de amortiguamiento. Ambas componentes se escalan por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre $0,2 T$ y $1,5 T$ (siendo T el período fundamental), el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, calculada según el numeral 29.2 con $R = 1$.

30.1.4. Para la generación de registros simulados se consideran los valores de C , definidos en el artículo 14, excepto para la zona de períodos muy cortos ($T < 0,2 TP$) en la que se considera:

$$T < 0,2 T_p \quad C = 1 + 7,5 * \left(\frac{T}{T_p}\right) \quad (1)$$

Muñoz (2020) menciona que la expresión anterior se debe considerar también cuando se analice ante fuerzas sísmicas verticales.

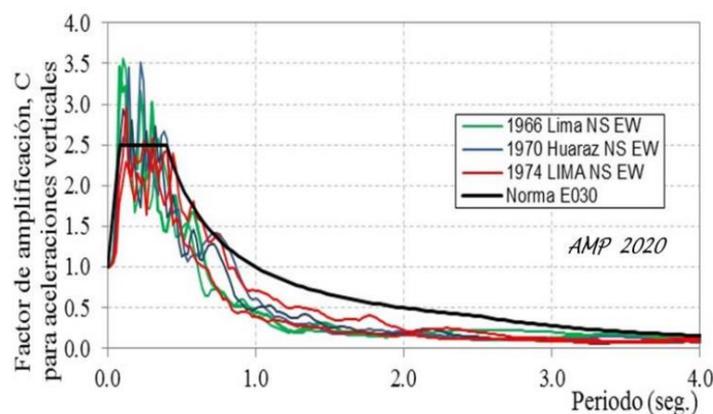


Figura 7. Factor de amplificación con la recta inicial de subida para periodos cortos.

Fuente: Tomado de (Muñoz, 2020)

2.2.3.1. Corrección de registros sísmicos.

A. CORRECCIÓN DE LÍNEA BASE.

El error se genera cuando los valores se desplazan respecto a la línea cero de aceleración, ya sea porque el equipo no está nivelado o debido a una desviación de los datos de la línea de base causada por el sistema de registro. Además, Carreño et ál. (1999) menciona que este error, comparado a la obtenida de la velocidad y al desplazamiento por integración es más notorio, mientras que imperceptible en la aceleración (Erazo y Vargas, 2020).

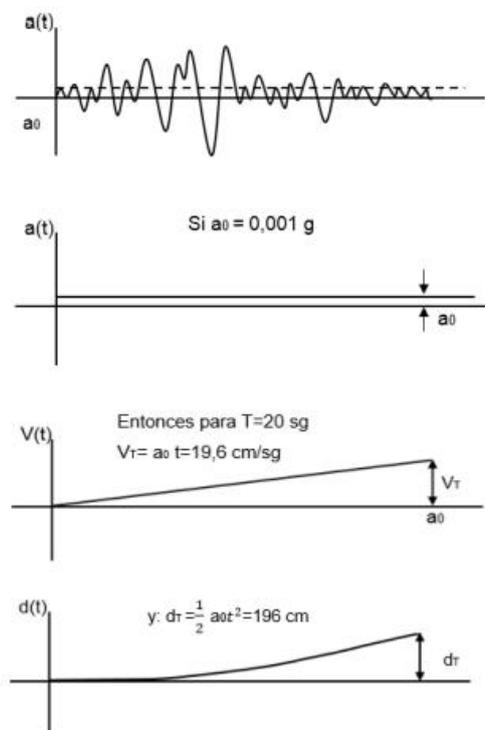


Figura 8. Desplazamiento constante del aceleregrama respecto a la línea base.

Fuente: Tomado de (Erazo y Vargas, 2020)

En el mismo sentido, Chopra (2014) menciona que realizar una corrección de línea base al registro sísmico es lograr que la aceleración, la velocidad y el desplazamiento sean lo más precisos con el comportamiento del suelo al ocurrir un movimiento telúrico. Y que, estos resultados deben obtenerse en el dominio del tiempo y de la frecuencia (Erazo y Vargas, 2020).

Esta corrección se ha implementado en el software SeismoSignal y consiste en realizar dos pasos:

(i) Determinar a través del análisis de regresión (método de ajuste de mínimos cuadrados), la curva polinomial que mejor se ajusta a los pares de valores de tiempo-aceleración la cual puede ser hasta de tercer grado y luego,

(ii) Restar de la aceleración real, valor a sus contrapartes correspondientes según lo obtenido con la ecuación derivada de la regresión.

De esta manera, se eliminan del movimiento de entrada las tendencias falsas de la línea de base, generalmente bien perceptibles en el historial de tiempo de desplazamiento obtenido de la doble integración respecto al tiempo del registro de aceleración no corregidos (Seismosoft, 2021).

B. FILTRADO DE FRECUENCIA.

Carreño et al. (1999) menciona que, no solo debe tener en cuenta la corrección por línea base, sino que habrá que tener en cuenta la contaminación presente en la señal. (Erazo y Vargas, 2020).

Carreño et al., (1999) también menciona que, el filtrado de la señal se aplica en el dominio de la frecuencia en lugar del dominio del tiempo, el proceso se realiza multiplicando el espectro del acelerograma por una función de la banda que reduzca el valor de la amplitud del espectro de Fourier fuera de la banda donde están contenidas las frecuencias importantes de nuestra señal. Dejando en esa banda las amplitudes inalteradas. (Erazo y Vargas, 2020, p. 18)

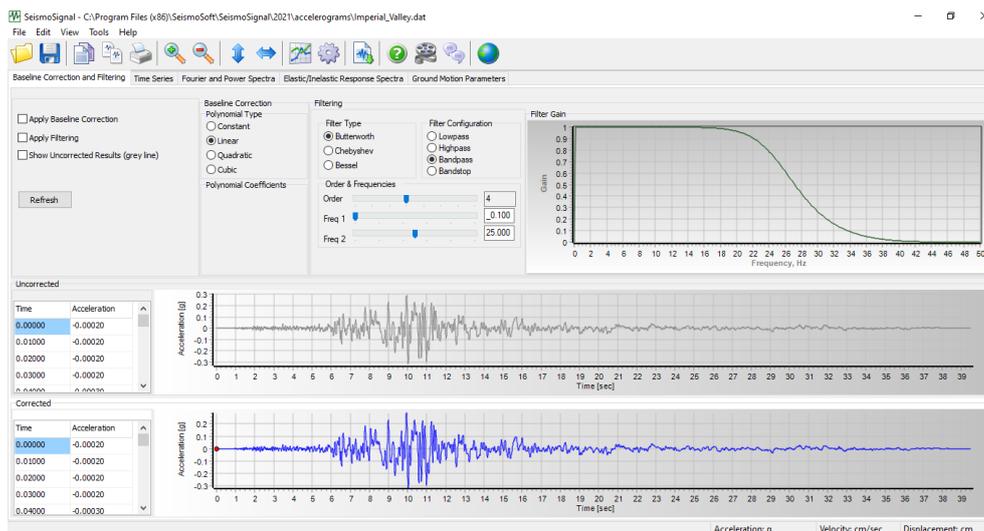


Figura 9. Entorno del software seismosignal 2021.

Fuente: Tomado de Seismosoft

2.2.3.2. Escalamiento de registros sísmicos.

Los espectros no solo dependen del acelerograma, sino también de la magnitud del sismo, de la fuente sísmica, de la distancia al sitio, del tipo de suelo, de la topografía del lugar, entre otras variables, haciendo difícil lograr que un espectro sea similar a un espectro objetivo, en un determinado rango de interés de periodos. Pero gracias a las normativas sísmicas se puede obtener un espectro para los análisis mediante el escalamiento de sismos, normas que indican el rango de interés, el número mínimo de registros, la selección de los sismos, como realizar el análisis sísmico con los sismos escalados y algunos documentos el procedimiento del escalamiento (Aguiar et. al., 2016).

Tabla 1 Rango de interés de periodos para el escalamiento sísmico.

NORMATIVA SÍSMICA	RANGO DE PERÍODOS DE INTERÉS
NORMA EUROPEA (EUROCÓDIGO DE 2003)	$0.2 T \leq T \leq 2.0 T$
NORMA AMERICANA (ASCE 7-10)	$0.2 T \leq T \leq 1.5 T$
NORMA NEOZELANDESA (SNZ, 2004)	$0.4 T \leq T \leq 1.3 T$

Fuente: Tomado de (Aguiar et ál., 2016).

Cabe mencionar que en la actualidad la norma E.030 toma el rango de periodos de interés al igual que la Norma Americana ASCE 7-10, y que la actual Norma Americana ASCE 7-16 toma el rango al igual que el Eurocódigo de 2003, para $2,0T$ considera que T es el período fundamental máximo del edificio (es decir, el máximo de los períodos fundamentales en ambas direcciones de traslación y el período fundamental de torsión).

Para el período de límite inferior, el requisito de $0,2T$ se complementa ahora con un requisito adicional de que el límite inferior también debe capturar los períodos necesarios para la participación de la masa del 90% en ambas direcciones del edificio (ASCE 7-16, 2017).

Tener en consideración este rango de periodos es fundamental, ya que se previene lo que ocurrió el 4 de agosto de 1998 frente a la Bahía de Caráquez donde varios edificios de cuatro y seis pisos tuvieron un comportamiento sísmico inadecuado a diferencia de edificios de más de 10 pisos, el motivo fue que las respuestas máximas en los espectros eran altas en el rango de periodos cortos (Aguiar et. al., 2016).

Ademas, Ruiz y Montiel (2005) menciona que, los criterios de escalamiento de acelerogramas se relacionan con el comportamiento de las estructuras ante un sismo. Las características que se toman en cuenta son la demanda de ductilidad, el amortiguamiento y el

periodo fundamental de vibrar.

El ASCE 7-16 menciona dos tipos: el ajuste espectral y escalado de amplitud.

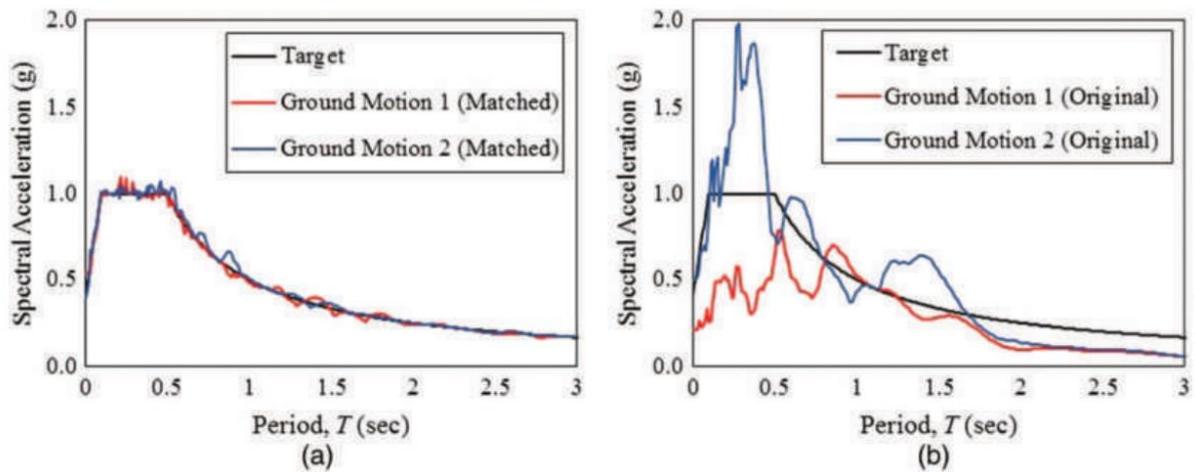


Figura 10. Spectral Matching vs. Amplitude-scaled Response Spectra.

Fuente: Tomado de (ASCE 7-16, 2017)

El escalamiento de amplitudes consiste en modificar las amplitudes de los sismos registrados con un factor de escala. Al multiplicar este factor al registro de aceleraciones con el fin de que la ordenada espectral correspondiente al periodo fundamental de la estructura por analizar tenga una intensidad acorde a la normativa. La intensidad del espectro objetivo está relacionada con periodo de retorno (Ruiz y Montiel, 2005).

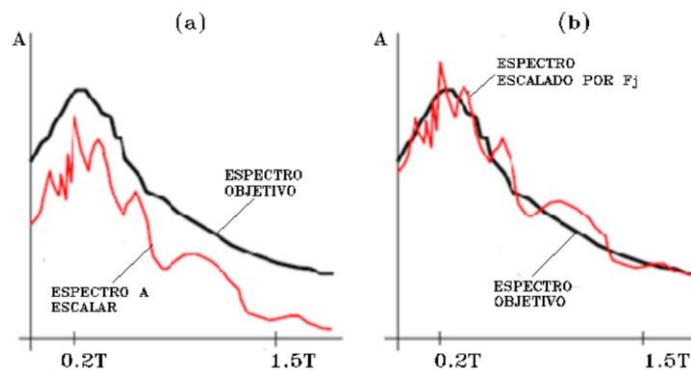


Figura 11. Ejemplo de Espectro para escalar y espectro objetivo.

Fuente: Tomado de (Aguiar et. al., 2016).

El ajuste espectral es un proceso en el que un registro sísmico se modifica de alguna manera para que su espectro de respuesta coincida con un espectro objetivo deseado en un rango de períodos y posiblemente de múltiples valores de amortiguación. El proceso de

adaptación del espectro modifica el contenido de frecuencia de un registro sísmico. La principal ventaja de utilizar registros escalados con un ajuste espectral es que la variación entre registros de la entrada se reduce en gran medida, lo que también reduce la variabilidad de la salida o respuesta. Una ventaja adicional es poder mejorar ciertas frecuencias en el registro mientras se suprimen otras (NIST GCR 11-917-15, 2011).

La norma E.030 establece que, para el uso de registros sísmicos el espectro promedio SRSS de todos los registros sea mayor o igual al espectro elástico de la norma ($R=1$) en el rango 0.2 a 1.5 veces el periodo fundamental del edificio (Muñoz, 2020).

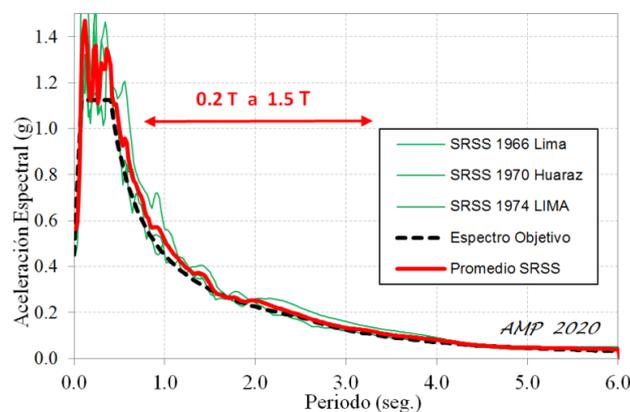


Figura 12. Espectro promedio SRSS de 3 registros espectro compatibles.

Fuente: Tomado de (Muñoz, 2020)

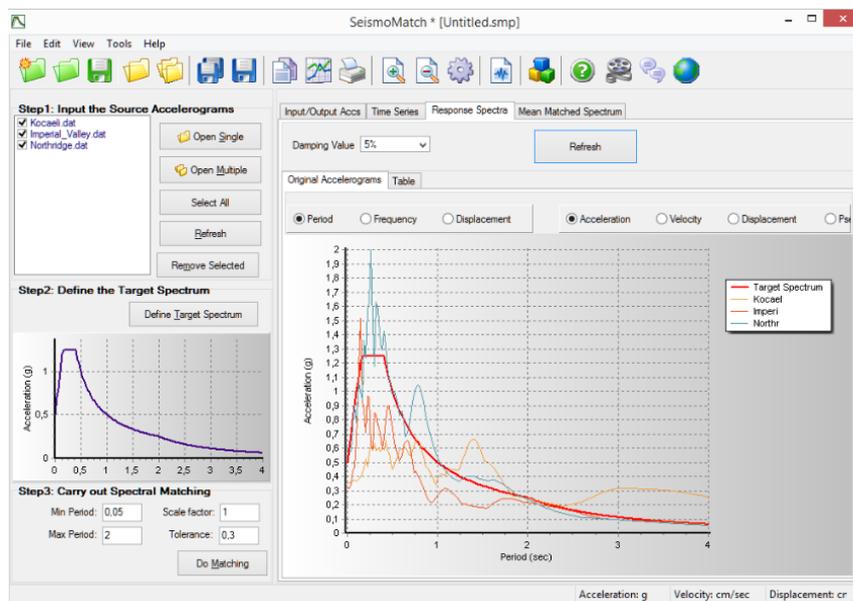


Figura 13. Entorno del programa seismoMatch 2021.

Fuente: Tomado de Seismosoft

El programa Seismomatch escala los registros según el rango de interés, realizando un ajuste espectral, utiliza algoritmos propuestos por Al Atik y Abrahamson (2010) y Hancock et al. (2006), basado en el método en el dominio del tiempo de Lilanand y Tseng (1988), con algunas modificaciones para conservar la no estacionariedad en periodos largos utilizando diferentes formas funcionales para la historia del tiempo de ajuste (Seismosoft, 2021).

2.2.3.3. *Espectros de respuesta.*

Según, Chopra (2014) un espectro de respuesta es la representación gráfica de las respuestas máximas de los sistemas de 1GDL, con diferentes periodos de vibración y un mismo amortiguamiento, cuando es sometido a un registro sísmico. Siendo las más mencionadas las siguientes respuestas máximas:

$$u_0(T_n, \zeta) \equiv \max_t |u(t, T_n, \zeta)|$$

$$\dot{u}_0(T_n, \zeta) \equiv \max_t |\dot{u}(t, T_n, \zeta)|$$

$$\ddot{u}_0^1(T_n, \zeta) \equiv \max_t |\ddot{u}^1(t, T_n, \zeta)|$$

Donde el espectro de deformación es la gráfica u vs T , el espectro de respuesta de velocidad relativa para \dot{u} , y para \ddot{u} es el espectro de respuesta de aceleración.

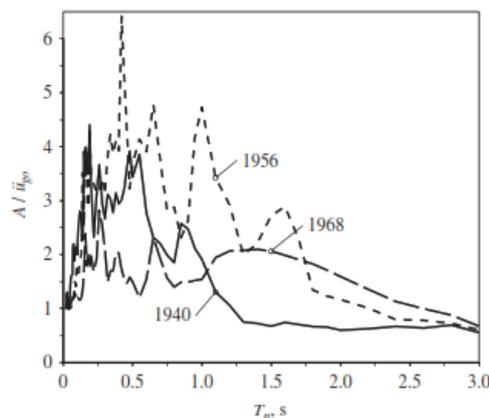


Figura 14. Espectros de respuesta para el componente norte-sur de los movimientos de suelo registrados en la subestación del distrito de riego del Valle Imperial. El Centro, California; durante los sismos del 18 de mayo de 1940, 9 de febrero de 1956 y 8 de abril de 1968. $\zeta = 2\%$.

Fuente: Tomado de (Chopra, 2014)

A diferencia del análisis por desempeño estático, en el diseño estructural la norma técnica E-030 considera el espectro de respuesta elástico de aceleración definido normalmente para un amortiguamiento del 5% (Mosqueira, 2015).

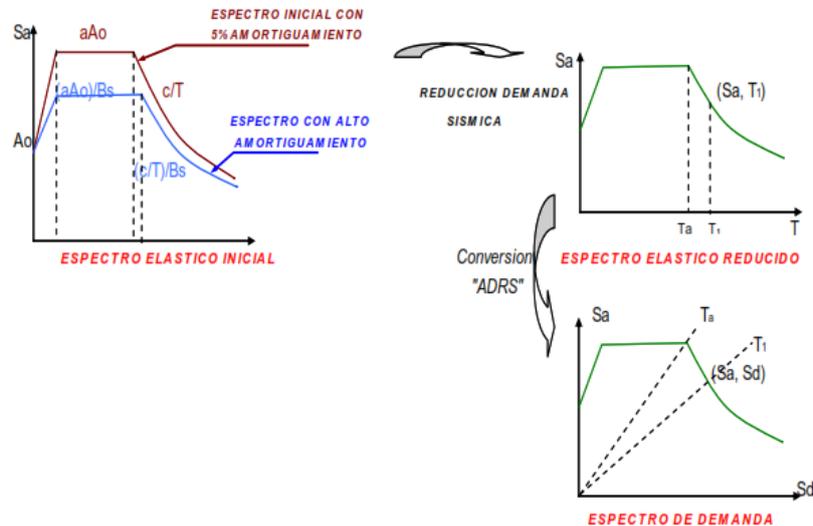


Figura 15. Espectro de demanda sísmica.

Fuente: Consejo de tecnología aplicada ATC-40

2.2.4. Sismos de análisis.

Con el objetivo de salvar vidas la mayoría de los códigos y reglamentos sísmicos hacen que una estructura tenga un comportamiento inelástico frente a un sismo raro, sismo que tiene un periodo de retorno de 475 años y una probabilidad de excedencia del 10%, logrando que este disipe la mayor cantidad de energía y no colapse (Aguiar, 2003).

Aguiar (2003) menciona que, con la misión de “mirar al futuro y desarrollar un marco de referencia para procedimientos que condujesen a estructuras de desempeño sísmico predecible”, en 1992 la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) conformó el comité VISION 2000.

A. Propuesta VISION 2000.

Existen cuatro niveles de amenaza sísmica según la propuesta del Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995). La Tabla 2, reproduce los correspondientes cuatro niveles de movimiento sísmico que se designan con los siguientes calificadores.

Tabla 2 Parámetros de los sismos de análisis establecidos con el Comité VISION 2000.

SISMO	VIDA ÚTIL	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA	PERÍODO DE RETORNO
Frecuente	30 años	50%	43 años
Ocasional	50 años	50%	72 años
Raro	50 años	10%	475 años
Muy Raro	100 años	10%	970 años

Fuente: Tomado de Análisis sísmico por desempeño (Aguiar, 2003)

La Tabla 3 muestra los niveles recomendados de desempeños esperados para edificaciones, conforme a su clasificación de acuerdo con el uso y ocupación en instalaciones de seguridad crítica, instalaciones esenciales / riesgos e instalaciones básicas.

Tabla 3 Sismos de análisis y desempeño esperado en las edificaciones.

SISMO DE ANÁLISIS	OPERACIONAL	INMEDIATAMENTE OCUPACIONAL	SEGURIDAD DE VIDA	PREVENCIÓN DE COLAPSO
Frecuente	◊			
Ocasional	●	◊		
Raro	x	●	◊	
Muy Raro		x	●	◊

◊ Edificaciones básicas, como residencias y oficinas.

● Edificaciones esenciales como hospitales, destacamentos militares, bomberos, etc.

x Edificaciones de seguridad crítica.

Fuente: Tomado de Análisis sísmico por desempeño (Aguiar, 2003)

B. Propuesta del ATC-40.

De acuerdo con la propuesta del ATC-40 (1996), se definen tres niveles de amenaza correspondiente a movimientos sísmicos identificados como:

Sismo de Servicio (SS), corresponde a movimientos frecuentes, de intensidad baja a moderada, con un 50% de probabilidad de propasarse en un periodo de 50 años, con un período de retorno promedio de aproximadamente 72 años, debido a que, puede suceder en varias ocasiones durante la vida útil de una estructura. Según los resultados de peligrosidad típicos para una zona determinada, este movimiento es aproximadamente la mitad del nivel de movimiento asociado al sismo de diseño tradicionalmente especificado en los reglamentos (Mosqueira, 2015).

Sismos de Diseño (SD), movimiento de intensidad moderada a severa, que suelen implicar un 10% de probabilidad de excedencia en un periodo de 50 años, con un período de retorno promedio de aproximadamente 475 años. Este nivel de movimiento es tradicionalmente

especificado por la mayoría de los reglamentos o normas de diseño para edificaciones convencionales y se espera que debe ocurrir al menos una vez durante la vida útil de una estructura (Mosqueira, 2015).

Sismo Máximo (SM), corresponde a movimientos de intensidad que va de severo a muy severos, generalmente asociados con un 5% de probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años, con un tiempo de retorno promedio de 975 años. Corresponde al grado de movimiento que tradicionalmente se especifica en los códigos, por lo que la mayoría asocian esta relación al factor de importancia de las edificaciones esenciales, ya que estos son movimientos sísmicos menos frecuentes y cada vez más severos (Mosqueira, 2015).

Tabla 4 Nivel de desempeño esperado: Criterio de seguridad básica.

NIVEL DEL MOVIMIENTO DEL TERRENO	NIVEL DE DESEMPEÑO DE LA EDIFICACIÓN			
	OPERACIONAL	INMEDIATA OCUPIACIÓN	SEGURIDAD VITAL	ESTABILIDAD ESTRUCTURAL
Servicio (SS)				
Diseño (SD)			X	
Máximo (SM)				X

Fuente: (ATC-40, 1996)

2.2.5. Movimiento vibratorio en estructuras.

El movimiento vibratorio de un sistema se puede definir como el movimiento que ocurre en el sistema cuando hay variaciones en su estado de equilibrio (Cabrero, 2014).

Villarreal (2016) menciona que, el cálculo dinámico del sistema estructural consiste en el análisis de dos etapas:

- Cálculo de las vibraciones libres.
- Cálculo de vibraciones forzadas.

Además, Salvador (2014) menciona que, las fuerzas gravitatorias y fuerzas externas son las responsables de generar la vibración libre y vibración forzada respectivamente. Y, que estos movimientos pueden ser amortiguados o no amortiguados dependiendo de si existe resistencia al movimiento o no.

2.2.5.1. Sistema de un grado de libertad.

Es el caso más general de un sistema con amortiguamiento que es excitado por una acción externa. El sistema es representado por un péndulo invertido el cual tiene una masa que es soportada por un elemento vertical rígido tal como se muestra en la Figura 16 (Cabrero, 2014).

El principio de D'Alembert es la base del cálculo dinámico, con este principio en cada momento y para cada masa del sistema, salvo cargas externas e internas, se aplican las correspondientes fuerzas inerciales donde el sistema estructural se encuentre en equilibrio (Villarreal Castro, 2016).

Chopra (2014) menciona que, la fuerza inercial es el producto de la masa por su aceleración y actúa en dirección contraria a la aceleración.

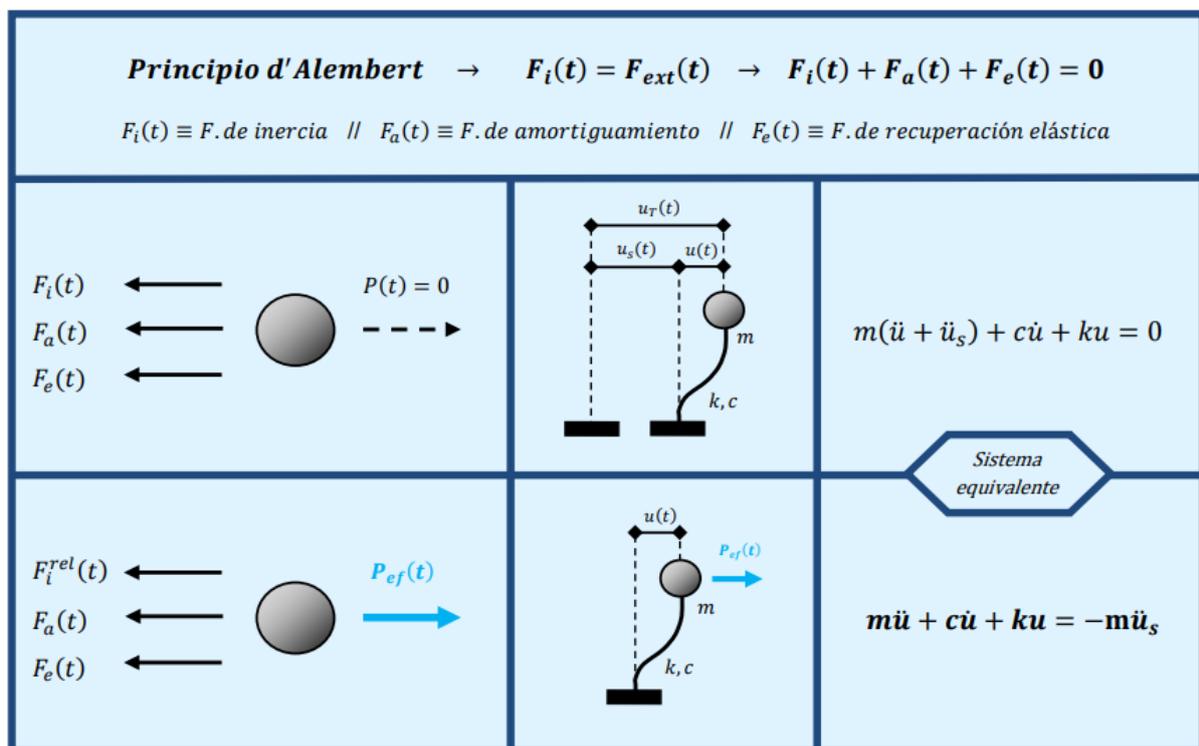


Figura 16. Sistema de un grado de libertad.

Fuente: tomado de (Cabrero, 2014)

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = -m\ddot{u}_s(t) \quad (2)$$

Donde:

- m: masa.
- c: coeficiente de amortiguamiento.
- k: rigidez.
- u: desplazamiento, deformación.

Cabe señalar que en la ecuación 2 se impuso que todo el amortiguamiento es externo al sistema, dependiente de la velocidad y expresado solo por un parámetro (C) el cual debe considerar algunos efectos tales como rotación de la base, pérdida de rigidez, fricción, disipación de energía histerética, etc (Cabrero, 2014).

Chopra (2014) menciona que, solo el movimiento relativo entre la masa y la base, debido a la deformación de la edificación, ocasiona fuerzas elásticas y de amortiguamiento. La fuerza de inercia se relaciona con la aceleración de la masa mediante:

$$f_t = m\ddot{u}^t \quad (3)$$

Siendo la ecuación para sistemas inelásticos la siguiente:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + f_s(u) = -m\ddot{u}_g(t) \quad (4)$$

Donde:

- $f_s(u)$: es la fuerza restauradora.

2.2.5.2. Sistema de varios grados de libertad.

Las estructuras de edificios típicos deben representarse como un sistema con varios grados de libertad. La fórmula de equilibrio dinámico simplemente se reescribe como una matriz para dar cuenta de los diferentes grados de libertad (Cabrero, 2014).

Siendo la ecuación como sigue:

$$[M](\ddot{U}) + [C](\dot{U}) + [K](U) = -[M][\gamma](\ddot{u}_s) \quad (5)$$

Donde:

γ = es una matriz auxiliar usada para distribuir la aceleración basal en los grados de libertad correspondientes.

2.2.6. Evaluación numérica de la respuesta dinámica.

Para hallar la respuesta dinámica de un sistema inelástico al ser sometido a un registro sísmico o incluso por una función simple es necesario la utilización de los métodos numéricos (Chopra, 2014).

También, Trejo (2007) menciona que, para dar solución a sistemas de varios grados de libertad se debe utilizar procedimientos numéricos que tienen la ventaja de no desacoplar el sistema para hallar su respuesta:

- Métodos basados en interpolación de la función de excitación.
- Métodos basados en expresiones de diferencias finitas.
- Métodos basados en la variación supuesta de la aceleración.

Dentro de los métodos basados en la variación supuesta de la aceleración se encuentran:

- Métodos de Newmark.
- Método de la aceleración lineal.
- Método de la aceleración promedio.
- Método de Wilson.

2.2.6.1. Método numérico de Newmark.

Es un proceso de integración numérica paso a paso, por ser un proceso iterativo se va corrigiendo para obtener las respuestas (aceleración, velocidad, desplazamiento) del sistema frente a un registro sísmico (Bazán y Meli, 2002).

Asimismo, Trejo (2007) menciona que, es un método basado en la variación de la aceleración. Bazzano y Zerpa (2017), aclara que en realidad es una familia de métodos, ya que

se cuenta con dos parámetros (β y γ) mediante los cuales se pueden obtener una variedad de métodos.

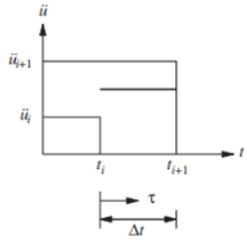
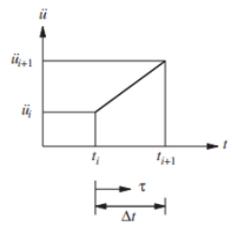
De esta forma, la familia de métodos implícitos de integración directa dadas por Newmark se basan en las ecuaciones 6 y 7 (Chopra, 2014).

$$\dot{u}_{i+1} = \dot{u}_i + ((1 - \gamma)\Delta t)\ddot{u}_i + (\gamma\Delta t)\ddot{u}_{i+1} \quad (6)$$

$$u_{i+1} = u_i + (\Delta t)\dot{u}_i + [(0.5 - \beta)(\Delta t)^2]\ddot{u}_i + [\beta(\Delta t)^2]\ddot{u}_{i+1} \quad (7)$$

Donde los parámetros β y γ definen la variación de la aceleración sobre un paso de tiempo, a la vez que determinan las características de estabilidad y precisión del método. La selección típica satisfactoria para γ es 1/2 y para β , entre 1/6 y 1/4.

Tabla 5 Métodos de la aceleración promedio y la aceleración lineal.

Aceleración promedio constante	Aceleración lineal
	
$\ddot{u}(\tau) = \frac{1}{2}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$	$\ddot{u}(\tau) = \ddot{u}_i + \frac{\tau}{\Delta t}(\ddot{u}_{i+1} - \ddot{u}_i) \quad (5.4.2)$
$\dot{u}(\tau) = \dot{u}_i + \frac{\tau}{2}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$	$\dot{u}(\tau) = \dot{u}_i + \ddot{u}_i\tau + \frac{\tau^2}{2\Delta t}(\ddot{u}_{i+1} - \ddot{u}_i) \quad (5.4.3)$
$u_{i+1} = u_i + \frac{\Delta t}{2}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$	$u_{i+1} = u_i + \frac{\Delta t}{2}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i) \quad (5.4.4)$
$u(\tau) = u_i + \dot{u}_i\tau + \frac{\tau^2}{4}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$	$u(\tau) = u_i + \dot{u}_i\tau + \ddot{u}_i\frac{\tau^2}{2} + \frac{\tau^3}{6\Delta t}(\ddot{u}_{i+1} - \ddot{u}_i) \quad (5.4.5)$
$u_{i+1} = u_i + \dot{u}_i\Delta t + \frac{(\Delta t)^2}{4}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$	$u_{i+1} = u_i + \dot{u}_i\Delta t + (\Delta t)^2\left(\frac{1}{6}\ddot{u}_{i+1} + \frac{1}{3}\ddot{u}_i\right) \quad (5.4.6)$

Fuente: Tomado de (Chopra, 2014)

Como se observa en la Tabla 6, para iniciar se toma en cuenta que antes del temblor la masa está en reposo, es decir, que cuando $t=0$ tenemos $v=u=0$. Como la ecuación 2 tiene que cumplir en todo momento, en el primer paso el equilibrio dinámico requiere que $a = -\ddot{s}(0)$, con lo que se conocen los valores iniciales de las tres incógnitas (Chopra, 2014).

Tabla 6 Método de Newmark: sistemas no lineales.

Casos especiales	
(1) Método de la aceleración promedio	$\gamma = \frac{1}{2}, \beta = \frac{1}{4}$
(2) Método de la aceleración lineal	$\gamma = \frac{1}{2}, \beta = \frac{1}{6}$
1.0 Cálculos iniciales	
1.1 Determinación del estado: $(fs)_0$ y $(k_T)_0$	
1.2	$\ddot{u}_0 = \frac{p_0 - c\dot{u}_0 - (fs)_0}{m}$
1.3 Seleccione Δt	
1.4	$a_1 = \frac{1}{\beta(\Delta t)^2} m + \frac{\gamma}{\beta \Delta t} c; \quad a_2 = \frac{1}{\beta \Delta t} m + \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1\right);$
y	$a_3 = \left(\frac{1}{2\beta} - 1\right) m + \Delta t \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1\right) c.$
2.0 Cálculos para cada instante de tiempo, $i=0, 1, 2, \dots$	
2.1 Inicialice	$j = 1, u_{i+1}^{(j)} = u_i, (fs)_{i+1}^{(j)} = (fs)_i, y (k_T)_{i+1}^{(j)} = (k_T)_i.$
2.2	$\hat{p}_{i+1} = p_{i+1} + a_1 u_i + a_2 \dot{u}_i + a_3 \ddot{u}_i.$
3.0 Para cada iteración, $j=1, 2, 3 \dots$	
3.1	$\hat{R}_{i+1}^{(j)} = \hat{p}_{i+1} - (fs)_{i+1}^{(j)} - a_1 u_{i+1}^{(j)}$
3.2 Verifique la convergencia; si los criterios de aceptación no se cumplen, realice los pasos 3.3 a 3.7, de lo contrario, omita estos pasos y vaya al paso 4.0.	
3.3	$(\hat{k}_T)_{i+1}^{(j)} = (k_T)_{i+1}^{(j)} + a_1.$
3.4	$(\Delta u)^{(j)} = \hat{R}_{i+1}^{(j)} / (\hat{k}_T)_{i+1}^{(j)}$
3.5	$u_{i+1}^{(j+1)} = u_{i+1}^{(j)} + \Delta u^{(j)}.$
3.6 Determinación del estado: $(fs)_{i+1}^{(j+1)}$ y $(k_T)_{i+1}^{(j+1)}$.	
Reemplace j por $j+1$ y repita los pasos 3.1 a 3.6; indique el valor final como u_{i+1}	
4.0 Cálculos de la velocidad y aceleración	
4.1	$\dot{u}_{i+1} = \frac{\gamma}{\beta(\Delta t)} (u_{i+1} - u_i) + \left(1 - \frac{\gamma}{\beta}\right) \dot{u}_i + \Delta t \left(1 - \frac{\gamma}{2\beta}\right) \ddot{u}_i.$
4.2	$\ddot{u}_{i+1} = \frac{\gamma}{\beta(\Delta t)^2} (u_{i+1} - u_i) - \left(\frac{\gamma}{\beta(\Delta t)}\right) \dot{u}_i - \Delta t \left(\frac{1}{2\beta}\right) - 1 \ddot{u}_i.$
5.0 Repetición para el siguiente paso. Reemplace i por $i+1$ y aplique los pasos 2.0 y 4.0 para el siguiente paso de tiempo.	

Fuente: Tomado de (Chopra, 2014)

2.2.7. Análisis no lineal.

Un sistema inelástico se identifica, ya que la curva fuerza-deformación tiene un rango no lineal. Por lo que, queda claro que la fuerza restauradora es una función implícita de la deformación que sufre el sistema (Chopra, 2014).

$$f_s = f_s(u) \quad (8)$$

Las fuerzas internas y esfuerzos que se obtienen al considerar la no linealidad física nos llevan a una respuesta estructural más realista del modelo matemático de una estructura cuando se sometido a un registro sísmico (Villarreal, 2017).

Además, del comportamiento no lineal del material hay otro tipo de comportamiento inelástico de edificios, es la no linealidad geométrica. En ambos casos, la ecuación de equilibrio dinámico se modifica, ya que cambia la relación cargas-deformación de los elementos estructurales (Bazán y Meli, 2002).

Según, Chopra (2014) la no linealidad del amortiguamiento no es considerada en los análisis dinámicos de los modelos matemáticos de las edificaciones.

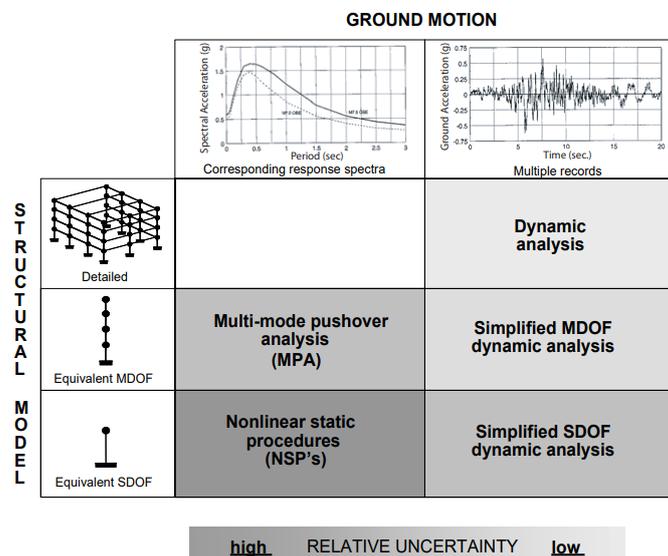


Figura 17. Matriz que representa los posibles procedimientos de análisis sísmico inelástico para varios modelos estructurales y caracterizaciones del movimiento del suelo junto con las tendencias de la incertidumbre en el resultado.

Fuente: (FEMA 440, 2005)

En la Figura 17 se indica las alternativas para llevar a cabo los análisis inelásticos los

cuales dependen del modelo estructural y la caracterización del sismo. Estas opciones de análisis tienen ventajas según el parámetro de interés en estudio y la exactitud o aproximación de los resultados depende de la caracterización de los componentes estructurales del modelo de la estructura. Siendo el análisis dinámico el más complejo (FEMA 440, 2005).

2.2.7.1. Modelamiento no lineal.

Los modelos matemáticos de una estructura que serán sometidos a un análisis no lineal tienen que ser tridimensionales y sus elementos estructurales deberán considerar la rigidez efectiva, resistencia esperada, capacidad de deformación esperada e histéresis bajo reversiones de fuerza o deformación, que tendrán relación con los resultados de ensayos y no ser superiores a ellos (ACI 318-19, 2019).

Además, Muñoz, en relación con el modelamiento no lineal, establece lo siguiente:

El modelo debe representar la distribución de masas, rigideces, degradación de rigidez, degradación de resistencia, comportamiento cíclico y todos los aspectos relevantes del comportamiento inelástico. Como amortiguamiento inherente, se permite usar 5 % del amortiguamiento crítico. Se permite considerar apoyos rígidos en la base del edificio o tomar en cuenta la flexibilidad del suelo. (2020, p. 45)

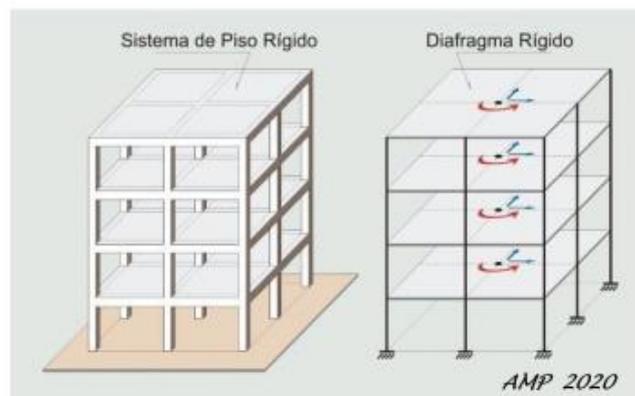


Figura 18. Modelo para edificios con diafragma rígidos.

Fuente: tomado de (Muñoz, 2020)

A diferencia de las secciones de concreto armado, los muros de albañilería son más complejos de modelar, ya que sus propiedades dependen de muchos factores, por tal motivo en el año 2000 el FEMA 356 propone el método puntal de compresión equivalente para poder realizar análisis no lineales con este material y tener resultados aproximados en los análisis.

Asimismo, el ASCE 41-17 dice que se puede modelar con dos diagonales las cuales trabajaran a compresión. Debido a la complejidad del comportamiento sísmico del sistema estructural causado por la interacción marco-relleno, los modelos de elementos finitos y los puntales se validarán teniendo en cuenta los datos experimentales publicados o específicos del proyecto.

2.2.7.1.1. Puntal de compresión equivalente (fema 356-2000).

El aporte de rigidez elástica de un panel de relleno de mampostería no reforzado antes de ser agrietado suele ser representado por un puntal de compresión diagonal el cual tiene un espesor y módulo de elasticidad del relleno que representa, y su ancho según la fórmula 9 (FEMA 356, 2000).

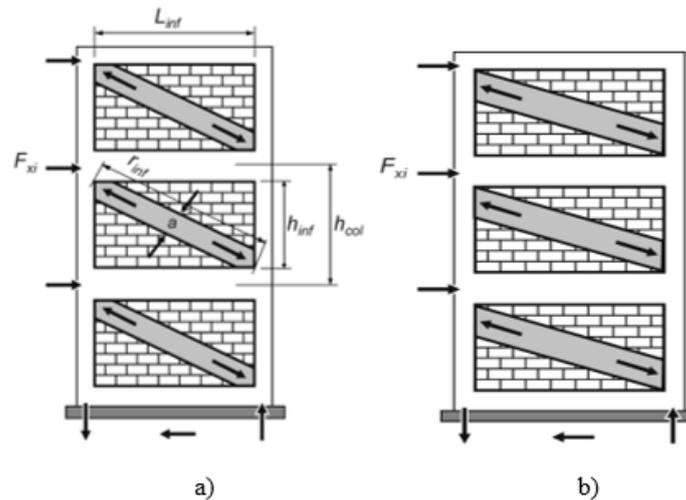


Figura 19. Puntal de compresión a) Puntal concéntrico y b) Puntal excéntrico.

Fuente: tomado de (FEMA 356, 2000)

El problema se reduce a determinar la anchura efectiva del puntal de compresión según la siguiente expresión:

$$a = 0.175(\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf} \quad (9)$$

$$\lambda_1 = \left[\frac{E_m t_{inf} \sin 2\theta}{4 E_f l_{col} h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (10)$$

Donde:

- h_{col} = Altura de los pilares entre las líneas centrales de las vigas, en pulgadas.

- h_{inf} = Altura del panel de relleno, pulg.
- E_{fe} = Módulo de elasticidad esperado del material de la estructura, ksi
- I_{col} = Momento de inercia del pilar, en pulg⁴
- L_{inf} = Longitud del panel de relleno, en pulg
- E_{me} = Módulo de elasticidad esperado del material de relleno del material de relleno, ksi
- r_{inf} = Longitud diagonal del panel de relleno, pulg
- t_{inf} = Espesor del panel de relleno y del puntal equivalente, pulg,
- θ = Ángulo cuya tangente es la relación entre la altura y la longitud del relleno, en radianes
- λ_1 = Coeficiente utilizado para determinar la anchura equivalente del puntal de relleno

La rigidez lateral en el plano de un sistema de marco relleno no es la misma que la suma de las rigideces del marco y del relleno debido a la interacción del relleno con el marco circundante. FEMA 356 (2000) también menciona que, las pruebas de laboratorio de muros de corte sólidos han mostrado que el comportamiento puede ser representado a niveles de fuerza bajos usando principios convencionales de mecánica para materiales homogéneos. En tales casos, la rigidez lateral (**K**) en el plano de un muro de corte sólido en voladizo, puede ser calculada mediante la siguiente expresión:

$$k = \frac{1}{\frac{h_{eff}^3}{3E_m I_g} + \frac{h_{eff}}{A_v G_m}} \quad (11)$$

Donde:

- h_{eff} = Altura del muro
- A_v = Área de corte
- I_g = Momento de inercia de la sección bruta
- E_m = Módulo elástico de la mampostería
- G_m = Módulo de corte de la mampostería

2.2.7.2. Comportamiento no lineal en los materiales.

A este comportamiento inelástico se denomina no linealidad de material que tiene lugar cuando las curvas carga-deformación de los materiales que constituyen los miembros estructurales son sensiblemente no lineales. El comportamiento no lineal (o inelástico) está relacionado con el daño, ocurriendo primero en los elementos no estructurales, luego en la estructura principal. Debido a este comportamiento se pueden observar agrietamientos, desprendimientos, pandeos locales, y deformaciones residuales de la estructura (Bazán y Meli,

2002).

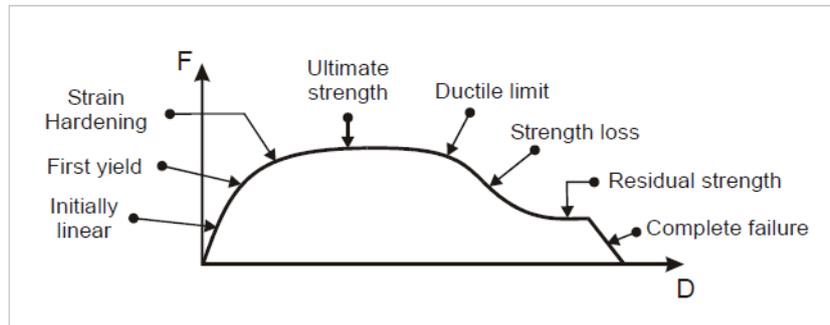


Figura 20. No linealidad del material.

Fuente: CSI (2019)

Esta no linealidad hace necesario conocer las fuerzas y momentos que se dan por las cargas muertas y vivas que son permanentes sobre la estructura, la cual se someterá a un análisis que anula el principio de superposición (Bazán y Meli, 2002).

Cuando la carga aumenta se puede observar en las curvas esfuerzo-deformación que la rigidez inicial se desvía, ya que el comportamiento elástico ha terminado e inicia el comportamiento no lineal que puede aumentar hasta un punto final antes de degradarse a un valor de resistencia residual (CSI, 2019).

Las curvas que representan el comportamiento teórico tanto del concreto como del acero son los que fueron propuestos por Mander 1988 y Park 1982 respectivamente.

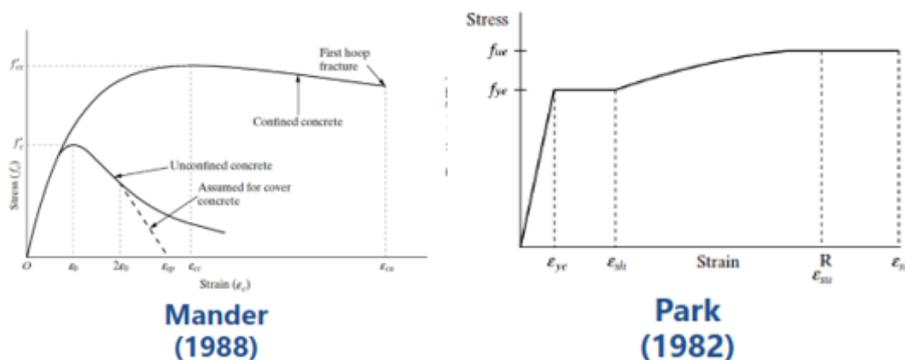


Figura 21. Diagramas esfuerzo-deformación teóricos.

Fuente: tomado de Google imágenes

El diagrama esfuerzo-deformación se determina con la ayuda de ensayos, tales como las pruebas de esfuerzo en el acero o en el hormigón, son los resultados de estos ensayos los

que proporcionan información para calcular el esfuerzo nominal y la deformación unitaria (Calderón y Morocho, 2020).

En cuanto a las propiedades de los materiales además del Apéndice A del ACI 318-19 el documento de evaluación ASCE 41-17, la guía de PBSB y el LATBSDDC 2020, señalan que se tienen que considerar las propiedades esperadas de los materiales y no únicamente las propiedades nominales en los análisis no lineales.

Tabla 7 Factores para traducir las propiedades de albañilería sujetas a la ley a las propiedades de albañilería de resistencia esperada.

Property	Factor
Compressive Strength (f_{me})	1.3
Elastic Modulus in Compression ²	-
Flexural Tensile Strength	1.3
Shear Strength	1.3

1. See Chapter 6 for properties of reinforcing steel.
2. The expected elastic modulus in compression shall be taken as $550f_{me}$, where f_{me} is the expected masonry compressive strength

Fuente: tomado de (FEMA 356, 2000)

Tabla 8 Resistencia esperada de los materiales.

Material	Resistencia esperada	
Concreto	$f'_{ce}=1.3f'_c$ ^[1]	
Acero de refuerzo	Resistencia a la fluencia esperada, f_{ye} , Mpa	Resistencia a la tracción esperada, f_{ue} , Mpa
A615M	Grade 420	480
A706M	Grade 420	475
	Grade 550	590

^[1] La resistencia esperada f'_{ce} es la resistencia aproximada a un año o más.

Fuente: tomado de (ACI 318-19, 2019)

Tabla 9 Factores para transformar las propiedades de los materiales con límites inferiores en propiedades de los materiales con resistencia esperada.

Material Property	Factor
Concrete compressive strength	1.50
Reinforcing steel tensile and yield strength	1.25
Connector steel yield strength	1.50

Fuente: tomado de (ASCE/SEI 41, 2017)

Tabla 10 Resistencia esperada de los materiales.

