

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA: “ANÁLISIS DEL AMORTIGUAMIENTO DE UNA
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO EN BASE AL
MÉTODO DE RAYLEIGH EN EL RANGO LINEAL Y SU
INCIDENCIA EN LA ESTABILIDAD DE UN EDIFICIO”**

AUTORA: VERÓNICA LISSETH CONSTANTE PRÓCEL

TUTOR: ING. JORGE CEVALLOS CABRERA M.Sc.

AMBATO – ECUADOR

2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del trabajo de investigación bajo el tema: **“ANÁLISIS DEL AMORTIGUAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO EN BASE AL MÉTODO DE RAYLEIGH EN EL RANGO LINEAL Y SU INCIDENCIA EN LA ESTABILIDAD DE UN EDIFICIO”**, desarrollado por Verónica Lisseth Constante Prócel, estudiante del Décimo semestre paralelo “A”, período Octubre 2014 - Febrero 2015 de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica considero que el informe investigativo reúne los requisitos mínimos tanto técnicos como científicos y está realizado de acuerdo a las normas establecidas en el Reglamento de Graduación de Pregrado de la Universidad Técnica de Ambato. Por lo tanto autorizo la presentación del mismo para ser sometido a la evaluación del jurado calificador designado por H. Consejo Universitario.

Ambato, Octubre del 2015

TUTOR DE TESIS

Ing. Jorge Cevallos M.Sc.

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación “**ANÁLISIS DEL AMORTIGUAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO EN BASE AL MÉTODO DE RAYLEIGH EN EL RANGO LINEAL Y SU INCIDENCIA EN LA ESTABILIDAD DE UN EDIFICIO**”, como también los contenidos, análisis y conclusiones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de investigación.

Ambato, Octubre del 2015

AUTORA

Verónica Lisseth Constante Prócel

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe de Investigación, sobre el tema “**ANÁLISIS DEL AMORTIGUAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO EN BASE AL MÉTODO DE RAYLEIGH EN EL RANGO LINEAL Y SU INCIDENCIA EN LA ESTABILIDAD DE UN EDIFICIO**”, de la estudiante: Verónica Lisseth Constante Prócel, de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ambato, Octubre del 2015.

Para constancia firman:

Ing. Juan Garcés Mg.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Miguel Mora Mg.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación se lo dedico a mis padres Sixto y Patricia que me han brindado su apoyo incondicional en toda mi carrera estudiantil tanto moral como económicamente, brindándome valores que me fortalecen como persona.

A mis hermanos; Nataly por ser mi ejemplo a seguir, David mi apoyo a continuar en lo que me proponga y Estefany por enseñarme que la vida es hermosa por sus alegrías brindadas.

A mi abuelita Carmelita quien fortalece mi hogar para seguir con paso firme.

A toda mi familia y amigos quienes estuvieron alentándome para conseguir esta linda profesión.

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme y darme fuerzas para seguir adelante en cada paso de mi vida.

Mi agradecimiento especial al Ing. Jorge Cevallos M.Sc. por su tiempo e interés, quien dirigió este proyecto de investigación, brindando sus conocimientos y experiencia profesional.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por abrirme las puertas de esta noble institución para alcanzar un sueño, a sus dignas autoridades, personal administrativo y profesores por compartir sus valiosos conocimientos.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
APROBACIÓN POR EL TUTOR.....	II
AUTORÍA DE TESIS.....	III
APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE GRADO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS.....	XI
RESUMEN EJECUTIVO.....	XVII

B. TEXTO: INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO.....	4
1.2.3 PROGNOSIS.....	4
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES.....	5
1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	5

1.2.6.1	DELIMITACIÓN DE CONTENIDO	5
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4	OBJETIVOS.....	7
1.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	7
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
CAPÍTULO II		8
MARCO TEÓRICO.....		8
2.1	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	8
2.2	FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	13
2.3	FUNDAMENTACION LEGAL	13
2.4	CATEGORIAS FUNDAMENTALES.....	13
2.4.1	SUPRAORDINACIÓN DE VARIABLES.....	13
2.4.2	CONCEPTOS BÁSICOS.....	15
2.5	HIPÓTESIS	19
2.6	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	20
2.6.1	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	20
2.6.2	VARIABLE DEPENDIENTE	20
CAPÍTULO III.....		21
METODOLOGÍA		21
3.1	ENFOQUE	21
3.2	MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	21
3.3	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	21
3.3.1	Explicativa:	21
3.3.2	Asociación de variables:	21
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	22
3.4.1	POBLACIÓN.....	22

3.4.2	MUESTRA.....	22
3.5	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	23
3.5.1	VARIABLE INDEPENDIENTE	23
3.5.2	VARIABLE DEPENDIENTE	24
3.6	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	25
3.7	PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	25
CAPÍTULO IV.....		26
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		26
4.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	26
4.2	VERIFICACIÓN DE HIPOTESIS.....	32
CAPÍTULO V		33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		33
5.1	CONCLUSIONES.....	33
5.2	RECOMENDACIONES	34
CAPÍTULO VI.....		35
PROPUESTA.....		35
6.1	DATOS INFORMATIVOS.....	35
6.2	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	36
6.3	JUSTIFICACIÓN.....	39
6.4	OBJETIVOS.....	39
6.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	39
6.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	39
6.5	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	40
6.6	FUNDAMENTACIÓN	40
6.7	METODOLOGÍA.....	40
6.7.1	DATOS GENERALES PARA EL DISEÑO.....	40

6.7.2	PREDISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	50
6.7.3	CALCULO DEL COEFICIENTE BASAL DE DISEÑO.....	58
6.7.4	DISEÑO ESTRUCTURAL.....	70
6.7.5	DERIVAS DE PISO.....	74
6.7.6	CENTRO DE MASAS Y RIGIDECES.....	77
6.7.7	PERIODOS Y FRECUENCIAS MODALES.....	81
6.7.8	AMORTIGUAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.....	82
6.7.9	METODO DE RAYLEIGH.....	90
6.7.10	RESULTADOS.....	116
6.7.11	CONCLUSIONES.....	133
6.7.12	RECOMENDACIONES.....	134
6.8	ADMINISTRACIÓN DE LA PROPUESTA.....	135
6.9	PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	135
1.	BIBLIOGRAFÍA.....	136
2.	ANEXOS.....	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N: 1	Períodos naturales y fracciones de amortiguamiento modal.....	9
Tabla N: 2	Valores de amortiguamientos recomendados	17
Tabla N: 3	Operacionalización de variables - Variable independiente.....	23
Tabla N: 4	Operacionalización de variables - Variable dependiente.....	24
Tabla N: 5	Cuadro de gastos	36
Tabla N: 6	Propiedades de los elementos	41
Tabla N: 7	Cuantificación de cargas	53
Tabla N: 8	Sobrecargas mínimas	53
Tabla N: 9	Peso paredes.....	54
Tabla N: 10	Peso de pared para el tablero	54
Tabla N: 11	Secciones asumidas para vigas	56
Tabla N: 12	Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.....	59
Tabla N: 13	Coefficiente R para sistemas estructurales dúctiles	59
Tabla N: 14	Clasificación de los perfiles de suelo.....	60
Tabla N: 15	Población ecuatoriana y valor factor Z.....	61
Tabla N: 16	Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	61
Tabla N: 17	Coefficiente de amplificación de suelo en zona de periodo corto F_{a61}	
Tabla N: 18	Amplificación de las ordenadas del espectro elástico F_d	61
Tabla N: 19	Comportamiento no lineal de los suelos F_s	62
Tabla N: 20	Coefficientes de irregularidad en planta.....	63
Tabla N: 21	Coefficientes de irregularidad en elevación.....	64
Tabla N: 22	Carga sísmica reactiva W. Caso general.....	67
Tabla N: 23	Carga sísmica reactiva W. Casos especiales.....	67
Tabla N: 24	Coefficiente de expansión K	68
Tabla N: 25	Valores del espectro elástico de diseño	69
Tabla N: 26	Espesor de losa.....	71
Tabla N: 27	Sección de vigas.....	71
Tabla N: 28	Sección de columnas.....	71
Tabla N: 29	Desplazamientos elásticos en X.....	75
Tabla N: 30	Desplazamientos elásticos en Y.....	75
Tabla N: 31	Valores de Δ_M máximos.....	75

Tabla N: 32	Chequeo de deriva máxima inelástica-CSX	76
Tabla N: 33	Chequeo de deriva máxima inelástica-CSY	77
Tabla N: 34	Centro de Masas y Centro de Rigideces	80
Tabla N: 35	Períodos y frecuencias modales	81
Tabla N: 36	Secciones de vigas y columnas por piso	96
Tabla N: 37	Inercias según seccion de vigas y columnas	97
Tabla N: 38	Longitud de Vigas y Columnas.....	97
Tabla N: 39	Identificación de los nudos inicial y final de los elementos-Eje X..	98
Tabla N: 40	Identificación de los nudos inicial y final de los elementos - Eje Y	99
Tabla N: 41	Valores para hallar la matriz transformación.....	101
Tabla N: 42	Valores r_i para hallar la matriz transformación	102
Tabla N: 43	Masa por piso	104
Tabla N: 44	Valores propios de la estructura.....	108
Tabla N: 45	Frecuencia de vibración ω_n	110
Tabla N: 46	Períodos de vibración T_i	111
Tabla N: 47	Amortiguamientos.....	115
Tabla N: 48	Chequeo de deriva máxima inelástica-CSX, $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$	116
Tabla N: 49	Chequeo de deriva máxima inelástica-CSY, $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$	116
Tabla N: 50	Chequeo de deriva máxima inelástica-CSX, $f'_c=240 \text{ Kg/cm}^2$	118
Tabla N: 51	Chequeo de deriva máxima inelástica-CSY, $f'_c=240 \text{ Kg/cm}^2$	118
Tabla N: 52	Chequeo de deriva máxima inelástica-CSX, $f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$	120
Tabla N: 53	Chequeo de deriva máxima inelástica-CSY, $f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$	120
Tabla N: 54	Chequeo de deriva máxima inelástica-CSX, $f'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$	122
Tabla N: 55	Chequeo de deriva máxima inelástica-CSY, $f'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$	122
Tabla N: 56	Previsión de la Evaluación.....	135

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N: 1	Curva de respuesta en la frecuencia.....	9
Gráfico N: 2	Aceleraciones en la dirección norte-sur registradas en la Biblioteca Millikan durante el sismo de San Fernando.....	10
Gráfico N: 3	Aceleraciones en la dirección este-oeste registradas en la Biblioteca de Millikan durante el sismo de San Francisco.....	11
Gráfico N: 4	Desplazamiento relativo del techo.....	11
Gráfico N: 5	Variable Independiente.....	14
Gráfico N: 6	Variable Dependiente.....	14
Gráfico N: 7	Variación de las fracciones de amortiguamiento modal con la frecuencia natural.....	19
Gráfico N: 8	Incidencia del amortiguamiento.....	27
Gráfico N: 9	Cálculo del amortiguamiento.....	28
Gráfico N: 10	Método de Rayleigh.....	29
Gráfico N: 11	Amortiguamiento en el diseño sismorresistente.....	30
Gráfico N: 12	Fuentes de fenómenos vibratorios.....	31
Gráfico N: 13	Fachada frontal del edificio.....	42
Gráfico N: 14	Primera planta.....	43
Gráfico N: 15	Segunda y cuarta planta.....	44
Gráfico N: 16	Tercera planta.....	45
Gráfico N: 17	Quinta planta.....	46
Gráfico N: 18	Terraza.....	47
Gráfico N: 19	Pórtico eje “X”.....	48
Gráfico N: 20	Pórtico sentido “Y”.....	49
Gráfico N: 21	Corte de losa.....	52
Gráfico N: 22	Un metro cuadrado (1m ²) de losa.....	52
Gráfico N: 23	Mosaico de cargas.....	55
Gráfico N: 24	Áreas cooperantes para prediseño de las columnas.....	57
Gráfico N: 25	Espectro elástico.....	69
Gráfico N: 26	Estructura en tres Dimensiones.....	70
Gráfico N: 27	Secciones de elementos Sentido “X”.....	72

Gráfico N: 28 Secciones de elementos sentido “Y”	73
Gráfico N: 29 Desplazamientos en la estructura.....	74
Gráfico N: 30 Centro de masas	78
Gráfico N: 31 Centro de rigideces	79
Gráfico N: 32 Excentricidad de piso 1	80
Gráfico N: 33 Amortiguamiento viscoso	83
Gráfico N: 34 Amortiguamiento de Coulomb	83
Gráfico N: 35 Amortiguamiento histerético	84
Gráfico N: 36 Sistema masa-resorte-amortiguador	85
Gráfico N: 37 Vibración libre de un sistema sin amortiguamiento	86
Gráfico N: 38 Vibración libre de sistemas.....	88
Gráfico N: 39 Efectos del amortiguamiento sobre la vibración libre	89
Gráfico N: 40 Vibración libre de sistemas con 4 niveles de amortiguamiento..	90
Gráfico N: 41 Grados de libertad del pórtico - Eje X	92
Gráfico N: 42 Numeración de nudos y elementos - Eje X.....	93
Gráfico N: 43 Grados de libertad del pórtico - Eje Y	94
Gráfico N: 44 Numeración de nudos y elementos - Eje Y.....	95
Gráfico N: 45 Modos de vibración en el sentido “X” considerando cargas horizontales laterales por piso	109
Gráfico N: 46 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-ECUAX-UY; $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$	117
Gráfico N: 47 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-ECUAY-UY; $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$	117
Gráfico N: 48 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-ECUAX-UY; $f'c=240 \text{ Kg/cm}^2$	119
Gráfico N: 49 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-ECUAY-UY; $f'c=240 \text{ Kg/cm}^2$	119
Gráfico N: 50 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-ECUAX-UY; $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$	121
Gráfico N: 51 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-ECUAY-UY; $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$	121

Gráfico N: 52 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral ECUAX-UY; $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$	123
Gráfico N: 53 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral	123
Gráfico N: 54 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-ECUAX-UY; diferente $f'c$	124
Gráfico N: 55 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-ECUAY-UY; diferente $f'c$	124
Gráfico N: 56 Resistencia vs Desplazamiento elástico CX	125
Gráfico N: 57 Resistencia vs Desplazamiento elástico CY	125
Gráfico N: 58 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UX; Amortiguamiento: $0.05=0.04=0.03=0.02=0.01$	126
Gráfico N: 59 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UX; Amortiguamiento: $0.05=0.04=0.03=0.02=0.01$	126
Gráfico N: 60 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UY; Amortiguamiento: 0.05	127
Gráfico N: 61 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UY; Amortiguamiento: 0.04	127
Gráfico N: 62 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UY; Amortiguamiento: 0.03	128
Gráfico N: 63 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UY; Amortiguamiento: 0.02	128
Gráfico N: 64 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UY; Amortiguamiento: 0.01	129
Gráfico N: 65 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UY; Amortiguamiento: 0.05	129
Gráfico N: 66 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UY; Amortiguamiento: 0.04	130
Gráfico N: 67 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UY; Amortiguamiento: 0.03	130
Gráfico N: 68 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UY; Amortiguamiento: 0.02	131

Gráfico N: 69 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UY; Amortiguamiento: 0.01	131
Gráfico N: 70 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UY; Distinto Amortiguamiento	132
Gráfico N: 71 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UY; Distinto Amortiguamiento	132

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA: ANÁLISIS DEL AMORTIGUAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO EN BASE AL MÉTODO DE RAYLEIGH EN EL RANGO LINEAL Y SU INCIDENCIA EN LA ESTABILIDAD DE UN EDIFICIO.

Verónica Lisseth Constante Prócel
Autor

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de investigación presenta un procedimiento para calcular el amortiguamiento de una estructura de cinco pisos por el método de Rayleigh. El propósito de la investigación es identificar el comportamiento y variaciones de este parámetro en las estructuras de hormigón armado, según la resistencia a la compresión del hormigón.

Se conoce que Ecuador es un país con alto riesgo sísmico, por lo que las edificaciones se diseñan para evitar un colapso ante estos fenómenos; para ello se aplicó las especificaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC), adaptadas para la ciudad de Ambato, y el código ACI-318-08 (American Concrete Institute).

El análisis y diseño de la estructura se ha desarrollado mediante un software especializado para ingeniería, donde se analizó la estabilidad del edificio mediante las derivas de piso. Se interpretó la relación entre el amortiguamiento y el desplazamiento de un edificio; y la relación entre la resistencia y el desplazamiento del mismo.

Esta investigación será un aporte técnico y factible para el desarrollo de las infraestructuras.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

“ANÁLISIS DEL AMORTIGUAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO EN BASE AL MÉTODO DE RAYLEIGH EN EL RANGO LINEAL Y SU INCIDENCIA EN LA ESTABILIDAD DE UN EDIFICIO”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

En el diseño y desempeño sísmico de estructuras, los parámetros como el periodo natural de vibración, las formas modales y el amortiguamiento asociado a la estructura son determinantes. El comportamiento ante grandes deformaciones y no linealidades en los materiales también definen de manera importante el nivel de seguridad estructural. Se dice que un material es lineal cuando al retirar las cargas retoma su estado original.¹

Al pasar el tiempo, la acción sísmica y su capacidad destructora han dejado huella y nos alertan de lo que puede suceder en el futuro, pero es aún más atemorizante si consideramos un factor que puede aumentar la catástrofe, este es el suelo donde se asienta la estructura. Puede ser beneficioso, si el tipo de suelo local es rocoso.

Las características del suelo aumentaron el daño ocasionado, en ciudades como San Francisco (1906); Caracas (1967); Ciudad de México (1985), Leninakan (1988).

¹ Aguiar Falconí, Roberto/Robalino Bedón, Ibeth Carolina-Capacidad sísmica de estructuras considerando la interacción suelo-estructura.

Loma Prieta, California (1989); siendo extremadamente perjudicial para las estructuras ante un sismo.

En Michoacán, México; el 19 de Septiembre de 1985, un sismo de intensidad de 8.1 en la escala de Richter causó daño moderado a las zonas aledañas al epicentro, junto a la costa del Pacífico, pero en la Ciudad de México el daño fue extenso estando a 350 km de distancia. En tan solo unos segundos este sismo cobró la vida de miles de personas, destruyendo casas, edificios e instalaciones de vital importancia para la Capital. Además dejó heridos a un incontable número de ciudadanos.

Antes del sismo de 1985, varios instrumentos de registro sísmico fueron ubicados en la Ciudad de México. La UNAM colocó sus instrumentos en la Zona de Lomas a una altura de 3 a 5 m de la roca basáltica. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) situó sobre el suelo blando de la Zona del Lago. A pesar de que el sismo de Michoacán fue de larga duración, produjo aceleraciones bajas en el sector de la UNAM. En la Zona de Transición la aceleración pico fue ligeramente mayor que la anterior, pero todavía es baja. En la Zona del Lago, la aceleración pico fue cinco veces mayor que la de la UNAM.

El período se conservó alrededor de los 2 seg. Los altos niveles del movimiento se mantuvieron durante un largo período, demostrando que el suelo tiene un papel fundamental en la respuesta sísmica sobre todo si son suelos de baja resistencia. La aceleración espectral para períodos aproximados a los 2 seg. fueron 10 veces mayor que los registrados en el sector de la UNAM. En el Sector de la SCT que presenta suelo blando, se estimó el período característico de la zona en 1.9 a 2.8 seg.

Las estructuras menores a cinco pisos y los edificios mayores a treinta, sufrieron ligeros daños, lo contrario a las que se encontraban en el rango de cinco a veinte pisos que en su mayoría colapsaran o sufrieron gran daño, en la zona central del Distrito Federal.

La tendencia de las estructuras a aumentar su período fundamental de vibración frente a sismos de gran intensidad, debido a la reducción de su rigidez causada por

el daño estructural y arquitectónico que se ha acumulado con el paso del tiempo, produce un efecto de doble resonancia (amplificación del movimiento del lecho de roca por los depósitos del suelo más la amplificación del movimiento del suelo por deficiencias de diseño y construcción de la estructura), dando como consecuencia un devastador daño local.

El amortiguamiento, depende de la capacidad del suelo de disipar energía por comportamiento histerético (amortiguamiento del material), por radiación de ondas (amortiguamiento geométrico), y por desviación de ondas incidentes debido a la cimentación.²

Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del Nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y Litoral Ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta. La ciudad de Ambato en la Provincia del Tungurahua ha presenciado tres terremotos (1698-1797-1949). El terremoto del 5 de agosto de 1949 fue el mayor sismo en el Hemisferio Occidental en más de un lustro, donde fallecieron 5.050 personas. Tuvo una magnitud de 6,8 en la escala sismológica de Richter. El terremoto produjo daños considerables en las edificaciones.

En el Ecuador los terremotos provienen de dos grandes zonas tectónicas: la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana, y el Cinturón Volcánico de los Andes. El terremoto de 1949 en Ambato, inicialmente siguió un cruce de varias fallas de noroeste a sureste en el Valle Interandino, que fueron creados por la subducción de la dorsal de Carnegie. Los estratos de roca agrietadas como la ruptura de fallas, envió poderosas ondas de choque. Hoy en día, esas amenazas geológicas existen en todo el país tanto de sismicidad interplaca como intraplaca.

² Luciano R Fernández Sola y Javier Avilés López / Revista de Ingeniería Sísmica No. 79 71-90 (2008)/Efectos de interacción suelo-estructura en edificios con planta baja blanda

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

El proceso mediante el cual la amplitud de la vibración disminuye de manera constante se denomina amortiguamiento. La energía cinética y la energía de deformación del sistema vibratorio se disipan mediante diversos mecanismos de amortiguamiento.

La disipación de energía en estructuras solicitadas por acciones dinámicas es considerada en las fuerzas proporcionales a la velocidad: amortiguamiento viscoso o elástico, y en las fuerzas proporcionales a los desplazamientos: amortiguamiento histerético debido al comportamiento no lineal físico. Usualmente los programas de análisis dinámico de estructuras han implementado como amortiguamiento elástico el criterio de Rayleigh, clásico, es decir proporcional a la masa y a la rigidez inicial del sistema. Recientemente se ha reconocido que ese criterio sobre estima la disipación cuando el sistema se encuentra en el campo plástico, siendo más aproximado considerar el amortiguamiento proporcional a la masa y a la rigidez tangente en cada instante.

Para edificios nuevos, obviamente el amortiguamiento no se puede medir, por lo tanto las relaciones de amortiguamiento modal están basadas en datos registrados de sismos fuertes, pero no deformados en el rango inelástico. Por otra parte el amortiguamiento en estructuras con fluencia significativa por sismos, incluyen la disipación de energía por fluencia del material y no sirve para análisis dinámico modal elástico.

1.2.3 PROGNOSIS

En una estructura con comportamiento lineal el porcentaje de amortiguamiento con respecto al crítico (5%) es independiente de la amplitud y aumenta de acuerdo al nivel de esfuerzo máximo del material que lo constituye.

El nivel de amortiguamiento de los diversos modos propios o naturales de vibración varía poco con la frecuencia natural o propia de la estructura. El porcentaje de amortiguamiento depende casi exclusivamente de los materiales constitutivos y la

tipología estructural. Aumenta ligeramente con la amplitud de la vibración, especialmente en estructuras de concreto reforzado muy agrietadas.

Originalmente el efecto de la excitación sísmica se reduce en la estructura debido al amortiguamiento de manera que aún pudiendo existir parámetros que pudiesen hacer incursionar la estructura en el rango inelástico esta aún se mantiene en el elástico.

Los valores que se le asigna al amortiguamiento en estos modelos son aproximados y están generalmente basados en mediciones experimentales en los edificios. De no conocer la fracción real nuestro diseño no estaría diseñado para que ésta tenga la estabilidad requerida ante alguna vibración.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera el análisis del amortiguamiento de una estructura en base al método de Rayleigh en el rango lineal incide en la estabilidad de un edificio?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

- ¿Conoce sobre el amortiguamiento utilizado en una estructura?
- ¿El método de Rayleigh será óptimo para calcular el amortiguamiento real de una estructura?
- ¿Conoce la fracción de amortiguamiento para la construcción del espectro de respuesta de la estructura?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.6.1 DELIMITACIÓN DE CONTENIDO

- Estructuras
- Hormigón armado
- Dinámica estructural
- Norma ecuatoriana de construcción (NEC 2015)

1.2.6.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

El desarrollo de este proyecto de investigación sería desde Febrero del 2015 hasta Agosto del 2015

1.2.6.3 DELIMITACIÓN ESPACIAL

El presente proyecto de investigación se realizará en la ciudad de Ambato.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El amortiguamiento es el proceso causante de que un movimiento vibratorio disminuya su amplitud con el tiempo.

Se sabe que la estructura puede disipar energía a través de mecanismos de fricción y deslizamiento de las partes estructurales, radiación de energía de la estructura al suelo y producción de ruido.

Cuanto mayor es la energía disipada por medio de deformaciones plásticas menor es la disipada por medio de amortiguamiento. Esto significa que a medida que un evento sísmico provoca mayores deformaciones en la estructura y esta responde mediante la formación de rótulas plásticas, el amortiguamiento va disminuyendo. Cuando la estructura incursiona en el rango inelástico y se va degradando su rigidez, las partículas que componen las secciones que ya están agrietándose progresivamente contribuyen menos al fenómeno. O sea, que la degradación de la rigidez conlleva a la de la resistencia y a la del amortiguamiento.

Uno de los procedimientos para construir una matriz de amortiguamiento clásico para una estructura a partir de fracciones de amortiguamiento modal es el Método de Rayleigh; considera un amortiguamiento proporcional a la masa y un amortiguamiento proporcional a la rigidez.

La importancia del amortiguamiento no deja de ser notable por su protagonismo en evitar la Resonancia (amplificación del efecto sísmico debido a cercanías de periodos o frecuencias entre la estructura y el mecanismo perturbador) y en

estructura de alto contenido de frecuencia (bajos periodos, rígidas) su participación es fundamental.

De ahí se ve la necesidad del estudio y análisis del amortiguamiento en una estructura. Esta investigación será un aporte técnico y factible para el desarrollo de estructuras de hormigón armado.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el amortiguamiento real de una estructura y su incidencia en la estabilidad de la estructura.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el amortiguamiento de una estructura.
- Conocer el Método de Rayleigh para determinar la matriz de amortiguamiento.
- Diferenciar los tipos de matrices para el cálculo del amortiguamiento de la estructura.
- Obtener el diseño estructural estable del edificio en estudio.
- Interpretar adecuadamente los resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

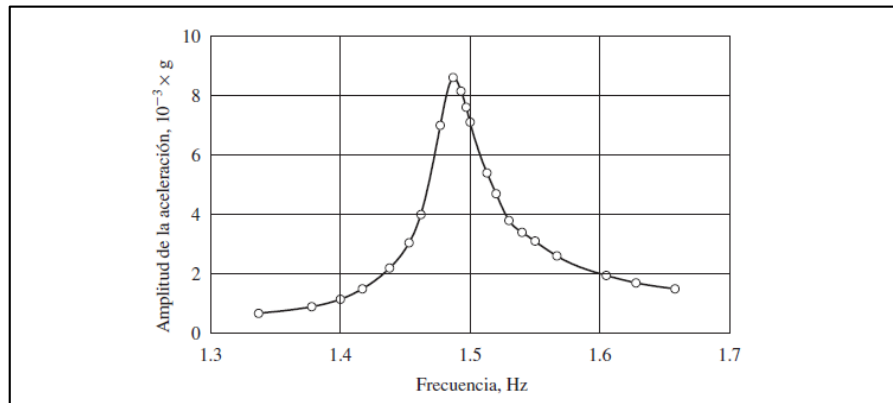
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Elegida como un ejemplo para analizar el amortiguamiento, la Biblioteca Robert A. Millikan, es un edificio de nueve pisos, hecho con concreto reforzado y construido en 1966- 1967, en el campus del California Institute of Technology en Pasadena, California.

Tiene una planta de 69 por 75 pies, y se extiende 144 pies por encima del nivel del terreno y 158 pies por encima del nivel del sótano. La altura incluye un techo cerrado que alberga equipos de aire acondicionado. Las fuerzas laterales en la dirección norte-sur son soportadas principalmente por los muros de cortante de 12 pulgadas de espesor de concreto reforzado situados en los extremos este y oeste del edificio. En la dirección este-oeste los muros de 12 pulgadas de concreto reforzado del núcleo central, que albergan el ascensor y la escalera de emergencia, proporcionan la mayor parte de la resistencia lateral. En los muros norte y sur hay muros prefabricados de concreto con ventanas. Éstos se diseñaron para una función arquitectónica, pero proporcionan rigidez en la dirección este-oeste para las vibraciones de baja amplitud.

Las propiedades de vibración (periodos naturales, modos naturales y fracciones de amortiguamiento modal) de la Biblioteca Millikan se han determinado mediante pruebas de vibración forzada, utilizando el generador de vibraciones con peso excéntrico y giro en oposición . Tal prueba conduce a una curva de respuesta en la frecuencia que muestra un pico de resonancia correspondiente a cada frecuencia natural de la estructura; por ejemplo, en el Gráfico 1, se muestra una curva de respuesta en la frecuencia con valores cercanos a la frecuencia de vibración natural fundamental en la dirección este-oeste, para la Biblioteca Millikan.

Gráfico N: 1 Curva de respuesta en la frecuencia



Fuente : Anil K.Chopra- Dinámica de Estructuras.

A partir de estos datos fue posible determinar la frecuencia natural y la fracción de amortiguamiento para el modo de vibración fundamental y los resultados se presentan en la Tabla 1.

Tabla N: 1 Períodos naturales y fracciones de amortiguamiento modal.

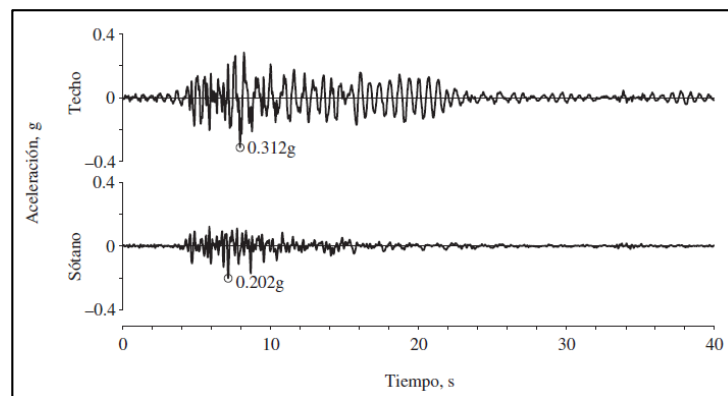
PERIODOS NATURALES DE VIBRACIÓN Y FRACCIONES DE AMORTIGUAMIENTO MODAL DE LA BIBLIOTECA DE MILLIKAN					
Excitación	Aceleración de techo (g)	Modo fundamental		Segundo modo	
		Período (s)	Amortiguamiento (%)	Período (s)	Amortiguamiento (%)
Dirección Norte - Sur					
Generador de vibración	5×10^{-3} a 20×10^{-3}	0.51-0.53	1.2-1.8	a	a
Sismo de Lytle Creek	0.05	0.52	2.9	0.12	1.0
Sismo de San Fernando	0.312	0.62	6.4	0.13	4.7
Dirección Este- Oeste					
Generador de vibración	3×10^{-3} a 17×10^{-3}	0.66-0.68	0.7-1.5	b	b
Sismo de Lytle Creek	0.035	0.71	2.2	0.18	3.6
Sismo de San Fernando	0.348	0.98	7.0	0.20	5.9
^a No se midió					
^b Datos no confiables					

Fuente: Anil K.Chopra- Dinámica de Estructuras

El periodo natural para el modo de vibración fundamental en la dirección este-oeste fue de 0.66 s. Este valor aumentó alrededor de 3% en el intervalo de resonancia de las pruebas: aceleración de 3×10^{-3} g a 17×10^{-3} g en el techo. La forma modal correspondiente a este modo se determinó con base en las mediciones tomadas en varios niveles de la estructura, pero no se presenta aquí. En la prueba de vibración la fracción de amortiguamiento en el modo fundamental este-oeste varió entre 0.7 y 1.5%, aumentando con la amplitud de respuesta. En la dirección norte-sur el periodo natural del modo fundamental fue de 0.51 s, aumentando aproximadamente 4% en el intervalo de resonancia de las pruebas: aceleración de 5×10^{-3} g a 20×10^{-3} g en el techo. La fracción de amortiguamiento en este modo varió entre 1.2 y 1.8%, aumentando de nuevo con la amplitud de respuesta.

Los acelerógrafos de movimiento fuerte instalados en el sótano y el techo del edificio registraron tres componentes de las aceleraciones (dos horizontales y una vertical). Las aceleraciones registradas en la dirección norte-sur, dadas en el gráfico No. 2, muestran que la aceleración máxima de 0.202g en el sótano se amplificó hasta 0.312 g en el techo. En el Gráfico 3 se muestra que en la dirección este-oeste la aceleración máxima en el sótano y el techo fueron de 0.185g y 0.348g, respectivamente.

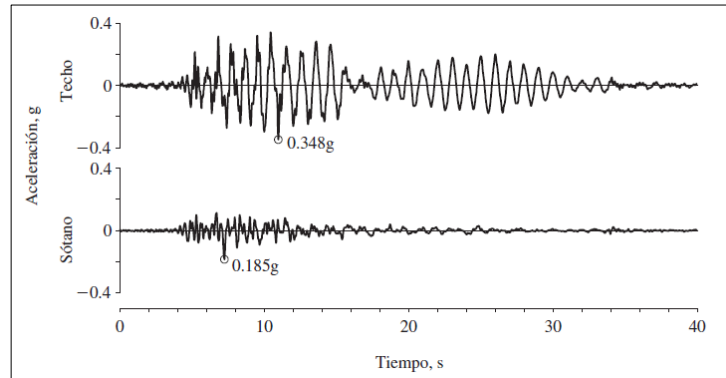
Gráfico N: 2 Aceleraciones en la dirección norte-sur registradas en la Biblioteca Millikan durante el sismo de San Fernando.



Fuente: Anil K.Chopra- Dinámica de Estructuras

Las aceleraciones en el techo representan el movimiento total del edificio, que se compone de los movimientos de la estructura respecto al terreno más el movimiento del terreno.

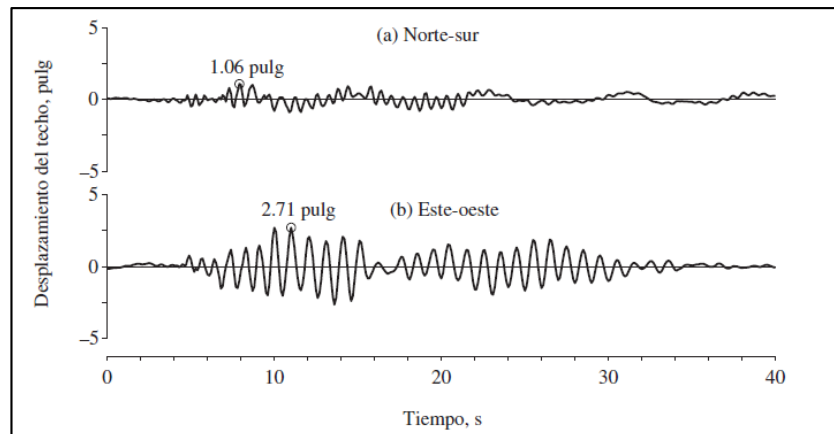
Gráfico N: 3 Aceleraciones en la dirección este-oeste registradas en la Biblioteca de Millikan durante el sismo de San Francisco.



Fuente: Anil K.Chopra- Dinámica de Estructuras

Gráfico N: 4 . Desplazamiento relativo del techo

(a) En la dirección norte-sur, (b) En la dirección este-oeste.



Fuente: Anil K.Chopra- Dinámica de Estructuras

El desplazamiento total en el techo del edificio y el desplazamiento del sótano se obtuvieron al integrar dos veces las aceleraciones registradas. Los componentes norte-sur y este-oeste del desplazamiento relativo del techo, determinados al restar

el desplazamiento del terreno (sótano) del desplazamiento total en el techo, se presentan en el Gráfico 4.

Se puede observar que las aceleraciones horizontales del techo del edificio son mayores y que su variación con el tiempo es diferente a la de las aceleraciones del terreno(sótano).

Estas diferencias surgen porque el edificio es flexible, no rígido. En las gráficas de desplazamiento se observa que la amplitud de desplazamiento del techo con respecto al sótano fue de 1.06 pulg en la dirección norte-sur, y 2.71 pulg en la dirección este-oeste. El edificio vibró en la dirección norte-sur con un periodo del modo fundamental de aproximadamente seis décimas de segundo, mientras que en la dirección este-oeste dicho periodo fue de 1 s. Estos valores de periodos se estimaron como la duración de un ciclo de vibración en el gráfico 4.

Para los movimientos más grandes del edificio durante el sismo de San Fernando, los periodos naturales y las fracciones de amortiguamiento se incrementaron de manera significativa con respecto a los valores de las pruebas con el generador de vibraciones. El periodo fundamental en la dirección norte-sur aumentó de 0.51 a 0.62 s, y la fracción de amortiguamiento se incrementó considerablemente, hasta el 6.4%. En la dirección este-oeste el edificio vibró con un periodo fundamental de 0.98 s, que es un 50% mayor que el periodo de 0.66 s durante las pruebas con el generador de vibraciones; el amortiguamiento también aumentó mucho, hasta un 7.0%.

El incremento de los periodos naturales para las amplitudes más grandes del movimiento experimentado por el edificio durante el sismo de San Fernando implica una reducción en la rigidez de la estructura. La rigidez en la dirección este-oeste se redujo de manera considerable, aunque con excepción de la caída de estanterías y pequeñas grietas en el aplanado, el edificio no sufrió ningún daño observable. El daño aparente de la estructura debido al sismo es también la causa del aumento sustancial en el amortiguamiento.

Tras el terremoto se produce una recuperación aparente de la rigidez estructural, como lo sugieren los periodos naturales medidos que son más cortos que en el sismo. El hecho de que la recuperación sea completa o parcial parece depender sólo de la intensidad con la que la estructura se excitó por el sismo. Todos éstos son indicadores de la complejidad del comportamiento de las estructuras reales durante los sismos.³

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

El presente trabajo de investigación está dentro del paradigma neopositivista ya que predomina los métodos cuantitativos, por la aplicación de leyes y principios ya establecidos es decir no podemos cambiar el procedimiento y el presente esta direccionado a la verificación y comparación de resultados.

2.3 FUNDAMENTACION LEGAL

Este estudio se fundamenta con los siguientes códigos:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción 2013, NEC-2013
- ACI-318-08
- UBC 97
- FEMA
- VISION 2000

2.4 CATEGORIAS FUNDAMENTALES

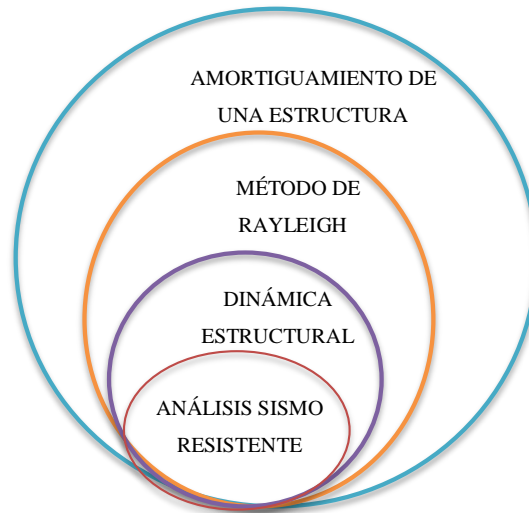
2.4.1 SUPRAORDINACIÓN DE VARIABLES

El Gráfico 5 y Gráfico 6 presentan la supraordinación de la Variable Independiente y Variable Dependiente.

³ Anil K.Chopra- *Dinámica de Estructuras / Amortiguamiento en estructuras.*

VARIABLE INDEPENDIENTE

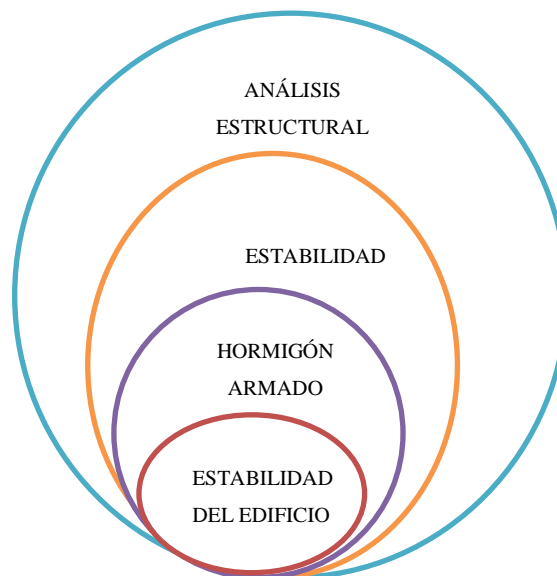
Gráfico N: 5 Variable Independiente



Elaborado por: Verónica Constante

VARIABLE DEPENDIENTE

Gráfico N: 6 Variable Dependiente



Elaborado por: Verónica Constante

2.4.2 CONCEPTOS BÁSICOS

ESPECTRO DE RESPUESTA PARA DISEÑO

Representa la amenaza o el peligro sísmico, y más específicamente la respuesta de la estructura al sismo. El espectro de diseño puede representarse mediante un espectro de respuesta basado en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura, o bien puede ser un espectro construido según los requerimientos especificados en una norma.

Es un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, utilizado con fines de diseño para representar los efectos dinámicos del sismo de diseño.

ESTRUCTURA DISIPATIVA

Estructura capaz de disipar la energía por un comportamiento histerético dúctil y/o por otros mecanismos.

DUCTILIDAD GLOBAL

Habilidad que tiene una estructura para mantener su capacidad resistente sin sensibles degradaciones y disipar energía cuando está sometida a ciclos de desplazamientos inelásticos durante un terremoto.

DUCTILIDAD LOCAL

Capacidad que tiene una sección o un elemento para deformarse inelásticamente y disipar energía a través de un comportamiento histerético, sin degradación importante de su resistencia.⁴

⁴ Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC)

2.4.2.1 AMORTIGUAMIENTOS EN ESTRUCTURAS

No es práctico determinar los coeficientes de la matriz de amortiguamiento directamente a partir de las dimensiones estructurales, los tamaños de los elementos estructurales y las propiedades de amortiguamiento de los materiales estructurales utilizados. Por lo tanto, el amortiguamiento suele especificarse mediante los valores numéricos de las fracciones de amortiguamiento modal; estos valores son suficientes para analizar los sistemas lineales con amortiguamiento clásico.

2.4.2.2 ESTIMACIÓN DE LAS FRACCIONES DE AMORTIGUAMIENTO MODAL

Para un edificio nuevo que se está diseñando es obvio que sus propiedades de amortiguamiento o de otro tipo no pueden medirse. Por lo tanto, las fracciones de amortiguamiento modal de una estructura deben estimarse a partir de los datos medidos en estructuras similares. Aunque los investigadores han acumulado un volumen considerable de datos valiosos, éstos deben usarse con discreción, porque algunos de ellos no son directamente aplicables a los análisis y diseños sísmicos.

Lo ideal sería disponer de datos sobre el amortiguamiento determinados a partir de movimientos sísmicos registrados en muchas estructuras de diversos tipos (edificios, puentes, presas, etc.) que utilicen diferentes materiales (acero, concreto reforzado, concreto pre esforzado, mampostería, madera, etc). Tales datos servirían de base para estimar las fracciones de amortiguamiento para una estructura existente cuya seguridad sísmica deba evaluarse o para una nueva estructura que se esté diseñando.

Para cada nivel de esfuerzo se da un intervalo de valores de amortiguamiento; los valores superiores de amortiguamiento se utilizan para las estructuras normales y los valores más bajos se emplean para las estructuras especiales que deben diseñarse de manera más conservadora.

Tabla N: 2 Valores de amortiguamientos recomendados

VALORES DE AMORTIGUAMIENTOS RECOMENDADOS		
Nivel de esfuerzo	Tipo de condición de la estructura	Fracción de amortiguamiento
Esfuerzo de trabajo, menor de aproximadamente la mitad del punto de cedencia	Acero con conexiones soldadas, concreto presforzado, concreto debidamente reforzado (sólo agrietamiento leve)	2-3
	Concreto reforzado con grietas considerables	3-5
	Acero con conexiones atornilladas o remachadas, estructuras de madera con uniones clavadas o atornilladas	5-7
En el punto de cedencia o justo debajo de éste	Acero con conexiones soldadas, concreto presforzado (sin pérdida completa en el presfuerzo)	5-7
	Concreto presforzado con pérdida total del presfuerzo	5-7
	Concreto reforzado	7-10
	Acero con conexiones atornilladas o remachadas, estructuras de madera con uniones atornilladas	10-15
	Estructuras de madera con uniones clavadas	15-20

Fuente: Anil K.Chopra- Dinámica de Estructuras

Además de la Tabla 2, los valores de amortiguamiento recomendados son del 3% para las estructuras de mampostería no reforzada y del 7% para las construcciones de mampostería reforzada. La mayoría de los códigos de construcción no reconocen la variación en el amortiguamiento respecto a los materiales estructurales y, por lo general, existe una fracción de amortiguamiento del 5% implícita en el espectro de diseño y en las fuerzas sísmicas especificadas en el código.

2.4.2.3 MATRIZ DE AMORTIGUAMIENTO

La matriz de amortiguamiento para estructuras prácticas no debe calcularse a partir de las dimensiones estructurales, de los tamaños de los elementos estructurales ni del amortiguamiento de los materiales estructurales utilizados.

La matriz de amortiguamiento para una estructura debe determinarse a partir de sus fracciones de amortiguamiento modal, que representan todos los mecanismos de disipación de energía. Las fracciones de amortiguamiento modal deben estimarse a partir de los datos disponibles sobre estructuras similares que han sufrido movimientos fuertes durante sismos pasados, pero que no se han deformado en el intervalo inelástico; a falta de estos datos se recomiendan los valores de la Tabla 2.