Material	Exped strength	
	Expected Yield Strength, f_{ye} , ksi	Expected Ultimate Strength, f_{ue} , ksi
Reinforcing Steel		
A615 Grade 60	70	106
A615 grade 75	82	114
A706 Grade 60	69	95
A706 Grade 80	85	112
A706 Grade 100	105	To be determined based on tests and documented substantiations
Structural Steel ***		
Hot-rolled structural shapes and bars		
ASTM A36/A36M	$1.5 f_y^*$	$1.2 f_u^{**}$
ASTM A572/A572M Grade 50	$1.1 f_y$	$1.1 f_u$
ASTM A913/A913M Grade 50, 60, 65 or 70	$1.1 f_y$	$1.1 f_u$
ASTM A992/A992M	$1.1 f_y$	$1.1 f_u$
Plates		
ASTM A36/A36M	$1.3 f_y$	$1.2 f_u$
ASTM A572/A572M Grade 50, 55	$1.1 f_y$	$1.2 f_u$
Concrete	$f'_{ce} = 1.3 f'_c$	

Fuente: tomado de (LATBSDC, 2020)

La histéresis es útil para caracterizar la respuesta dinámica bajo la aplicación de un registro de historial de tiempo. La figura 23 ilustra el comportamiento histerético.

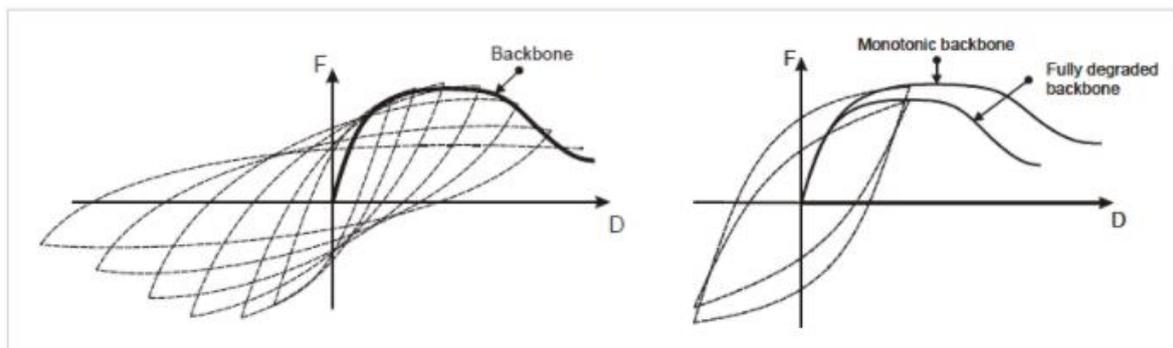


Figura 22. Ciclo de histéresis.

Fuente: CSI (2019)

Un análisis de respuestas sísmica inelástica de estructuras requiere modelos de histéresis realísticos, los cuales representan la relación esfuerzo-deformación de un modelo de miembro estructural.

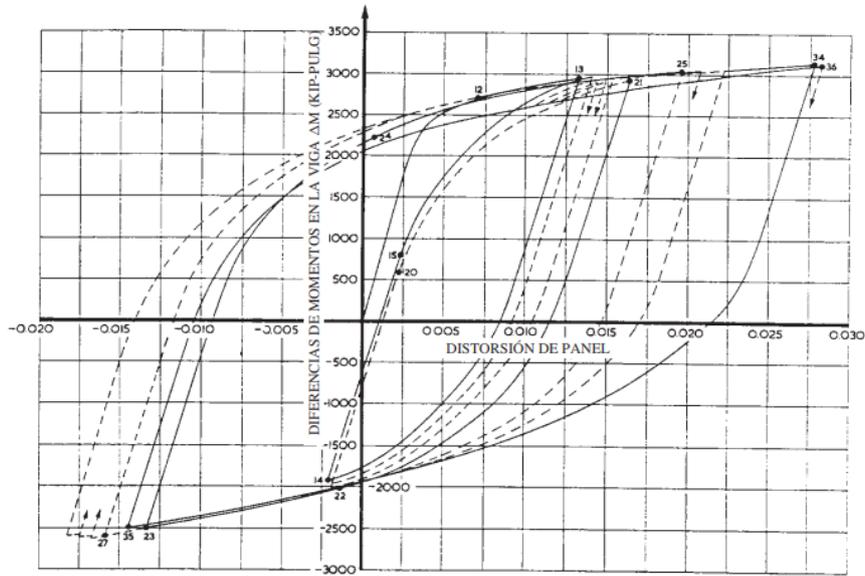


Figura 23. Relación fuerza-deformación para un elemento estructural de acero.
Fuente: Tomado de Chopra (2014)

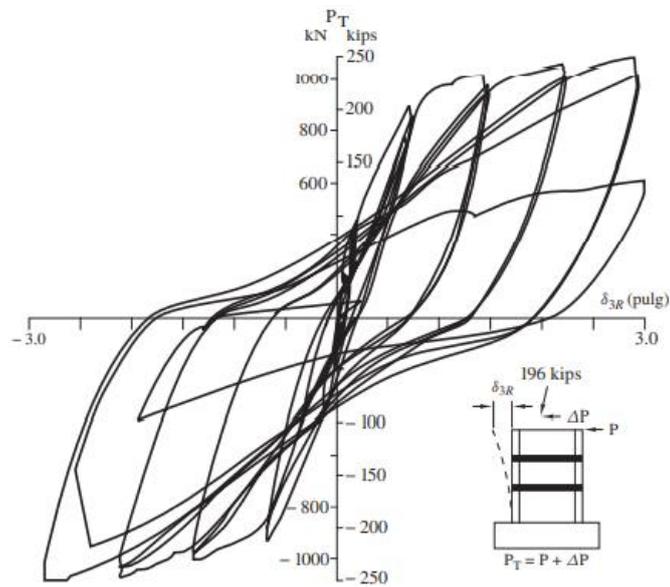


Figura 24. Relación fuerza-deformación para un elemento estructural de concreto reforzado.
Fuente: Tomado de Chopra (2014)

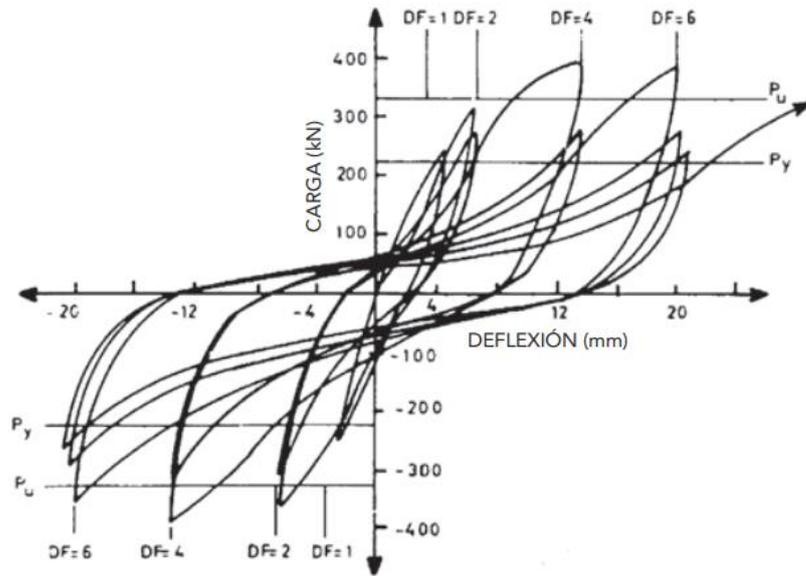


Figura 25. Relación fuerza-deformación para un elemento estructural de mampostería.

Fuente: Tomado de Chopra (2014)

Las relaciones de esfuerzo-deformación son diferentes para materiales constitutivos de una sección, para un miembro, para un piso y para una estructura entera.

El estado del arte no proporciona un método confiable para estimar la rigidez inicial, deformación de fluencia y la deformación última. La rigidez se degrada de la rigidez elástica inicial con el aumento de la deformación inelásticas y el número de carga y descarga.

Algunos modelos histeréticos incorporados en ETABS son:

A. Modelo de histéresis cinemática.

Dentro del programa es considerado el modelo de histéresis por defecto de los materiales metálicos, ya que el modelo se basa en el comportamiento de endurecimiento cinemático y disipa una cantidad importante de energía, lo cual le hace apropiado para los materiales dúctiles (CSI, 2019).

CSI (2019) también menciona que el este modelo constituye la base del modelo de Takeda. En la figura 26 se observa que la curva sigue una trayectoria formada por segmentos paralelos de la misma longitud y sus homólogos de dirección opuesta para volver a unirse a la curva y seguir con los ciclos de deformación creciente.

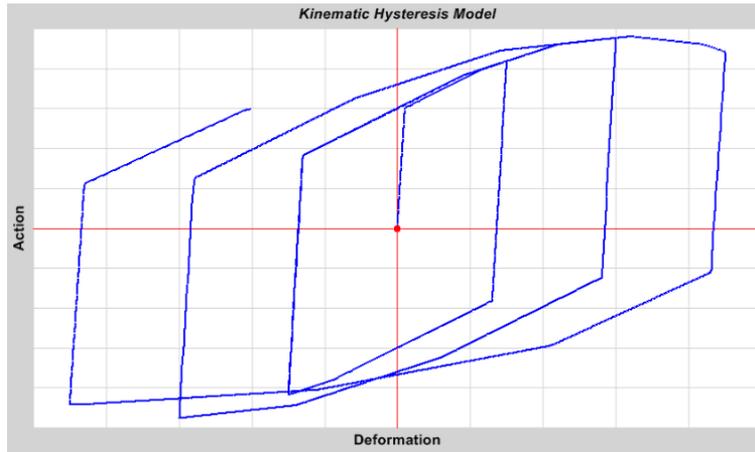


Figura 26. Modelo de histéresis cinemática.

Fuente: CSI (2019)

B. Modelo de histéresis de Takeda

Este modelo es el mismo que se describe en Takeda, Sozen y Nielsen (1970), el cual utiliza un bucle histérico degradante, es un modelo simple que no requiere parámetros adicionales y es apropiados para concreto armado (CSI, 2019).

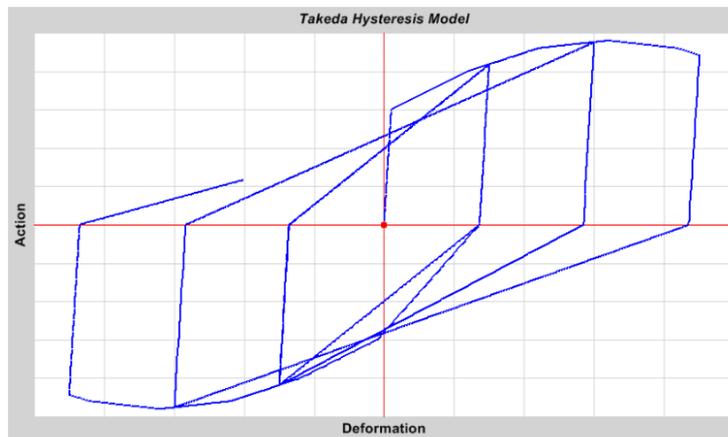


Figura 27. Modelo de histéresis de Takeda.

Fuente: CSI (2019)

C. Modelo de histéresis de Pivote

Este modelo se describe completamente en Dowell, Seible y Wilson (1998), se diferencia del modelo de Takeda, ya que tiene parámetros adicionales los cuales controlan el bucle histérico degradante. En la figura 28 se puede observar que la descarga y la carga inversa tienden a dirigirse a puntos específicos los cuales son conocidos como puntos pivote

(CSI, 2019).

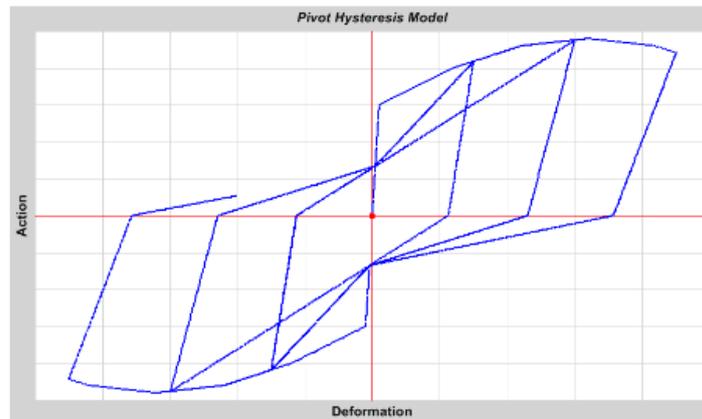


Figura 28. Modelo de histéresis de pivote.

Fuente: CSI (2019)

D. Modelo de histéresis de hormigón

Este modelo es utilizado por el programa para concreto simple y mampostería, ya que el comportamiento de tensión y compresión son diferentes. El modelo considera que el mayor valor absoluto de esfuerzo o fuerza está en compresión y del mismo modo que se puede utilizar para representar el comportamiento del concreto en compresión, también es válido para un material de sólo tensión (CSI, 2019).

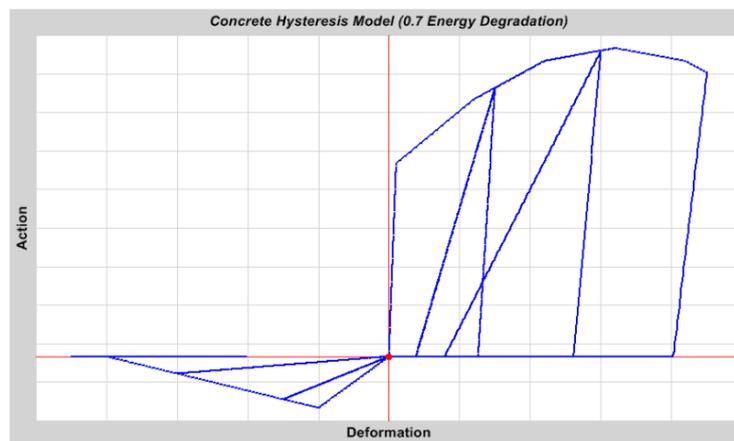


Figura 29. Modelo de histéresis de hormigón para un factor de degradación de energía $f=0,7$.

Fuente: CSI (2019)

CSI (2019) también menciona que este modelo es controlado con el factor de degradación de energía f , este valor debe satisfacer $0.0 < f < 1.0$. Un valor de $f = 0.0$ es

equivalente a un espacio limpio cuando se descarga de la compresión y disipa la menor cantidad de energía. Un valor de $f = 1.0$ disipa la mayor cantidad de energía y podría ser causado por los escombros que llenan el espacio cuando se descarga de la compresión.

2.2.7.3. Tipos de modelos para componentes.

Idealizar correctamente a componentes estructurales inelásticos lleva a seleccionar modelos los cuales representen el comportamiento no lineal. En la Figura 30 se muestra una comparación de tres tipos de modelos idealizados para simular la respuesta no lineal de una viga-pilar de hormigón armado.

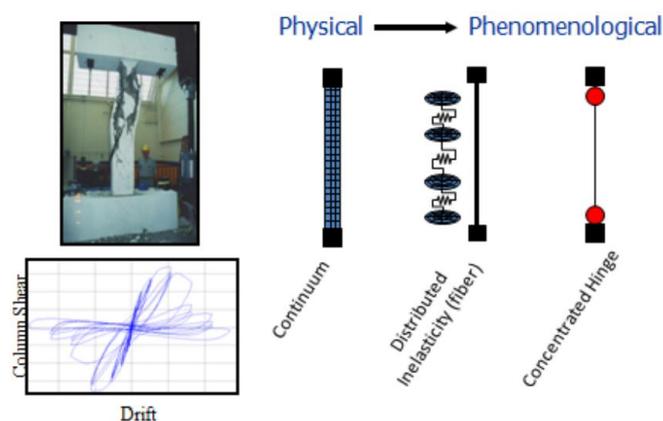


Figura 30. Comparación del Tipo de modelo de componentes no lineales.

Fuente: tomado de (PEER/ATC 72-1, 2010)

PEER/ATC 72-1 (2010), menciona de los tipos de modelos lo siguiente:

Los modelos continuos son los que recogen toda la información para su comportamiento a través de sus propiedades del material que representan, es decir, no requieren definiciones de la rigidez, la resistencia o la capacidad de deformación de los elementos para modelar la física subyacente de los materiales y elementos estructurales.

Los modelos de inelasticidad distribuida (fibra), suelen imponer algunas hipótesis de comportamiento (por ejemplo, que las secciones planas permanezcan planas) en combinación con la modelización explícita de la respuesta uniaxial del material. Además, se caracterizan porque capturan algunos aspectos del comportamiento de forma implícita, como la integración de las tensiones y deformaciones de flexión a través de la sección transversal y a lo largo del miembro, y otros efectos de forma explícita, como la definición de la respuesta efectiva de

tensión-deformación del hormigón en función del confinamiento.

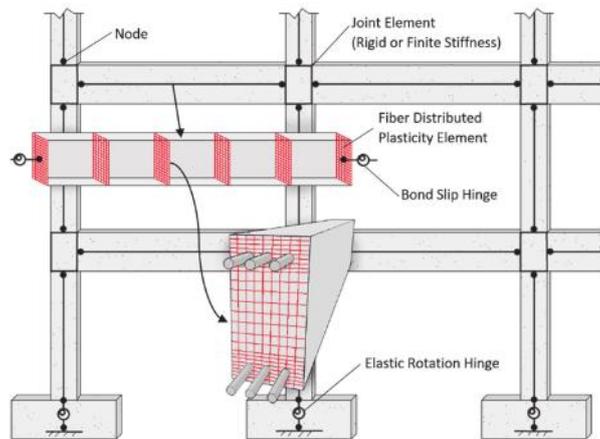


Figure 2-9 Illustrative analysis model for reinforced concrete moment frame.

Figura 31. Modelo de inelasticidad distribuida (FIBRA).

Fuente: tomado de (NIST GCR 17-917-46V1, 2017)

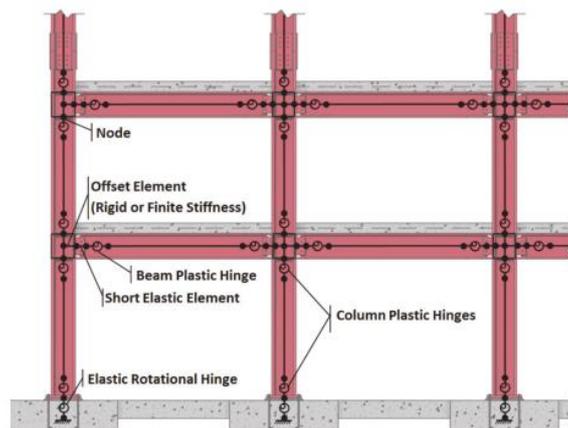


Figure 2-8 Illustrative analysis model for steel moment frame.

Figura 32. Modelo ilustrativo de plasticidad concentrada.

Fuente: tomado de (NIST GCR 17-917-46V1, 2017)

Los modelos de plasticidad concentrada se definen completamente por la descripción fenomenológica de la respuesta global de fuerza-deformación del componente. Por ejemplo, una bisagra concentrada puede representar la interacción fuerza-momento axial a través de una superficie de fluencia de la resultante de la tensión (P-M) con reglas de deformación inelástica que se asocian con el comportamiento observado y los datos de las pruebas histeréticas de los componentes viga-columna.

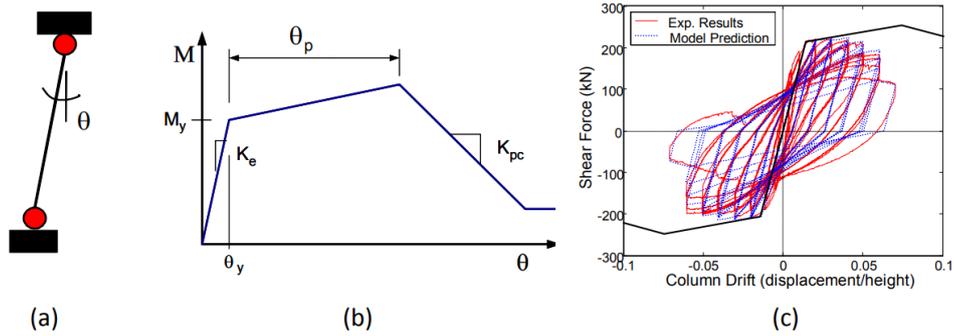


Figura 33. Ilustración de los componentes de modelado de una viga-columna de hormigón armado: a) modelo de bisagra inelástica; b) curva de la columna vertebral inicial (monótona) y c) modelo de respuesta cíclica (haselton et al.2008).

Fuente: tomado de (PEER/ATC 72-1, 2010)

El Fema 356 menciona que el comportamiento inelástico se alcanza mediante la integración de la deformación y la curvatura plásticas que se produce dentro de una longitud de bisagra, típicamente del orden de la profundidad del miembro (CSI, 2019).

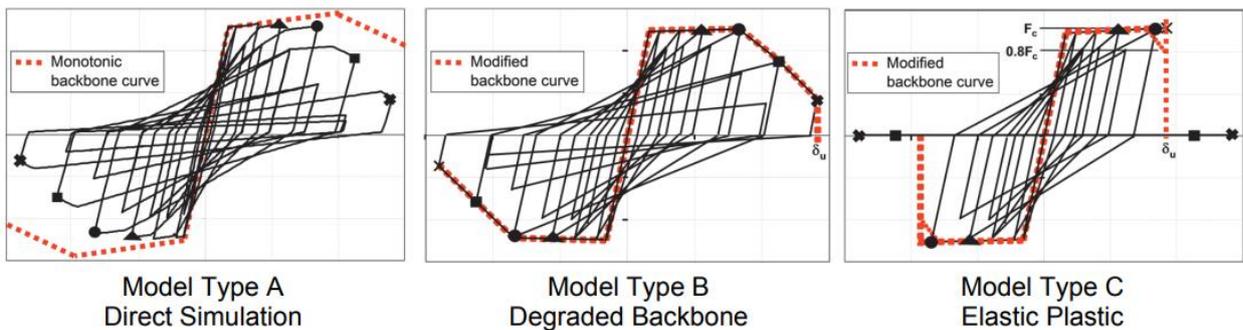


Figura 34. Ilustración de las tres opciones para el modelado de componentes analíticos, que muestra cómo se maneja el deterioro de la resistencia cíclica en cada caso (adaptado de PEER / ATC, 2010).

Fuente: tomado de (NIST GCR 17-917-46V1, 2017)

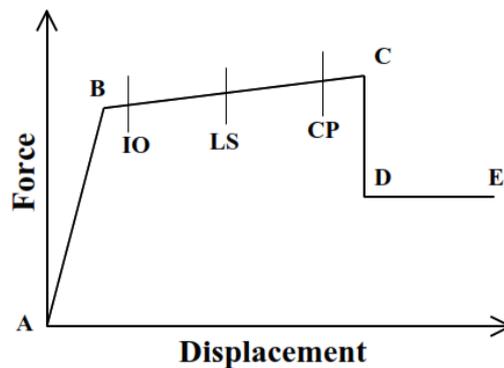


Figura 35. Curva fuerza-Desplazamiento de elementos "Hinge" en ETABS.

Fuente: CSI (2019)

Según, el Apéndice A. del ACI 318 (2019), para el modelo de rotula o plasticidad

concentrada a comparación del modelo de fibra o plasticidad distribuida, es necesario tener en cuenta las rigideces efectivas.

Tabla 11 Valores de la rigidez efectiva.

Componente		Axial	Flexión	Cortante
Vigas	no preesforzadas	$1.0E_c A_g$	$0.3E_c I_g$	$0.4E_c A_g$
	preesforzadas	$1.0E_c A_g$	$1.0E_c I_g$	$0.4E_c A_g$
Columnas con compresión causada por las cargas de diseño de gravedad ^[2]	$\geq 0.5A_g f'_c$	$1.0E_c A_g$	$0.7E_c I_g$	$0.4E_c A_g$
	$\leq 0.1A_g f'_c$ o con tracción	$1.0E_c A_g$ (compresión) $1.0E_c A_g$ (tracción)	$0.3E_c I_g$	$0.4E_c A_g$
Muros estructurales ^[3]	en el plano	$1.0E_c A_g$	$0.35E_c I_g$	$0.2E_c A_g$
	fuera del plano	$1.0E_c A_g$	$0.25E_c I_g$	$0.4E_c A_g$
Diafragmas (solo en el plano) ^[4]	no preesforzados	$0.25E_c A_g$	$0.25E_c I_g$	$0.25E_c A_g$
	preesforzados	$0.5E_c A_g$	$0.5E_c I_g$	$0.4E_c A_g$
Vigas de acople	con o sin refuerzo en diagonal	$1.0E_c A_g$	$0.07(l_d/h)E_c I_g$ $< 0.3E_c I_g$	$0.4E_c A_g$
Losas de cimentación	en el plano	$0.5E_c A_g$	$0.5E_c I_g$	$0.4E_c A_g$
	fuera del plano ^[5]		$0.5E_c I_g$	

^[1]Los valores tabulados para axial, flexión y cortante deben aplicarse simultáneamente al definir la rigidez efectiva de un elemento, a menos que se justifiquen combinaciones alternativas.

^[2]Para columnas con compresión axial entre los límites indicados, la rigidez a flexión debe determinarse por medio de interpolación lineal.

^[3]Los valores tabulados son adecuados cuando los miembros se modelan utilizando elementos tipo línea para representar sus propiedades.

^[4]Se debe permitir que los diafragmas se modelen como rígidos en su propio plano si esto no conduce a diferencias en los resultados de los análisis.

^[5]Los valores de rigidez dados para losas de cimentación dependen de las condiciones generales de la losa de cimentación.

Cuando los muros u otros miembros verticales imponen fuerzas suficientemente grandes, incluyendo fuerzas locales en aberturas locales de los muros debidas a la reversión de las fuerzas, los valores de rigidez deben disminuirse.

Fuente: tomado de Apéndice A. (ACI 318-19, 2019)

Cabe mencionar que, cada componente varía de acuerdo con su sección geométrica siendo los diagramas momento-curvatura representarse de acuerdo con uno de los tipos mostrados en la figura 36.

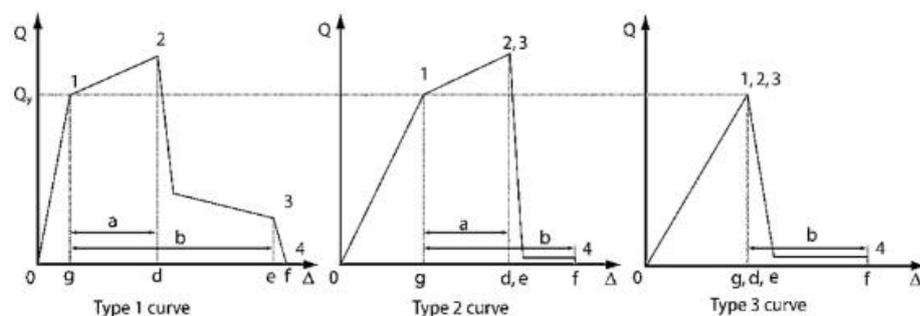


Figura 36. Tipos de curvas Fuerza-Deformación.

Fuente: tomado (ASCE/SEI 41, 2017)

Dado que la práctica actual para la modelización analítica tiende a basarse más en

modelos de componentes de plasticidad global (bisagra concentrada) y de inelasticidad distribuida (fibra), en esta tesis se realizarán los análisis dinámicos de la estructura teniendo en cuenta estos dos modelos.

2.7.2.4. Análisis dinámico no lineal.

En el análisis dinámico de sistemas no lineales se debe reconocer las fuerzas y deformaciones ya existentes en la estructura antes de la aparición de la excitación dinámica. Esto es necesario, en parte, para establecer la rigidez inicial de la estructura, que se requiere para iniciar el análisis dinámico (Chopra, 2014).

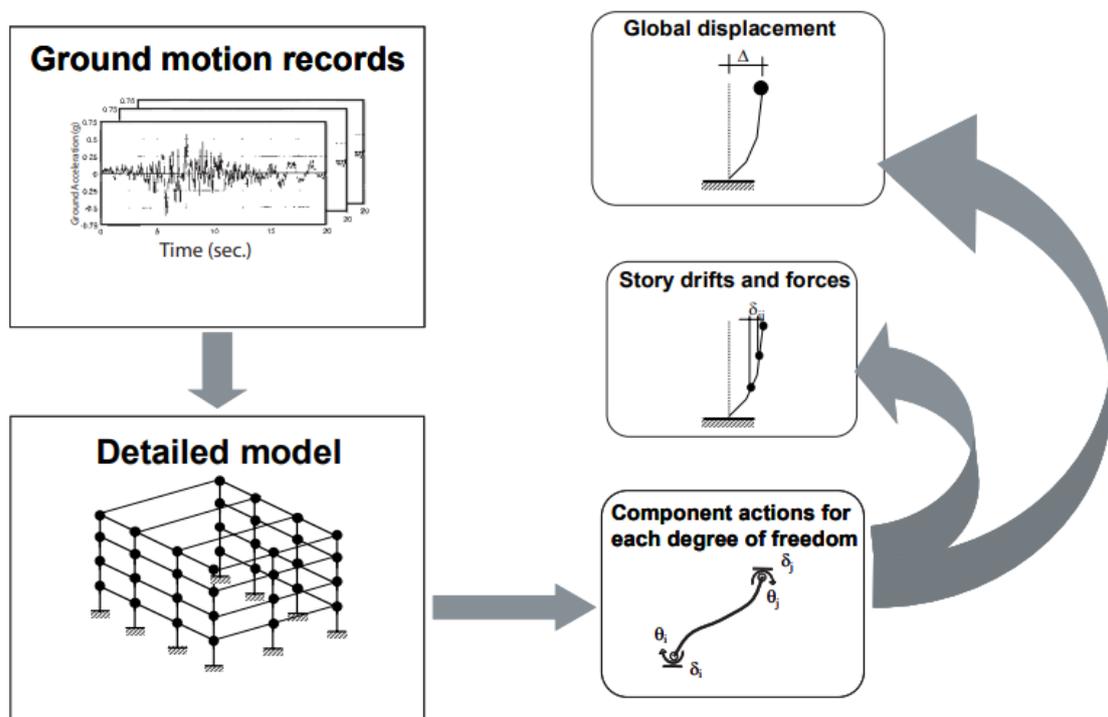


Figura 37. Proceso de análisis dinámico no lineal.

Fuente: (FEMA 440, 2005)

Son los análisis más complejos y pueden ser menos inciertos que otras técnicas, si las propiedades inelásticas no lineales de los componentes en el modelo estructural detallado son precisas y confiables (FEMA 440, 2005).

Chopra (2014) menciona que, las ecuaciones de equilibrio dinámico están dadas por:

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = r(t) \quad (12)$$

Siendo la misma expresión ya mencionada anteriormente:

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = -m\ddot{u}_s(t) \quad (2)$$

Donde K es la matriz de rigidez; c es la matriz de amortiguamiento; m es la matriz de masa diagonal; u , \dot{u} y \ddot{u} son los desplazamientos, velocidades y aceleraciones de la estructura; y r es la carga aplicada. Si la carga incluye la aceleración del suelo, los desplazamientos, las velocidades y las aceleraciones son relativos a este movimiento del suelo (CSI, 2019).

Si dividimos la ecuación (2) entre la masa la ecuación en el rango elástico queda definido por dos parámetros:

$$\ddot{u} + 2\zeta\Omega\dot{u} + \Omega^2u = -\ddot{u}_s \quad (13)$$

Donde:

$$\zeta = \frac{c}{c_{cr}}; c_{cr} = 2m\Omega = 2\sqrt{km}$$

- ζ = razón o relación de amortiguamiento critico
- Ω = frecuencia natural
- c_{cr} = coeficiente de amortiguamiento critico

Y en el rango inelástico queda definido por tres parámetros

$$\ddot{u} + 2\zeta\Omega\dot{u} \pm \frac{F_R}{m} = -\ddot{u}_s \quad (14)$$

$$\frac{F_R g}{m g} = \frac{F_R}{W} g$$

$$\frac{F_R}{W} = C$$

$$\ddot{u} + 2\zeta\Omega\dot{u} \pm Cg = -\ddot{u}_s \quad (15)$$

donde:

- ζ = razón o relación de amortiguamiento critico
- Ω = frecuencia natural
- C = coeficiente sísmico
- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

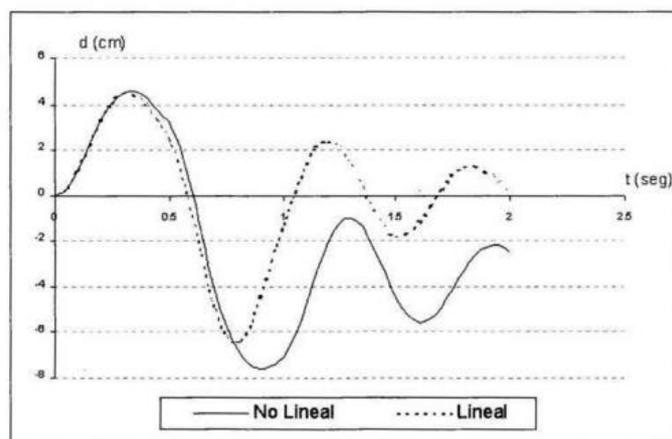


Figura 38. Desplazamientos del sistema lineal y no lineal, con modelo elastoplasto, del ejemplo analizado.

Fuente: tomado de (Chopra, 2014)

El análisis lineal y no-lineal dependen de las propiedades de los materiales, las mismas que son reflejadas a través del diagrama esfuerzo-deformación (Calderón y Morocho, 2020).

El análisis dinámico tiempo-historia es una forma de análisis dinámico en el que la respuesta de la estructura a un conjunto de movimientos del suelo se evalúa mediante la integración numérica de las ecuaciones de los movimientos. En el análisis dinámico no lineal, la matriz de rigidez de la estructura se modifica a lo largo del análisis para tener en cuenta los cambios en la rigidez de los elementos asociados con el comportamiento histerético y los efectos P-delta (ASCE 7-16, 2017). También, incluye el método FNA que es una aplicación modal (CSI, 2019).

Principios para el análisis tiempo-historia:

- Los análisis no lineales tiempo-historia deben respetar los principios establecidos por la dinámica estructural.
- Las capacidades y las características de los elementos estructurales no lineales deberán modelarse de manera consistente con datos experimentales o con análisis totalmente respaldados.
- La máxima respuesta inelástica en desplazamiento y fuerza no deberán ser reducidas y cumplirán con los requisitos establecidos.

2.2.8. Método por etapas de construcción.

La aplicación del método por etapas de construcción en una estructura es aquel

modelamiento, análisis y diseño de cada etapa constructiva, es decir, adicionando cada piso al modelo (Ayuque, 2015).



Figura 39. Construcción por etapas.

Fuente: Tomado de Google imágenes

Es un método en el cual se define la secuencia de construcción en las que se agregan o eliminan sistemas estructurales y patrones de carga, y se evalúan los comportamientos del tiempo, incluyendo fluencia, contracción, cambio en el módulo elástico y relajación del tendón. Este método puede ser parte de una secuencia de casos de carga de análisis tiempo-historia de integración directa o estática no lineal y para casos de carga lineal la rigidez estructural en una etapa de construcción determinada sirve como base para el análisis (CSI, 2019).

El método por etapas de construcción permite evaluar por separado cada estado, o el conjunto analizando las envolventes y combinaciones, obteniendo respuestas donde el comportamiento del modelo la estructura sea más realista. La envolvente reúne la mayor cuantía de acero diseñada para cada piso según su etapa constructiva, haciendo que la estructura responda adecuadamente en cualquier etapa de construcción frente a un sismo (Ayuque, 2015).

Además, Ayuque (2015), menciona que, las rotaciones o desplazamientos verticales producidos en los pisos construidos no generan esfuerzos sobre los pisos superiores que faltarían construir. Debido a que:

- * La construcción de las columnas son lo más verticales posibles lo cual corrige la rotación del nudo de la columna del siguiente nivel.

- * Las vigas son construidas a un nivel a la cual mantienen su horizontalidad lo que compensa la deformación axial que podría sufrir las columnas.

La finalidad del análisis por etapas es representar adecuadamente el proceso de construcción sin tener que sufrir la acumulación de desplazamientos poco realistas en la longitud total del edificio (Ferreira, 2008).

2.2.9. Balance energético en estructuras.

Un diseño sísmico adecuado permite que, gracias al comportamiento inelástico de los materiales, la estructura tenga una alta capacidad de disipar la energía que ingresa, afectándola, pero sin que esta colapse ante la acción de un sismo severo (Genatios y Lafuente, 2016).

Al integrar la ecuación del movimiento de un sistema inelástico se tiene:

$$\int_0^u m\ddot{u}(t) du + \int_0^u c\dot{u}(t) du + \int_0^u f_s(u) du = - \int_0^u m\ddot{u}_g(t) du \quad (16)$$

La ecuación de balance de energías para una estructura puede expresarse como lo indica la siguiente ecuación:

$$E_K(t) + E_D(t) + E_S(t) + E_Y(t) = E_I(t) \quad (17)$$

Donde:

- E_K = Es la energía cinética absoluta
- E_D = Es la energía disipada por amortiguamiento
- E_S = Es la energía de deformación elástica (recuperable)
- E_Y = Es la energía disipada por efectos de deformación inelástica de los materiales
- E_I = Es la energía introducida por las cargas dinámicas externas (sísmicas o de viento).

En la figura 40 se muestra que, en algún momento, la estructura disipa toda la energía que se le suministra mediante el amortiguamiento viscoso y la cedencia. Esto indica el hecho de que la energía cinética y la energía de deformación recuperable disminuye cerca del final de la vibración del terreno. En sistemas inelásticos el amortiguamiento viscoso disipa una menor energía, y en esta figura también indica que la entrada de energía a un sistema lineal y a un sistema inelástico, ambos con los mismos τ y ζ no son iguales. Además, la energía de entrada varía con T para ambos sistemas (Chopra, 2014).

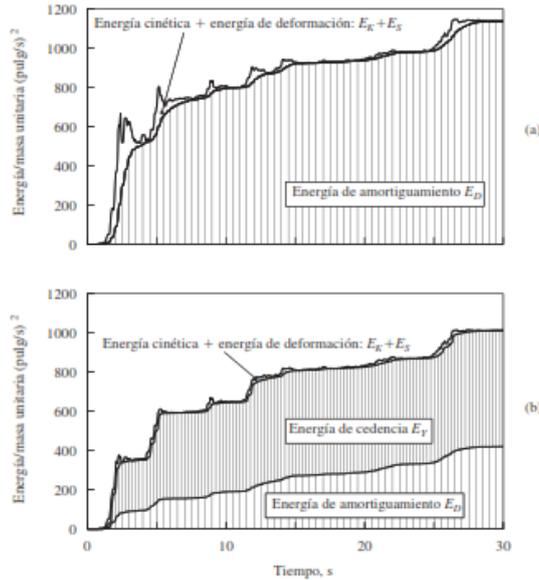


Figura 40. Energía disipada; a) sistema lineal, $T=0.5$ s, $\zeta=5\%$ b) sistema elastoplástico, $T=0.5$ s, $\zeta=5\%$, $\bar{f}_y=0.25$.

Fuente: Tomado de (Chopra, 2014)

2.3. Definición de términos básicos

Espectro Objetivo: Espectro de aceleraciones que caracteriza el peligro sísmico de un lugar y se utiliza para el escalamiento de registros sísmicos. (Aguilar, 2019, p. 46)

FEMA 356: Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings (Prestandar y comentarios para la Rehabilitación Sísmica de edificios) (FEMA 356, 2000).

Rótula plástica: Zonas de un elemento estructural que pueden desarrollar deformaciones inelásticas y disipar energía (INPRES-CIRSOC 103).

Deriva de entrepiso: Deflexión horizontal relativa entre pisos consecutivos. (Aguilar, 2019, p. 46)

Viga en voladizo: Es un rígido elemento estructural, como una Haz o una placa, anclada en un extremo a un soporte (generalmente vertical) del que sobresale; esta conexión también podría ser perpendicular a una superficie vertical plana, como una pared (FEMA 356, 2000).

Grados de libertad: El grado de libertad es definido como el número de desplazamientos independientes requerido para definir las posiciones desplazadas de todas las masas relativas a sus posiciones originales. (Goytia y Villanueva, 2001, p. 2)

Epicentro: Punto que se encuentra en la superficie de la tierra inmediatamente por encima del foco. (Goytia y Villanueva, 2001, p. 2)

Hipocentro: Foco sísmico o fuente, es el punto o grupo de puntos subterráneos desde donde se origina el sismo. (Goytia y Villanueva, 2001, p. 2)

Sismo de diseño: Es la caracterización de los movimientos sísmicos en un sitio dado que deben utilizarse en la realización del diseño sismo resistente. (Goytia y Villanueva, 2001, p. 2)

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

En la investigación se ha considerado para la evaluación de la respuesta estructural considerando el efecto de la construcción por etapas, el edificio multifamiliar de 5 niveles, el cual está ubicado en la provincia, distrito y departamento de Cajamarca.



Figura 41. Ubicación del Edificio multifamiliar en coordenadas UTM WGS 84.

3.2. Época de investigación

La investigación se ha realizado desde noviembre del 2021 hasta mayo del 2022. Cabe aclarar que ese periodo se destinó a analizar el modelo estructural de la edificación, al procesamiento de los resultados y la elaboración del informe.

3.3. Procedimiento

3.3.1. Descripción de la edificación en estudio.

Su configuración estructural se compone por pórticos en la dirección “X” y albañilería confinada en la dirección “Y”, tiene 93.60 m² de área techada en los 5 niveles y en la azotea 6.2 m², siendo un total de 474.20m².

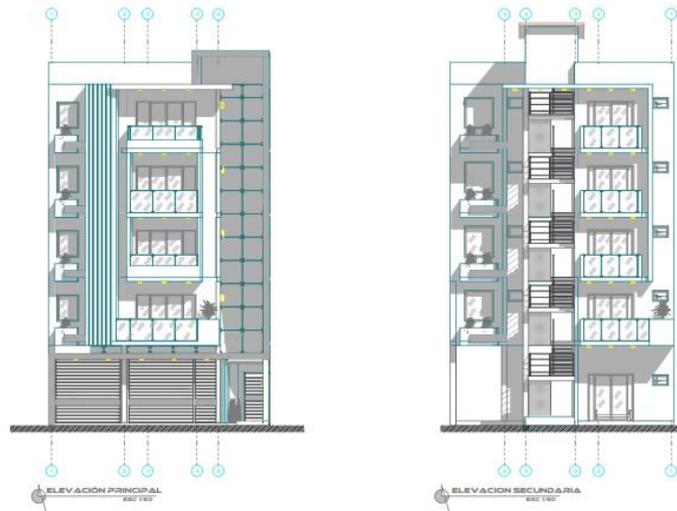


Figura 42. Fachadas del edificio multifamiliar.

Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto

Las cargas a las que va a estar sometido el edificio se han calculado teniendo en cuenta la norma E-020: Cargas, del Reglamento Nacional de Edificaciones (ver Anexo 3).

3.3.2. Estimación de la respuesta estructural.

La respuesta estructural de la edificación en estudio ha sido evaluada por medio de los siguientes indicadores: aceleración, velocidad, desplazamiento, fuerzas de diseño, deformaciones y las distorsiones de entrepiso, las cuales se comparan según la metodología del esquema a continuación.

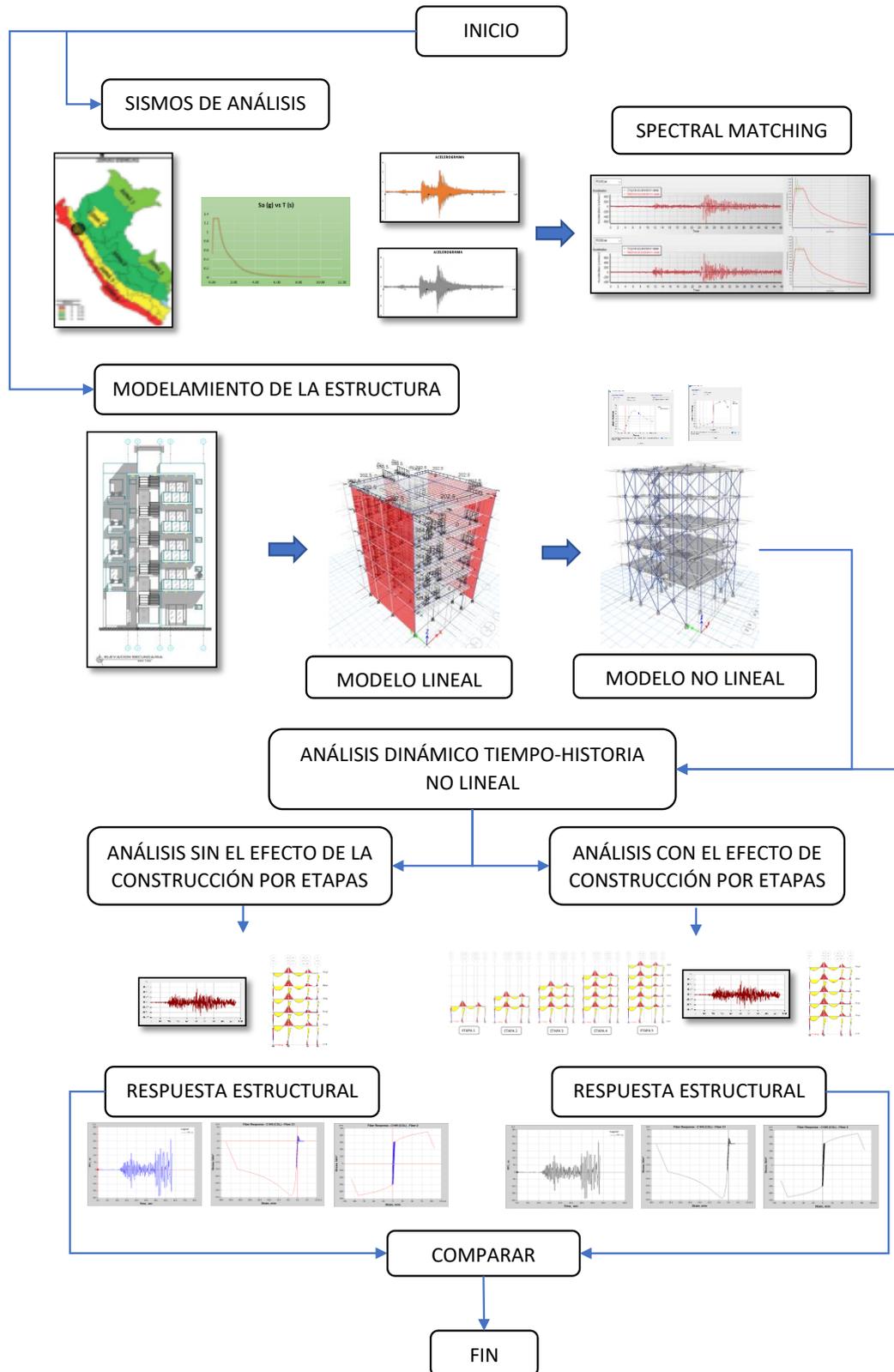


Figura 43. Esquema general de la metodología.

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.1. Cálculo del periodo fundamental.

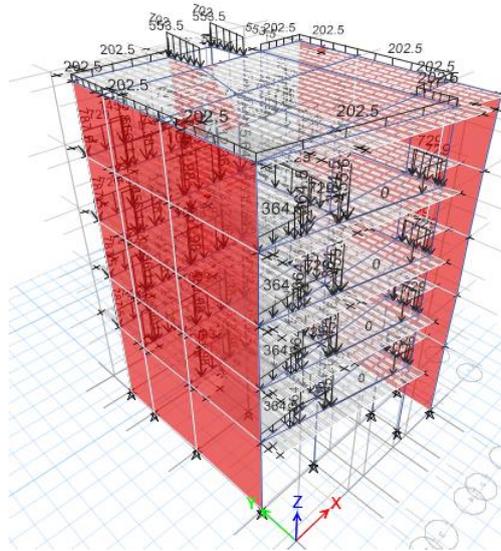


Figura 44. Modelo Lineal del edificio multifamiliar.

Fuente: Captura del Software Etabs

Tabla 12 Periodos de los modos de vibración de la estructura.

MODO	PERIODO (s)
1	0.665
2	0.247
3	0.239
4	0.210
5	0.116
6	0.082
7	0.077
8	0.073
9	0.066
10	0.039
11	0.036
12	0.028
13	0.025
14	0.023
15	0.020

Fuente: tomado de Etabs.

Se obtuvo como periodos fundamentales 0.665 y 0.239 segundos en las direcciones NS y EO respectivamente a los cuales se les afectó con los factores dados por la norma 0.2 y 1.5, para obtener 0.048 a 0.998 segundos, como el rango de periodos donde se verificará que el promedio de los valores espectrales SRSS no sean menores que el espectro de diseño. Estos datos se muestran en el Anexo 4.

3.3.2.2. Peligro sísmico en la zona de estudio.

El espectro de respuesta que caracteriza el peligro sísmico de la zona de estudio para diferentes periodos de retorno se ha determinado según la norma E.030.

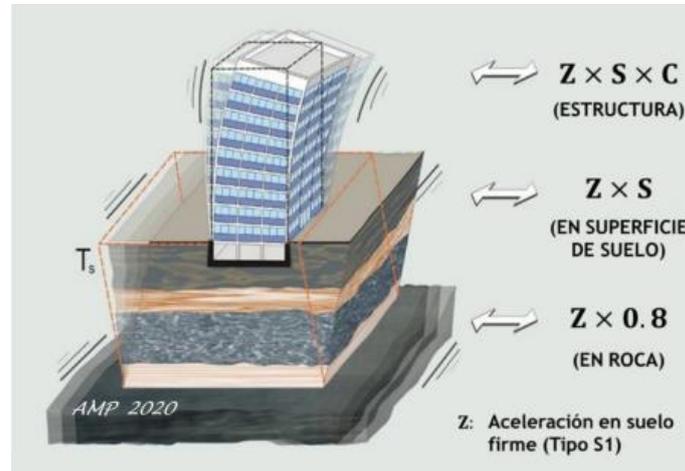


Figura 45. Interpretación sencilla de los factores de Z, S Y C.

Fuente: Tomado de (Muñoz, 2020)

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot g \quad (18)$$

Donde:

- S_a = Aceleración espectral.
- Z = Factor de zona.
- U = Factor de Uso.
- C = Factor de amplificación sísmica.
- S = Factor de suelo.
- R = Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas sísmicas ($R=1$)
- g = Aceleración de la gravedad (9.81m/s^2)

a. *Factor de Zona (Z).*

A las 4 zonas (Figura 46) del territorio peruano se le asignaron un factor de Zona (Z), que se la interpreta como la aceleración máxima en un suelo rígido (suelo tipo S1) que tiene 10 % de probabilidad de ser superada en 50 años.



Figura 46. Zonas Sísmicas.

Fuente: Tomado del RNE. (E-030)

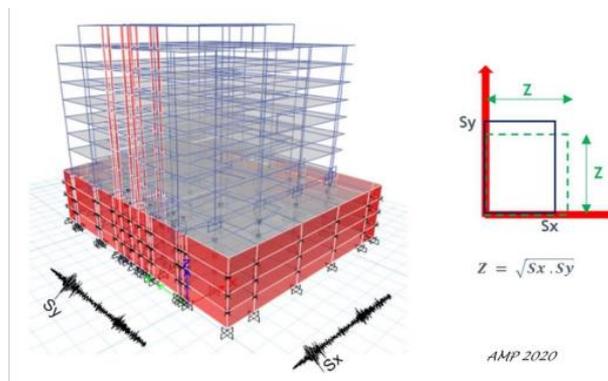


Figura 47. Interpretación del factor Z.

Fuente: Tomado de (Muñoz, 2020)

Siendo Z la media geométrica de dos aceleraciones ortogonales máximas asociadas a un evento sísmico de 475 años de periodo de retorno (Muñoz, 2020).

b. Factor de Uso (U).

Es una amplificación artificial en las sollicitaciones sísmicas, incrementa la resistencia lateral, aumentando el rango elástico sin daño en sismos moderados y se reducen las demandas de ductilidad de los sismos severos. Cada estructura pertenece a una categoría determinada y el factor de uso es dependiente de dicha categoría y esta amplificación logra una mayor rigidez en estructuras esenciales o importantes (Muñoz, 2020).

Tabla 13 Factor de uso.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR <i>U</i>
	A1: Establecimientos del sector salud (publicos y privados) del segundo a tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellos edificaciones que puedan servir de refugio despues de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de Salud no comprendidos en la categoria A1 - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policia. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamieto de agua. - Instalaciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes horos, fabricas y depósitos de materiales - Edificios que almacenen archivos e informacion esencial del Estado 	1.5
A Edificaciones Esenciales		
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reunen gran cantidad de personas tales como cines,teatros, estados, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. tambien se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: tomado del RNE.

c. Factor de Amplificación Sísmica (C).

La aceleración máxima que alcanzaría en un terremoto una estructura elástica de un grado de libertad tanto de la aceleración que recibe en su base, como de su periodo fundamental (T). El cociente entre el valor máximo de la aceleración en la estructura y el valor pico de la aceleración en su base, se denomina factor de amplificación (Muñoz, 2020).