2.4.2.4 AMORTIGUAMIENTO DE RAYLEIGH

El amortiguamiento proporcional supone que pueden ser conocidas experimentalmente, mediante las adecuadas excitaciones modales, todas las relaciones de amortiguamiento, o bien partiendo de una matriz de amortiguamiento que verifique la condición de ortogonalidad. Esta matriz no puede ser fácilmente hallada ensamblando las matrices de amortiguamiento de los elementos finitos, como es el caso de las matrices de rigidez, debido a su carácter experimental. Para salvar la situación puede ser admitido el amortiguamiento de Rayleigh de la siguiente forma:

$$c = a_0 M + a_1 K \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde:

c = Coeficiente de amortiguamiento

M = Matriz masa

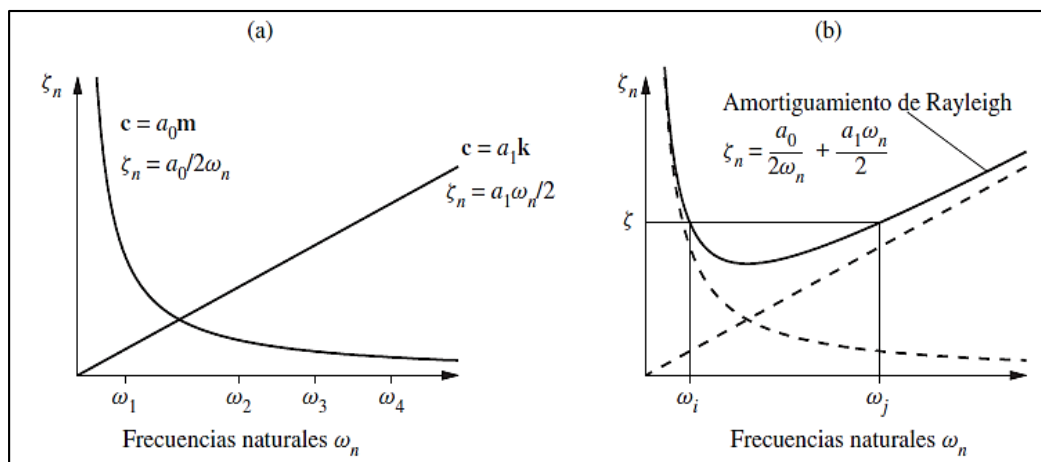
K = Matriz rigidez

a_0 y a_1 = Constantes

Que siempre cumple la condición de ortogonalidad, y en la que las constantes a_0 y a_1 denominados coeficientes de Rayleigh, las podemos determinar si son conocidas tan solo dos relaciones de amortiguamiento ξ_i y ξ_j reales que correspondan a dos frecuencias diferentes de vibración ω_i y ω_j .

En el Gráfico 7, se ve representado el amortiguamiento proporcional de Rayleigh como suma proporcional de masa y proporcional de rigidez.

Gráfico N: 7 Variación de las fracciones de amortiguamiento modal con la frecuencia natural.



(a) Amortiguamientos proporcionales a la masa y a la rigidez;

(b) Amortiguamiento de Rayleigh

Fuente: Anil K.Chopra- Dinámica de Estructuras

2.5 HIPÓTESIS

El análisis del amortiguamiento en el rango lineal por el método de Rayleigh permitirá calcular y diseñar estructuras estables.

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Amortiguamiento en base al método de Rayleigh utilizado en el análisis de una estructura.

2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Estabilidad de la estructura.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

El presente trabajo estará regido por el aspecto cuantitativo ya que se utilizarán datos numéricos los mismos que estarán destinados a la comprobación de la hipótesis mediante el estudio de los parámetros de amortiguamiento por el método de Rayleigh y su aplicación al diseño de estructuras.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

Debido al tema del proyecto se aplicará las siguientes investigaciones:

Investigación documental – bibliográfica.

El presente estudio pretende determinar una guía para determinar los amortiguamientos en base al Método de Rayleigh de un edificio de Hormigón armado para generar conocimiento y aplicación del mismo.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Los niveles de investigación que se utilizarán serán:

3.3.1 Explicativa:

Se explica la influencia del amortiguamiento en las estructuras y su incidencia en la estabilidad en un edificio de 5 pisos.

3.3.2 Asociación de variables:

El nivel de investigación de asociación de variables, realiza un análisis de correlación, sistema de variaciones, permite evaluar las variaciones de comportamiento de una variable en función de otra, medir la gravedad de relación entre variables. Amortiguamiento y estabilidad del edificio.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.4.1 POBLACIÓN

La selección de la muestra o posibles encuestados se realizará mediante un rango.

POBLACIÓN:

Estudiantes de décimo semestre de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

3.4.2 MUESTRA

La muestra se determina con la siguiente expresión:

$$n = \frac{N * \sigma^2 * Z}{(N-1) * E^2 + \sigma^2 * Z^2} \quad (\text{Ec. 2})$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra

N = 80 tamaño de la Población

$\sigma^2 = 0.25$ valor constante tomado 0.25 para la presente investigación.

Z = 1.65 valor obtenido con un 90% de confianza.

E = 9% Error muestral para la presente investigación

$$n = \frac{80 * 0.25^2 * 1.65^2}{(80 - 1) * 0.09^2 + 0.25^2 * 1.65^2}$$

n = 17 estudiantes

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

AMORTIGUAMIENTO EN BASE AL MÉTODO DE RAYLEIGH UTILIZADO EN EL ANÁLISIS DE UNA ESTRUCTURA

Tabla N: 3 Operacionalización de variables - Variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS /INSTRUMENTOS
<p>El proceso mediante el cual la amplitud de la vibración disminuye de manera constante se denomina amortiguamiento.</p> <p>El amortiguador viscoso equivalente tiene la intención de modelar la disipación de energía para amplitudes de deformación dentro del límite elástico lineal de toda la estructura.</p>	Fracción de amortiguamiento	Método de Rayleigh	¿Ha calculado en alguna estructura el amortiguamiento?	Encuesta Hoja de cálculos
	Matriz de amortiguamiento	Amortiguamientos proporcionales a la masa y a la rigidez.	¿Conoce el método de Rayleigh para el cálculo de amortiguamiento?	Hoja de cálculo.

Elaborado por: Verónica Constante

3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

ESTABILIDAD DEL EDIFICIO

Tabla N: 4 Operacionalización de variables - Variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS /INSTRUMENTOS
La estabilidad es una propiedad de la estructura de mantenerse en equilibrio sin presentar cambios bruscos, agrietamientos o daños estructurales.	Masa (inercia), Rigidez y Amortiguamiento	Modelo Dinámico	¿Sabe la influencia del amortiguamiento de una estructura para tener un diseño sismorresistente?	Encuesta Hoja de cálculos. Programa para diseño estructural.
	Comportamiento de la estructura	Vibraciones o choques	¿Conoce la incidencia del amortiguamiento en la estabilidad de un edificio?	Hoja de cálculos. Programa para diseño estructural
	Fuerzas sísmicas	Espectro de diseño	¿Conoce las principales fuentes de fenómenos vibratorios que pueden afectar las construcciones?	Encuesta

Elaborado por: Verónica Constante

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las encuestas para verificación de hipótesis acerca del presente trabajo de investigación “ANÁLISIS DEL AMORTIGUAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO EN BASE AL MÉTODO DE RAYLEIGH EN EL RANGO LINEAL Y SU INCIDENCIA EN LA ESTABILIDAD DE UN EDIFICIO” realizado a los estudiantes de los décimos años de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato se analiza mediante cuadros estadísticos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Carrera: Ingeniería Civil

Fuente: Encuesta

Respondieron: Estudiantes de Décimo Semestre

Pregunta N°1: ¿Conoce la incidencia del amortiguamiento en la estabilidad de un edificio?

OPCIONES	SI	NO
FRECUENCIA	6	11
PORCENTAJE	35%	65%

Gráfico N: 8 Incidencia del amortiguamiento



Elaborado por: Verónica Constante

ANÁLISIS

El 65% de los estudiantes encuestados no conoce la incidencia del amortiguamiento en la estabilidad de un edificio con respecto al 35% que si lo conoce.

INTERPRETACIÓN

El amortiguamiento disminuye el movimiento y causa la desaparición eventual de la oscilación del edificio.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Carrera: Ingeniería Civil

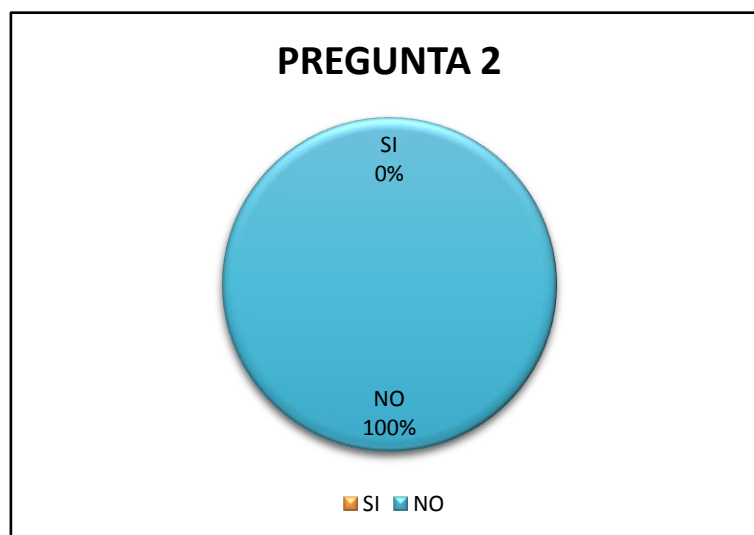
Fuente: Encuesta

Respondieron: Estudiantes de Décimo Semestre

Pregunta N°2: ¿Ha calculado en alguna estructura el amortiguamiento?

OPCIONES	SI	NO
FRECUENCIA	0	17
PORCENTAJE	0%	100%

Gráfico N: 9 Cálculo del amortiguamiento



Elaborado por: Verónica Constante

ANÁLISIS

El 100% de los estudiantes encuestados no ha calculado en alguna estructura el amortiguamiento.

INTERPRETACIÓN

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) 2015 impone trabajar con un amortiguamiento del 5%, sin tomar en cuenta la resistencia de los materiales utilizados.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Carrera: Ingeniería Civil

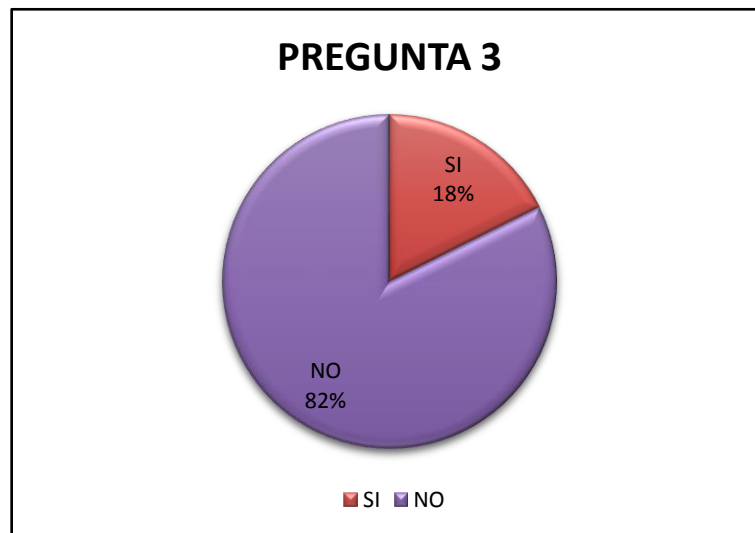
Fuente: Encuesta

Respondieron: Estudiantes de Décimo Semestre

Pregunta N°3: ¿Conoce el Método de Rayleigh para el cálculo de amortiguamiento?

OPCIONES	SI	NO
FRECUENCIA	3	14
PORCENTAJE	18%	82%

Gráfico N: 10 Método de Rayleigh



Elaborado por: Verónica Constante

ANÁLISIS

El 82% de los estudiantes encuestados no conoce el método de Rayleigh para el cálculo de amortiguamiento con respecto a un 18% de encuestados que si lo conoce.

INTERPRETACIÓN

La mayoría de los estudiantes de Décimo Semestre desconocen el método en estudio para el cálculo del amortiguamiento.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Carrera: Ingeniería Civil

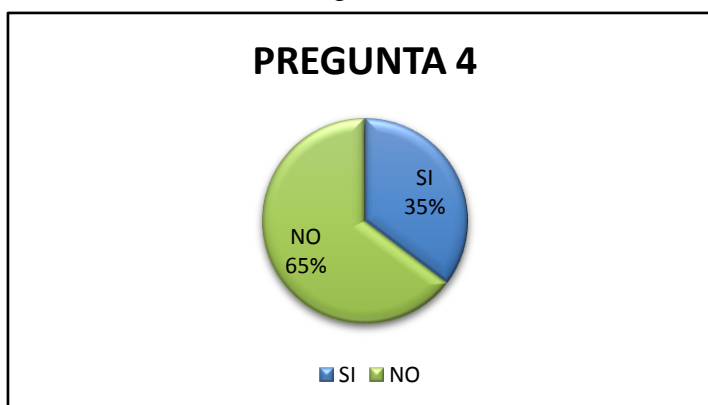
Fuente: Encuesta

Respondieron: Estudiantes de Décimo Semestre

Pregunta N°4: ¿Sabe la influencia del amortiguamiento de una estructura para tener un diseño sismorresistente?

OPCIONES	SI	NO
FRECUENCIA	6	11
PORCENTAJE	35%	65%

Gráfico N: 11 Amortiguamiento en el diseño sismorresistente



Elaborado por: Verónica Constante

ANÁLISIS

El 67% de los estudiantes encuestados sabe la influencia del amortiguamiento de una estructura para tener un diseño sismorresistente, con respecto al 33% de encuestados que no lo sabe.

INTERPRETACIÓN

El diseño sismo-resistente es cuando una edificación se construye con una configuración estructural adecuada, con dimensiones apropiadas y excelentes materiales de proporción y resistencia suficiente para soportar sismos frecuentes sin que ocurra daños; siendo el amortiguamiento el parámetro que actúa en el edificio para disminuir la vibración.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Carrera: Ingeniería Civil

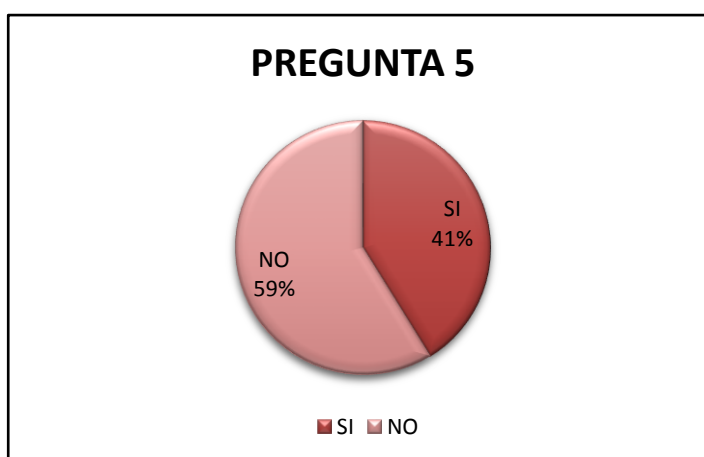
Fuente: Encuesta

Respondieron: Estudiantes de Décimo Semestre

Pregunta N°5: ¿Conoce las principales fuentes de fenómenos vibratorios que pueden afectar las construcciones?

OPCIONES	SI	NO
FRECUENCIA	7	10
PORCENTAJE	41%	59%

Gráfico N: 12 Fuentes de fenómenos vibratorios



Elaborado por: Verónica Constante

ANÁLISIS

El 59% de los estudiantes encuestados conoce las principales fuentes de fenómenos vibratorios que pueden afectar las construcciones, con respecto a un 41% de encuestados que no conoce.

INTERPRETACIÓN

El principal fenómeno vibratorio que puede afectar la estabilidad de una construcción es la acción de las fuerzas horizontales actuantes en las estructuras provocadas por las ondas sísmicas.

4.2 VERIFICACIÓN DE HIPOTESIS

Realizada la tabulación de datos de las encuestas dirigidas a los estudiantes de los décimos semestres de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, se analizó e interpretó cada una de las preguntas. De esta manera se pudo verificar la hipótesis que se planteó, la misma que expresa: “El análisis del amortiguamiento en el rango lineal por el método de Rayleigh permitirá calcular y diseñar estructuras estables.”

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La encuesta realizada a los estudiantes de los décimos semestres de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera Ingeniería Civil presenta en sus resultados poco conocimiento sobre el amortiguamiento en estructuras.
- Los estudiantes de los Décimos Semestres encuestados, en general muestran porcentajes altos de desconocimiento en sismos, diseño sismorresistente y amortiguamiento de las estructuras de hormigón armado.
- De los estudiantes encuestados, el 100% desconoce el procedimiento para el cálculo de amortiguamiento de una estructura.
- La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) 2015 trabaja para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, utilizado con fines de diseño para representar los efectos elásticos dinámicos del sismo de diseño.
- El método de Rayleigh es una idealización apropiada si los mecanismos de amortiguamiento que se distribuyen a lo largo de toda la estructura son similares.
- El sismo es el principal fenómeno vibratorio que afecta las construcciones civiles, aún si se diseña y construya una edificación cumpliendo con las normas de diseño y construcción sismorresistente, siempre existe la posibilidad de que se presente un

sismo más fuerte del previsto y que deben ser resistido por la edificación sin que colapse.

5.2 RECOMENDACIONES

- Impartir en las clases académicas de los estudiantes de los últimos semestres de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la carrera de Ingeniería Civil; la influencia del amortiguamiento de una estructura debido al material.
- Fortalecer los criterios fundamentales para el diseño sismorresistente de una edificación.
- Fomentar el interés investigativo en las Instituciones Superiores en ciertos temas para evitar colapsos de las obras civiles en caso de presentarse un sismo, ya que afecta a la población en general.
- Aplicar las normas y códigos de la construcción que estén vigentes para realizar un proyecto u obra civil, de esta manera garantizamos la estabilidad y vida útil de la misma.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

TÍTULO DE LA PROPUESTA

Amortiguamiento de una estructura de hormigón armado en base al Método de Rayleigh en el rango lineal de acuerdo a la resistencia de hormigón.

BENEFICIARIOS

Estudiantes y profesionales de la carrera de Ingeniería Civil, ya que el presente trabajo es un aporte investigativo para determinar la influencia del amortiguamientos en el cálculo de estructuras.

UBICACIÓN

Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato.

TIEMPO ESTIMADO PARA LA EJECUCIÓN

Inicio: Febrero

Fin: Agosto

EQUIPO TÉCNICO RESPONSABLE

Calculista: Verónica Liseth Constante Prócel

Director: Ing. Jorge Cevallos

RUBROS DE GASTO

Tabla N: 5 Cuadro de gastos

RUBRO DE GASTOS	V.TOTAL
Impresiones	100.00
Materiales básicos de oficina	30.00
Copias	30.00
Papel	30.00
TOTAL	190.00

Elaborado por: Verónica Constante

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Fuente: Identificación de las Propiedades Dinámicas del Edificio de Ingenierías de la Universidad Eafit mediante Pruebas de Vibración Ambiental

Autor: Yvonne Merino Peña

Tema: Estimación del amortiguamiento

Conclusión:

La práctica del diseño en ingeniería abarca numerosas teorías en constante estudio con el fin de elaborar modelos analíticos que se acerquen a una representación cada vez más real de lo que será la estructura una vez que sea materializada. Sin embargo, aún se siguen investigando los fenómenos físicos que ocurren en una estructura al someterse a una fuerza perturbadora; lo que representa la mayor preocupación en cuestión de análisis para los ingenieros en la actualidad. Si un sistema físico es perturbado sin abandonar su condición de estabilidad, es de esperarse que dicho sistema vuelva a su posición de reposo, pero no sin antes realizar varias oscilaciones que disipen la energía impresa en él, mediante fuerzas internas y amortiguamientos ofrecidos por las propiedades de sus materiales. El comportamiento de estas oscilaciones se conoce como la respuesta del sistema ante dicha perturbación.

Uno de los parámetros que contribuye a la descripción y predicción del comportamiento dinámico de un sistema físico corresponde al valor de amortiguamiento proporcionado por los materiales que lo componen. El amortiguamiento es el resultado de la disipación de energía cinética mediante múltiples mecanismos como la fricción que generan los movimientos relativos entre los componentes del sistema ó en forma de energía calorífica debida a ciclos repetidos de tensión elástica en los materiales. Bajo la hipótesis de que los componentes de la estructura son representativos de todo el sistema, el valor del amortiguamiento total se estima a partir de las propiedades de éstos elementos.

Fuente: Informativo Técnico-Científico ITC04-Amortecimiento/ATCP

Autor: Cossolino LC; Pereira AHA

Tema: Amortiguamiento: clasificación y métodos de determinación.

Conclusión:

El amortiguamiento o fricción interna es una de las propiedades más sensibles de materiales y estructuras, tanto a nivel macro como microscópico, siendo particularmente sensibles a las presencia de grietas y micro grietas. Es el fenómeno por el cual se disipa energía mecánica en un sistema: principalmente para la generación de calor y/o energía. La amortiguación determina la amplitud de la vibración en la resonancia y el tiempo de persistencia de la vibración después que culmina la excitación.

Además de la aplicación clásica en el estudio de los metales y la industria de la ingeniería; debido a la importancia de la amortiguación a la integridad estructural en el caso de los terremotos, la caracterización de la amortiguación también se está utilizando en el estudio del hormigón para la evaluación de daños y perjuicios. Por ejemplo, en caso de daños por choque térmico, stress mecánico inducido por el gradiente de temperatura hace que la nucleación y propagación de micro-grietas y fisuras que degradan las propiedades mecánicas del material

determinando en gran medida su vida útil. La nucleación y evolución de estas microgrietas y fisuras se puede controlar con la caracterización de la amortiguación, que aumenta debido a la fricción entre las paredes de estas grietas.

Fuente: Dinámica de Estructuras

Autor: Anil K Chopra.

Tema: Estimación de las fracciones de amortiguamiento modal

Conclusión:

Para evaluar la seguridad sísmica de una estructura existente, lo ideal sería determinar de manera experimental las propiedades importantes de la estructura, incluyendo su amortiguamiento, pero esto se hace muy pocas veces por situación económica y falta de tiempo. Para un edificio nuevo en proceso de diseño no es posible que se midan sus propiedades, por lo tanto, las fracciones de amortiguamiento modal de una estructura se debe estimar a partir de datos medidos en estructuras similares.

Sería de gran importancia tener información sobre amortiguamientos determinados a partir de movimientos sísmicos registrados en diferentes tipos estructuras como edificios, puentes, presas entre otras que utilicen diferentes materiales como el concreto reforzado, concreto preesforzado, acero, madera, etc. Estos datos serían de utilidad como una base para estimar fracciones de amortiguamiento para una estructura existente cuya seguridad sísmica deba evaluarse o para una nueva estructura nueva que esté diseñándose.

Los valores de amortiguamiento recomendados son del 3% para estructuras de mampostería no reforzada y del 7% para las construcciones de mampostería reforzada. La mayoría de las normas de construcción no reconocen la variación en el amortiguamiento respecto a los materiales estructurales, por ello existe una fracción de amortiguamiento del 5% implícita en el espectro de diseño y en las fuerzas sísmicas especificadas en el código.

Las fracciones de amortiguamiento recomendadas pueden utilizarse directamente para el análisis elástico lineal de las estructuras con amortiguamiento clásico.

6.3 JUSTIFICACIÓN

Una vez revisado el estudio del factor de amortiguamiento y su consideración en la dinámica de estructuras nace la inquietud de calcular el amortiguamiento real de la edificación. Cabe mencionar que los estudiantes de Ingeniería Civil encuestados no han calculado el amortiguamiento de una estructura, por esta razón esta investigación será un aporte técnico en la rama de estructuras, aplicando el Método de Rayleigh que nos permitirá conocer el nivel de importancia de este parámetro y la influencia en la estabilidad de un edificio de hormigón armado. De esta manera se podrá tomar decisiones pensando en este parámetro para mayor seguridad y estabilidad de las edificaciones que nos propongamos diseñar para beneficio de la sociedad.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar la influencia del amortiguamiento en una estructura de hormigón armado en base al Método de Rayleigh en el rango lineal de acuerdo a la resistencia de hormigón.

6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el tipo de amortiguamiento mediante el método de Rayleigh.
- Analizar el desempeño estructural de la edificación al variar la resistencia a compresión del hormigón.
- Conocer si es o no proporcional la resistencia a compresión del hormigón con la frecuencia de vibración de la estructura.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La propuesta es factible realizarla desde el punto de vista económico y técnico, se aplicará las especificaciones de diseño de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) 2015. La investigación será un aporte en la rama de estructuras, la misma que nos brindará información para el correcto análisis y diseño de una edificación sismorresistente. Todo Ingeniero Civil busca que sus diseños sean los óptimos, brindando un buen desempeño estructural y de esta manera dar mayor seguridad a las personas, evitando un colapso explosivo en las estructuras.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

El diseño y análisis de la estructura se realizará con las especificaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) 2015. En el capítulo Peligro Sísmico, no reconoce la variación en el amortiguamiento respecto al material estructural, existiendo una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, utilizado con fines de diseño para representar los efectos dinámicos del sismo de diseño. Por ello, el Método de Rayleigh propone calcular la forma como varia el valor de amortiguamiento según el material. En esta investigación se analizará con la resistencia del material estructural, hormigón armado. Se utilizará los códigos Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, (NEC-2015), ACI-318-08, UBC 97, FEMA, VISION 2000.

6.7 METODOLOGÍA

MODELO OPERATIVO

6.7.1 DATOS GENERALES PARA EL DISEÑO

Códigos a utilizarse:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, NEC-2015
- ACI-318-08
- UBC 97

- FEMA
- VISION 2000

Propiedades del hormigón y acero para el diseño del edificio.

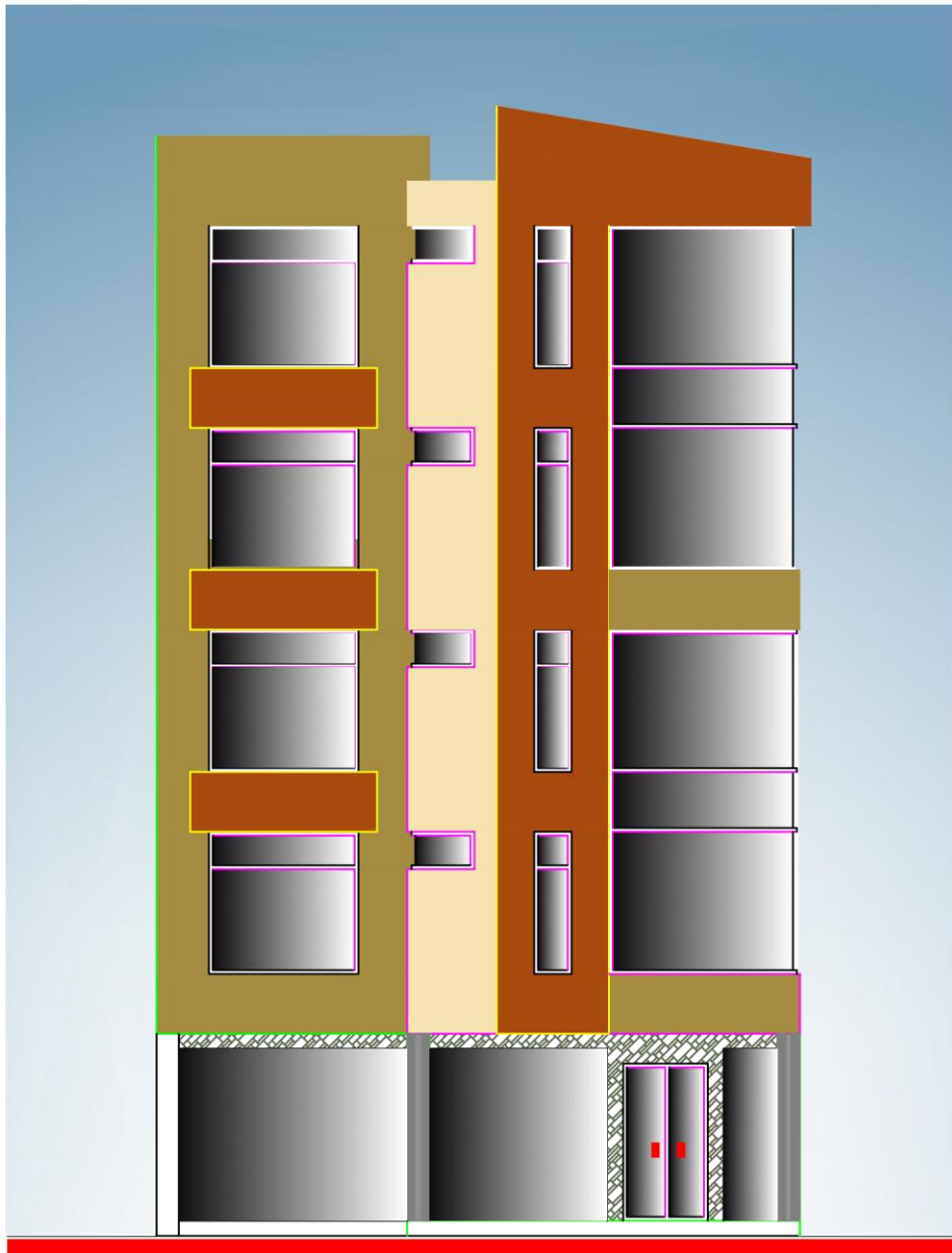
Tabla N: 6 Propiedades de los elementos

Elemento	Simbología	Valor
Esfuerzo a la compresión del concreto a los 28 días de edad. (<i>Valor inicial de cálculo</i>)	$f'c$	240Kg/cm ²
Esfuerzo de fluencia del acero	f_y	4200Kg/cm ²
Peso Específico del Hormigón	γ_h	2400 Kg/m ³
Módulo de Poisson del Hormigón		0.20
Módulo de Poisson del Acero		0.30
Módulo de Elasticidad del Acero	E_s	200 000 Mpa 2 000 000 Kg/cm ²
Módulo de elasticidad del concreto $E_c = 15100 * \sqrt{f'c} \text{ en } \frac{kg}{cm^2}$	E_c	233928.1941 Kg/cm ²

Elaborado por: Verónica Constante

El edificio es de 5 pisos, de frente presenta 8.75 m, de largo 19.80 m y de alto 13.70m. El Gráfico 13, indica la fachada frontal. El uso de la edificación es un local comercial y departamento en la primera planta, Gráfico 14. El segundo, tercero y cuarto será Residencial, cada piso tiene dos departamentos, Gráfico 15 y Gráfico 16. El quinto piso es salón de uso múltiple, Gráfico 17. La terraza es inaccesible con abertura para domo y ducto de ventilación, Gráfico 18.

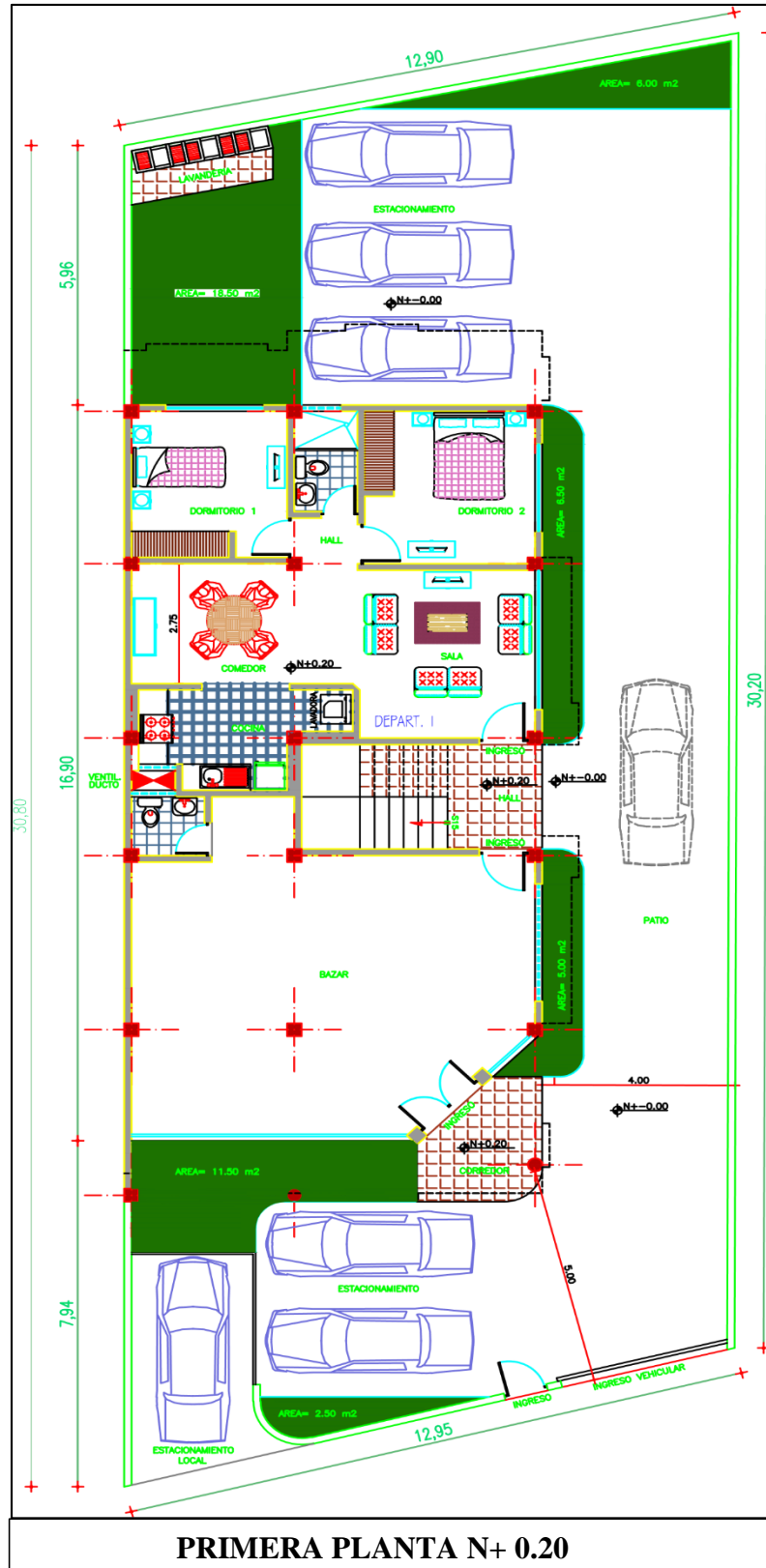
Gráfico N: 13 Fachada frontal del edificio



ELEVACIÓN FRONTAL

Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 14 Primera planta



Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 15 Segunda y cuarta planta

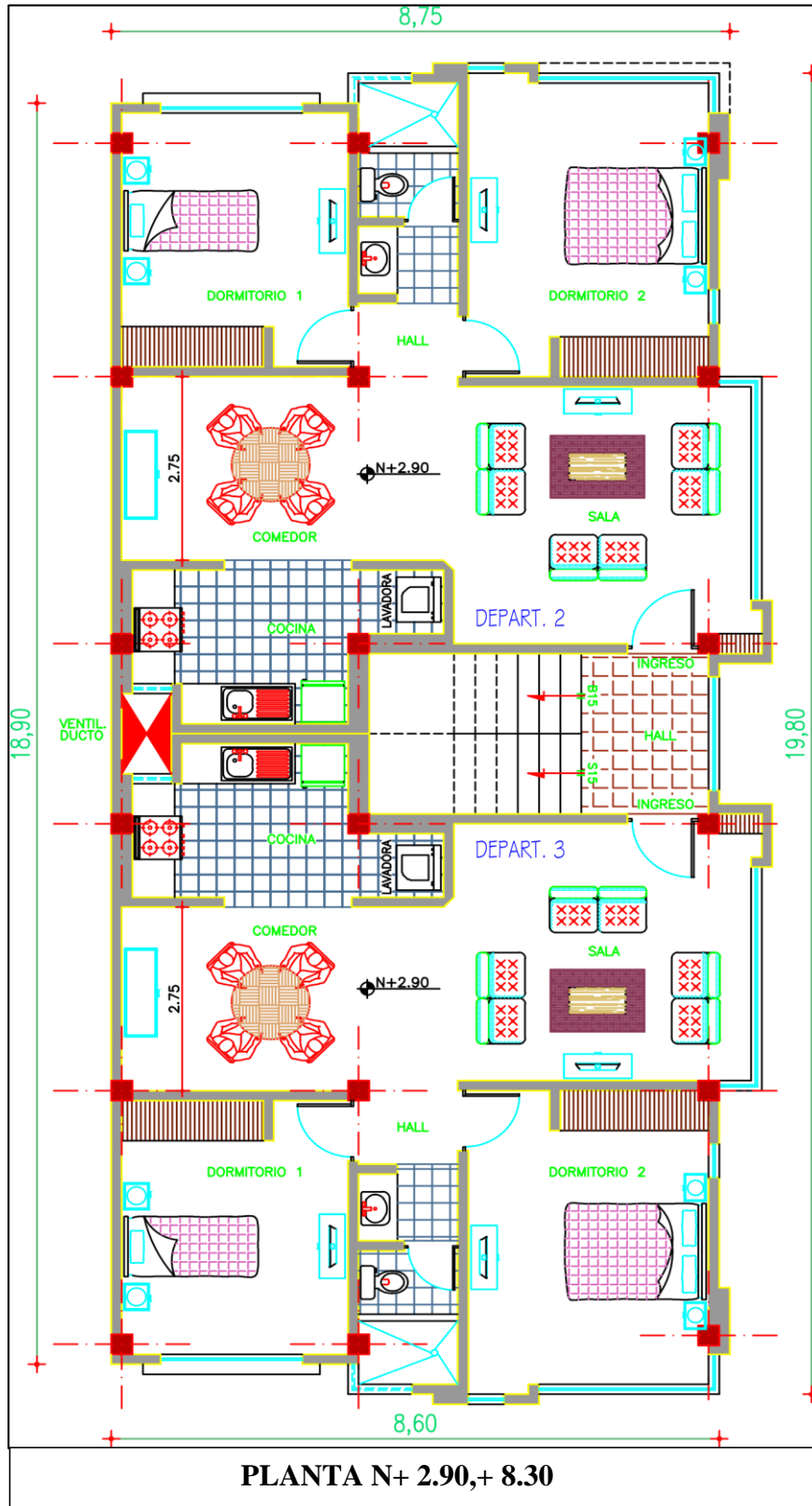
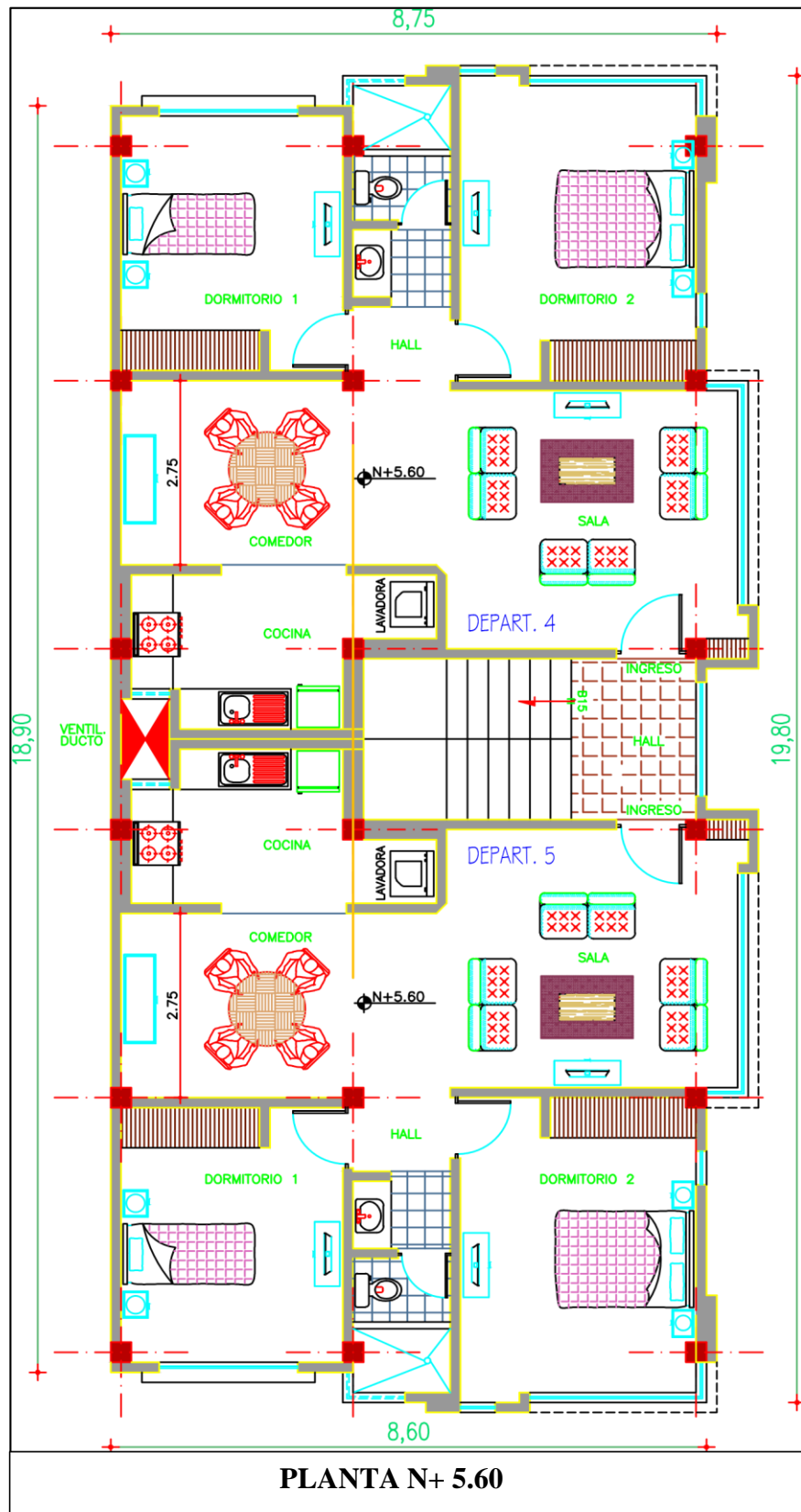
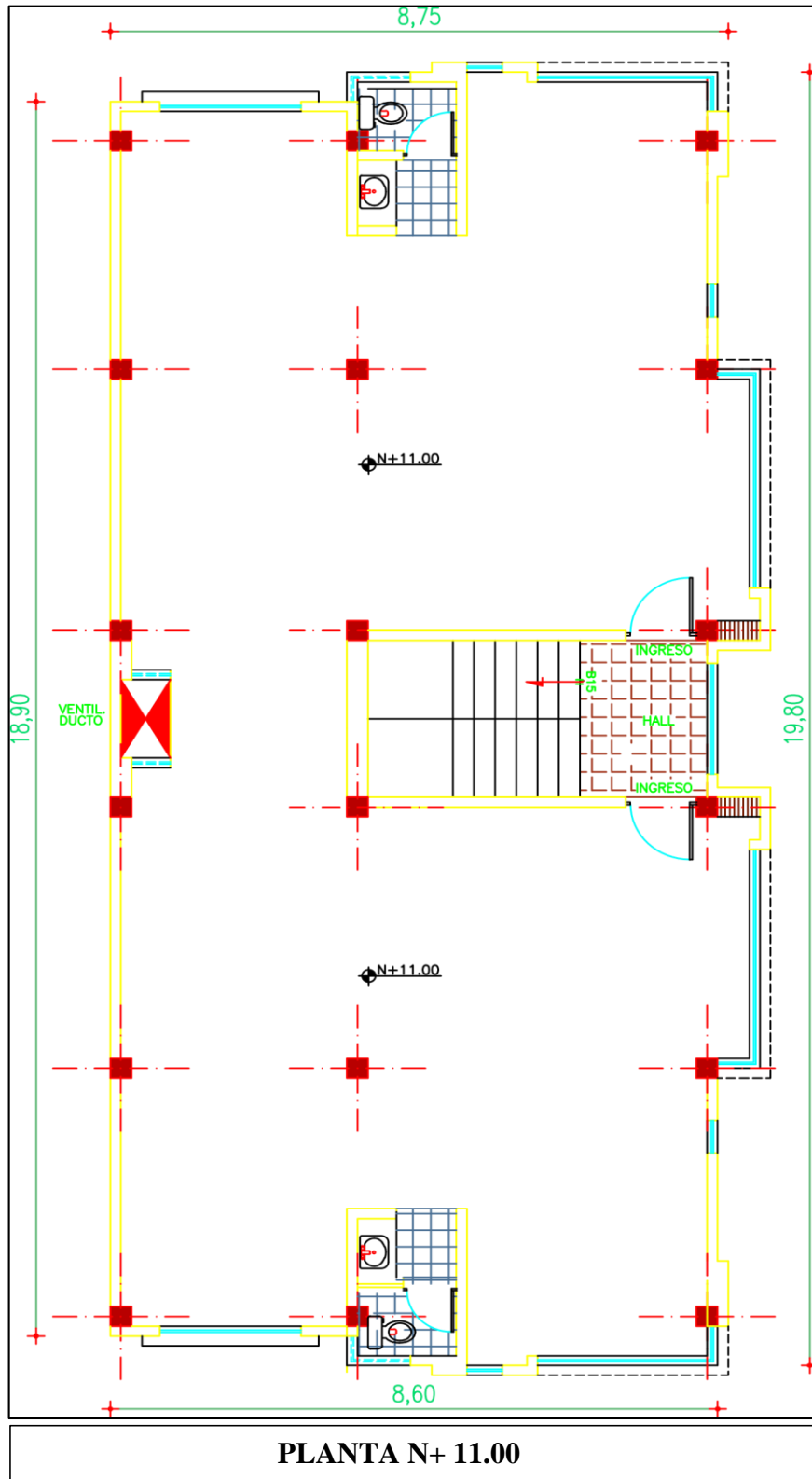


Gráfico N: 16 Tercera planta



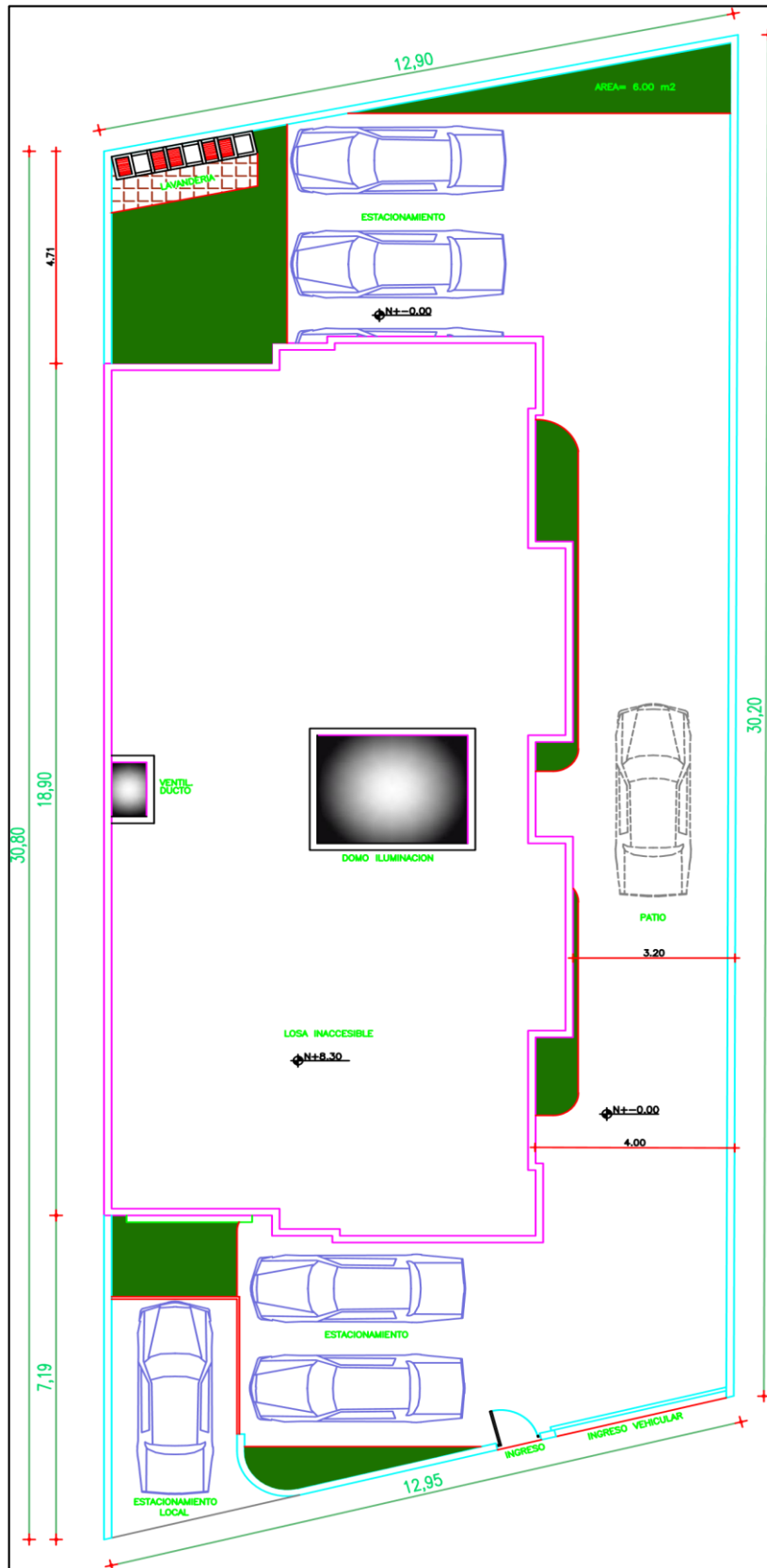
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 17 Quinta planta



Elaborado por: Verónica Constante

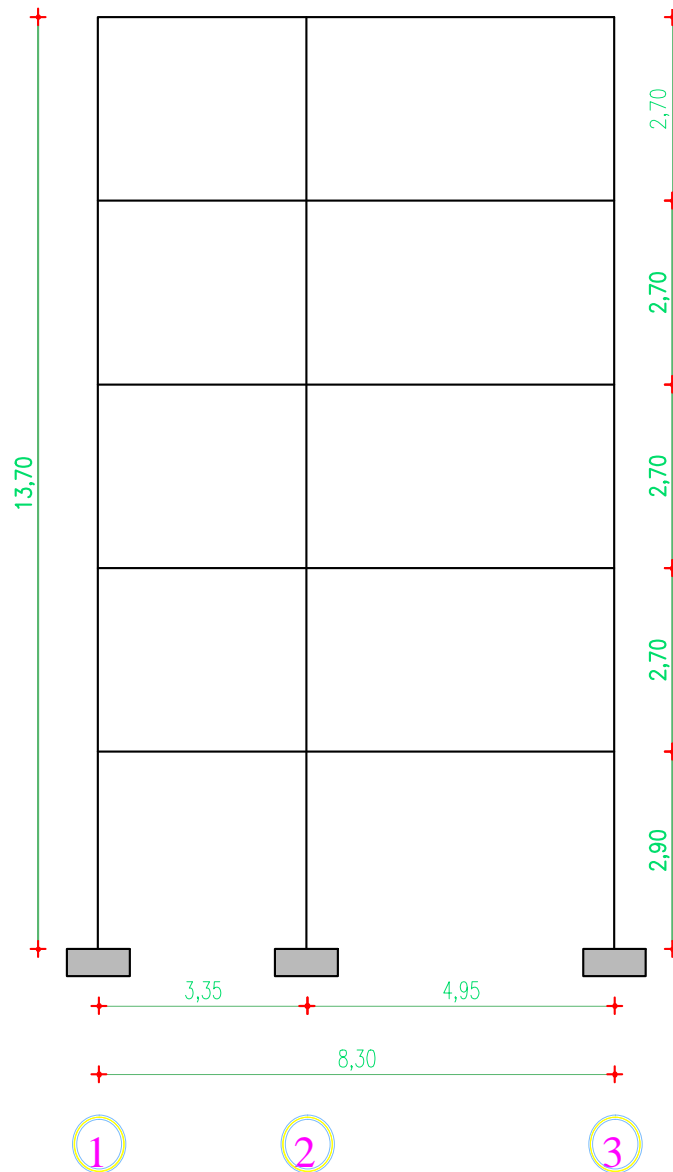
Gráfico N: 18 Terraza



Elaborado por: Verónica Constante

El pórtico en estudio en sentido “X”, presenta tres ejes. El primer vano de 3,35m y el segundo vano de 4,95m. Los niveles son de 2,70m de altura a excepción del primer piso de 2,90m.