De acuerdo con lo indicado en el Norma E.030 para la generación de registros simulados se tiene en consideración las siguientes expresiones para la generación del espectro de respuesta.

$$T < 0,2 T_p \quad C = 1 + 7,5 * \left(\frac{T}{T_p} \right) \quad (19)$$

$$T < T_L \quad C = 2.5 \quad (20)$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right) \quad (21)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right) \quad (22)$$

d. *Parámetros de Sitio (S, TP Y TL).*

El factor S se interpreta como un factor de modificación de la aceleración pico del suelo para un perfil determinado respecto al perfil Tipo S1; por tanto, el producto ZS viene a ser la aceleración máxima en la superficie en cada zona sísmica y tipo de suelo (Muñoz, 2020).

Tabla 14 Parámetros de Sitio-Factor de suelo “S”.

ZONA	SUELO			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₁	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₂	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₃	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₄	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: tomado del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 15 Parámetros de Sitio-Periodos “T_p” y “T_L”.

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
T _L (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: tomado del Reglamento Nacional de Edificaciones.

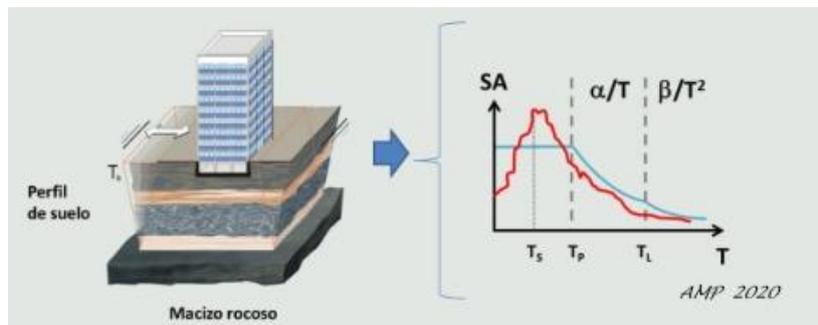


Figura 48. Interpretación del factor S.

Fuente: Tomado de (Muñoz, 2020)

Parámetros sísmicos para la construcción del espectro de respuesta según norma E.030

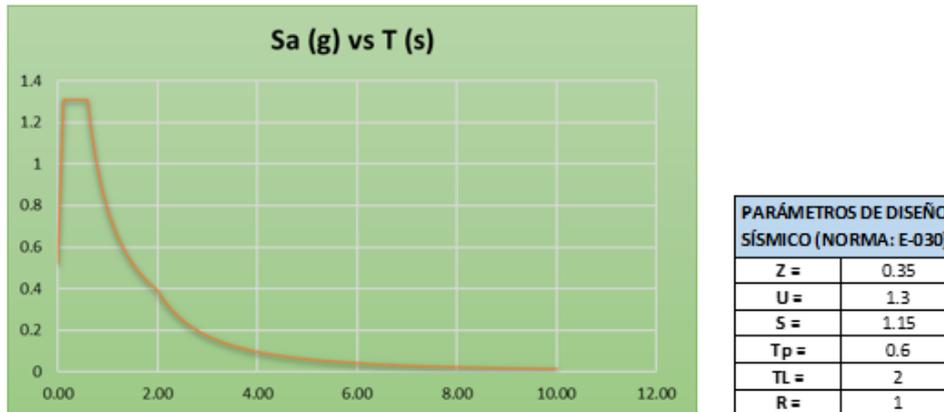


Figura 49. Espectro objetivo según RNE. (E.030).

Fuente: Elaboración propia

El espectro de la figura caracteriza a un espectro de sismo máximo según el ATC 40, ya que se consideró un factor de uso o importancia igual a $U=1.3$ (Mosqueira, 2015).

3.3.2.3.Registros sísmicos.

En esta investigación se utilizó registros de sismos (cada uno con componentes horizontales NS y EW) ocurridos alrededor de la ciudad de Cajamarca, con el objetivo de tener características similares del comportamiento del suelo en la ciudad de estudio.

Estos registros sísmicos seleccionados se obtuvieron de la base de datos de La Red Acelerográfica CITDI (Centro de Investigación en Transformación Digital en Ingeniería), el cual procesa la información en 4 fases, las cuales fueron incluidas en el desarrollo del programa SIPA (Sistema Inteligente para Procesamiento Acelerográfico).

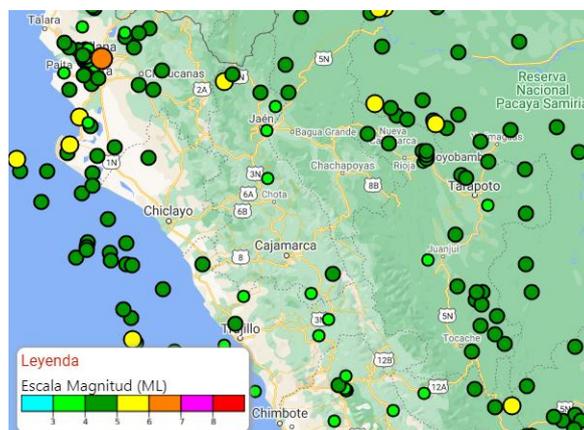


Figura 50. Sismos registrados a los alrededores de Cajamarca.

Fuente: Tomado de la página del IGP

De los registros procesados por CITDI se consideraron 7 registros de sismos más próximos a la ciudad de Cajamarca, ya que estos contienen el comportamiento característico del suelo la ciudad; asimismo, cabe mencionar que los 7 registros tienen una magnitud entre 3ML a 6ML (ver Anexo 2).

Tabla 16 Datos de registros sísmicos.

SISMO N°	Ubicación	Profundidad (Km)	Magnitud (ML)	Referencia
1	LAT: -5.18°, LONG: -79.22°	25	5.2	26 Km al Oeste de San ignacio, San ignacio - Cajamarca
2	LAT: -5.31°, LONG: -78.8°	26	4.1	29 Km al Oeste de San ignacio, San ignacio - Cajamarca
3	LAT: -7.26°, LONG: -79.46°	58	4.5	6 km al SO de Chepen, Chepen - La Libertad
4	LAT: -7.94°, LONG: -79.09°	85	4.2	20 km al N de Trujillo, Trujillo - La Libertad
5	LAT: -7.60°, LONG: -78.23°	12	3.6	21 km al Oeste de Cajabamba, Cajabamba - Cajamarca
6	LAT: -7.37°, LONG: -77.98°	20	4.5	21 km al Este de San Marcos, San Marcos - Cajamarca
7	LAT: -5.44°, LONG: -77.5°	20	5.2	58 km al Noreste de Jumbilla, Bongara - Amazonas

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.4. Escalamiento de registros sísmicos- spectral matching.

Para obtener los registros simulados se tomaron a los 7 pares de registros sísmicos antes mencionados los cuales se procesaron en el programa seismomatch 2021 teniendo en cuenta el espectro de la norma y un rango de periodos.

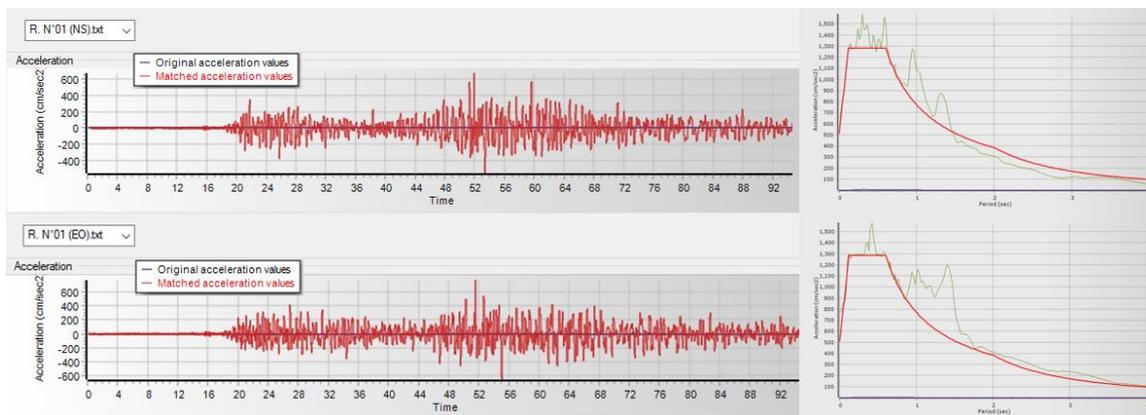


Figura 51. Registro sísmico N°01- Spectral Matching.

Fuente: tomado de SeismoMatch 2021

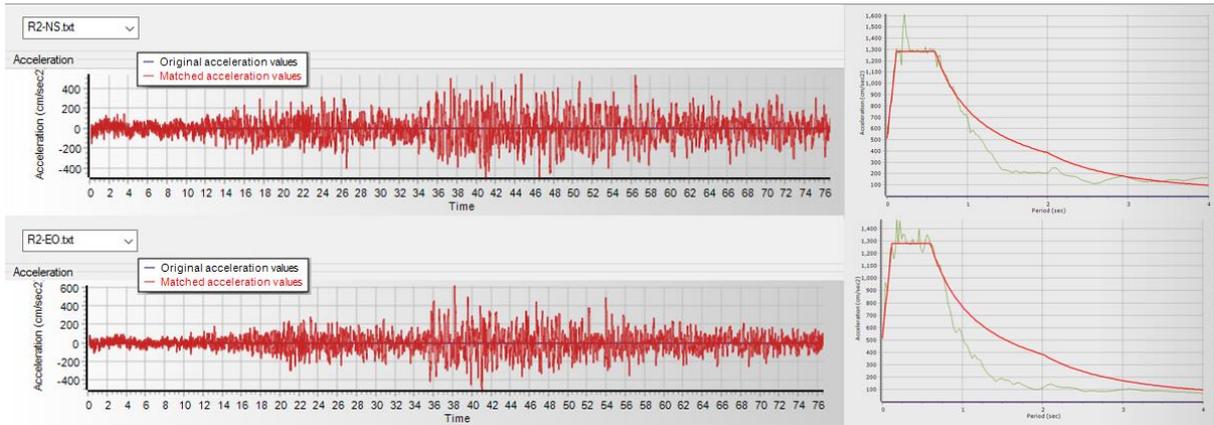


Figura 52. Registro sísmico N°02- Spectral Matching.

Fuente: tomado de SeismoMatch 2021

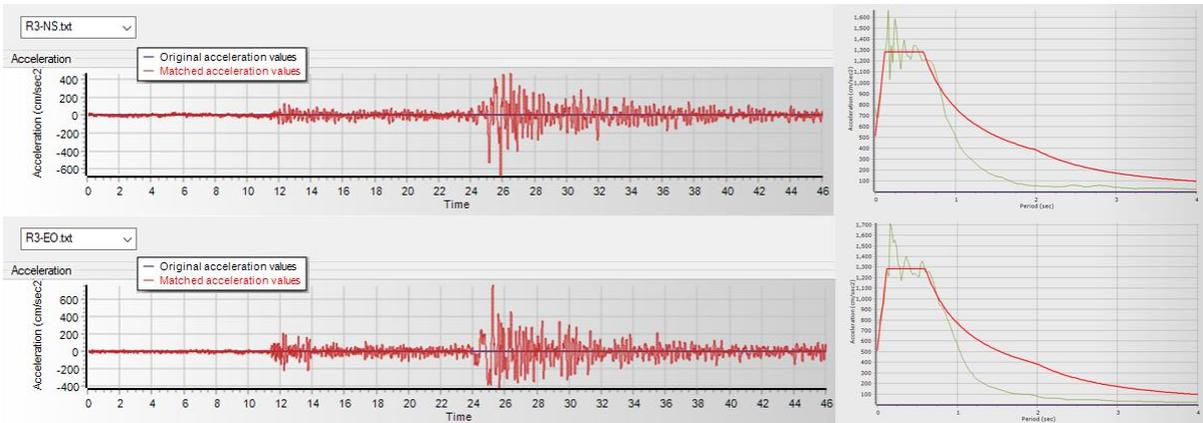


Figura 53. Registro sísmico N°03- Spectral Matching.

Fuente: tomado de SeismoMatch 2021

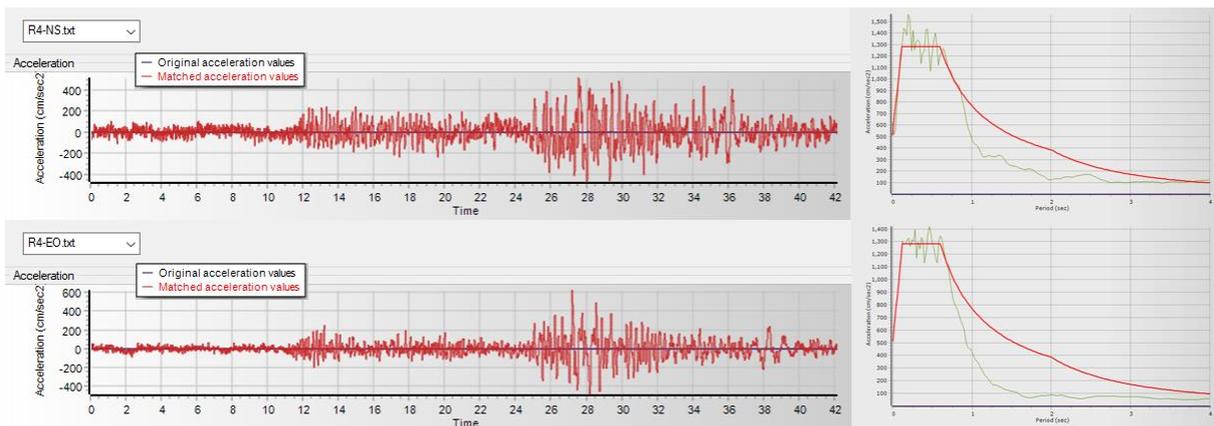


Figura 54. Registro sísmico N°04- Spectral Matching.

Fuente: tomado de SeismoMatch 2021

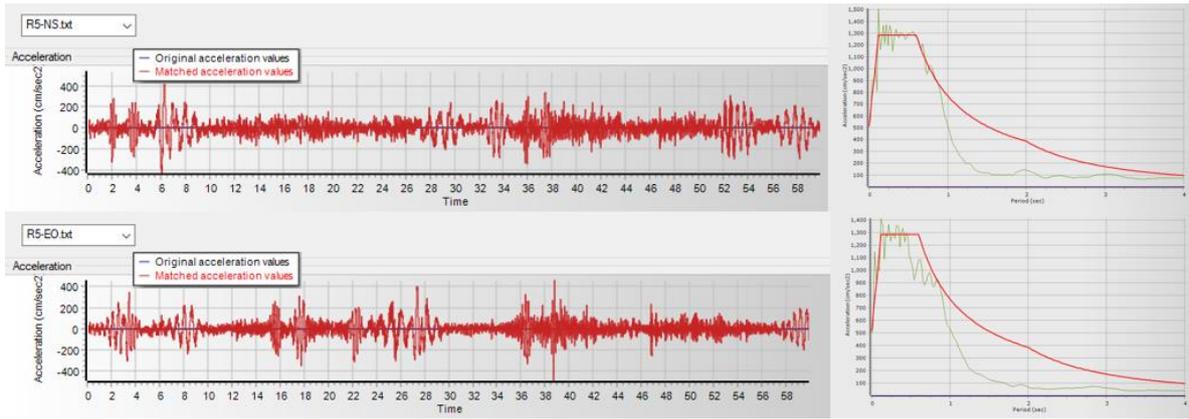


Figura 55. Registro sísmico N°05- Spectral Matching.

Fuente: tomado de SeismoMatch 2021

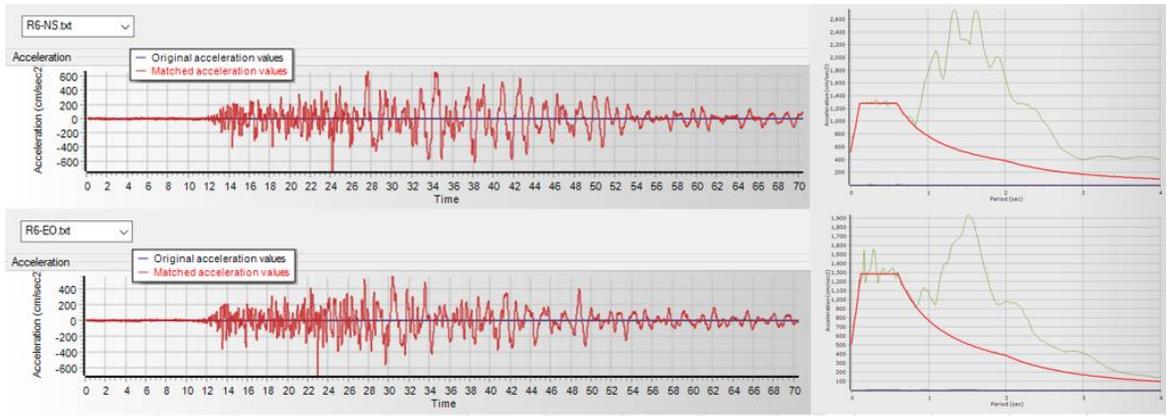


Figura 56. Registro sísmico N°06- Spectral Matching.

Fuente: tomado de SeismoMatch 2021

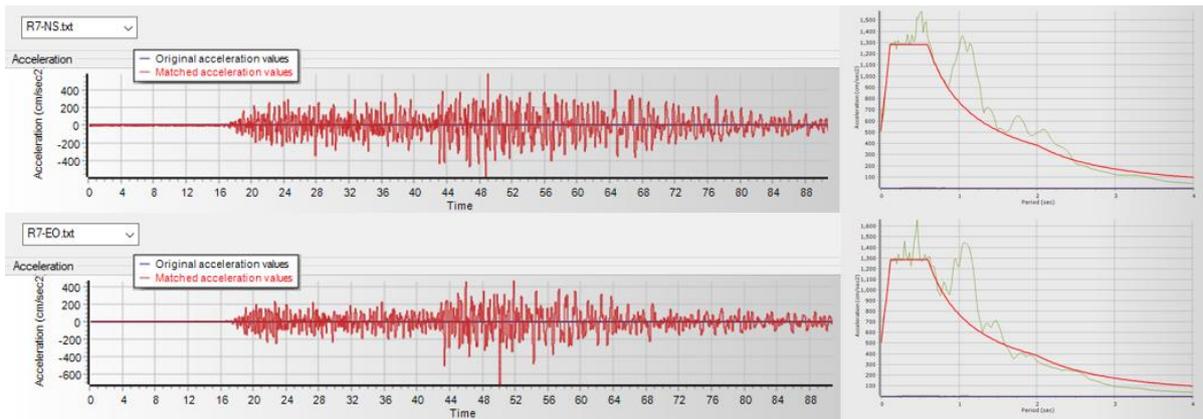


Figura 57. Registro sísmico N°07- Spectral Matching.

Fuente: tomado de SeismoMatch 2021

3.3.2.5. Modelo computacional de la edificación.

A. Modelo no lineal de la edificación.

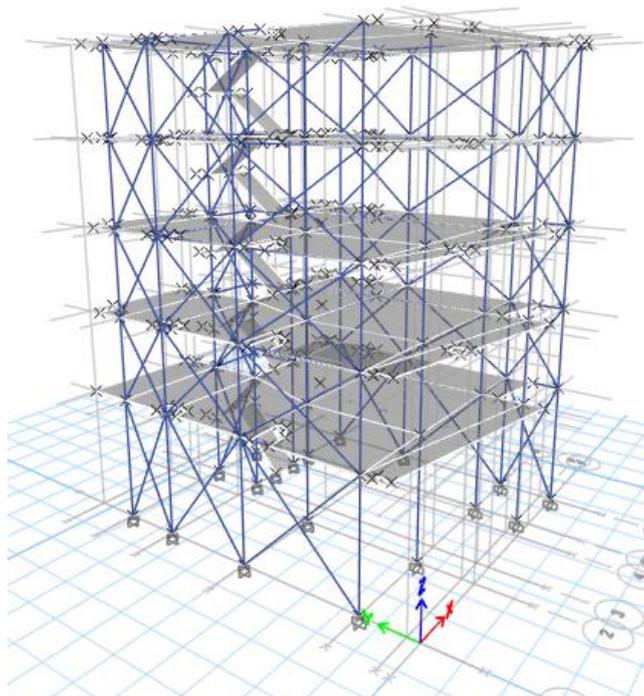


Figura 58. Modelo No Lineal del edificio multifamiliar.

Fuente: tomado de Etabs.

Para obtener el modelo completo de la edificación se procedió a calcular las dimensiones de los puntales equivalentes de los muros de albañilería, en el anexo 1 se muestra el procedimiento para hallar las dimensiones que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 17 Dimensiones de Puntal equivalente de muros en el modelo no lineal.

	MURO	MURO			RIGIDEZ LATERAL		PUNTALEQUIVALENTE	
		h (m)	L (m)	e (m)	RL TEORICO	RL PE	a (cm)	e (m)
1er Piso	M1	3.45	1.35	0.13	7855.65	8384.13	86	0.13
	M2	3.3	3.6	0.13	7915.10	7889.67	107	0.13
	M3	3.3	3.4	0.13	7915.10	8053.28	106	0.13
	M4	3.3	2.5	0.13	7915.10	7910.05	91	0.13
	M5	3.3	2.4	0.13	7915.10	7939.32	90	0.13
	M6	3.3	1.27	0.23	14003.64	13656.07	76	0.23
	M7	3.3	1.37	0.13	7915.10	8175.72	81	0.13
2do-5to Piso	M1 (2)	2.65	1.35	0.23	13463.29	13931.68	65	0.23
	M2 (2)	2.5	3.6	0.13	8345.46	7050.02	96	0.13
	M3 (2)	2.5	3.4	0.23	14765.05	13562.30	90	0.23
	M4 (2)	2.5	2.5	0.23	14765.05	13096.97	73	0.23
	M5 (2)	2.5	2.4	0.23	14765.05	12991.40	71	0.23
	M6 (2)	2.5	1.27	0.23	14765.05	13393.57	59	0.23
	M7 (2)	2.5	1.37	0.13	8345.46	7956.72	63	0.13

Fuente: Elaboración propia.

B. Propiedades no lineales de componentes.

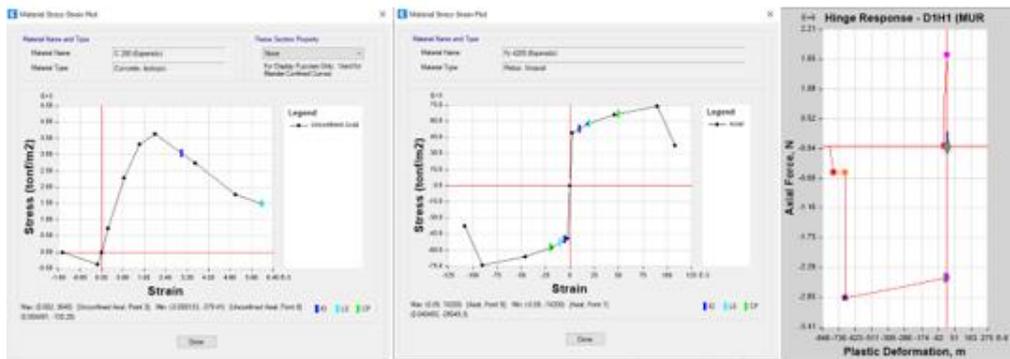


Figura 59. Propiedades no lineales de materiales usados en el modelo.

Fuente: tomado de Etabs.

Asignación de rótulas plásticas en vigas.

Se empleará la metodología propuesta por el ASCE 41-13, que usa el diagrama momento rotación.

The screenshot shows the 'Auto Hinge Assignment Data' dialog box. It contains several sections for configuring the hinge assignment. The 'Auto Hinge Type' is set to 'From Tables In ASCE 41-13'. The 'Select a Hinge Table' is set to 'Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i'. The 'Degree of Freedom' is set to 'M3'. The 'V Value From' is set to 'Case/Combo' with 'Dead' selected. The 'Transverse Reinforcing' section has 'Transverse Reinforcing is Conforming' checked. The 'Reinforcing Ratio (p - p') / pbalanced' is set to 'From Current Design'. The 'Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity' is set to 'Drops Load After Point E'. There are 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

Figura 60. Asignación de rótulas plásticas (ASCE 41-13).

Fuente: tomado de Etabs.

Asignación de fibras en columnas.

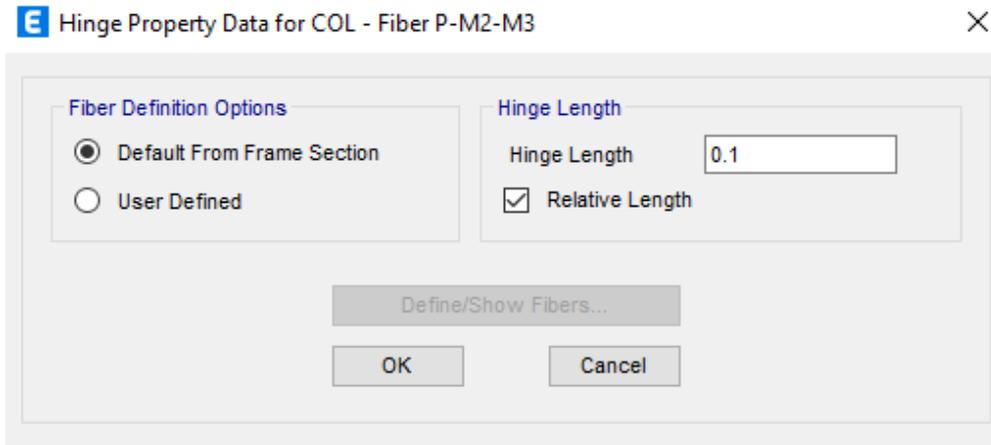


Figura 61. Creación manual de fibras para columnas.

Fuente: tomado de Etabs.

Asignación de rótula axial en puntales equivalentes de muros.

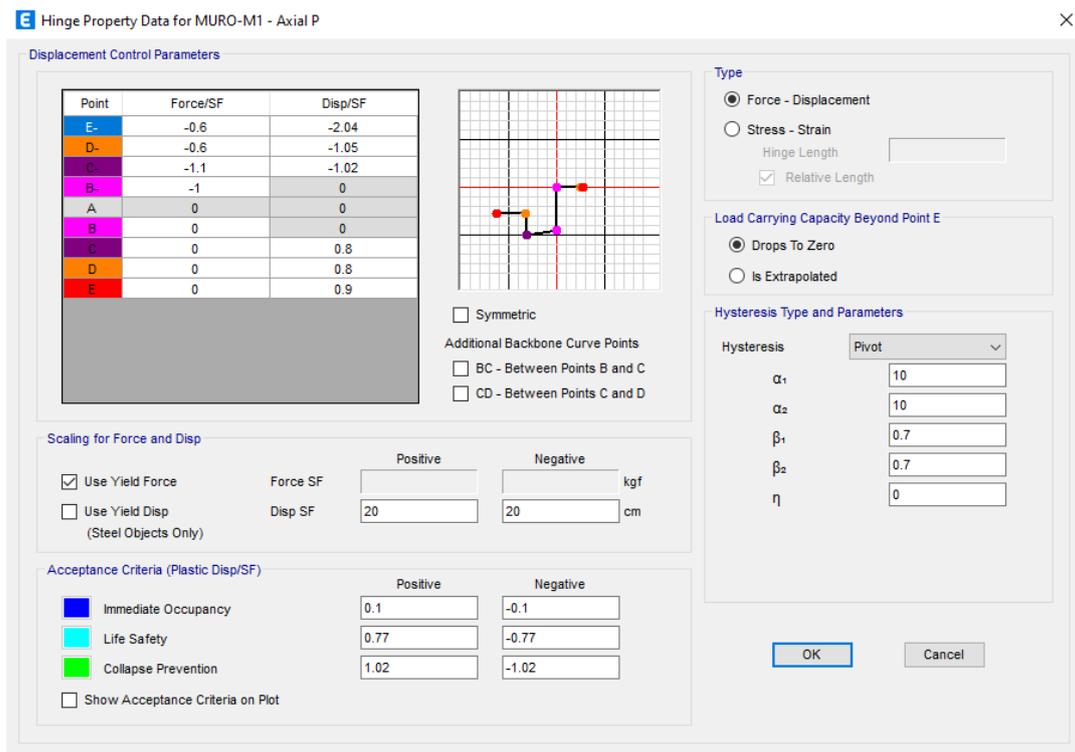


Figura 62. Asignación de rótula axial para puntales equivalentes de muros.

Fuente: tomado de Etabs.

Tabla 18 Criterios de aceptación para muros.

	MURO					Criterio de aceptación			
	heff (m)	L (m)	c (%)	d (%)	e (%)	IO (%)	LS (%)	CP (%)	
1er Piso	M1	3.45	1.35	0.60	1.02	2.04	0.10	0.77	1.02
	M2	3.3	3.6	0.60	0.37	0.73	0.10	0.28	0.37
	M3	3.3	3.4	0.60	0.39	0.78	0.10	0.29	0.39
	M4	3.3	2.5	0.60	0.53	1.06	0.10	0.40	0.53
	M5	3.3	2.4	0.60	0.55	1.10	0.10	0.41	0.55
	M6	3.3	1.27	0.60	1.04	2.08	0.10	0.78	1.04
	M7	3.3	1.37	0.60	0.96	1.93	0.10	0.72	0.96
2do-5to Piso	M1 (2)	2.65	1.35	0.60	0.79	1.57	0.10	0.59	0.79
	M2 (2)	2.5	3.6	0.60	0.28	0.56	0.10	0.21	0.28
	M3 (2)	2.5	3.4	0.60	0.29	0.59	0.10	0.22	0.29
	M4 (2)	2.5	2.5	0.60	0.40	0.80	0.10	0.30	0.40
	M5 (2)	2.5	2.4	0.60	0.42	0.83	0.10	0.31	0.42
	M6 (2)	2.5	1.27	0.60	0.79	1.57	0.10	0.59	0.79
	M7 (2)	2.5	1.37	0.60	0.73	1.46	0.10	0.55	0.73

Fuente: Elaboración propia.

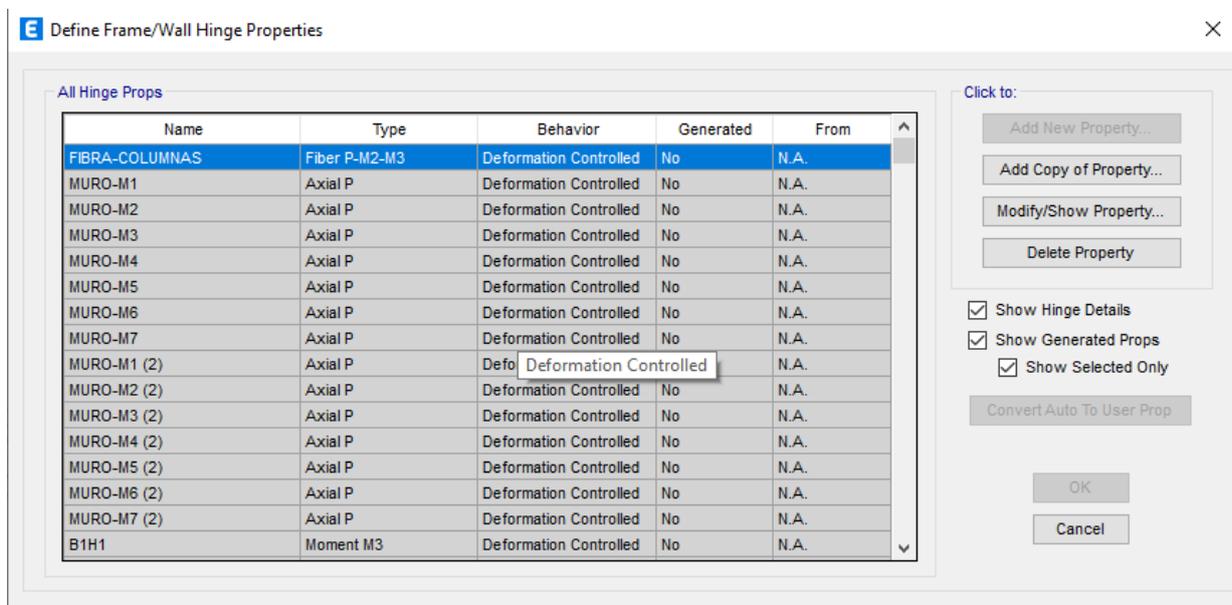


Figura 63. Definir propiedades de Hinge para muros.

Fuente: tomado de Etabs.

3.3.2.6. Análisis dinámico no lineal.

Se utilizó el análisis dinámico no lineal para hallar la respuesta estructural del edificio de 5 niveles. Los análisis se realizaron considerando un 95% (dirección NS) y 37.5% (dirección EO), ya que la dirección NS es la dirección donde los efectos de la construcción por etapas son considerables y son los factores para cumplir con la normativa E.030 (ver Anexo 4).

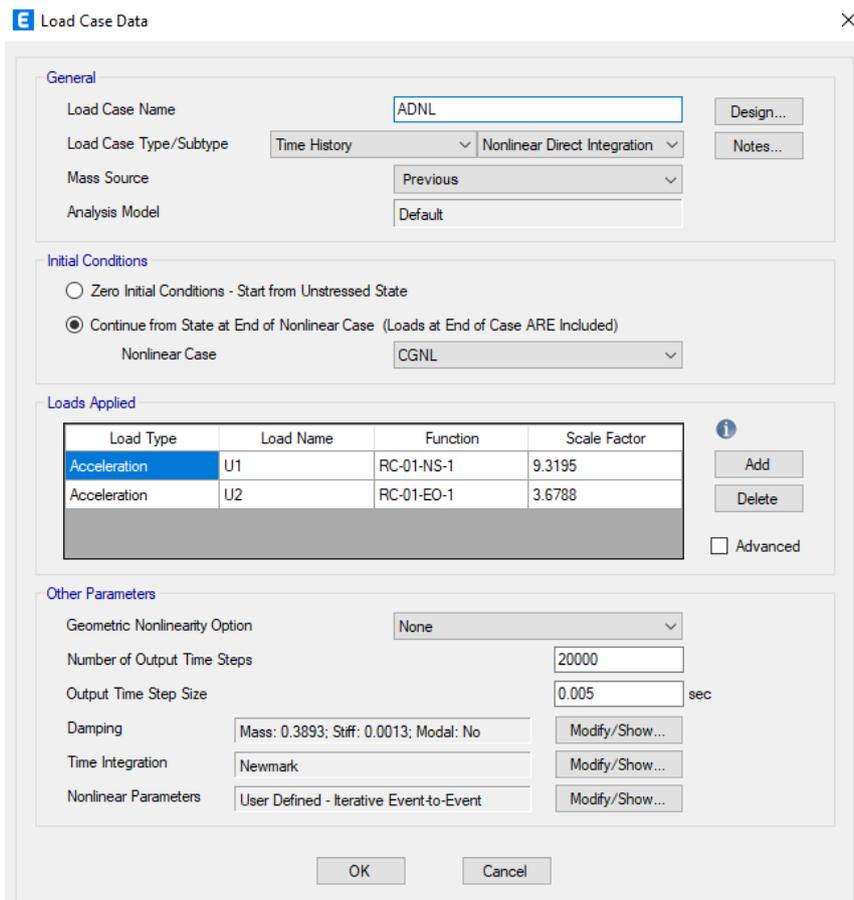


Figura 64. Creación del caso Análisis tiempo historia no lineal por integración directa.

Fuente: tomado de Etabs.

3.4. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados

3.4.1. Tipo de investigación.

Investigación aplicada.

3.4.2. Tipo de análisis.

El análisis realizado en esta investigación es del tipo Descriptivo- Cuantitativo, ya que para cuantificar, analizar y contrastar los resultados se tuvo que ingresar las propiedades de la edificación; asimismo, ciertas consideraciones teóricas para acercarnos al comportamiento real de la edificación.

3.4.3. Recolección de datos.

Los datos necesarios para realizar los análisis dinámicos fueron obtenidos de los planos de la edificación (ver Anexo 6), y se tuvo en cuenta la normativa vigente, así como guías de modelamiento no lineal.

3.4.4. Procesamiento de datos.

Los análisis dinámicos en el presente estudio se procesaron en el software Etabs 2020; además, se utilizaron otros programas para el procesamiento de señales sísmicas y resultados obtenidos.

- Etabs 2020: Modelamiento y analisis dinamicos por integracion directa.
- SeismoMatch 2021: Escalamiento de registros sismicos-Espectral Matching.
- Autocad 2021: Manejo de planos arquitectonicos.
- Microsoft Excel 2019: Manejo de registros sismicos, Cálculo de Puntal equivalente para muros, Procesamiento de resultados.

3.4.5. Análisis de datos y presentación de resultados.

3.4.5.1. Respuesta estructural

Se presenta las respuestas máximas de la estructura al ser sometido a un sismo para el cual fue diseñado. Para ello, se realizó la comparación de las máximas respuestas al considerar el efecto de la construcción por etapas en los análisis dinámicos no lineales.

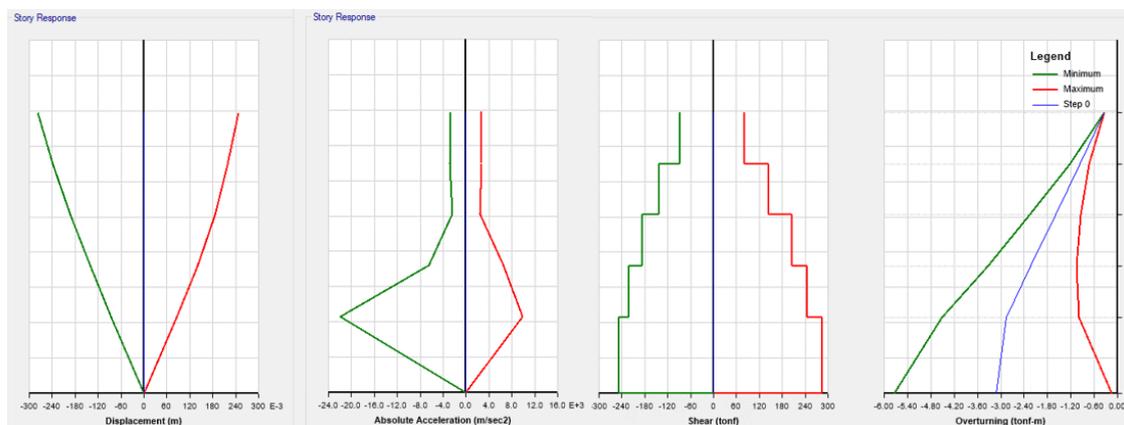


Figura 65. Respuestas estructurales máximas para R1 (sin etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

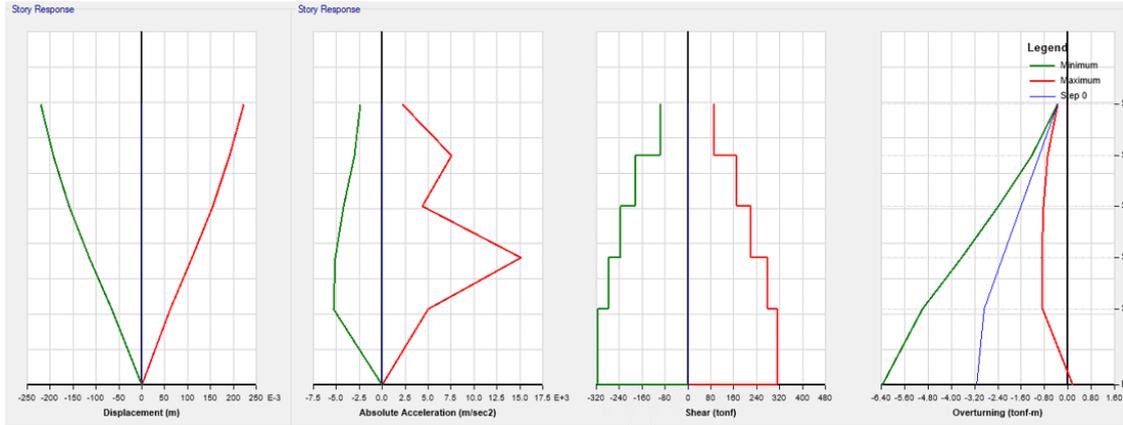


Figura 66. Respuestas estructurales máximas para R1 (con etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

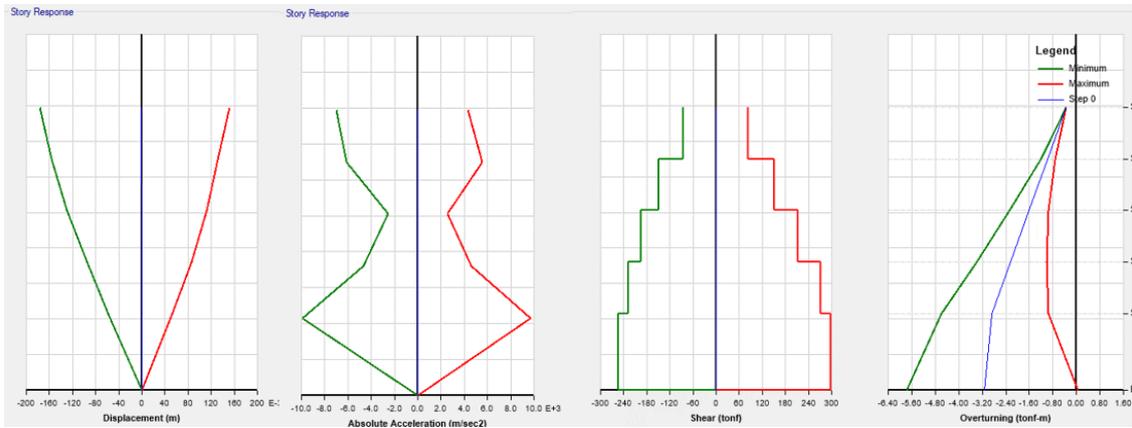


Figura 67. Respuestas estructurales máximas para R2 (sin etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

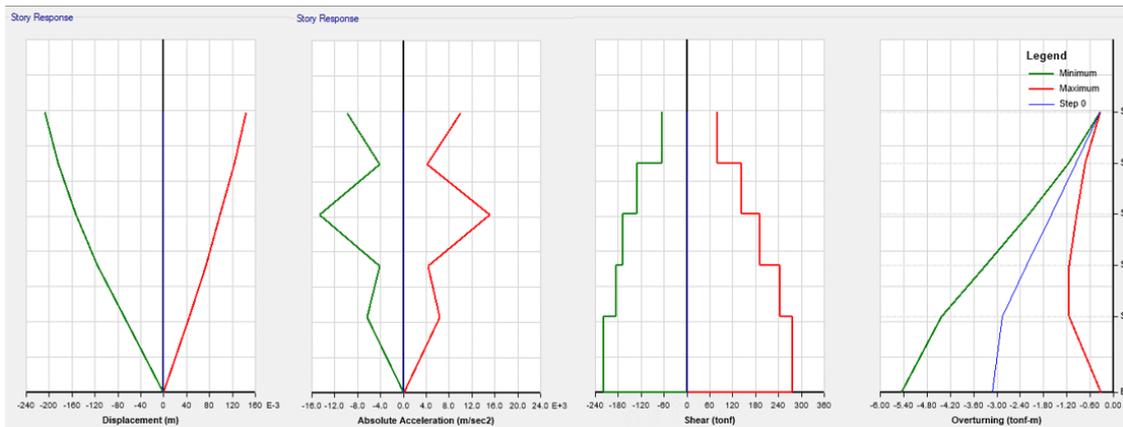


Figura 68. Respuestas estructurales máximas para R2 (con etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

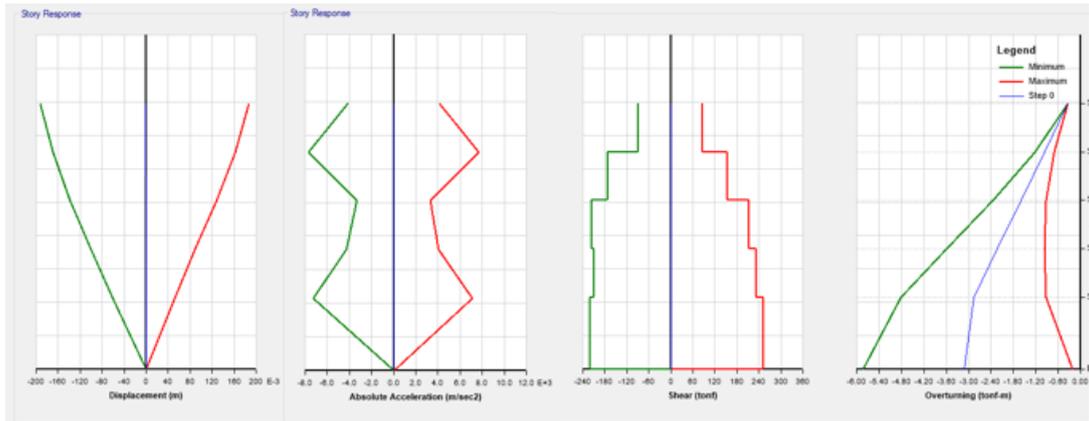


Figura 69. Respuestas estructurales máximas para R3 (sin etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

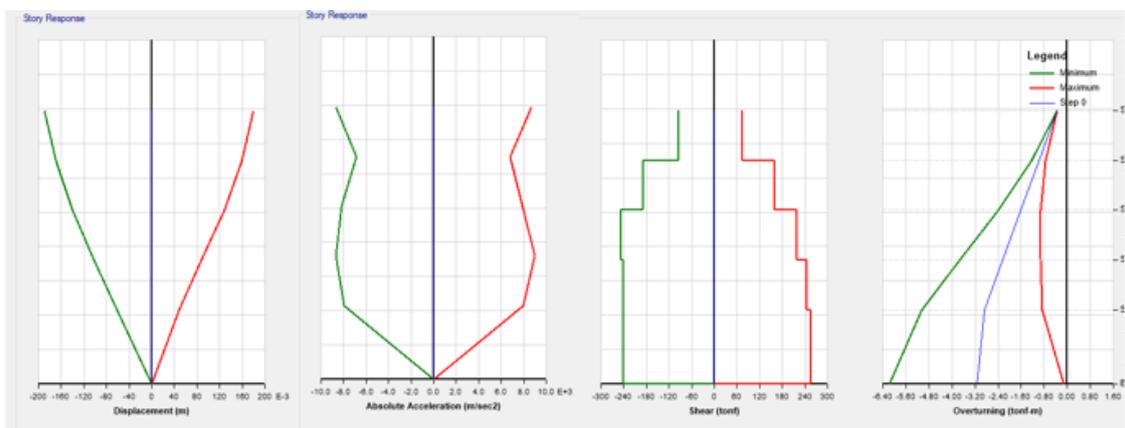


Figura 70. Respuestas estructurales máximas para R3 (con etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

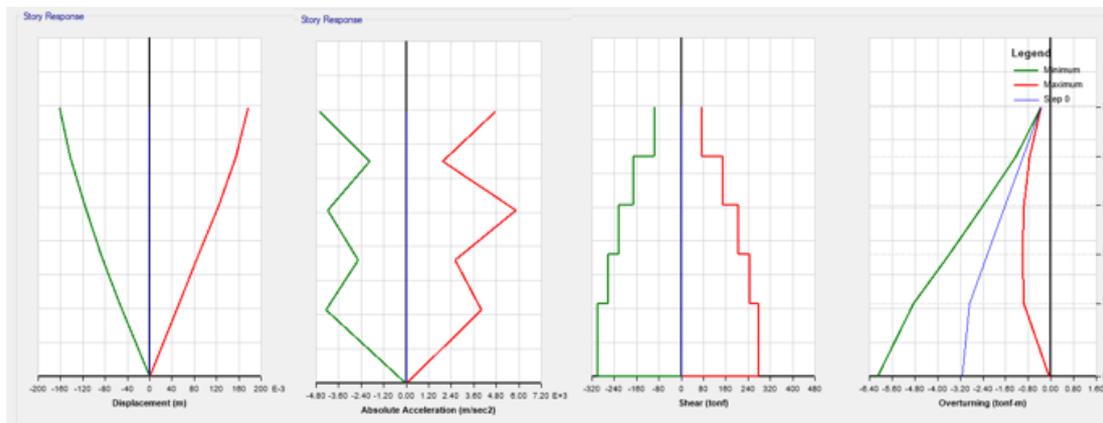


Figura 71. Respuestas estructurales máximas para R4 (sin etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

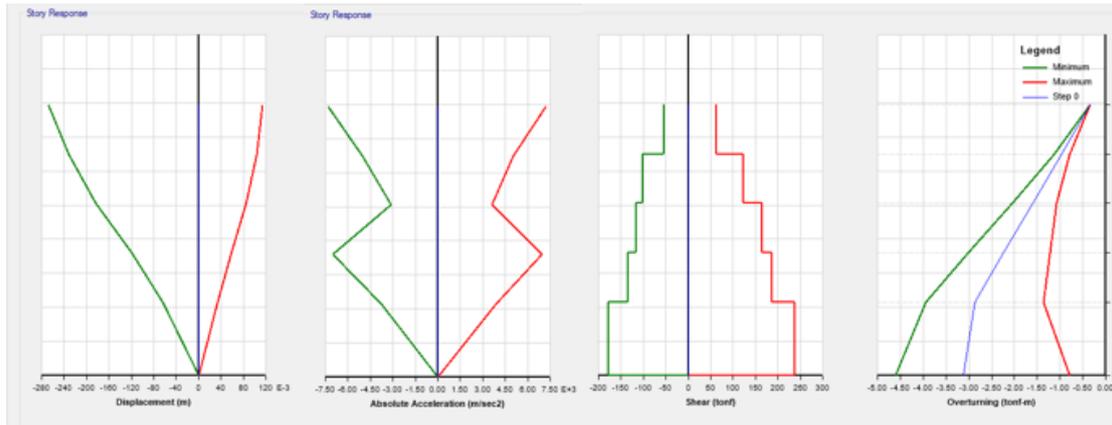


Figura 72. Respuestas estructurales máximas para R4 (con etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

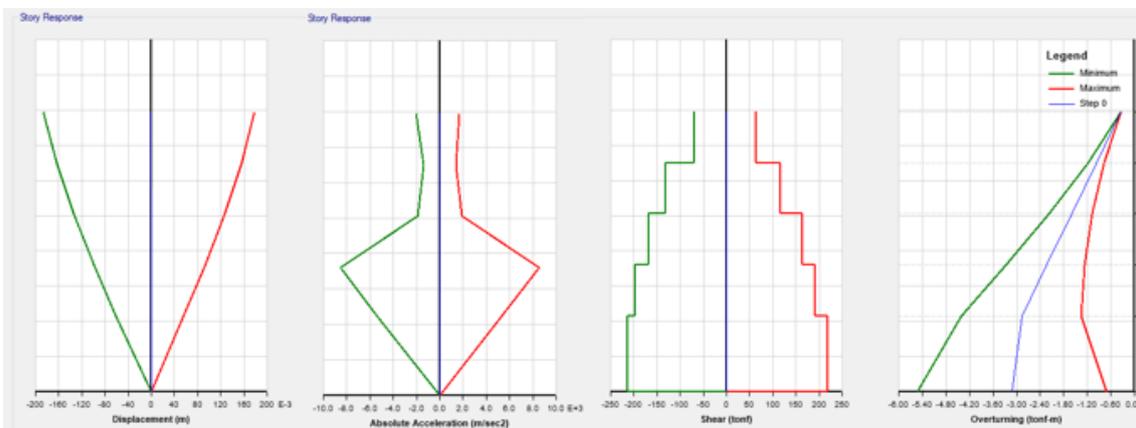


Figura 73. Respuestas estructurales máximas para R5 (sin etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

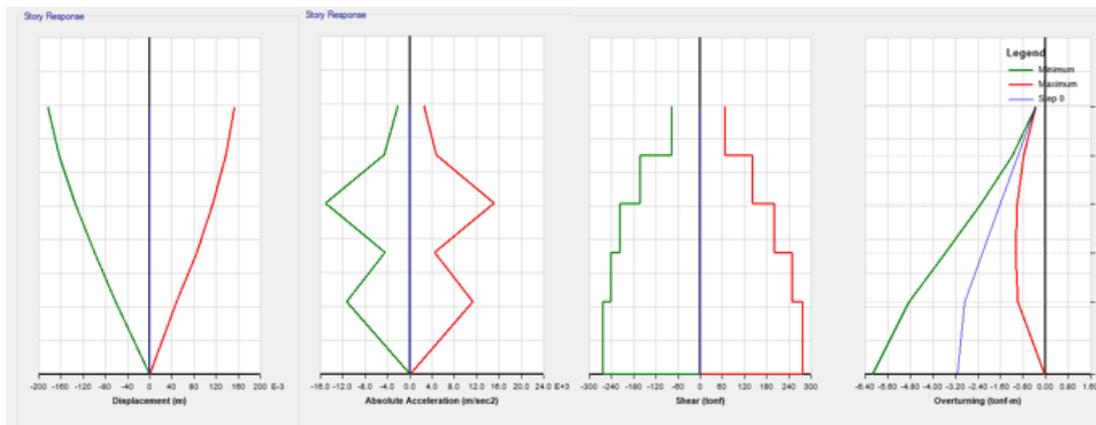


Figura 74. Respuestas estructurales máximas para R5 (con etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

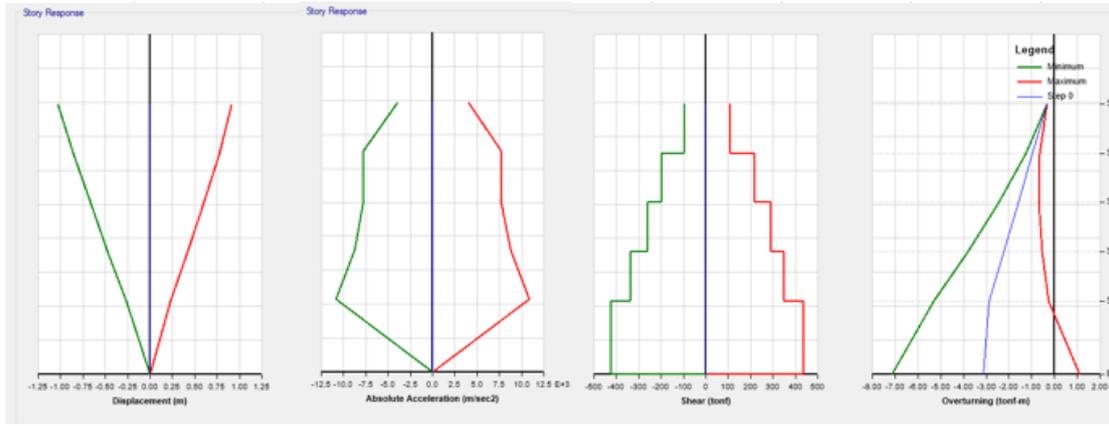


Figura 75. Respuestas estructurales máximas para R6 (sin etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

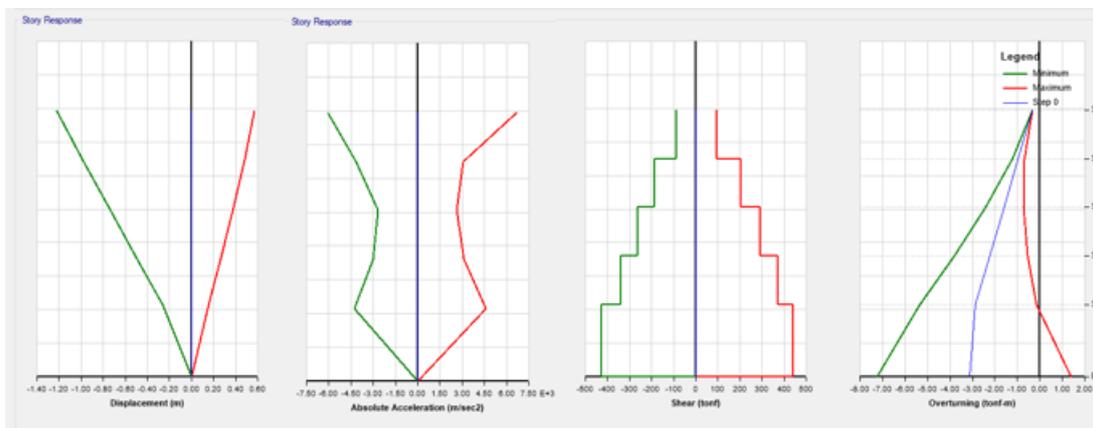


Figura 76. Respuestas estructurales máximas para R6 (con etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

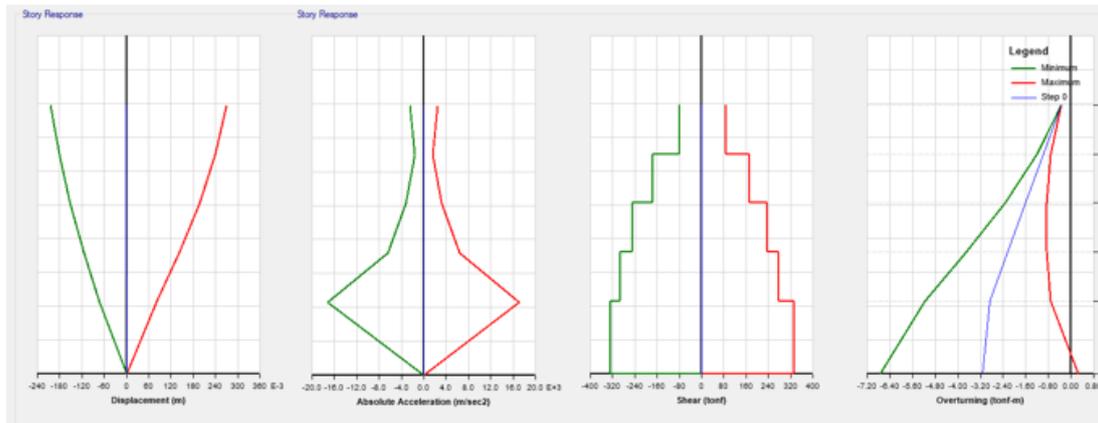


Figura 77. Respuestas estructurales máximas para R7 (sin etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

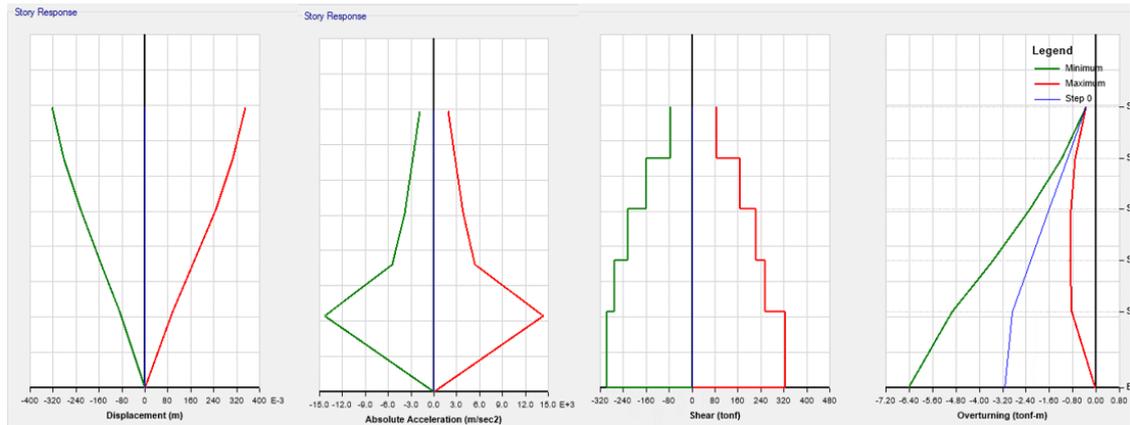


Figura 78. Respuestas estructurales máximas para R7 (con etapas).

Fuente: tomado de Etabs.

Tabla 19 Respuesta estructural Máximas sin y con el efecto de la construcción por etapas.

	CORTANTE EN LA BASE				DESPLAZAMIENTO 5to Nivel				VELOCIDAD				ACELERACION			
	t (s)	(Tn)	t (s)	(Tn)	t (s)	(m)	t (s)	(m)	t (s)	(m/s)	t (s)	(m/s)	t (s)	(m/s ²)	t (s)	(m/s ²)
R1 (SIN ETAPAS)	50.21	287.72	60.35	-245.97	60.36	0.15	61.83	-0.19	62.02	1.08	60.55	-1.16	55.25	10.62	51.92	-13.34
R1 (CON ETAPAS)	61.73	311.23	53.50	-311.87	53.59	0.17	61.77	-0.16	61.98	1.12	60.52	-1.10	57.80	11.21	51.92	-14.93
R2 (SIN ETAPAS)	36.11	290.32	35.57	-254.06	38.28	0.10	36.11	-0.14	36.29	0.98	36.79	-0.98	40.39	11.33	38.28	-12.26
R2 (CON ETAPAS)	36.12	268.93	36.58	-223.61	47.87	0.10	36.15	-0.14	36.32	0.89	36.81	-0.91	38.92	10.72	26.36	-9.28
R3 (SIN ETAPAS)	25.63	259.47	25.23	-224.80	26.09	0.12	25.75	-0.13	25.93	1.24	25.60	-0.79	25.77	9.83	26.06	-13.73
R3 (CON ETAPAS)	25.64	261.31	25.23	-237.68	26.08	0.13	25.75	-0.13	25.93	1.29	25.60	-0.78	25.78	10.10	26.06	-14.16
R4 (SIN ETAPAS)	27.75	281.31	28.12	-294.90	28.21	0.13	27.83	-0.13	27.96	0.97	28.30	-0.88	27.84	10.95	28.24	-13.19
R4 (CON ETAPAS)	27.77	241.40	27.37	-183.49	27.45	0.06	27.88	-0.17	28.08	0.95	27.72	-0.86	27.84	9.74	29.86	-9.06
R5 (SIN ETAPAS)	29.86	220.29	29.42	-213.20	29.49	0.12	29.92	-0.12	30.14	0.84	6.40	-0.99	6.48	8.08	6.29	-12.33
R5 (CON ETAPAS)	29.86	278.94	7.81	-261.31	7.81	0.12	29.86	-0.13	8.40	0.90	6.39	-1.16	8.26	7.71	6.29	-13.06
R6 (SIN ETAPAS)	27.76	449.14	28.61	-430.48	34.11	0.70	35.03	-0.97	38.38	2.92	34.56	-2.87	35.03	12.83	34.17	-11.82
R6 (CON ETAPAS)	27.77	453.38	28.50	-436.95	34.05	0.55	41.64	-1.19	42.04	3.02	41.18	-3.09	34.95	15.48	42.45	-12.41
R7 (SIN ETAPAS)	57.63	337.86	54.11	-330.61	67.39	0.21	67.97	-0.15	50.86	1.06	51.45	-0.96	eeee	12.33	49.09	-11.34
R7 (CON ETAPAS)	57.68	328.69	67.48	-299.42	67.50	0.24	66.98	-0.21	67.21	1.41	67.81	-1.42	67.21	1.41	67.81	-1.42

Fuente: elaboración propia

Tabla 20 Variación porcentual de la respuesta estructural al considerar efecto de la construcción por etapas.

	CORTANTE EN LA BASE (Tn)		DESPLAZAMIENTO 5to Nivel (m)		VELOCIDAD (m/s)		ACELERACION (m/s ²)	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
SIN ETAPAS	303.73	-284.86	0.22	-0.26	1.30	-1.23	10.85	-12.57
CON ETAPAS	306.27	-279.19	0.19	-0.31	1.37	-1.33	9.48	-10.62
Δ (%)	100.83%	98.01%	88.95%	116.40%	105.40%	107.63%	87.36%	84.45%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 19 se observa las respuestas máximas en el último nivel del modelo del edificio de 5 niveles al ser sometido a los 7 pares de registros, teniendo y no en cuenta el efecto de la construcción por etapas, respuestas que se obtuvieron en diferentes tiempos según el registro. Llegando a obtener variaciones de cortante en la base (tn), en desplazamiento (m), velocidad (m/s) y aceleración (m/s²).

3.4.5.2. Momentos en vigas

Toda estructura se encuentra en cierto estado antes de que exista un movimiento sísmico, estos momentos generados por la carga (CM+0.5CV+0.25CT) y por el sismo en las secciones críticas de los elementos estructurales se presentan en las siguientes tablas, así como, los momentos generados al incluir el efecto de la construcción por etapas. Se muestra los momentos generados en las vigas de los ejes C y D por cada registro sísmico, ya que son las vigas donde se presenta los mayores momentos actuantes durante los análisis dinámicos.

Tabla 21 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C- nivel N°01 (sin etapas).

EJE C (N1)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-20.46	-20.38	-32.2	-19.61
	19.92	20.2	18.82	18.55
R2	-20.35	-20.13	-30.59	-31.57
	19	20.09	15.09	21.42
R3	-20.19	-20.11	-28.83	-29.5
	19.42	20	14.25	18.51
R4	-20.28	-20.19	-28.7	-33.03
	19.93	19.99	17.57	20.28
R5	-6.51	-20.16	-26.56	-13.88
	8.44	17.01	11.75	10.58
R6	-21.84	-21.85	-38.18	-38.26
	21.85	21.77	23.49	23.46
R7	-14.35	-20.52	-31.76	-35.65
	19.89	18.73	21.63	21.54
PROMEDIO	-17.71	-20.48	-30.97	-28.79
	18.35	19.68	17.51	19.19

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°01 (sin etapas).

EJE D (N1)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-23.35	-23.82	-19.06	-22.15	-27.32	-27.86
	17.6	16.92	16.93	17.25	17.32	17.5
R2	-23.15	-20.96	-17.67	-15.54	-26.92	-26.96
	17.23	16.83	12.25	15.82	17.09	17.4
R3	-21.19	-20.3	-17.72	-13.67	-26.91	-26.91
	17.22	16.21	10.98	15.86	17.08	17.37
R4	-21.63	-20.55	-17.07	-15.47	-25.26	-26.99
	17.13	16.11	12.42	14.41	17.09	17.3
R5	-21.04	-20.87	-17.62	-18.33	-25.19	-24.94
	17.24	15.73	13.32	15.97	17.24	17.05
R6	-24.19	-29.62	-28.78	-27.94	-29.53	-29.58
	18.61	17.67	18.6	19.59	18.37	18.62
R7	-21.84	-24.86	-18.54	-21.29	-27.14	-27.4
	17.79	15.59	16.94	17.05	17.25	17.28
PROMEDIO	-22.34	-23.00	-19.49	-19.20	-26.90	-27.23
	17.55	16.44	14.49	16.56	17.35	17.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°02 (sin etapas).

EJE C (N2)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-20.32	-20.29	-34.9	-26.53
	19.64	20.42	19.99	21.65
R2	-20.36	-20.14	-32.01	-32.78
	19.9	20.14	14.85	21.52
R3	-20.29	-20.22	-32.2	-34.83
	20.07	20.11	19.74	21.41
R4	-20.26	-20.27	-30.89	-34.95
	20.09	20.05	20.43	21.4
R5	-13.19	-20.26	-27.79	-19.5
	15.51	17.32	13.22	14.78
R6	-22.12	-21.84	-38.15	-38.15
	21.95	21.84	23.58	23.5
R7	-20.18	-20.73	-33.42	-35.93
	20.52	19.99	21.86	21.65
PROMEDIO	-19.53	-20.54	-32.77	-31.81
	19.67	19.98	19.10	20.84

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°02 (sin etapas).

EJE D (N2)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-25.57	-23.64	-21.66	-23.53	-27.56	-27.76
	17.6	16.98	16.56	17.44	17.35	17.67
R2	-23.61	-22.03	-19.37	-17.07	-26.95	-26.98
	17.19	16.94	13.58	16.96	17.09	17.44
R3	-23.69	-22.36	-19.5	-19.45	-27	-27.34
	17.34	16.96	14.99	16.99	17.25	17.46
R4	-21.8	-22.8	-19.15	-19.51	-26.27	-27.26
	17.3	16.93	15.92	16.28	17.18	17.33
R5	-22.73	-22.67	-18.67	-21.09	-25.35	-19
	17.28	16.27	15.44	16.94	16.94	17.12
R6	-29.58	-29.59	-29.73	-29.58	-29.57	-29.67
	18.64	18.24	18.66	18.61	18.58	18.6
R7	-23.08	-25.53	-21.06	-24.5	-27.47	-27.19
	17.95	15.73	16.96	17.25	17.23	17.42
PROMEDIO	-24.29	-24.09	-21.31	-22.10	-27.17	-26.46
	17.61	16.86	16.02	17.21	17.37	17.58

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°03 (sin etapas).

EJE C (N3)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-16.22	-20.26	-33.55	-20.57
	15.92	19.93	16.2	21.54
R2	-20.24	-20.06	-28.36	-30.16
	18.83	20.06	13.25	21.43
R3	-20.19	-20.21	-29.01	-34.77
	20.05	20.02	18.95	20.32
R4	-20.17	-20.22	-27.91	-34.84
	20.02	19.97	18.81	20.49
R5	-19.89	-20.18	-24.57	-17.16
	19.93	17.7	10.61	12.68
R6	-21.87	-21.85	-38.13	-38.16
	21.86	21.83	23.49	23.48
R7	-20.12	-20.49	-31.48	-35.7
	20.26	19.97	21.65	21.61
PROMEDIO	-19.81	-20.47	-30.43	-30.19
	19.55	19.93	17.57	20.22

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°03 (sin etapas).

EJE D (N3)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-24.19	-23.44	-22.03	-21.27	-27.37	-27.51
	17.43	16.24	13.72	17.35	17.31	17.63
R2	-19.81	-20.68	-18.5	-16	-24.29	-26.04
	17.11	14.93	11.95	16.41	17.04	17.31
R3	-20.81	-21.65	-19.1	-18.32	-25.21	-27.2
	17.28	15.59	13.68	16.7	17.23	17.36
R4	-18.85	-21.87	-18.13	-18.62	-23.84	-27.08
	17.26	14.54	14.55	14.91	17.14	17.25
R5	-20.18	-21.43	-18.58	-18.27	-23.27	-23.04
	17.18	14.32	13.2	16.11	15.98	17.24
R6	-29.32	-29.53	-29.45	-29.59	-29.58	-29.63
	18.66	17.21	18.59	18.6	18.62	18.59
R7	-21.17	-24.39	-22.1	-21.68	-27.17	-27.54
	17.72	14.83	14.51	17.2	17.19	17.52
PROMEDIO	-22.05	-23.28	-21.13	-20.54	-25.82	-26.86
	17.52	15.38	14.31	16.75	17.22	17.56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°04 (sin etapas).

EJE C (N4)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-20.06	-20.15	-29.09	-15.98
	19.96	19.54	12.23	21.52
R2	-19.88	-19.95	-23.94	-26.69
	14.2	19.92	9.88	19.53
R3	-20.04	-20.15	-23.99	-29.94
	19.93	19.92	14.04	15.85
R4	-20.03	-20.11	-23.71	-31.41
	19.89	19.86	13.99	17.25
R5	-16.32	-20.1	-21.65	-13.28
	18.8	14.35	7.62	12.19
R6	-21.92	-21.87	-38.19	-38.15
	21.84	21.7	23.47	23.47
R7	-19.93	-20.3	-27.67	-35.18
	20.15	18.34	21.39	21.5
PROMEDIO	-19.74	-20.38	-26.89	-27.23
	19.25	19.09	14.66	18.76

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°04 (sin etapas).

EJE D (N4)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-21.11	-23.28	-22.67	-18.8	-26.8	-27.18
	17.39	13.94	11.51	17.25	17.27	17.52
R2	-15.79	-18.54	-17.16	-13.28	-20.49	-22.76
	16.98	12.48	9.07	14.41	16.94	17.16
R3	-16.18	-19.96	-17.54	-15.44	-21.12	-26.91
	17.13	12.22	10.96	14.34	17.15	17.17
R4	-14.54	-19.55	-16.12	-15.24	-19.94	-25.02
	17.1	11.16	11.1	12.41	17.02	17.11
R5	-16.69	-19.53	-17.51	-16.67	-20.47	-17.19
	17.09	11.91	11.22	14.42	11.93	17.12
R6	-27.49	-29.57	-29.54	-28.58	-29.58	-29.66
	18.65	17.83	18.61	18.58	18.58	18.6
R7	-18.37	-23.43	-21.91	-17.53	-25.24	-26.9
	17.48	12.45	11.12	17.02	17.04	17.34
PROMEDIO	-18.60	-21.98	-20.35	-17.93	-23.38	-25.09
	17.40	13.14	11.94	15.49	16.56	17.43

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°05 (sin etapas).

EJE C (N5)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-12.19	-18.93	-20.49	-10.07
	13.64	7.97	4.79	20.23
R2	-6.34	-11.93	-18.19	-18.29
	5.46	9.09	5.88	14.09
R3	-13.81	-16.97	-15.1	-19.32
	12.89	12.2	5.59	10.77
R4	-12.78	-16.32	-15.65	-19.85
	11.97	10.68	5.77	12.26
R5	-8.41	-17.35	-15.82	-8.38
	12.16	4.96	1.68	9.91
R6	-22.27	-21.38	-36.41	-37.06
	20.78	20.06	20.36	23.47
R7	-11.97	-18.2	-19.94	-26.4
	14.5	8.64	9.21	17.24
PROMEDIO	-12.54	-17.30	-20.23	-19.91
	13.06	10.51	7.61	15.42

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D- nivel N°05 (sin etapas).

EJE D (N5)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-10.93	-18.59	-18.6	-8.8	-14.64	-22.05
	16.77	5.85	4.43	16.19	15.69	17.04
R2	-8.47	-11.76	-11.78	-8.46	-12.9	-12.72
	11.38	5.98	4.36	9.26	8.67	13.93
R3	-7.96	-13.22	-11.97	-8.55	-12.68	-17.43
	13.04	5.13	4.84	8.95	13.46	13.79
R4	-6.94	-12.37	-10.98	-9.06	-12.27	-13.81
	12.26	4.61	5.16	7.66	9.65	13.24
R5	-8.26	-14.38	-12.49	-11.81	-13.54	-9.82
	12.99	5.01	6.08	9.83	4.45	13.97
R6	-6.73	-29.57	-28.9	-10.34	-27.52	-27.26
	15.83	5.83	10.37	15.23	17.13	18.79
R7	-9.59	-16.21	-17.01	-10.26	-15.51	-14.52
	16.14	6.03	5.47	12.44	9.87	16.88
PROMEDIO	-8.41	-16.59	-15.96	-9.61	-15.58	-16.80
	14.06	5.49	5.82	11.37	11.27	15.38

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°01 (con etapas).

EJE C (N1)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-20.43	-20.32	-31.47	-35.08
	20.09	20.11	21.42	21.49
R2	-20.37	-20.05	-32.26	-23.67
	17.39	20.08	11.55	19.71
R3	-20.19	-20.18	-30.03	-31.63
	19.92	20.01	16.23	21.41
R4	-19.3	-19.94	-33.39	-24.14
	10.75	20.11	7.24	21.44
R5	-20.19	-20.16	-29.72	-33.47
	19.94	20.06	16.81	21.46
R6	-21.82	-21.85	-38.1	-38.2
	21.26	21.85	22.97	23.5
R7	-15.25	-20.41	-34.94	-35.66
	19.89	19.91	21.63	21.82
PROMEDIO	-19.65	-20.42	-32.84	-31.69
	18.46	20.30	16.84	21.55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°01 (con etapas).

EJE D (N1)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-21.8	-21.96	-18.63	-17.75	-27.15	-27.33
	17.44	16.6	14.28	17.04	17.18	17.57
R2	-22.78	-19.95	-19.92	-14.49	-27.1	-26.42
	17.13	17	10.82	17.04	17.02	17.5
R3	-20.77	-20.63	-18.28	-14.67	-26.96	-27.02
	17.27	16.15	11.71	16.8	17.07	17.41
R4	-7.52	-19.75	-23.74	-12.16	-27.6	-11.21
	10.31	14.05	8.29	17.06	17.02	17.1
R5	-21.14	-21.12	-18.14	-15.05	-26.98	-27.05
	17.3	15.99	12.08	16.93	17.07	17.43
R6	-29.69	-27.63	-29.52	-27.53	-29.59	-29.66
	18.6	18.64	17.48	18.58	17.7	18.58
R7	-23.26	-25.58	-22.66	-25.47	-28.09	-27.02
	18.04	17.12	17.04	17.35	17.28	17.43
PROMEDIO	-20.99	-22.37	-21.56	-18.16	-27.64	-25.10
	16.58	16.51	13.10	17.26	17.19	17.57

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°02 (con etapas).

EJE C (N2)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-20.48	-20.5	-34.83	-35.34
	20.26	20.24	21.61	21.7
R2	-20.38	-20.17	-32.2	-17.43
	19.8	20.1	9.28	17.59
R3	-20.3	-20.3	-32.65	-35.01
	20.15	20.11	21.37	21.5
R4	-9.06	-20.18	-35.24	-22.62
	8.57	18.93	11.3	21.54
R5	-20.29	-20.24	-31.55	-34.85
	20.05	20.09	18.3	21.52
R6	-21.93	-21.98	-38.15	-38.23
	21.86	21.83	23.53	23.47
R7	-19.88	-20.68	-35.5	-35.93
	20.27	20.33	22.06	21.98
PROMEDIO	-18.90	-20.58	-34.30	-31.34
	18.71	20.23	18.21	21.33

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°02 (con etapas).

EJE D (N2)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-22.19	-24.26	-20.73	-21.17	-27.61	-27.64
	17.77	16.26	16.08	17.34	17.25	17.69
R2	-24.22	-20.54	-21.2	-16.4	-27.1	-26.98
	17.14	17.06	12.25	17.1	17.09	17.5
R3	-23.23	-22.68	-19.7	-19.83	-27.06	-27.32
	17.42	16.96	15.31	17.02	17.2	17.49
R4	-8.15	-23.71	-27.09	-17.3	-28.34	-18.92
	9	15.51	11.94	17.4	17.11	17.89
R5	-21.79	-23.08	-18.99	-18.3	-27.04	-27.17
	17.35	16.47	14.85	17.01	17.1	17.42
R6	-29.56	-28.28	-29.54	-28.3	-29.88	-29.58
	18.61	18.59	17.97	18.63	18.11	18.61
R7	-19.46	-26.74	-26.45	-27.07	-29.14	-27.67
	17.58	17.1	17.12	17.88	17.38	18.52
PROMEDIO	-21.23	-24.18	-23.39	-21.20	-28.02	-26.47
	16.41	16.85	15.07	17.48	17.32	17.87

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°03 (con etapas).

EJE C (N3)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-20.33	-20.39	-31.16	-35.16
	20.17	20.08	21.51	21.58
R2	-20.17	-20.1	-27.98	-19.61
	19.88	19.94	8.62	21.35
R3	-20.18	-20.26	-29.19	-34.9
	20.1	20.01	20	21.4
R4	-8.24	-20.39	-35.16	-11.66
	10.43	10.99	7.93	18.44
R5	-20.16	-20.18	-27.74	-34.03
	19.98	19.98	15.65	21.4
R6	-21.93	-21.85	-38.18	-38.25
	21.85	21.95	23.37	23.61
R7	-15.6	-20.73	-35.33	-28.98
	16.11	17.33	21.74	21.67
PROMEDIO	-18.09	-20.56	-32.11	-28.94
	18.36	18.61	16.97	21.35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°03 (con etapas).

EJE D (N3)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-20.25	-24.27	-21.16	-20.08	-27.2	-27.47
	17.6	15.27	14.34	17.17	17.24	17.5
R2	-13.37	-18.14	-20.61	-14.74	-26.18	-24.92
	15.69	14.56	10.84	16.98	17.04	17.39
R3	-19.84	-21.88	-19.23	-18.03	-25.37	-27.08
	17.32	15.19	13.71	16.74	17.14	17.35
R4	-8.16	-22.64	-27.15	-16.57	-28.16	-17.27
	7.83	7.98	11.34	17.36	16.98	17.79
R5	-18.88	-20.7	-18.85	-15.68	-24.47	-25.39
	17.15	14.52	11.94	16.65	17.01	17.32
R6	-29.52	-27.73	-29.57	-27.84	-29.61	-29.57
	18.61	18.62	17.48	18.62	17.9	18.71
R7	-19.56	-26.57	-27.58	-26.94	-28.71	-27.54
	17.04	15.04	16.94	17.71	17.31	18.56
PROMEDIO	-18.51	-23.13	-23.45	-19.98	-27.10	-25.61
	15.89	14.45	13.80	17.32	17.23	17.80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°04 (con etapas).

EJE C (N4)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-20.12	-20.27	-26.18	-34.86
	20.14	19.93	20.94	21.39
R2	-20.01	-20.04	-24.18	-17.26
	17.99	19.24	6.15	16.98
R3	-20.01	-20.13	-24.02	-31.7
	19.95	19.89	14.36	17.93
R4	-6.85	-20.29	-34.83	-12.34
	13.07	2.39	1.9	21.39
R5	-19.98	-20.08	-23.02	-28.59
	19.46	19.87	10.99	18.28
R6	-21.93	-21.85	-38.12	-38.18
	21.85	21.79	23.29	23.59
R7	-15.4	-20.29	-34.76	-33.12
	20.17	12.92	21.52	21.81
PROMEDIO	-17.76	-20.42	-29.30	-28.01
	18.95	16.58	14.16	20.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°04 (con etapas).

EJE D (N4)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-17.31	-23.44	-21.04	-17.43	-25.38	-27.1
	17.42	13.54	12.12	17.02	17.18	17.38
R2	-10.36	-19.45	-20.94	-13.05	-22.94	-22.37
	15.02	12.75	8.89	16.92	16.94	17.25
R3	-14.97	-19.53	-17.24	-14.02	-21.07	-24.13
	17.09	11.59	10.19	13.95	16.97	17.16
R4	-7.53	-22.9	-26.82	-11.45	-27.82	-13.37
	16.4	5.55	5.58	17.15	15.56	17.46
R5	-14.82	-17.51	-17.03	-13.11	-19.98	-19.64
	16.97	11.63	8.98	13.92	14.48	17.1
R6	-29.57	-27.53	-29.57	-27.37	-29.84	-29.27
	18.61	18.59	17.19	18.6	17.67	18.6
R7	-16.48	-26.93	-27.57	-22.57	-27.86	-20
	17.24	12.46	12.72	17.49	16.97	17.5
PROMEDIO	-15.86	-22.47	-22.89	-17.00	-24.98	-22.27
	16.96	12.30	10.81	16.44	16.54	17.49

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C-nivel N°05 (con etapas).

EJE C (N5)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-14.56	-19.36	-16.88	-23.68
	14.54	11.72	8.86	15.22
R2	-12.98	-15.85	-16.28	-11.84
	11.03	9.93	1.81	11.94
R3	-13.18	-17.37	-15.23	-20.19
	13	11.33	5.63	12.04
R4	-4.18	-19.86	-28.13	-8.18
	13.74	0.86	0	15.89
R5	-12.87	-15.86	-15.02	-18.6
	11.67	11.45	4.08	12.59
R6	-21.86	-20.77	-36.49	-36.65
	20.72	20.76	18.13	23.46
R7	-7.62	-19.93	-29.59	-19.22
	15.84	4.99	9.42	21.44
PROMEDIO	-12.46	-18.43	-22.52	-19.77
	14.36	10.15	6.85	16.08

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40 Momentos actuantes por registro sísmico, en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D-nivel N°05 (con etapas).

EJE D (N5)	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	-9.5	-17.04	-15.54	-8.59	-15.42	-18.9
	15.84	6.38	4.42	12.14	14.27	16.96
R2	-10.98	-15.59	-12.78	-8.61	-14.96	-12.82
	14.95	9.66	5.61	9.75	8.99	15.74
R3	-7.31	-12.22	-11.35	-8.81	-12.47	-12.93
	12.08	4.63	4.79	8.27	8.88	13.31
R4	-4.39	-18.32	-18.31	-9.54	-25.07	-4.84
	16.33	2.76	0.73	11.63	10.51	14.04
R5	-7.61	-10.65	-11.44	-8.63	-11.66	-10.54
	10.65	5.07	4.48	8.66	5.82	12.64
R6	-27.95	-26.15	-27.32	-10.91	-27.03	-27.64
	17.65	3.84	4.91	17.03	13.26	18.59
R7	-9.97	-22.82	-25.51	-14.44	-18.64	-10.3
	17.28	5.93	6.17	16.94	10.39	16.93
PROMEDIO	-11.10	-17.54	-17.46	-9.93	-17.89	-14.00
	14.97	5.47	4.44	12.06	10.30	15.46

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 40 y tabla 41 se muestra la variación porcentual de los momentos en vigas del eje C y D de todos los niveles del edificio, al incluir el efecto de la construcción por etapas.

Tabla 41 Variación porcentual de Momentos actuantes por nivel en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C, al considerar el

efecto de la construcción por etapas.

NIVEL	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	EJE C (N1)	110.95%	99.70%	106.04%	110.10%
	100.62%	103.15%	96.13%	112.27%
EJE C (N2)	96.78%	100.21%	104.69%	98.54%
	95.12%	101.26%	95.35%	102.32%
EJE C (N3)	91.28%	100.44%	105.51%	95.85%
	93.90%	93.40%	96.63%	105.58%
EJE C (N4)	89.96%	100.22%	108.96%	102.84%
	98.41%	86.83%	96.62%	107.66%
EJE C (N5)	99.41%	106.54%	111.31%	99.28%
	110.00%	96.52%	89.96%	104.27%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42 Variación porcentual de Momentos actuantes por nivel en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D, al considerar el efecto de la construcción por etapas.

NIVEL	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	EJE D (N1)	93.97%	97.29%	110.57%	94.59%	102.76%	92.17%
	94.52%	100.43%	90.40%	104.18%	99.09%	100.41%
EJE D (N2)	87.38%	100.40%	109.76%	95.89%	103.16%	100.04%
	93.16%	99.92%	94.12%	101.59%	99.69%	101.69%
EJE D (N3)	83.96%	99.35%	110.99%	97.31%	104.96%	95.32%
	90.70%	93.98%	96.40%	103.37%	100.09%	101.40%
EJE D (N4)	85.30%	102.23%	112.47%	94.79%	106.87%	88.76%
	97.48%	93.61%	90.53%	106.11%	99.86%	100.35%
EJE D (N5)	131.98%	105.76%	109.42%	103.34%	114.85%	83.30%
	106.47%	99.56%	76.42%	106.11%	91.38%	100.53%

Fuente: Elaboración propia

3.4.5.3. Momentos en columnas

Se presenta los momentos máximos actuantes en las columnas de los ejes C y D, con y sin el efecto de la construcción por etapas durante los análisis dinámicos no lineales para cada registro, obteniendo al final un promedio con el cual se realizará las comparaciones al considerar el efecto de la construcción por etapas, tal como lo dicta la norma E.030.

Tabla 43 Momentos actuantes por registro sísmico, en columnas del eje C-nivel N°01 (sin etapas).

EJE C	CC4 (N1)		CC1 (N1)		CC1 (N1)	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	42.33	27.29	74.52	20.82	14.77	7.66
R2	33.16	20.68	53.97	13.23	75.83	37.28
R3	31.63	18.65	52.77	10.65	106.51	41.96
R4	28.55	16.74	48.25	12.57	73.85	40.17
R5	15.91	8.65	42.19	7.34	16.09	6.83
R6	32.47	21.2	64.6	40.76	98.14	66.86
R7	2.69	1.46	68.08	14.05	79.27	43.52
PROMEDIO	26.68	16.38	57.77	17.06	66.35	34.90

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44 Momentos actuantes por registro sísmico, en columnas del eje D-nivel N°01 (sin etapas).

EJE D	CC3 (N1)		CC2 (N1)		CC5 (N1)	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	46.68	29.34	48.53	10.42	20.85	15.25
R2	38.29	18.45	39.37	9.28	14.17	11.54
R3	34.35	13.23	43.32	6.87	20.13	14.42
R4	27.13	12.86	36.33	8.8	19.37	14.09
R5	34.45	25.57	31.08	4.31	18.09	12.54
R6	36.9	19.15	45.24	20.88	15.63	17.49
R7	45.7	23.91	50.33	9.22	18.55	12.81
PROMEDIO	37.64	20.36	42.03	9.97	18.11	14.02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45 Momentos actuantes por registro sísmico, en columna exterior CC2 del eje D-nivel N°01 (sin etapas).

EJE D	CC2 (N1)	
	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	74.39	37.32
R2	55.44	31.35
R3	70.21	33.5
R4	58.04	33.16
R5	66.07	33.71
R6	71.79	73.12
R7	57.84	36.6
PROMEDIO	64.83	39.82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46 Momentos actuantes por registro sísmico, en columnas del eje C-nivel N°01 (con etapas).

EJE C	CC4 (N1)		CC1 (N1)		CC1 (N1)	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	38.78	18.87	61.6	20.43	88.67	31.84
R2	53.8	24.03	67.2	15.87	81.93	39.36
R3	31.52	18.9	54.34	9.91	76.46	37.01
R4	31.97	14.82	65.9	11.78	80.37	28.54
R5	32.56	20.37	50.06	9.34	64.78	39.66
R6	18.09	6.84	54.84	38.97	75.12	58.86
R7	19.17	10.54	62.61	26.98	86.87	37.43
PROMEDIO	32.27	16.34	59.51	19.04	79.17	38.96

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47 Momentos actuantes por registro sísmico, en columnas del eje D-nivel N°01 (con etapas).

EJE D	CC3 (N1)		CC2 (N1)		CC5 (N1)	
	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	53.51	15.37	50	14.35	14.22	13.36
R2	44.98	21.83	47.36	10.08	19.92	12.19
R3	34.32	13.62	45.02	7.6	17.65	13.31
R4	13.45	11.88	48.74	8.44	22.04	13.25
R5	35.29	15.51	37.6	6.99	14.36	11.72
R6	45.83	39.81	42.9	19.76	15.66	13.73
R7	39.67	23.62	47.58	15.72	18.58	15.5
PROMEDIO	38.15	20.23	45.60	11.85	17.49	13.29

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48 Momentos actuantes por registro sísmico, en columna exterior CC2 del eje D-nivel N°01 (con etapas).

EJE D	CC2 (N1)	
	(Tn-m)	(Tn-m)
R1	54.09	27.13
R2	63.75	28.36
R3	57.99	31.22
R4	21.59	10.19
R5	49.67	31.85
R6	56.26	46.21
R7	70.32	32.61
PROMEDIO	53.38	29.65

Fuente: Elaboración propia

Se observó una variación porcentual de +18.86% en la columna interior CC2 del eje D, al considerar el efecto de la construcción por etapas. Sin embargo, todas resistieron los registros sísmicos, ya que incursionaron al rango inelástico sin llegar al colapso.

3.4.5.4. Deformaciones en vigas

En esta parte se muestran el comportamiento de los elementos estructurales críticos al finalizar los análisis tiempo historia no lineal. En las siguientes figuras se observa que las vigas incursionaron levemente en el rango inelástico.

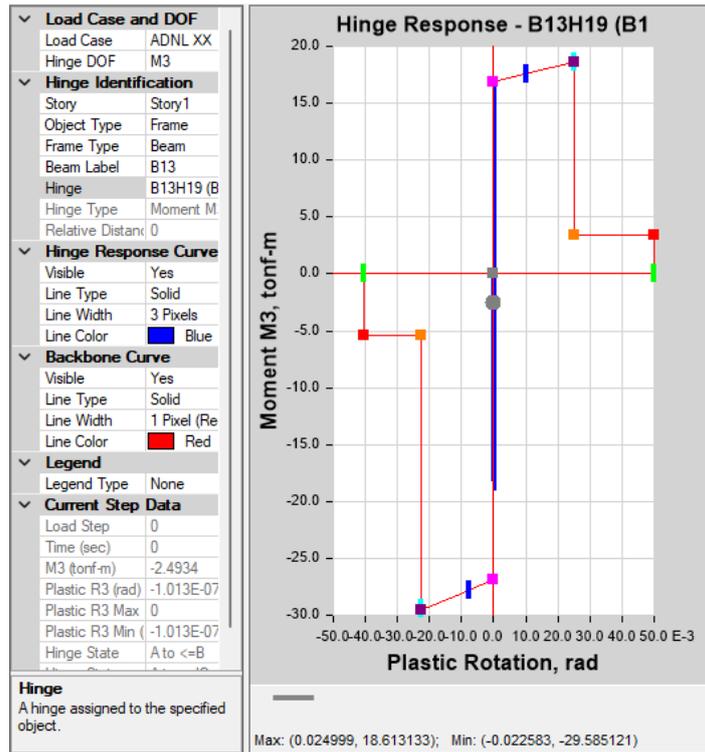


Figura 79. Comportamiento de la rótula en la viga VP2 (Hinge B13H19).

Fuente: tomado de Etabs.

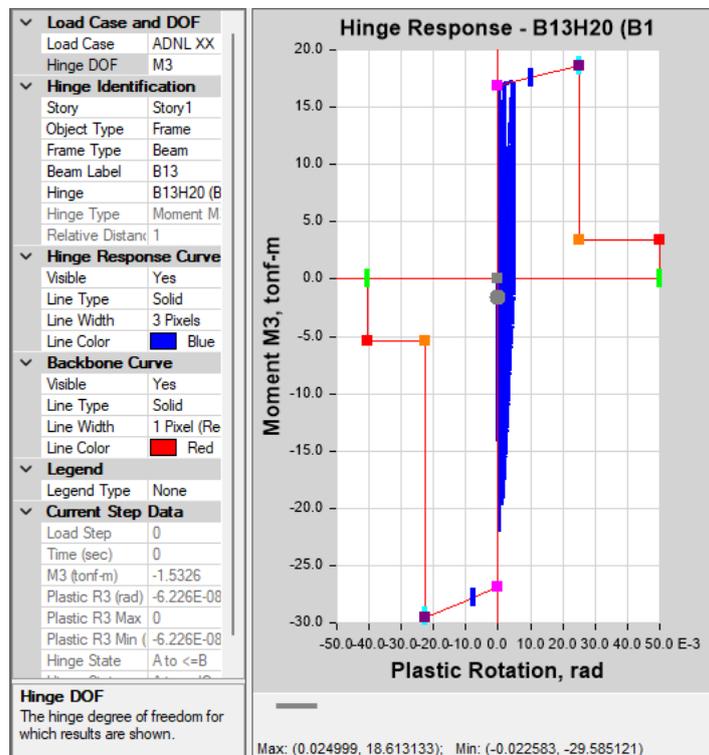


Figura 80. Comportamiento de la rótula en la viga VP2 (Hinge B13H20).

Fuente: tomado de Etabs.

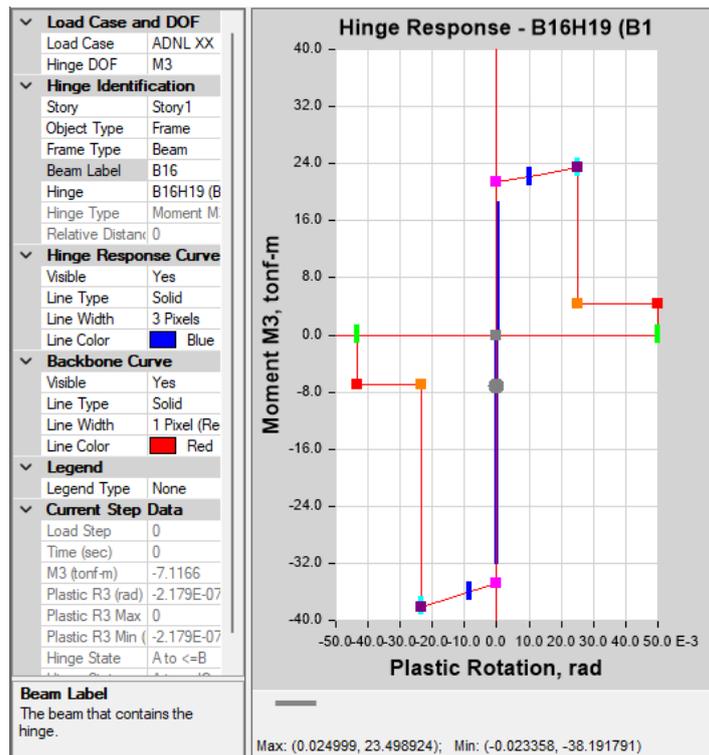


Figura 81. Comportamiento de la rótula en la viga VP1 (Hinge B16H19).

Fuente: tomado de Etabs.

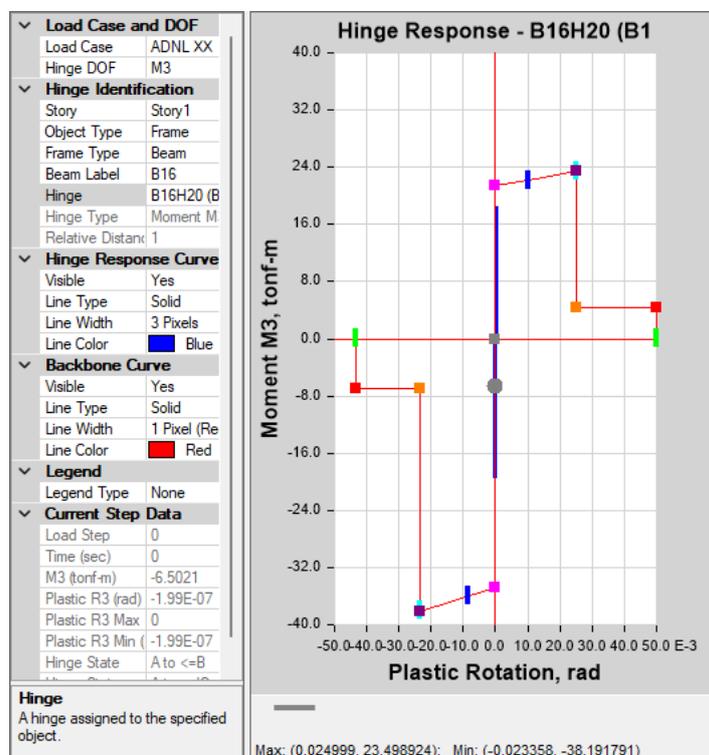


Figura 82. Comportamiento de la rótula en la viga VP1 (Hinge B16H20).

Fuente: tomado de Etabs.

3.4.5.5. Deformaciones en Columnas

En las figuras 83-91 se puede observar al concreto confinado en el rango elástico, la incursión inelástica del acero y del concreto sin confinar en las columnas interiores (CC1, CC2 y CC5) ubicados en los ejes C y D, las cuales son críticas en los análisis dinámicos al considerar el efecto de la construcción por etapas y están identificadas en el software como C8, C4 y C23 respectivamente.

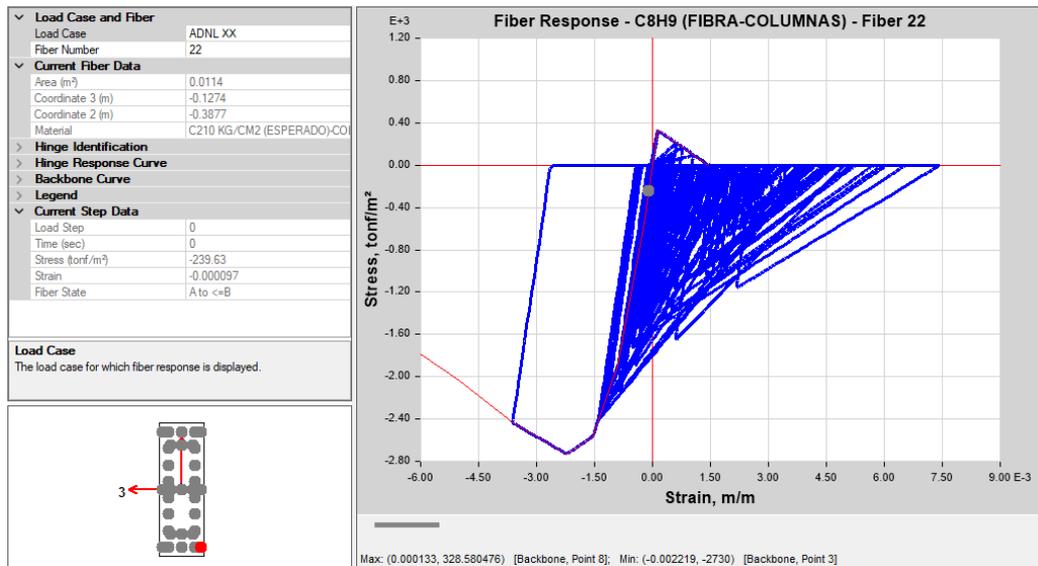


Figura 83. Comportamiento del concreto sin confinar en columnas (Fiber C8H9-No.22).

Fuente: tomado de Etabs.

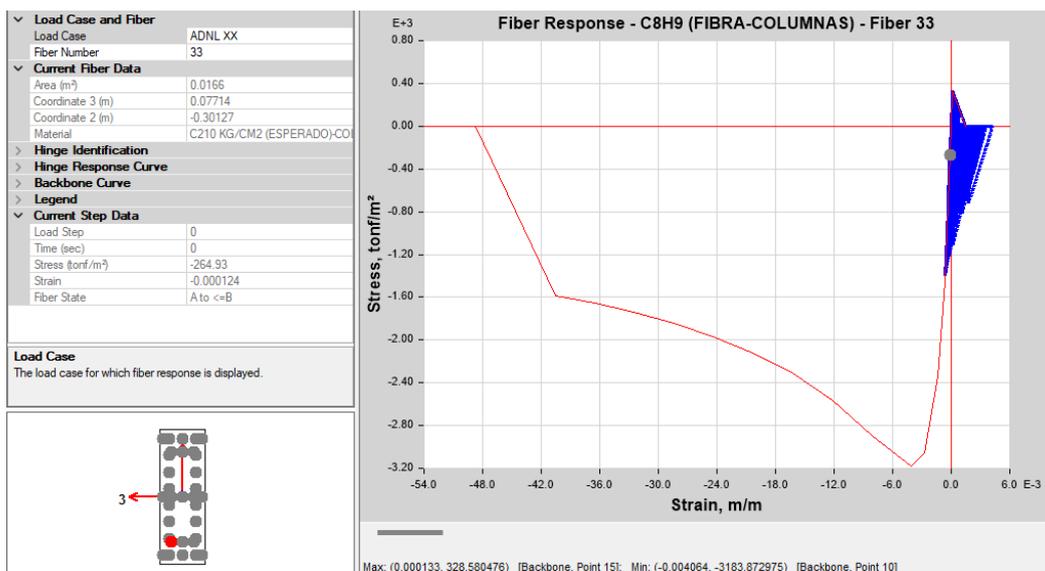


Figura 84. Comportamiento del concreto confinado en columnas (Fiber C8H9-No.33).

Fuente: tomado de Etabs.

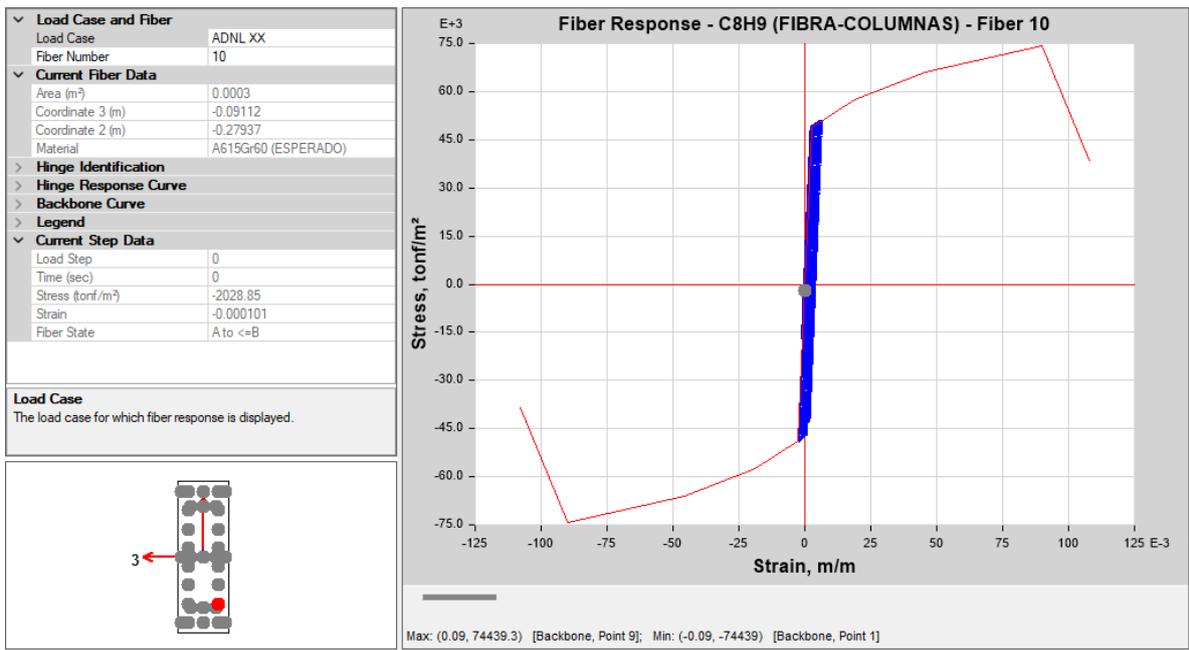


Figura 85. Comportamiento del acero en columnas (Fiber C8H9-No.10).

Fuente: tomado de Etabs.