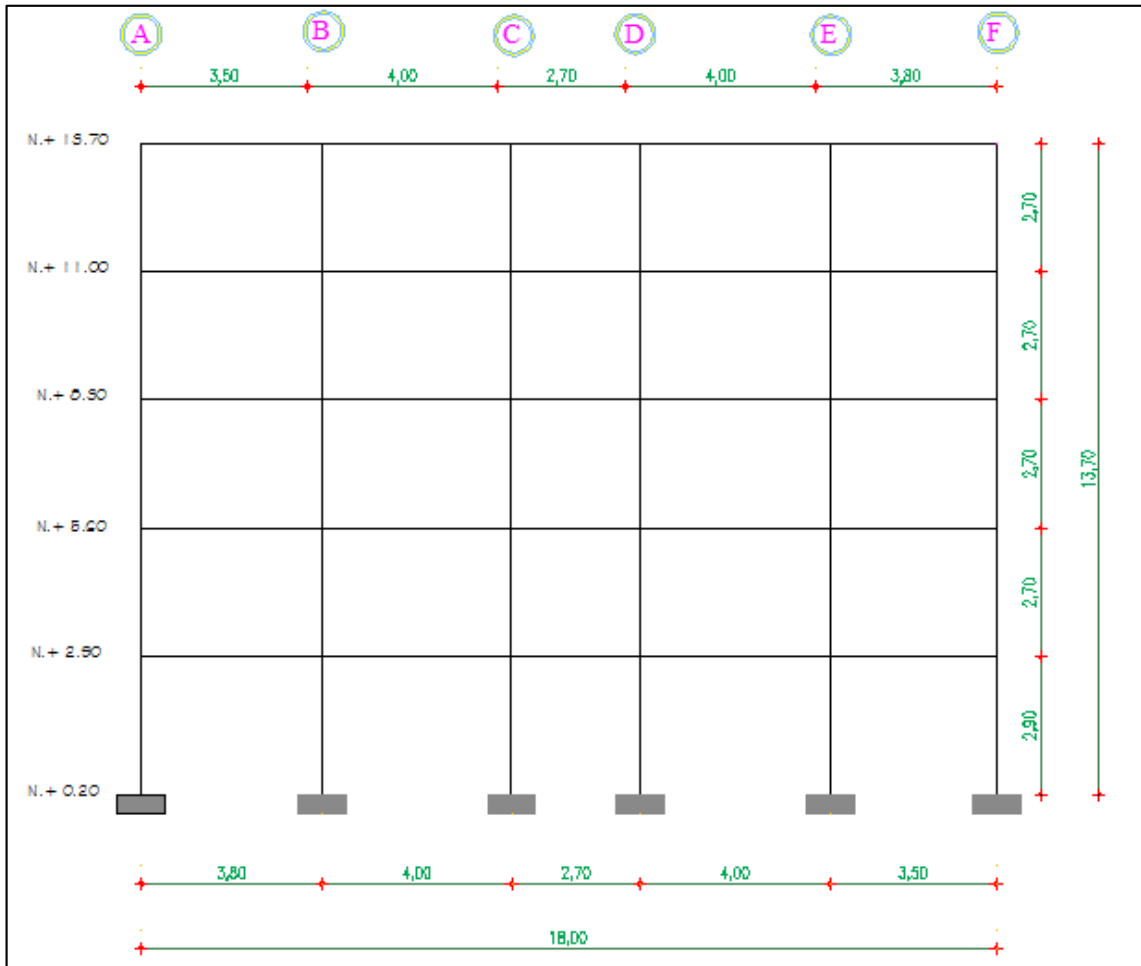
Gráfico N: 19 Pórtico eje “X”



Elaborado por: Verónica Constante

El pórtico en sentido “Y”, con seis ejes numeradas por literales de A a F. La longitud del primer eje A al último eje F es de 18.00 m.

Gráfico N: 20 Pórtico sentido “Y”



Elaborado por: Verónica Constante

6.7.2 PREDISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Para el cálculo estructural del edificio en estudio realizamos primero un pre-dimensionamiento de los elementos estructurales como son losas, vigas y columnas.

PREDISEÑO DE LOSAS

Las especificaciones para el diseño de losas a seguir son el código ACI-318-08, capítulo 9 (Requisitos de Resistencia y Funcionamiento), numeral 9.5.3.3 que nos indica lo siguiente:

El espesor mínimo h para losas con vigas que se extienden entre los apoyos a todos los lados debe ser:

- Para α_{fm} igual o menor que 0.2, se aplican las disposiciones de la 9.5.3.2
- Para α_{fm} mayor que 0.2 pero no mayor que 2.0, h no debe ser menor que:

$$h = \frac{l_n \left(0.8 + \frac{f_y}{14000} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)} \quad (\text{Ec. 3})$$

Pero no menor de 125 mm. (12.5 cm)

- Para α_{fm} mayor que 2.0, h no debe ser menor que:

$$h = \frac{l_n \left(0.8 + \frac{f_y}{14000} \right)}{36 + 9\beta} \quad (\text{Ec. 4})$$

Y no menor de 90 mm. (9cm)

Dónde:

α_{fm} = valor promedio de α_f para todas las vigas en los bordes de un panel.

α_f = relación de rigidez a flexión de una sección de viga y la rigidez a la flexión de una franja de losa limitada lateralmente por los ejes centrales de los paneles adyacentes (si los hay) a cada lado de la viga.

l_n = Luz libre en la dirección más larga medida de eje a eje de los apoyos.

β = Relación de la luz libre en la dirección larga a la luz libre de la dirección corta de la losa.

Analizando los parámetros anteriores, se descarta la opción a. ya que se refiere a losas planas. Este tipo de losas no es adecuado para zonas de alto riesgo como las existentes en el Ecuador. Para este caso se diseñará losa nervada.

Se descarta la opción b. ya que se trata de un prediseño y no contamos aún con secciones, por tal razón se escogió la opción c. para el prediseño de losa.

Para aplicar la Ecuación 4, necesitamos la longitud más larga l_n , la relación de la luz libre β y el esfuerzo de fluencia del acero f_y .

$$\beta = \frac{\text{long larga}}{\text{long corta}} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$\beta = \frac{495\text{cm}}{400\text{cm}} = 1.237$$

$$B < 2 \rightarrow \text{Losa Bidireccional}$$

f_y = esfuerzo de fluencia del acero 4200 kg/cm².

$$h = \frac{495 \left(0.8 + \frac{4200}{14000} \right)}{36 + 9(1.24)} \geq 9\text{cm}$$

$$h = 11.55\text{cm}$$

$$h_{\text{asumido}} = 15\text{cm}$$

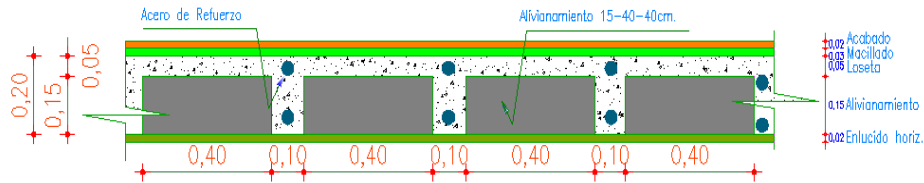
Se realiza un ajuste de la losa a valores comerciales siendo el peralte de losa asumido (h_{asumido}) igual a 20 cm y este valor será el mismo para cada nivel del edificio.

ESPECIFICACIONES PARA LOSA

El tipo de losa que se aplicará es losa nervada, la cual consiste en una combinación monolítica de viguetas regularmente espaciadas y una losa colocada en la parte superior que actúa en dos direcciones ortogonales.

Las nervaduras deben tener un ancho no menor que 10cm y su altura no mayor de 3.5 veces su ancho mínimo y el espesor de la losa de concreto sobre alivianamientos permanentes no debe ser menor que 40 mm, ni menor que 1/12 de la distancia libre entre viguetas; según lo indica el código ACI 318-08, Sección 8.13.

Gráfico N: 21 Corte de losa

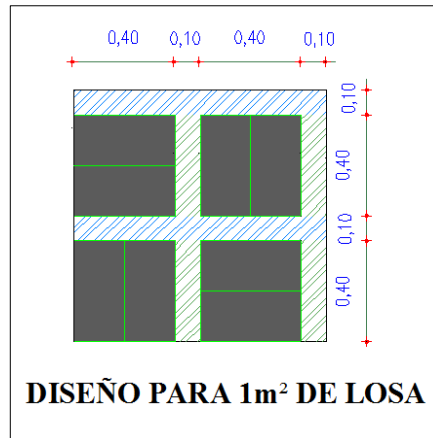


DETALLE DE LOSA

Elaborado por: Verónica Constante

El peso propio de la losa se diseña para 1m².

Gráfico N: 22 Un metro cuadrado (1m²) de losa



Elaborado por: Verónica Constante

CUANTIFICACIÓN DE CARGAS

La cuantificación de cargas es la suma de los pesos de los materiales con los que se construye la losa.

Tabla N: 7 Cuantificación de cargas

	P. LOSETA	P. NERVIOS	P. ALIVIAN.	P. MACILLAD.	P. ENLUCIDO HORZ.	P. ACABADO	TOTAL
Ancho (m)	1.0	0.1		1.0	1.0	1.0	
Long. (m)	1.0	3.60		1.0	1.0	1.0	
Espesor (m)	0.05	0.1		0.03	0.02	0.02	
Peso específico (kg/m ³)	2400	2400	8kg/u	1900	1900	1600	
Cantidad			8				
	120	86.4	64	57	38	32	397.40 Kg/m ²

Peso propio de losa = 397.40 Kg/m².

Elaborado por: Verónica Constante

CARGA VIVA

La sobrecarga depende del uso que se le dé a la edificación y está conformada por los pesos máximos que se espera ocurran por la ocupación del edificio, sea ésta por personas, muebles, accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras.

La carga viva según NEC 2015- SE-CG. Tabla 9, Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, L_0 y concentradas P_0 .

Tabla N: 8 Sobrecargas mínimas

OCUPACIÓN	PISO	CARGA VIVA kg/m ²
Residencias-Viviendas.	1-2-3	200
Salón de uso público	4	480
Cubierta plana	5	70

Fuente: NEC 2015 SE-CG

CARGA DE PARED

En base al plano arquitectónico se puede determinar el peso de paredes del edificio.

Tabla N: 9 Peso paredes

Pared	Peso Kg c/m
Completa	600
Fachada	217.50
Baño	487.5

Elaborado por: Verónica Constante

La relación entre la longitud de la pared y el peso de la pared con el área del tablero nos da como resultado el ΔP (Peso de pared para el tablero).

$$\Delta P = \frac{\text{Long de pared} * \text{peso pared}}{\text{area tablero}} \quad (\text{Ec. 6})$$

Tabla N: 10 Peso de pared para el tablero

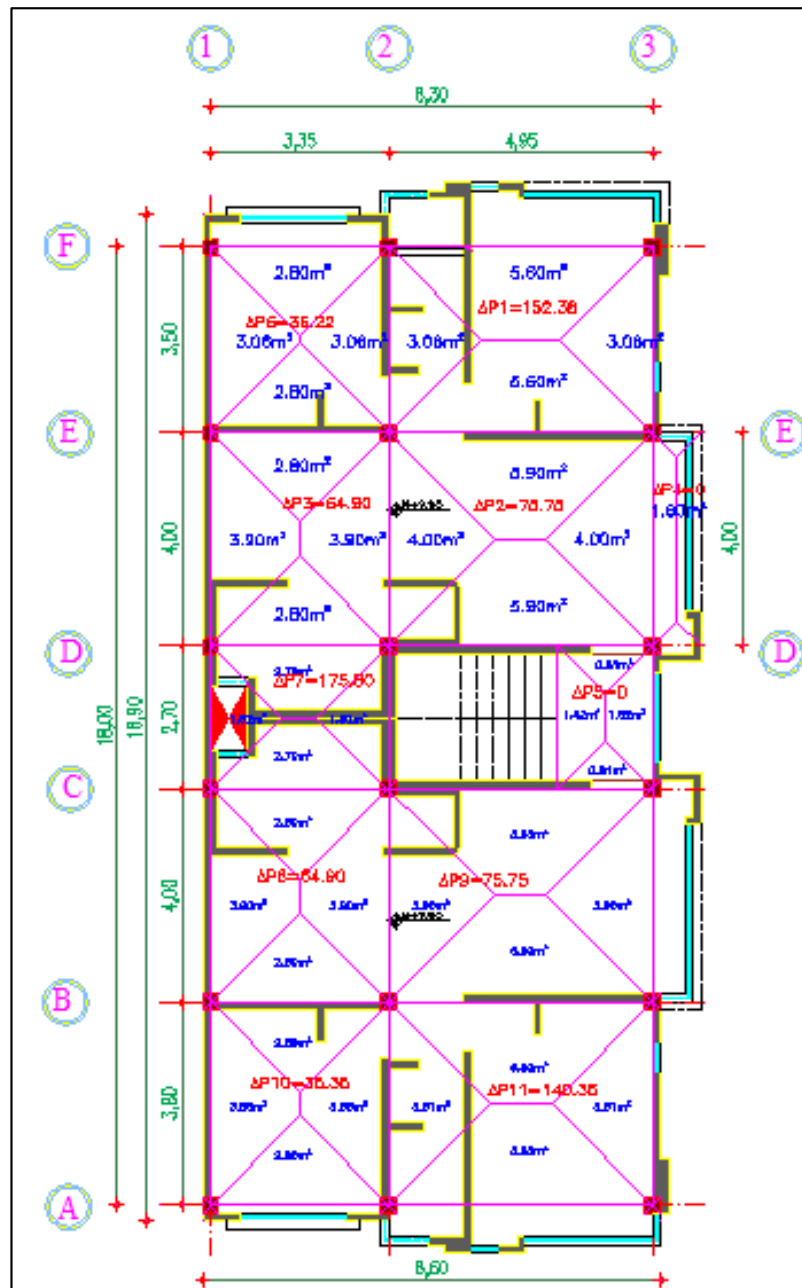
Tablero	ΔP (Kg/m²)
1	152.38
2	75.75
3	69.40
4	0
5	0
6	36.22
7	175.80
8	69.40
9	75.75
10	35.35
11	140.35

Elaborado por: Verónica Constante

PREDISEÑO DE VIGAS

En la planta general del edificio indicamos el mosaico de cargas, donde las cargas que recibe cada viga es el área tributaria de la misma.

Gráfico N: 23 Mosaico de cargas



Elaborado por: Verónica Constante

De acuerdo al mosaico de cargas se toma el tablero con condición más crítica por su dimensión y mayor peso, para el cálculo del prediseño de secciones estructurales dando como resultado los valores para las vigas en la siguiente tabla.

Tabla N: 11 Secciones asumidas para vigas

EJE	PISO 1-2-3	PISO 4	PISO 5
A-B-C-D-E-F	30x30 cm	30x40 cm	30x30 cm
1-2-3	25x25 cm	25x30 cm	25x25 cm

Elaborado por: Verónica Constante

PREDISEÑO DE COLUMNAS

La carga total para el prediseño de columnas resulta de la adición de la carga muerta total, peso propio de las vigas, peso propio de las columnas más la carga viva. La carga total se multiplica por el área cooperante y por el número de pisos.

El código nos presenta la siguiente ecuación para encontrar la resistencia axial de diseño ϕP_n la sección de la columna, de la cual obtenemos la sección de la columna.

- Para elementos no pre esforzados con estribos (ACI 318-08;10.3.6.2)

$$\phi P_n = 0.85 \phi [0.85 F'c * (A_g - A_{st}) + F_y * A_{st}] \quad (\text{Ec. 7})$$

Dónde:

$$\phi P_n = P_u$$

P_n = Resistencia axial nominal de la sección transversal

ϕ = Factor de reducción de resistencia

P_u = Resistencia última

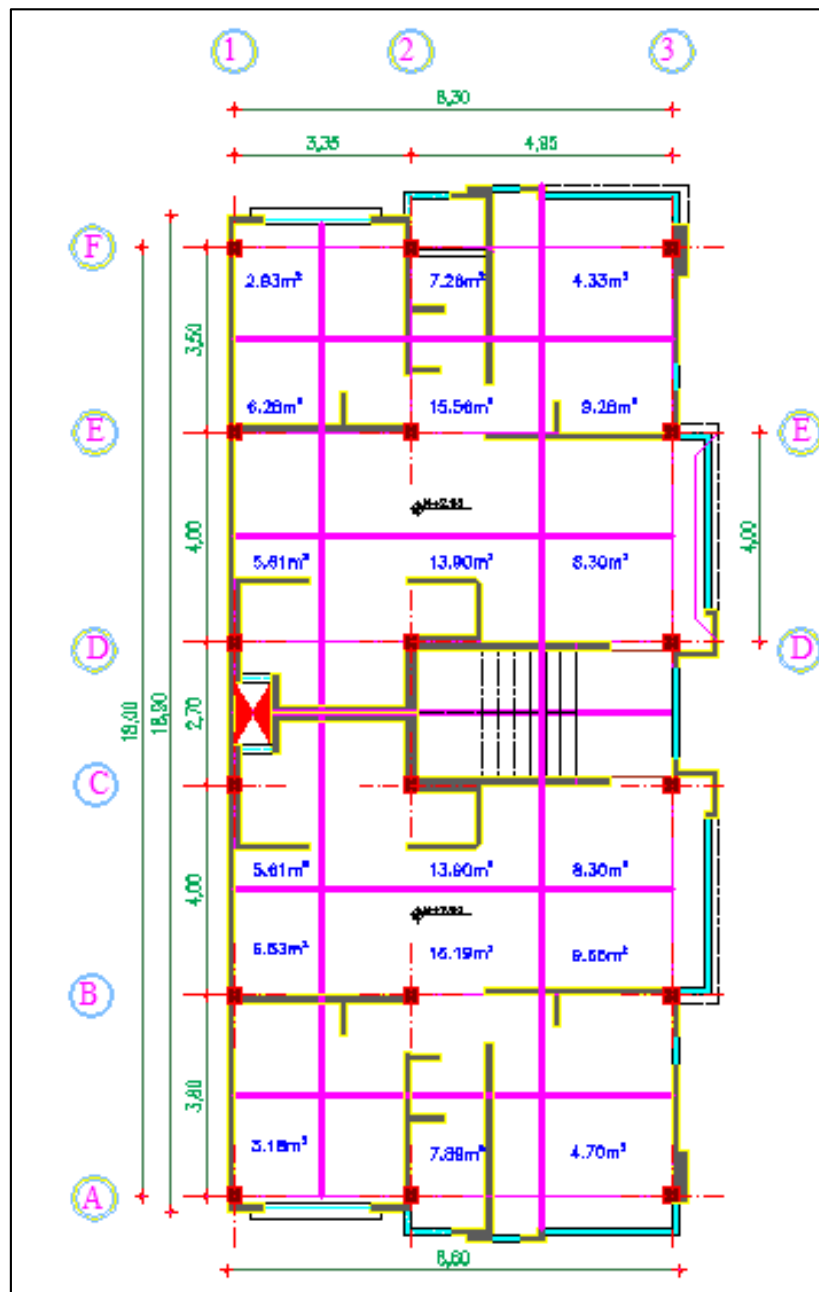
$F'c$ = Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de edad.

F_y = Resistencia a la fluencia del acero

A_g = área bruta de la sección del concreto

A_{st} = Área total del refuerzo longitudinal no pre esforzado.

Gráfico N: 24 Áreas cooperantes para prediseño de las columnas



Elaborado por: Verónica Constante

La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 300 mm (ACI 318-08; 21.6.1.1)

Una vez realizados los respectivos cálculos nos da como resultado la sección de columna de 35x35 cm.

6.7.3 CALCULO DEL COEFICIENTE BASAL DE DISEÑO

El cálculo será en base a la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC 2015-SE-DS), en el CAPÍTULO 6, sección 6.3.2; el cortante basal total de diseño se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$V = \frac{I S_a (T_a)}{R \phi_p \phi_E} W \quad (\text{Ec. 8})$$

Dónde:

$S_a(T_a)$ = Espectro de diseño en aceleración

I = Coeficiente de importancia

R = Factor de reducción de resistencia sísmica

W = Carga sísmica reactiva

V = Cortante basal total de diseño

T_a = Período de vibración

CATEGORÍA DE EDIFICIO Y COEFICIENTE DE IMPORTANCIA (I)

La Tabla 12, nos indica el coeficiente de importancia “I” según la categoría de edificación. El coeficiente incrementa la demanda sísmica de diseño en las estructuras, que por su importancia de uso no deben sufrir mayores daños durante o después del sismo de diseño. En este caso el coeficiente I, es 1.0

Tabla N: 12 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Fuente: NEC 2015- SE-DS Tabla 6

FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA SÍSMICA (R)

El factor R depende del tipo de estructura como señala la Tabla 13, permite la reducción de fuerzas sísmicas de diseño siempre que las estructuras se diseñen con adecuada ductilidad y el daño presente rótulas plásticas en vigas.

Tabla N: 13 Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles

SISTEMAS ESTRUCTURALES DÚCTILES	R
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente	8

Fuente: NEC 2015- SE-DS Tabla 15

TIPO DE PERFIL DE SUELO PARA EL DISEÑO SÍSMICO

La NEC 2015-SE-DS define seis tipos de perfil de suelo. Se señala en la Tabla 14 el perfil escogido.

Tabla N: 14 Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{KPa} > S_u \geq 50$ KPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total de H mayor de 3m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ KPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista.	

Fuente: NEC 2015- SE-DS Tabla 2

ZONIFICACIÓN SISMICA Y FACTOR DE ZONA (Z)

El Ecuador presenta seis zonas sísmicas, siendo uno de los países con amenaza sísmica alta a excepción del Nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y el litoral ecuatoriano una amenaza sísmica muy alta.

El lugar donde se construirá la estructura es en Ambato en la Provincia de Tungurahua. La zona sísmica y factor Z en estudio se presenta en la Tabla 15 y Tabla 16 respectivamente.

Tabla N: 15 Población ecuatoriana y valor factor Z

Población	Parroquia	Cantón	Provincia	Z
Ambato	Ambato	Ambato	Tungurahua	0.40

Fuente: NEC 2015- SE-DS Tabla 19

Tabla N: 16 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

ZONA SISMICA	I	II	III	IV	V	VI
VALOR FACTOR Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0,50
CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: NEC 2015- SE-DS Tabla 1

COEFICIENTES DE PERFIL DE SUELO Fa, Fd y Fs.

Los coeficientes Fa, Fd y Fs se escogen según el tipo de suelo y el factor Z como lo indica en la Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 19.

Tabla N: 17 Coeficiente de amplificación de suelo en zona de periodo corto Fa

TIPO DE PERFIL DEL SUBSUELO	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥0,50
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85

Fuente: NEC 2015- SE-DS Tabla 3

Tabla N: 18 Amplificación de las ordenadas del espectro elástico Fd

TIPO DE PERFIL DEL SUBSUELO	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥0,50
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.70	1.65	1.6	1.5

Fuente: NEC 2015- SE-DS Tabla 4

Tabla N: 19 Comportamiento no lineal de los suelos Fs

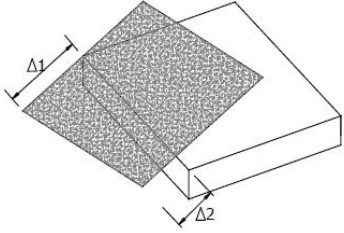
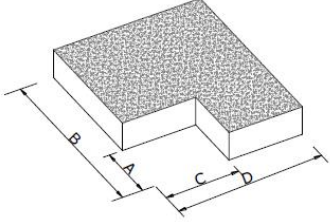
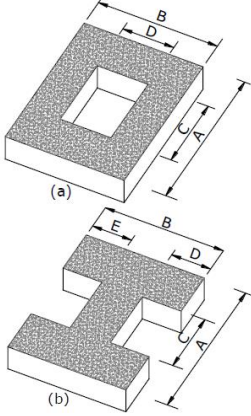
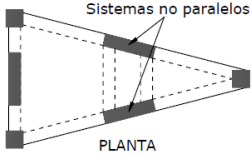
TIPO DE PERFIL DEL SUBSUELO	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	$\geq 0,50$
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Fuente: NEC 2015- SE-DS Tabla 5

COEFICIENTE DE IRREGULARIDAD EN PLANTA (ϕ_P)

Si la estructura presenta irregularidad en planta, puede ser esta torsional, retrocesos excesivos en las esquinas, discontinuidad en el sistema de piso o cuando los ejes torsionales no son paralelos se penaliza con un factor de 0.9. Si la edificación no presenta tales irregularidades su factor es 1.0.

Tabla N: 20 Coeficientes de irregularidad en planta

<p>Tipo 1- Irregularidad torsional $\phi_{Pi} = 0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{\Delta 1 + \Delta 2}{2}$ Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces de la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 – Retroceso excesivos en las esquinas $\phi_{Pi} = 0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$ La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 – Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_{Pi} = 0.9$ a) $CxD > 0.5 Ax B$ b) $[CxD + CxE] > 0.5 Ax B$ La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema del piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 – Ejes estructurales no paralelos $\phi_{Pi} = 0.9$ La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

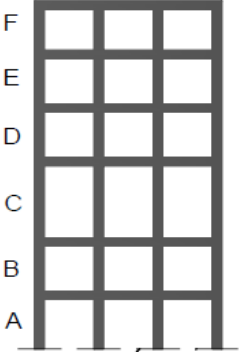
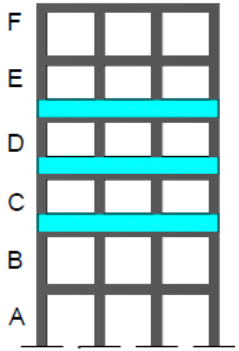
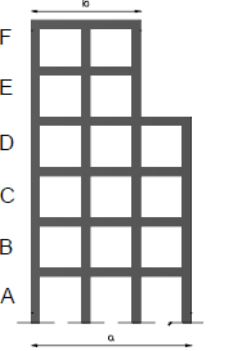
Fuente: NEC 2015- SE-DS Tabla 13

El edificio en estudio no presenta irregularidad en planta por lo tanto su coeficiente es, $\phi_p = 1.0$

COEFICIENTE DE IRREGULARIDAD EN ELEVACIÓN (ϕ_E)

La estructura al presentar piso flexible, distribución de masa diferente por piso o irregularidad geométrica se considera un factor de 0.9.

Tabla N: 21 Coeficientes de irregularidad en elevación

<p>Tipo 1- Piso flexible $\phi_{Ei} = 0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_D</p> <p>Rigidez $< 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80% del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 – Distribución de masa $\phi_{Ei} = 0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ ó $m_D > 1.50 m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 – Irregularidad geométrica $\phi_{Ei} = 0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: NEC 2015- SE-DS Tabla 14

El edificio en estudio no presenta irregularidad en elevación por lo tanto su coeficiente es $\phi_E = 1.0$

PERIODO DE VIBRACIÓN T_a

$$T_a = C_t h n^\alpha \quad (\text{Ec. 9})$$

$$T_a = 0.055 * 13.70^{0.9}$$

$$T_a = 0.579 \text{ seg}$$

Dónde:

$C_t = 0.055$, $\alpha = 0.9$; Coeficiente que depende del tipo de edificio – Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras (NEC 2015 SE-DS, Sección 6.3.3)

$h n = 13.70 \text{ m}$ = Altura máxima del edificio de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

PERIODO LIMITE DE VIBRACIÓN T_c

Para calcular el periodo límite de vibración la NEC 2013 SE-DS, Sección 3.3.1 nos presenta la siguiente ecuación.

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$T_c = 0.55 * 1.28 \frac{1.19}{1.20}$$

$$T_c = 0.698$$

Dónde:

T_c = Es el período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

F_a = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

F_d = Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

F_s = Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos

El espectro de respuesta depende del período o modo de vibración de la estructura, para ello se presentan 2 ecuaciones:

$$S_a = \eta Z F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_c \quad (\text{Ec. 11})$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \text{ para } T > T_c \quad (\text{Ec. 12})$$

Dónde:

S_a =Espectro de respuesta elástico de aceleraciones.

Z = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño.

F_a = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

T = Período fundamental de vibración de la estructura.

T_c = Es el período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$r = 1$ = Factor usado en el espectro de diseño elástico (Sección 3.3.1)

$\eta = 2.48$ Ambato; Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos (Sección 3.3.1).
Relación de amplificación espectral.

Debido a que $T_c > T$, reemplazamos valores en la Ecuación 11.

$$S_a = 2.48 * 0.40 * 1.2$$

$$S_a = 1.1904$$

COEFICIENTE BASAL DE DISEÑO

Una vez obtenidos los valores necesarios, reemplazamos en la Ecuación 8.

$$V = \frac{1.0 * 1.1904}{8 * 1.0 * 1.0} W$$

$$V = 0.1488 W$$

CARGA SÍSMICA REACTIVA (W)

La carga sísmica reactiva es la que representa la carga reactiva de sismo, para los siguientes casos se usará las siguientes cargas W, de acuerdo a la NEC 2015 SE-DS, Sección 6.1.7.

Tabla N: 22 Carga sísmica reactiva W. Caso general

CASO GENERAL
W=D
W=carga sísmica reactiva D=carga muerta total de la estructura.

Fuente: NEC 2015- SE-DS, Sección 6.3.5

Tabla N: 23 Carga sísmica reactiva W. Casos especiales

Casos especiales: bodegas y almacenaje
W=D+0.25L_i
W= Carga sísmica reactiva D= Carga muerta total de la estructura. L _i = Carga viva del piso i

Fuente: NEC 2015- SE-DS, Sección 6.3.5

COEFICIENTE DE EXPANSIÓN (K)

El coeficiente de expansión k relacionado con el periodo de vibración de la estructura T nos presenta la NEC 2015 SE-DS, Sección 6.3.5.

Si: T=T_c=0.698

Tabla N: 24 Coeficiente de expansión K

Valores de T (s)	k
≤ 0.5	1
$0.5 < T \leq 2.5$	$0.75+0.50T$
>2.5	2

Fuente: NEC 2013- SE-DS, Sección 6.3.5

Por lo tanto:

$$k = 0.75 + 0.50(0.698)$$

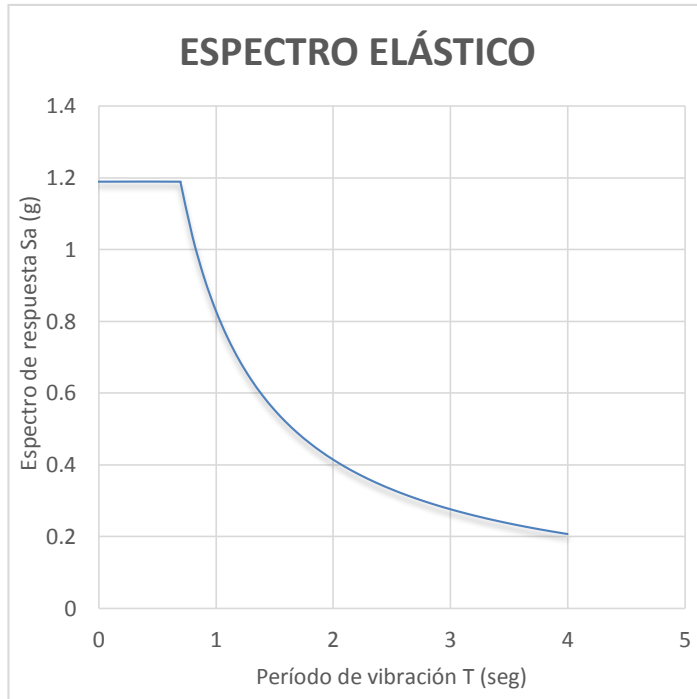
$$\mathbf{k = 1.099}$$

Se interpreta el espectro de diseño en el Gráfico 26, en el sentido X el periodo de vibración (T) y en el sentido Y el espectro de respuesta (Sa).

En el programa especializado en diseño de estructuras insertamos todos los datos obtenidos como: propiedades de los elementos de hormigón y acero, prediseño de elementos estructurales: losa, vigas columnas, coeficiente basal de diseño, espectro sísmico de respuesta, coeficiente de expansión, entre otros datos requerido. De esta manera se obtiene el diseño de la estructura para luego analizar el amortiguamiento mediante el método de Rayleigh.

ESPECTRO ELÁSTICO HORIZONTAL DE DISEÑO EN ACELERACIONES.

Gráfico N: 25 Espectro elástico



Elaborado por: Verónica Constante

Tabla N: 25 Valores del espectro elástico de diseño

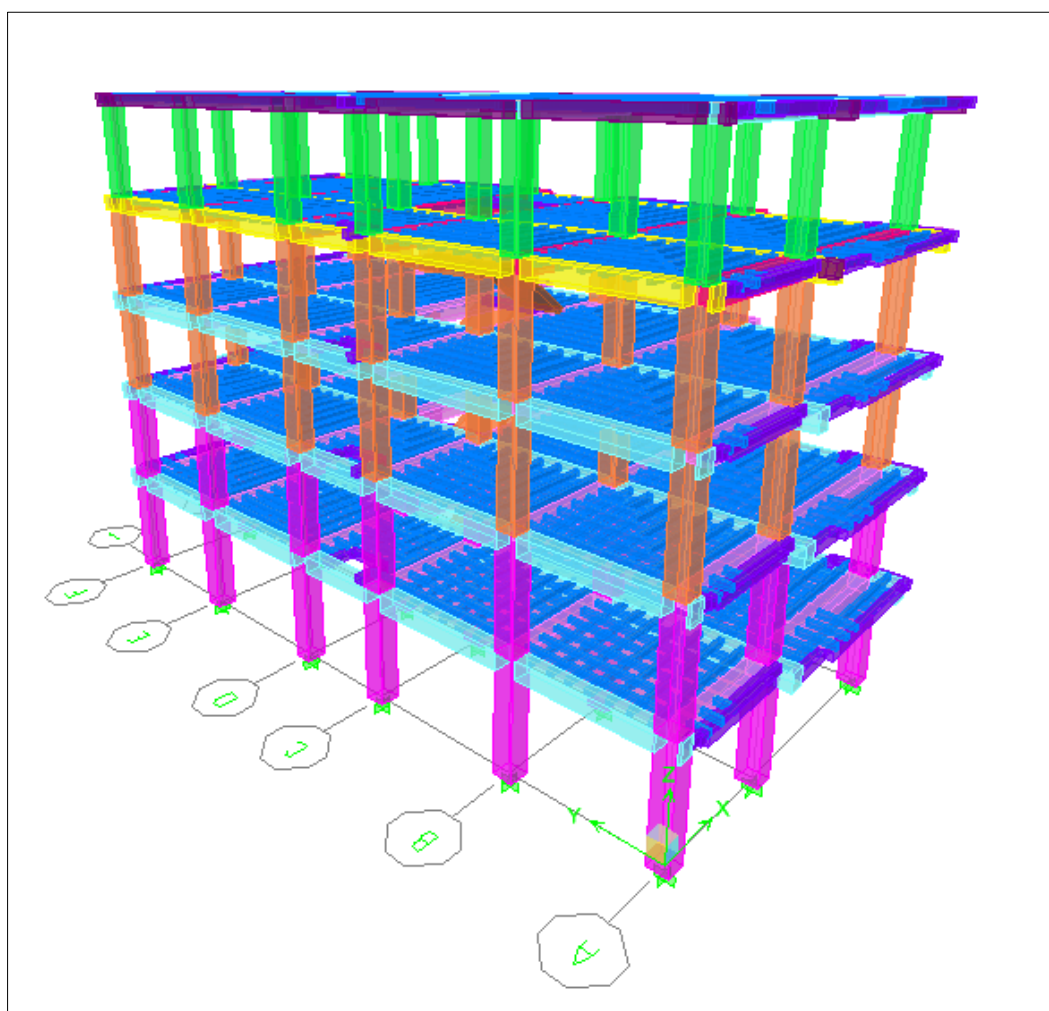
ESPECTRO ELÁSTICO	
T	Sa
0	1.1904
0.698	1.1904
0.7	1.18699886
0.8	1.038624
0.9	0.92322133
1	0.8308992
1.1	0.75536291
1.2	0.692416
1.3	0.63915323
1.4	0.59349943
1.5	0.5539328
1.6	0.519312
1.7	0.48876424
1.8	0.46161067
1.9	0.43731537
2	0.4154496
2.1	0.39566629
2.2	0.37768145
2.3	0.36126052
2.4	0.346208
2.5	0.33235968
2.6	0.31957662
2.7	0.30774044
2.8	0.29674971
2.9	0.28651697
3	0.2769664

Elaborado por: Verónica Constante

6.7.4 DISEÑO ESTRUCTURAL

El análisis y diseño estructural del edificio de cinco pisos se realizó con el software especializado, en el cual se chequeó deflexiones dando como resultado las siguientes secciones de los elementos estructurales de vigas y columnas.

Gráfico N: 26 Estructura en tres Dimensiones



Elaborado por: Verónica Constante

En el Gráfico 26, se puede observar la estructura de cinco pisos en tres dimensiones con sus respectivos ejes, seis en el sentido “Y” (A, B, C, D, E, F) y tres ejes en el sentido “X” (1, 2, 3). Se puede diferenciar por colores las dimensiones de los elementos estructurales y no estructurales como son vigas, columnas y losas.

El espesor de losa se mantiene en 20cm para todos los niveles de piso, Tabla 24. Las vigas del sentido X y sentido Y son de 45cm x 45cm los tres primeros pisos, el cuarto piso presenta vigas de 35cm x 40 cm y el quinto piso vigas de 30cm x30cm en sus dos sentidos, Tabla 25.

Tabla N: 26 Espesor de losa

ELEMENTO	NIVEL +2.90, +5.60, +8.30, +11.00, +13.70
Losa	20cm

Elaborado por: Verónica Constante

Tabla N: 27 Sección de vigas

VIGAS	Ejes A-B-C-D-E-F-G	Ejes 1-2-3
N.+2.90	40x45	40x45
N.+5.60	40x45	40x45
N.+8.30	40x45	40x45
N.+11.00	35x40	35x40
N.+13.70	30x30	30x30

Elaborado por: Verónica Constante

Las columnas de la estructura son de 50cm x 50cm los dos primeros pisos, los dos siguientes son de 45cm x 45 cm y el último piso es de 40cm x 40cm.