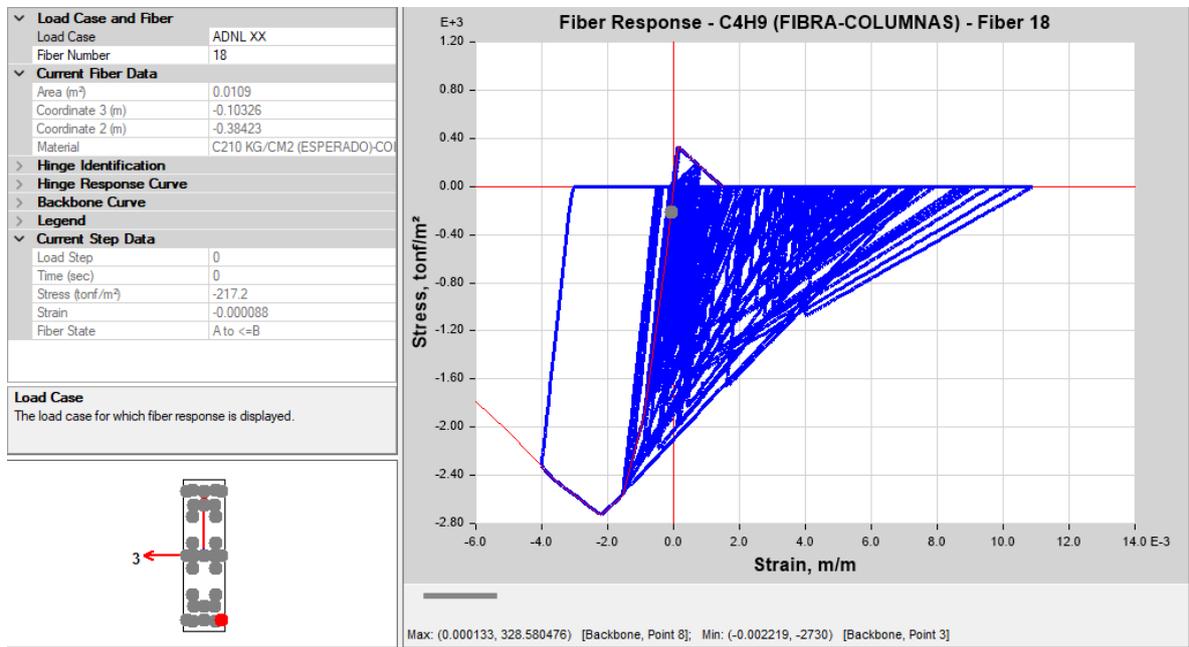


Figura 86. Comportamiento del concreto sin confinar en columnas (Fiber C4H9-No.18).

Fuente: tomado de Etabs.

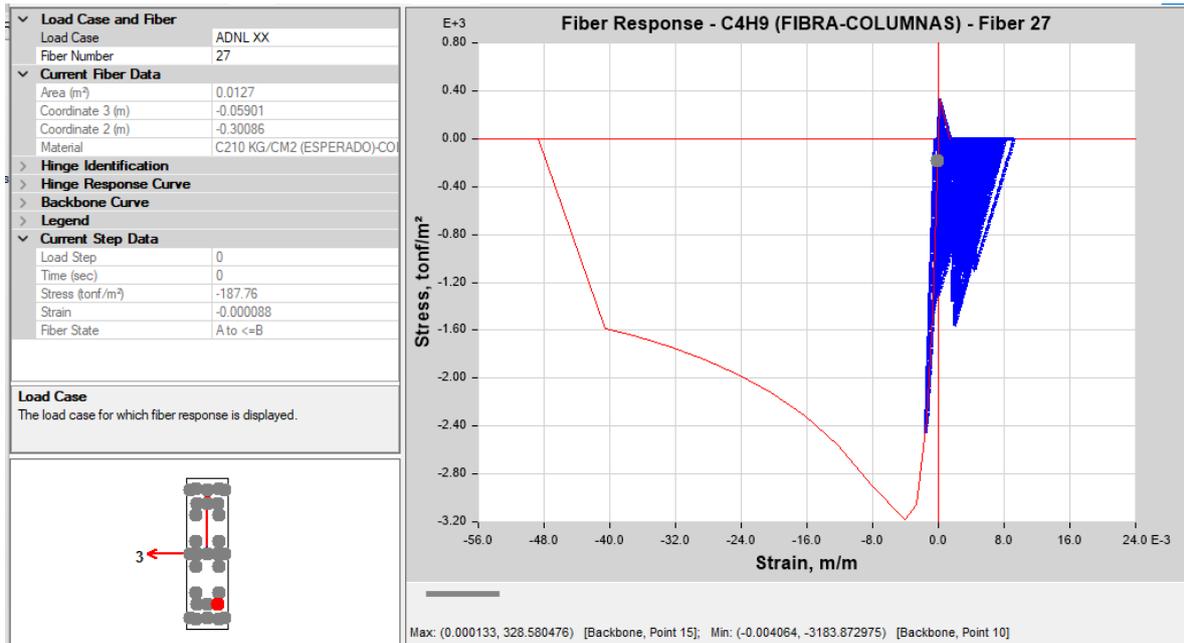


Figura 87. Comportamiento del concreto confinado en columnas (Fiber C4H9-No.27).

Fuente: tomado de Etabs

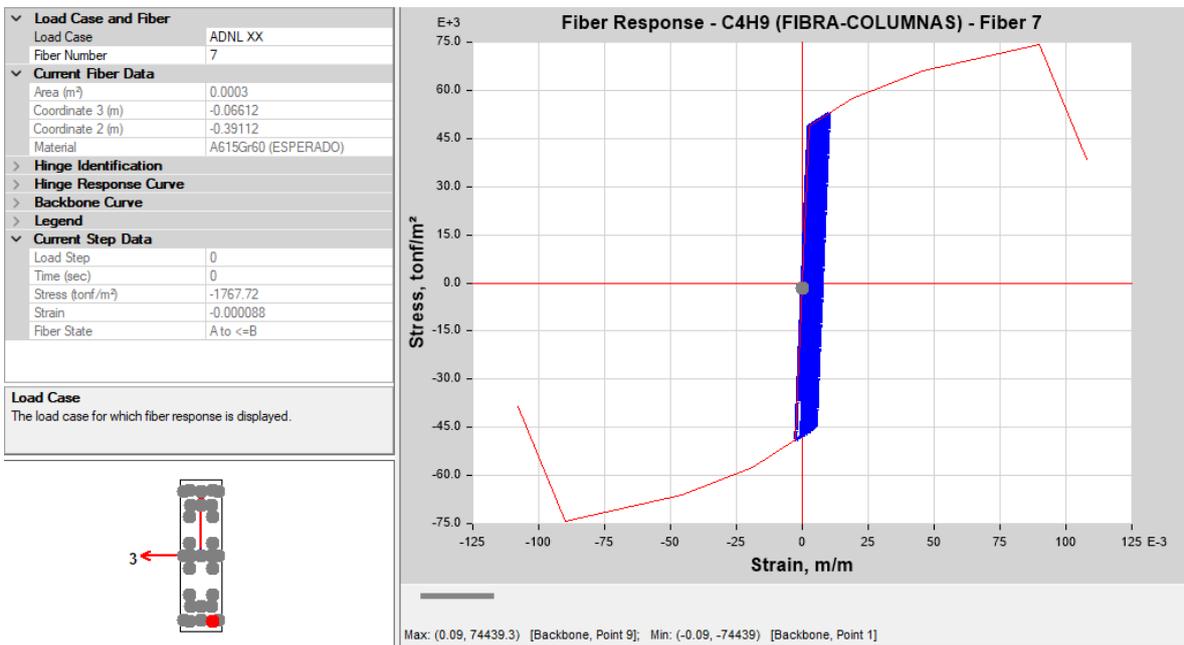


Figura 88. Comportamiento del acero en columnas (Fiber C4H9-No.7).

Fuente: tomado de Etabs.

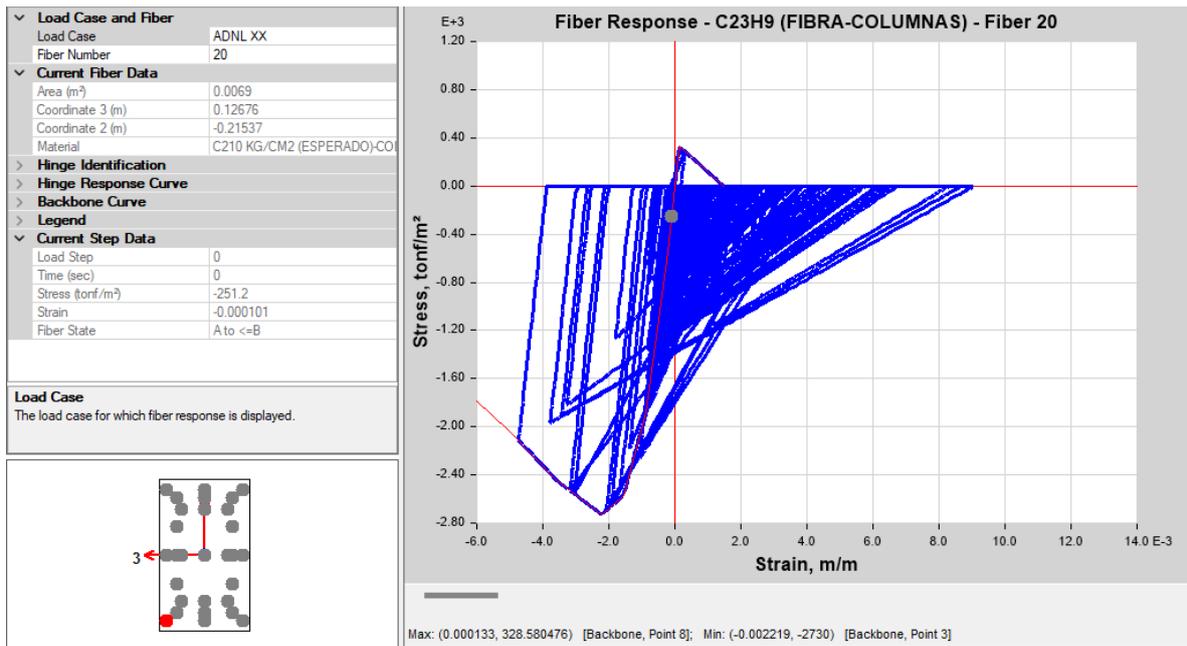


Figura 89. Comportamiento del concreto sin confinado en columnas (Fiber C23H9-No.20).

Fuente: tomado de Etabs.

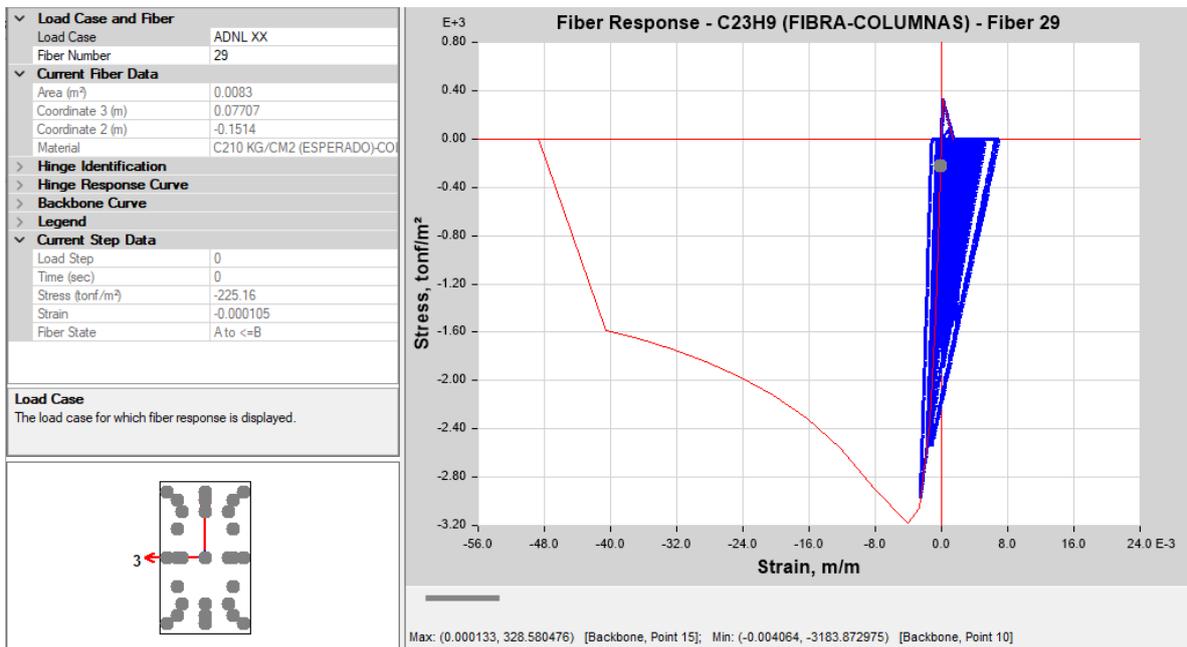


Figura 90. Comportamiento del concreto confinado en columnas (Fiber C23H9-No.29).

Fuente: tomado de Etabs.

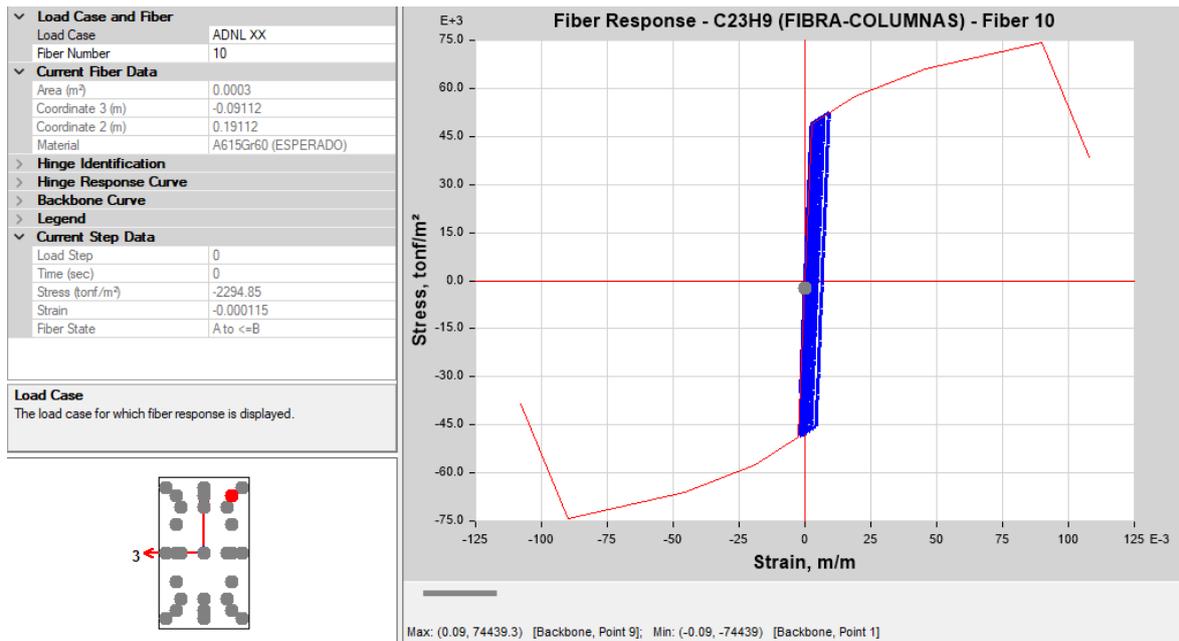


Figura 91. Comportamiento del acero en columnas (Fiber C23H9-No.10).

Fuente: tomado de Etabs.

En las figuras 92-97 se puede observar el comportamiento del concreto, acero y del concreto sin confinar en las columnas exteriores (CC1 y CC2) ubicados en los ejes C y D, en las cuales se dan los momentos máximos en los análisis dinámicos al considerar el efecto de la construcción por etapas y están identificadas en el software como C9 y C6 respectivamente.

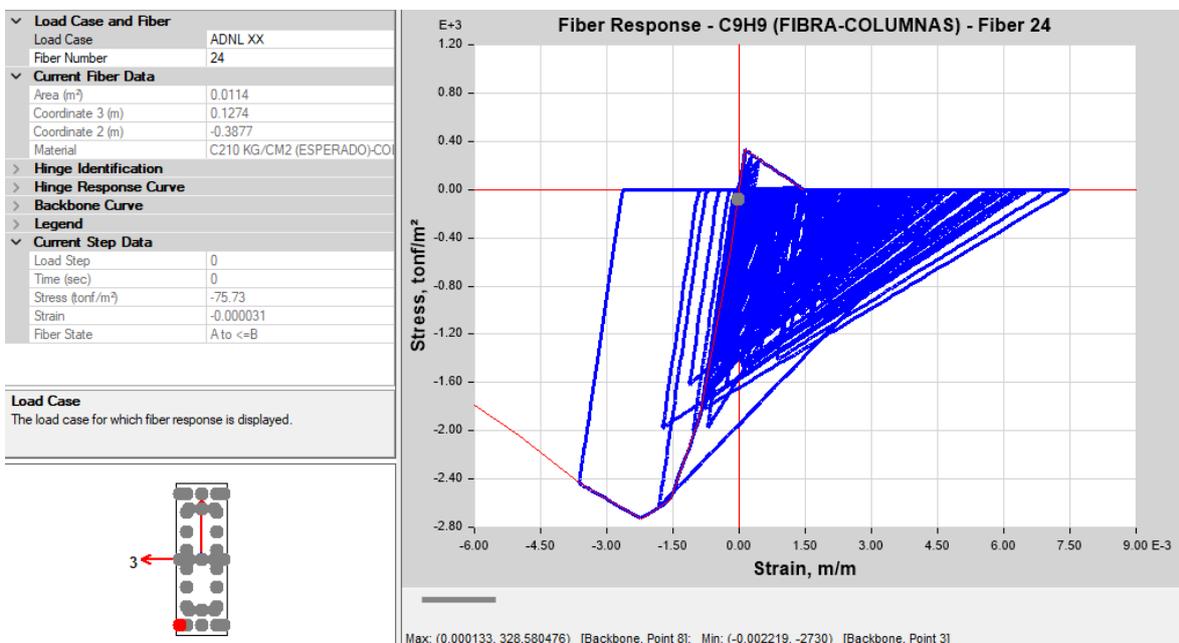


Figura 92. Comportamiento del concreto sin confinar en columnas (Fiber C9H9-No.24).

Fuente: tomado de Etabs.

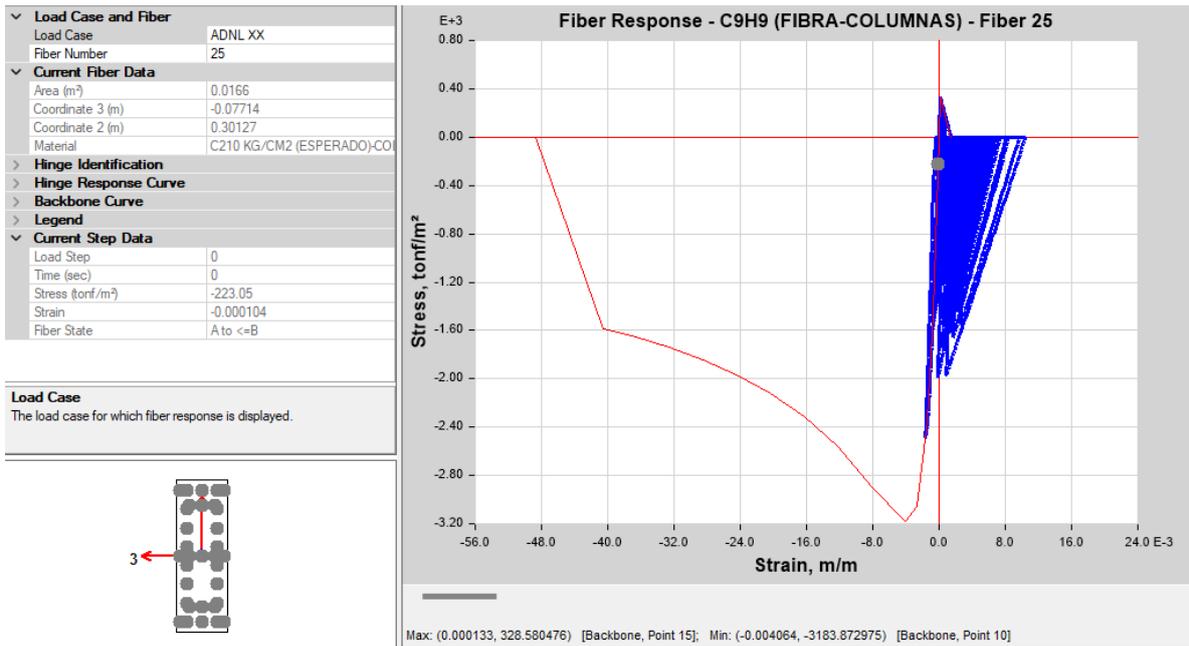


Figura 93. Comportamiento del concreto confinado en columnas (Fiber C9H9-No.25).

Fuente: tomado de Etabs.

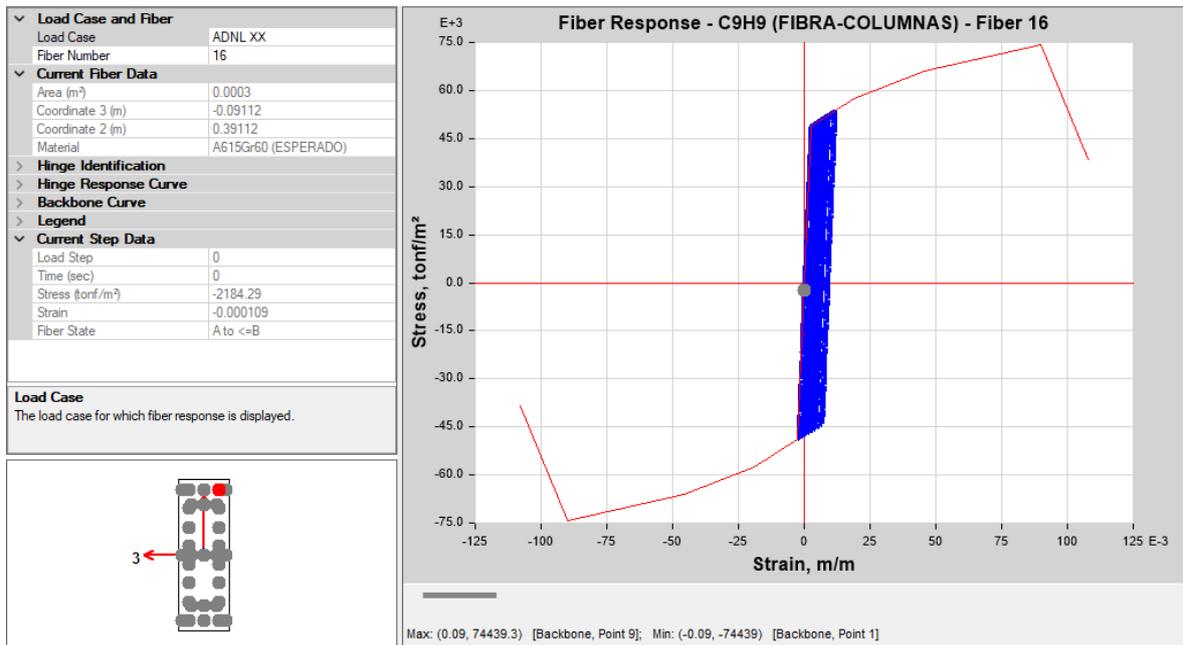


Figura 94. Comportamiento del acero en columnas (Fiber C9H9-No.16).

Fuente: tomado de Etabs.

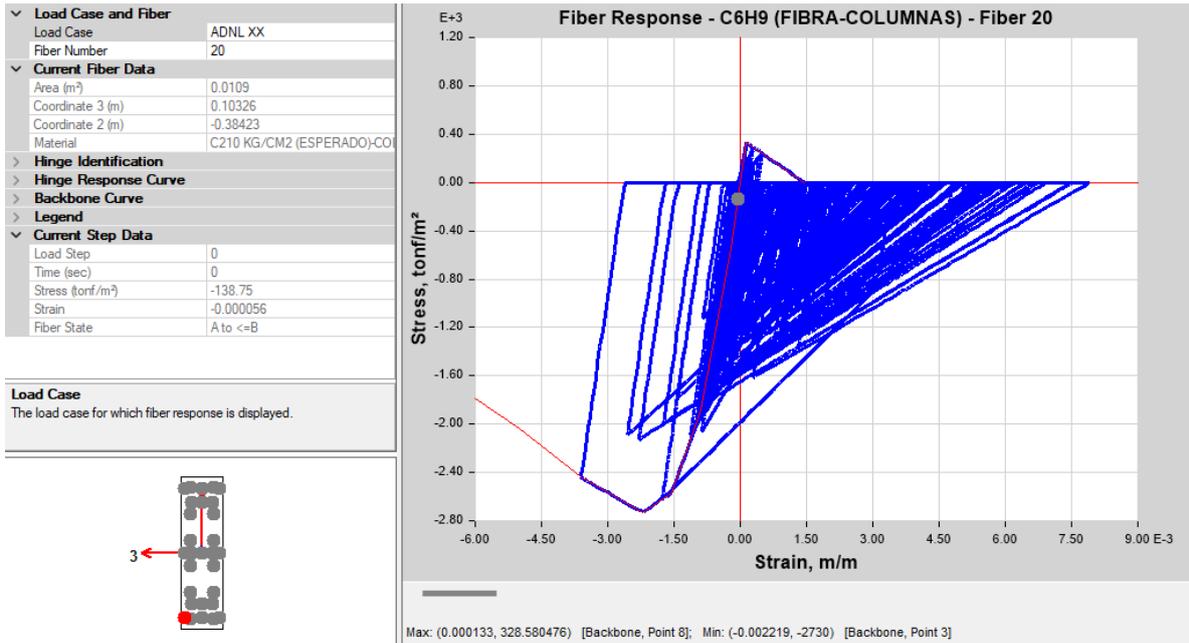


Figura 95. Comportamiento del concreto sin confinado en columnas (Fiber C6H9-No.20).

Fuente: tomado de Etabs.

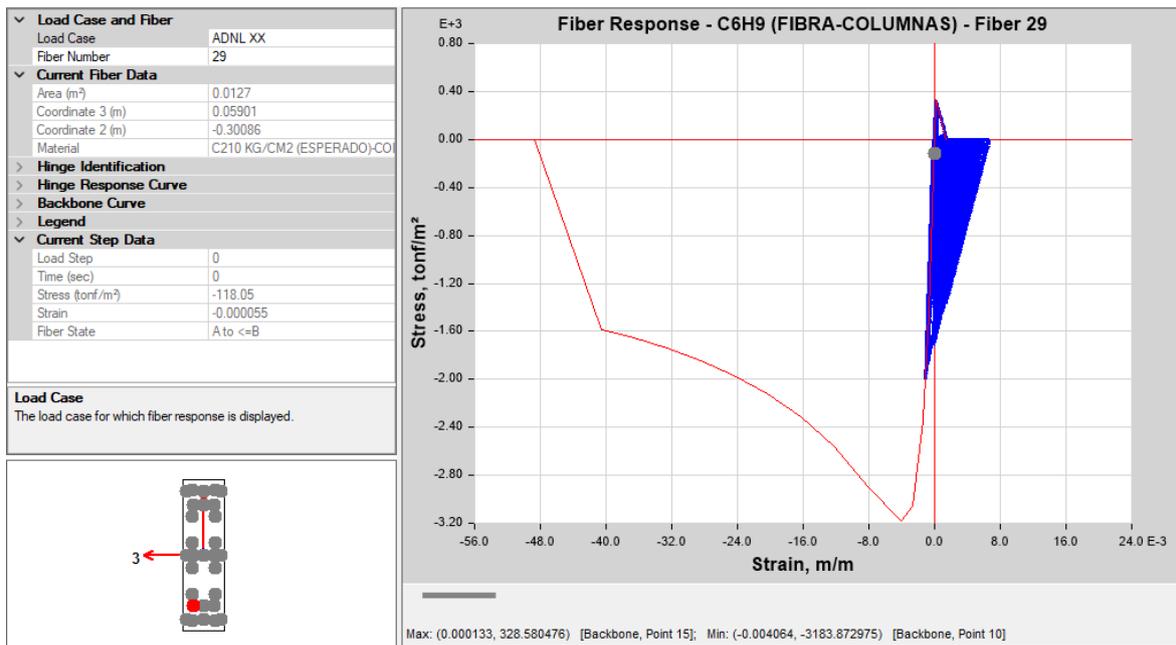


Figura 96. Comportamiento del concreto confinado en columnas (Fiber C6H9-No.29).

Fuente: tomado de Etabs.

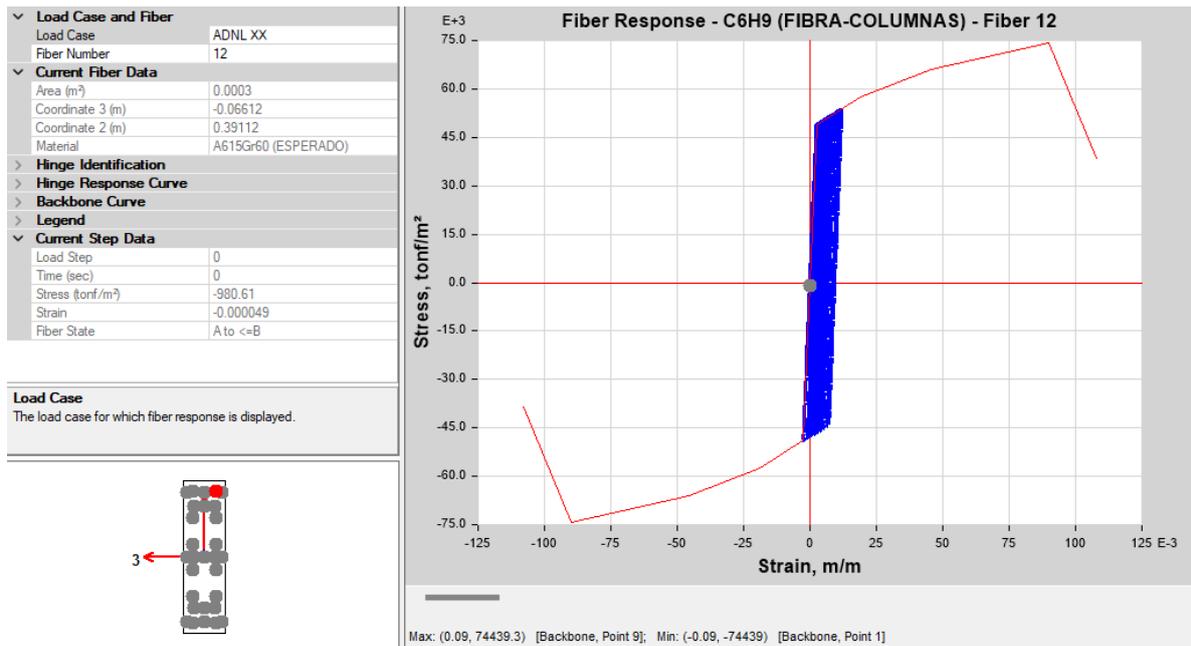


Figura 97. Comportamiento del acero en columnas (Fiber C6H9-No.12).

Fuente: tomado de Etabs.

3.4.5.6. Distorsiones de entrepiso

Se presentan las distorsiones en los análisis dinámicos, a la izquierda sin considerar el efecto y a la derecha considerando el efecto; además, la variación porcentual de las distorsiones teniendo en cuenta el efecto de la construcción por etapas.

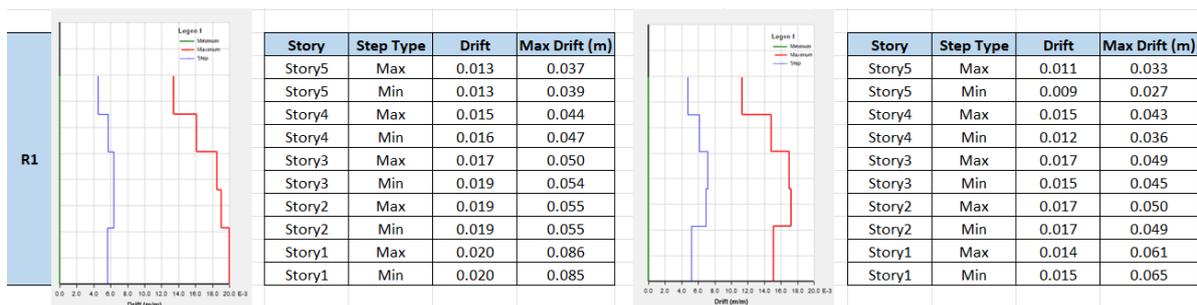


Figura 98. Distorsiones de entrepiso máximas para R1.

Fuente: tomado de Etabs.

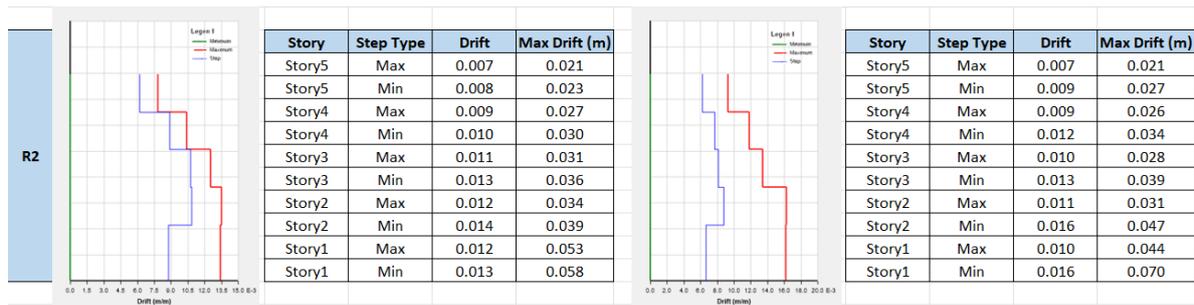


Figura 99. Distorsiones de entepiso máximas para R2.

Fuente: tomado de Etabs.

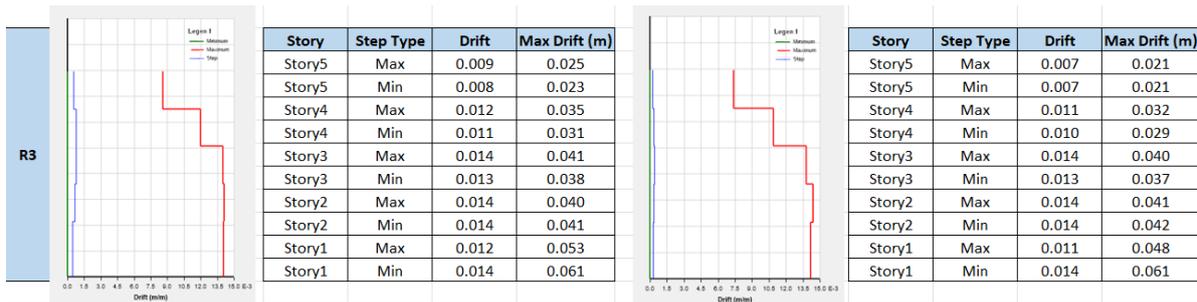


Figura 100. Distorsiones de entepiso máximas para R3.

Fuente: tomado de Etabs.

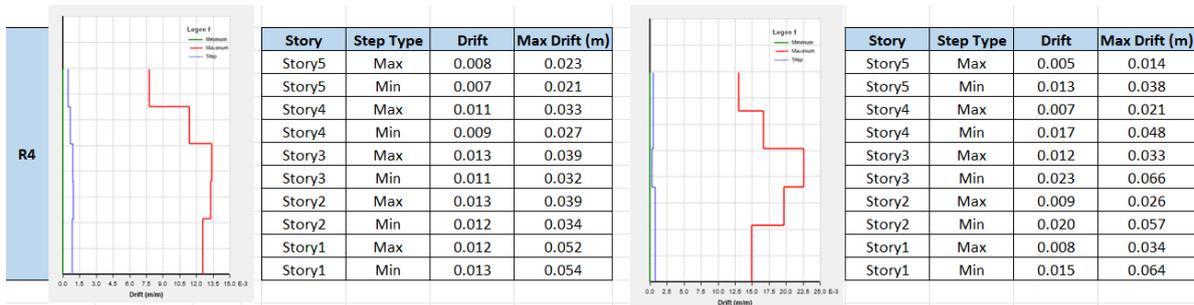


Figura 101. Distorsiones de entepiso máximas para R4.

Fuente: tomado de Etabs.

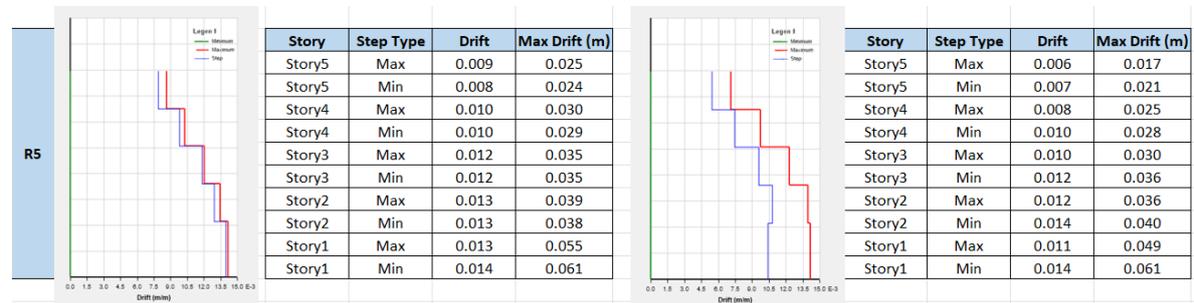


Figura 102. Distorsiones de entepiso máximas para R5.

Fuente: tomado de Etabs.

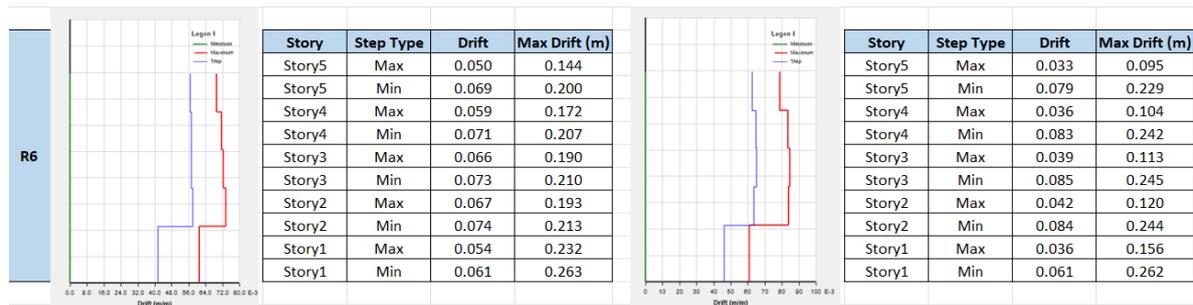


Figura 103. Distorsiones de entrepiso máximas para R6.

Fuente: tomado de Etabs.

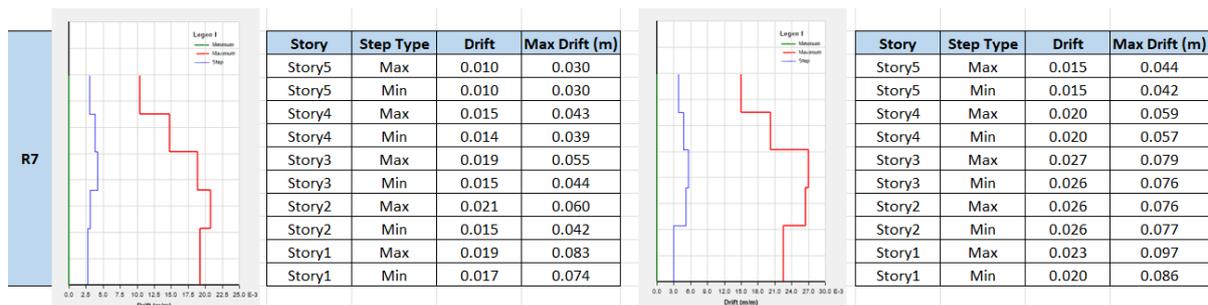


Figura 104. Distorsiones de entrepiso máximas para R7.

Fuente: tomado de Etabs.

Tabla 49 Variación porcentual de derivas por nivel al considerar el efecto de la construcción por etapas.

Story	Step Type	PROMEDIO DE DERIVAS (SIN ETAPAS)		PROMEDIO DE DERIVAS (CON ETAPAS)			Δ (%)
		Drift	Max Drift (m)	Step Type	Drift	Max Drift (m)	
Story5	Max	0.015	0.043	Max	0.012	0.035	80.58%
Story5	Min	0.018	0.051	Min	0.020	0.058	112.51%
Story4	Max	0.019	0.055	Max	0.015	0.044	80.28%
Story4	Min	0.020	0.059	Min	0.023	0.068	115.71%
Story3	Max	0.022	0.063	Max	0.018	0.053	84.69%
Story3	Min	0.022	0.064	Min	0.027	0.078	120.76%
Story2	Max	0.023	0.066	Max	0.019	0.054	82.54%
Story2	Min	0.023	0.066	Min	0.027	0.079	120.11%
Story1	Max	0.020	0.088	Max	0.016	0.070	79.84%
Story1	Min	0.022	0.094	Min	0.022	0.096	102.19%

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Respuesta estructural

En la tabla 19 y 20 se presenta los resultados, respuestas máximas y variaciones porcentuales que se obtuvieron al incluir el efecto de la construcción por etapas al modelo matemático del edificio de 5 niveles, edificio con el cual se realizó los análisis dinámicos considerando que el sismo ocurre después de finalizar la última etapa de construcción, llegando a obtenerse variaciones del cortante en la base, desplazamiento, velocidad y aceleración respecto del análisis dinámico convencional.

En los análisis dinámicos convencionales en la dirección positiva el cortante en la base se obtuvo 303.73tn y en la dirección negativa 284.86tn, mientras que, al incluir el efecto de la construcción por etapas se obtuvo 306.27tn y 279.19tn respectivamente; datos que se obtuvieron como el promedio de las respuestas máximas halladas en los análisis dinámicos, teniendo una variación porcentual en la dirección positiva de 0.83% y en la dirección negativa de 1.99%.

Los desplazamientos en la dirección positiva son de 0.19m y 0.22m, teniendo y no en cuenta el efecto de la construcción por etapas, obteniéndose una variación porcentual de 11.05%; mientras que en la dirección negativa se obtuvo 0.31m y 0.26m, esto es, una variación de 16.40% en el desplazamiento del 5to nivel del edificio. La velocidad en la dirección positiva es 1.30m/s y en la dirección negativa es de 1.23m/s, en cambio al incluir el efecto es de 1.37m/s y 1.33m/s, llegando a obtenerse variaciones del 5.40% y 7.63% al incluir el efecto. A diferencia de los resultados anteriores la aceleración es menor al incluir el efecto de la construcción por etapas, reduciéndose las respuestas hasta en un 12.64% en la dirección positiva y 15.55% en la dirección negativa.

Los resultados obtenidos en los análisis son mayores al incorporar el efecto de la construcción por etapas, siendo esta la conclusión a la que también llegó Ayuque en el año 2015. Asimismo, en las figuras 65-78 se observa las variaciones de la respuesta estructural del edificio, las que surgen porque el estado o esfuerzos iniciales en la estructura no son los mismos, ya que al incorporar el efecto de la construcción por etapas existe una corrección de esfuerzos en la estructura.

4.2. Fuerzas de Diseño de elementos estructurales

Los elementos estructurales más críticos se encuentran entre los ejes C y D, vigas y columnas, las cuales podrían fallar primero ante un evento sísmico, lo cual compromete a la respuesta estructural del edificio. Analizaremos estos elementos estructurales y observaremos las variaciones que surgen al incorporar el efecto de la construcción por etapas a los análisis dinámicos, además analizaremos que pasa en estas vigas y columnas en un análisis modal espectral, resultados que se muestran en el anexo N°05.

Asimismo, cabe mencionar que, en los análisis no lineales en las vigas y columnas se considera el área de acero detallada en los planos estructurales del proyecto (ver Anexo 6).

4.2.1. Momento en vigas.

En el análisis dinámico no lineal la viga del tramo 1-2 del eje C presenta momentos máximos en los tres primeros niveles, momentos de hasta 20.42tn-m en el primer nivel, 20.58tn-m en el segundo nivel y 20.56tn-m en el tercer nivel, esto es, al incluir el efecto de la construcción por etapas al edificio de 5 niveles. Momentos que representan el 99.70%, 100.21% y 100.44% respecto a los momentos calculados en el análisis dinámico convencional. En el análisis modal espectral existen variaciones de hasta un 41.83%.

En la viga del tramo 2-5 del eje C se generaron momentos de hasta 32.84tn-m en el primer nivel, 34.30tn-m en el segundo nivel y 32.11tn-m en el tercer nivel al incluir el efecto. Momentos que representan el 106.04%, 104.69% y 105.51% respecto a los momentos en el análisis dinámico convencional. En el análisis modal espectral se observó que los momentos disminuyeron al incluir el efecto hasta en un 13.50%.

Del primer al tercer nivel la viga del tramo 1-2 del eje D los momentos máximos registrados al incluir el efecto en el edificio fueron de: 22.37tn-m, 24.18tn-m, 23.13tn-m respectivamente, las cuales representan 97.29%, 100.40% y 99.35% respecto a los momentos sin considerar el efecto. Cabe mencionar que, en este tramo hay variaciones al incluir el efecto de la construcción por etapas hasta de un 31.98%; mientras que en el análisis modal espectral los momentos varían hasta en un 55.21%

Al incluir el efecto de la construcción por etapas los momentos máximos registrados en

la viga del tramo 2-5' del eje D fueron de: 21.56tn-m, 23.39tn-m, 23.45tn-m momentos del primer al tercer nivel que representan el 110.57%, 109.76% y 110.99% respecto a los momentos hallados en los análisis dinámicos convencionales. Llegando a obtenerse en este tramo hasta una variación porcentual de 23.58% y en el análisis modal de hasta 28.29%.

Del primer al tercer nivel en la viga del tramo 5'-5 del eje D los momentos actuantes máximos fueron de: 27.64tn-m, 28.02tn-m, 27.10tn-m respectivamente, momentos que representan 102.76%, 103.16% y 104.96% respecto a no incluir el efecto. Y, se observó variaciones de hasta un 16.70% en los otros niveles.

Los momentos máximos suceden en los niveles inferiores del edificio. Las variaciones son mayores en los análisis modales espectrales que en los análisis dinámicos no lineales y, los momentos actuantes son en su mayoría mayores al considerar el efecto de la construcción por etapas. Estos resultados concuerdan con lo que concluyó Ayuque en el 2015.

4.2.2. Momento en columnas

Los momentos actuantes registrados en los análisis dinámicos sin incluir el efecto de la construcción por etapas llegaron hasta 26.68tn-m, 57.77tn-m, 66.35tn-m en las columnas (CC4, CC1 y CC1) del eje C y en las columnas (CC3, CC2, CC5 y CC2) del eje D se registraron 37.64tn-m, 42.03tn-m, 18.11tn-m, 64.83tn-m; mientras que incluyendo el efecto los momentos actuantes en el eje C fueron de 32.27tn-m, 59.51tn-m, 79.17tn-m y en el eje D de 38.15tn-m, 45.60tn-m, 17.49tn-m, 53.38tn-m. En las columnas del eje C y las dos primeras columnas del eje D presentan un aumento al incluir el efecto de la construcción por etapas. Además, se observó que las máximas variaciones de momento actuante al incluir el efecto se dan en la columna interior CC2 del eje D y la columna exterior CC4 del eje C momentos que son mayores en un 18.86% y 20.96%, respectivamente; sin embargo, en la columna exterior CC1 del eje C y CC2 del eje D, columnas donde el momento actuante es mayor, existe respectivamente un aumento de 19.32% y una reducción del momento en un 17.65% al incluir el efecto.

Las columnas del primer nivel en el análisis modal espectral tienen momentos que varían hasta en un 17.31% en las columnas del eje C y 14.63% en las del eje D. Con los análisis se observó que la mayoría de las variaciones al incluir el efecto disminuyen en las columnas de los niveles superiores, variaciones que según Nayak (2014) es máximo en un 50%.

4.3. Deformaciones en elementos estructurales

Las deformaciones existen en los elementos estructurales donde se generan los mayores esfuerzos, elementos estructurales analizados anteriormente (ubicados en los ejes C y D). En las figuras se observa la incursión al rango no lineal de los elementos estructurales críticos del edificio. Son estos elementos estructurales los que al fallar ocasionarían el colapso de la estructura al ocurrir un sismo.

Las rótulas más críticas se encuentran en las vigas principales VP1(0.30x0.60m) del tramo 2-5 en el eje C y VP2(0.25x0.50m) del tramo 2-5' en el eje D, ambas en el nivel N°1. A pesar de, incursionar en el rango inelástico las vigas respondieron adecuadamente en los análisis tal como se muestra en las figuras 79-82.

Para las deformaciones en columnas en las figuras 83-97 se puede observar al concreto confinado en el rango elástico, la incursión inelástica del acero y del concreto sin confinar en las columnas interiores (CC1, CC2 y CC5) y exteriores (CC1 y CC2) ubicados en los ejes C y D, las cuales son las más críticas en los análisis dinámicos al considerar el efecto de la construcción por etapas.

4.4. Distorsiones de entrepiso

Las figuras A-10 y A-11 (ver anexo 05) presentan las distorsiones según la norma E.030 (análisis modal espectral), en las figuras 98-104 se muestran las distorsiones en los análisis dinámicos; además, la tabla 49 muestra la variación porcentual de las distorsiones teniendo en cuenta el efecto de la construcción por etapas.

Las distorsiones de entrepiso calculadas como el promedio de todas las distorsiones en los análisis dinámicos, representa la posible respuesta del edificio en estudio, obteniéndose del primer al quinto nivel en el análisis dinámico sin considerar el efecto de la construcción por etapas en la dirección positiva 0.020, 0.023, 0.022, 0.019 y 0.015; y, en la dirección negativa 0.022, 0.023, 0.022, 0.020 y 0.018; mientras que incorporando el efecto resultaron unas distorsiones en la dirección positiva de 0.016, 0.019, 0.018, 0.015 y 0.012; y, en la negativa 0.022, 0.027, 0.027, 0.023 y 0.020.

Los análisis dinámicos nos indican que son los tres niveles inferiores en los cuales las

distorsiones son altas y se llega a obtener una variación porcentual de hasta +20.76% en el tercer nivel al considerar el efecto de la construcción por etapas en los análisis dinámicos no lineales; mientras que, el análisis modal espectral nos indica que las máximas distorsiones se dan en el primer nivel. Resultados que están acorde a lo que menciona Ayuque 2015, ya que los desplazamientos incrementan cuando se considera el efecto de la construcción por etapas; cabe mencionar que, los desplazamientos son directamente proporcionales a las distorsiones de entrepiso.

4.5. Contratación de la Hipótesis

Se contrasta la hipótesis y se acepta que la variación de la respuesta estructural al considerar el efecto de construcción por etapas en un edificio multifamiliar de 5 niveles en la ciudad de Cajamarca es más del 5%. Además, se aclara que las variaciones porcentuales máximas en la respuesta estructural son: -15.45% en la aceleración, +7.63% en la velocidad, +16.40% del desplazamiento en el quinto nivel y -1.99% en la cortante de la base cuando se incorpora en los análisis dinámicos no lineales el efecto de la construcción por etapas.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La variación porcentual máxima en la respuesta estructural, al considerar el efecto de la construcción por etapas en un edificio multifamiliar de 5 niveles, es: -15.45% en la aceleración, +7.63% en la velocidad, +16.40% del desplazamiento en el quinto nivel y -1.99% de la cortante en la base, cuando se incorpora en los análisis dinámicos no lineales el efecto de la construcción por etapas, validándose la hipótesis.

Las columnas críticas identificadas en los análisis están ubicadas en el eje C y D del primer nivel. En las columnas del eje C, la variación de los momentos actuantes al incorporar el efecto de la construcción por etapas en los análisis dinámicos, con respecto al análisis dinámico convencional, varía de 99.74% a 120.96% y en el eje D, los momentos actuantes varían de 74.46% a 118.86%.

En la viga principal, ubicada en el eje C, los momentos negativos actuantes al incorporar el efecto de la construcción por etapas en los análisis dinámicos, con respecto al análisis dinámico convencional, varían desde 99.70% a 110.95% en el primer nivel, de 87.38% a 109.76% en el segundo nivel, de 91.28% a 105.51% en el tercer nivel, de 89.96% a 108.96% en el cuarto nivel y de 99.28% a 111.31% en el quinto nivel. Los momentos positivos, varían desde 96.13% a 112.27% en el primer nivel, de 93.16% a 101.59% en el segundo nivel, de 93.40% a 105.58% en el tercer nivel, de 86.83% a 107.66% en el cuarto nivel y de 89.96% a 110% en el quinto nivel.