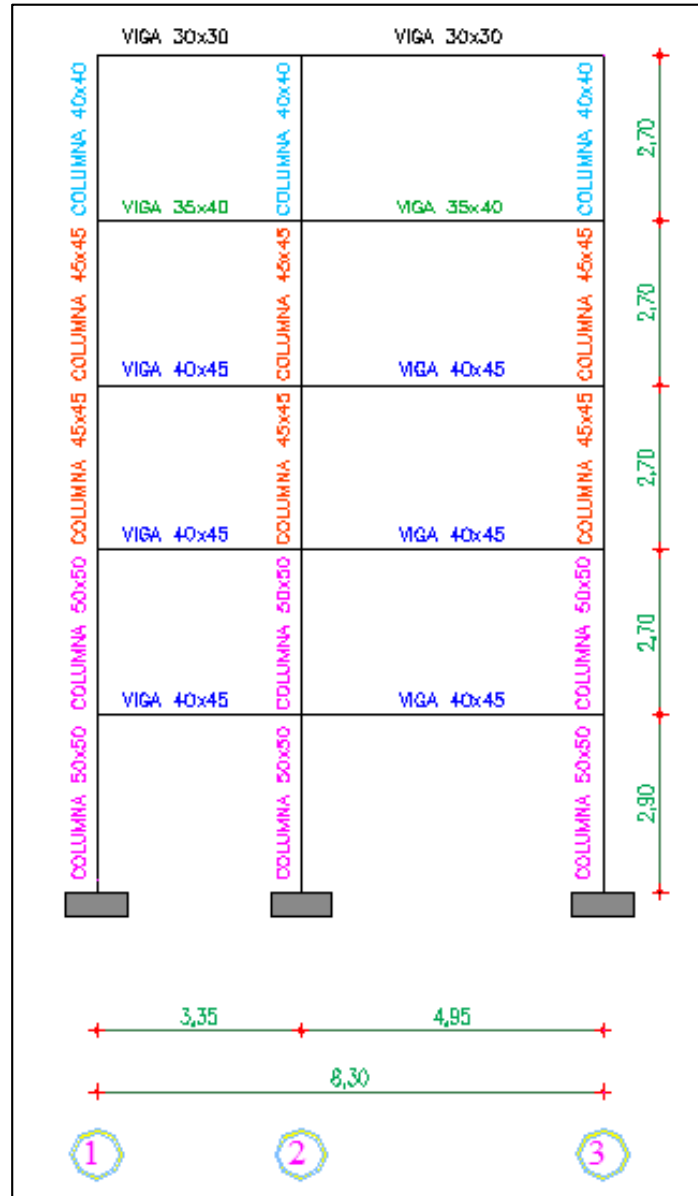
Tabla N: 28 Sección de columnas

COLUMNA	SECCIÓN
Nivel +2.90 , +5.60	50X50
Nivel +8.30, +11.00	45X45
Nivel +13.70	40X40

Elaborado por: Verónica Constante

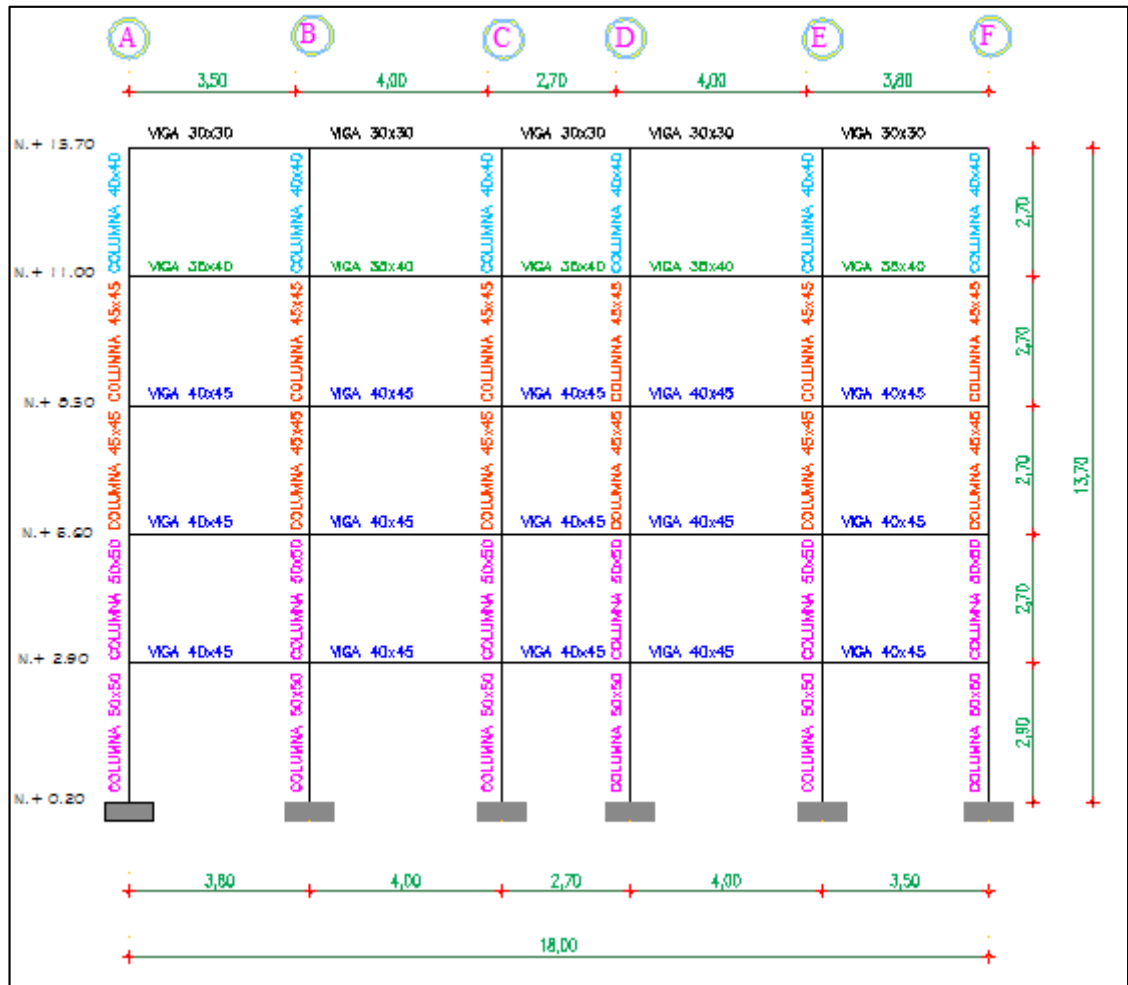
Las secciones de vigas y columnas de acuerdo al pórtico en sentido X y Y, se observan en el Gráfico 28 y Gráfico 29 respectivamente.

Gráfico N: 27 Secciones de elementos Sentido “X”



Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 28 Secciones de elementos sentido “Y”



Elaborado por: Verónica Constante

6.7.5 DERIVAS DE PISO

La deriva de piso es el desplazamiento lateral relativo de un piso con respecto al piso consecutivo, medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura. Se calcula restando del desplazamiento del extremo superior menos el desplazamiento del extremo inferior, todo esto dividido para la altura de piso.

$$\Delta_E = \frac{\Delta_S - \Delta_I}{HS} \quad (\text{Ec. 13})$$

Dónde:

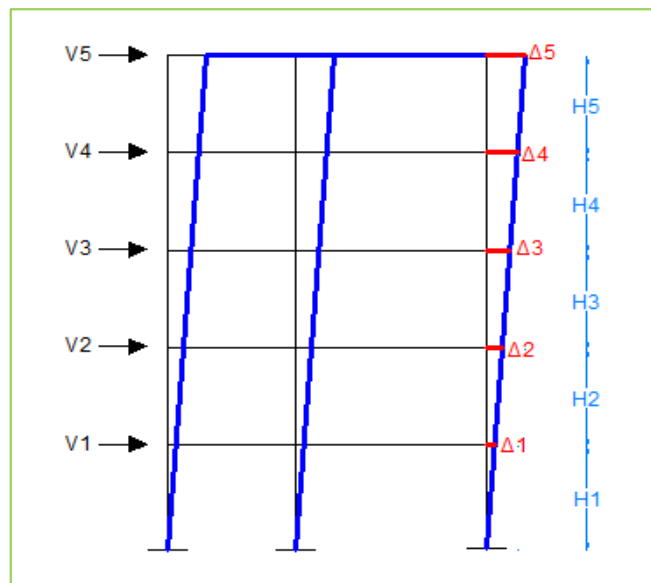
Δ_E : Desplazamiento elástico

Δ_S : Desplazamiento del piso superior

Δ_I : Desplazamiento del piso inferior

HS: Altura de piso

Gráfico N: 29 Desplazamientos en la estructura



Elaborado por: Verónica Constante

El programa especializado nos arroja los siguientes desplazamientos horizontales al deformarse la estructura.

Tabla N: 29 Desplazamientos elásticos en X

PISO	CARGA	DESPLAZAMIENTO X (m)	DESPLAZAMIENTO Y (m)
5	CSX	0.0381	-0.0004
4	CSX	0.0311	-0.0002
3	CSX	0.0233	-0.0002
2	CSX	0.0143	-0.0002
1	CSX	0.0056	-0.0001

Elaborado por: Verónica Constante

Tabla N: 30 Desplazamientos elásticos en Y

PISO	CARGA	DESPLAZAMIENTO X (m)	DESPLAZAMIENTO Y (m)
5	CSY	-0.0002	0.0243
4	CSY	-0.0001	0.0194
3	CSY	0.0000	0.0146
2	CSY	0.0000	0.0091
1	CSY	0.0000	0.0038

Elaborado por: Verónica Constante

DERIVA MÁXIMA

La deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites de deriva inelástica establecidos en la tabla siguiente:

Tabla N: 31 Valores de Δ_M máximos.

Estructuras de :	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: NEC 2015-SE-DS. Sección 4.2.2

Para la revisión de las derivas de piso se utilizará el valor de la respuesta máxima inelástica en desplazamientos Δ_M de la estructura causada por el sismo de diseño con la siguiente ecuación. NEC-SE-DS, 2015.Sección 6.3.9.

$$\Delta_M = 0.75 R \Delta_E \quad (\text{Ec. 14})$$

Dónde:

- Δ_M Deriva máxima inelástica
- Δ_E Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas.
- R Factor de reducción de resistencia

En la Tabla 31 y Tabla 32 se presenta el chequeo de deriva máxima en sentido CSX y CSY del edificio, para ello tomamos los desplazamientos elásticos de cada piso y su respectiva altura. El desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas (Δ_E), es la diferencia del desplazamiento superior (Δ_5) y el desplazamiento inferior (Δ_4) dividido para la altura de piso (H_5). Aplicamos la Ecuación 14 para hallar la deriva máxima inelástica y la comparamos con el valor de deriva máxima para estructuras de hormigón armado que indica la Tabla 30.

Tabla N: 32 Chequeo de deriva máxima inelástica-CSX

	PISO	ALTURA DE PISO H (m)	DESPLAZAMIENTOS Δ	$\Delta_E = (\Delta_S - \Delta_I) / H$	$\Delta_M = 0.75R\Delta_E$	$\Delta_M < 0.02$
CSX	5	2.70	0.0381			
	4	2.70	0.0311	0.0026	0.0156	OK
	3	2.70	0.0233	0.0029	0.0173	OK
	2	2.70	0.0143	0.0033	0.0200	OK
	1	2.90	0.0056	0.0032	0.0193	OK
				0.0019	0.0116	OK
*R=8						

Elaborado por: Verónica Constante

Tabla N: 33 Chequeo de deriva máxima inelástica-CSY

	PISO	ALTURA DE PISO H (m)	DESPLAZAMIENTOS Δ	$\Delta_E = (\Delta_S - \Delta_I) / H$	$\Delta_M = 0.75R\Delta_E$	$\Delta_M < 0.02$
CSY	5	2.70	0.0243			
	4	2.70	0.0194	0.0018	0.0109	OK
	3	2.70	0.0146	0.0018	0.0107	OK
	2	2.70	0.0091	0.0020	0.0122	OK
	1	2.90	0.0038	0.0020	0.0118	OK
				0.0013	0.0079	OK
*R=8						

Elaborado por: Verónica Constante

6.7.6 CENTRO DE MASAS Y RIGIDECES

CENTRO DE MASAS

Centro de masa o centro de gravedad, es el punto donde se concentra el peso de elementos estructurales y no estructurales del piso para que éste sea estable. La posición del centro de masas depende de la forma en planta de la estructura y de la distribución de paredes en ese nivel.

En el Gráfico 31 se presenta el centro de masas para el piso 1. Ordenada X: 4.27m, Ordenada Y: 9.13m

CENTRO DE RIGIDECES

El centro de rigideces es el punto en la estructura en la que la acción sísmica horizontal no produce un desplazamiento horizontal sino una rotación o giro horizontal.

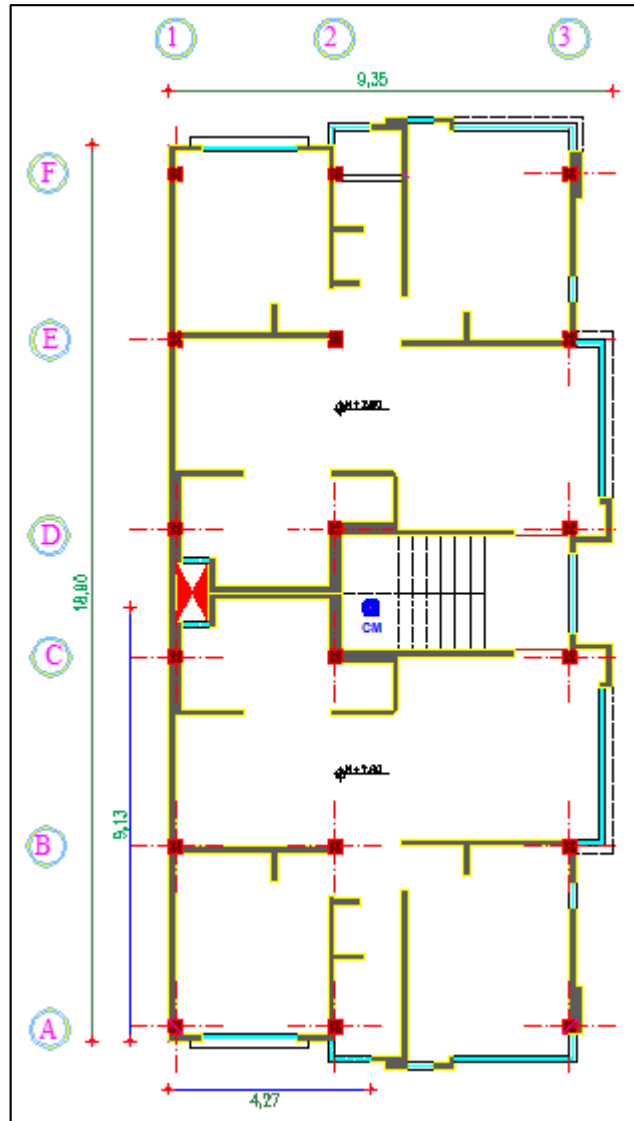
En el Gráfico 32 se presenta el centro de rigideces para el piso 1. Ordenada X: 3.94m, Ordenada Y: 9.09m.

EXCENRICIDAD

La excentricidad es la distancia que hay entre el centro de masas y centro de rigideces expresadas en el sentido x y y .

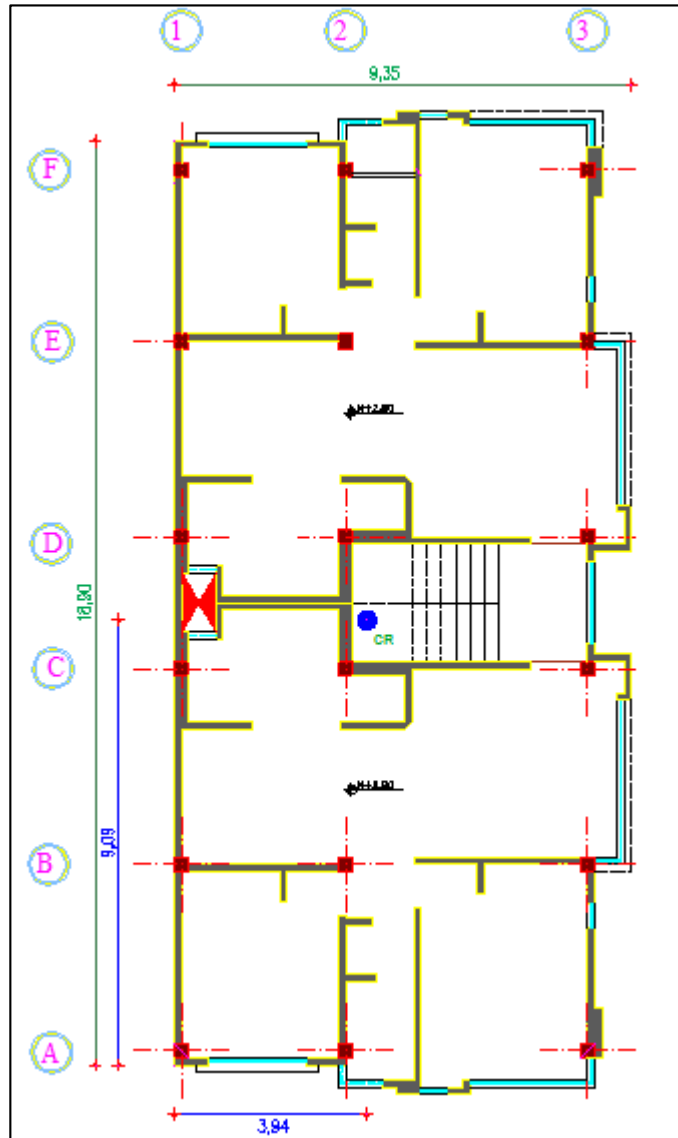
El Gráfico 33 muestra la excentricidad en “x” igual a 0.33m y la excentricidad en “y” igual a 0.04m.

Gráfico N: 30 Centro de masas



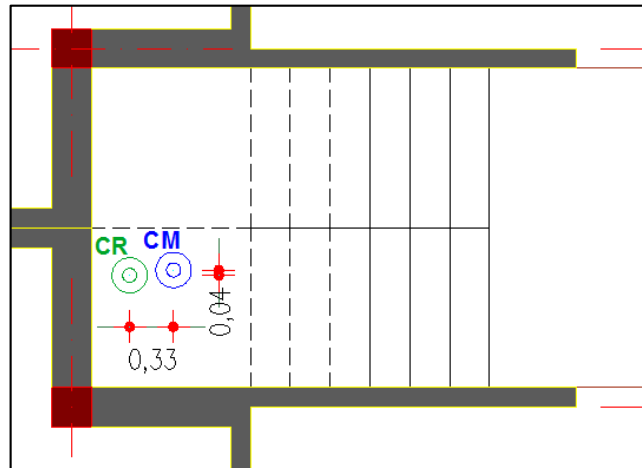
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 31 Centro de rigideces



Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 32 Excentricidad de piso 1



Elaborado por: Verónica Constante

El software especializado dió los siguientes resultados con respecto al centro de masas y centro de rigideces por piso, en ordenadas “x” y “y” como lo indica la siguiente tabla:

Tabla N: 34 Centro de Masas y Centro de Rigideces

PISO	MASA	CENTRO DE MASAS (m)		CENTRO DE RIGIDECES (m)	
	(Ton)	Ordenada X	Ordenada Y	Ordenada X	Ordenada Y
5	17.00	4.41	9.13	3.90	9.09
4	23.07	4.26	9.11	3.91	9.09
3	25.26	4.28	9.13	3.91	9.09
2	25.47	4.27	9.13	3.93	9.09
1	25.89	4.27	9.13	3.94	9.09

Elaborado por: Verónica Constante

6.7.7 PERIODOS Y FRECUENCIAS MODALES

Tabla N: 35 Períodos y frecuencias modales

MODOS	PERÍODO Seg	FRECUENCIA Ciclos/tiempo	FRECUENCIA CIRCULAR Rad/seg
1	0.75754	1.32007	8.29425
2	0.65938	1.51657	9.52887
3	0.59285	1.68677	10.59830
4	0.26291	3.80363	23.89890
5	0.23898	4.18446	26.29176
6	0.22230	4.49833	28.26381
7	0.13590	7.335829	46.23353
8	0.12399	8.06513	50.67472
9	0.09430	10.60489	66.63250
10	0.08161	12.25391	76.99356
11	0.06373	15.69003	98.58336
12	0.05678	17.61162	110.65709

Elaborado por: Verónica Constante

6.7.8 AMORTIGUAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

GENERALIDADES

Si un cuerpo está en movimiento, éste último tiende a disminuir con el tiempo. El motivo por el cual el movimiento disminuye está relacionado con una pérdida de la energía presente en el sistema. La pérdida de energía es producida por fuerzas de amortiguamiento o de fricción que obran sobre el sistema. La energía se transforma en otras formas de energía tales como ruido o calor.

AMORTIGUAMIENTO VISCOSO

Al encontrarse un cuerpo en movimiento dentro de un fluido, éste tiende a perder energía cinética debido a que la viscosidad del fluido se opone al movimiento. La pérdida de energía cinética está directamente relacionada con la velocidad del movimiento.

En el Gráfico 34.a, se indica un amortiguador viscoso lineal sometido a una fuerza f_D en la dirección del GDL u . La fuerza interna en el amortiguador es igual y opuesta a la fuerza externa f_D (Gráfico 34.b). Como se indica en el Gráfico 34.c, la fuerza de amortiguamiento de f_D se relaciona con la velocidad u a través del amortiguamiento viscoso lineal.

$$f_D = c\dot{u} \quad \text{Ec. 15}$$

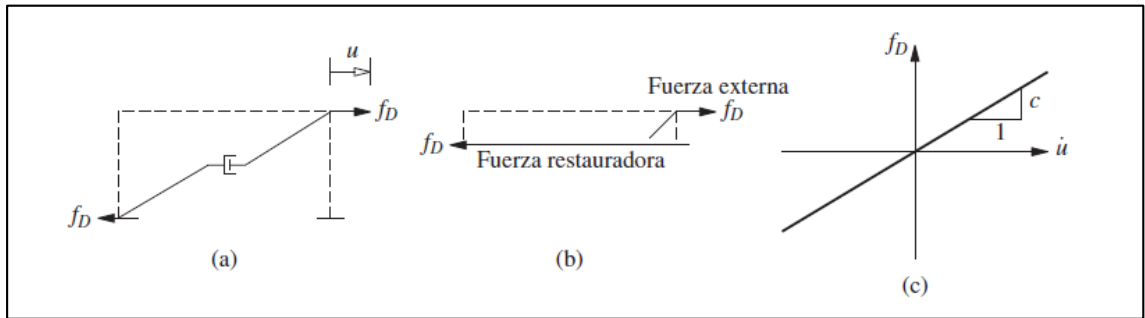
Dónde:

f_D : fuerza producida por el amortiguador

c : coeficiente del amortiguamiento viscoso

\dot{u} : Velocidad relativa entre los dos extremos del amortiguador.

Gráfico N: 33 Amortiguamiento viscoso



Fuente: *Dinámica de estructuras- Chopra Anil*

AMORTIGUAMIENTO DE COULOMB

Este tipo de amortiguamiento corresponde a la fricción entre superficies secas. El amortiguamiento de Coulomb es independiente de la velocidad del movimiento, esta fuerza se opone del movimiento, por lo que tiene el signo contrario al de la velocidad. La fuerza de fricción es igual al producto de la fuerza normal a la superficie N , y al coeficiente de fricción μ .

$$F_a = \pm \mu N \quad \text{Ec. 16}$$

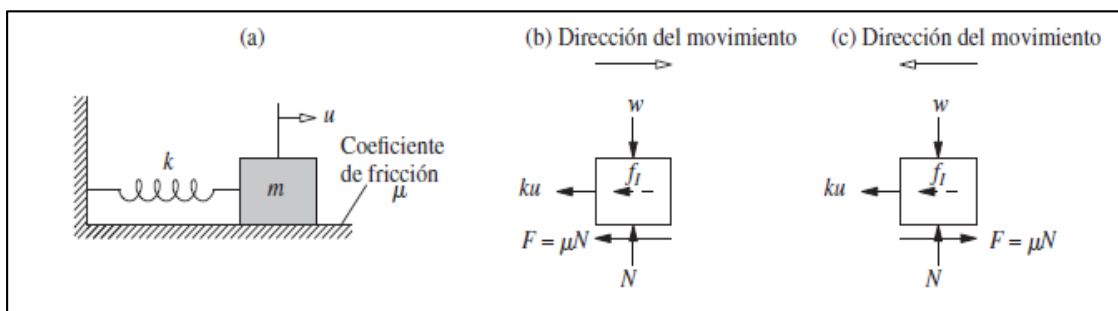
Dónde:

F_a : fuerza producida por el amortiguamiento

μ : Coeficiente de fricción dinámica

N : Fuerza normal a la superficie de fricción.

Gráfico N: 34 Amortiguamiento de Coulomb



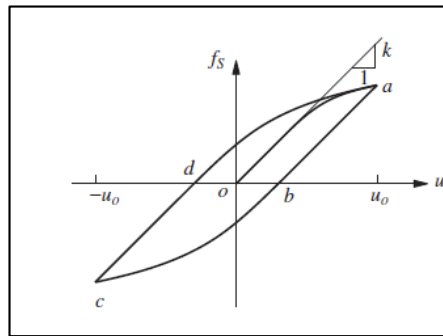
Fuente: *Dinámica de estructuras- Chopra Anil*

AMORTIGUAMIENTO HISTERÉTICO

Si un elemento estructural es sometido a inversiones en el sentido de la carga aplicada cuando el material del elemento se encuentra en el rango inelástico o no lineal, es decir que al quitar la carga el material no retoma su estado original.

En el Gráfico 36, la curva de carga inicial es no lineal a los niveles más grandes de deformación y las curvas de descarga y recarga difieren de la curva de carga inicial, siendo un sistema inelástico.

Gráfico N: 35 Amortiguamiento histerético



Fuente: Dinámica de estructuras- Chopra Anil

EXITACIÓN DINÁMICA

Las estructuras durante su vida útil se ven afectadas por efectos dinámicos de magnitudes despreciables o poner en peligro la estabilidad del mismo.

Las causas de estos efectos dinámicos pueden ser por equipos mecánicos, impacto, explosiones, viento, olas y los sismos, los cuales conduce a vibraciones importantes en las estructuras.

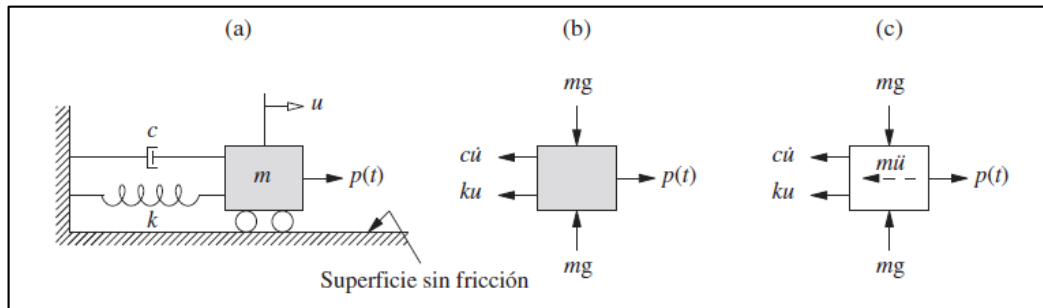
SISTEMAS DINAMICOS DE UN GRADO DE LIBERTAD

VIBRACION LIBRE NO AMORTIGUADA

Se presenta un sistema elástico que se desliza sin fricción en el eje x (1GDL), compuesto por una masa m y por un resorte que conecta la masa con apoyo inmóvil.

En el Gráfico 37a se indica las fuerzas actuantes sobre la masa, se incluye la fuerza restauradora elástica, $f_s = ku$, ejercida por un resorte lineal de rigidez k , y la fuerza restauradora de amortiguamiento $f_D = c\dot{u}$ debida a un amortiguamiento viscoso lineal.

Gráfico N: 36 Sistema masa-resorte-amortiguador



Fuente: Dinámica de estructuras- Chopra Anil

La vibración libre del sistema sin amortiguamiento se representa con la siguiente ecuación.

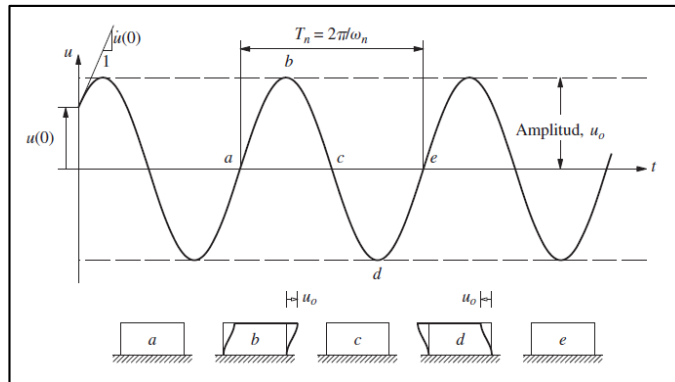
$$m\ddot{u} + ku = 0 \quad \text{Ec. 17}$$

Dónde:

- m = Masa
- \ddot{u} = Aceleracion
- k = Rigidez
- u = Desplazamiento

El sistema experimenta un movimiento vibratorio u oscilatorio, alrededor de posición de equilibrio estático, este se repite cada $2\pi/\omega_n$ seg. Se conoce como movimiento armónico.

Gráfico N: 37 Vibración libre de un sistema sin amortiguamiento



Fuente: Dinámica de estructuras- Chopra Anil

FRECUENCIA CIRCULAR NATURAL DE VIBRACIÓN

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ (rad/s)} \quad \text{Ec. 18}$$

Dónde:

- m = Masa
- k = Rigidez

FRECUENCIA CÍCLICA NATURAL DE VIBRACIÓN

$$f_n = \omega_n/2\pi \quad (1/s) \quad \text{Ec. 19}$$

Dónde:

- ω_n = Frecuencia circular natural de vibración

PERÍODO NATURAL DE VIBRACIÓN

$$T_n = \frac{2\pi}{\omega_n} \text{ (s)} \quad \text{Ec. 20}$$

Dónde:

- ω_n = Frecuencia circular natural de vibración

VIBRACIÓN LIBRE AMORTIGUADA

El sistema presenta movimientos oscilatorios los cuales tienden a disminuir con el tiempo hasta que desaparece. Se presenta el amortiguamiento haciendo que la energía se disipe.

Las causas de este amortiguamiento es la fricción de la masa sobre la superficie de apoyo, el efecto de aire que rodea la masa tratando de impedir el movimiento y la no linealidad del material del resorte.

AMORTIGUAMIENTO CRÍTICO

Un sistema que oscile con amortiguamiento crítico se expresa con la siguiente ecuación:

$$c_{cr} = 2m\omega_n = 2\sqrt{km} = 2k/\omega_n \quad \text{Ec. 21}$$

Dónde:

- c_{cr} = Amortiguamiento critico
- m = Masa
- ω_n = Frecuencia circular natural de vibración
- k = Rigidez

$$\zeta = c/2m\omega_n = c/c_{cr} \quad \text{Ec. 22}$$

Dónde:

- ζ = Fracción del amortiguamiento critico
- c_{cr} = Amortiguamiento critico
- c = Coeficiente de amortiguamiento
- m = Masa
- ω_n = Frecuencia circular natural de vibración

SISTEMA SOBREAMORTIGUADO

El sistema sobreamortiguado se presenta cuando el coeficiente de amortiguamiento es mayor que el coeficiente de amortiguamiento crítico.

$$c > c_{cr} \quad \text{Ec. 23}$$

Dónde:

- c_{cr} = Amortiguamiento crítico
- c = Coeficiente de amortiguamiento

En el sistema con amortiguación crítica y el sistema sobreamortiguado el movimiento resultante no es oscilatorio; la magnitud del desplazamiento inicial decrece exponencialmente con el tiempo, hasta hacerse cero.

SISTEMA SUBAMORTIGUADO

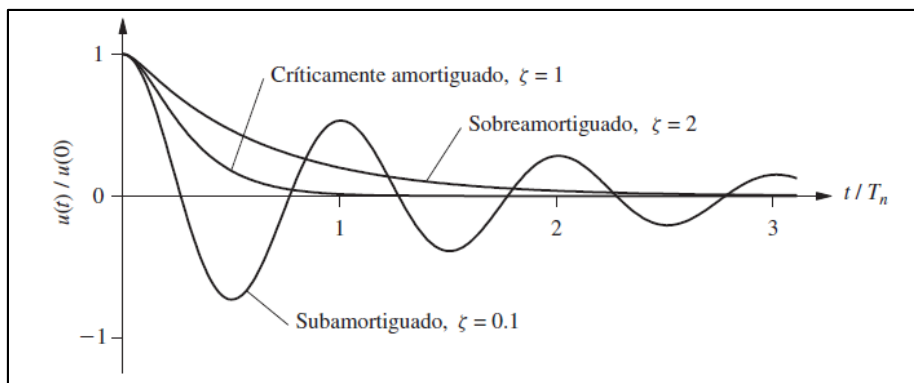
El sistema subamortiguado se presenta cuando el coeficiente de amortiguamiento es menor que el coeficiente de amortiguamiento crítico.

$$c < c_{cr} \quad \text{Ec. 24}$$

Dónde:

- c_{cr} = Amortiguamiento crítico
- c = Coeficiente de amortiguamiento

Gráfico N: 38 Vibración libre de sistemas



Fuente: Dinámica de estructuras- Chopra Anil

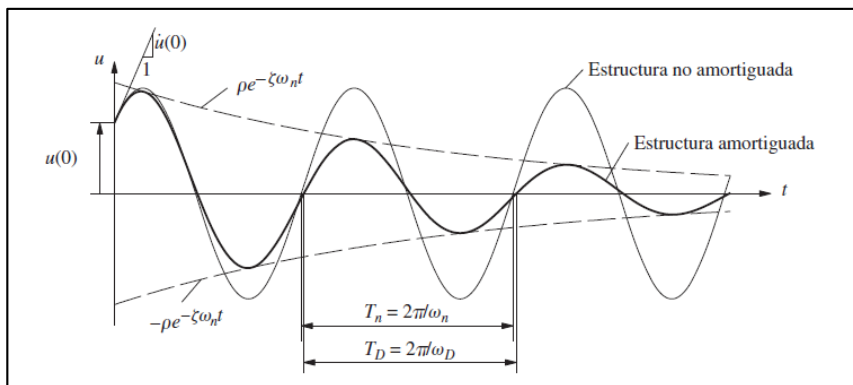
En el Gráfico 39, se indica el movimiento $u(t)$ debido al desplazamiento $u(0)$ para tres valores de ζ . Si $c < c_{cr}$ o $\zeta < 1$, el sistema oscila alrededor de su posición de equilibrio con una amplitud que disminuye progresivamente. Si $c = c_{cr}$ o $\zeta = 1$ el sistema vuelve a su posición de equilibrio sin oscilar. Si $c > c_{cr}$ o $\zeta > 1$, de nuevo el sistema no oscila y regresa a su posición de equilibrio como en el caso $\zeta = 1$, pero a un ritmo más lento.

El amortiguamiento Si c_{cr} se denomina amortiguamiento crítico debido a que es el valor más pequeño de c que inhibe por completo la oscilación. Representa la línea oscilatoria entre el movimiento oscilatorio y no oscilatorio.

Todas las estructuras de interés como edificios, puentes, presas, centrales nucleares, estructuras marítimas, entran en la categoría de sistemas subamortiguados ($c < c_{cr}$) ya que, por lo general su fracción de amortiguamiento es menor a 0.10.

El Gráfico 40, muestra la respuesta a la vibración libre de un sistema de 1GDL con fracción de amortiguamiento $\zeta = 0.05$ o 5%. La amplitud del desplazamiento del sistema no amortiguado es la misma en todos los ciclos de vibración, pero el sistema amortiguado oscila con amplitud decreciente en cada ciclo de vibración.

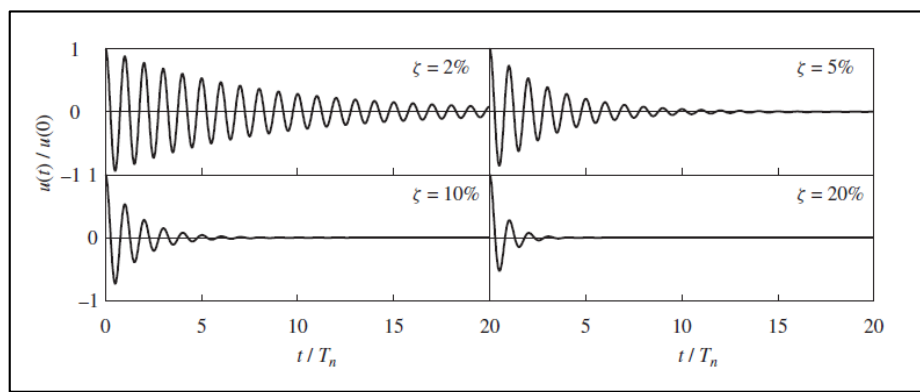
Gráfico N: 39 Efectos del amortiguamiento sobre la vibración libre



Fuente: Dinámica de estructuras- Chopra Anil

El amortiguamiento tiene su efecto importante sobre la rapidez de decaimiento en vibración libre. En el Gráfico 41 se indica la vibración libre debida al desplazamiento inicial $u(0)$ para cuatro sistemas que tienen el mismo periodo natural T_n pero diferentes fracciones de amortiguamiento.

Gráfico N: 40 Vibración libre de sistemas con 4 niveles de amortiguamiento



Fuente: Dinámica de estructuras- Chopra Anil

6.7.9 METODO DE RAYLEIGH

Se debe considerar primero el amortiguamiento proporcional a la masa y un amortiguamiento proporcional a la rigidez:

$$c = a_0 \mathbf{m} \quad y \quad c = a_1 \mathbf{k} \quad (\text{Ec. 25})$$

Dónde:

- c = Coeficiente de amortiguamiento
- m = masa
- k = rigidez
- a_0 y a_1 = coeficientes

La fracción de amortiguamiento para el n-ésimo modo de tal sistema es:

$$\zeta_n = \frac{a_0}{2} * \frac{1}{\omega_n} + \frac{a_1}{2} * \omega_n \quad (\text{Ec. 26})$$

Dónde:

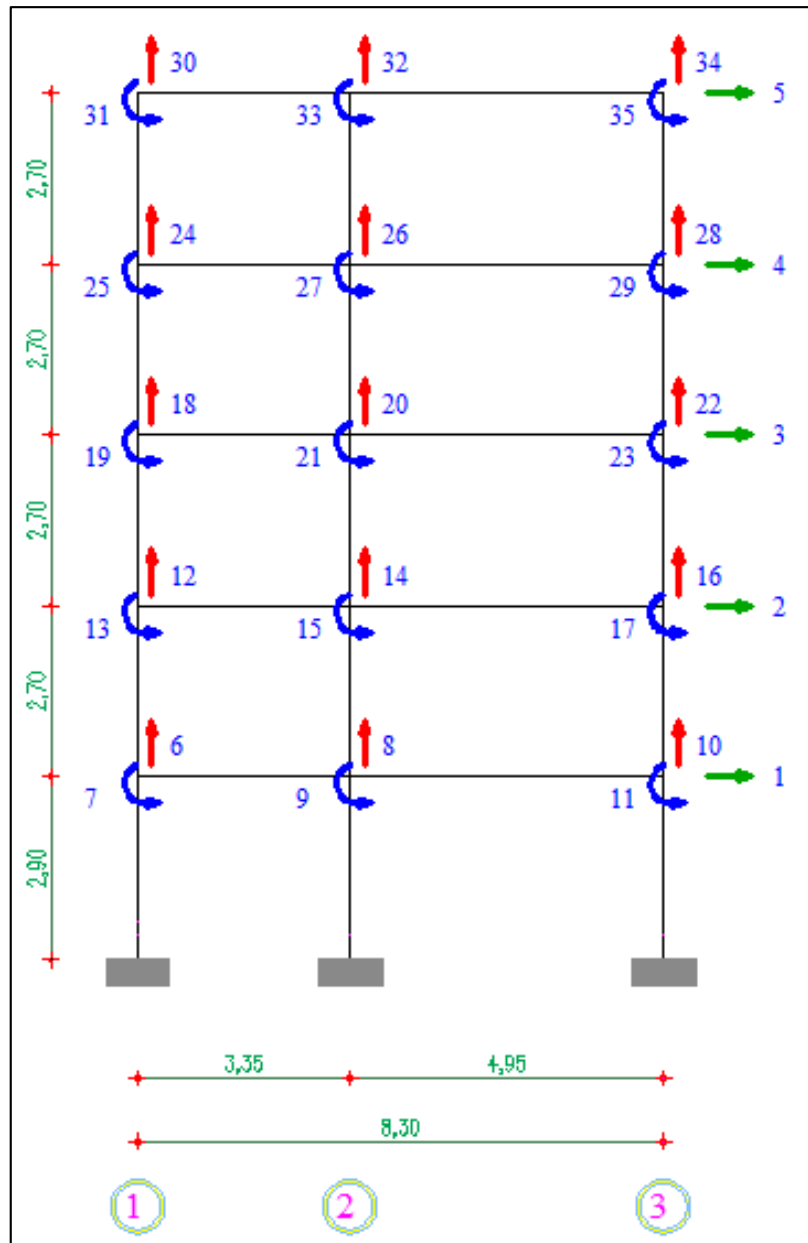
- ζ_n = Coeficiente de amortiguamiento
- ω_n = Frecuencia circular natural de vibración
- a_0 y a_1 = coeficientes

MATRIZ RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA

La matriz rigidez de los elementos para el análisis sísmico; según Roberto Aguiar Falconí, se considera las vigas axialmente rígidas y las columnas totalmente flexibles. Para ello, se presenta una fuerza horizontal por piso, fuerzas verticales y de rotación por cada nudo del pórtico. Se enumeró primero los desplazamientos horizontales de piso y luego los dos grados de libertad de cada nudo.

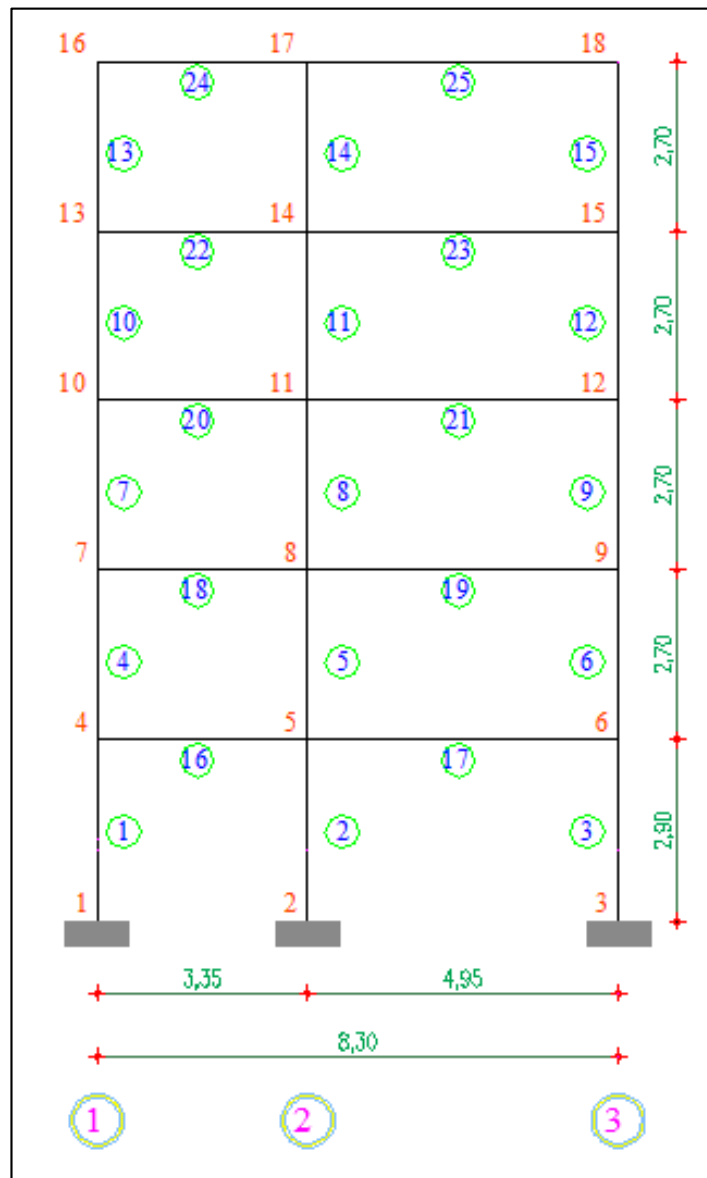
Enumeramos los elementos estructurales en secuencia primero las columnas y luego las vigas. A continuación se enumera los nudos del pórtico incluidos los empotramientos, de manera ordenada, de tal manera que en las columnas el nudo inicial sea el de abajo y el nudo final el de arriba; para vigas, el nudo inicial será el de la izquierda y el nudo final debe estar en la derecha del elemento.

Gráfico N: 41 Grados de libertad del pórtico - Eje X



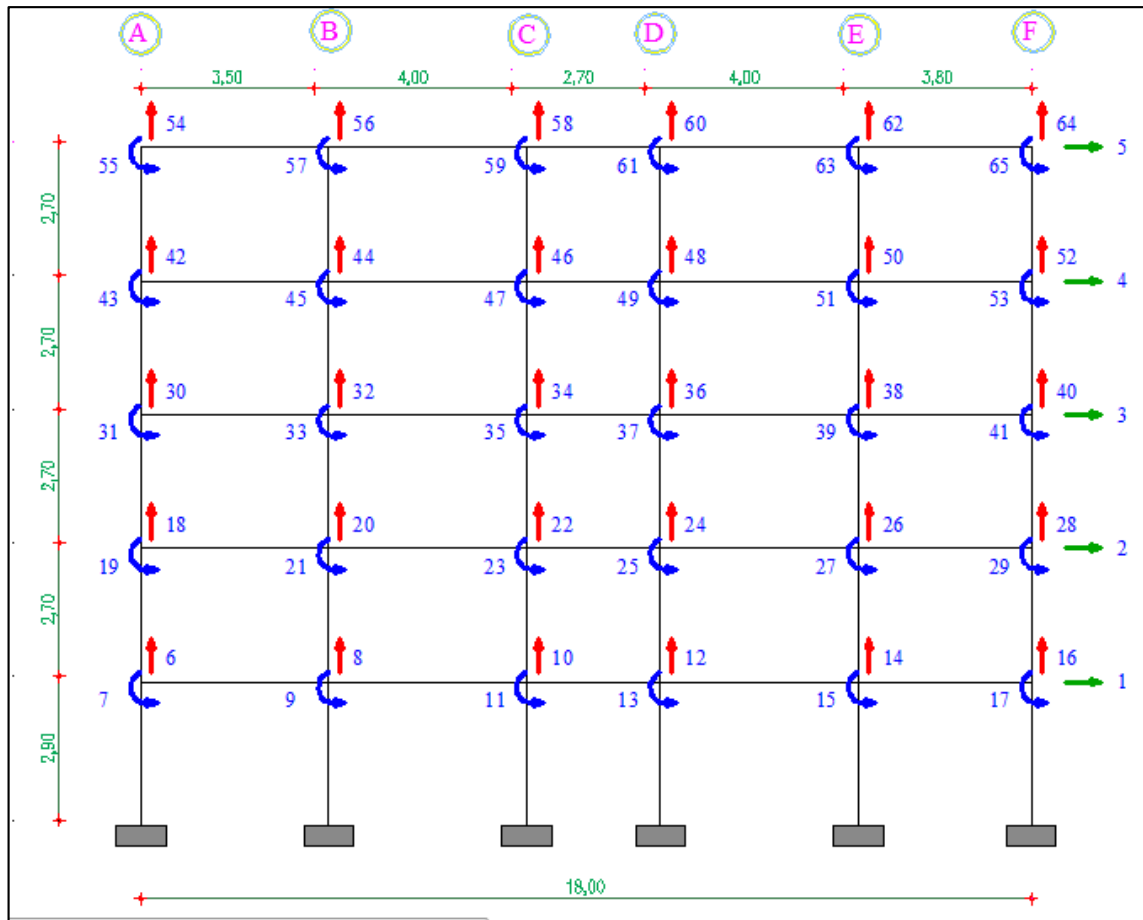
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 42 Numeración de nudos y elementos - Eje X



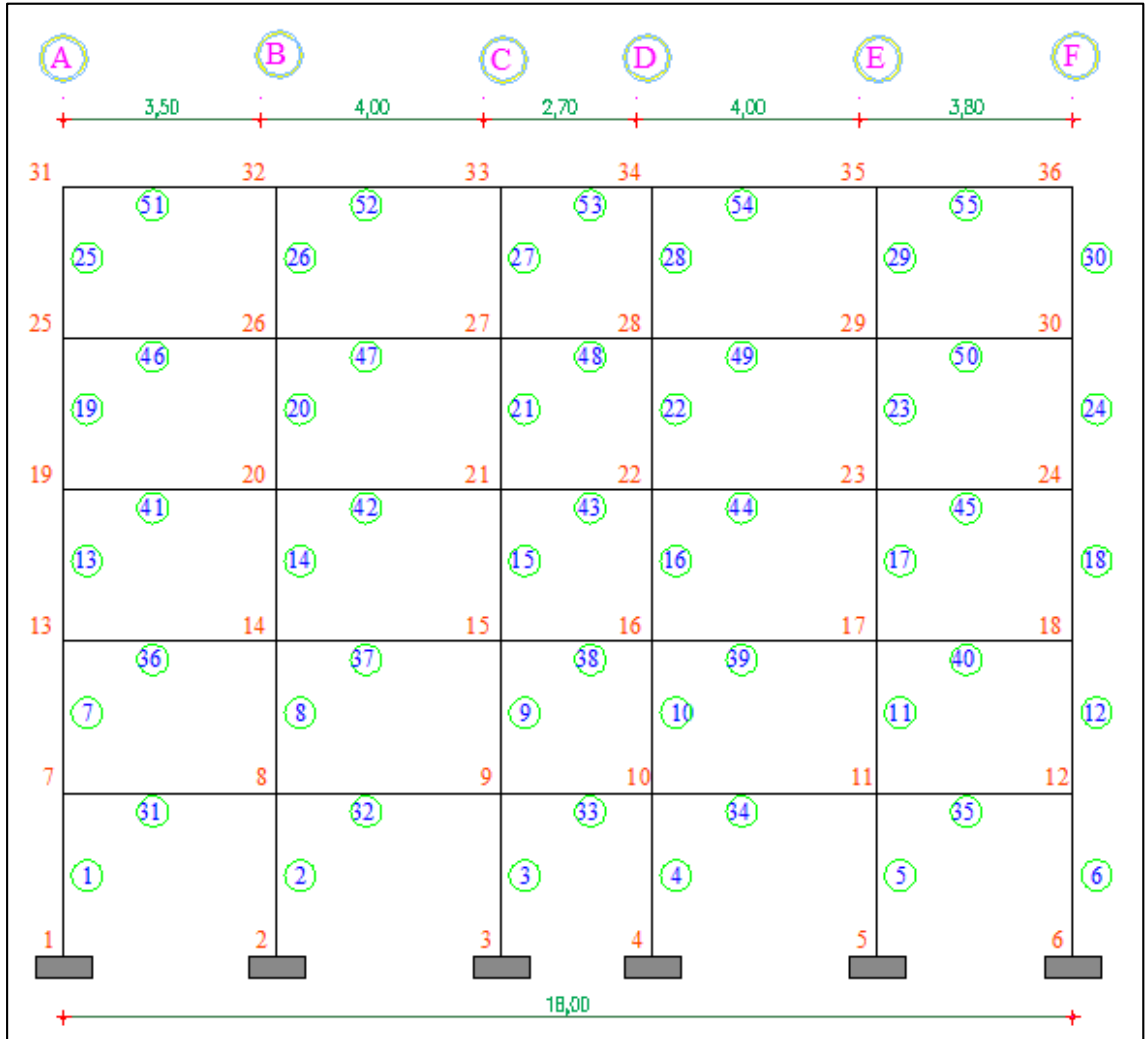
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 43 Grados de libertad del pórtico - Eje Y



Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 44 Numeración de nudos y elementos - Eje Y



Elaborado por: Verónica Constante

MATRIZ RIGIDEZ DE LA VIGA

$$k_v = \begin{bmatrix} 12EI/L^3 & 6EI/L^2 & -12EI/L^3 & 6EI/L^2 \\ 6EI/L^2 & 4EI/L & -6EI/L^2 & 2EI/L \\ -12EI/L^3 & -6EI/L^2 & 12EI/L^3 & -6EI/L^2 \\ 6EI/L^2 & 2EI/L & 6EI/L^2 & 4EI/L \end{bmatrix} \quad (\text{Ec. 27})$$

MATRIZ RIGIDEZ DE LA COLUMNA

$$k_c = \begin{bmatrix} 12EI/L^3 & 0 & -6EI/L^2 & -12EI/L^3 & 0 & -6EI/L^2 \\ 0 & EA/L & 0 & 0 & -EA/L & 0 \\ -6EI/L^2 & 0 & 4EI/L & 6EI/L^2 & 0 & 2EI/L \\ -12EI/L^3 & 0 & 6EI/L^2 & 12EI/L^3 & 0 & 6EI/L^2 \\ 0 & -EA/L & 0 & 0 & EA/L & 0 \\ -6EI/L^2 & 0 & 2EI/L & 6EI/L^2 & 0 & 4EI/L \end{bmatrix} \quad (\text{Ec. 28})$$

Tabla N: 36 Secciones de vigas y columnas por piso

PISO	VIGAS	COLUMNAS
1-2	40x45	50x50
3	40x45	45x45
4	35x40	45x45
5	30x30	40x40

Elaborado por: Verónica Constante

Calculamos la inercia y módulo de elasticidad para todas las secciones del pórtico y determinar las matrices de las vigas y columnas.

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (\text{Ec. 29})$$

$$I_c = \frac{50 \cdot 50^3}{12}$$

$$I_c = 520833.33 \text{ cm}^4$$

Determinamos el módulo de elasticidad

Para $F'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

$$E = 15100\sqrt{f'c} \quad (\text{Ec. 30})$$

$$E = 15100\sqrt{240}$$

$$E = 233928,19 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tabla N: 37 Inercias según sección de vigas y columnas

	Sección(m)	Área(m ²)	Inercia(m ⁴)	EIc (Kg*m ²)
VIGA	0.40x0.45	0.18	3.038E-03	7.11E+06
	0.35x0.40	0.14	1.867E-03	4.37E+06
	0.30x0.30	0.09	6.750E-04	1.58E+06
COLUMNAS	0.50x0.50	0.25	5.208E-03	1.22E+07
	0.45x0.45	0.2025	3.417E-03	7.99E+06
	0.40x0.40	0.16	2.133E-03	4.99E+06
*E=2339281941 kg/m ²				

Elaborado por: Verónica Constante

Tabla N: 38 Longitud de Vigas y Columnas

LONGITUD (m)	EJE X	EJE Y
VIGAS	3.35	3.80
	4.95	4.00
		2.70
		3.50
COLUMNAS	2.90	
	2.70	

Elaborado por: Verónica Constante

Debido a que la matriz rigidez de la viga es de 4x4, se debe convertir a la matriz en una de 6x6 igual a la matriz de rigidez de la columna. Se utiliza un artificio que consiste en colocar ceros en la primera y cuarta fila y en la primera y cuarta columna.

Para el ensamblaje de la matriz general del pórtico se identifican los nudos iniciales y nudos finales de los elementos junto con los grados de libertad del nudo: primero el desplazamiento horizontal; segundo el desplazamiento vertical y tercero el giro.

Tabla N: 39 Identificación de los nudos inicial y final de los elementos-Eje X

ELEMENTOS	NUDO INICIAL	NUDO FINAL
1	1	4
2	2	5
3	3	6
4	4	7
5	5	8
6	6	9
7	7	10
8	8	11
9	9	12
10	10	13
11	11	14
12	12	15
13	13	16
14	14	17
15	15	18
16	4	5
17	5	6
18	7	8
19	8	9
20	10	11
21	11	12
22	13	14
23	14	15
24	16	17
25	17	18

Elaborado por: Verónica Constante

Tabla N: 40 Identificación de los nudos inicial y final de los elementos - Eje Y

ELEM.	NUDO INICIAL	NUDO FINAL	ELEM.	NUDO INICIAL	NUDO FINAL
1	1	7	29	29	35
2	2	8	30	30	36
3	3	9	31	7	8
4	4	10	32	8	9
5	5	11	33	9	10
6	6	12	34	10	11
7	7	13	35	11	12
8	8	14	36	13	14
9	9	15	37	14	15
10	10	16	38	15	16
11	11	17	39	16	17
12	12	18	40	17	18
13	13	19	41	19	20
14	14	20	42	20	21
15	15	21	43	21	22
16	16	22	44	22	23
17	17	23	45	23	24
18	18	24	46	25	26
19	19	25	47	26	27
20	20	26	48	27	28
21	21	27	49	28	29
22	22	28	50	29	30
23	23	29	51	31	32
24	24	30	52	32	33
25	25	31	53	33	34
26	26	32	54	34	35
27	27	33	55	35	36
28	28	34			

Elaborado por: Verónica Constante

CÁLCULO DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE TODA LA ESTRUCTURA

Una vez ensamblada la matriz rigidez del pórtico, dando una matriz de 35x35 para el Pórtico A y una matriz de 65x65 para el pórtico 1, se condensa la matriz de cada uno de los pórticos para encontrar la matriz rigidez lateral de 5x5.

Matriz Rigidez Lateral del Pórtico Tipo A

k_A

$$= \begin{bmatrix} 3.31E + 07 & -1.95E + 07 & 4.57E + 06 & -6.85E + 05 & 9.11E + 04 \\ -1.95E + 07 & 2.65E + 07 & -1.50E + 07 & 3.34E + 06 & -3.47E + 05 \\ 4.57E + 06 & -1.50E + 07 & 2.11E + 07 & -1.19E + 07 & 2.02E + 06 \\ -6.85E + 05 & 3.34E + 06 & -1.19E + 07 & 1.43E + 07 & -5.16E + 06 \\ 9.11E + 04 & -3.47E + 05 & 2.02E + 06 & -5.16E + 06 & 3.41E + 06 \end{bmatrix}$$

Matriz Rigidez Lateral del Pórtico Tipo 1

k_1

$$= \begin{bmatrix} 2.54E + 08 & -3.97E + 07 & 8.06E + 06 & -1.05E + 06 & 1.30E + 05 \\ -3.97E + 07 & 5.51E + 07 & -3.01E + 07 & 5.81E + 06 & -5.50E + 05 \\ 8.06E + 06 & -3.01E + 07 & 4.42E + 07 & -2.46E + 07 & 3.74E + 06 \\ -1.05E + 06 & 5.81E + 06 & -2.46E + 07 & 2.18E + 08 & -1.12E + 07 \\ 1.30E + 05 & -5.50E + 05 & 3.74E + 06 & -1.12E + 07 & 7.94 + 06 \end{bmatrix}$$

Calculadas las matrices para los distintos pórticos, se procede a transformar los pórticos a los grados de libertad de la estructura en los diafragmas. Para cada pórtico debemos encontrar una matriz que nos permita la transformación. En la Tabla 41 y Tabla 42, se calcula los valores que formarán la Matriz Transformación $[T_{pi}]$, para ello se aplican las siguientes ecuaciones:

$$d = \sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2} \quad \text{Ec. 31}$$

$$\text{sen}\alpha = \frac{(y_b - y_a)}{d} \quad \text{Ec. 32}$$

$$\text{cos}\alpha = \frac{(x_b - x_a)}{d} \quad \text{Ec. 33}$$

$$r_i = (\bar{y}_i - y_a)\text{cos}\alpha - (\bar{x}_i - x_a)\text{sen}\alpha \quad \text{Ec. 34}$$

$$t_i = \begin{bmatrix} \cos\alpha \\ \text{sen}\alpha \\ r_i \end{bmatrix} \quad \text{Ec. 35}$$

$$[T_{p1}] = \begin{bmatrix} t_5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & t_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & t_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & t_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & t_1 \end{bmatrix} \quad \text{Ec. 36}$$

$$[K_{p1}] = [T_{p1}][k_1][T_{p1}]^T \quad \text{Ec. 37}$$

Dónde:

$(x_a, y_a); (x_b, y_b)$: Coordenadas de los dos puntos extremos la pórtico

(\bar{x}_i, \bar{y}_i) : Coordenadas de los centros de masa en cada piso

T_{p1} = Matriz transformación para el pórtico.

k_1 = Matriz de rigidez del pórtico

K_{p1} = Matriz de rigidez del pórtico para efectos horizontales expresada en términos de los grados de libertad de los diafragmas de la estructura.

Tabla N: 41 Valores para hallar la matriz transformación

Piso	\bar{x}	\bar{y}	EJE	TIPO	Xa	Ya	Xb	Yb	d	alfa	cos α	seno α
5	4.41	9.13	1	1	0	0	18	0	18	0	1	0
4	4.26	9.11	2	1	0	3.3 5	18	3.35	18	0	1	0
3	4.28	9.13	3	1	0	8.3	18	8.3	18	0	1	0
2	4.27	9.13	A	A	18	0	18	8.3	8.3	90	0	1
1	4.27	9.13	B	A	14.2	0	14.2	8.3	8.3	90	0	1
			C	A	10.2	0	10.2	8.3	8.3	90	0	1
			D	A	7.5	0	7.5	8.3	8.3	90	0	1
			E	A	3.5	0	3.5	8.3	8.3	90	0	1
			F	A	0	0	0	8.3	8.3	90	0	1

Elaborado por: Verónica Constante

Tabla N: 42 Valores r_i para hallar la matriz transformación

r5	r4	r3	r2	r1
9.13	9.11	9.13	9.13	9.13
5.78	5.76	5.78	5.78	5.78
0.83	0.81	0.83	0.83	0.83
13.59	13.74	13.72	13.73	13.73
9.79	9.94	9.92	9.93	9.93
5.79	5.94	5.92	5.93	5.93
3.09	3.24	3.22	3.23	3.23
-0.91	-0.76	-0.78	-0.77	-0.77
-4.41	-4.26	-4.28	-4.27	-4.27

Elaborado por: Verónica Constante

Matriz Rigidez de toda la Estructura.

Se suman las matrices de todos los pórticos que forman la estructura en estudio, 6 pórticos tipo A y 3 pórticos tipo 1. Dando como resultado la siguiente matriz:

$$K = \begin{bmatrix} 7.61E+08 & 0 & 3.99E+09 & -1.19E+08 & 0 & -6.22E+08 & 2.42E+07 & 0 & 1.27E+08 & -3.15E+06 & 0 & -1.65E+07 & 3.90E+05 & 0 & 2.04E+06 \\ 1.98E+08 & 1.98E+08 & 8.90E+08 & 0 & -1.17E+08 & -5.43E+08 & 0 & 2.74E+07 & 1.27E+08 & 0 & -4.11E+06 & -1.90E+07 & 0 & 5.46E+05 & 2.53E+06 \\ 3.99E+09 & 8.90E+08 & 4.11E+10 & -6.25E+08 & -5.26E+08 & -1.14E+10 & 1.27E+08 & 1.23E+08 & 2.53E+09 & -1.65E+07 & -1.85E+07 & -3.62E+08 & 2.04E+06 & 2.45E+06 & 4.69E+07 \\ -1.19E+08 & 0 & -6.25E+08 & 1.65E+08 & 0 & 8.64E+08 & -9.04E+07 & 0 & -4.74E+08 & 1.74E+07 & 0 & 9.15E+07 & -1.65E+06 & 0 & -8.65E+06 \\ 0 & -1.17E+08 & -5.26E+08 & 0 & 1.59E+08 & 7.37E+08 & 0 & -9.01E+07 & -4.16E+08 & 0 & 2.00E+07 & 9.27E+07 & 0 & -2.08E+06 & -9.64E+06 \\ -6.22E+08 & -5.43E+08 & -1.14E+10 & 8.64E+08 & 7.37E+08 & 1.58E+10 & -4.73E+08 & -4.18E+08 & -8.81E+09 & 9.12E+07 & 9.29E+07 & 1.85E+09 & -8.62E+06 & -9.66E+06 & -1.86E+08 \\ 2.42E+07 & 0 & 1.27E+08 & -9.04E+07 & 0 & -4.73E+08 & 1.33E+08 & 0 & 6.96E+08 & -7.39E+07 & 0 & -3.88E+08 & 1.12E+07 & 0 & 5.89E+07 \\ 0 & 2.74E+07 & 1.23E+08 & 0 & -9.01E+07 & -4.18E+08 & 0 & 1.27E+08 & 5.85E+08 & 0 & -7.14E+07 & -3.31E+08 & 0 & 1.21E+07 & 5.61E+07 \\ 1.27E+08 & 1.27E+08 & 2.53E+09 & -4.74E+08 & -4.16E+08 & -8.81E+09 & 6.96E+08 & 5.85E+08 & 1.26E+10 & -3.88E+08 & -3.30E+08 & -7.07E+09 & 5.89E+07 & 5.60E+07 & 1.15E+09 \\ -3.15E+06 & 0 & -1.65E+07 & 1.74E+07 & 0 & 9.12E+07 & -7.39E+07 & 0 & -3.88E+08 & 6.54E+08 & 0 & 3.43E+08 & -3.37E+07 & 0 & -1.77E+08 \\ 0 & -4.11E+06 & -1.85E+07 & 0 & 2.00E+07 & 9.29E+07 & 0 & -7.14E+07 & -3.30E+08 & 0 & 8.57E+07 & 3.97E+08 & 0 & -3.40E+07 & -1.43E+08 \\ -1.65E+07 & -1.90E+07 & -3.62E+08 & 9.15E+07 & 9.27E+07 & 1.85E+09 & -3.88E+08 & -3.31E+08 & -7.07E+09 & 3.43E+09 & 3.97E+08 & 3.06E+10 & -1.77E+08 & -1.43E+08 & -3.14E+09 \\ 3.90E+05 & 0 & 2.04E+06 & -1.65E+06 & 0 & -8.62E+06 & 1.12E+07 & 0 & 5.89E+07 & -3.37E+07 & 0 & -1.77E+08 & 2.38E+07 & 0 & 1.25E+08 \\ 0 & 5.46E+05 & 2.45E+06 & 0 & -2.08E+06 & -9.66E+06 & 0 & 1.21E+07 & 5.60E+07 & 0 & -3.10E+07 & -1.43E+08 & 0 & 2.04E+07 & 9.47E+07 \\ 2.04E+06 & 3.62E+06 & 4.69E+07 & -8.65E+06 & -9.64E+06 & -1.86E+08 & 5.89E+07 & 5.61E+07 & 1.15E+09 & -1.77E+08 & -1.43E+08 & -3.14E+09 & 1.25E+08 & 9.47E+07 & 2.13E+09 \end{bmatrix}$$

MATRIZ MASA

La matriz masas se conforma por la masa de cada piso ubicada en la diagonal principal de la matriz.

Tabla N: 43 Masa por piso

PISO	Peso (Ton)	Masa (Ton s ² /m)
5	17.00	1.7329
4	23.07	2.3517
3	25.26	2.5749
2	25.47	2.5963
1	25.89	2.6391

Elaborado por: Verónica Constante

La matriz masa en general para un edificio de n pisos es la siguiente:

$$M = \begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & J \end{bmatrix} \quad \text{Ec. 38}$$

$$J_i = \frac{m_i}{12} (a_i^2 + b_i^2) \quad \text{Ec. 39}$$

Dónde:

J = Momento de inercia de la masa

m_i = Masa por piso

a_i y b_i = dimensiones de la losa en el piso i

$$M = \begin{bmatrix} 1.7329 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.7329 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 56.7374 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2.3517 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2.3517 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 76.9960 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.5749 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.5749 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 84.3051 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.5963 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.5963 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 85.0060 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.6391 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.6391 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 86.4078 \end{bmatrix}$$

Unidades: Ts²/m

MODOS DE VIBRACIÓN

Los modos de vibración nos presentan como se comportará la estructura bajo la acción sísmica.

El procedimiento de cálculo para hallar los valores y vectores propios de una estructura aplicando el algoritmo de M^{1/2} es el siguiente:

1. Se encuentra la matriz M^{1/2}.
2. Se determina la matriz M^{-1/2}.
3. Se determina K_o
4. Se aplica cualquier método de cálculo de valores y vectores propios en K_o.
5. Finalmente se hallan los vectores propios. ϕ

$$K_o = M^{-\frac{1}{2}} * K * M^{-\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 40}$$

$$\phi = M^{-\frac{1}{2}} \phi_o \quad \text{Ec. 41}$$

Dónde:

M= Matriz masa

K= Matriz rigidez

ϕ_o = vectores propios en K_o

Modos de vibración o vectores propios

$$\begin{aligned}
 \phi^{(1)} &= \begin{bmatrix} -0.0013 \\ -0.0572 \\ 0.0003 \\ -0.0048 \\ -0.1429 \\ 0.0009 \\ -0.0062 \\ -0.2355 \\ 0.0012 \\ -0.0096 \\ -0.3255 \\ 0.0018 \\ -0.0456 \\ -0.4425 \\ 0.0078 \end{bmatrix} &
 \phi^{(2)} &= \begin{bmatrix} 0.0137 \\ 0.0632 \\ -0.0022 \\ 0.0525 \\ 0.1562 \\ -0.0079 \\ 0.0753 \\ 0.2005 \\ -0.0092 \\ -0.0300 \\ 0.1169 \\ 0.0045 \\ -0.4260 \\ -0.16880 \\ 0.0485 \end{bmatrix} &
 \phi^{(3)} &= \begin{bmatrix} 0.0408 \\ 0.1065 \\ -0.0068 \\ 0.01576 \\ 0.2545 \\ -0.0232 \\ 0.1680 \\ 0.2344 \\ -0.0256 \\ 0.0671 \\ -0.0099 \\ -0.0099 \\ 0.3026 \\ -0.2487 \\ -0.0179 \end{bmatrix} &
 \phi^{(4)} &= \begin{bmatrix} 0.0579 \\ -0.0748 \\ -0.0072 \\ 0.2961 \\ -0.1075 \\ -0.0263 \\ 0.3477 \\ -0.1453 \\ -0.0294 \\ 0.0584 \\ -0.1332 \\ -0.0097 \\ -0.1568 \\ 0.2018 \\ -0.0155 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi^{(5)} &= \begin{bmatrix} -0.0415 \\ -0.2539 \\ 0.0082 \\ -0.0173 \\ -0.3563 \\ 0.0101 \\ 0.1660 \\ 0.0469 \\ -0.0172 \\ 0.0879 \\ 0.2789 \\ -0.0103 \\ 0.1684 \\ -0.1019 \\ 0.0407 \end{bmatrix} &
 \phi^{(6)} &= \begin{bmatrix} -0.0671 \\ -0.0769 \\ 0.0106 \\ -0.1591 \\ -0.1019 \\ 0.0225 \\ 0.0616 \\ 0.1297 \\ -0.0029 \\ 0.1147 \\ 0.1127 \\ -0.0247 \\ -0.2188 \\ -0.1381 \\ -0.0763 \end{bmatrix} &
 \phi^{(7)} &= \begin{bmatrix} -0.1194 \\ -0.0639 \\ 0.0124 \\ -0.3525 \\ -0.0060 \\ 0.0094 \\ 0.1092 \\ 0.2172 \\ -0.0448 \\ -0.0228 \\ -0.3184 \\ 0.0035 \\ 0.0174 \\ 0.1329 \\ 0.0174 \end{bmatrix} &
 \phi^{(8)} &= \begin{bmatrix} -0.0724 \\ 0.0025 \\ 0.0210 \\ 0.1202 \\ -0.0129 \\ 0.0538 \\ 0.2879 \\ 0.1177 \\ 0.0476 \\ -0.2032 \\ -0.0606 \\ 0.0411 \\ 0.0413 \\ -0.0089 \\ -0.0061 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi^{(9)} &= \begin{bmatrix} -0.0241 \\ 0.3676 \\ 0.0024 \\ -0.1770 \\ 0.1429 \\ 0.0346 \\ 0.2312 \\ -0.2329 \\ 0.0112 \\ 0.2409 \\ 0.0500 \\ -0.0285 \\ 0.0221 \\ 0.0145 \\ 0.0200 \end{bmatrix} &
\phi^{(10)} &= \begin{bmatrix} 0.2944 \\ 0.3989 \\ -0.0493 \\ -0.1374 \\ -0.2394 \\ -0.0071 \\ 0.0642 \\ 0.0120 \\ -0.0219 \\ -0.2105 \\ 0.0837 \\ 0.0247 \\ 0.0042 \\ -0.0346 \\ -0.0123 \end{bmatrix} &
\phi^{(11)} &= \begin{bmatrix} 0.21950 \\ 0.1428 \\ -0.0200 \\ 0.1964 \\ -0.2016 \\ 0.0321 \\ -0.1452 \\ 0.2618 \\ 0.0198 \\ 0.2339 \\ -0.1987 \\ -0.0268 \\ -0.0093 \\ 0.0568 \\ 0.0130 \end{bmatrix} &
\phi^{(12)} &= \begin{bmatrix} -0.3701 \\ 0.3475 \\ 0.0517 \\ 0.2126 \\ -0.1233 \\ 0.0189 \\ -0.1450 \\ -0.0163 \\ -0.0420 \\ -0.0952 \\ 0.0258 \\ -0.0051 \\ -0.017 \\ -0.0051 \\ -0.0022 \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi^{(13)} &= \begin{bmatrix} -0.3212 \\ 0.955 \\ 0.0023 \\ -0.0806 \\ -0.1759 \\ 0.0682 \\ 0.0699 \\ 0.1089 \\ 0.0468 \\ 0.1460 \\ -0.0378 \\ 0.0158 \\ -0.0044 \\ 0.0049 \\ 0.0004 \end{bmatrix} &
\phi^{(14)} &= \begin{bmatrix} -0.0585 \\ 0.0110 \\ -0.0081 \\ -0.0258 \\ -0.0243 \\ -0.0131 \\ 0.0611 \\ 0.0383 \\ 0.0254 \\ -0.3550 \\ -0.0331 \\ -0.0818 \\ 0.0199 \\ 0.0103 \\ 0.0077 \end{bmatrix} &
\phi^{(15)} &= \begin{bmatrix} 0.4088 \\ 0.0686 \\ 0.1056 \\ -0.0607 \\ -0.0370 \\ -0.0251 \\ 0.0186 \\ 0.0134 \\ 0.0083 \\ -0.0109 \\ -0.0039 \\ -0.0035 \\ 0.0009 \\ 0.0007 \\ 0.0004 \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

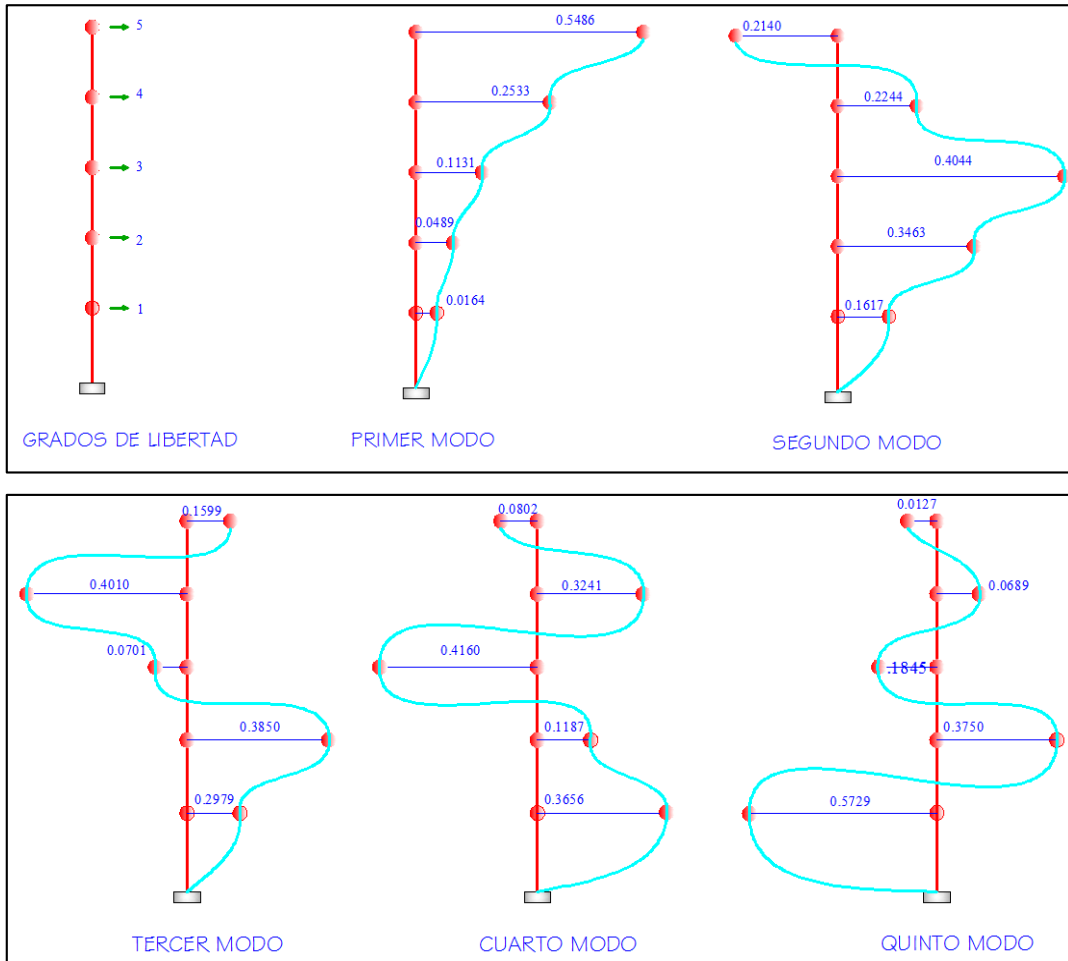
Tabla N: 44 Valores propios de la estructura

Valores propios λ_i	
λ_1	800
λ_2	3200
λ_3	6000
λ_4	9700
λ_5	19600
λ_6	23600
λ_7	39300
λ_8	47500
λ_9	54700
λ_{10}	92100
λ_{11}	112100
λ_{12}	188000
λ_{13}	316400
λ_{14}	575800
λ_{15}	1068600

Elaborado por: Verónica Constante

A continuación se presenta los gráficos de los modos de vibración para el pórtico plano de cinco pisos en los cuales la masa se concentra a nivel de piso.

Gráfico N: 45 Modos de vibración en el sentido “X” considerando cargas horizontales laterales por piso



Elaborado por: Verónica Constante

Las frecuencias de vibración W_n y períodos de vibración T_i se obtienen mediante las siguientes ecuaciones:

$$W_{ni} = \sqrt{\lambda_i} \quad (\text{Ec. 42})$$

$$T_i = \frac{2\pi}{W_{ni}} \quad (\text{Ec. 43})$$

Tabla N: 45 Frecuencia de vibración W_n

Frecuencia natural de vibración	Rad/seg
Wn1	28.2843
Wn2	56.5785
Wn3	77.4697
Wn4	98.4886
Wn5	140.0000
Wn6	153.6229
Wn7	198.2423
Wn8	217.9449
Wn9	233.8803
Wn10	303.4798
Wn11	334.8134
Wn12	433.5897
Wn13	562.4944
Wn14	758.8149
Wn15	1033.7311

Elaborado por: Verónica Constante

Tabla N: 46 Períodos de vibración Ti

Períodos De vibración	seg
T1	0.2222
T2	0.1111
T3	0.0811
T4	0.0638
T5	0.0449
T6	0.0409
T7	0.0317
T8	0.0288
T9	0.0269
T10	0.0207
T11	0.0188
T12	0.0145
T13	0.0112
T14	0.0083
T15	0.0061

Elaborado por: Verónica Constante

Determinamos a_0 y a_1 a partir de la ecuación

$$w_i = 28.28$$

$$w_j = 56.57$$

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \frac{1}{w_i} & w_i \\ \frac{1}{w_j} & w_j \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \zeta_i \\ \zeta_j \end{bmatrix} \quad (\text{Ec. 44})$$

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 28.28 \\ \frac{1}{28.28} & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,05 \\ 0,05 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 28.28 \\ \frac{1}{28.28} & 1 \end{bmatrix}^{-1} * 2 * \begin{bmatrix} 0,05 \\ 0,05 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 37.7124 & -18.8562 \\ -0.0118 & 0.0236 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0,10 \\ 0,10 \end{bmatrix}$$

$$a_0 = 37.7124(0,10) + (-18.8562)(0,10)$$

$$a_0 = 1.8856$$

$$a_1 = -0.0118(0,10) + 0.0236(0,10)$$

$$a_1 = 0.0012$$

Cálculo de la matriz de amortiguamiento

Se aplica la Ecuación 1:

$$c = a_0 M + a_1 K \quad (\text{Ec. 1})$$

9.00E+02	0	4.70E+03	-1.40E+02	0	-7.34E+02	2.85E+01	0	1.49E+02	-3.72E+00	-1.95E+01	4.59E-01	0	2.41E+00
0	2.37E+02	1.05E+03	0	-1.38E+02	-6.40E+02	0	3.23E+01	1.49E+02	0	-4.84E+00	0	6.44E-01	2.98E+00
4.70E+03	1.05E+03	4.86E+04	-7.36E+02	-6.20E+02	-1.35E+04	1.49E+02	1.45E+02	2.99E+03	-1.95E+01	-4.26E+02	2.41E+00	2.89E+00	5.53E+01
-1.40E+02	0	-7.36E+02	1.99E+02	0	1.02E+03	-1.07E+02	0	-5.59E+02	2.06E+01	1.08E+02	-1.94E+00	0	-1.02E+01
0	-1.38E+02	-6.20E+02	0	1.92E+02	8.68E+02	0	-1.06E+02	-4.91E+02	0	1.09E+02	0	-2.45E+00	-1.14E+01
-7.34E+02	-6.40E+02	1.02E+03	1.02E+03	8.68E+02	1.87E+04	-5.57E+02	-4.93E+02	-1.04E+04	1.07E+02	2.19E+03	-1.02E+01	-1.14E+01	-2.20E+02
2.85E+01	0	1.49E+02	-1.07E+02	0	-5.57E+02	1.61E+02	0	8.21E+02	-8.77E+01	-4.57E+02	1.32E+01	0	6.94E+01
0	3.23E+01	1.45E+02	0	-1.06E+02	-4.93E+02	0	1.54E+02	6.89E+02	0	-8.42E+01	0	1.43E+01	6.61E+01
1.49E+02	1.45E+02	4.86E+04	1.99E+02	0	1.02E+03	-1.07E+02	0	-4.91E+02	1.09E+02	-3.90E+02	0	6.60E+01	1.35E+03
0	2.37E+02	1.05E+03	0	-1.38E+02	-6.20E+02	0	3.23E+01	1.49E+02	0	-4.84E+00	0	6.44E-01	2.98E+00
-1.40E+02	0	-7.36E+02	1.99E+02	0	1.02E+03	-1.07E+02	0	-5.59E+02	2.06E+01	1.08E+02	-1.94E+00	0	-1.02E+01
0	-1.38E+02	-6.20E+02	0	1.92E+02	8.68E+02	0	-1.06E+02	-4.91E+02	0	1.09E+02	0	-2.45E+00	-1.14E+01
-7.34E+02	-6.40E+02	1.02E+03	1.02E+03	8.68E+02	1.87E+04	-5.57E+02	-4.93E+02	-1.04E+04	1.07E+02	2.19E+03	-1.02E+01	-1.14E+01	-2.20E+02
2.85E+01	0	1.49E+02	-1.07E+02	0	-5.57E+02	1.61E+02	0	8.21E+02	-8.77E+01	-4.57E+02	1.32E+01	0	6.94E+01
0	3.23E+01	1.45E+02	0	-1.06E+02	-4.93E+02	0	1.54E+02	6.89E+02	0	-8.42E+01	0	1.43E+01	6.61E+01
1.49E+02	1.45E+02	4.86E+04	1.99E+02	0	1.02E+03	-1.07E+02	0	-4.91E+02	1.09E+02	-3.90E+02	0	6.60E+01	1.35E+03
-3.72E+00	0	-1.95E+01	2.06E+01	0	1.07E+02	-8.77E+01	0	-4.57E+02	7.76E+02	4.03E+03	-3.98E+01	0	-2.09E+02
0	-4.84E+00	-2.17E+01	0	2.36E+01	1.09E+02	0	-8.42E+01	-3.89E+02	0	1.06E+02	4.68E+02	0	-1.69E+02
-1.95E+01	-2.24E+01	-4.26E+02	1.08E+02	1.09E+02	2.19E+03	-4.57E+02	-3.90E+02	-8.34E+03	4.05E+03	3.63E+04	-2.09E+02	-1.69E+02	-3.70E+03
4.59E-01	0	2.41E+00	-1.94E+00	0	-1.02E+01	1.32E+01	0	6.94E+01	-3.98E+01	3.30E+01	0	2.91E+01	1.47E+02
0	6.44E-01	2.89E+00	0	-2.45E+00	-1.14E+01	0	1.43E+01	6.60E+01	0	-1.69E+02	0	2.91E+01	1.12E+02
2.41E+00	2.98E+00	5.53E+01	-1.02E+01	-1.14E+01	-2.20E+02	6.94E+01	6.61E+01	1.35E+03	-2.09E+02	-3.70E+03	1.47E+02	1.12E+02	2.67E+03

Se calcula la fracción de amortiguamiento para el tercer modo a partir de la Ecuación 16:

$$\zeta_n = \frac{a_0}{2} * \frac{1}{\omega_n} + \frac{a_1}{2} * \omega_n$$

(Ec. 16)

$$\zeta_3 = \frac{1.8856}{2} * \frac{1}{77.46} + \frac{0.0012}{2} * 77.46$$

$$\zeta_3 = 0.0578$$

Tabla N: 47 Amortiguamientos

AMORTIGUAMIENTOS	
1	0.05
2	0.05
3	0.0578
4	0.0676
5	0.0892
6	0.0967
7	0.1216
8	0.1328
9	0.1418
10	0.1819
11	0.2001
12	0.2577
13	0.3331
14	0.4484
15	0.6100

Elaborado por: Verónica Constante

6.7.10 RESULTADOS

CHEQUEO DE DEFLEXIONES PARA $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Tabla N: 48 Chequeo de deriva máxima inelástica-CSX, $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$

	PISO	ALTURA DE PISO H (m)	DESPLAZAMIENTOS Δ	$\Delta_E =$ $(\Delta_S - \Delta_I) / H$	Δ_M $= 0.75R\Delta_E$	$\Delta_M < 0.02$
CSX	5	2.70	0.0407			
	4	2.70	0.0333	0.0027	0.0164	OK
	3	2.70	0.0250	0.0031	0.0184	OK
	2	2.70	0.0153	0.0036	0.0216	-
	1	2.90	0.0060	0.0034	0.0207	-
				0.0021	0.0124	OK
*R=8						

Elaborado por: Verónica Constante

Tabla N: 49 Chequeo de deriva máxima inelástica-CSY, $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$

	PISOS	ALTURA DE PISO H (m)	DESPLAZAMIENTOS Δ	$\Delta_E =$ $(\Delta_S - \Delta_I) / H$	$\Delta_M = 0.75R\Delta_E$	$\Delta_M < 0.02$
CSY	5	2.70	0.0260			
	4	2.70	0.0208	0.0019	0.0116	OK
	3	2.70	0.0156	0.0019	0.0116	OK
	2	2.70	0.0098	0.0021	0.0129	OK
	1	2.90	0.0041	0.0021	0.0127	OK
				0.0014	0.0085	OK
*R=8						

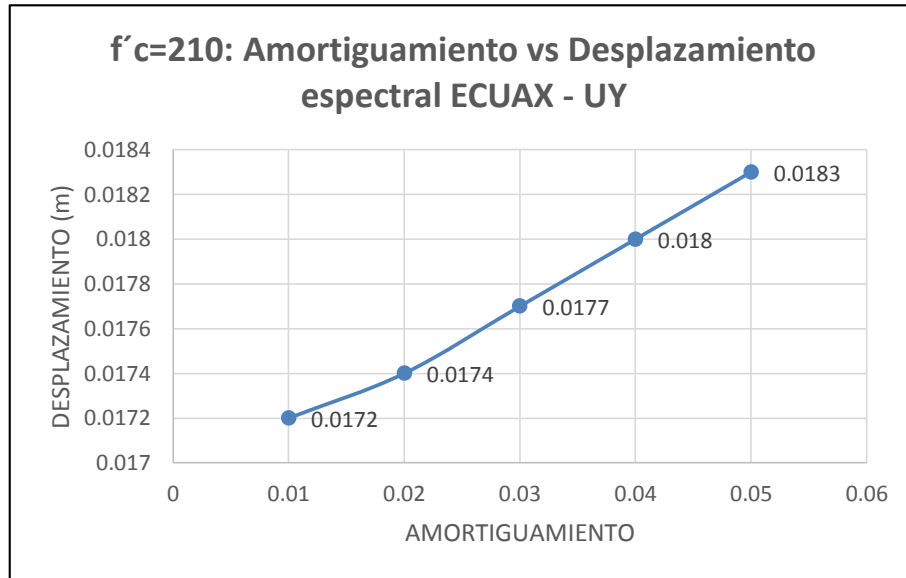
Elaborado por: Verónica Constante

Según la Tabla 45, en el sentido X de la estructura en los pisos 2 y 3 no cumple el chequeo de deriva máxima inelástica para una resistencia a la compresión del hormigón de $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, porque su valor supera el 0.02 recomendado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

RELACIÓN AMORTIGUAMIENTO VS DESPLAZAMIENTO PARA

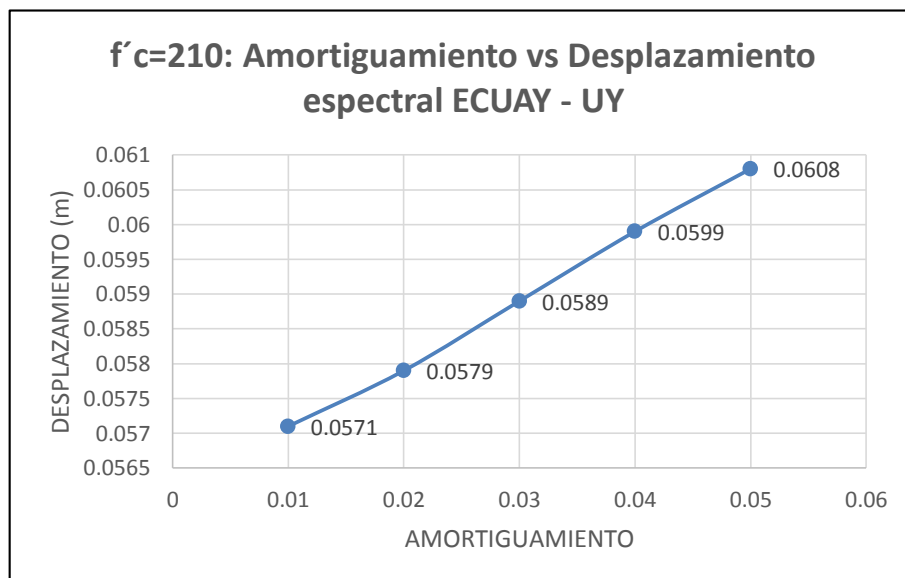
$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

Gráfico N: 46 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-ECUAX-UY; $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$



Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 47 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-ECUAY-UY; $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$



Elaborado por: Verónica Constante

CHEQUEO DE DEFLEXIONES PARA $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

Tabla N: 50 Chequeo de deriva máxima inelástica-CSX, $f'c=240 \text{ Kg/cm}^2$

	PISOS	ALTURA DE PISO H (m)	DESPLAZAMIENTOS Δ	$\Delta_E = (\Delta_S - \Delta_I) / H$	$\Delta_M = 0.75R\Delta_E$	$\Delta_M < 0.02$
CSX	5	2.70	0.0381			
	4	2.70	0.0311	0.0026	0.0156	OK
	3	2.70	0.0233	0.0029	0.0173	OK
	2	2.70	0.0143	0.0033	0.0200	OK
	1	2.90	0.0056	0.0032	0.0193	OK
				0.0019	0.0116	OK
*R=8						