Los momentos negativos actuantes en la viga principal, ubicada en el eje D, al incorporar el efecto de la construcción por etapas en los análisis dinámicos con respecto al método convencional, varían desde 92.17% a 110.57% en el primer nivel, de 87.38% a 109.76% en el segundo nivel, de 83.96% a 110.99% en el tercer nivel, de 85.30% a 112.47% en el cuarto nivel y de 83.30% a 131.98% en el quinto nivel. Los momentos positivos varían desde 90.40% a 104.18% en el primer nivel, de 93.16% a 101.69% en el segundo nivel, de 90.70% a 103.37% en el tercer nivel, de 90.53% a 106.11% en el cuarto nivel y de 76.42% a 106.47% en el quinto nivel.

Las deformaciones máximas se dan en las columnas del primer nivel del eje C y D, en

las cuales, se inicia la pérdida del recubrimiento, ya que las fibras están próximas a superar la deformación de 0.004, según la ley constitutiva propuesta por Mander para el concreto no confinado. De las vigas, la viga VP2 (0.25x0.50m) en el primer nivel es la más deformada, ya que incursiona en el rango inelástico, sin superar el rango de seguridad de vida.

La distorsión (deriva) máxima, calculada al incorporar el efecto de la construcción por etapas en los análisis dinámico no lineales, es: 0.020 en el primer nivel, 0.027 en segundo nivel, 0.027 en el tercer nivel, 0.023 en el cuarto nivel y 0.020 en el quinto nivel; obteniéndose una variación máxima de +20.76% de la deriva en el tercer nivel, respecto al análisis dinámico convencional.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar diversos estudios de la incorporación del efecto de la construcción por etapas en los análisis dinámicos tiempo-historia no lineal, ya que los resultados obtenidos en esta investigación son únicos para el modelo matemático en estudio, es decir, no se pueden generalizar para todas las estructuras de concreto armado con “n” niveles.

Se recomienda que, en el análisis y diseño estructural de edificios se tenga en cuenta el efecto de la construcción por etapas, ya que esta metodología ocasiona esfuerzos superiores en algunos elementos de la estructura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI 318. (2019). *Building code requirements for structural concrete*. Capítulo Ecuatoriano del American Concrete Institute (ACI). <https://acortar.link/XesnQJ>
- Aguiar, R. (2003). Análisis sísmico por desempeño. Recuperado de <https://acortar.link/XesnQJ>
- Aguiar, R., Morales, E., Chunga, K., Iza, E., y Del castillo, F. (2016). Aceleregramas y espectros inferidos del terremoto 1998 (Mw 7,2) bahía de Caráquez, Ecuador. doi: 10.13140/RG.2.2.22983.91048
- Aguilar, E. (2019). *Incorporación de réplicas en el desempeño sísmico de los edificios 2H y 4F de la Universidad Nacional de Cajamarca* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú.
- Alva, J. (2014, 28 de agosto). Redes acelerográficas en el Perú [ponencia]. IV congreso internacional de ingeniería, Cusco, Perú. <https://acortar.link/XesnQJ>
- ASCE 7-16. (2017). Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures. American Society of Civil Engineers. <https://acortar.link/XesnQJ>
- ASCE/SEI 41. (2017). Seismic evaluation and retrofit of existing buildings. American Society of Civil Engineers. <https://acortar.link/XesnQJ>
- Ayuque, Z. (2015). *Análisis comparativo del método convencional y por etapas para diseñar un edificio de concreto armado de 11 pisos y 5 sótanos* (Tesis de Pregrado). Universidad del centro de Perú, Huancayo-Perú.
- Bazán, E., y Meli, R. (2002). Diseño sísmico de edificios. Recuperado de <https://acortar.link/XesnQJ>
- Bruno, J y Pérez Zerpa, J. (2017). Introducción al Análisis No Lineal de Estructuras: texto del curso Análisis No Lineal de Estructuras. Recuperado de

<https://hdl.handle.net/20.500.12008/22106>

- Bedecarratz, E. (2018). *Modelación no lineal de un edificio de hormigón armado y aplicación de metodología de diseño por desempeño* (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Cabrero, A. (2014). *Evaluación del confinamiento en las columnas de estructuras porticadas bajo carga sísmica mediante análisis no lineal* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Cataluña · Barcelona Tech – UPC, España.
- Calderón, C., y Morocho, L. (2020). *Desarrollo del programa de análisis lineal y no lineal de estructuras en dos dimensiones por el método de los desplazamientos* (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador
- Chopra, A. K. (2014). *Dinámica de estructuras*. Pearson educación.
- CSI (2019). Csi analysis reference manual. california.
- Erazo, B. y Vargas, P. (2020). *Desarrollo de un software para procesamiento y corrección de registros, y generación de espectros de respuesta sísmica* (Tesis de Pregrado). Universidad politécnica salesiana, Quito.
- FEMA 356. (2000). *Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings*. American Society of Civil Engineers. <https://www.nehrp.gov/pdf/fema356.pdf>
- FEMA 440 (2005). *Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures*. washington d. c., Estados Unidos. National Earthquake Hazards Reduction Program. <https://mitigation.eeri.org/wp-content/uploads/fema-440.pdf>
- Ferreira, C. (2008). *Understanding staged construction in buildings using sap2000*. Recuperado de https://wiki.csiamerica.com/download/attachments/1215382/Staged_construction_in

[buildings.pdf](#)

Flórez, C. y Lozano, C. (2007). Análisis y tratamiento de señales de fuentes sismogénicas de campo cercano a san José de Cúcuta, Colombia. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/328913950>

Genatios, C y Lafuente, M. (2016). Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras. CAF-Banco de Desarrollo de América Latina

Goytia, I y Villanueva, R. (2001). Modernización de la enseñanza aprendizaje en la asignatura de ingeniería antisísmica. Universidad mayor de san simón. Cochabamba-Bolivia. Recuperado de <https://es.slideshare.net/JoshetR/texto-gua-de-ingenieria-antissmica-felipe-ramiro-saavedra>

Herráiz, M. (1997). Conceptos básicos de sismología para ingenieros. CISMID

INPRES-CIRSOC 103. 1991.2013. Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistente. Buenos Aires, Argentina

Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council (2020). An alternative procedure for seismic analysis and design of tall buildings located in the Los Angeles region. https://drive.google.com/file/d/1cBv7S4Eh_c8IoPtrch7uxIHP9FbQELO_/view

Mosqueira, C. (2015). *Análisis del desempeño sísmico del edificio 2A de la universidad nacional de Cajamarca* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú.

Muñoz, A. (2020). Comentarios a la norma peruana e.030 diseño sismorresistente. Sencico <https://acortar.link/XesnQJ>

Nayak, S., Kumar, R., y Sonparote, R. (2014). Effect of staged construction analysis on seismic design and performance of rc buildings. Recuperado de

<https://www.researchgate.net/publication/298407911>

NIST GCR 11-917-15 (2011). Selecting and scaling earthquake ground motions for performing response-history analyses. National Earthquake Hazards Reduction Program.

<https://www.nehrp.gov/pdf/nistgcr11-917-15.pdf>

NIST GCR 17-917-46v1 (2017). Guidelines for nonlinear structural analysis and design of buildings. National Earthquake Hazards Reduction Program.

<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/gcr/2017/NIST.GCR.17-917-46v1.pdf>

PEER/ATC 72-1. (2010). Modeling and acceptance criteria for seismic design and analysis of tall buildings. Pacific Earthquake Engineering Research Center.

https://peer.berkeley.edu/sites/default/files/peer-atc-72-1_report.pdf

Ruiz, S., y Montiel, M. (2005). Escalamiento de acelerogramas y número mínimo de registros requeridos para el análisis de estructuras. revista de ingeniería sísmica. Recuperado de

<https://www.researchgate.net/publication/26506203>

Seismosoft. 2021. Earthquake Engineering Software Solutions. Seismomatch.

Trejo, M. (2007). Análisis comparativo de métodos numéricos en integración directa para evaluar la respuesta dinámica de estructuras (Tesis de Maestría). Universidad Veracruzana, México.

Villarreal, G. (2016). Dinámica estructural. Recuperado de <https://acortar.link/XesnQJ>

Villarreal, G. (2017). No-linealidad física en edificaciones de concreto armado. Recuperado de

<http://librosdoctorgennervillarrealcastro.blogspot.com/>

ANEXOS

ANEXO 01: MÉTODO PUNTAL EQUIVALENTE

PUNTAL EQUIVALENTE PARA M1

DATOS

espesor del muro	=	0.13 m
altura del muro de albañilería	=	3.45 m
longitud del muro	=	1.35 m
espesor de columna	=	0.25 m
peralte de columna	=	0.9 m
espesor de viga	=	0.25 m
peralte de viga	=	0.4 m

$E_c =$	247840.6746 kg/cm ²
$G_m =$	16900 kg/cm ²
$E_m =$	42250 kg/cm ²

En la ecuación 10.

$h_{col} =$	151.574885 pulg
$h_{inf} =$	135.826845 pulg
$E_{fe} =$	17424934.31 ksi
$E_{me} =$	2970470.75 ksi
$I_{col} =$	1.03E+07 pulg ⁴
$L_{inf} =$	53.149635 pulg
$r_{inf} =$	145.8554611 pulg
$t_{inf} =$	5.118113 pulg
$\theta =$	1.197808605 radianes

L puntal	3.70m
----------	-------

$\lambda =$	0.00320863 pulg
-------------	-----------------

En la ecuación 9.

a =	34.0550728 pulg
a =	86 cm

En la ecuación 11.

$h_{eff} =$	135.826772 pulg
$E_m =$	462.258381 ksi
$I_g =$	1485283.75 pulg ⁴
$A_v =$	695.17639 pulg ²
$G_m =$	184.903352 ksi

k lateral = 439.895911 klibra/pulg

$h_{\text{eff}} = 345 \text{ cm}$

$E_m = 32500 \text{ kg/cm}^2$

$I_g = 61822177.08 \text{ cm}^4$

$A_v = 4485 \text{ cm}^2$

$G_m = 13000 \text{ kg/cm}^2$

k lateral = 78556.515 kg/cm

k lateral = 7855.651 tn/m

ANEXO 02: REGISTROS SÍSMICOS

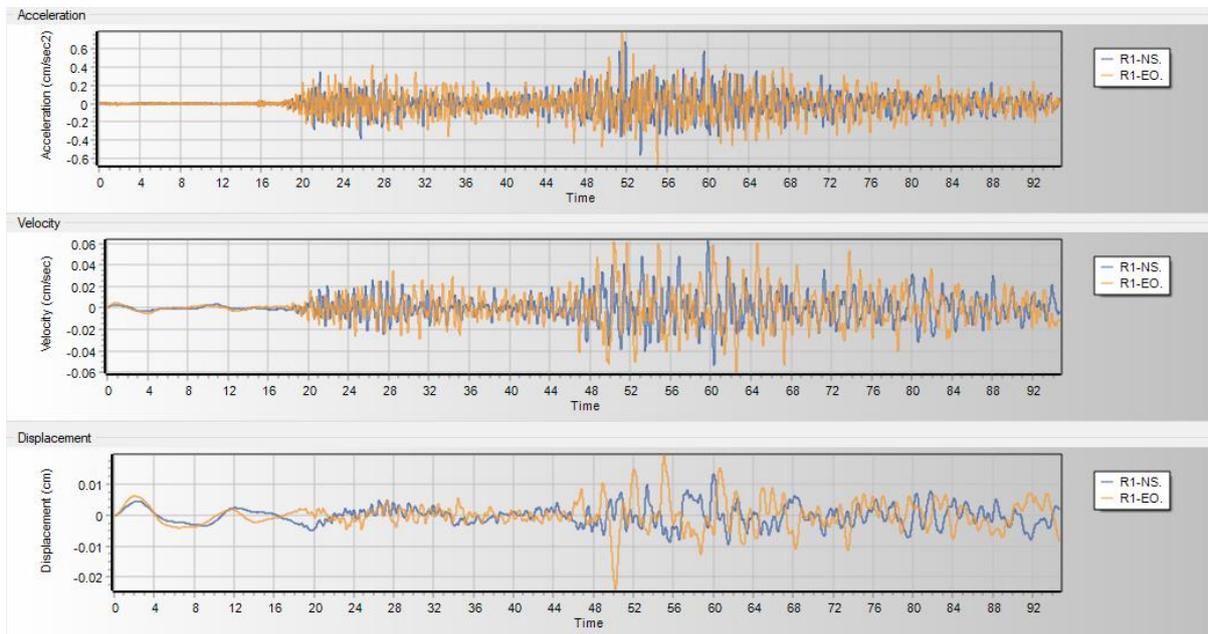


Figura A-1. Registro sísmico N°01.
 Fuente: tomado de La Red Acelerográfica CITDI.

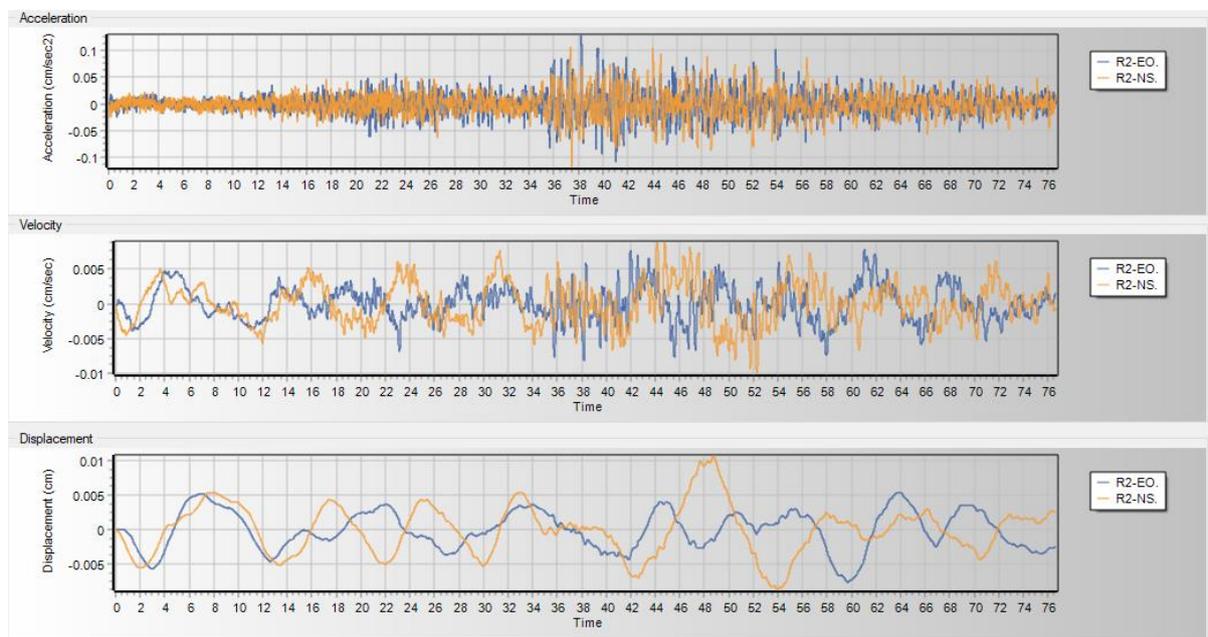


Figura A-2. Registro sísmico N°02.
 Fuente: tomado de La Red Acelerográfica CITDI.

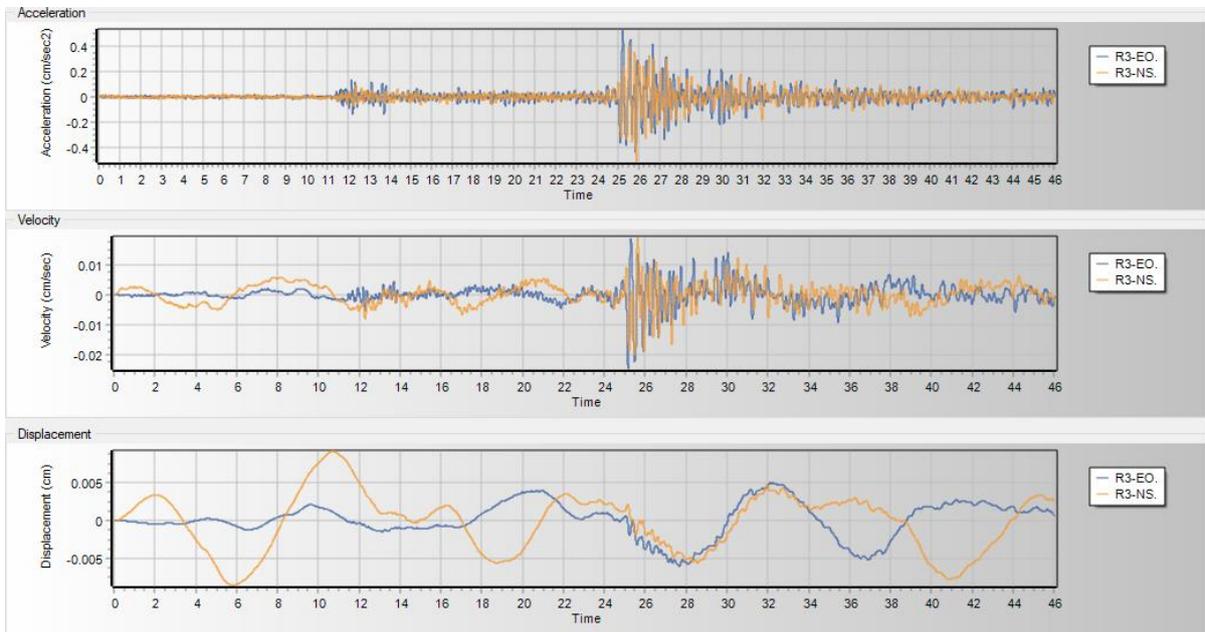


Figura A-3. Registro sísmico N°03.
Fuente: tomado de La Red Acelerográfica CITDI.

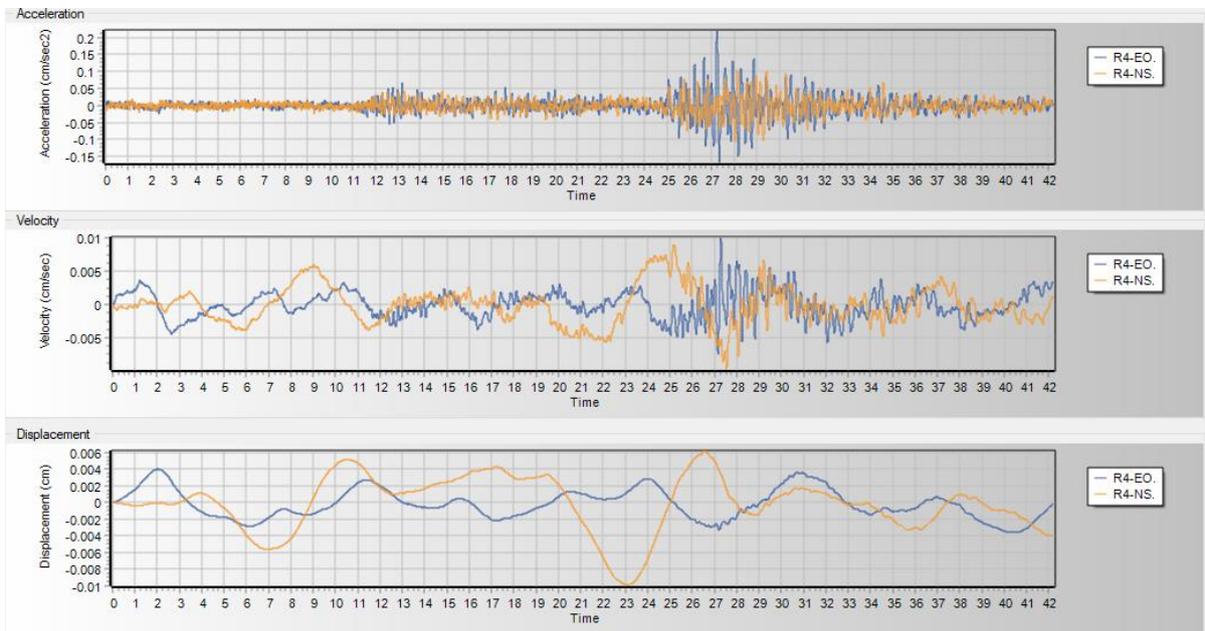


Figura A-4. Registro sísmico N°04.
Fuente: tomado de La Red Acelerográfica CITDI.

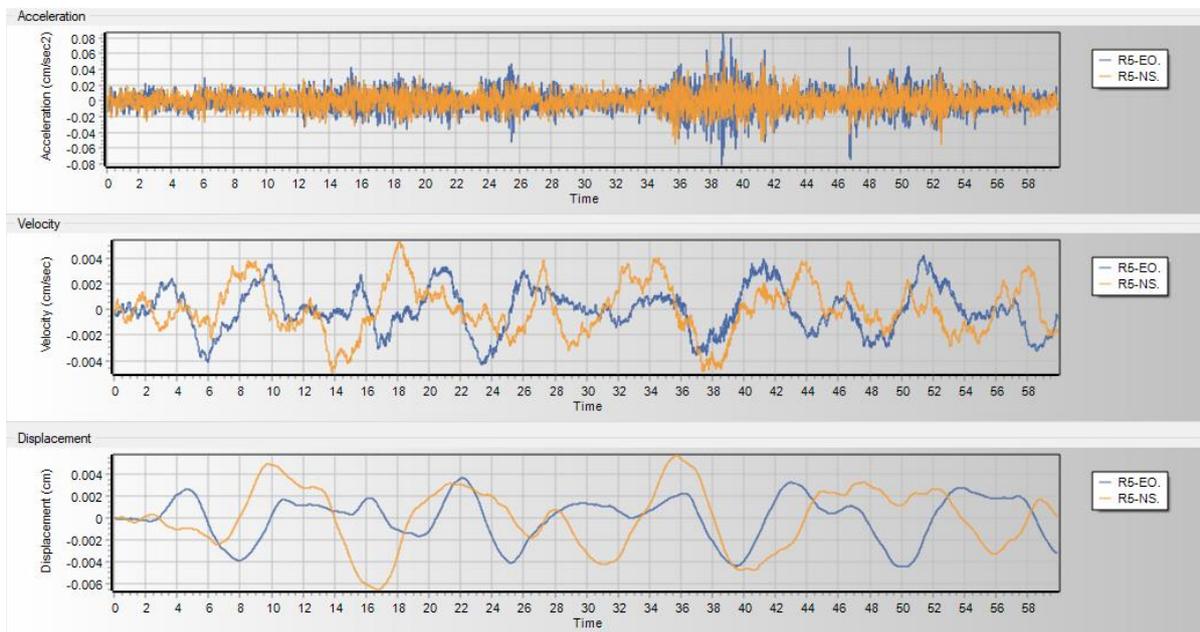


Figura A-5. Registro sísmico N°05.
 Fuente: tomado de La Red Acelerográfica CITDI.

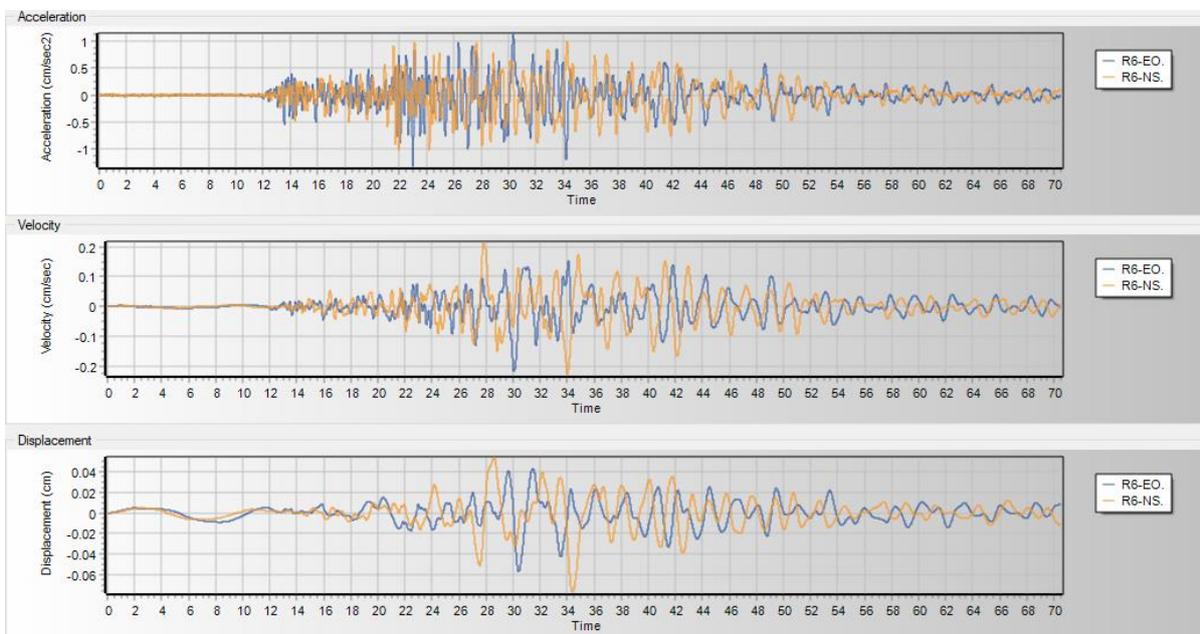


Figura A-6. Registro sísmico N°06.
 Fuente: tomado de La Red Acelerográfica CITDI.

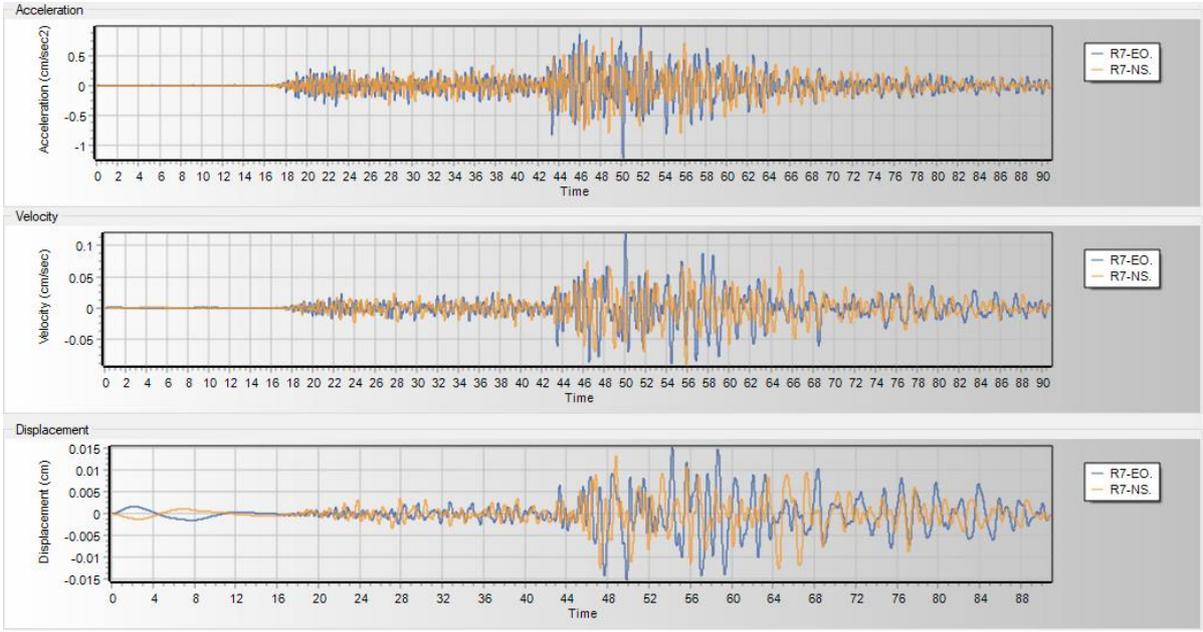


Figura A-7. Registro sísmico N°07.

Fuente: tomado de La Red Acelerográfica CITDI.

ANEXO 03: METRADO DE CARGAS

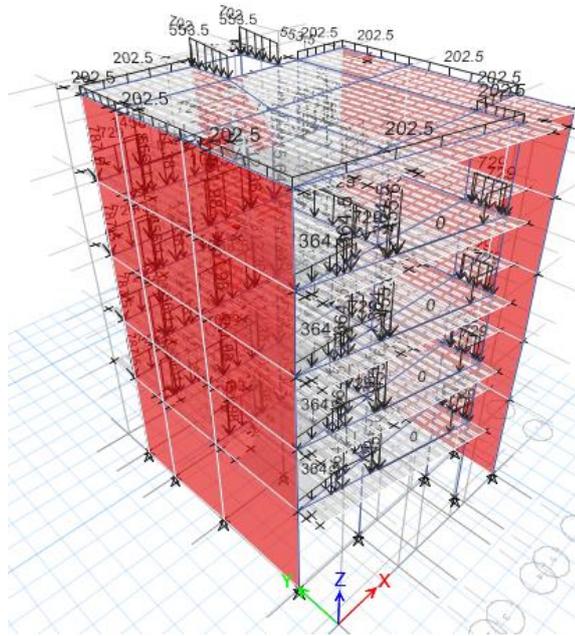


Figura A-8. Modelo Lineal del edificio multifamiliar.
Fuente: Software Etabs20

LOSA ALIGERADA $e=0.20$ m	=	300.00 kg/m ²
CONCRETO ARMADO	=	2400.00 kg/m ³
CONCRETO EN 1m ²	=	210.00 kg/m ²
LADRILLO DE TECHO	=	90.00 kg/m ²
ACABADOS	=	100.00 kg/m ²
	CM=	190.00 kg/m ²
CARGA VIVA		
USO	CV=	200.00 kg/m ²
TECHO	CV=	100.00 kg/m ²
CARGA MUERTA EN ESCALERAS	=	100.00 kg/m ²
CARGA VIVA EN ESCALERAS	=	200.00 kg/m ²

Unidades de arcilla cocida sólidas: 1800 kg/m³
 Unidades de arcilla cocida huecas: 1350 kg/m³

VIGA EN EL EJE A

DISTANCIA

d (m)

TRAMO 1-3

C (distribuida) = 729.00 kg/m; 0 4.2943
 C (distribuida) = -729.00 kg/m; 1.695 3.687

P1 = 787.50 kg; 0 m

P2 = 1377.81 kg; 1.695 m

P3 = 540.00 kg; 4.294 m

VIGAS EN EL EJE B

DISTANCIA

d (m)

TRAMO 1-3

C (distribuida) = 1458.00 kg/m; 0.125 0.625
 C (distribuida) = 729 kg/m; 0.625 3.215

P1 = 656.10 kg; 0.55 m

P2 = 811.38 kg; 1.4 m

P3 = 823.77 kg; 3.29 m

P4 = 954.99 kg; 4.245 m

TRAMO 3-5'

DISTANCIA

C (distribuida) = 729.00 kg/m; d (m)

P1 = 1348.65 kg; 2.156 m

P2 = 583.20 kg; 3.164 m

TRAMO 5'-5

d (m)

C (distribuida) = 729.00 kg/m; 0 0.482

C (distribuida) = 729.00 kg/m; 0.817 1.627

C (distribuida) = 729.00 kg/m; 1.782 2.28

P1 = 233.28 kg; 1.541 m

VIGAS EN EL EJE C

DISTANCIA

d (m)

TRAMO 1-2

C (distribuida) = 1093.50 kg/m; 0.00 2.3

P1 = 451.98 kg; 0.71 m
 P2 = 612.36 kg; 2.25 m
 P3 = 845.64 kg; 3.25 m

TRAMO 2-5

d (m)

C (distribuida) = 729.00 kg/m; 3.125 4.175

P1 = 291.60 kg; 5.749 m

VIGAS EN EL EJE D

DISTANCIA
d (m)

TRAMO 1-2

C (distribuida) = 364.50 kg/m; 0 2.3

VIGAS EN EL EJE E

DISTANCIA
d (m)

TRAMO 1-5'

C (distribuida) = 729.00 kg/m; 1.3 3.32
 C (distribuida) = 729.00 kg/m; 6.62 7.6159

P1 = 364.50 kg; 1.77 m
 P2 = 364.50 kg; 2.97 m
 P3 = 455.63 kg; 3.32 m

M. ALBAÑILERIA = 729.00 kg/m; 0.175 1.29
 V. PRINCIPAL (Y) = 729.00 kg/m; 5.07 7.25
 VS = 729.00 kg/m; 0.45 2.5

AZOTEA

C (distribuida) = 202.5 kg/m;

ESCALERA

Max = 702 kg/m; 148.5 kg/m
 Min = 553.5 kg/m;

VOLADIZO 1

NIVEL 1-4

NIVEL 5 (AZOTEA)

Área = 5.78 m²
 CONCRETO EN 1m2 = 210.00 kg/m²; 159.38 kg/m
 CM = 190 kg/m²; 144.20 kg/m
 CM (Total) 303.58 kg/m 303.58 kg/m
 CV = 200 kg/m²; 151.79 kg/m 37.95 kg/m

VIGA

L = 7.6159 m

VOLADIZO 2

NIVEL 1-4

NIVEL 5 (AZOTEA)

Área = 1.81 m²

CONCRETO EN 1m2 = 210.00 kg/m²;

174.89 kg/m

CM = 190 kg/m²;

158.23 kg/m

CM (Total)

333.12 kg/m

333.12 kg/m

CV = 200 kg/m²;

166.56 kg/m

41.64 kg/m

VIGA

L = 2.1734 m

VOLADIZO 3

NIVEL 1-4

NIVEL 5 (AZOTEA)

Área = 6.74 m²

CONCRETO EN 1m2 = 210.00 kg/m²;

329.60 kg/m

CM = 190 kg/m²;

298.21 kg/m

CM (Total)

627.81 kg/m

627.81 kg/m

CV = 200 kg/m²;

313.90 kg/m

78.48 kg/m

VIGA

L = 4.2943 m

VOLADIZO 4

NIVEL 1-4

NIVEL 5 (AZOTEA)

Área = 2.6 m²

CONCRETO EN 1m2 = 210.00 kg/m²;

238.98 kg/m

CM = 190 kg/m²;

216.22 kg/m

CM (Total)

455.20 kg/m

455.20 kg/m

CV = 200 kg/m²;

227.60 kg/m

56.90 kg/m

VIGA

L = 2.2847 m

ANEXO 04: ESCALAMIENTO DE REGISTROS-SPECTRAL MATCHING

T	SISMO 01			SRSS 01			SISMO 02			SRSS 02			SISMO 03			SRSS 03			SISMO 04			SRSS 04			SISMO 05			SRSS 05			SISMO 06			SRSS 06			SISMO 07			SRSS 07			PROMEDIO	ESPECTRO	"≥ 100%" ok
	NS (g)	EO (g)	Acc (g)	NS (g)	EO (g)	Acc (g)	NS (g)	EO (g)	Acc (g)	NS (g)	EO (g)	Acc (g)	NS (g)	EO (g)	Acc (g)	NS (g)	EO (g)	Acc (g)	NS (g)	EO (g)	Acc (g)	NS (g)	EO (g)	Acc (g)	NS (g)	EO (g)	Acc (g)	NS (g)	EO (g)	Acc (g)	NS (g)	EO (g)	Acc (g)	NS (g)	EO (g)	Acc (g)	Acc p (g)	(g)	%						
0	0.68161806	0.77846812	0.71029915	0.62990182	0.62990182	0.64334072	0.77721201	0.77721201	0.79379376	0.63443307	0.63443307	0.64796865	0.55028619	0.50429155	0.55592516	0.75834834	0.713197	0.76847226	0.72614729	0.72614729	0.74163958	0.69449132	0.52325	133%																					
0.02	0.69857651	0.79493533	0.72752478	0.56488274	0.642812	0.58829267	0.69557828	0.78767128	0.72381159	0.52927457	0.65085624	0.5589181	0.57004955	0.5552723	0.58019976	0.76362993	0.72642012	0.77490729	0.60765283	0.73771631	0.6401348	0.65625557	0.6540625	100%																					
0.04	0.79277199	0.87137392	0.82096614	0.81234736	0.98595859	0.8557282	0.69275398	0.84199514	0.72994106	0.56631485	0.78550518	0.61336062	0.90783926	1.16678145	0.96708803	0.75734414	0.78529337	0.7774114	0.67553067	0.78876036	0.70663796	0.78159049	0.784875	100%																					
0.06	0.92102131	0.88184283	0.93537666	0.85685352	0.92164924	0.88434483	0.86184993	0.95339487	0.89341283	0.84337956	0.91925975	0.87222241	0.92388417	0.92148126	0.94326468	0.9169054	0.92304849	0.93731577	0.91530343	0.92041057	0.93553623	0.91444962	0.9156875	100%																					
0.08	1.04193666	0.95579933	1.05273509	1.11948381	1.04891341	1.13391845	1.06021187	0.96575499	1.07033308	1.03605857	1.06245341	1.06183694	1.05133295	1.05141207	1.07377394	1.03795539	1.03063481	1.0590952	1.05153857	1.02692016	1.07061784	1.07461579	1.0465	103%																					
0.1	1.19965403	1.26963467	1.23512523	1.18929988	1.26172413	1.22490593	1.17718848	1.1499617	1.19859253	1.23111544	1.15147612	1.24672536	0.8282115	1.01316414	0.87373193	1.20175464	1.25089134	1.23427848	1.18115386	1.20750234	1.21001643	1.17476798	1.1773125	100%																					
0.12	1.28152596	1.32316409	1.31468048	1.33420129	1.27677458	1.3549075	1.28821589	1.29125759	1.3161191	1.29824864	1.3305899	1.33044747	1.53521928	1.4379136	1.55494575	1.29454959	1.22842008	1.31326607	1.31273692	1.31538866	1.34110947	1.36078226	1.308125	104%																					
0.14	1.35071247	1.28130392	1.37018702	1.2913298	1.18145775	1.30431536	1.4068558	1.23570332	1.41456571	1.47412063	1.30497022	1.48345476	1.18507382	1.37364504	1.23806962	1.3145324	1.26673544	1.33610081	1.31500613	1.29526076	1.34036068	1.35529342	1.308125	104%																					
0.16	1.29263463	1.31163179	1.32284514	1.31824205	1.24352587	1.3363333	1.6973286	1.74644828	1.74038845	1.45115199	1.30867631	1.4633392	1.27595495	1.10719237	1.28129378	1.31701181	1.57675695	1.38384284	1.3129324	1.29856214	1.33897447	1.40957388	1.308125	108%																					
0.18	1.31176136	1.31550237	1.34026339	1.18703503	1.50148949	1.26043823	1.05157523	1.69599766	1.18426721	1.40930481	1.33724708	1.42967171	1.39481217	1.31510443	1.413869	1.30781615	1.21344443	1.32313402	1.33664772	1.32802432	1.36398097	1.3308035	1.308125	102%																					
0.2	1.29825487	1.31274893	1.32795829	1.52534143	1.31346525	1.53049713	1.36920364	1.56013494	1.42626006	1.59482051	1.35605045	1.59814184	1.23999219	1.28830172	1.27321044	1.3155509	1.30598855	1.34230559	1.26543607	1.27198067	1.29333716	1.39881579	1.308125	107%																					
0.22	1.32466881	1.31401588	1.35146884	1.64274134	1.49359902	1.65807036	1.21377803	1.58696122	1.29760201	1.55912562	1.2883875	1.5579769	1.40067897	1.39267845	1.42946348	1.31347231	1.34319788	1.34562791	1.34529657	1.3621424	1.37633035	1.43093426	1.308125	109%																					
0.24	1.48476752	1.32358778	1.49530975	1.44357105	1.34274831	1.46091083	1.62100084	1.51795694	1.64179038	1.26766403	1.33829108	1.3046666	1.2220438	1.25386192	1.25254612	1.31035386	1.36049302	1.34532736	1.31332569	1.31318263	1.34132568	1.40598239	1.308125	107%																					
0.26	1.38647242	1.31398565	1.40629948	1.41334143	1.38169351	1.43917976	1.54695548	1.34374249	1.5535976	1.45243427	1.33202553	1.46744421	1.39110889	1.31416626	1.4104494	1.31590687	1.45902359	1.36460041	1.31373721	1.30305831	1.3403005	1.42598162	1.308125	109%																					
0.28	1.43588275	1.32714203	1.45204043	1.31466247	1.37533614	1.35123042	1.37631218	1.33197871	1.39965694	1.28023322	1.4200766	1.3276979	1.34655957	1.31511839	1.37100311	1.3207701	1.59086592	1.38933537	1.31177727	1.32955674	1.34222626	1.37617006	1.308125	105%																					
0.3	1.61898198	1.3150774	1.6151613	1.31397101	1.31366781	1.34196272	1.28119515	1.1940715	1.2968896	1.34819443	1.1917281	1.35651293	1.16937207	1.27647433	1.20964417	1.30744744	1.56539414	1.3738072	1.31342947	1.48831596	1.36689292	1.36583869	1.308125	104%																					
0.32	1.48031822	1.31429391	1.4901669	1.31487373	1.31132147	1.34243792	1.14708919	1.264537	1.18843962	1.37017054	1.31761565	1.39228754	1.27320037	1.38296056	1.31603359	1.34826332	1.4147955	1.38638329	1.3140416	1.35237845	1.34742142	1.35188147	1.308125	103%																					
0.34	1.47868369	1.41700734	1.5018933	1.31209051	1.29939786	1.33834355	1.35320642	1.379714	1.38575756	1.34519753	1.26906327	1.36367307	1.35811593	1.37447865	1.38935588	1.35884065	1.20786929	1.36805842	1.398351	1.31635518	1.41718353	1.39489504	1.308125	107%																					
0.36	1.52433149	1.43224887	1.54450835	1.30046837	1.29857637	1.3279534	1.42021708	1.42750562	1.45152305	1.15591265	1.36045105	1.21084002	1.31214085	1.2063856	1.32608726	1.31376047	1.29248965	1.33888126	1.31769169	1.37995996	1.35455223	1.36490651	1.308125	104%																					
0.38	1.4600608	1.35213122	1.47683043	1.3251082	1.34461788	1.35608258	1.32505127	1.39070167	1.36255279	1.248403	1.33322349	1.28705638	1.28824113	1.32893672	1.32140516	1.28579069	1.30882302	1.3164187	1.31412294	1.25141769	1.33370527	1.35057876	1.308125	103%																					
0.4	1.33582577	1.57259765	1.39936523	1.31217403	1.30228093	1.33881144	1.27179086	1.34830062	1.30973075	1.26370119	1.15536092	1.27630463	1.32974869	1.36059025	1.36240773	1.31355562	1.37183426	1.34975753	1.39590249	1.31188885	1.41441993	1.35011389	1.308125	103%																					
0.42	1.31043839	1.6083106	1.38331721	1.29908879	1.30028225	1.32696912	1.26740874	1.28038439	1.29624328	1.45811385	1.25037995	1.46241643	1.32580859	1.25018086	1.34394053	1.32142663	1.36607877	1.35585665	1.33386799	1.49067628	1.38499692	1.36482002	1.308125	104%																					
0.44	1.42700177	1.4593715	1.46194723	1.31487147	1.30728064	1.34188159	1.24109261	1.25310631	1.26923226	1.4601734	1.38672154	1.48143424	1.3137718	1.31843282	1.34244375	1.31669601	1.31234887	1.34418991	1.36664657	1.56947491	1.4254875	1.38094521	1.308125	106%																					
0.46	1.37621099	1.39540061	1.40823041	1.2982405	1.4236443	1.34391692	1.29937364	1.26583025	1.32252891	1.26497428	1.44552784	1.3183275	1.27182151	1.30104425	1.30301918	1.35325804	1.31527082	1.37696307	1.55699462	1.69293979	1.60962952	1.38323079	1.308125	106%																					
0.48	1.27351857	1.31540449	1.30653783	1.34646146	1.26749571	1.36459352	1.37119229	1.26227745	1.38597112	1.08941445	1.39717294	1.16000926	1.28258749	1.14193736	1.29151776	1.27074147	1.34306535	1.308054	1.54856339	1.4698817	1.57100812	1.3410988	1.308125	103%																					
0.5	1.3887019	1.32190934	1.40932582	1.2902467	1.23264975	1.30999768	1.37021446	1.24236314	1.38256376	1.23202795	1.31395382	1.26991488	1.32608555	1.10510528	1.32619313	1.31889752	1.34906339	1.35123051	1.59358566	1.3137498	1.59204982	1.37732509	1.308125	105%																					
0.52	1.38849129	1.31562081	1.40831067	1.31624939	1.26829148	1.33783284	1.34695941	1.23081781	1.36030879	1.3699416	1.25986633	1.38454567	1.32226381	1.04264005	1.315594	1.31140725	1.36880706	1.347438	1.61048969	1.29592804	1.60529228	1.39418889	1.308125	107%																					
0.54	1.30432369	1.29877053	1.33138813	1.33828034	1.33700814	1.36665734	1.30797685	1.35041994	1.34180798	1.43097128	1.18229821	1.42989504	1.33447145	0.94014884	1.31585724	1.32303303	1.37270772	1.35820993	1.41541178	1.31190299	1.43181288	1.36794693	1.308125	105%																					
0.56	1.39864114	1.34251068	1.42088746	1.31342677	1.38081356	1.35093142	1.27241742	1.38302802	1.31535998	1.32514208	1.15362382	1.33114307	1.33970089	0.98040477	1.32475411	1.30840702	1.29225593	1.33410986	1.4947006	1.36124534	1.50893299	1.36944556	1.308125	105%																					
0.58	1.59184929	1.34409716	1.59404311	1.33230304	1.35082896	1.36329371	1.23673944	1.3554054	1.28013333	1.14429161	1.32644727	1.19547516	1.31928573	1.03998657	1.31259693	1.32007896	1.26006338	1.34014284	1.52051458	1.3177989	1.52667925	1.3731949	1.308125	105%																					
0.6	1.52081109	1.31499542	1.52660816	1.29703663	1.28325704	1.32282025	1.22749351	1.27853922	1.26083605	1.22116994	1.36875013	1.26858829	1.29397022	1.09765402	1.2963565	1.31479764	1.33031794	1.34499658	1.37718095	1.33367411	1.40065485	1.34583724	1.308125	103%																					
0.62	1.30444772	1.27293251	1.32798424	1.16762304	1.2928158	1.21055952	1.23744445	1.27045383	1.26844245	1.2765748	1.3377526	1.31241057	1.28051422	1.10369331	1.2849689	1.27647803	1.26499512	1.30213668	1.31909114	1.33644132	1.3496363	1.2937341	1.265927419	102%																					
0.64	1.26195086	1.20200887	1.28079188	1.26697191	1.26788561	1.29412849	1.24119615	1.28491753	1.27378814	1.29038002</																																			

ANEXO 05: RESULTADOS EN EL ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL

Resultados con el método de análisis modal espectral teniendo en cuenta la norma E.020, E.030 y E.060.

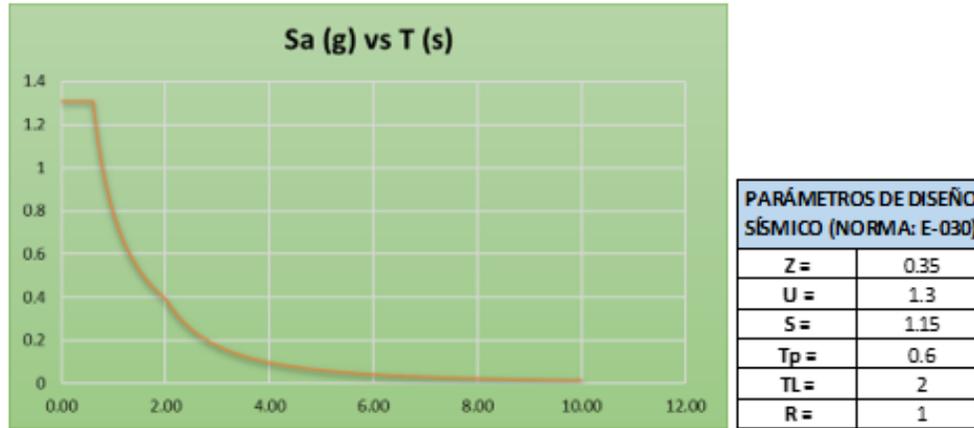


Figura A-9. Espectro de Diseño E-030.
Fuente: Elaboración propia

A. Momento en vigas.

Los siguientes datos obtenidos son los que gobiernan el diseño de vigas, la cual tiene la combinación $1.25(CM + CV) + CS$, combinación que se utilizó para los análisis sin y con el efecto de la construcción por etapas para cálculo de momentos actuantes en el modelo lineal del edificio de 5 niveles.

Tabla A-1 Momentos en viga de los tramos 1-3 y 3-4 del eje A (sin etapas).

EJE A	TRAMO 1-3		TRAMO 3-4	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-4266.96	-3585.22	-348.80	-395.14
	1553.25	1738.24	299.99	261.28
NIVEL 4	-7511.60	-5885.89	-209.05	-283.48
	2848.33	2879.17	120.27	170.70
NIVEL 3	-8612.96	-7132.48	-400.65	-519.51
	4036.72	4046.94	303.87	413.33
NIVEL 2	-9468.59	-7978.22	-712.77	-846.63
	4820.00	4864.65	603.17	753.09
NIVEL 1	-9725.10	-9047.30	-1313.92	-1289.67
	5840.09	5768.80	1058.80	1289.31

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-2 Momentos en viga de los tramos 1-3 y 3-4 del eje A (con etapas).

EJE A	TRAMO 1-3		TRAMO 3-4	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-3575	-4073.05	-549.39	-261.28
	1553.25	1738.24	299.99	330.99
NIVEL 4	-6518.31	-3763.57	-483.37	-170
	2848.33	2879.17	120.27	305.67
NIVEL 3	-7938.35	-4032.99	-675.04	-413.33
	4036.72	4046.94	303.87	556.73
NIVEL 2	-8677.96	-8528.41	-993.24	-753.09
	4820	4864.65	603.17	914.73
NIVEL 1	-9090.48	-9210.21	-1657.03	-1289.31
	5841.09	5768.8	1058.8	1540.89

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-3 Variación porcentual de Momentos en la viga de los tramos 1-3 y 3-4 del eje A, al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE A	TRAMO 1-3		TRAMO 3-4	
	NIVEL 5	83.78%	113.61%	157.51%	66.12%
100.00%		100.00%	100.00%	126.68%
NIVEL 4	86.78%	63.94%	231.22%	59.97%
	100.00%	100.00%	100.00%	179.07%
NIVEL 3	92.17%	56.54%	168.49%	79.56%
	100.00%	100.00%	100.00%	134.69%
NIVEL 2	91.65%	106.90%	139.35%	88.95%
	100.00%	100.00%	100.00%	121.46%
NIVEL 1	93.47%	101.80%	126.11%	99.97%
	100.02%	100.00%	100.00%	119.51%

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-4 Momentos en viga de los tramos 1-3, 3-5' y 5'-5 del eje B (sin etapas).

EJE B	TRAMO 1-3		TRAMO 3-5'		TRAMO 5'-5	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-3974.17	-3418.05	-1194.34	-560.82	-2533.38	-2776.48
	1580.64	1711.56	549.19	807.79	2276.03	2174.85
NIVEL 4	-7895.07	-6848.65	-1489.99	-2693.34	-4077.16	-5112.45
	2816.72	2731.50	306.58	2991.24	3546.56	3991.34
NIVEL 3	-8918.57	-7755.87	-1981.49	-4770.08	-5364.39	-6675.06
	3883.19	3573.16	852.13	5025.17	4786.20	5619.98
NIVEL 2	-9632.30	-8317.50	-2756.42	-6790.88	-6239.46	-7769.85
	4556.80	4088.46	1604.76	67997.81	5597.37	6709.04
NIVEL 1	-9667.88	-9722.07	-1910.81	-7386.35	-6341.94	-8030.73
	5521.91	4914.72	980.33	7233.69	5504.79	7386.32

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-5 Momentos en viga de los tramos 1-3, 3-5' y 5'-5 del eje B (con etapas).