Elaborado por: Verónica Constante

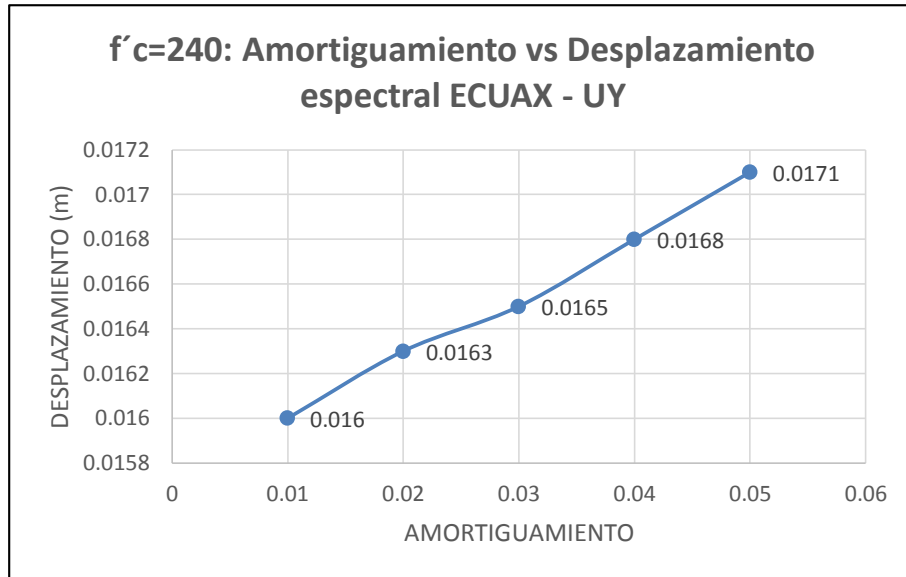
Tabla N: 51 Chequeo de deriva máxima inelástica-CSY, $f'c=240 \text{ Kg/cm}^2$

	PISOS	ALTURA DE PISO H (m)	DESPLAZAMIENTOS Δ	$\Delta_E = (\Delta_S - \Delta_I) / H$	$\Delta_M = 0.75R\Delta_E$	$\Delta_M < 0.02$
CSY	5	2.70	0.0243			
	4	2.70	0.0194	0.0018	0.0109	OK
	3	2.70	0.0146	0.0018	0.0107	OK
	2	2.70	0.0091	0.0020	0.0122	OK
	1	2.90	0.0038	0.0020	0.0118	OK
				0.0013	0.0079	OK
*R=8						

Elaborado por: Verónica Constante

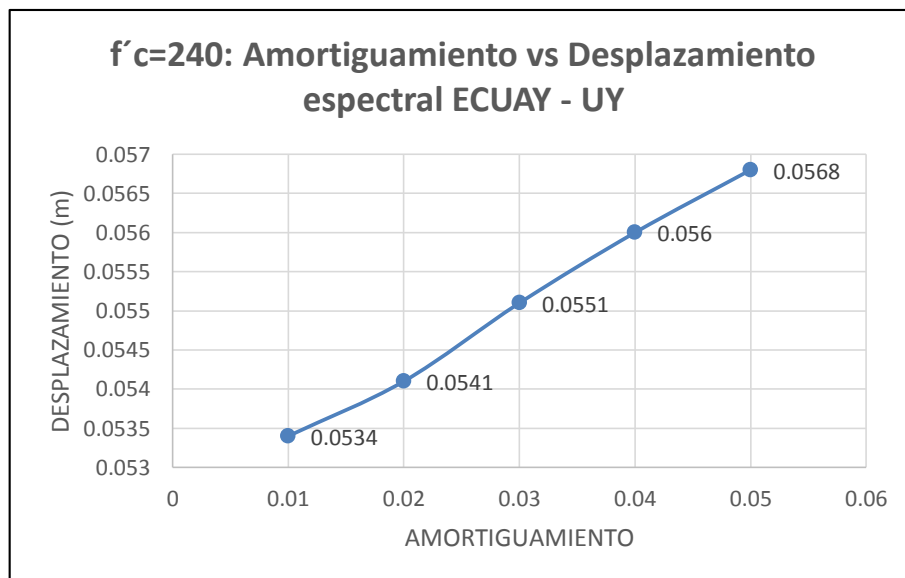
RELACIÓN AMORTIGUAMIENTO VS DESPLAZAMIENTO PARA
 $f'c=240 \text{ Kg/cm}^2$

Gráfico N: 48 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-
ECUAX-UY; $f'c=240 \text{ Kg/cm}^2$



Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 49 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-ECUAY-
UY; $f'c=240 \text{ Kg/cm}^2$



Elaborado por: Verónica Constante

CHEQUEO DE DEFLEXIONES PARA $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Tabla N: 52 Chequeo de deriva máxima inelástica-CSX, $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$

	PISOS	ALTURA DE PISO H (m)	DESPLAZAMIENTOS Δ	$\Delta_E =$ $(\Delta_S - \Delta_I) / H$	Δ_M $= 0.75R\Delta_E$	Δ_M < 0.02
CSX	5	2.70	0.0352			
	4	2.70	0.0288	0.0024	0.0142	OK
	3	2.70	0.0216	0.0027	0.0160	OK
	2	2.70	0.0132	0.0031	0.0187	OK
	1	2.90	0.0052	0.0030	0.0178	OK
				0.0018	0.0108	OK
*R=8						

Elaborado por: Verónica Constante

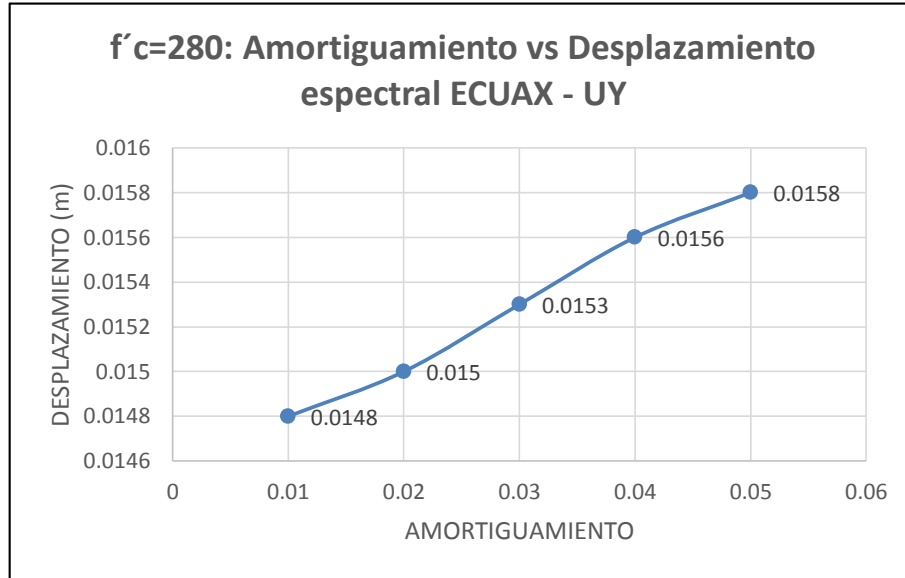
Tabla N: 53 Chequeo de deriva máxima inelástica-CSY, $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$

	PISOS	ALTURA DE PISO H (m)	DESPLAZAMIENTOS Δ	$\Delta_E =$ $(\Delta_S - \Delta_I) / H$	Δ_M $= 0.75R\Delta_E$	Δ_M < 0.02
CSY	5	2.70	0.0224			
	4	2.70	0.0180	0.0016	0.0098	OK
	3	2.70	0.0135	0.0017	0.0100	OK
	2	2.70	0.0085	0.0019	0.0111	OK
	1	2.90	0.0035	0.0019	0.0111	OK
				0.0012	0.0072	OK
*R=8						

Elaborado por: Verónica Constante

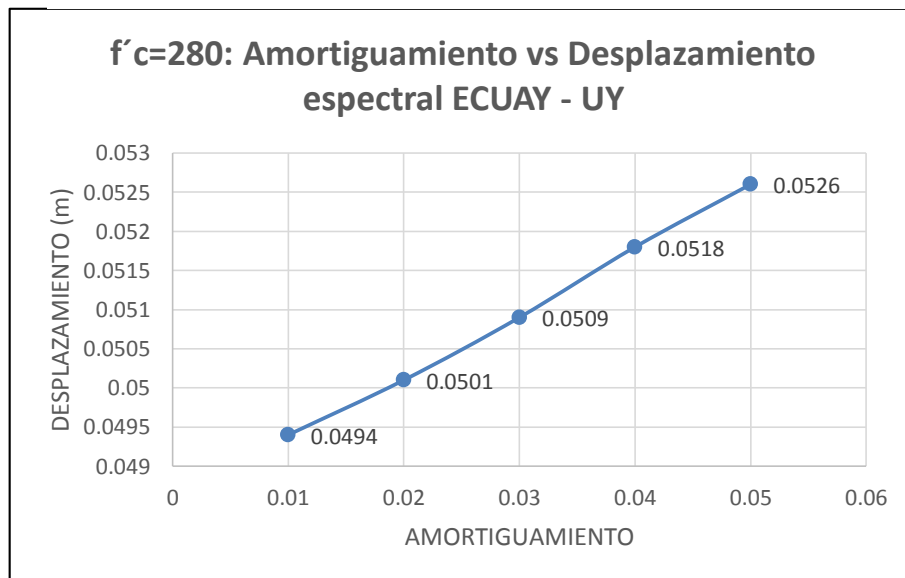
RELACIÓN AMORTIGUAMIENTO VS DESPLAZAMIENTO PARA
 $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$

Gráfico N: 50 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-
ECUAX-UY; $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$



Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 51 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral-
ECUAY-UY; $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$



Elaborado por: Verónica Constante

CHEQUEO DE DEFLEXIONES PARA $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

Tabla N: 54 Chequeo de deriva máxima inelástica-CSX, $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$

	PISO	ALTURA DE PISO H (m)	DESPLAZAMIENTOS Δ	$\Delta_E =$ $(\Delta_S - \Delta_I) / H$	Δ_M $= 0.75R\Delta_E$	Δ_M < 0.02
CSX	5	2.70	0.0314			
	4	2.70	0.0257	0.0021	0.0127	OK
	3	2.70	0.0193	0.0024	0.0142	OK
	2	2.70	0.0118	0.0028	0.0167	OK
	1	2.90	0.0047	0.0026	0.0158	OK
				0.0016	0.0097	OK
*R=8						

Elaborado por: Verónica Constante

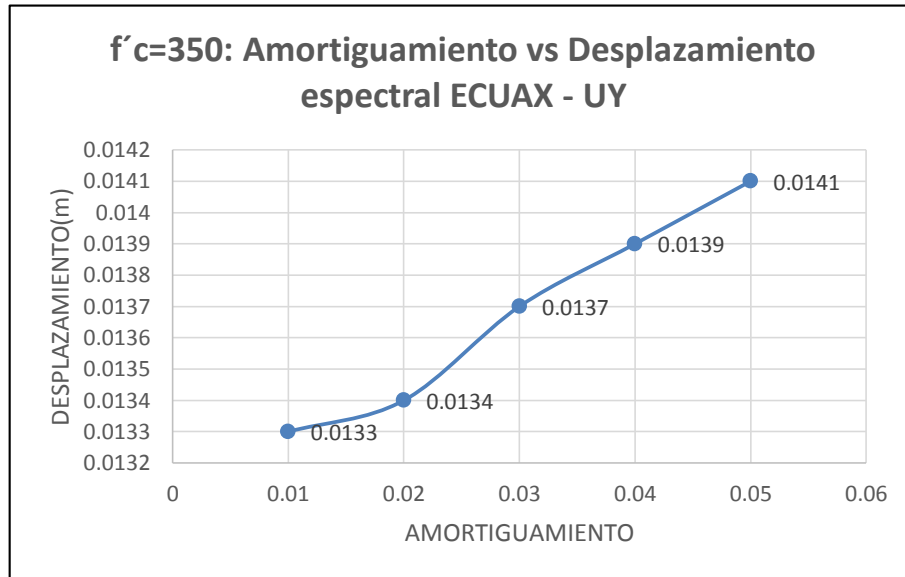
Tabla N: 55 Chequeo de deriva máxima inelástica-CSY, $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$

	PISOS	ALTURA DE PISO H (m)	DESPLAZAMIENTOS Δ	$\Delta_E =$ $(\Delta_S - \Delta_I) / H$	Δ_M $= 0.75R\Delta_E$	Δ_M < 0.02
CSY	5	2.70	0.0201			
	4	2.70	0.0161	0.0015	0.0089	OK
	3	2.70	0.0121	0.0015	0.0089	OK
	2	2.70	0.0076	0.0017	0.0100	OK
	1	2.90	0.0031	0.0017	0.0100	OK
				0.0011	0.0064	OK
*R=8						

Elaborado por: Verónica Constante

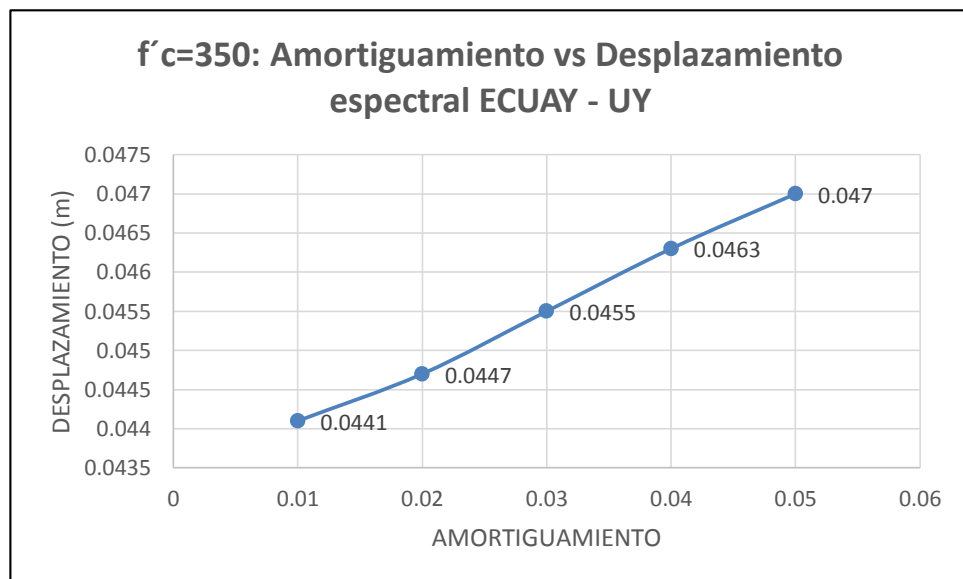
RELACIÓN AMORTIGUAMIENTO VS DESPLAZAMIENTO PARA
 $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

Gráfico N: 52 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral
 ECUAX-UY; $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$



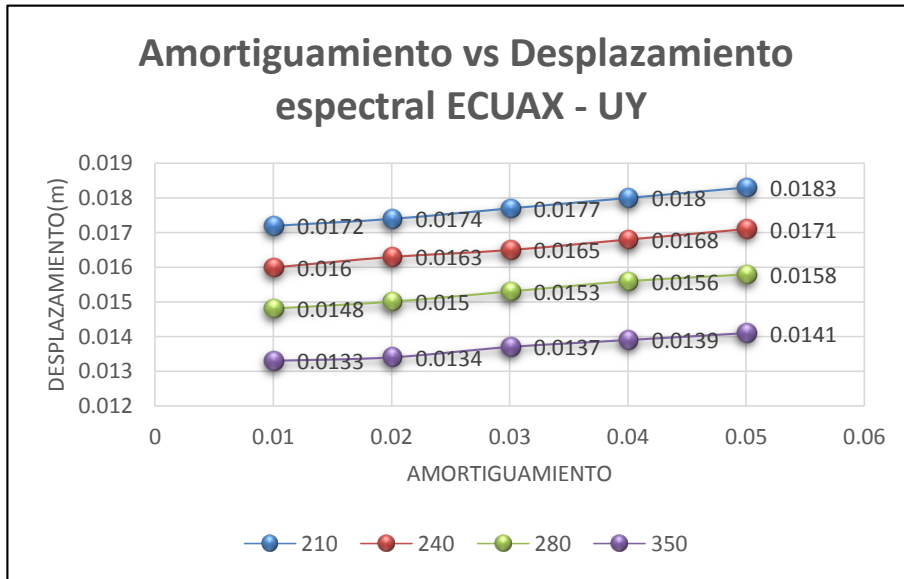
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 53 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral
 ECUAY-UY; $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$



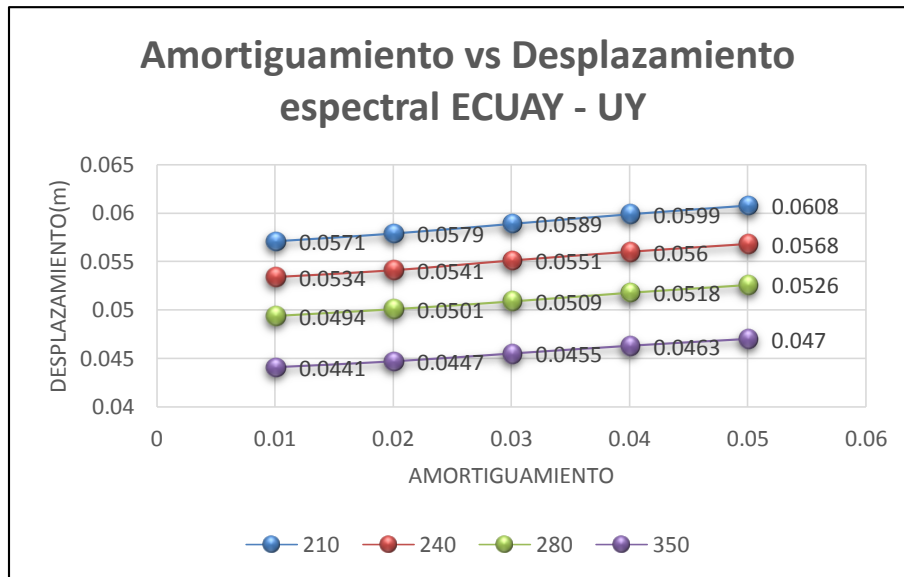
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 54 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral- ECUAX-UY; diferente f_c



Elaborado por: Verónica Constante

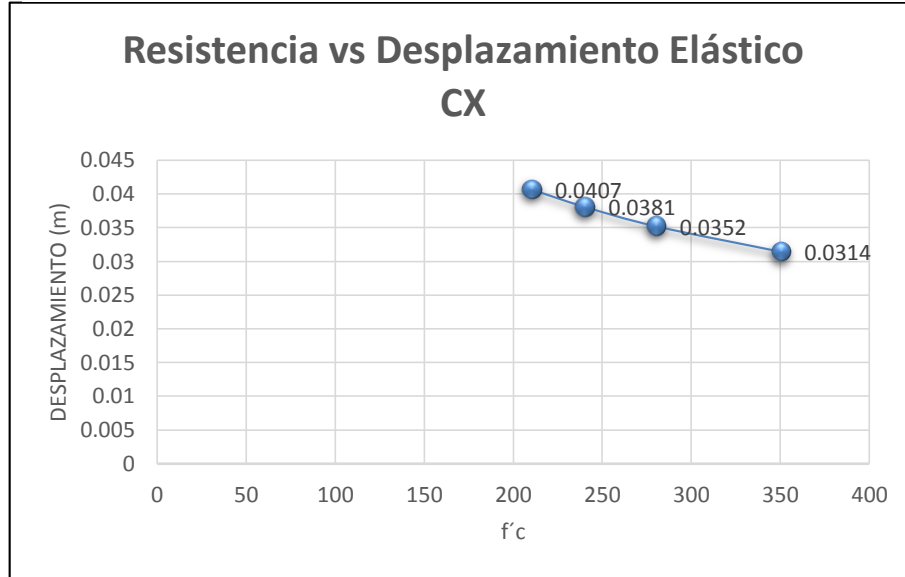
Gráfico N: 55 Amortiguamiento vs Desplazamiento espectral- ECUAY-UY; diferente f_c



Elaborado por: Verónica Constante

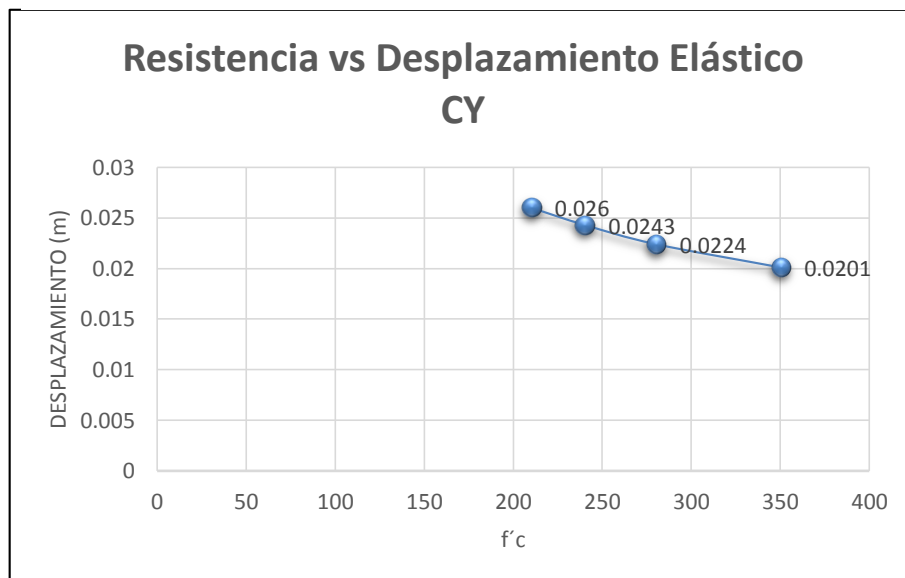
CHEQUEO RESISTENCIA VS DESPLAZAMIENTO

Gráfico N: 56 Resistencia vs Desplazamiento elástico CX



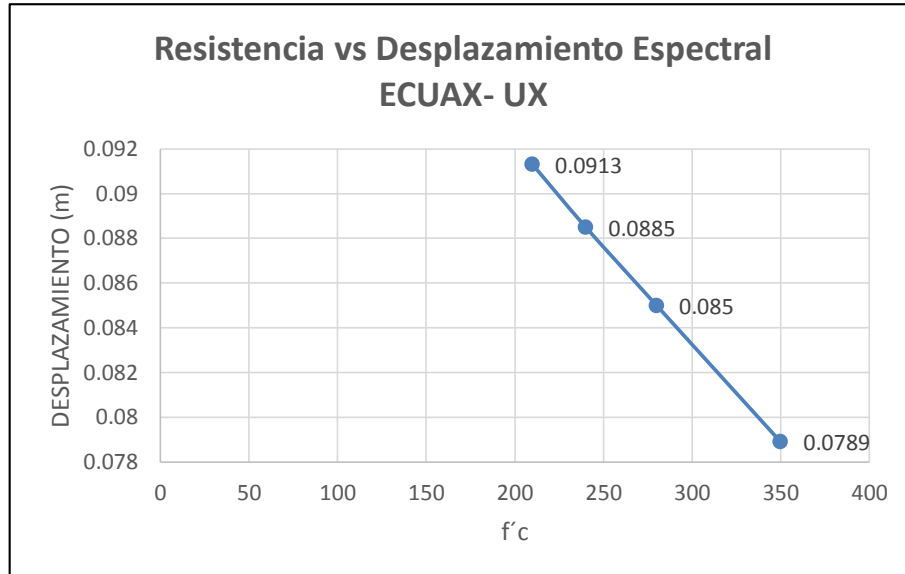
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 57 Resistencia vs Desplazamiento elástico CY



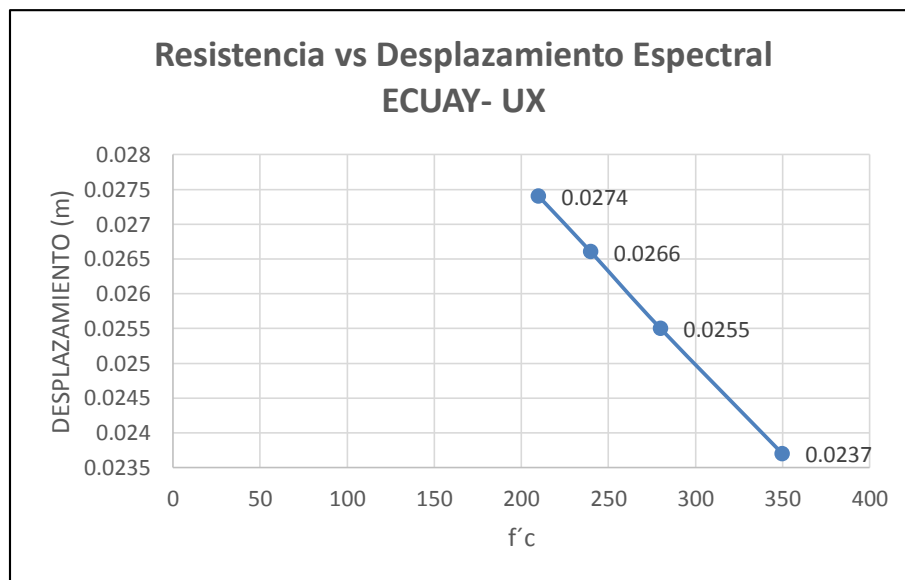
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 58 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UX;
Amortiguamiento: 0.05=0.04=0.03=0.02=0.01



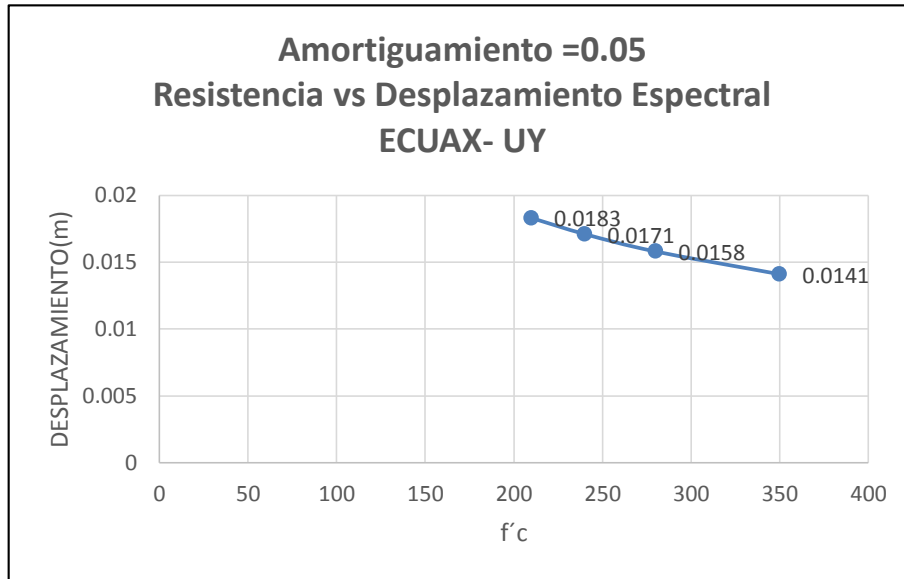
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 59 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UX;
Amortiguamiento: 0.05=0.04=0.03=0.02=0.01



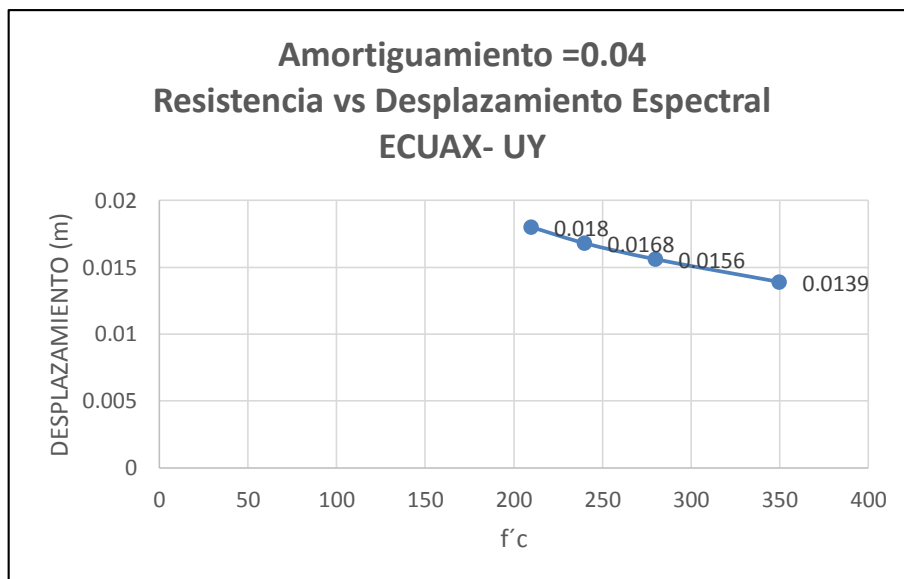
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 60 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UY;
Amortiguamiento: 0.05



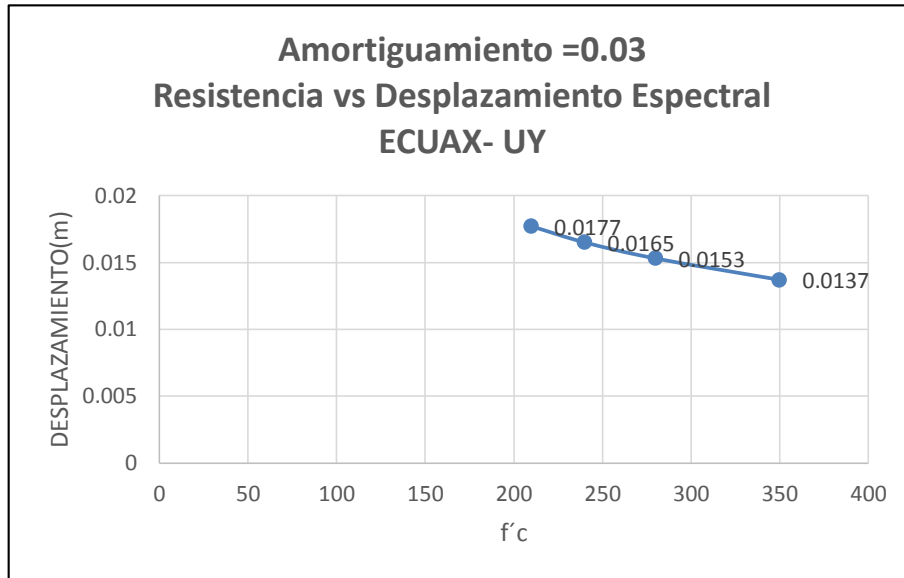
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 61 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UY;
Amortiguamiento: 0.04



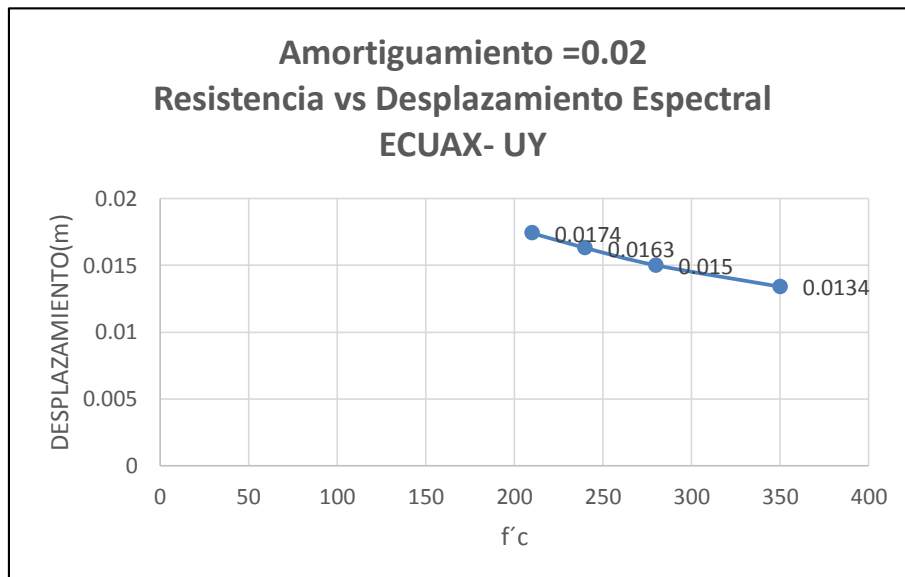
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 62 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UY;
Amortiguamiento: 0.03



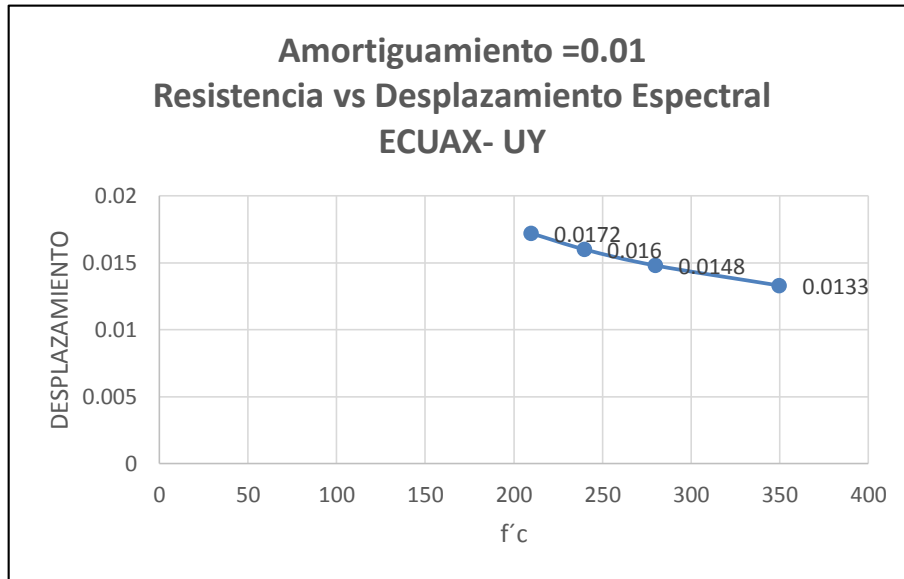
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 63 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UY;
Amortiguamiento: 0.02



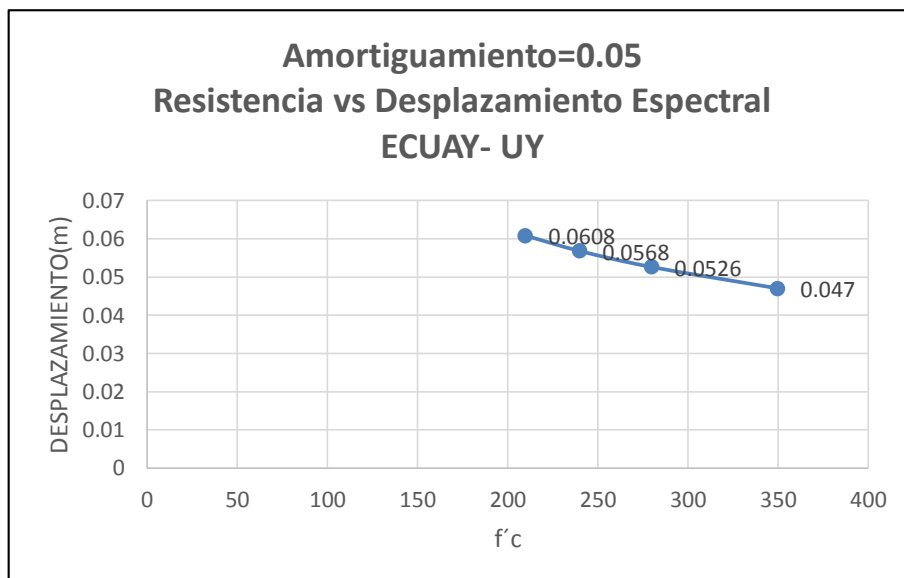
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 64 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UY;
Amortiguamiento: 0.01



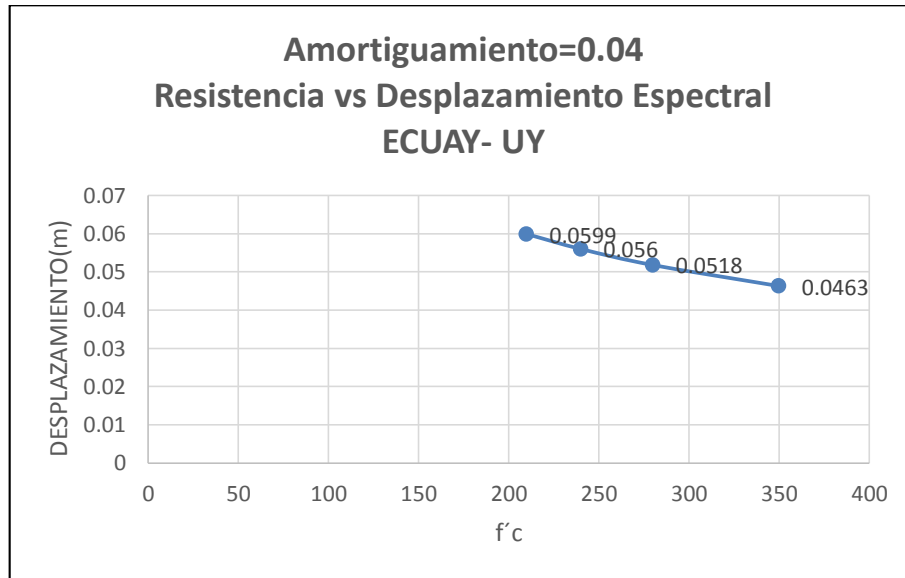
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 65 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UY;
Amortiguamiento: 0.05



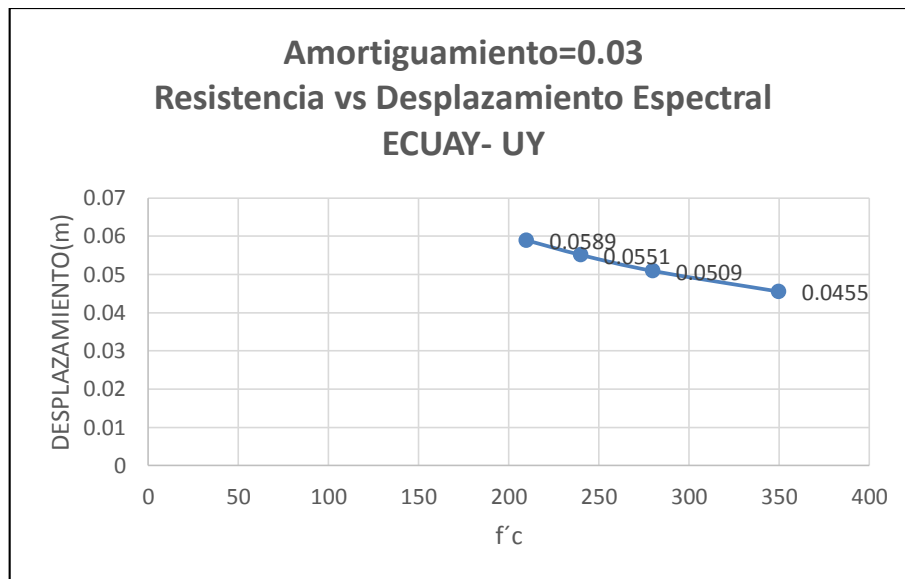
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 66 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UY;
Amortiguamiento: 0.04



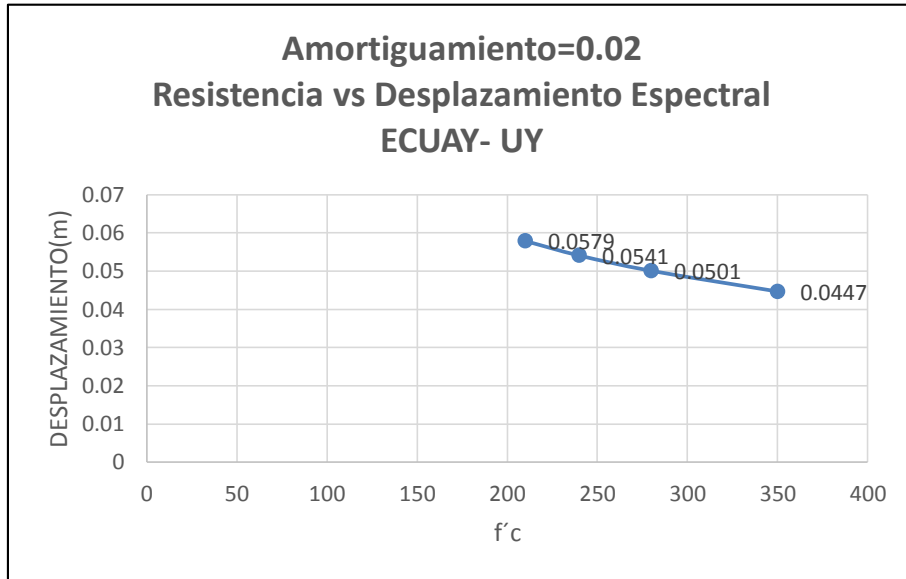
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 67 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UY;
Amortiguamiento: 0.03



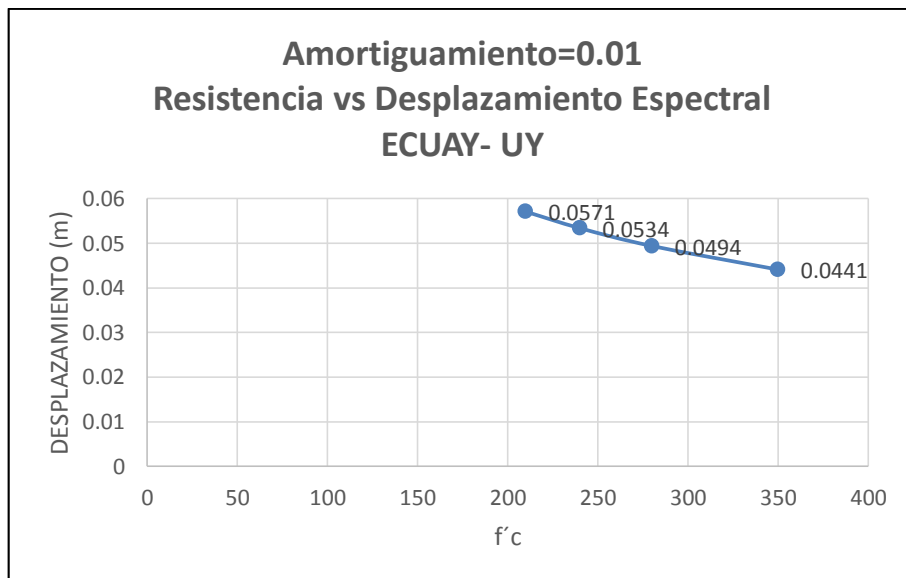
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 68 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UY;
Amortiguamiento: 0.02



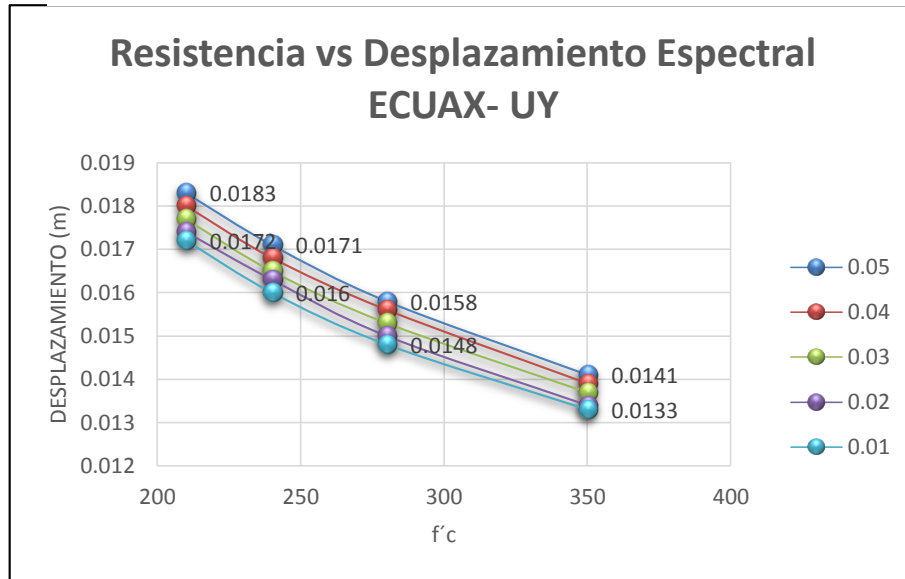
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 69 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UY;
Amortiguamiento: 0.01



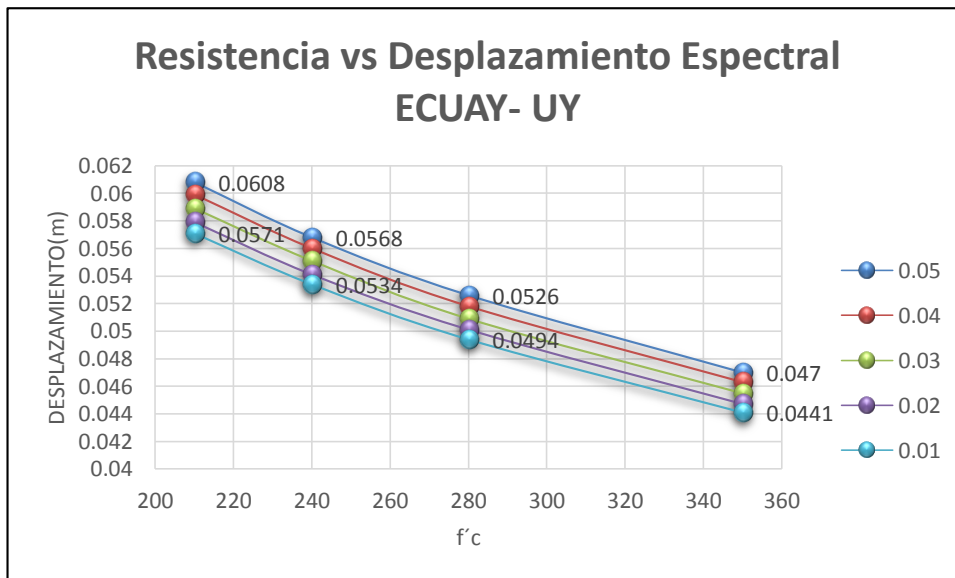
Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 70 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAX-UY;
Distinto Amortiguamiento



Elaborado por: Verónica Constante

Gráfico N: 71 Resistencia vs Desplazamiento espectral ECUAY-UY;
Distinto Amortiguamiento



Elaborado por: Verónica Constante

6.7.11 CONCLUSIONES

- Se estabilizó la estructura cumpliendo las condiciones de deriva máximas de piso de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, (NEC 2015), para la primera opción de resistencia a la compresión, $f'c=240\text{Kg/cm}^2$. Al incrementar la resistencia a $f'c=280\text{Kg/cm}^2$, sus derivas máximas bajan cumpliendo la condición de la norma (<0.02). Se incrementa aún más la resistencia $f'c=350\text{Kg/cm}^2$, bajando aún más sus derivas máximas. Estos resultados nos indican que a mayor resistencia sus derivas máximas se reducen, pero se presenta una estructura cada vez más rígida, es decir que al presentarse un sismo, la edificación colapsará sin dar tiempo a evacuar.
- Al disminuir la resistencia a $f'c=210\text{Kg/cm}^2$, se observa que en el chequeo de derivas máximas, dos cálculos no cumplen la condición que propone la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC2015), dando valores mayores a 0.02. Se interpreta que la estructura en estudio es inestable con ese valor de resistencia.
- Al analizar el edificio para una misma resistencia a la compresión del hormigón, y se varía su amortiguamiento entre 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 y 0.05; los desplazamientos elásticos no varían. Los valores que sufren variaciones son los desplazamientos espectrales en el sentido "UY". Para estos valores se concluye que a mayor amortiguamiento, mayor es el desplazamiento espectral.
- Al relacionar la resistencia y el desplazamiento, se verificó que a mayor resistencia ($f'c$), menor serán sus desplazamientos, siendo este un parámetro importante a la hora de diseñar nuestras estructuras para que sean estables.

- Si se modifica el amortiguamiento en el diseño de una estructura de hormigón armado, con una misma resistencia a la compresión del hormigón ($f'c$), se observa que las frecuencias no se alteran.
- La cantidad de amortiguamiento presente en una estructura, es relativamente pequeña, por lo tanto su efecto es despreciado en los cálculos de las frecuencias naturales y de los modos.

6.7.12 RECOMENDACIONES

- Aplicar las especificaciones de normas y códigos de la construcción, entre ellos la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente y el código del ACI 318-08 para diseñar edificaciones óptimas de acuerdo a su lugar, uso u ocupación.
- En el caso de chequeo de derivas máximas, no por calcular un valor muy bajo a la condición dada (<0.02), quiere decir que la estructura sea más estable. Se debe tomar decisiones que aporten al diseño de la estructura.
- Al diseñar una estructura y la deriva sobrepasa la condición dada por la NEC2015 (<0.02), se aumenta la resistencia ($f'c$) para que los desplazamientos disminuyan.
- Si se me presenta una deriva máxima menor a 0.01, lo ideal es bajar la resistencia a la compresión del hormigón para que no se presente una estructura muy rígida.

6.8 ADMINISTRACIÓN DE LA PROPUESTA

Este trabajo fue realizado bajo la supervisión del Ing. Jorge Cevallos Msc. como tutor de la estudiante Verónica Lisseth Constante Prócel quien realiza el Proyecto de Investigación, como trabajo final previo a la Obtención del Título de Ingeniero Civil.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Tabla N: 56 Previsión de la Evaluación

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1. ¿Qué evaluar?	El amortiguamiento de un edificio de hormigón armado
2. ¿Por qué evaluar?	Porque el amortiguamiento de un edificio es un parámetro importante al presentarse un sismo.
3. ¿Para qué evaluar?	Para identificar y comparar los amortiguamientos en base a la resistencia del edificio.
4. ¿Con qué criterios?	Método de Rayleigh y los criterios de las normas vigentes.
5. ¿Indicadores?	Cuantitativos
6. ¿Quién evalúa?	Verónica L. Constante P.
7. ¿Cuándo evaluar?	Al diseñar la estructura.
8. ¿Cómo evaluar?	Comparación de resultados de amortiguamientos del edificio con diferentes resistencias.
9. Fuentes de información	Libros, Internet, Proyectos investigativos de Ingeniería.
10. ¿Con qué evaluar?	Software especializado.

Elaborado por: Verónica Constante

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

- American Concrete Institute, Comité 318 (2008). "Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI 318S-08 y comentario". Farmington Hills. Michigan, USA. Versión español y sistema métrico.
- Aguiar R. (2006). Dinámica de estructuras. Quito- Ecuador.
- Aguiar R., Bedón R., & Ibeth Carolina. Capacidad sísmica de estructuras considerando la interacción suelo-estructura.
- Chopra A.K. (2014). Dinámica de estructuras. México. Cuarta edición.
- Fernández L. R. & Avilés J. (2008). Efectos de interacción suelo-estructura en edificios con planta baja blanda. Revista de Ingeniería Sísmica No. 79 71-90
- García L. E. (1998). Dinámica estructural aplicada al diseño sísmico. Bogotá, Colombia.
- Guerra M. (2013). Diseño sismo resistente de edificios utilizando ETABS. Quito- Ecuador.
- Merino I. (2014) Trabajo de grado para obtener el título de maestría en Ingeniería. "Identificación de las propiedades dinámicas del edificio de Ingenierías de la Universidad EAFIT mediante pruebas de vibración ambiental"
- Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015. "Peligro Sísmico/Diseño Sismo Resistente". Código: NEC-SE-DS. Quito, Ecuador.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015. "Estructuras de Hormigón Armado". Código: NEC-SE-HM. Quito, Ecuador.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015. "Cargas (No Sísmicas)". Código: NEC-SE-CG. Quito, Ecuador.
- Paz M. (1992). Dinámica estructural. Barcelona, España.
- Reino P. El Síndrome del Terremoto. Análisis económico. Ambato
- Thomson W. Teoría de vibraciones. Santa Bárbara, California.

2. ANEXOS

**RESULTADOS GENERADOS POR EL PROGRAMA ESPECIALIZADO EN
DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO**

F'c:210 Kg/cm2; Amortiguamiento:0.01

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 1

S T O R Y D A T A

STORY	SIMILAR TO	HEIGHT	ELEVATION
STORY5	None	2.700	13.700
STORY4	None	2.700	11.000
STORY3	STORY1	2.700	8.300
STORY2	STORY1	2.700	5.600
STORY1	None	2.900	2.900
BASE	None		0.000

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 2

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	AUTO LAT LOAD	SELF WT MULTIPLIER	NOTIONAL FACTOR	NOTIONAL DIRECTION
CMUERTA	DEAD	N/A	1.0000		
CVIVA	LIVE	N/A	0.0000		
CPARED	DEAD	N/A	0.0000		
CSX	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		
CSY	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 3

R E S P O N S E S P E C T R U M C A S E S

RESP SPEC CASE: ECUAX

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0100	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	3.9240
U2	ECUADOR2	1.1770
UZ	----	N/A

RESP SPEC CASE: ECUAY

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0100	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	1.1770
U2	ECUADOR2	3.9240
UZ	----	N/A

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 4

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSY

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: Y + EccX
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$V = C W$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5 20596.718	0.00	44775.47		0.00	0.000	0.000
STORY4 20549.800	0.00	44687.37		0.00	506.823	0.000
STORY3 17501.586	0.00	38070.09		0.00	371.906	0.000
STORY2 11454.650	0.00	24914.70		0.00	241.337	0.000
STORY1 5651.017	0.00	12290.11		0.00	119.135	0.000

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 5

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSX

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X + EccY
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$V = C W$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5	44775.47	0.00	0.00	0.000	0.000	-44999.351
STORY4	44687.37	0.00	0.00	0.000	-506.823	-44548.144
STORY3	38070.09	0.00	0.00	0.000	-371.906	-37989.224
STORY2	24914.70	0.00	0.00	0.000	-241.337	-24863.323
STORY1	12290.11	0.00	0.00	0.000	-119.135	-12263.765

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 6

M A S S S O U R C E D A T A

MASS LATERAL LUMP MASS
FROM MASS ONLY AT STORIES

Loads Yes Yes

M A S S S O U R C E L O A D S

LOAD MULTIPLIER

CMUERTA 1.0000
CPARED 1.0000

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 7

D I A P H R A G M M A S S D A T A

STORY	DIAPHRAGM	MASS-X	MASS-Y	MMI	X-M	Y-M
STORY5	P5	1.674E+04	1.674E+04	7.623E+05	4.412	9.133
STORY4	P4	2.108E+04	2.108E+04	9.333E+05	4.257	9.111
STORY3	P3	2.451E+04	2.451E+04	1.071E+06	4.279	9.129
STORY2	P2	2.472E+04	2.472E+04	1.082E+06	4.274	9.129
STORY1	P1	2.513E+04	2.513E+04	1.101E+06	4.268	9.128

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 8

A S S E M B L E D P O I N T M A S S E S

STORY	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
STORY5	1.674E+04	1.674E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.623E+05
STORY4	2.126E+04	2.126E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.333E+05
STORY3	2.469E+04	2.469E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.071E+06
STORY2	2.490E+04	2.490E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.082E+06
STORY1	2.531E+04	2.531E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.101E+06
BASE	1.673E+03	1.673E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Totals	1.146E+05	1.146E+05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.950E+06

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 9

C E N T E R S O F C U M U L A T I V E M A S S & C E N T E R S O F R I G I D I T Y

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	/-----CENTER OF MASS-----//			--CENTER OF RIGIDITY--//	
		MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
STORY5	P5	1.674E+04	4.412	9.133	3.903	9.086
STORY4	P4	2.108E+04	4.257	9.111	3.912	9.090
STORY3	P3	2.451E+04	4.279	9.129	3.918	9.090
STORY2	P2	2.472E+04	4.274	9.129	3.925	9.089
STORY1	P1	2.513E+04	4.268	9.128	3.943	9.088

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 10

M O D A L P E R I O D S A N D F R E Q U E N C I E S

MODE FREQ NUMBER	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYCLES/TIME)	CIRCULAR (RADIANS/TIME)
Mode 1	0.78371	1.27599	8.01728
Mode 2	0.68207	1.46612	9.21189
Mode 3	0.61319	1.63082	10.24674
Mode 4	0.27192	3.67750	23.10645
Mode 5	0.24716	4.04593	25.42133
Mode 6	0.22991	4.34960	27.32935
Mode 7	0.14055	7.11497	44.70468
Mode 8	0.12823	7.79871	49.00077
Mode 9	0.09753	10.25352	64.42477
Mode 10	0.08439	11.84958	74.45314
Mode 11	0.06591	15.17203	95.32865
Mode 12	0.05872	17.03095	107.00864

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 11

M O D A L P A R T I C I P A T I N G M A S S R A T I O S

MODE NUMBER	X-TRANS %MASS <SUM>	Y-TRANS %MASS <SUM>	Z-TRANS %MASS <SUM>	RX-ROTN %MASS <SUM>	RY-ROTN %MASS <SUM>	RZ-ROTN %MASS <SUM>
Mode 1	77.66 < 78>	0.01 < 0>	0.00 < 0>	0.01 < 0>	99.65 <100>	0.02 < 0>
Mode 2	0.03 < 78>	8.51 < 9>	0.00 < 0>	11.03 < 11>	0.04 <100>	69.94 < 70>
Mode 3	0.00 < 78>	69.71 < 78>	0.00 < 0>	88.75 <100>	0.00 <100>	8.59 < 79>
Mode 4	12.58 < 90>	0.03 < 78>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.06 <100>	0.02 < 79>
Mode 5	0.04 < 90>	3.55 < 82>	0.00 < 0>	0.02 <100>	0.00 <100>	8.67 < 87>
Mode 6	0.01 < 90>	8.74 < 91>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	3.45 < 91>
Mode 7	5.73 < 96>	0.00 < 91>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.18 <100>	0.00 < 91>
Mode 8	0.01 < 96>	5.29 < 96>	0.00 < 0>	0.09 <100>	0.00 <100>	0.28 < 91>
Mode 9	0.00 < 96>	1.28 < 97>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	2.65 < 94>
Mode 10	2.57 < 99>	0.00 < 97>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.05 <100>	0.00 < 94>
Mode 11	0.00 < 99>	2.78 <100>	0.00 < 0>	0.04 <100>	0.00 <100>	0.35 < 94>
Mode 12	1.33 <100>	0.00 <100>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.02 <100>	0.00 < 94>

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 12

M O D A L L O A D P A R T I C I P A T I O N R A T I O S
(STATIC AND DYNAMIC RATIOS ARE IN PERCENT)

TYPE	NAME	STATIC	DYNAMIC
Load	CMUERTA	0.0000	0.0000
Load	CVIVA	0.0000	0.0000
Load	CPARED	0.0000	0.0000
Load	CSX	100.0000	99.9832
Load	CSY	100.0000	99.9822
Accel	UX	100.0000	99.9660
Accel	UY	100.0000	99.9039
Accel	UZ	0.0000	0.0000
Accel	RX	100.0000	99.9994
Accel	RY	100.0000	100.0000
Accel	RZ	95.3251	93.9754

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 13

TOTAL REACTIVE FORCES (RECOVERED LOADS) AT ORIGIN

LOAD	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
CMUERTA	-7.340E-08	1.226E-06	9.227E+05	8.405E+06	-3.982E+06	-1.029E+00
CVIVA	-1.681E-08	3.827E-07	1.774E+05	1.656E+06	-8.075E+05	-3.453E-01
CPARED	-1.858E-08	4.933E-07	2.295E+05	2.108E+06	-9.586E+05	-4.538E-01
CSX	-1.647E+05	-1.975E-06	5.436E-07	-2.974E+02	-1.621E+06	1.668E+06
CSY	-4.595E-07	-1.647E+05	-4.912E-09	1.612E+06	7.914E+01	-7.854E+05
ECUAX	3.732E+05	1.132E+05	1.218E-06	1.098E+06	3.632E+06	3.493E+06
ECUAY	1.122E+05	3.768E+05	3.657E-07	3.657E+06	1.091E+06	1.664E+06

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 14

S T O R Y F O R C E S

STORY	LOAD	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY5	CSX	-9.991E-11	-4.478E+04	-1.223E-06	4.539E+05	-7.550E+00	-1.222E+05
STORY4	CSX	1.257E-07	-8.946E+04	-1.406E-06	9.056E+05	-1.391E+01	-3.665E+05
STORY3	CSX	3.358E-07	-1.275E+05	-1.896E-06	1.291E+06	-3.707E+01	-7.169E+05
STORY2	CSX	4.903E-07	-1.524E+05	-1.875E-06	1.543E+06	-1.172E+02	-1.137E+06
STORY1	CSX	5.436E-07	-1.647E+05	-1.975E-06	1.668E+06	-2.974E+02	-1.621E+06
STORY5	CSY	-5.648E-10	-3.141E-08	-4.478E+04	-2.182E+05	1.218E+05	1.786E+01
STORY4	CSY	-2.406E-08	-4.022E-07	-8.946E+04	-4.289E+05	3.649E+05	5.873E+01
STORY3	CSY	-1.279E-08	-4.457E-07	-1.275E+05	-6.093E+05	7.127E+05	7.652E+01
STORY2	CSY	-3.114E-08	-4.533E-07	-1.524E+05	-7.273E+05	1.129E+06	8.765E+01
STORY1	CSY	-4.912E-09	-4.595E-07	-1.647E+05	-7.854E+05	1.612E+06	7.914E+01
STORY5	ECUAX	5.376E-10	1.104E+05	3.246E+04	1.036E+06	8.823E+04	3.010E+05
STORY4	ECUAX	2.859E-07	2.063E+05	6.190E+04	1.927E+06	2.537E+05	8.536E+05
STORY3	ECUAX	7.520E-07	2.905E+05	8.799E+04	2.713E+06	4.896E+05	1.631E+06
STORY2	ECUAX	1.097E-06	3.466E+05	1.052E+05	3.240E+06	7.720E+05	2.561E+06
STORY1	ECUAX	1.218E-06	3.732E+05	1.132E+05	3.493E+06	1.098E+06	3.632E+06
STORY5	ECUAY	1.065E-09	3.325E+04	1.079E+05	5.183E+05	2.932E+05	9.064E+04
STORY4	ECUAY	9.679E-08	6.200E+04	2.060E+05	9.267E+05	8.440E+05	2.567E+05
STORY3	ECUAY	2.265E-07	8.724E+04	2.930E+05	1.289E+06	1.630E+06	4.901E+05
STORY2	ECUAY	3.334E-07	1.041E+05	3.501E+05	1.537E+06	2.571E+06	7.690E+05
STORY1	ECUAY	3.657E-07	1.122E+05	3.768E+05	1.664E+06	3.657E+06	1.091E+06

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:18 PAGE 15

STORY DRIFTS

STORY	DIRECTION	LOAD	MAX DRIFT
STORY5	X	CSX	1/310
STORY4	X	CSX	1/277
STORY3	X	CSX	1/239
STORY2	X	CSX	1/248
STORY1	X	CSX	1/413
STORY5	Y	CSY	1/477
STORY4	Y	CSY	1/469
STORY3	Y	CSY	1/414
STORY2	Y	CSY	1/423
STORY1	Y	CSY	1/658
STORY5	X	ECUAX	1/150
STORY4	X	ECUAX	1/133
STORY3	X	ECUAX	1/120
STORY2	X	ECUAX	1/125
STORY1	X	ECUAX	1/205
STORY5	X	ECUAY	1/262
STORY5	Y	ECUAY	1/197
STORY4	X	ECUAY	1/245
STORY4	Y	ECUAY	1/194
STORY3	X	ECUAY	1/212
STORY3	Y	ECUAY	1/171
STORY2	X	ECUAY	1/217
STORY2	Y	ECUAY	1/174
STORY1	X	ECUAY	1/373
STORY1	Y	ECUAY	1/265

DISPLACEMENTS AT DIAPHRAGM CENTER OF MASS

STORY	DIAPHRAGM	LOAD	UX	UY	RZ
STORY5	P5	CSX	0.0407	-0.0004	-0.00070
STORY4	P4	CSX	0.0333	-0.0003	-0.00057
STORY3	P3	CSX	0.0250	-0.0003	-0.00043
STORY2	P2	CSX	0.0153	-0.0002	-0.00027
STORY1	P1	CSX	0.0060	-0.0002	-0.00011
STORY5	P5	CSY	-0.0002	0.0260	0.00059
STORY4	P4	CSY	-0.0001	0.0208	0.00048
STORY3	P3	CSY	0.0000	0.0156	0.00036
STORY2	P2	CSY	0.0000	0.0098	0.00022
STORY1	P1	CSY	0.0000	0.0041	0.00009
STORY5	P5	ECUAX	0.0914	0.0172	0.00141
STORY4	P4	ECUAX	0.0747	0.0139	0.00116
STORY3	P3	ECUAX	0.0562	0.0105	0.00088
STORY2	P2	ECUAX	0.0345	0.0066	0.00055
STORY1	P1	ECUAX	0.0136	0.0027	0.00023
STORY5	P5	ECUAY	0.0274	0.0571	0.00458
STORY4	P4	ECUAY	0.0224	0.0462	0.00376
STORY3	P3	ECUAY	0.0169	0.0348	0.00286
STORY2	P2	ECUAY	0.0104	0.0218	0.00179
STORY1	P1	ECUAY	0.0041	0.0091	0.00073

STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS

STORY	LOAD	DIR	MAXIMUM	AVERAGE	RATIO
STORY5	CSX	X	0.0469	0.0406	1.155
STORY4	CSX	X	0.0384	0.0332	1.155
STORY3	CSX	X	0.0288	0.0249	1.157
STORY2	CSX	X	0.0177	0.0153	1.160
STORY1	CSX	X	0.0070	0.0060	1.166
STORY5	CSY	Y	0.0283	0.0258	1.096
STORY4	CSY	Y	0.0227	0.0207	1.096
STORY3	CSY	Y	0.0171	0.0156	1.096
STORY2	CSY	Y	0.0107	0.0098	1.094
STORY1	CSY	Y	0.0044	0.0040	1.091
STORY5	ECUAX	X	0.0942	0.0922	1.022
STORY4	ECUAX	X	0.0771	0.0754	1.022
STORY3	ECUAX	X	0.0580	0.0567	1.023
STORY2	ECUAX	X	0.0356	0.0348	1.024
STORY1	ECUAX	X	0.0141	0.0138	1.026
STORY5	ECUAX	Y	0.0207	0.0181	1.146
STORY4	ECUAX	Y	0.0168	0.0146	1.150
STORY3	ECUAX	Y	0.0127	0.0110	1.151
STORY2	ECUAX	Y	0.0079	0.0069	1.148
STORY1	ECUAX	Y	0.0033	0.0029	1.142
STORY5	ECUAY	X	0.0499	0.0390	1.280
STORY4	ECUAY	X	0.0408	0.0319	1.281
STORY3	ECUAY	X	0.0309	0.0241	1.284
STORY2	ECUAY	X	0.0192	0.0149	1.289
STORY1	ECUAY	X	0.0078	0.0060	1.299
STORY5	ECUAY	Y	0.0691	0.0601	1.151
STORY4	ECUAY	Y	0.0559	0.0484	1.155
STORY3	ECUAY	Y	0.0422	0.0365	1.157
STORY2	ECUAY	Y	0.0265	0.0229	1.157
STORY1	ECUAY	Y	0.0110	0.0095	1.155

F'c:210 Kg/cm2; Amortiguamiento:0.02

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:44 PAGE 1

S T O R Y D A T A

STORY	SIMILAR TO	HEIGHT	ELEVATION
STORY5	None	2.700	13.700
STORY4	None	2.700	11.000
STORY3	STORY1	2.700	8.300
STORY2	STORY1	2.700	5.600
STORY1	None	2.900	2.900
BASE	None		0.000

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:44 PAGE 2

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	AUTO LAT LOAD	SELF WT MULTIPLIER	NOTIONAL FACTOR	NOTIONAL DIRECTION
CMUERTA	DEAD	N/A	1.0000		
CVIVA	LIVE	N/A	0.0000		
CPARED	DEAD	N/A	0.0000		
CSX	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		
CSY	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:44 PAGE 3

R E S P O N S E S P E C T R U M C A S E S

RESP SPEC CASE: ECUAX

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0200	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	3.9240
U2	ECUADOR2	1.1770
UZ	----	N/A

RESP SPEC CASE: ECUAY

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0200	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	1.1770
U2	ECUADOR2	3.9240
UZ	----	N/A

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSY

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: Y + EccX
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$$V = C W$$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5 20596.718	0.00	44775.47	0.00	0.000	0.000	0.000
STORY4 20549.800	0.00	44687.37	0.00	506.823	0.000	0.000
STORY3 17501.586	0.00	38070.09	0.00	371.906	0.000	0.000
STORY2 11454.650	0.00	24914.70	0.00	241.337	0.000	0.000
STORY1 5651.017	0.00	12290.11	0.00	119.135	0.000	0.000

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSX

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X + EccY
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$$V = C W$$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5 44999.351	44775.47	0.00	0.00	0.000	0.000	-
STORY4 44548.144	44687.37	0.00	0.00	0.000	-506.823	-
STORY3 37989.224	38070.09	0.00	0.00	0.000	-371.906	-
STORY2 24863.323	24914.70	0.00	0.00	0.000	-241.337	-
STORY1 12263.765	12290.11	0.00	0.00	0.000	-119.135	-

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:44 PAGE 6

M A S S S O U R C E D A T A

MASS LATERAL LUMP MASS
FROM MASS ONLY AT STORIES

Loads Yes Yes

M A S S S O U R C E L O A D S

LOAD MULTIPLIER

CMUERTA 1.0000
CPARED 1.0000

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:44 PAGE 7

D I A P H R A G M M A S S D A T A

STORY	DIAPHRAGM	MASS-X	MASS-Y	MMI	X-M	Y-M
STORY5	P5	1.674E+04	1.674E+04	7.623E+05	4.412	9.133
STORY4	P4	2.108E+04	2.108E+04	9.333E+05	4.257	9.111
STORY3	P3	2.451E+04	2.451E+04	1.071E+06	4.279	9.129
STORY2	P2	2.472E+04	2.472E+04	1.082E+06	4.274	9.129
STORY1	P1	2.513E+04	2.513E+04	1.101E+06	4.268	9.128

ETABS v9.7.4 File:C-(DEFINITIVO) ESTRUCTURA MODIFICACION SECCIONES - B Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:44 PAGE 8

A S S E M B L E D P O I N T M A S S E S

STORY	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
STORY5	1.674E+04	1.674E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.623E+05
STORY4	2.126E+04	2.126E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.333E+05
STORY3	2.469E+04	2.469E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.071E+06
STORY2	2.490E+04	2.490E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.082E+06
STORY1	2.531E+04	2.531E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.101E+06
BASE	1.673E+03	1.673E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Totals	1.146E+05	1.146E+05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.950E+06

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:44 PAGE 9

C E N T E R S O F C U M U L A T I V E M A S S & C E N T E R S O F R I G I D I T Y

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	/-----CENTER OF MASS-----//			--CENTER OF RIGIDITY--//	
		MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
STORY5	P5	1.674E+04	4.412	9.133	3.903	9.086
STORY4	P4	2.108E+04	4.257	9.111	3.912	9.090
STORY3	P3	2.451E+04	4.279	9.129	3.918	9.090
STORY2	P2	2.472E+04	4.274	9.129	3.925	9.089
STORY1	P1	2.513E+04	4.268	9.128	3.943	9.088

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:44 PAGE 10

M O D A L P E R I O D S A N D F R E Q U E N C I E S

MODE FREQ NUMBER	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYCLES/TIME)	CIRCULAR (RADIANS/TIME)
Mode 1	0.78371	1.27599	8.01728
Mode 2	0.68207	1.46612	9.21189
Mode 3	0.61319	1.63082	10.24674
Mode 4	0.27192	3.67750	23.10645
Mode 5	0.24716	4.04593	25.42133
Mode 6	0.22991	4.34960	27.32935
Mode 7	0.14055	7.11497	44.70468
Mode 8	0.12823	7.79871	49.00077
Mode 9	0.09753	10.25352	64.42477
Mode 10	0.08439	11.84958	74.45314
Mode 11	0.06591	15.17203	95.32865
Mode 12	0.05872	17.03095	107.00864

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:44 PAGE 11

M O D A L P A R T I C I P A T I N G M A S S R A T I O S

MODE NUMBER	X-TRANS %MASS <SUM>	Y-TRANS %MASS <SUM>	Z-TRANS %MASS <SUM>	RX-ROTN %MASS <SUM>	RY-ROTN %MASS <SUM>	RZ-ROTN %MASS <SUM>
Mode 1	77.66 < 78>	0.01 < 0>	0.00 < 0>	0.01 < 0>	99.65 <100>	0.02 < 0>
Mode 2	0.03 < 78>	8.51 < 9>	0.00 < 0>	11.03 < 11>	0.04 <100>	69.94 < 70>
Mode 3	0.00 < 78>	69.71 < 78>	0.00 < 0>	88.75 <100>	0.00 <100>	8.59 < 79>
Mode 4	12.58 < 90>	0.03 < 78>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.06 <100>	0.02 < 79>
Mode 5	0.04 < 90>	3.55 < 82>	0.00 < 0>	0.02 <100>	0.00 <100>	8.67 < 87>
Mode 6	0.01 < 90>	8.74 < 91>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	3.45 < 91>
Mode 7	5.73 < 96>	0.00 < 91>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.18 <100>	0.00 < 91>
Mode 8	0.01 < 96>	5.29 < 96>	0.00 < 0>	0.09 <100>	0.00 <100>	0.28 < 91>
Mode 9	0.00 < 96>	1.28 < 97>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	2.65 < 94>
Mode 10	2.57 < 99>	0.00 < 97>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.05 <100>	0.00 < 94>
Mode 11	0.00 < 99>	2.78 <100>	0.00 < 0>	0.04 <100>	0.00 <100>	0.35 < 94>
Mode 12	1.33 <100>	0.00 <100>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.02 <100>	0.00 < 94>

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:44 PAGE 12

M O D A L L O A D P A R T I C I P A T I O N R A T I O S
(STATIC AND DYNAMIC RATIOS ARE IN PERCENT)

TYPE	NAME	STATIC	DYNAMIC
Load	CMUERTA	0.0000	0.0000
Load	CVIVA	0.0000	0.0000
Load	CPARED	0.0000	0.0000
Load	CSX	100.0000	99.9832
Load	CSY	100.0000	99.9822
Accel	UX	100.0000	99.9660
Accel	UY	100.0000	99.9039
Accel	UZ	0.0000	0.0000
Accel	RX	100.0000	99.9994
Accel	RY	100.0000	100.0000
Accel	RZ	95.3251	93.9754

TOTAL REACTIVE FORCES (RECOVERED LOADS) AT ORIGIN

LOAD	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
CMUERTA	-7.340E-08	1.226E-06	9.227E+05	8.405E+06	-3.982E+06	-1.029E+00
CVIVA	-1.681E-08	3.827E-07	1.774E+05	1.656E+06	-8.075E+05	-3.453E-01
CPARED	-1.858E-08	4.933E-07	2.295E+05	2.108E+06	-9.586E+05	-4.538E-01
CSX	-1.647E+05	-1.975E-06	5.436E-07	-2.974E+02	-1.621E+06	1.668E+06
CSY	-4.595E-07	-1.647E+05	-4.912E-09	1.612E+06	7.914E+01	-7.854E+05
ECUAX	3.733E+05	1.146E+05	1.218E-06	1.110E+06	3.632E+06	3.491E+06
ECUAY	1.122E+05	3.812E+05	3.657E-07	3.696E+06	1.091E+06	1.704E+06

S T O R Y F O R C E S

STORY	LOAD	P	VX	VY	T	MX	
MY							
STORY5	CSX	-9.991E-11	-4.478E+04	-1.223E-06	4.539E+05	-7.550E+00	-1.222E+05
STORY4	CSX	1.257E-07	-8.946E+04	-1.406E-06	9.056E+05	-1.391E+01	-3.665E+05
STORY3	CSX	3.358E-07	-1.275E+05	-1.896E-06	1.291E+06	-3.707E+01	-7.169E+05
STORY2	CSX	4.903E-07	-1.524E+05	-1.875E-06	1.543E+06	-1.172E+02	-1.137E+06
STORY1	CSX	5.436E-07	-1.647E+05	-1.975E-06	1.668E+06	-2.974E+02	-1.621E+06
STORY5	CSY	-5.648E-10	-3.141E-08	-4.478E+04	-2.182E+05	1.218E+05	1.786E+01
STORY4	CSY	-2.406E-08	-4.022E-07	-8.946E+04	-4.289E+05	3.649E+05	5.873E+01
STORY3	CSY	-1.279E-08	-4.457E-07	-1.275E+05	-6.093E+05	7.127E+05	7.652E+01
STORY2	CSY	-3.114E-08	-4.533E-07	-1.524E+05	-7.273E+05	1.129E+06	8.765E+01
STORY1	CSY	-4.912E-09	-4.595E-07	-1.647E+05	-7.854E+05	1.612E+06	7.914E+01
STORY5	ECUAX	5.428E-10	1.104E+05	3.294E+04	1.034E+06	8.955E+04	3.009E+05
STORY4	ECUAX	2.859E-07	2.062E+05	6.262E+04	1.926E+06	2.569E+05	8.534E+05
STORY3	ECUAX	7.520E-07	2.905E+05	8.892E+04	2.711E+06	4.951E+05	1.631E+06
STORY2	ECUAX	1.097E-06	3.466E+05	1.063E+05	3.238E+06	7.802E+05	2.560E+06
STORY1	ECUAX	1.218E-06	3.733E+05	1.146E+05	3.491E+06	1.110E+06	3.632E+06
STORY5	ECUAY	1.073E-09	3.322E+04	1.095E+05	5.286E+05	2.976E+05	9.057E+04
STORY4	ECUAY	9.740E-08	6.198E+04	2.084E+05	9.481E+05	8.549E+05	2.566E+05
STORY3	ECUAY	2.266E-07	8.724E+04	2.961E+05	1.320E+06	1.649E+06	4.901E+05
STORY2	ECUAY	3.336E-07	1.041E+05	3.540E+05	1.574E+06	2.599E+06	7.690E+05
STORY1	ECUAY	3.657E-07	1.122E+05	3.812E+05	1.704E+06	3.696E+06	1.091E+06

STORY DRIFTS

STORY	DIRECTION	LOAD	MAX DRIFT
STORY5	X	CSX	1/310
STORY4	X	CSX	1/277
STORY3	X	CSX	1/239
STORY2	X	CSX	1/248
STORY1	X	CSX	1/413
STORY5	Y	CSY	1/477
STORY4	Y	CSY	1/469
STORY3	Y	CSY	1/414
STORY2	Y	CSY	1/423
STORY1	Y	CSY	1/658
STORY5	X	ECUAX	1/150
STORY4	X	ECUAX	1/133
STORY3	X	ECUAX	1/120
STORY2	X	ECUAX	1/125
STORY1	X	ECUAX	1/206
STORY5	X	ECUAY	1/273
STORY5	Y	ECUAY	1/199
STORY4	X	ECUAY	1/255
STORY4	Y	ECUAY	1/196
STORY3	X	ECUAY	1/219
STORY3	Y	ECUAY	1/173
STORY2	X	ECUAY	1/225
STORY2	Y	ECUAY	1/175
STORY1	X	ECUAY	1/387
STORY1	Y	ECUAY	1/267

DISPLACEMENTS AT DIAPHRAGM CENTER OF MASS

STORY	DIAPHRAGM	LOAD	UX	UY	RZ
STORY5	P5	CSX	0.0407	-0.0004	-0.00070
STORY4	P4	CSX	0.0333	-0.0003	-0.00057
STORY3	P3	CSX	0.0250	-0.0003	-0.00043
STORY2	P2	CSX	0.0153	-0.0002	-0.00027
STORY1	P1	CSX	0.0060	-0.0002	-0.00011
STORY5	P5	CSY	-0.0002	0.0260	0.00059
STORY4	P4	CSY	-0.0001	0.0208	0.00048
STORY3	P3	CSY	0.0000	0.0156	0.00036
STORY2	P2	CSY	0.0000	0.0098	0.00022
STORY1	P1	CSY	0.0000	0.0041	0.00009
STORY5	P5	ECUAX	0.0914	0.0174	0.00135
STORY4	P4	ECUAX	0.0747	0.0141	0.00110
STORY3	P3	ECUAX	0.0562	0.0106	0.00084
STORY2	P2	ECUAX	0.0345	0.0067	0.00053
STORY1	P1	ECUAX	0.0136	0.0028	0.00022
STORY5	P5	ECUAY	0.0274	0.0579	0.00436
STORY4	P4	ECUAY	0.0224	0.0468	0.00358
STORY3	P3	ECUAY	0.0169	0.0352	0.00272
STORY2	P2	ECUAY	0.0104	0.0221	0.00170
STORY1	P1	ECUAY	0.0041	0.0092	0.00070

STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS

STORY	LOAD	DIR	MAXIMUM	AVERAGE	RATIO
STORY5	CSX	X	0.0469	0.0406	1.155
STORY4	CSX	X	0.0384	0.0332	1.155
STORY3	CSX	X	0.0288	0.0249	1.157
STORY2	CSX	X	0.0177	0.0153	1.160
STORY1	CSX	X	0.0070	0.0060	1.166
STORY5	CSY	Y	0.0283	0.0258	1.096
STORY4	CSY	Y	0.0227	0.0207	1.096
STORY3	CSY	Y	0.0171	0.0156	1.096
STORY2	CSY	Y	0.0107	0.0098	1.094
STORY1	CSY	Y	0.0044	0.0040	1.091
STORY5	ECUAX	X	0.0941	0.0921	1.021
STORY4	ECUAX	X	0.0769	0.0753	1.021
STORY3	ECUAX	X	0.0578	0.0566	1.021
STORY2	ECUAX	X	0.0356	0.0348	1.022
STORY1	ECUAX	X	0.0141	0.0138	1.024
STORY5	ECUAX	Y	0.0205	0.0183	1.125
STORY4	ECUAX	Y	0.0166	0.0147	1.129
STORY3	ECUAX	Y	0.0125	0.0111	1.130
STORY2	ECUAX	Y	0.0079	0.0070	1.127
STORY1	ECUAX	Y	0.0033	0.0029	1.122
STORY5	ECUAY	X	0.0482	0.0381	1.265
STORY4	ECUAY	X	0.0395	0.0312	1.266
STORY3	ECUAY	X	0.0299	0.0235	1.269
STORY2	ECUAY	X	0.0186	0.0146	1.274
STORY1	ECUAY	X	0.0075	0.0058	1.284
STORY5	ECUAY	Y	0.0685	0.0606	1.130
STORY4	ECUAY	Y	0.0554	0.0488	1.134
STORY3	ECUAY	Y	0.0418	0.0368	1.135
STORY2	ECUAY	Y	0.0262	0.0231	1.135
STORY1	ECUAY	Y	0.0109	0.0096	1.134

F'c:210 Kg/cm2; Amortiguamiento:0.03

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:19 PAGE 1

S T O R Y D A T A

STORY	SIMILAR TO	HEIGHT	ELEVATION
STORY5	None	2.700	13.700
STORY4	None	2.700	11.000
STORY3	STORY1	2.700	8.300
STORY2	STORY1	2.700	5.600
STORY1	None	2.900	2.900
BASE	None		0.000

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:19 PAGE 2

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	AUTO LAT LOAD	SELF WT MULTIPLIER	NOTIONAL FACTOR	NOTIONAL DIRECTION
CMUERTA	DEAD	N/A	1.0000		
CVIVA	LIVE	N/A	0.0000		
CPARED	DEAD	N/A	0.0000		
CSX	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		
CSY	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:19 PAGE 3

R E S P O N S E S P E C T R U M C A S E S

RESP SPEC CASE: ECUAX

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0300	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	3.9240
U2	ECUADOR2	1.1770
UZ	----	N/A

RESP SPEC CASE: ECUAY

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0300	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	1.1770
U2	ECUADOR2	3.9240
UZ	----	N/A

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSY

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: Y + EccX
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$V = C W$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5	0.00	44775.47	0.00	0.000	0.000	20596.718
STORY4	0.00	44687.37	0.00	506.823	0.000	20549.800
STORY3	0.00	38070.09	0.00	371.906	0.000	17501.586
STORY2	0.00	24914.70	0.00	241.337	0.000	11454.650
STORY1	0.00	12290.11	0.00	119.135	0.000	5651.017

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSX

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X + EccY
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$V = C W$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5	44775.47	0.00	0.00	0.000	0.000	-44999.351
STORY4	44687.37	0.00	0.00	0.000	-506.823	-44548.144
STORY3	38070.09	0.00	0.00	0.000	-371.906	-37989.224
STORY2	24914.70	0.00	0.00	0.000	-241.337	-24863.323
STORY1	12290.11	0.00	0.00	0.000	-119.135	-12263.765

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:19 PAGE 6

M A S S S O U R C E D A T A

MASS LATERAL LUMP MASS
FROM MASS ONLY AT STORIES

Loads Yes Yes

M A S S S O U R C E L O A D S

LOAD MULTIPLIER

CMUERTA 1.0000
CPARED 1.0000

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:19 PAGE 7

D I A P H R A G M M A S S D A T A

STORY	DIAPHRAGM	MASS-X	MASS-Y	MMI	X-M	Y-M
STORY5	P5	1.674E+04	1.674E+04	7.623E+05	4.412	9.133
STORY4	P4	2.108E+04	2.108E+04	9.333E+05	4.257	9.111
STORY3	P3	2.451E+04	2.451E+04	1.071E+06	4.279	9.129
STORY2	P2	2.472E+04	2.472E+04	1.082E+06	4.274	9.129
STORY1	P1	2.513E+04	2.513E+04	1.101E+06	4.268	9.128

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:19 PAGE 8

A S S E M B L E D P O I N T M A S S E S

STORY	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
STORY5	1.674E+04	1.674E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.623E+05
STORY4	2.126E+04	2.126E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.333E+05
STORY3	2.469E+04	2.469E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.071E+06
STORY2	2.490E+04	2.490E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.082E+06
STORY1	2.531E+04	2.531E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.101E+06
BASE	1.673E+03	1.673E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Totals	1.146E+05	1.146E+05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.950E+06

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:19 PAGE 9

C E N T E R S O F C U M U L A T I V E M A S S & C E N T E R S O F R I G I D I T Y

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	/-----CENTER OF MASS-----//		--CENTER OF RIGIDITY--//	
		MASS ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
STORY5	P5	1.674E+04	4.412	9.133	3.903
STORY4	P4	2.108E+04	4.257	9.111	3.912
STORY3	P3	2.451E+04	4.279	9.129	3.918
STORY2	P2	2.472E+04	4.274	9.129	3.925
STORY1	P1	2.513E+04	4.268	9.128	3.943

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES

MODE FREQ NUMBER	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYCLES/TIME)	CIRCULAR (RADIANS/TIME)
Mode 1	0.78371	1.27599	8.01728
Mode 2	0.68207	1.46612	9.21189
Mode 3	0.61319	1.63082	10.24674
Mode 4	0.27192	3.67750	23.10645
Mode 5	0.24716	4.04593	25.42133
Mode 6	0.22991	4.34960	27.32935
Mode 7	0.14055	7.11497	44.70468
Mode 8	0.12823	7.79871	49.00077
Mode 9	0.09753	10.25352	64.42477
Mode 10	0.08439	11.84958	74.45314
Mode 11	0.06591	15.17203	95.32865
Mode 12	0.05872	17.03095	107.00864

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER	X-TRANS %MASS <SUM>	Y-TRANS %MASS <SUM>	Z-TRANS %MASS <SUM>	RX-ROTN %MASS <SUM>	RY-ROTN %MASS <SUM>	RZ-ROTN %MASS <SUM>
Mode 1	77.66 < 78>	0.01 < 0>	0.00 < 0>	0.01 < 0>	99.65 <100>	0.02 < 0>
Mode 2	0.03 < 78>	8.51 < 9>	0.00 < 0>	11.03 < 11>	0.04 <100>	69.94 < 70>
Mode 3	0.00 < 78>	69.71 < 78>	0.00 < 0>	88.75 <100>	0.00 <100>	8.59 < 79>
Mode 4	12.58 < 90>	0.03 < 78>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.06 <100>	0.02 < 79>
Mode 5	0.04 < 90>	3.55 < 82>	0.00 < 0>	0.02 <100>	0.00 <100>	8.67 < 87>
Mode 6	0.01 < 90>	8.74 < 91>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	3.45 < 91>
Mode 7	5.73 < 96>	0.00 < 91>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.18 <100>	0.00 < 91>
Mode 8	0.01 < 96>	5.29 < 96>	0.00 < 0>	0.09 <100>	0.00 <100>	0.28 < 91>
Mode 9	0.00 < 96>	1.28 < 97>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	2.65 < 94>
Mode 10	2.57 < 99>	0.00 < 97>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.05 <100>	0.00 < 94>
Mode 11	0.00 < 99>	2.78 <100>	0.00 < 0>	0.04 <100>	0.00 <100>	0.35 < 94>
Mode 12	1.33 <100>	0.00 <100>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.02 <100>	0.00 < 94>

MODAL LOAD PARTICIPATION RATIOS
(STATIC AND DYNAMIC RATIOS ARE IN PERCENT)

TYPE	NAME	STATIC	DYNAMIC
Load	CMUERTA	0.0000	0.0000
Load	CVIVA	0.0000	0.0000
Load	CPARED	0.0000	0.0000
Load	CSX	100.0000	99.9832
Load	CSY	100.0000	99.9822
Accel	UX	100.0000	99.9660
Accel	UY	100.0000	99.9039
Accel	UZ	0.0000	0.0000
Accel	RX	100.0000	99.9994
Accel	RY	100.0000	100.0000
Accel	RZ	95.3251	93.9754

TOTAL REACTIVE FORCES (RECOVERED LOADS) AT ORIGIN

LOAD	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
CMUERTA	-7.340E-08	1.226E-06	9.227E+05	8.405E+06	-3.982E+06	-1.029E+00
CVIVA	-1.681E-08	3.827E-07	1.774E+05	1.656E+06	-8.075E+05	-3.453E-01
CPARED	-1.858E-08	4.933E-07	2.295E+05	2.108E+06	-9.586E+05	-4.538E-01
CSX	-1.647E+05	-1.975E-06	5.436E-07	-2.974E+02	-1.621E+06	1.668E+06
CSY	-4.595E-07	-1.647E+05	-4.912E-09	1.612E+06	7.914E+01	-7.854E+05
ECUAX	3.734E+05	1.162E+05	1.218E-06	1.125E+06	3.632E+06	3.489E+06
ECUAY	1.122E+05	3.868E+05	3.657E-07	3.747E+06	1.091E+06	1.755E+06

S T O R Y F O R C E S

STORY	LOAD	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY5	CSX	-9.991E-11	-4.478E+04	-1.223E-06	4.539E+05	-7.550E+00	-1.222E+05
STORY4	CSX	1.257E-07	-8.946E+04	-1.406E-06	9.056E+05	-1.391E+01	-3.665E+05
STORY3	CSX	3.358E-07	-1.275E+05	-1.896E-06	1.291E+06	-3.707E+01	-7.169E+05
STORY2	CSX	4.903E-07	-1.524E+05	-1.875E-06	1.543E+06	-1.172E+02	-1.137E+06
STORY1	CSX	5.436E-07	-1.647E+05	-1.975E-06	1.668E+06	-2.974E+02	-1.621E+06
STORY5	CSY	-5.648E-10	-3.141E-08	-4.478E+04	-2.182E+05	1.218E+05	1.786E+01
STORY4	CSY	-2.406E-08	-4.022E-07	-8.946E+04	-4.289E+05	3.649E+05	5.873E+01
STORY3	CSY	-1.279E-08	-4.457E-07	-1.275E+05	-6.093E+05	7.127E+05	7.652E+01
STORY2	CSY	-3.114E-08	-4.533E-07	-1.524E+05	-7.273E+05	1.129E+06	8.765E+01
STORY1	CSY	-4.912E-09	-4.595E-07	-1.647E+05	-7.854E+05	1.612E+06	7.914E+01
STORY5	ECUAX	5.501E-10	1.103E+05	3.351E+04	1.032E+06	9.108E+04	3.007E+05
STORY4	ECUAX	2.858E-07	2.062E+05	6.352E+04	1.923E+06	2.609E+05	8.531E+05
STORY3	ECUAX	7.520E-07	2.905E+05	9.012E+04	2.709E+06	5.021E+05	1.631E+06
STORY2	ECUAX	1.097E-06	3.467E+05	1.078E+05	3.236E+06	7.909E+05	2.560E+06
STORY1	ECUAX	1.218E-06	3.734E+05	1.162E+05	3.489E+06	1.125E+06	3.632E+06
STORY5	ECUAY	1.087E-09	3.319E+04	1.114E+05	5.416E+05	3.028E+05	9.048E+04
STORY4	ECUAY	9.819E-08	6.195E+04	2.114E+05	9.754E+05	8.683E+05	2.564E+05
STORY3	ECUAY	2.267E-07	8.723E+04	3.001E+05	1.361E+06	1.672E+06	4.899E+05
STORY2	ECUAY	3.339E-07	1.041E+05	3.590E+05	1.623E+06	2.634E+06	7.689E+05
STORY1	ECUAY	3.657E-07	1.122E+05	3.868E+05	1.755E+06	3.747E+06	1.091E+06