EJE B	TRAMO 1-3		TRAMO 3-5'		TRAMO 5'-5	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-3309.03	-3904.33	-1418.06	-807.33	-2974.56	-2174.85
	1580.64	1711.56	549.14	560.82	2276.03	2174.85
NIVEL 4	-6902.94	-7547.43	-1989.93	-2912.75	-4369.43	-4542.97
	2816.72	2731.5	306.58	2693.34	3546.56	3991.34
NIVEL 3	-8248.47	-8418.28	-2540.78	-5003.38	-5637.79	-6341.23
	3883.19	3573.16	852.13	4770.08	4786.2	5619.98
NIVEL 2	-8865.46	-8987.84	-3301.45	-7064.84	-6490.99	-7398.54
	4556.8	4088.46	1604.76	6790.8	5597.37	6709.04
NIVEL 1	-8909.7	-10372.73	-2181.02	-7591.14	-6398.52	-7731.79
	5521.91	4914.72	980.33	7233.69	5504.79	7386.32

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-6 Variación porcentual de Momentos en la viga de los tramos 1-3, 3-5' y 5'-5 del eje B, al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE B	TRAMO 1-3		TRAMO 3-5'		TRAMO 5'-5	
	NIVEL 5	83.26%	114.23%	118.73%	143.96%	117.41%	78.33%
	100.00%	100.00%	99.99%	69.43%	100.00%	100.00%
NIVEL 4	87.43%	110.20%	133.55%	108.15%	107.17%	88.86%
	100.00%	100.00%	100.00%	90.04%	100.00%	100.00%
NIVEL 3	92.49%	108.54%	128.23%	104.89%	105.10%	95.00%
	100.00%	100.00%	100.00%	94.92%	100.00%	100.00%
NIVEL 2	92.04%	108.06%	119.77%	104.03%	104.03%	95.22%
	100.00%	100.00%	100.00%	9.99%	100.00%	100.00%
NIVEL 1	92.16%	106.69%	114.14%	102.77%	100.89%	96.28%
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-7 Momentos en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C (sin etapas).

EJE C	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-5165.72	-9452.57	-9063.68	-9452.57
	2853.62	2418.49	2498.08	3283.28
NIVEL 4	-10804.26	-9310.06	-14646.71	-16179.42
	6986.24	6762.57	4994.02	6754.95
NIVEL 3	-10716.62	-13564.69	-16868.94	-19162.31
	10716.62	10456.58	7170.96	9983.98
NIVEL 2	-16992.64	-17114.07	-18488.8	-21480.65
	13887.01	13642.47	8709	12074.97
NIVEL 1	-14991.41	-19757.33	-19933.72	-22238.01
	13639.84	14041.42	9772.81	14785.16

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-8 Momentos en viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C (con etapas).

EJE C	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-3277.02	-6626.9	-9843.56	-8176.72
	2853.62	2418.48	2498.08	3283.28
NIVEL 4	-8658.03	-13204.8	-15219.07	-14326.3
	6986.24	6762.57	4994.62	6754.95
NIVEL 3	-13069.06	-17067.15	-17466.17	-17792.6
	10716.62	10456.5	7170.96	9983.98
NIVEL 2	-16238.22	-20502.69	-19103.85	-19762.59
	13887.01	13642.47	8709	12074.97
NIVEL 1	-14671.25	-22235.61	-20526.37	-20674.37
	13639.84	14041.42	9772.91	14785.16

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-9 Variación porcentual de Momentos en la viga de los tramos 1-2 y 2-5 del eje C, al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE C	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5	
	NIVEL 5	63.44%	70.11%	108.60%	86.50%
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
NIVEL 4	80.14%	141.83%	103.91%	88.55%
	100.00%	100.00%	100.01%	100.00%
NIVEL 3	121.95%	125.82%	103.54%	92.85%
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
NIVEL 2	95.56%	119.80%	103.33%	92.00%
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
NIVEL 1	97.86%	112.54%	102.97%	92.97%
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-10 Momentos en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D (sin etapas).

EJE D	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-2315.31	-4877.01	-5952.32	-2786.9	-2911.66	-3042.81
	3146.93	2469.11	2366.45	2536.24	3326.66	3042.81
NIVEL 4	-4398.39	-6757.44	-8538.2	-5057.18	-4109.26	-7532.76
	4998.35	3832.48	4110.76	4069.29	4922.02	4825.61
NIVEL 3	-6598.16	-8895.17	-9633.16	-6311.8	-5976.59	-10269.27
	7293.8	5835.65	5330.24	5176.64	6365.61	7978.51
NIVEL 2	-8362.87	-10595.92	-10295.17	-6422.35	-8103.25	-12276.62
	8929.49	7500.18	6217.91	5954.33	8114.32	10392.05
NIVEL 1	-9253.44	-12190.07	-7279.93	-7099.34	-10693.83	-12916.02
	11740.69	8286.59	3023.31	5733.15	9258.14	12151.89

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-11 Momentos en viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D (con etapas).

EJE D	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-2315.31	-5396.04	-5650.22	-3575.23	-4587.2	-3355.19
	4301.77	2469.11	2366.45	2536.24	2911.66	3042.81
NIVEL 4	-4398.39	-8020.38	-8603.47	-5280.63	-6219.65	-5864.05
	7757.73	3832.48	4110.76	4069.29	4109.26	4825.61
NIVEL 3	-6598.13	-10061.57	-9879.56	-6444.85	-8210.32	-9457.17
	10000.15	5835.65	5330.24	5176.64	5976.59	7978.51
NIVEL 2	-8362.87	-11777.9	-10840.87	-7288.11	-10516.24	-11901.61
	11864.14	7500.18	6217.91	5954.33	8103.25	10392.05
NIVEL 1	-9253.44	-13080.31	-7866.1	-6833.23	-12401.28	-12792.19
	14363.14	8286.59	3023.31	5733.15	9258.14	12151.89

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-12 Variación porcentual de Momentos en la viga de los tramos 1-2, 2-5' y 5'-5 del eje D, al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE D	TRAMO 1-2		TRAMO 2-5'		TRAMO 5'-5	
	NIVEL 5	100.00%	110.64%	94.92%	128.29%	157.55%	110.27%
	136.70%	100.00%	100.00%	100.00%	87.53%	100.00%
NIVEL 4	100.00%	118.69%	100.76%	104.42%	151.36%	77.85%
	155.21%	100.00%	100.00%	100.00%	83.49%	100.00%
NIVEL 3	100.00%	113.11%	102.56%	102.11%	137.37%	92.09%
	137.10%	100.00%	100.00%	100.00%	93.89%	100.00%
NIVEL 2	100.00%	111.16%	105.30%	113.48%	129.78%	96.95%
	132.86%	100.00%	100.00%	100.00%	99.86%	100.00%
NIVEL 1	100.00%	107.30%	108.05%	96.25%	115.97%	99.04%
	122.34%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-13 Momentos en viga de los tramos 1-5' del eje E' (sin etapas).

EJE E'	TRAMO 1-5'	
	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-5036.67	-4817.56
	203.47	220.57
NIVEL 4	-8309.96	-6978.81
	353.57	390.26
NIVEL 3	-8463.24	-7119.94
	495.8	554.18
NIVEL 2	-8521.85	-7279.62
	583.17	641.72
NIVEL 1	-8686.81	-7746.63
	704.43	839.42

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-14 Momentos en viga de los tramos 1-5' del eje E' (con etapas).

EJE E'	TRAMO 1-5'	
	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-5035.44	-4734.44
	203.47	220.57
NIVEL 4	-8378.24	-6733.86
	353.57	390.26
NIVEL 3	-9118.16	-6937.9
	495.8	554.18
NIVEL 2	-8605.77	-7024.32
	583.17	641.72
NIVEL 1	-8771.41	-7039.42
	704.43	839.42

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-15 Variación porcentual de Momentos en la viga de los tramos 1-5' del eje E', al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE E'	TRAMO 1-5'	
NIVEL 5	99.98%	98.27%
	100.00%	100.00%
NIVEL 4	100.82%	96.49%
	100.00%	100.00%
NIVEL 3	107.74%	97.44%
	100.00%	100.00%
NIVEL 2	100.98%	96.49%
	100.00%	100.00%
NIVEL 1	100.97%	90.87%
	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-16 Momentos en viga de los tramos B-C y C-D del eje 2 y 3 (sin etapas).

EJE 2 Y 3	TRAMO B-C		TRAMO C-D	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-2761.24	-3400.99	-2559.46	-1826.18
	2977.29	2771.78	1864.88	1961.66
NIVEL 4	-3500.97	-3889.84	-3743.63	-2813.34
	3459.02	3413.56	2356.55	2337.09
NIVEL 3	-4056.97	-4385.57	-4155.63	-3113.99
	3999.17	3924.57	2806.34	2773.22
NIVEL 2	-4219.24	-4444	-4080.12	-3180.55
	4071.41	4048.99	2794.9	2769.77
NIVEL 1	-4834.4	-4828.6	-4974.73	-4287.21
	4699.96	4434.92	3823.32	3763.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-17 Momentos en viga de los tramos B-C y C-D del eje 2 y 3 (con etapas).

EJE 2 Y 3	TRAMO B-C		TRAMO C-D	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-2866.43	-3082.03	-2223.28	-2025.04
	2761.24	2771.78	1864.88	1826.18
NIVEL 4	-3663.03	-3631.35	-3491.56	-2948.43
	3459.02	3413.56	1356.55	2337.09
NIVEL 3	-4215.97	-4222.35	-4023.77	-3403.63
	3999.17	3924.57	1806.34	2773.22
NIVEL 2	-4327.9	-4331.19	-4015.07	-4705.64
	4071.41	4048.99	2794.9	2709.77
NIVEL 1	-4924.05	-4694.04	-4948.17	-4471.88
	4699.96	4434.92	3823.32	3763.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-18 Variación porcentual de Momentos en la viga de los tramos B-C y C-D del eje 2 y 3, al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE 2 Y 3	TRAMO B-C		TRAMO C-D	
NIVEL 5	103.81%	90.62%	86.87%	110.89%
	92.74%	100.00%	100.00%	93.09%
NIVEL 4	104.63%	93.35%	93.27%	104.80%
	100.00%	100.00%	57.57%	100.00%
NIVEL 3	103.92%	96.28%	96.83%	109.30%
	100.00%	100.00%	64.37%	100.00%
NIVEL 2	102.58%	97.46%	98.41%	147.95%
	100.00%	100.00%	100.00%	97.83%
NIVEL 1	101.85%	97.21%	99.47%	104.31%
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-19 Momentos en viga de los tramos B-D del eje 5' (sin etapas).

EJE 5'	TRAMO B-D	
	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-2164.42	-3781.68
	1192.91	1192.91
NIVEL 4	-3984.61	-6586.56
	1528.87	2579.61
NIVEL 3	-4355.04	-6958.01
	1812.27	2940.79
NIVEL 2	-4476.95	-7143.68
	1907.67	3058.94
NIVEL 1	-5033.16	-7655.8
	2025.37	3598.19

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-20 Momentos en viga de los tramos B-D del eje 5' (con etapas).

EJE 5'	TRAMO B-D	
	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	-3573.26	-2750.33
	119.91	1192.91
NIVEL 4	-4629.69	-6444.5
	1528.87	2579.61
NIVEL 3	-32930.87	-6842.56
	1812.27	2940.79
NIVEL 2	-5068.29	-6966.87
	1907.67	3058.94
NIVEL 1	-5501.67	-7074.49
	2025.37	3598.19

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-21 Variación porcentual de Momentos en la viga de los tramos B-D del eje 5', al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE 5'	TRAMO B-D	
	NIVEL 5	165.09%	72.73%
	10.05%	100.00%
NIVEL 4	116.19%	97.84%
	100.00%	100.00%
NIVEL 3	756.16%	98.34%
	100.00%	100.00%
NIVEL 2	113.21%	97.52%
	100.00%	100.00%
NIVEL 1	109.31%	92.41%
	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

B. Momento en columnas

Se muestra los momentos generados en la combinación $1.25(CM + CV) + CS$, sin y con el efecto de la construcción por etapas de todas las columnas del edificio en estudio.

Tabla A-22 Momentos en columnas del eje A (sin etapas).

EJE A	CC3		CC6		CC6	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	2818.8	3450.22	1256.9	2271.23	764.95	270.67
NIVEL 4	3305.04	3913.68	1643.84	3440.23	685.07	699.56
NIVEL 3	3691.99	4276.28	2204.32	3865.81	655.42	894.45
NIVEL 2	4365.36	4555.99	2818.33	4201.62	1290.52	1126.77
NIVEL 1	5551.93	4811.72	5051.87	5409.38	4265.59	29431.97

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-23 Momentos en columnas del eje A (con etapas).

EJE A	CC3		CC6		CC6	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	1520.07	3042.25	548.58	2434.48	782.9	250.36
NIVEL 4	2486.45	4719.2	858.37	4143.86	771.26	799.38
NIVEL 3	3046.33	5140.61	1436.86	4576.44	769.04	1059.97
NIVEL 2	2897.09	5245.96	1621.27	4897.18	1426.38	1321.91
NIVEL 1	6297.03	6139.52	5022.71	6262.14	4395.31	29694.97

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-24 Variación porcentual de Momentos en columnas del eje A, al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE A	CC3		CC6		CC6	
NIVEL 5	53.93%	88.18%	43.65%	107.19%	102.35%	92.50%
NIVEL 4	75.23%	120.58%	52.22%	120.45%	112.58%	114.27%
NIVEL 3	82.51%	120.21%	65.18%	118.38%	117.34%	118.51%
NIVEL 2	66.37%	115.14%	57.53%	116.55%	110.53%	117.32%
NIVEL 1	113.42%	127.60%	99.42%	115.76%	103.04%	100.89%

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-25 Momentos en columnas del eje B (sin etapas).

EJE B	CC4		CC3		CC7	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	2375.59	2976.31	1113.76	1309.6	640.87	640.69
NIVEL 4	3006.58	3957.38	2613.62	3000.95	1365.97	1372.89
NIVEL 3	3275	4154.39	3758.29	4137.91	1968.5	1963.62
NIVEL 2	3886.12	4382.43	4200.6	4838.22	2717.44	2540.02
NIVEL 1	5649.99	4682.01	5372.03	4622.92	2484.36	2463.37

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-26 Momentos en columnas del eje B (con etapas).

EJE B	CC4		CC3		CC7	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	1097.06	2578.85	661.35	1212.61	581.2	595.92
NIVEL 4	2141.99	4674.68	2226.08	3051.81	1359.63	1394.98
NIVEL 3	2591.02	5009.22	3395.15	4207.84	1999.96	2019.95
NIVEL 2	2401	5055.5	3908.98	4918.62	2770.36	2626.78
NIVEL 1	6353.04	5937.82	5466.88	4789.6	2549.43	2530.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-27 Variación porcentual de los Momentos en columnas del eje B, al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE B	CC4		CC3		CC7	
NIVEL 5	46.18%	86.65%	59.38%	92.59%	90.69%	93.01%
NIVEL 4	71.24%	118.13%	85.17%	101.69%	99.54%	101.61%
NIVEL 3	79.12%	120.58%	90.34%	101.69%	101.60%	102.87%
NIVEL 2	61.78%	115.36%	93.06%	101.66%	101.95%	103.42%
NIVEL 1	112.44%	126.82%	101.77%	103.61%	102.62%	102.72%

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-28 Momentos en columnas del eje B (sin etapas).

EJE B	CC5		CC4	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	2481.64	2758.71	1949.01	2321.4
NIVEL 4	4474.68	4635.42	2390.11	2916.3
NIVEL 3	6180.71	6281.73	3012.55	3515.11
NIVEL 2	7909.99	7658.21	3377.15	3842.59
NIVEL 1	7719.65	7255.83	5220.75	4259.21

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-29 Momentos en columnas del eje B (con etapas).

EJE B	CC5		CC4	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	2295.04	2698.49	1368.88	2036.01
NIVEL 4	4384.06	4750.26	2123.65	2999.07
NIVEL 3	6108.31	6401.71	2790.38	3603.75
NIVEL 2	7804.79	7778.52	3014.54	3876.74
NIVEL 1	7904.09	7514.22	5352.13	4480.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-30 Variación porcentual de los Momentos en columnas del eje B, al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE B	CC5		CC4	
NIVEL 5	92.48%	97.82%	70.23%	87.71%
NIVEL 4	97.97%	102.48%	88.85%	102.84%
NIVEL 3	98.83%	101.91%	92.63%	102.52%
NIVEL 2	98.67%	101.57%	89.26%	100.89%
NIVEL 1	102.39%	103.56%	102.52%	105.20%

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-31 Momentos en columnas del eje C (sin etapas).

EJE C	CC4		CC1		CC1	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	2664.19	3226.28	6711.13	7717.08	4910.41	6620.65
NIVEL 4	4017.94	19067.69	9186.69	9717.2	6214.57	7700.24
NIVEL 3	4978.7	5886.78	11493.3	12022.64	7261.03	8688.21
NIVEL 2	6147.32	6772.36	13868.57	13624.3	8501.1	9343.76
NIVEL 1	6762.7	6079.08	14412.88	13195.95	12843.55	10680.93

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-32 Momentos en columnas del eje C (con etapas).

EJE C	CC4		CC1		CC1	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	1683.25	2191.22	4910.04	6576.49	2627.39	6026.06
NIVEL 4	3502.66	4445.66	8077.37	9705.02	4800.38	9090.34
NIVEL 3	4672.52	5707.03	10675.86	12023.65	6129.69	10036.09
NIVEL 2	5984.38	6709.78	12770.91	13706.51	5815.08	10415.1
NIVEL 1	6925.78	6240.21	14848.44	13865.4	13925.27	12529.27

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-32 Variación porcentual de los Momentos en columnas del eje C, al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE C	CC4		CC1		CC1	
NIVEL 5	63.18%	67.92%	73.16%	85.22%	53.51%	91.02%
NIVEL 4	87.18%	23.32%	87.92%	99.87%	77.24%	118.05%
NIVEL 3	93.85%	96.95%	92.89%	100.01%	84.42%	115.51%
NIVEL 2	97.35%	99.08%	92.09%	100.60%	68.40%	111.47%
NIVEL 1	102.41%	102.65%	103.02%	105.07%	108.42%	117.31%

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-33 Momentos en columnas del eje D (sin etapas).

EJE D	CC3		CC2		CC5	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	4282.58	4440.76	3248.03	3829.02	3605.44	3984.44
NIVEL 4	5104.63	5647.08	4606.76	4714.45	5389.02	5647.79
NIVEL 3	5770.74	6312.58	5961.9	6212.36	6815.49	7077.31
NIVEL 2	7143.33	7065.33	6823.49	6990.82	8256.57	8193.03
NIVEL 1	7034.75	6633.99	8068.57	7103.51	8100.66	7725.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-34 Momentos en columnas del eje D (con etapas).

EJE D	CC3		CC2		CC5	
	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	2495.05	3790.14	2747.72	3166.54	2588.66	3275.28
NIVEL 4	3853.73	6053.56	4417.15	4585.71	4718.84	5422.21
NIVEL 3	4677.33	6821.57	5910.68	6052.1	6330.93	6999.79
NIVEL 2	5290.93	7378.25	7049.09	6963.7	7678.16	8174.18
NIVEL 1	7609.92	7604.62	8116.52	7209.43	8161.57	7875.27

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-35 Variación porcentual de los Momentos en columnas del eje D, al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE D	CC3		CC2		CC5	
NIVEL 5	58.26%	85.35%	84.60%	82.70%	71.80%	82.20%
NIVEL 4	75.49%	107.20%	95.88%	97.27%	87.56%	96.01%
NIVEL 3	81.05%	108.06%	99.14%	97.42%	92.89%	98.90%
NIVEL 2	74.07%	104.43%	103.31%	99.61%	92.99%	99.77%
NIVEL 1	108.18%	114.63%	100.59%	101.49%	100.75%	101.94%

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-36 Momentos en columnas del eje D (sin etapas).

EJE D	CC2	
	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	2885.49	3436.71
NIVEL 4	3128.46	3821.72
NIVEL 3	4100.71	4755.06
NIVEL 2	4904.26	5389.75
NIVEL 1	7573.45	6364.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-37 Momentos en columnas del eje D (con etapas).

EJE D	CC2	
	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	1948.3	2374.14
NIVEL 4	2666.5	3425.77
NIVEL 3	3845.39	4577.28
NIVEL 2	4849.45	5366.38
NIVEL 1	7599.42	6400.77

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-38 Variación porcentual de los Momentos en columnas del eje D, al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE D	CC2	
NIVEL 5	67.52%	69.08%
NIVEL 4	85.23%	89.64%
NIVEL 3	93.77%	96.26%
NIVEL 2	98.88%	99.57%
NIVEL 1	100.34%	100.58%

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-39 Momentos en columnas del eje F (sin etapas).

EJE F	CC8	
	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	94.18	77.97
NIVEL 4	51.01	117.35
NIVEL 3	45.26	107.81
NIVEL 2	254.02	42.83
NIVEL 1	1069.91	427.36

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-40 Momentos en columnas del eje F (con etapas).

EJE F	CC8	
	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	83.69	55.91
NIVEL 4	50.72	132.63
NIVEL 3	46.37	114.35
NIVEL 2	253.76	50.53
NIVEL 1	1074.24	432.44

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-41 Variación porcentual de los Momentos en columnas del eje F, al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE F	CC8	
NIVEL 5	88.86%	71.71%
NIVEL 4	99.43%	113.02%
NIVEL 3	102.45%	106.07%
NIVEL 2	99.90%	117.98%
NIVEL 1	100.40%	101.19%

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-42 Momentos en columnas del eje 5' (sin etapas).

EJE 5'	CC7	
	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	2862.17	3154.44
NIVEL 4	2887.19	3060.82
NIVEL 3	2959.16	3201.03
NIVEL 2	3563.28	3366.52
NIVEL 1	3091.67	3113.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-43 Momentos en columnas del eje 5' (con etapas).

EJE 5'	CC7	
	(kg-m)	(kg-m)
NIVEL 5	1402.12	2931.56
NIVEL 4	1995.08	4109.45
NIVEL 3	2229.44	4232.35
NIVEL 2	1859.65	4187.94
NIVEL 1	3475.6	4415.58

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-44 Variación porcentual de los Momentos en columnas del eje 5', al considerar el efecto de la construcción por etapas.

EJE 5'	CC7	
NIVEL 5	48.99%	92.93%
NIVEL 4	69.10%	134.26%
NIVEL 3	75.34%	132.22%
NIVEL 2	52.19%	124.40%
NIVEL 1	112.42%	141.83%

Fuente: Elaboración propia

C. Distorsiones de entrepiso

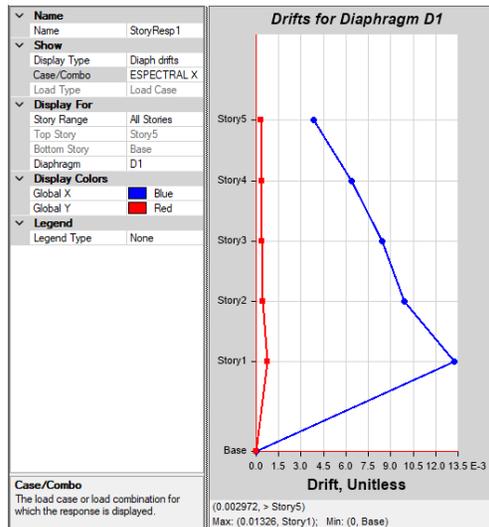


Figura A-10. Distorsiones de entrepiso en el modelo lineal (Dirección x).

Fuente: tomado de Etabs.

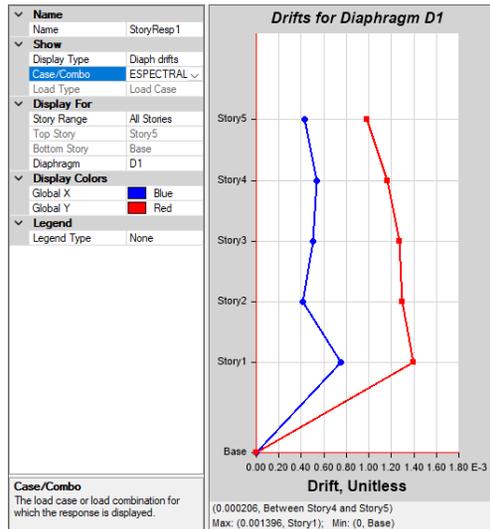
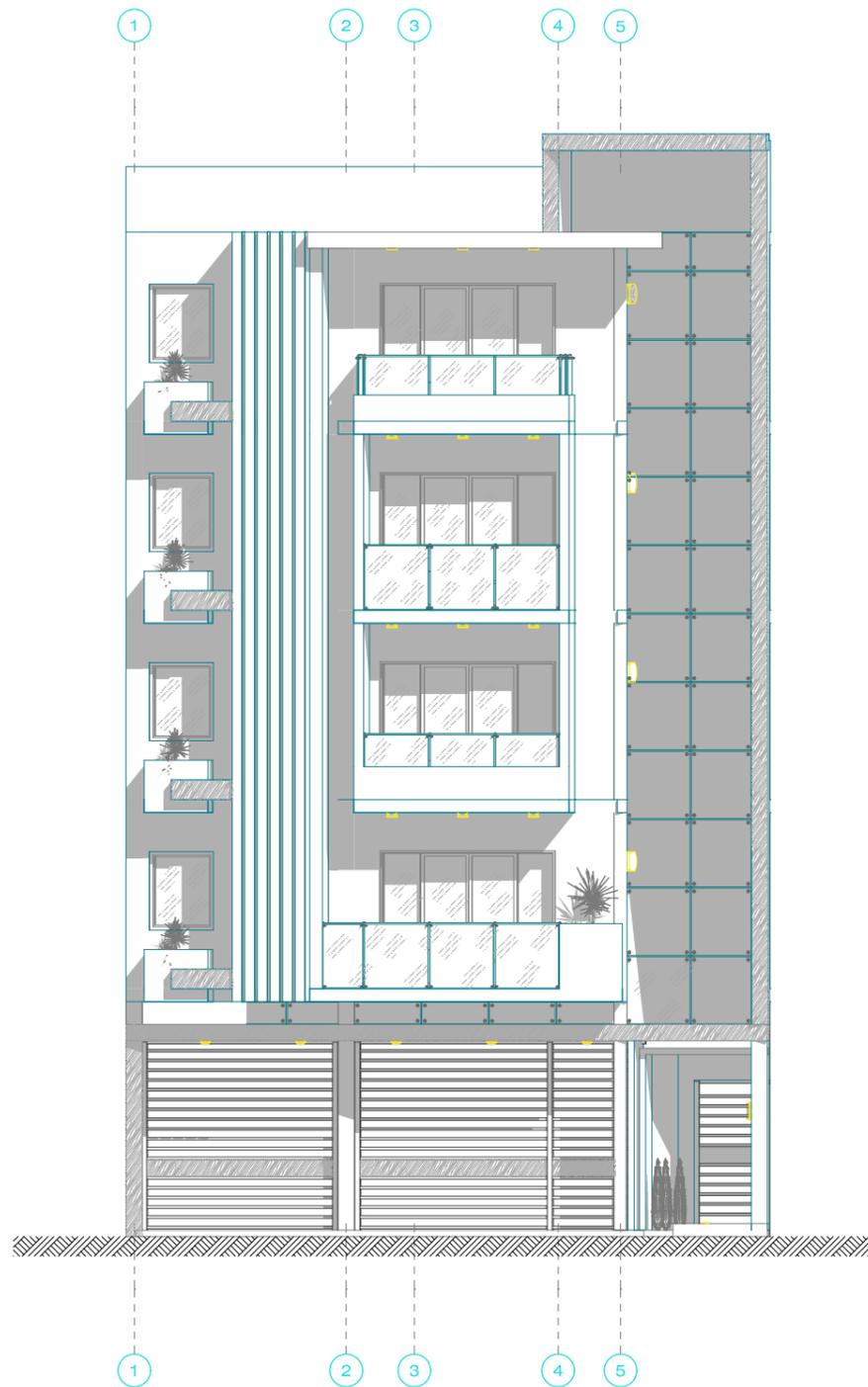
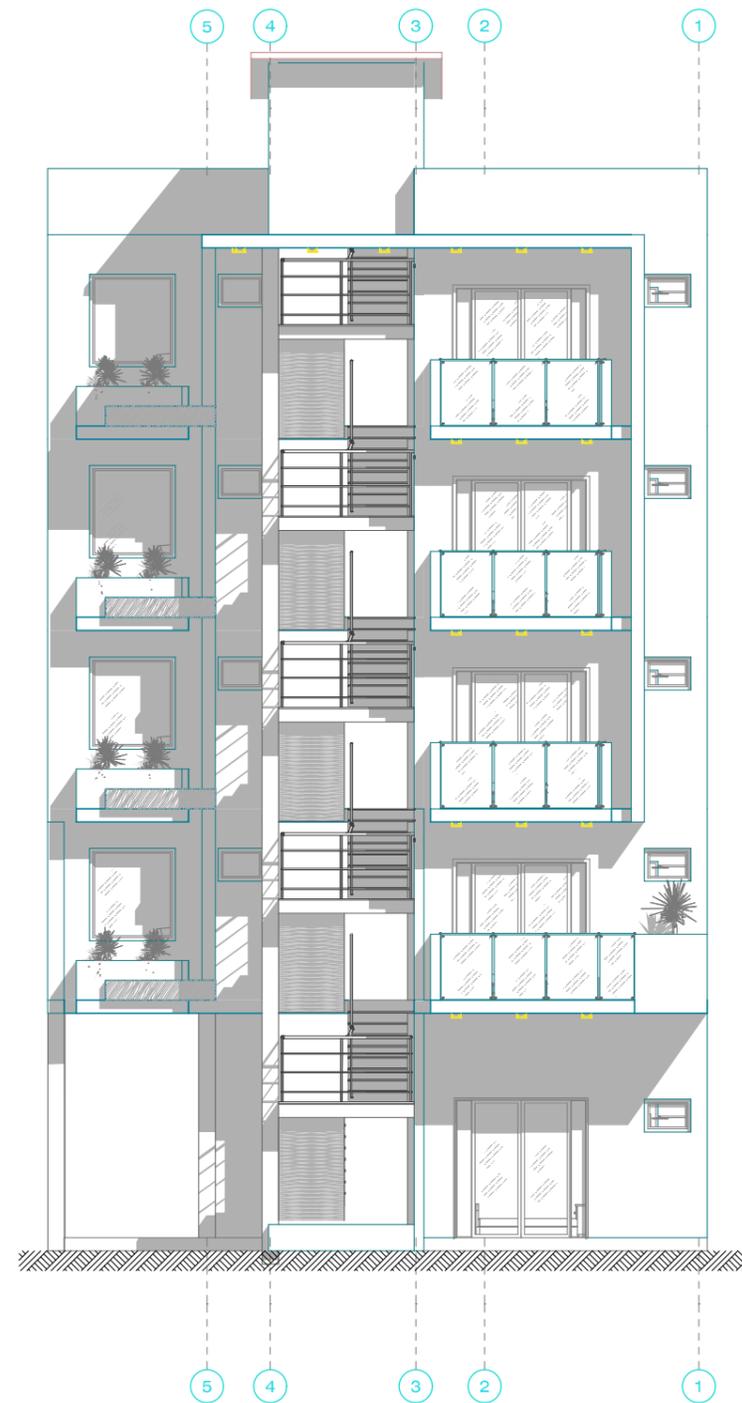


Figura A-11. Distorsiones de entresuelo en el modelo lineal (Dirección y).
Fuente: tomado de Etabs.

ANEXO 06: PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES



ELEVACIÓN PRINCIPAL
ESC 1/50



ELEVACION SECUNDARIA
ESC 1/50



PROYECTO:
MULTIFAMILIAR



DEPARTAMENTO
CAJAMARCA

PROVINCIA
CAJAMARCA

DISTRITO
CAJAMARCA

UBICACION

JR. LOS TULIPANES N° 167

DIRECCION

ALDO Y. CHÁVEZ MONDRAGÓN
CECILIA CHÁVEZ MONDRAGÓN

PROPIETARIOS

ARQUITECTURA

ARQ. SONIA E. TAUMA CHÁVARRY
CAP. N° 16348

DISEÑO

ARQ. SONIA E. TAUMA CHÁVARRY
CAP. N° 16348

DIBUJO

FIRMA PROFESIONAL

ELEVACIONES

PLANO

1/50

ESCALA: NOVIEMBRE
2020

FECHA

E-01

LÁMINA NRO.



DEPARTAMENTO
CAJAMARCA

PROVINCIA
CAJAMARCA

DISTRITO
CAJAMARCA

JR. LOS TULIPANES N° 167

ALDO Y. CHÁVEZ MONDRAGÓN
CECILIA CHÁVEZ MONDRAGÓN

ARQUITECTURA

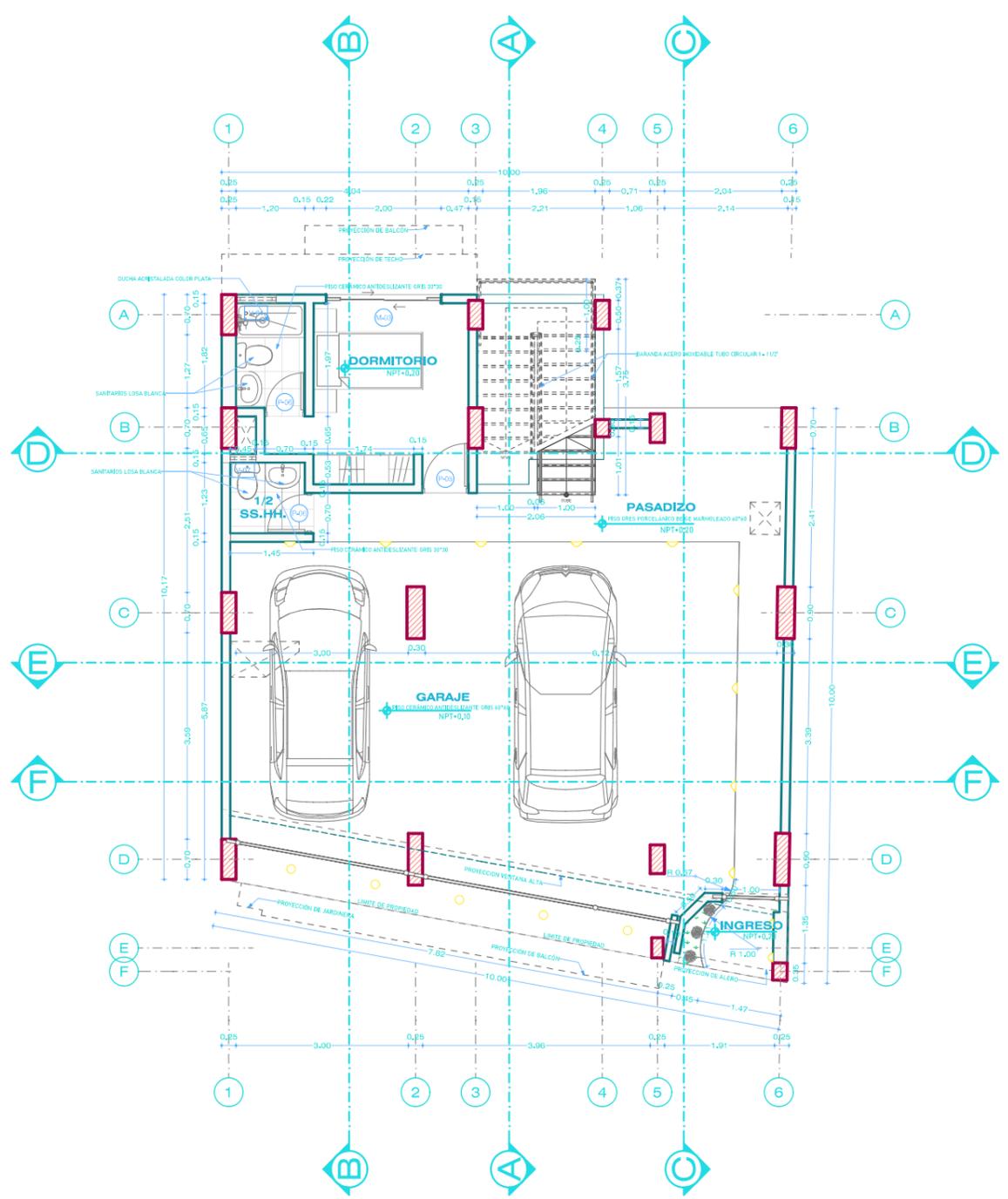
ARQ. SONIA E. TAUMA CHÁVARRY
CAP. N° 16348

ARQ. SONIA E. TAUMA CHÁVARRY
CAP. N° 16348

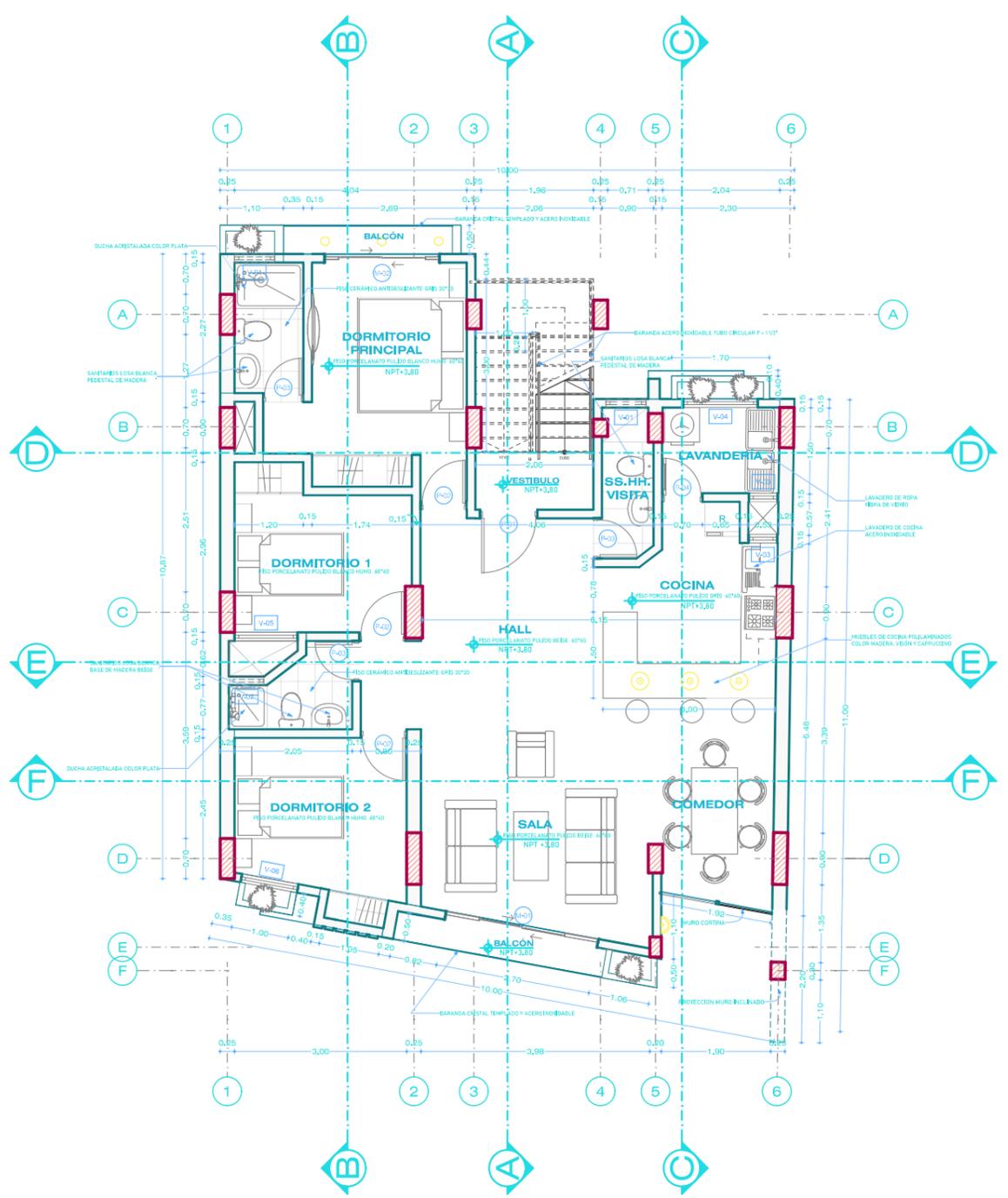
PLANTAS

1/50 ESCALA: NOVIEMBRE 2020 FECHA:

P-01



PRIMER PISO
ESC 1/50



SEGUNDO PISO
ESC 1/50

CUADRO DE PUERTAS											
ID de Puerta	M-01	M-02	M-03	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	VANO-01	VANO-02
Cantidad	4	4	1	4	12	14	4	1	2	1	4
Tamaño A x H	2,70x2,10	2,00x2,10	2,00x2,10	1,00x2,10	0,80x2,10	0,70x2,10	0,70x2,10	0,80x2,10	0,70x2,10	1,00x2,20	0,90x2,10
Altura Dintel	2,10	2,10	2,30	2,10	2,10	2,10	2,10	2,30	2,30	2,40	2,10
Símbolo 2D											
Vista o alzado de Puerta											

CUADRO DE VENTANAS						
ID Elemento	V-01	V-02	V-03	V-04	V-05	V-07
Cantidad	9	4	8	4	4	1
Tamaño A x H	0,70x0,50	0,60x0,50	0,50x0,80	1,30x1,40	1,10x1,40	1,00x1,20
Alfaiater	1,80	1,80	0,90	0,90	0,90	0,90
Altura Dintel	2,30	2,30	1,70	2,30	2,30	2,30
Símbolo 2D						
Vista o alzado de ventana						

PROYECTO:
MULTIFAMILIAR

MODELADO 3D:



DEPARTAMENTO
CAJAMARCA

PROVINCIA
CAJAMARCA

DISTRITO
CAJAMARCA

UBICACION

JR. LOS TULIPANES N° 167

DIRECCION

ALDO Y. CHÁVEZ MONDRAGÓN
CECILIA CHÁVEZ MONDRAGÓN

PROPIETARIOS

ARQUITECTURA

ARQ. SONIA E. TAUMA CHÁVARRY
CAP. N° 16348

DISEÑO

ARQ. SONIA E. TAUMA CHÁVARRY
CAP. N° 16348

DIBUJO

FIRMA PROFESIONAL

CORTES

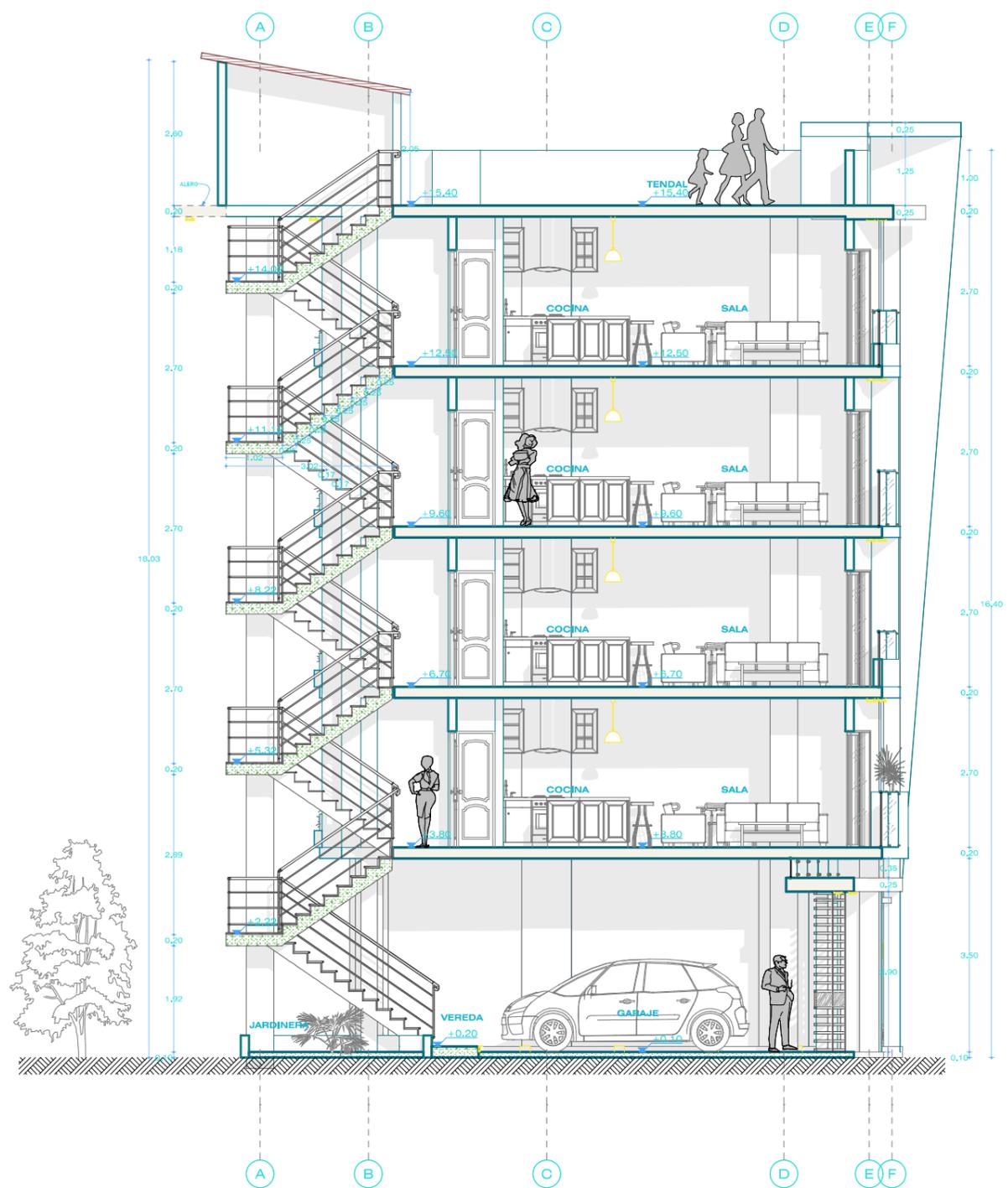
PLANO

1/50 ESCALA: NOVIEMBRE 2020 FECHA:

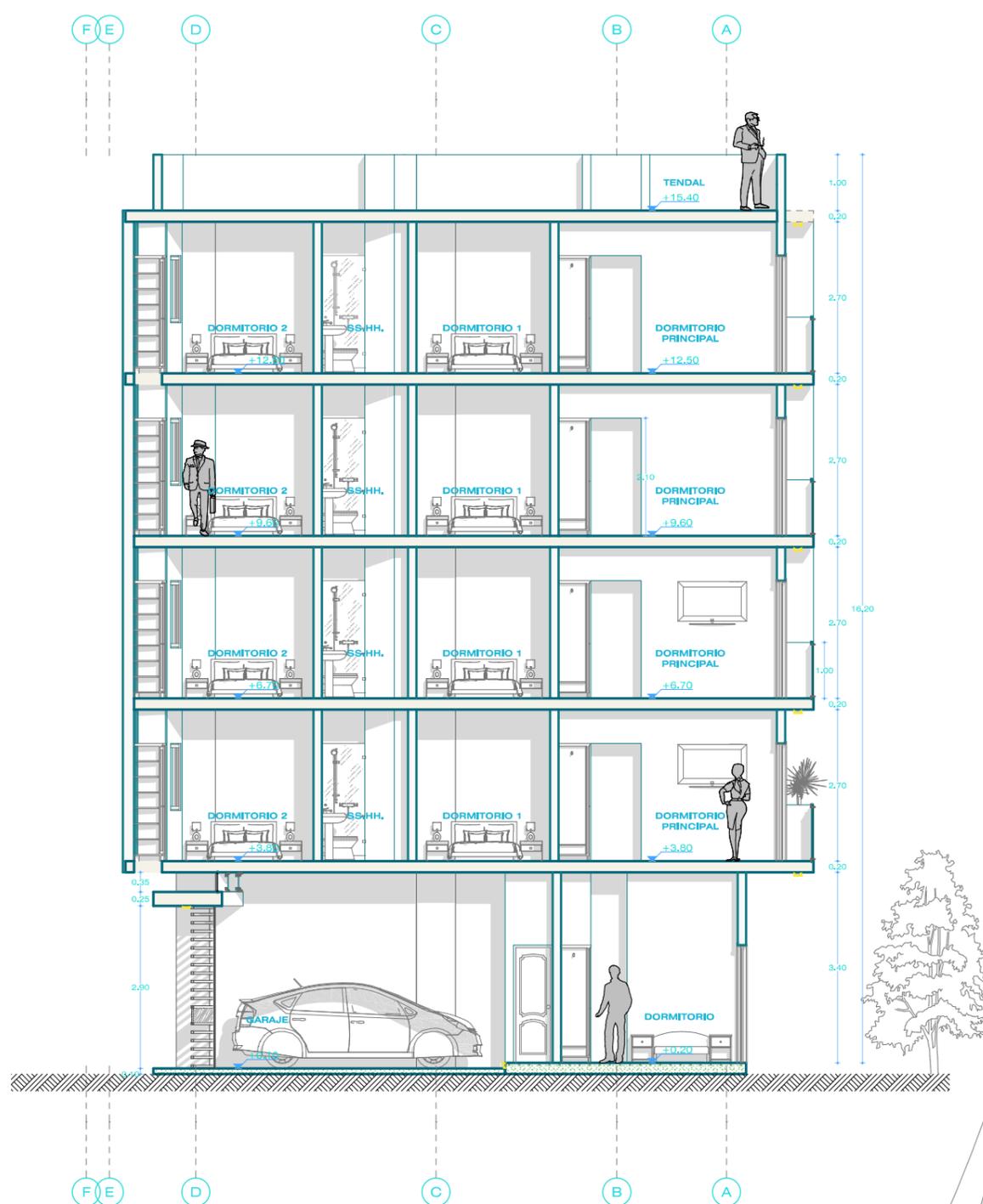
FECHA

C-01

LÁMINA NRO.



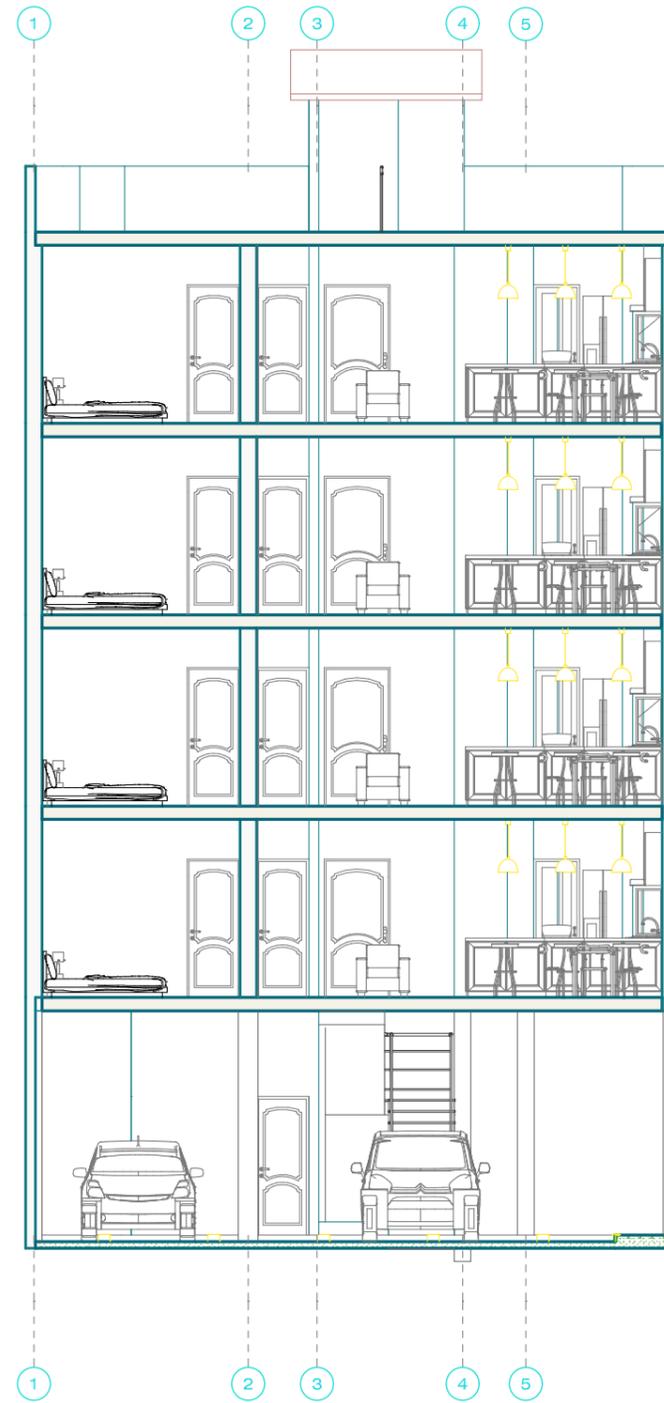
CORTE LONGITUDINAL A-A
ESC 1/50



CORTE LONGITUDINAL B-B
ESC 1/50



CORTE LONGITUDINAL C-C
ESC 1/50



CORTE TRANSVERSAL D-D
ESC 1/50



PROYECTO:
**MULTIFAMILIAR
5 NIVELES**



DEPARTAMENTO CAJAMARCA	UBICACION:
PROVINCIA CAJAMARCA	
DISTRITO CAJAMARCA	
JR. LOS TULIPANES N° 167	DIRECCION:
ALDO Y. CHÁVEZ MONDRAGÓN CECILIA CHÁVEZ MONDRAGÓN	PROPIETARIOS:

ARQUITECTURA

ARQ. SONIA E. TAUMA CHÁVARRY CAP. N° 16348	DISEÑO:
ARQ. SONIA E. TAUMA CHÁVARRY CAP. N° 16348	DIBUJO:

FIRMA PROFESIONAL:

CORTES

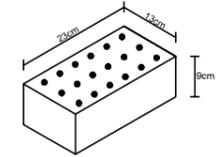
1/50	ESCALA:	NOVIEMBRE 2020	FECHA:
------	---------	-------------------	--------

C-03

LÁMINA NRO.:

ESPECIFICACIONES

1 LADRILLO KING KONG 18 HUECOS TIPO IV



Mortero C:A	: Proporción 1:5
Junta Vertical	: 2 cm. (Máximo)
Junta Horizontal	: 2 cm. (Máximo)
Peso	: 3.80 Kgs
Resistencia Compresión.	: 280.00 Kgs/cm ²

2 ESPECIFICACIONES TECNICAS CONCRETO ARMADO

CONCRETO:	
* CONCRETO SIMPLE:	
-Solados	: f _c =100kgs/cm ²
-Falso piso	: f _c =140kgs/cm ²
-Cimientos corridos	: f _c =140kgs/cm ²
-Sobrecimiento	: f _c =140kgs/cm ²

CONCRETO ARMADO:	
-Zapatas	: f _c =210kgs/cm ²
-Vigas de Cimentación	: f _c =210kgs/cm ²
-Columnas y vigas	: f _c =210kgs/cm ²
-Losa Aligerada	: f _c =210kgs/cm ²
-Dinteles	: f _c =210kgs/cm ²

REFUERZO:	
-En General Gd. 60	: f _y =4200kgs/cm ²

CARGAS DE DISEÑO:	
* CARGA MUERTA:	
-Entrepiso (Primer Nivel)	: CM=880kgs/m ²
-Entrepiso (Demás Niveles)	: CM=730kgs/m ²

* CARGA VIVA:	
-Sobrecarga en Oficinas	: CV=200kgs/m ²
-Pasadizos y Escaleras	: CV=200kgs/m ²
-Techos y/o Azoteas	: CV=100kgs/m ²

RECUBRIMIENTO:	
-Zapatas	: Rcu=7.50cm
-Vigas de Cimentación	: Rcu=6.00cm
-Columnas	: Rcu=3.00cm
-Vigas	: Rcu=3.00cm
-Losa Aligerada	: Rcu=2.50cm
-Col.y Vigas de conf.	: Rcu=2.50cm

3 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO (NORMA: E-030)

Z=0.35	U=1.30	S=1.15	Tp=0.6	Cx = 2.5	Cy = 2.5
Rx = 8	Pórticos de Concreto Armado				
Ry = 3	Alfilería				

4 NORMAS UTILIZADAS

- NORMAS:**
- Reglamento Nacional de Edificaciones
 - Normas Técnicas de Concreto Armado E-060
 - Normas de Diseño Sismorresistente E-030
 - A.C.I. 2014

NOTA IMPORTANTE:
El cemento a utilizarse en la preparación del Concreto en Columnas, Vigas, Losas Aligeradas y Afines Será: PORTLAND TIPO I

5 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA CIMENTACIÓN

- * TIPO DE CIMENTACIÓN:
-Zapatas conectadas con vigas de cimentación
- * ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN:
-Suelo Tipo S2 (Suelos Intermedios)
-Cp.(Capacidad portante) : Cp=1.5kg/cm²
- * PROF. DE CIMENTACIÓN : Df.min=1.60m.
- * PRESIÓN ADMISIBLE : q.ad=1.8Kg/cm²
- * FACT. DE SEGURIDAD POR CORTE: Estático > 3
Dinámico > 2.5

CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

Se realizará un leve mejoramiento de las paredes de las excavaciones de la zapata con cal hidratada al 2% para mejorar la resistencia del suelo.

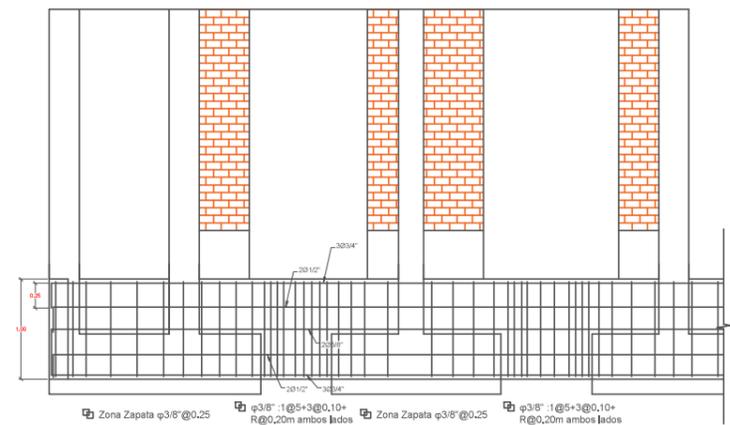
MEJORAMIENTO DE SUELO

La capacidad admisible del terreno de la fundación es media por lo cual es recomendable realizar un mejoramiento de fundación. Se debe colocar una capa de 0,15m de arena gruesa limpia bajo la fundación, luego un geotextil no tejido como separación, suprayacente a este una capa de gravilla de 1/2" a 1" de 1.00 de espesor y luego cimentar.

DETALLE DE LA VIGA DE CIMENTACIÓN



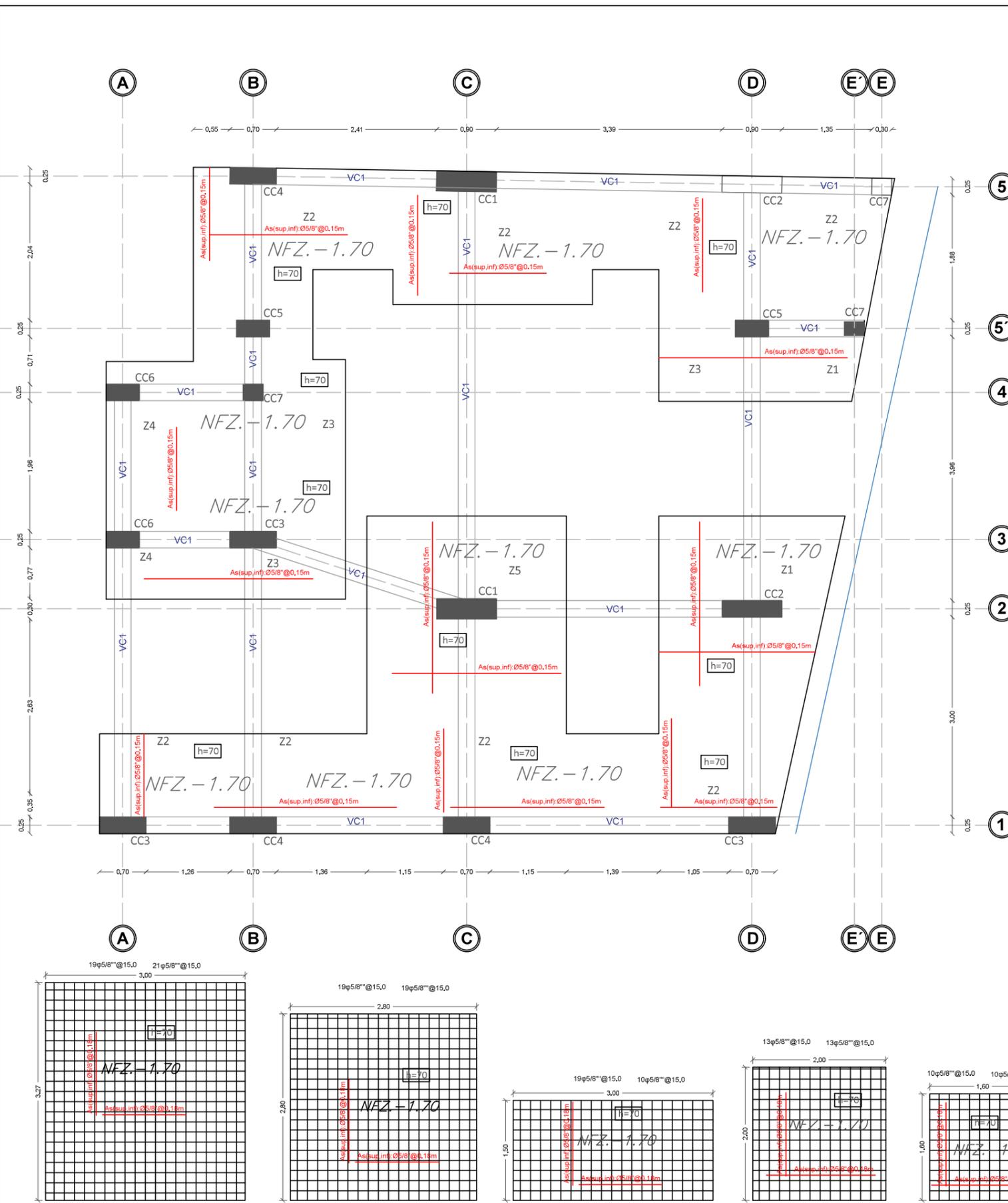
DETALLE DE LA VIGA DE CIMENTACIÓN



DESCRIPCIÓN	GEOMETRÍA		ACERO LONGITUDINAL	Diámetro	Repartición
	Largo (m)	Ancho (m)			
VC1	0.25	1.00	6 # 3/4" 2 # 5/8" 4 # 1/2"	3/8"	1 # 0.05 + 3 # 0.10 + R @ 0.20 / Ext.

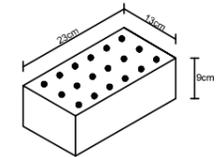
Zapata	Dimensiones			Refuerzo Inferior	
	Lx (m)	ly (m)	H (m)	Horizontal	Vertical
Z1	2.00	2.00	0.60	19#5/8"@15.0	19#5/8"@15.1
Z2	3.00	1.50	0.60	19#5/8"@15.1	19#5/8"@15.3
Z3	2.00	2.00	0.60	13#5/8"@15.2	13#5/8"@15.3
Z4	1.60	1.60	0.60	19#5/8"@15.3	19#5/8"@15.4
Z5	3.27	3.00	0.60	19#5/8"@15.4	21#5/8"@15.5

ELEMENTO	VIGAS	TRASLAPES Y EMPALMES						ESTRIBOS	
		1/4"	8 mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"		
TRASLAPES	Tensión	0.40	0.40	0.50	0.65	1.15	
	Compresión	...	...	0.55	0.60	0.70	0.90	1.60
GANCHOS ESTANDAR	VIGAS	0.40	0.45	0.55	0.65	1.15	
	COLUMNAS	...	...	0.12	0.15	0.20	0.25	0.30



ESPECIFICACIONES

① LADRILLO KING KONG 18
HUECOS TIPO IV



Mortero C:A	: Proporción 1:5
Junta Vertical	: 2 cm. (Máximo)
Junta Horizontal	: 2 cm. (Máximo)
Peso	: 3.80 Kgs
Resistencia Compresión.	: 280.00 Kgs/cm ²

② ESPECIFICACIONES TECNICAS CONCRETO ARMADO

CONCRETO:

- * CONCRETO SIMPLE:
 - Solados : $f_c=100\text{kg/cm}^2$
 - Falso piso : $f_c=140\text{kg/cm}^2$
 - Cimientos corridos : $f_c=140\text{kg/cm}^2$
 - Sobrecimiento : $f_c=140\text{kg/cm}^2$
- * CONCRETO ARMADO:
 - Zapatas : $f_c=210\text{kg/cm}^2$
 - Vigas de Cimentación : $f_c=210\text{kg/cm}^2$
 - Columnas y vigas : $f_c=210\text{kg/cm}^2$
 - Losa Aligerada : $f_c=210\text{kg/cm}^2$
 - Dinteles : $f_c=210\text{kg/cm}^2$

REFUERZO:

- En General Gd, 60 : $f_y=4200\text{kg/cm}^2$

CARGAS DE DISEÑO:

* CARGA MUERTA:

- Entrepiso (Primer Nivel) : $CM=880\text{kg/m}^2$
- Entrepiso (Demás Niveles) : $CM=730\text{kg/m}^2$

* CARGA VIVA:

- Sobrecarga en Oficinas : $CV=200\text{kg/m}^2$
- Pasadizos y Escaleras : $CV=200\text{kg/m}^2$
- Techos y/o Azoteas : $CV=100\text{kg/m}^2$

RECUBRIMIENTO:

- Zapatas : $R_{cu}=7.50\text{cm}$
- Vigas de Cimentación : $R_{cu}=6.00\text{cm}$
- Columnas : $R_{cu}=3.00\text{cm}$
- Vigas : $R_{cu}=3.00\text{cm}$
- Losa Aligerada : $R_{cu}=2.50\text{cm}$
- Col.y Vigas de conf. : $R_{cu}=2.50\text{cm}$

③ PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO (NORMA:E-030)

Z=0.35	U=1.30	S=1.15	Tp=0.6	Cx = 2.5	Cy = 2.5
Rx = 8	Pórticos de Concreto Armado				
Ry = 3	Albañilería				

④ NORMAS UTILIZADAS

NORMAS:

- Reglamento Nacional de Edificaciones
- Normas Técnicas de Concreto Armado E-060
- Normas de Diseño Sismorresistente E-030
- A.C.I. 2014

NOTA IMPORTANTE:

El cemento a utilizarse en la preparación del Concreto en Columnas, Vigas, Losas Aligeradas y Afines Será: **PORTLAND TIPO I**

⑤ ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA CIMENTACIÓN

* TIPO DE CIMENTACIÓN:
-Zapatas conectadas con vigas de cimentación

* ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN:
-Suelo Tipo S2 (Suelos Intermedios)

-Cp.(Capacidad portante) : $Cp=1.5\text{kg/cm}^2$

* PROF. DE CIMENTACIÓN : $Df_{min}=1.80\text{m}$.

* PRESIÓN ADMISIBLE : $q_{ad}=1.8\text{Kg/cm}^2$

* FACT. DE SEGURIDAD POR CORTE: Estático > 3
Dinámico > 2.5

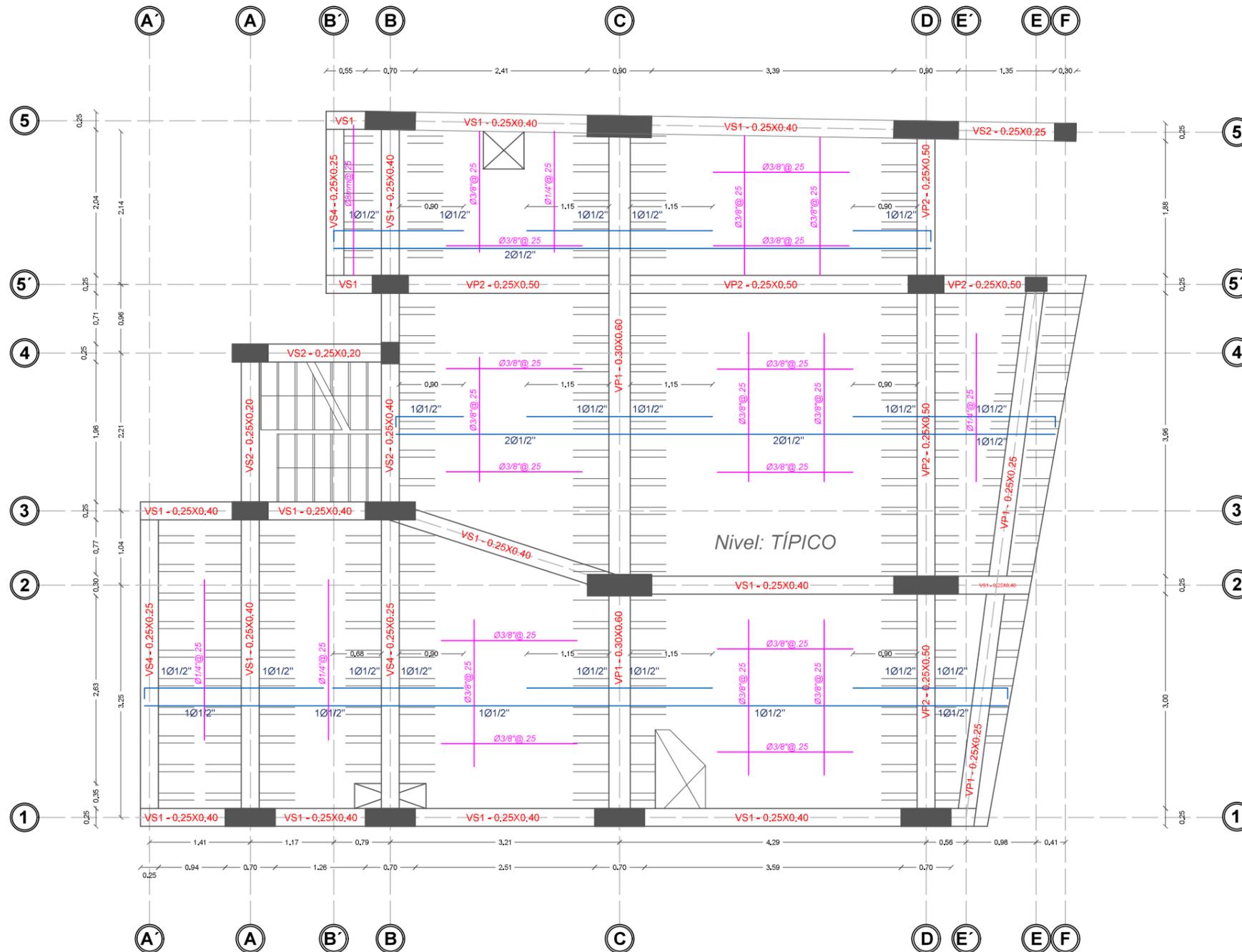
* USAR: CEMENTO PORTLAND TIPO 1

CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

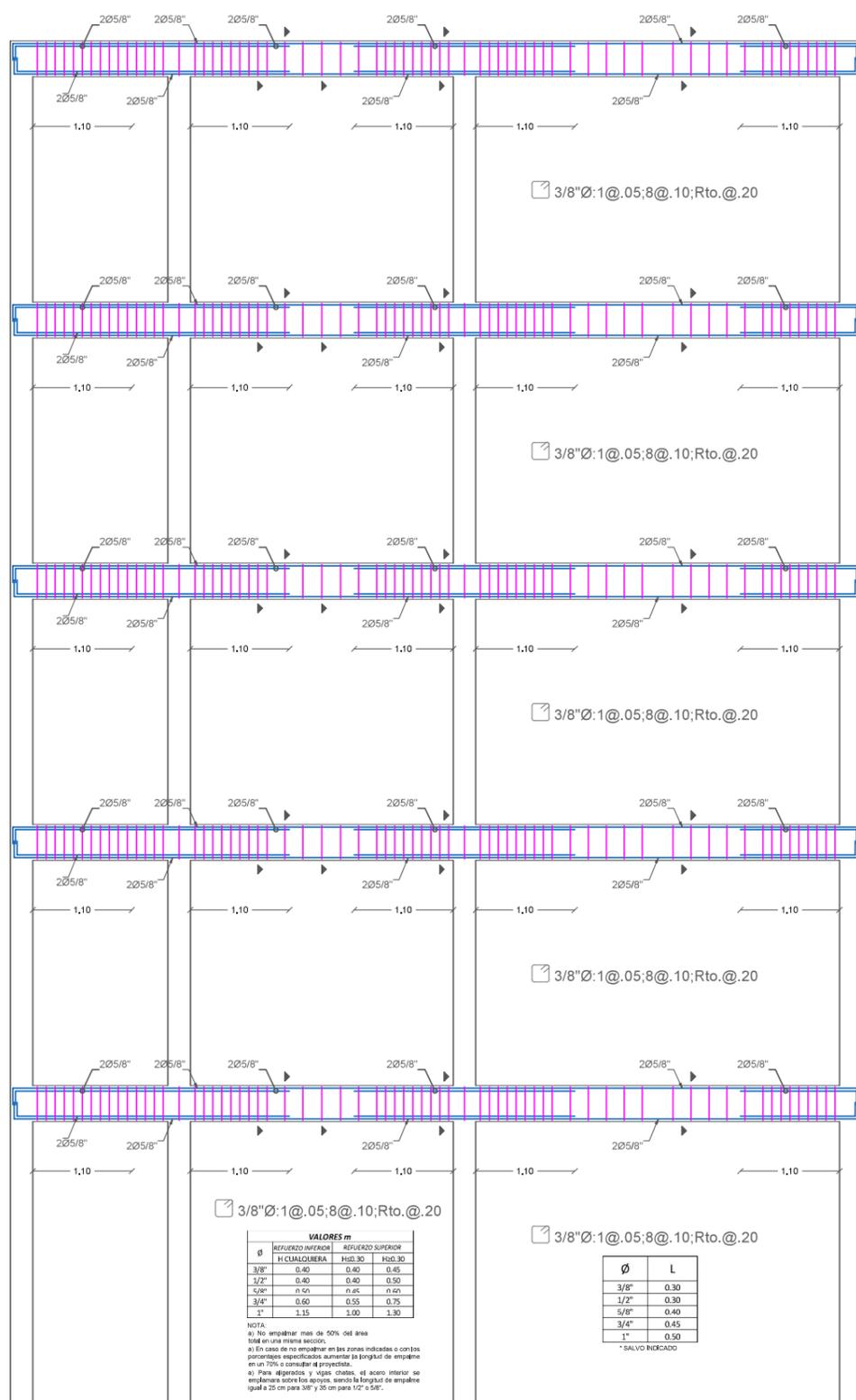
Se realizará un leve mejoramiento de las paredes de las excavaciones de la zapata con cal hidratada al 2% para mejorar la resistencia del suelo.

MEJORAMIENTO DE SUELO

La capacidad admisible del terreno de la fundación es media por lo cual es recomendable realizar un mejoramiento de fundación. Se debe colocar una capa de 0.15m de arena gruesa limpia bajo la fundación, luego un geotextil no tejido como separación, suprayacente a este una capa de gravilla de ½" a 1" de 1.00 de espesor y luego cimentar.



ESCALA 1:50



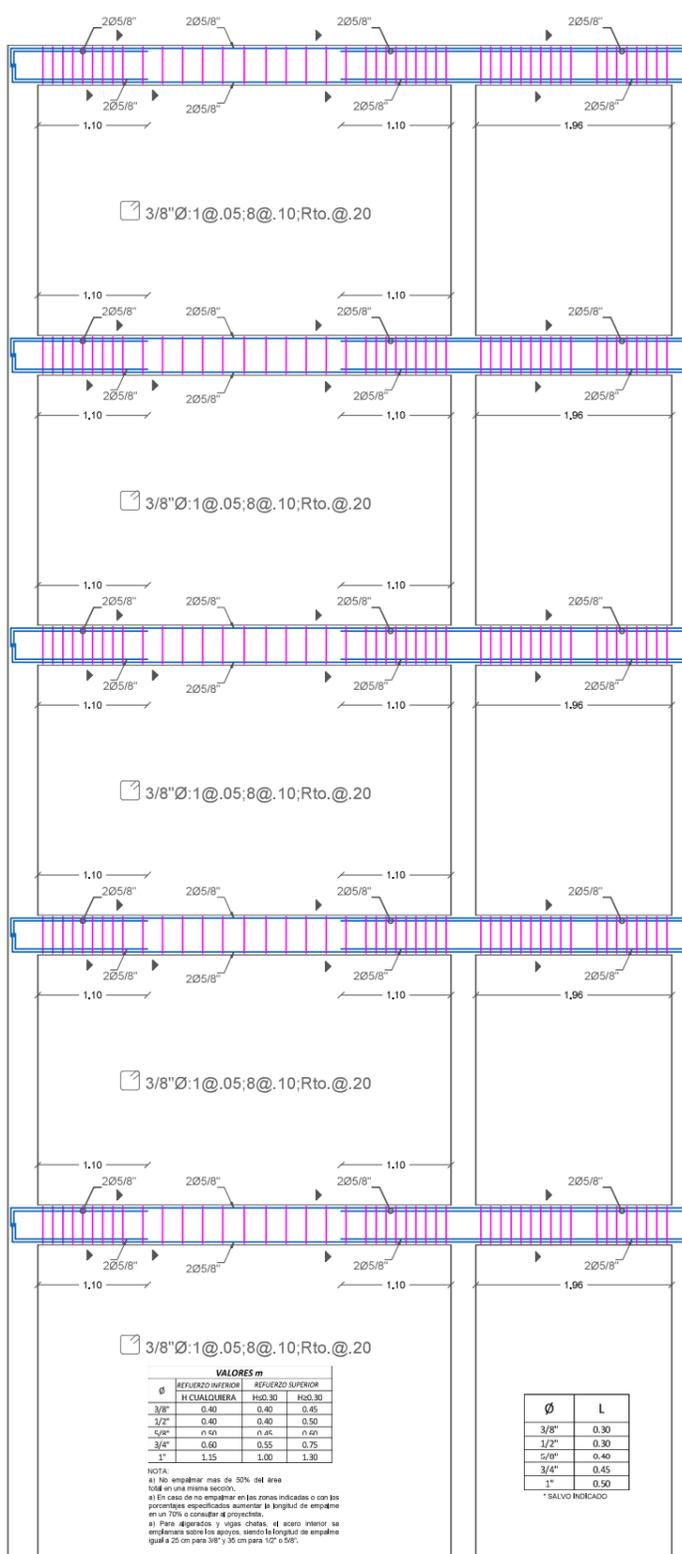
EJE (B) 1-5
Esc: 1/50

Ø	VALORES m	
	REFUERZO INTERIOR	REFUERZO SUPERIOR
3/8"	0.40	0.40
1/2"	0.40	0.50
5/8"	0.45	0.60
3/4"	0.60	0.75
1"	1.15	1.30

NOTA:
a) No empalmarse más de 50% del área total en una misma sección.
b) En caso de no empalmarse en las zonas indicadas o con los porcentajes especificados aumentar la longitud de empalme en un 70% o considerar el proyecto.
c) Para alfilerados y vigas chatas, el acero interior se empalmará sobre los apoyos, siendo la longitud de empalme igual a 25 cm para 3/8" y 35 cm para 1/2" a 1".

Ø	L
3/8"	0.30
1/2"	0.30
5/8"	0.40
3/4"	0.45
1"	0.50

* SALVO INDIKADO



EJE (1) A-C
Esc: 1/50

Ø	VALORES m	
	REFUERZO INTERIOR	REFUERZO SUPERIOR
3/8"	0.40	0.40
1/2"	0.40	0.50
5/8"	0.45	0.60
3/4"	0.60	0.75
1"	1.15	1.30

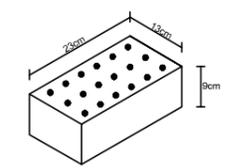
NOTA:
a) No empalmarse más de 50% del área total en una misma sección.
b) En caso de no empalmarse en las zonas indicadas o con los porcentajes especificados aumentar la longitud de empalme en un 70% o considerar el proyecto.
c) Para alfilerados y vigas chatas, el acero interior se empalmará sobre los apoyos, siendo la longitud de empalme igual a 25 cm para 3/8" y 35 cm para 1/2" a 1".

Ø	L
3/8"	0.30
1/2"	0.30
5/8"	0.40
3/4"	0.45
1"	0.50

* SALVO INDIKADO

ESPECIFICACIONES

1 LADRILLO KING KONG 18 HUECOS TIPO IV



Mortero C:A	: Proporción 1:5
Junta Vertical	: 2 cm. (Máximo)
Junta Horizontal	: 2 cm. (Máximo)
Peso	: 3,80 Kgs
Resistencia Compresión.	: 280,00 Kgs/cm ²

2 ESPECIFICACIONES TECNICAS CONCRETO ARMADO

CONCRETO:

* CONCRETO SIMPLE:	
-Solados	: f _c =100kgs/cm ²
-Falso piso	: f _c =140kgs/cm ²
-Cimientos corridos	: f _c =140kgs/cm ²
-Sobrecimiento	: f _c =140kgs/cm ²

CONCRETO ARMADO:

-Zapatas	: f _c =210kgs/cm ²
-Vigas de Cimentación	: f _c =210kgs/cm ²
-Columnas y vigas	: f _c =210kgs/cm ²
-Losa Aligerada	: f _c =210kgs/cm ²
-Dinteles	: f _c =210kgs/cm ²

REFUERZO:

-En General Gd. 60	: f _y =4200kgs/cm ²
--------------------	---

CARGAS DE DISEÑO:

* CARGA MUERTA:	
-Entrepiso (Primer Nivel)	: CM=880kgs/m ²
-Entrepiso (Demás Niveles)	: CM=730kgs/m ²

CARGA VIVA:

-Sobrecarga en Oficinas	: CV=200kgs/m ²
-Pasadizos y Escaleras	: CV=200kgs/m ²
-Techos y/o Azoteas	: CV=100kgs/m ²

RECUBRIMIENTO:

-Zapatas	: Rcu=7,50cm
-Vigas de Cimentación	: Rcu=6,00cm
-Columnas	: Rcu=3,00cm
-Vigas	: Rcu=3,00cm
-Losa Aligerada	: Rcu=2,50cm
-Col.y Vigas de conf.	: Rcu=2,50cm

3 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO (NORMA:E-030)

Z=0,35	U=1,30	S=1,15	Tp=0,6	Cx = 2,5	Cy = 2,5
Rx = 8	Pórticos de Concreto Armado				
Ry = 3	Albañilería				

4 NORMAS UTILIZADAS

- NORMAS:
- Reglamento Nacional de Edificaciones
 - Normas Técnicas de Concreto Armado E-060
 - Normas de Diseño Sismoresistente E-030
 - A.C.I. 2014

***NOTA IMPORTANTE:**
El cemento a utilizarse en la preparación del Concreto en Columnas, Vigas, Losas Aligeradas y Afines Será: PORTLAND TIPO I

5 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA CIMENTACIÓN

- * TIPO DE CIMENTACIÓN:
-Zapatas conectadas con vigas de cimentación
- * ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN:
-Suelo Tipo S2 (Suelos Intermedios)
- Cp.(Capacidad portante) : Cp=1,5kg/cm²
- * PROF. DE CIMENTACIÓN : Df,min=1,60m.
- * PRESIÓN ADMISIBLE : q_{ad} = 1,8Kg/cm²
- * FACT. DE SEGURIDAD POR CORTE: Estático > 3
Dinámico > 2.5

CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

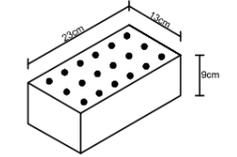
Se realizará un leve mejoramiento de las paredes de las excavaciones de la zapata con cal hidratada al 2% para mejorar la resistencia del suelo.

MEJORAMIENTO DE SUELO

La capacidad admisible del terreno de la fundación es media por lo cual es recomendable realizar un mejoramiento de fundación. Se debe colocar una capa de 0,15m de arena gruesa limpia bajo la fundación, luego un geotextil no tejido como separación, suprayacente a este una capa de gravilla de 1/2" a 1" de 1,00 de espesor y luego cimentar.

ESPECIFICACIONES

① LADRILLO KING KONG 18 HUECOS TIPO IV



Mortero C:A	: Proporción 1:5
Junta Vertical	: 2 cm. (Máximo)
Junta Horizontal	: 2 cm. (Máximo)
Peso	: 3,80 Kgs
Resistencia Compresión.	: 280,00 Kgs/cm ²

② ESPECIFICACIONES TECNICAS CONCRETO ARMADO

CONCRETO:

* CONCRETO SIMPLE:	
-Solados	: f _c =100kgs/cm ²
-Falso piso	: f _c =140kgs/cm ²
-Cimientos corridos	: f _c =140kgs/cm ²
-Sobrecimiento	: f _c =140kgs/cm ²

* CONCRETO ARMADO:

-Zapatas	: f _c =210kgs/cm ²
-Vigas de Cimentación	: f _c =210kgs/cm ²
-Columnas y vigas	: f _c =210kgs/cm ²
-Losa Aligerada	: f _c =210kgs/cm ²
-Dinteles	: f _c =210kgs/cm ²

REFUERZO:

-En General Gd. 60	: f _y =4200kgs/cm ²
--------------------	---

CARGAS DE DISEÑO:

* CARGA MUERTA:

-Entrepiso (Primer Nivel)	: CM=880kgs/m ²
-Entrepiso (Demás Niveles)	: CM=730kgs/m ²

* CARGA VIVA:

-Sobrecarga en Oficinas	: CV=200kgs/m ²
-Pasadizos y Escaleras	: CV=200kgs/m ²
-Techos y/o Azoteas	: CV=100kgs/m ²

RECUBRIMIENTO:

-Zapatas	: Rcu=7,50cm
-Vigas de Cimentación	: Rcu=6,00cm
-Columnas	: Rcu=3,00cm
-Vigas	: Rcu=3,00cm
-Losa Aligerada	: Rcu=2,50cm
-Col.yVigas de conf.	: Rcu=2,50cm

③ PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO (NORMA:E-030)

Z=0,35	U=1,30	S=1,15	Tp=0,6	Cx = 2,5
Rx = 8	Pórticos de Concreto Armado			
Ry = 3	Albañilería			

④ NORMAS UTILIZADAS

NORMAS:

- Reglamento Nacional de Edificaciones
- Normas Técnicas de Concreto Armado E-060
- Normas de Diseño Sismoresistente E-030
- A.C.I. 2014

***NOTA IMPORTANTE:**
El cemento a utilizar en la preparación del Concreto en Columnas, Vigas, Losas Aligeradas y Afines Será: PORTLAND TIPO I

⑤ ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA CIMENTACIÓN

* TIPO DE CIMENTACIÓN:
-Zapatas conectadas con vigas de cimentación

* ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN:
-Suelo Tipo S2 (Suelos Intermedios)

-Cp.(Capacidad portante) : Cp=1,5kg/cm²

* PROF. DE CIMENTACIÓN : Df,min=1,60m.

* PRESIÓN ADMISIBLE : q_{ad}=1,8kg/cm²

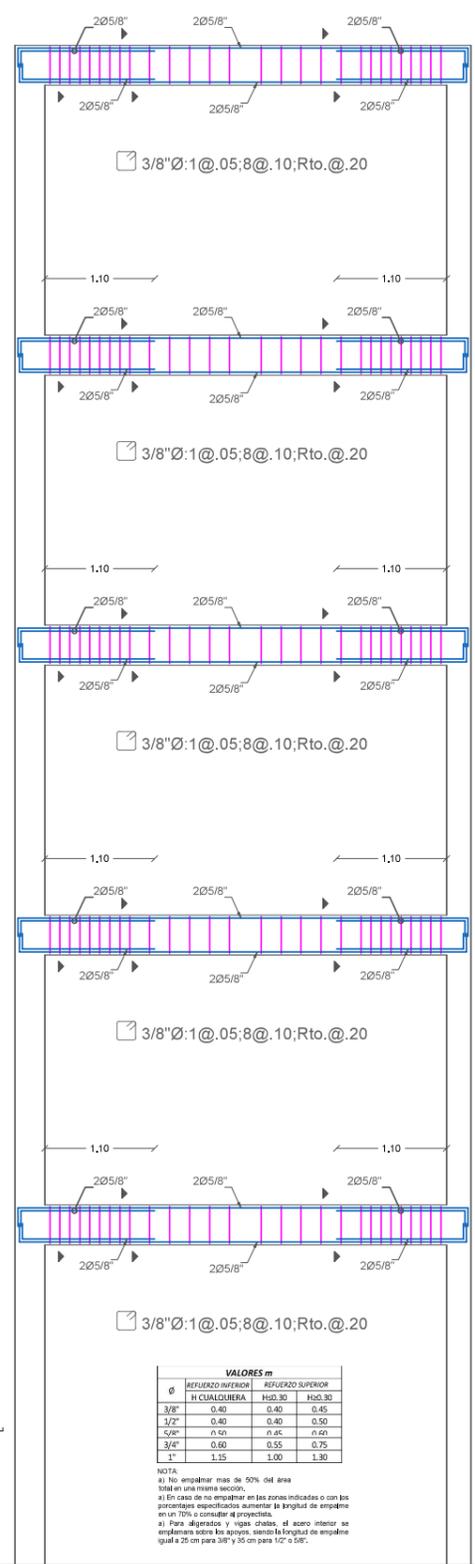
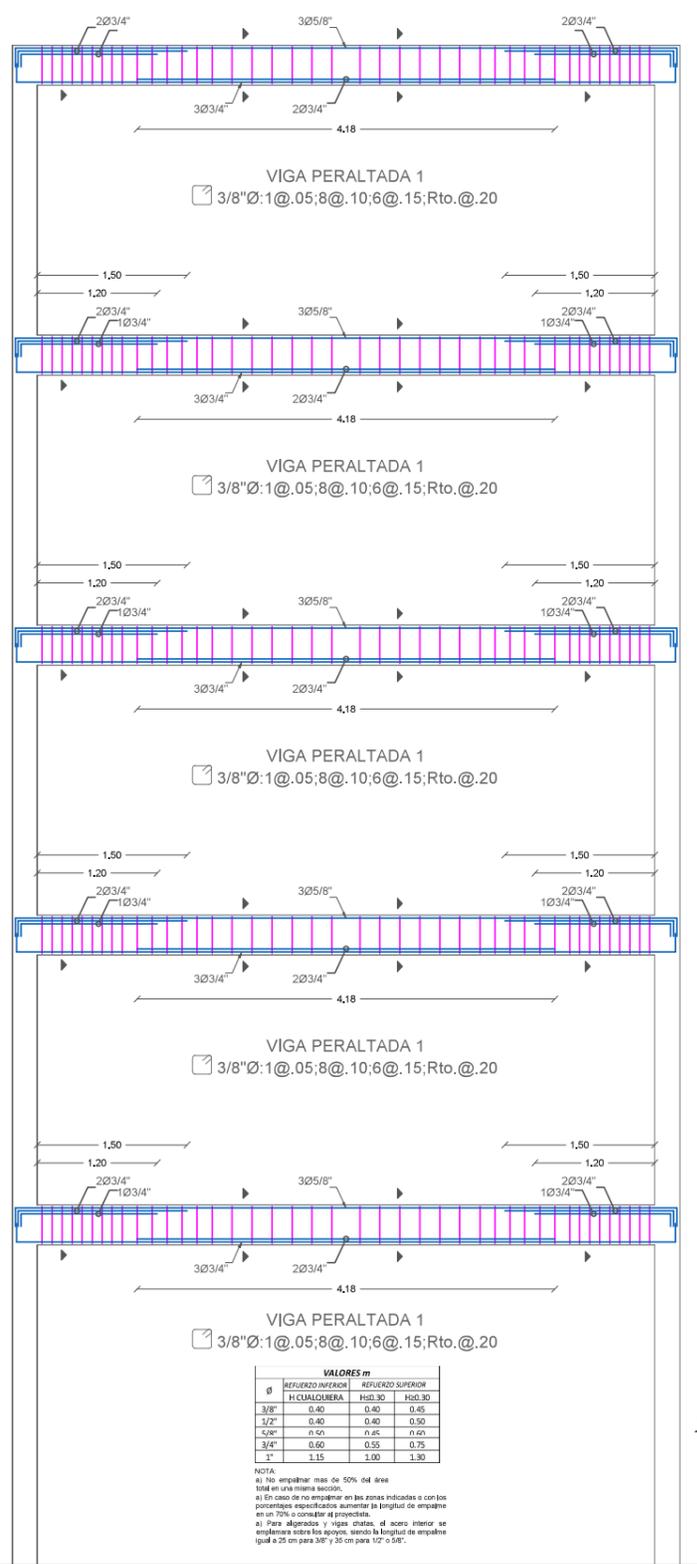
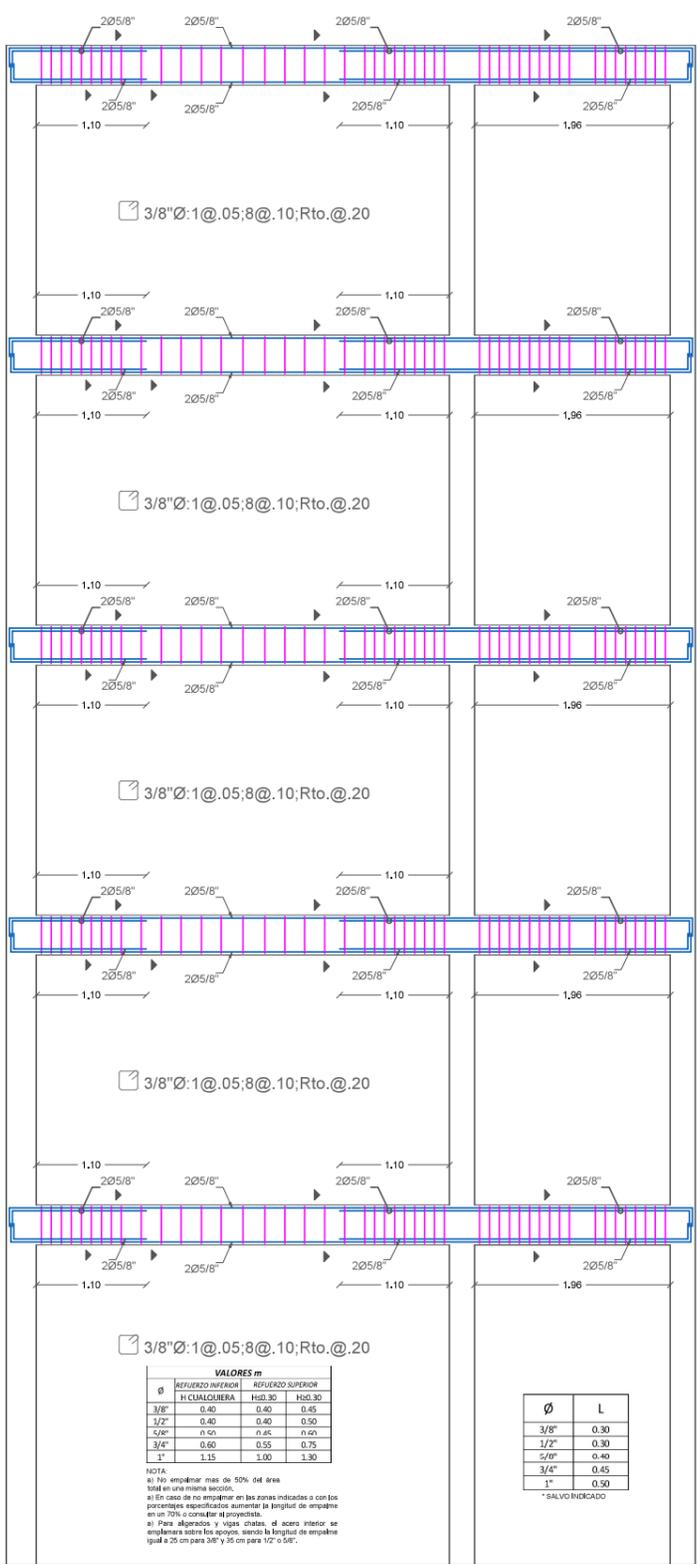
* FACT. DE SEGURIDAD POR CORTE: Estático > 3
Dinámico > 2,5

CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

Se realizará un leve mejoramiento de las paredes de las excavaciones de la zapata con cal hidratada al 2% para mejorar la resistencia del suelo.

MEJORAMIENTO DE SUELO

La capacidad admisible del terreno de la fundación es media por lo cual es recomendable realizar un mejoramiento de fundación. Se debe colocar una capa de 0,15m de arena gruesa limpia bajo la fundación, suprayacente a este una capa de gravilla de ½" a 1" de 1,00 de espesor y luego cimentar.



VALORES m

Ø	REFUERZO INTERIOR	REFUERZO SUPERIOR
3/8"	0.40	0.40
1/2"	0.40	0.50
5/8"	0.50	0.60
3/4"	0.60	0.75
1"	1.15	1.30

Ø L

3/8"	0.30
1/2"	0.30
5/8"	0.40
3/4"	0.45
1"	0.50

*SALVOINDICADO

VALORES m

Ø	REFUERZO INTERIOR	REFUERZO SUPERIOR
3/8"	0.40	0.40
1/2"	0.40	0.50
5/8"	0.50	0.60
3/4"	0.60	0.75
1"	1.15	1.30

Ø L

3/8"	0.30
1/2"	0.30
5/8"	0.40
3/4"	0.45
1"	0.50

*SALVOINDICADO

VALORES m

Ø	REFUERZO INTERIOR	REFUERZO SUPERIOR
3/8"	0.40	0.40
1/2"	0.40	0.50
5/8"	0.50	0.60
3/4"	0.60	0.75
1"	1.15	1.30

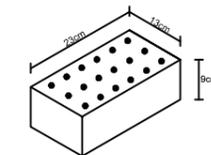
EJE (1) A-C
Esc: 1/50

EJE (D) 2-5
Esc: 1/50

EJE (1) C-D
Esc: 1/50

ESPECIFICACIONES

1 LADRILLO KING KONG 18 HUECOS TIPO IV



Mortero C.A	: Proporción 1:5
Junta Vertical	: 2 cm. (Máximo)
Junta Horizontal	: 2 cm. (Máximo)
Peso	: 3,80 Kgs
Resistencia Compresión.	: 280,00 Kgs/cm ²

2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONCRETO ARMADO

CONCRETO:

* CONCRETO SIMPLE:

- Solados : f_c=100kgs/cm²
- Falso piso : f_c=140kgs/cm²
- Cimientos corridos : f_c=140kgs/cm²
- Sobrecimiento : f_c=140kgs/cm²

* CONCRETO ARMADO:

- Zapatas : f_c=210kgs/cm²
- Vigas de Cimentación : f_c=210kgs/cm²
- Columnas y vigas : f_c=210kgs/cm²
- Losa Aligerada : f_c=210kgs/cm²
- Dinteles : f_c=210kgs/cm²

REFUERZO:

- En General Gd. 60 : f_y=4200kgs/cm²

CARGAS DE DISEÑO:

* CARGA MUERTA:

- Entrepiso (Primer Nivel) : CM=880kgs/m²
- Entrepiso (Demás Niveles) : CM=730kgs/m²

* CARGA VIVA:

- Sobrecarga en Oficinas : CV=200kgs/m²
- Pasadizos y Escaleras : CV=200kgs/m²
- Techos y/o Azoteas : CV=100kgs/m²

RECUBRIMIENTO:

- Zapatas : Rcu=7,50cm
- Vigas de Cimentación : Rcu=6,00cm
- Columnas : Rcu=3,00cm
- Vigas : Rcu=3,00cm
- Losa Aligerada : Rcu=2,50cm
- Col.y Vigas de conf. : Rcu=2,50cm

3 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO (NORMA: E-030)

Z=0,35	U=1,30	S=1,15	Tp=0,6	Cx = 2,5	Cy = 2,5
Rx = 8	Pórticos de Concreto Armado				
Ry = 3	Albañilería				

4 NORMAS UTILIZADAS

- NORMAS:**
- Reglamento Nacional de Edificaciones
 - Normas Técnicas de Concreto Armado E-060
 - Normas de Diseño Sismoresistente E-030
 - A.C.I. 2014
- NOTA IMPORTANTE:**
- El cemento a utilizarse en la preparación del Concreto en Columnas, Vigas, Losas Aligeradas y Afines Será: **PORTLAND TIPO I**

5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA CIMENTACIÓN

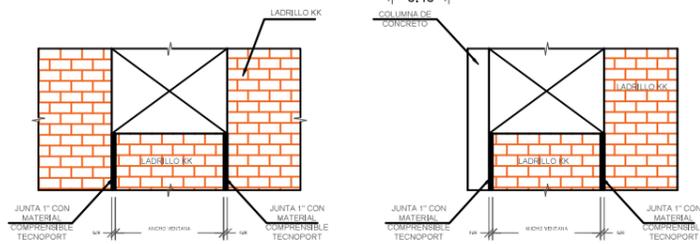
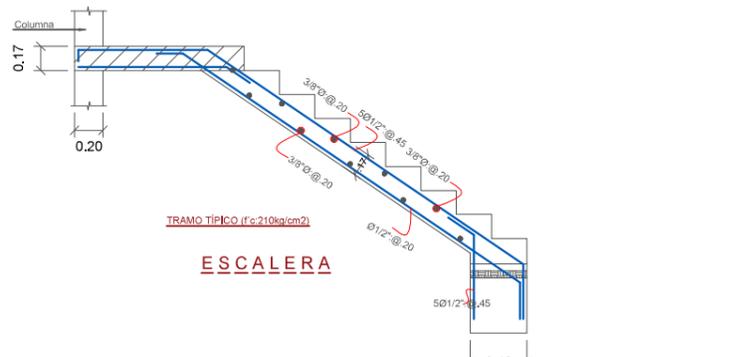
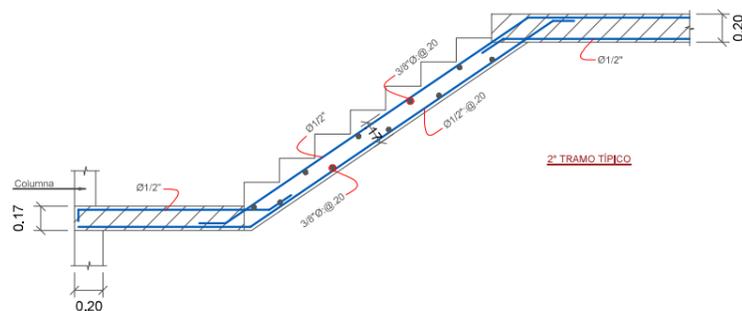
- * TIPO DE CIMENTACIÓN:
- Zapatas conectadas con vigas de cimentación
- * ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN:
- Suelo Tipo S2 (Suelos Intermedios)
- Cp. (Capacidad portante) : Cp=1,5kg/cm²
- * PROF. DE CIMENTACIÓN : Df.min=1,60m.
- * PRESIÓN ADMISIBLE : q.ad = 1,8Kg/cm²
- * FACT. DE SEGURIDAD POR CORTE: Estático > 3
Dinámico > 2,5

CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

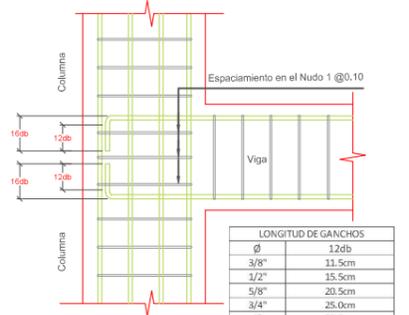
Se realizará un leve mejoramiento de las paredes de las excavaciones de la zapata con cal hidratada al 2% para mejorar la resistencia del suelo.

MEJORAMIENTO DE SUELO

La capacidad admisible del terreno de la fundación es media por lo cual es recomendable realizar un mejoramiento de fundación. Se debe colocar una capa de 0,15m de arena gruesa limpia bajo la fundación, luego un geotextil no tejido como separación, suprayacente a este una capa de gravilla de 1/2" a 1" de 1,00 de espesor y luego cimentar.



DETALLES MUROS NO PORTANTES EN VANOS

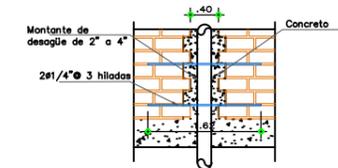


DETALLE DE UNIÓN VIGA-COLUMNA
ESC: S/E

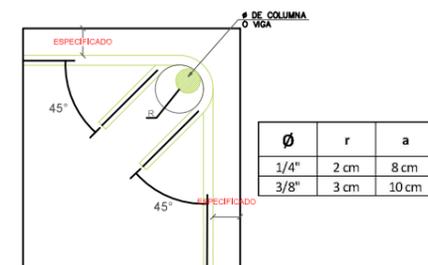
LONGITUD DE EMPALME (L)	
3/4"	0.70
5/8"	0.60
1/2"	0.50
3/8"	0.40

EMPALMAR EN DIFERENTES PARTES
TRATANDO DE HACER LOS EMPALMES
FUERA DE LA ZONA DE CONFINAMIENTO

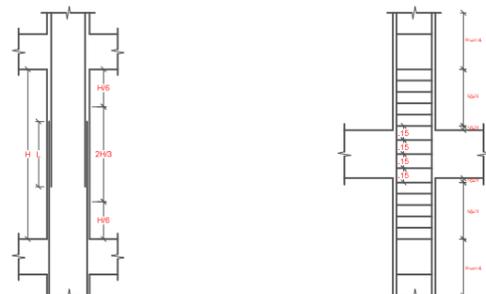
DETALLE DE EMPALME DE COLUMNAS



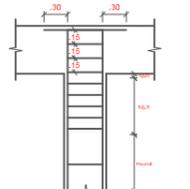
DETALLE DE ALOJAMIENTO Y REFUERZO DE
TUBERÍAS EN MUROS
ESC: 1/25



DETALLE DOBLADO DE ESTRIBOS



REFUERZO TRANSVERSAL
DE COLUMNAS



REMATE DE COLUMNAS