S T O R Y D R I F T S

STORY	DIRECTION	LOAD	MAX DRIFT
STORY5	X	CSX	1/310
STORY4	X	CSX	1/277
STORY3	X	CSX	1/239
STORY2	X	CSX	1/248
STORY1	X	CSX	1/413
STORY5	Y	CSY	1/477
STORY4	Y	CSY	1/469
STORY3	Y	CSY	1/414
STORY2	Y	CSY	1/423
STORY1	Y	CSY	1/658
STORY5	X	ECUAX	1/151
STORY4	X	ECUAX	1/133
STORY3	X	ECUAX	1/120
STORY2	X	ECUAX	1/125
STORY1	X	ECUAX	1/206
STORY5	X	ECUAY	1/288
STORY5	Y	ECUAY	1/201
STORY4	X	ECUAY	1/267
STORY4	Y	ECUAY	1/198
STORY3	X	ECUAY	1/230
STORY3	Y	ECUAY	1/175
STORY2	X	ECUAY	1/236
STORY2	Y	ECUAY	1/178
STORY1	X	ECUAY	1/407
STORY1	Y	ECUAY	1/270

D I S P L A C E M E N T S A T D I A P H R A G M C E N T E R O F M A S S

STORY	DIAPHRAGM	LOAD	UX	UY	RZ
STORY5	P5	CSX	0.0407	-0.0004	-0.00070
STORY4	P4	CSX	0.0333	-0.0003	-0.00057
STORY3	P3	CSX	0.0250	-0.0003	-0.00043
STORY2	P2	CSX	0.0153	-0.0002	-0.00027
STORY1	P1	CSX	0.0060	-0.0002	-0.00011
STORY5	P5	CSY	-0.0002	0.0260	0.00059
STORY4	P4	CSY	-0.0001	0.0208	0.00048
STORY3	P3	CSY	0.0000	0.0156	0.00036
STORY2	P2	CSY	0.0000	0.0098	0.00022
STORY1	P1	CSY	0.0000	0.0041	0.00009

STORY5	P5	ECUAX	0.0914	0.0177	0.00126
STORY4	P4	ECUAX	0.0747	0.0143	0.00103
STORY3	P3	ECUAX	0.0562	0.0108	0.00078
STORY2	P2	ECUAX	0.0345	0.0068	0.00049
STORY1	P1	ECUAX	0.0136	0.0028	0.00020
STORY5	P5	ECUAY	0.0274	0.0589	0.00407
STORY4	P4	ECUAY	0.0224	0.0475	0.00334
STORY3	P3	ECUAY	0.0169	0.0358	0.00254
STORY2	P2	ECUAY	0.0104	0.0225	0.00159
STORY1	P1	ECUAY	0.0041	0.0093	0.00065

Units:Kgf-m junio 11, 2015 22:19 PAGE 17

STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS

STORY	LOAD	DIR	MAXIMUM	AVERAGE	RATIO
STORY5	CSX	X	0.0469	0.0406	1.155
STORY4	CSX	X	0.0384	0.0332	1.155
STORY3	CSX	X	0.0288	0.0249	1.157
STORY2	CSX	X	0.0177	0.0153	1.160
STORY1	CSX	X	0.0070	0.0060	1.166
STORY5	CSY	Y	0.0283	0.0258	1.096
STORY4	CSY	Y	0.0227	0.0207	1.096
STORY3	CSY	Y	0.0171	0.0156	1.096
STORY2	CSY	Y	0.0107	0.0098	1.094
STORY1	CSY	Y	0.0044	0.0040	1.091
STORY5	ECUAX	X	0.0938	0.0920	1.020
STORY4	ECUAX	X	0.0767	0.0753	1.019
STORY3	ECUAX	X	0.0577	0.0566	1.020
STORY2	ECUAX	X	0.0355	0.0348	1.021
STORY1	ECUAX	X	0.0141	0.0137	1.023
STORY5	ECUAX	Y	0.0203	0.0185	1.099
STORY4	ECUAX	Y	0.0164	0.0149	1.103
STORY3	ECUAX	Y	0.0124	0.0112	1.103
STORY2	ECUAX	Y	0.0078	0.0071	1.101
STORY1	ECUAX	Y	0.0032	0.0029	1.097
STORY5	ECUAY	X	0.0460	0.0369	1.245
STORY4	ECUAY	X	0.0377	0.0302	1.245
STORY3	ECUAY	X	0.0285	0.0228	1.248
STORY2	ECUAY	X	0.0177	0.0141	1.253
STORY1	ECUAY	X	0.0071	0.0057	1.262
STORY5	ECUAY	Y	0.0676	0.0613	1.103
STORY4	ECUAY	Y	0.0547	0.0494	1.107
STORY3	ECUAY	Y	0.0413	0.0372	1.108
STORY2	ECUAY	Y	0.0259	0.0234	1.108
STORY1	ECUAY	Y	0.0107	0.0097	1.107

F'c:210 Kg/cm2; Amortiguamiento:0.04

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:58 PAGE 1

S T O R Y D A T A

STORY	SIMILAR TO	HEIGHT	ELEVATION
STORY5	None	2.700	13.700
STORY4	None	2.700	11.000
STORY3	STORY1	2.700	8.300
STORY2	STORY1	2.700	5.600
STORY1	None	2.900	2.900
BASE	None		0.000

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:58 PAGE 2

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	AUTO LAT LOAD	SELF WT MULTIPLIER	NOTIONAL FACTOR	NOTIONAL DIRECTION
CMUERTA	DEAD	N/A	1.0000		
CVIVA	LIVE	N/A	0.0000		
CPARED	DEAD	N/A	0.0000		
CSX	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		
CSY	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:58 PAGE 3

R E S P O N S E S P E C T R U M C A S E S

RESP SPEC CASE: ECUAX

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0400	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	3.9240
U2	ECUADOR2	1.1770
UZ	----	N/A

RESP SPEC CASE: ECUAY

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0400	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	1.1770
U2	ECUADOR2	3.9240
UZ	----	N/A

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSY

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: Y + EccX
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$$V = C W$$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5	0.00	44775.47	0.00	0.000	0.000	20596.718
STORY4	0.00	44687.37	0.00	506.823	0.000	20549.800
STORY3	0.00	38070.09	0.00	371.906	0.000	17501.586
STORY2	0.00	24914.70	0.00	241.337	0.000	11454.650
STORY1	0.00	12290.11	0.00	119.135	0.000	5651.017

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSX

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X + EccY
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$$V = C W$$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5	44775.47	0.00	0.00	0.000	0.000	-44999.351
STORY4	44687.37	0.00	0.00	0.000	-506.823	-44548.144
STORY3	38070.09	0.00	0.00	0.000	-371.906	-37989.224
STORY2	24914.70	0.00	0.00	0.000	-241.337	-24863.323
STORY1	12290.11	0.00	0.00	0.000	-119.135	-12263.765

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:58 PAGE 6

M A S S S O U R C E D A T A

MASS LATERAL LUMP MASS
FROM MASS ONLY AT STORIES

Loads Yes Yes

M A S S S O U R C E L O A D S

LOAD MULTIPLIER

CMUERTA 1.0000
CPARED 1.0000

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:58 PAGE 7

D I A P H R A G M M A S S D A T A

STORY	DIAPHRAGM	MASS-X	MASS-Y	MMI	X-M	Y-M
STORY5	P5	1.674E+04	1.674E+04	7.623E+05	4.412	9.133
STORY4	P4	2.108E+04	2.108E+04	9.333E+05	4.257	9.111
STORY3	P3	2.451E+04	2.451E+04	1.071E+06	4.279	9.129
STORY2	P2	2.472E+04	2.472E+04	1.082E+06	4.274	9.129
STORY1	P1	2.513E+04	2.513E+04	1.101E+06	4.268	9.128

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:58 PAGE 8

A S S E M B L E D P O I N T M A S S E S

STORY	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
STORY5	1.674E+04	1.674E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.623E+05
STORY4	2.126E+04	2.126E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.333E+05
STORY3	2.469E+04	2.469E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.071E+06
STORY2	2.490E+04	2.490E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.082E+06
STORY1	2.531E+04	2.531E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.101E+06
BASE	1.673E+03	1.673E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Totals	1.146E+05	1.146E+05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.950E+06

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:58 PAGE 9

C E N T E R S O F C U M U L A T I V E M A S S & C E N T E R S O F R I G I D I T Y

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	/-----CENTER OF MASS-----//			--CENTER OF RIGIDITY--//	
		MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
STORY5	P5	1.674E+04	4.412	9.133	3.903	9.086
STORY4	P4	2.108E+04	4.257	9.111	3.912	9.090
STORY3	P3	2.451E+04	4.279	9.129	3.918	9.090
STORY2	P2	2.472E+04	4.274	9.129	3.925	9.089
STORY1	P1	2.513E+04	4.268	9.128	3.943	9.088

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES

MODE FREQ NUMBER	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYCLES/TIME)	CIRCULAR (RADIANS/TIME)
Mode 1	0.78371	1.27599	8.01728
Mode 2	0.68207	1.46612	9.21189
Mode 3	0.61319	1.63082	10.24674
Mode 4	0.27192	3.67750	23.10645
Mode 5	0.24716	4.04593	25.42133
Mode 6	0.22991	4.34960	27.32935
Mode 7	0.14055	7.11497	44.70468
Mode 8	0.12823	7.79871	49.00077
Mode 9	0.09753	10.25352	64.42477
Mode 10	0.08439	11.84958	74.45314
Mode 11	0.06591	15.17203	95.32865
Mode 12	0.05872	17.03095	107.00864

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER	X-TRANS %MASS <SUM>	Y-TRANS %MASS <SUM>	Z-TRANS %MASS <SUM>	RX-ROTN %MASS <SUM>	RY-ROTN %MASS <SUM>	RZ-ROTN %MASS <SUM>
Mode 1	77.66 < 78>	0.01 < 0>	0.00 < 0>	0.01 < 0>	99.65 <100>	0.02 < 0>
Mode 2	0.03 < 78>	8.51 < 9>	0.00 < 0>	11.03 < 11>	0.04 <100>	69.94 < 70>
Mode 3	0.00 < 78>	69.71 < 78>	0.00 < 0>	88.75 <100>	0.00 <100>	8.59 < 79>
Mode 4	12.58 < 90>	0.03 < 78>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.06 <100>	0.02 < 79>
Mode 5	0.04 < 90>	3.55 < 82>	0.00 < 0>	0.02 <100>	0.00 <100>	8.67 < 87>
Mode 6	0.01 < 90>	8.74 < 91>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	3.45 < 91>
Mode 7	5.73 < 96>	0.00 < 91>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.18 <100>	0.00 < 91>
Mode 8	0.01 < 96>	5.29 < 96>	0.00 < 0>	0.09 <100>	0.00 <100>	0.28 < 91>
Mode 9	0.00 < 96>	1.28 < 97>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	2.65 < 94>
Mode 10	2.57 < 99>	0.00 < 97>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.05 <100>	0.00 < 94>
Mode 11	0.00 < 99>	2.78 <100>	0.00 < 0>	0.04 <100>	0.00 <100>	0.35 < 94>
Mode 12	1.33 <100>	0.00 <100>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.02 <100>	0.00 < 94>

MODAL LOAD PARTICIPATION RATIOS
(STATIC AND DYNAMIC RATIOS ARE IN PERCENT)

TYPE	NAME	STATIC	DYNAMIC
Load	CMUERTA	0.0000	0.0000
Load	CVIVA	0.0000	0.0000
Load	CPARED	0.0000	0.0000
Load	CSX	100.0000	99.9832
Load	CSY	100.0000	99.9822
Accel	UX	100.0000	99.9660
Accel	UY	100.0000	99.9039
Accel	UZ	0.0000	0.0000
Accel	RX	100.0000	99.9994
Accel	RY	100.0000	100.0000
Accel	RZ	95.3251	93.9754

TOTAL REACTIVE FORCES (RECOVERED LOADS) AT ORIGIN

LOAD	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
CMUERTA	-7.340E-08	1.226E-06	9.227E+05	8.405E+06	-3.982E+06	-1.029E+00
CVIVA	-1.681E-08	3.827E-07	1.774E+05	1.656E+06	-8.075E+05	-3.453E-01
CPARED	-1.858E-08	4.933E-07	2.295E+05	2.108E+06	-9.586E+05	-4.538E-01
CSX	-1.647E+05	-1.975E-06	5.436E-07	-2.974E+02	-1.621E+06	1.668E+06
CSY	-4.595E-07	-1.647E+05	-4.912E-09	1.612E+06	7.914E+01	-7.854E+05
ECUAX	3.737E+05	1.179E+05	1.218E-06	1.140E+06	3.633E+06	3.487E+06
ECUAY	1.123E+05	3.925E+05	3.658E-07	3.798E+06	1.091E+06	1.806E+06

S T O R Y F O R C E S

STORY	LOAD	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY5	CSX	-9.991E-11	-4.478E+04	-1.223E-06	4.539E+05	-7.550E+00	-1.222E+05
STORY4	CSX	1.257E-07	-8.946E+04	-1.406E-06	9.056E+05	-1.391E+01	-3.665E+05
STORY3	CSX	3.358E-07	-1.275E+05	-1.896E-06	1.291E+06	-3.707E+01	-7.169E+05
STORY2	CSX	4.903E-07	-1.524E+05	-1.875E-06	1.543E+06	-1.172E+02	-1.137E+06
STORY1	CSX	5.436E-07	-1.647E+05	-1.975E-06	1.668E+06	-2.974E+02	-1.621E+06
STORY5	CSY	-5.648E-10	-3.141E-08	-4.478E+04	-2.182E+05	1.218E+05	1.786E+01
STORY4	CSY	-2.406E-08	-4.022E-07	-8.946E+04	-4.289E+05	3.649E+05	5.873E+01
STORY3	CSY	-1.279E-08	-4.457E-07	-1.275E+05	-6.093E+05	7.127E+05	7.652E+01
STORY2	CSY	-3.114E-08	-4.533E-07	-1.524E+05	-7.273E+05	1.129E+06	8.765E+01
STORY1	CSY	-4.912E-09	-4.595E-07	-1.647E+05	-7.854E+05	1.612E+06	7.914E+01
STORY5	ECUAX	5.579E-10	1.102E+05	3.402E+04	1.029E+06	9.248E+04	3.004E+05
STORY4	ECUAX	2.858E-07	2.061E+05	6.439E+04	1.920E+06	2.647E+05	8.526E+05
STORY3	ECUAX	7.520E-07	2.905E+05	9.133E+04	2.706E+06	5.090E+05	1.631E+06
STORY2	ECUAX	1.097E-06	3.468E+05	1.093E+05	3.233E+06	8.016E+05	2.560E+06
STORY1	ECUAX	1.218E-06	3.737E+05	1.179E+05	3.487E+06	1.140E+06	3.633E+06
STORY5	ECUAY	1.104E-09	3.314E+04	1.131E+05	5.543E+05	3.075E+05	9.035E+04
STORY4	ECUAY	9.899E-08	6.192E+04	2.144E+05	1.002E+06	8.810E+05	2.562E+05
STORY3	ECUAY	2.268E-07	8.722E+04	3.042E+05	1.401E+06	1.695E+06	4.897E+05
STORY2	ECUAY	3.343E-07	1.042E+05	3.641E+05	1.671E+06	2.670E+06	7.687E+05
STORY1	ECUAY	3.658E-07	1.123E+05	3.925E+05	1.806E+06	3.798E+06	1.091E+06

S T O R Y D R I F T S

STORY	DIRECTION	LOAD	MAX DRIFT
STORY5	X	CSX	1/310
STORY4	X	CSX	1/277
STORY3	X	CSX	1/239
STORY2	X	CSX	1/248
STORY1	X	CSX	1/413
STORY5	Y	CSY	1/477
STORY4	Y	CSY	1/469
STORY3	Y	CSY	1/414
STORY2	Y	CSY	1/423
STORY1	Y	CSY	1/658
STORY5	X	ECUAX	1/152
STORY4	X	ECUAX	1/133
STORY3	X	ECUAX	1/121
STORY2	X	ECUAX	1/126
STORY1	X	ECUAX	1/207
STORY5	X	ECUAY	1/305
STORY5	Y	ECUAY	1/203
STORY4	X	ECUAY	1/282
STORY4	Y	ECUAY	1/201
STORY3	X	ECUAY	1/243
STORY3	Y	ECUAY	1/177
STORY2	X	ECUAY	1/250
STORY2	Y	ECUAY	1/180
STORY1	X	ECUAY	1/430
STORY1	Y	ECUAY	1/274

D I S P L A C E M E N T S A T D I A P H R A G M C E N T E R O F M A S S

STORY	DIAPHRAGM	LOAD	UX	UY	RZ
STORY5	P5	CSX	0.0407	-0.0004	-0.00070
STORY4	P4	CSX	0.0333	-0.0003	-0.00057
STORY3	P3	CSX	0.0250	-0.0003	-0.00043
STORY2	P2	CSX	0.0153	-0.0002	-0.00027
STORY1	P1	CSX	0.0060	-0.0002	-0.00011
STORY5	P5	CSY	-0.0002	0.0260	0.00059
STORY4	P4	CSY	-0.0001	0.0208	0.00048
STORY3	P3	CSY	0.0000	0.0156	0.00036
STORY2	P2	CSY	0.0000	0.0098	0.00022
STORY1	P1	CSY	0.0000	0.0041	0.00009
STORY5	P5	ECUAX	0.0913	0.0180	0.00116

STORY4	P4	ECUAX	0.0747	0.0145	0.00095
STORY3	P3	ECUAX	0.0562	0.0109	0.00072
STORY2	P2	ECUAX	0.0345	0.0069	0.00045
STORY1	P1	ECUAX	0.0136	0.0029	0.00018
STORY5	P5	ECUAY	0.0274	0.0599	0.00374
STORY4	P4	ECUAY	0.0224	0.0483	0.00307
STORY3	P3	ECUAY	0.0169	0.0364	0.00234
STORY2	P2	ECUAY	0.0104	0.0229	0.00146
STORY1	P1	ECUAY	0.0041	0.0095	0.00060

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:58 PAGE 17

STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS

STORY	LOAD	DIR	MAXIMUM	AVERAGE	RATIO
STORY5	CSX	X	0.0469	0.0406	1.155
STORY4	CSX	X	0.0384	0.0332	1.155
STORY3	CSX	X	0.0288	0.0249	1.157
STORY2	CSX	X	0.0177	0.0153	1.160
STORY1	CSX	X	0.0070	0.0060	1.166
STORY5	CSY	Y	0.0283	0.0258	1.096
STORY4	CSY	Y	0.0227	0.0207	1.096
STORY3	CSY	Y	0.0171	0.0156	1.096
STORY2	CSY	Y	0.0107	0.0098	1.094
STORY1	CSY	Y	0.0044	0.0040	1.091
STORY5	ECUAX	X	0.0935	0.0919	1.018
STORY4	ECUAX	X	0.0765	0.0752	1.018
STORY3	ECUAX	X	0.0575	0.0565	1.018
STORY2	ECUAX	X	0.0354	0.0347	1.019
STORY1	ECUAX	X	0.0140	0.0137	1.021
STORY5	ECUAX	Y	0.0200	0.0187	1.074
STORY4	ECUAX	Y	0.0162	0.0150	1.077
STORY3	ECUAX	Y	0.0122	0.0113	1.078
STORY2	ECUAX	Y	0.0077	0.0071	1.076
STORY1	ECUAX	Y	0.0032	0.0030	1.073
STORY5	ECUAY	X	0.0436	0.0357	1.221
STORY4	ECUAY	X	0.0357	0.0292	1.222
STORY3	ECUAY	X	0.0270	0.0220	1.224
STORY2	ECUAY	X	0.0167	0.0136	1.228
STORY1	ECUAY	X	0.0067	0.0055	1.238
STORY5	ECUAY	Y	0.0668	0.0620	1.077
STORY4	ECUAY	Y	0.0539	0.0499	1.081
STORY3	ECUAY	Y	0.0407	0.0376	1.082
STORY2	ECUAY	Y	0.0256	0.0236	1.082
STORY1	ECUAY	Y	0.0106	0.0098	1.082

F'c:210 Kg/cm2; Amortiguamiento:0.05

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:14 PAGE 1

S T O R Y D A T A

STORY	SIMILAR TO	HEIGHT	ELEVATION
STORY5	None	2.700	13.700
STORY4	None	2.700	11.000
STORY3	STORY1	2.700	8.300
STORY2	STORY1	2.700	5.600
STORY1	None	2.900	2.900
BASE	None		0.000

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:14 PAGE 2

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	AUTO LAT LOAD	SELF WT MULTIPLIER	NOTIONAL FACTOR	NOTIONAL DIRECTION
CMUERTA	DEAD	N/A	1.0000		
CVIVA	LIVE	N/A	0.0000		
CPARED	DEAD	N/A	0.0000		
CSX	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		
CSY	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:14 PAGE 3

R E S P O N S E S P E C T R U M C A S E S

RESP SPEC CASE: ECUAX

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0500	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	3.9240
U2	ECUADOR2	1.1770
UZ	----	N/A

RESP SPEC CASE: ECUAY

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0500	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	1.1770
U2	ECUADOR2	3.9240
UZ	----	N/A

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:14 PAGE 4

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSY

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: Y + EccX
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$V = C W$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5	0.00	44775.47	0.00	0.000	0.000	20596.718
STORY4	0.00	44687.37	0.00	506.823	0.000	20549.800
STORY3	0.00	38070.09	0.00	371.906	0.000	17501.586
STORY2	0.00	24914.70	0.00	241.337	0.000	11454.650
STORY1	0.00	12290.11	0.00	119.135	0.000	5651.017

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:14 PAGE 5

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSX

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X + EccY
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$V = C W$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5	44775.47	0.00	0.00	0.000	0.000	-44999.351
STORY4	44687.37	0.00	0.00	0.000	-506.823	-44548.144
STORY3	38070.09	0.00	0.00	0.000	-371.906	-37989.224
STORY2	24914.70	0.00	0.00	0.000	-241.337	-24863.323
STORY1	12290.11	0.00	0.00	0.000	-119.135	-12263.765

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:14 PAGE 6

M A S S S O U R C E D A T A

MASS LATERAL LUMP MASS
FROM MASS ONLY AT STORIES

Loads Yes Yes

M A S S S O U R C E L O A D S

LOAD MULTIPLIER

CMUERTA 1.0000
CPARED 1.0000

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:14 PAGE 7

D I A P H R A G M M A S S D A T A

STORY	DIAPHRAGM	MASS-X	MASS-Y	MMI	X-M	Y-M
STORY5	P5	1.674E+04	1.674E+04	7.623E+05	4.412	9.133
STORY4	P4	2.108E+04	2.108E+04	9.333E+05	4.257	9.111
STORY3	P3	2.451E+04	2.451E+04	1.071E+06	4.279	9.129
STORY2	P2	2.472E+04	2.472E+04	1.082E+06	4.274	9.129
STORY1	P1	2.513E+04	2.513E+04	1.101E+06	4.268	9.128

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:14 PAGE 8

A S S E M B L E D P O I N T M A S S E S

STORY	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
STORY5	1.674E+04	1.674E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.623E+05
STORY4	2.126E+04	2.126E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.333E+05
STORY3	2.469E+04	2.469E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.071E+06
STORY2	2.490E+04	2.490E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.082E+06
STORY1	2.531E+04	2.531E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.101E+06
BASE	1.673E+03	1.673E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Totals	1.146E+05	1.146E+05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.950E+06

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:14 PAGE 9

C E N T E R S O F C U M U L A T I V E M A S S & C E N T E R S O F R I G I D I T Y

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	/-----CENTER OF MASS-----//		--CENTER OF RIGIDITY--//		
		MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
STORY5	P5	1.674E+04	4.412	9.133	3.903	9.086
STORY4	P4	2.108E+04	4.257	9.111	3.912	9.090
STORY3	P3	2.451E+04	4.279	9.129	3.918	9.090
STORY2	P2	2.472E+04	4.274	9.129	3.925	9.089
STORY1	P1	2.513E+04	4.268	9.128	3.943	9.088

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:14 PAGE 10

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES

MODE FREQ NUMBER	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYCLES/TIME)	CIRCULAR (RADIAN/TIME)
Mode 1	0.78371	1.27599	8.01728
Mode 2	0.68207	1.46612	9.21189
Mode 3	0.61319	1.63082	10.24674
Mode 4	0.27192	3.67750	23.10645
Mode 5	0.24716	4.04593	25.42133
Mode 6	0.22991	4.34960	27.32935
Mode 7	0.14055	7.11497	44.70468
Mode 8	0.12823	7.79871	49.00077
Mode 9	0.09753	10.25352	64.42477
Mode 10	0.08439	11.84958	74.45314
Mode 11	0.06591	15.17203	95.32865
Mode 12	0.05872	17.03095	107.00864

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:14 PAGE 11

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER	X-TRANS %MASS <SUM>	Y-TRANS %MASS <SUM>	Z-TRANS %MASS <SUM>	RX-ROTN %MASS <SUM>	RY-ROTN %MASS <SUM>	RZ-ROTN %MASS <SUM>
Mode 1	77.66 < 78>	0.01 < 0>	0.00 < 0>	0.01 < 0>	99.65 <100>	0.02 < 0>
Mode 2	0.03 < 78>	8.51 < 9>	0.00 < 0>	11.03 < 11>	0.04 <100>	69.94 < 70>
Mode 3	0.00 < 78>	69.71 < 78>	0.00 < 0>	88.75 <100>	0.00 <100>	8.59 < 79>
Mode 4	12.58 < 90>	0.03 < 78>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.06 <100>	0.02 < 79>
Mode 5	0.04 < 90>	3.55 < 82>	0.00 < 0>	0.02 <100>	0.00 <100>	8.67 < 87>
Mode 6	0.01 < 90>	8.74 < 91>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	3.45 < 91>
Mode 7	5.73 < 96>	0.00 < 91>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.18 <100>	0.00 < 91>
Mode 8	0.01 < 96>	5.29 < 96>	0.00 < 0>	0.09 <100>	0.00 <100>	0.28 < 91>
Mode 9	0.00 < 96>	1.28 < 97>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	2.65 < 94>
Mode 10	2.57 < 99>	0.00 < 97>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.05 <100>	0.00 < 94>
Mode 11	0.00 < 99>	2.78 <100>	0.00 < 0>	0.04 <100>	0.00 <100>	0.35 < 94>
Mode 12	1.33 <100>	0.00 <100>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.02 <100>	0.00 < 94>

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:14 PAGE 12

MODAL LOAD PARTICIPATION RATIOS
(STATIC AND DYNAMIC RATIOS ARE IN PERCENT)

TYPE	NAME	STATIC	DYNAMIC
Load	CMUERTA	0.0000	0.0000
Load	CVIVA	0.0000	0.0000
Load	CPARED	0.0000	0.0000
Load	CSX	100.0000	99.9832
Load	CSY	100.0000	99.9822
Accel	UX	100.0000	99.9660
Accel	UY	100.0000	99.9039
Accel	UZ	0.0000	0.0000
Accel	RX	100.0000	99.9994
Accel	RY	100.0000	100.0000
Accel	RZ	95.3251	93.9754

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:14 PAGE 13

TOTAL REACTIVE FORCES (RECOVERED LOADS) AT ORIGIN

LOAD	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
CMUERTA	-7.340E-08	1.226E-06	9.227E+05	8.405E+06	-3.982E+06	-1.029E+00
CVIVA	-1.681E-08	3.827E-07	1.774E+05	1.656E+06	-8.075E+05	-3.453E-01
CPARED	-1.858E-08	4.933E-07	2.295E+05	2.108E+06	-9.586E+05	-4.538E-01
CSX	-1.647E+05	-1.975E-06	5.436E-07	-2.974E+02	-1.621E+06	1.668E+06
CSY	-4.595E-07	-1.647E+05	-4.912E-09	1.612E+06	7.914E+01	-7.854E+05
ECUAX	3.739E+05	1.194E+05	1.218E-06	1.154E+06	3.633E+06	3.485E+06
ECUAY	1.124E+05	3.975E+05	3.658E-07	3.844E+06	1.091E+06	1.852E+06

S T O R Y F O R C E S

STORY	LOAD	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY5	CSX	-9.991E-11	-4.478E+04	-1.223E-06	4.539E+05	-7.550E+00	-1.222E+05
STORY4	CSX	1.257E-07	-8.946E+04	-1.406E-06	9.056E+05	-1.391E+01	-3.665E+05
STORY3	CSX	3.358E-07	-1.275E+05	-1.896E-06	1.291E+06	-3.707E+01	-7.169E+05
STORY2	CSX	4.903E-07	-1.524E+05	-1.875E-06	1.543E+06	-1.172E+02	-1.137E+06
STORY1	CSX	5.436E-07	-1.647E+05	-1.975E-06	1.668E+06	-2.974E+02	-1.621E+06
STORY5	CSY	-5.648E-10	-3.141E-08	-4.478E+04	-2.182E+05	1.218E+05	1.786E+01
STORY4	CSY	-2.406E-08	-4.022E-07	-8.946E+04	-4.289E+05	3.649E+05	5.873E+01
STORY3	CSY	-1.279E-08	-4.457E-07	-1.275E+05	-6.093E+05	7.127E+05	7.652E+01
STORY2	CSY	-3.114E-08	-4.533E-07	-1.524E+05	-7.273E+05	1.129E+06	8.765E+01
STORY1	CSY	-4.912E-09	-4.595E-07	-1.647E+05	-7.854E+05	1.612E+06	7.914E+01
STORY5	ECUAX	5.651E-10	1.100E+05	3.443E+04	1.025E+06	9.360E+04	2.999E+05
STORY4	ECUAX	2.857E-07	2.060E+05	6.514E+04	1.916E+06	2.679E+05	8.520E+05
STORY3	ECUAX	7.521E-07	2.904E+05	9.240E+04	2.702E+06	5.150E+05	1.630E+06
STORY2	ECUAX	1.097E-06	3.469E+05	1.107E+05	3.230E+06	8.111E+05	2.560E+06
STORY1	ECUAX	1.218E-06	3.739E+05	1.194E+05	3.485E+06	1.154E+06	3.633E+06
STORY5	ECUAY	1.120E-09	3.308E+04	1.145E+05	5.651E+05	3.113E+05	9.019E+04
STORY4	ECUAY	9.970E-08	6.187E+04	2.169E+05	1.026E+06	8.918E+05	2.560E+05
STORY3	ECUAY	2.269E-07	8.721E+04	3.078E+05	1.436E+06	1.715E+06	4.895E+05
STORY2	ECUAY	3.346E-07	1.042E+05	3.686E+05	1.714E+06	2.702E+06	7.686E+05
STORY1	ECUAY	3.658E-07	1.124E+05	3.975E+05	1.852E+06	3.844E+06	1.091E+06

S T O R Y D R I F T S

STORY	DIRECTION	LOAD	MAX DRIFT
STORY5	X	CSX	1/310
STORY4	X	CSX	1/277
STORY3	X	CSX	1/239
STORY2	X	CSX	1/248
STORY1	X	CSX	1/413
STORY5	Y	CSY	1/477
STORY4	Y	CSY	1/469
STORY3	Y	CSY	1/414
STORY2	Y	CSY	1/423
STORY1	Y	CSY	1/658
STORY5	X	ECUAX	1/152
STORY4	X	ECUAX	1/133
STORY3	X	ECUAX	1/121
STORY2	X	ECUAX	1/126
STORY1	X	ECUAX	1/207
STORY5	X	ECUAY	1/322
STORY5	Y	ECUAY	1/205
STORY4	X	ECUAY	1/298
STORY4	Y	ECUAY	1/203
STORY3	X	ECUAY	1/257
STORY3	Y	ECUAY	1/179
STORY2	X	ECUAY	1/264
STORY2	Y	ECUAY	1/182
STORY1	X	ECUAY	1/453
STORY1	Y	ECUAY	1/277

D I S P L A C E M E N T S A T D I A P H R A G M C E N T E R O F M A S S

STORY	DIAPHRAGM	LOAD	UX	UY	RZ
STORY5	P5	CSX	0.0407	-0.0004	-0.00070
STORY4	P4	CSX	0.0333	-0.0003	-0.00057
STORY3	P3	CSX	0.0250	-0.0003	-0.00043
STORY2	P2	CSX	0.0153	-0.0002	-0.00027
STORY1	P1	CSX	0.0060	-0.0002	-0.00011
STORY5	P5	CSY	-0.0002	0.0260	0.00059
STORY4	P4	CSY	-0.0001	0.0208	0.00048
STORY3	P3	CSY	0.0000	0.0156	0.00036
STORY2	P2	CSY	0.0000	0.0098	0.00022
STORY1	P1	CSY	0.0000	0.0041	0.00009
STORY5	P5	ECUAX	0.0913	0.0183	0.00106

STORY4	P4	ECUAX	0.0747	0.0147	0.00087
STORY3	P3	ECUAX	0.0562	0.0111	0.00066
STORY2	P2	ECUAX	0.0345	0.0070	0.00041
STORY1	P1	ECUAX	0.0136	0.0029	0.00017
STORY5	P5	ECUAY	0.0274	0.0608	0.00342
STORY4	P4	ECUAY	0.0224	0.0490	0.00281
STORY3	P3	ECUAY	0.0169	0.0369	0.00214
STORY2	P2	ECUAY	0.0104	0.0232	0.00133
STORY1	P1	ECUAY	0.0041	0.0096	0.00054

Units:Kgf-m junio 11, 2015 21:15 PAGE 17

STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS

STORY	LOAD	DIR	MAXIMUM	AVERAGE	RATIO
STORY5	CSX	X	0.0469	0.0406	1.155
STORY4	CSX	X	0.0384	0.0332	1.155
STORY3	CSX	X	0.0288	0.0249	1.157
STORY2	CSX	X	0.0177	0.0153	1.160
STORY1	CSX	X	0.0070	0.0060	1.166
STORY5	CSY	Y	0.0283	0.0258	1.096
STORY4	CSY	Y	0.0227	0.0207	1.096
STORY3	CSY	Y	0.0171	0.0156	1.096
STORY2	CSY	Y	0.0107	0.0098	1.094
STORY1	CSY	Y	0.0044	0.0040	1.091
STORY5	ECUAX	X	0.0933	0.0918	1.016
STORY4	ECUAX	X	0.0763	0.0751	1.016
STORY3	ECUAX	X	0.0574	0.0565	1.016
STORY2	ECUAX	X	0.0353	0.0347	1.017
STORY1	ECUAX	X	0.0140	0.0137	1.019
STORY5	ECUAX	Y	0.0198	0.0188	1.052
STORY4	ECUAX	Y	0.0160	0.0151	1.055
STORY3	ECUAX	Y	0.0121	0.0114	1.056
STORY2	ECUAX	Y	0.0076	0.0072	1.055
STORY1	ECUAX	Y	0.0032	0.0030	1.052
STORY5	ECUAY	X	0.0413	0.0345	1.196
STORY4	ECUAY	X	0.0338	0.0283	1.197
STORY3	ECUAY	X	0.0256	0.0213	1.200
STORY2	ECUAY	X	0.0159	0.0132	1.205
STORY1	ECUAY	X	0.0064	0.0053	1.214
STORY5	ECUAY	Y	0.0660	0.0625	1.055
STORY4	ECUAY	Y	0.0533	0.0503	1.058
STORY3	ECUAY	Y	0.0402	0.0380	1.059
STORY2	ECUAY	Y	0.0253	0.0239	1.059
STORY1	ECUAY	Y	0.0105	0.0099	1.060

F'c:240 Kg/cm2; Amortiguamiento:0.05

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:33 PAGE 1

S T O R Y D A T A

STORY	SIMILAR TO	HEIGHT	ELEVATION
STORY5	None	2.700	13.700
STORY4	None	2.700	11.000
STORY3	STORY1	2.700	8.300
STORY2	STORY1	2.700	5.600
STORY1	None	2.900	2.900
BASE	None		0.000

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:33 PAGE 2

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	AUTO LAT LOAD	SELF WT MULTIPLIER	NOTIONAL FACTOR	NOTIONAL DIRECTION
CMUERTA	DEAD	N/A	1.0000		
CVIVA	LIVE	N/A	0.0000		
CPARED	DEAD	N/A	0.0000		
CSX	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		
CSY	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:33 PAGE 3

R E S P O N S E S P E C T R U M C A S E S

RESP SPEC CASE: ECUAX

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0500	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	3.9240
U2	ECUADOR2	1.1770
UZ	----	N/A

RESP SPEC CASE: ECUAY

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0500	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	1.1770
U2	ECUADOR2	3.9240
UZ	----	N/A

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:33 PAGE 4

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSY

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: Y + EccX
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$V = C W$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5	0.00	44775.47	0.00	0.000	0.000	20596.718
STORY4	0.00	44687.37	0.00	506.823	0.000	20549.800
STORY3	0.00	38070.09	0.00	371.906	0.000	17501.586
STORY2	0.00	24914.70	0.00	241.337	0.000	11454.650
STORY1	0.00	12290.11	0.00	119.135	0.000	5651.017

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:33 PAGE 5

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSX

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X + EccY
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$V = C W$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5	44775.47	0.00	0.00	0.000	0.000	-44999.351
STORY4	44687.37	0.00	0.00	0.000	-506.823	-44548.144
STORY3	38070.09	0.00	0.00	0.000	-371.906	-37989.224
STORY2	24914.70	0.00	0.00	0.000	-241.337	-24863.323
STORY1	12290.11	0.00	0.00	0.000	-119.135	-12263.765

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:33 PAGE 6

M A S S S O U R C E D A T A

MASS LATERAL LUMP MASS
FROM MASS ONLY AT STORIES

Loads Yes Yes

M A S S S O U R C E L O A D S

LOAD MULTIPLIER

CMUERTA 1.0000
CPARED 1.0000

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:33 PAGE 7

D I A P H R A G M M A S S D A T A

STORY	DIAPHRAGM	MASS-X	MASS-Y	MMI	X-M	Y-M
STORY5	P5	1.674E+04	1.674E+04	7.623E+05	4.412	9.133
STORY4	P4	2.108E+04	2.108E+04	9.333E+05	4.257	9.111
STORY3	P3	2.451E+04	2.451E+04	1.071E+06	4.279	9.129
STORY2	P2	2.472E+04	2.472E+04	1.082E+06	4.274	9.129
STORY1	P1	2.513E+04	2.513E+04	1.101E+06	4.268	9.128

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:33 PAGE 8

A S S E M B L E D P O I N T M A S S E S

STORY	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
STORY5	1.674E+04	1.674E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.623E+05
STORY4	2.126E+04	2.126E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.333E+05
STORY3	2.469E+04	2.469E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.071E+06
STORY2	2.490E+04	2.490E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.082E+06
STORY1	2.531E+04	2.531E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.101E+06
BASE	1.673E+03	1.673E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Totals	1.146E+05	1.146E+05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.950E+06

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:33 PAGE 9

C E N T E R S O F C U M U L A T I V E M A S S & C E N T E R S O F R I G I D I T Y

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	/-----CENTER OF MASS-----//		--CENTER OF RIGIDITY--//		
		MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
STORY5	P5	1.674E+04	4.412	9.133	3.904	9.086
STORY4	P4	2.108E+04	4.257	9.111	3.912	9.090
STORY3	P3	2.451E+04	4.279	9.129	3.918	9.090
STORY2	P2	2.472E+04	4.274	9.129	3.925	9.089
STORY1	P1	2.513E+04	4.268	9.128	3.944	9.088

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES

MODE FREQ NUMBER	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYCLES/TIME)	CIRCULAR (RADIAN/TIME)
Mode 1	0.75754	1.32007	8.29425
Mode 2	0.65938	1.51657	9.52887
Mode 3	0.59285	1.68677	10.59830
Mode 4	0.26291	3.80363	23.89890
Mode 5	0.23898	4.18446	26.29176
Mode 6	0.22230	4.49833	28.26381
Mode 7	0.13590	7.35829	46.23353
Mode 8	0.12399	8.06513	50.67472
Mode 9	0.09430	10.60489	66.63250
Mode 10	0.08161	12.25391	76.99358
Mode 11	0.06373	15.69003	98.58336
Mode 12	0.05678	17.61162	110.65709

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER	X-TRANS %MASS <SUM>	Y-TRANS %MASS <SUM>	Z-TRANS %MASS <SUM>	RX-ROTN %MASS <SUM>	RY-ROTN %MASS <SUM>	RZ-ROTN %MASS <SUM>
Mode 1	77.66 < 78>	0.01 < 0>	0.00 < 0>	0.01 < 0>	99.65 <100>	0.02 < 0>
Mode 2	0.03 < 78>	8.51 < 9>	0.00 < 0>	11.03 < 11>	0.04 <100>	69.93 < 70>
Mode 3	0.00 < 78>	69.70 < 78>	0.00 < 0>	88.74 <100>	0.00 <100>	8.59 < 79>
Mode 4	12.59 < 90>	0.03 < 78>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.06 <100>	0.02 < 79>
Mode 5	0.04 < 90>	3.56 < 82>	0.00 < 0>	0.02 <100>	0.00 <100>	8.67 < 87>
Mode 6	0.01 < 90>	8.74 < 91>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	3.46 < 91>
Mode 7	5.73 < 96>	0.00 < 91>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.18 <100>	0.00 < 91>
Mode 8	0.01 < 96>	5.29 < 96>	0.00 < 0>	0.09 <100>	0.00 <100>	0.28 < 91>
Mode 9	0.00 < 96>	1.28 < 97>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	2.65 < 94>
Mode 10	2.57 < 99>	0.00 < 97>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.05 <100>	0.00 < 94>
Mode 11	0.00 < 99>	2.78 <100>	0.00 < 0>	0.04 <100>	0.00 <100>	0.35 < 94>
Mode 12	1.33 <100>	0.00 <100>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.02 <100>	0.00 < 94>

MODAL LOAD PARTICIPATION RATIOS
(STATIC AND DYNAMIC RATIOS ARE IN PERCENT)

TYPE	NAME	STATIC	DYNAMIC
Load	CMUERTA	0.0000	0.0000
Load	CVIVA	0.0000	0.0000
Load	CPARED	0.0000	0.0000
Load	CSX	100.0000	99.9832
Load	CSY	100.0000	99.9822
Accel	UX	100.0000	99.9660
Accel	UY	100.0000	99.9039
Accel	UZ	0.0000	0.0000
Accel	RX	100.0000	99.9994
Accel	RY	100.0000	100.0000
Accel	RZ	95.3284	93.9739

TOTAL REACTIVE FORCES (RECOVERED LOADS) AT ORIGIN

LOAD	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
CMUERTA	-2.367E-08	-5.022E-07	9.227E+05	8.405E+06	-3.982E+06	-9.615E-01
CVIVA	-7.007E-09	-1.412E-07	1.774E+05	1.656E+06	-8.075E+05	-3.228E-01
CPARED	-1.113E-08	-1.936E-07	2.295E+05	2.108E+06	-9.586E+05	-4.242E-01
CSX	-1.647E+05	5.520E-07	4.686E-07	-2.777E+02	-1.620E+06	1.668E+06
CSY	1.415E-07	-1.647E+05	-7.435E-09	1.611E+06	7.388E+01	-7.854E+05
ECUAX	3.870E+05	1.194E+05	1.071E-06	1.153E+06	3.762E+06	3.605E+06
ECUAY	1.163E+05	3.975E+05	3.248E-07	3.841E+06	1.129E+06	1.873E+06

S T O R Y F O R C E S

STORY	LOAD	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY5	CSX	1.082E-09	-4.478E+04	2.119E-07	4.539E+05	-7.059E+00	-1.221E+05
STORY4	CSX	1.666E-07	-8.946E+04	2.606E-07	9.056E+05	-1.301E+01	-3.662E+05
STORY3	CSX	3.505E-07	-1.275E+05	2.369E-07	1.291E+06	-3.466E+01	-7.161E+05
STORY2	CSX	4.392E-07	-1.524E+05	4.181E-07	1.543E+06	-1.095E+02	-1.135E+06
STORY1	CSX	4.686E-07	-1.647E+05	5.520E-07	1.668E+06	-2.777E+02	-1.620E+06
STORY5	CSY	-1.197E-09	-2.558E-08	-4.478E+04	-2.182E+05	1.217E+05	1.668E+01
STORY4	CSY	6.680E-09	1.421E-07	-8.946E+04	-4.289E+05	3.647E+05	5.486E+01
STORY3	CSY	-5.639E-09	1.616E-07	-1.275E+05	-6.093E+05	7.123E+05	7.147E+01
STORY2	CSY	-1.594E-08	1.561E-07	-1.524E+05	-7.273E+05	1.129E+06	8.185E+01
STORY1	CSY	-7.435E-09	1.415E-07	-1.647E+05	-7.854E+05	1.611E+06	7.388E+01
STORY5	ECUAX	2.776E-09	1.132E+05	3.444E+04	1.055E+06	9.356E+04	3.085E+05
STORY4	ECUAX	3.898E-07	2.131E+05	6.514E+04	1.981E+06	2.678E+05	8.798E+05
STORY3	ECUAX	8.009E-07	3.009E+05	9.240E+04	2.799E+06	5.147E+05	1.686E+06
STORY2	ECUAX	1.003E-06	3.594E+05	1.107E+05	3.345E+06	8.106E+05	2.650E+06
STORY1	ECUAX	1.071E-06	3.870E+05	1.194E+05	3.605E+06	1.153E+06	3.762E+06
STORY5	ECUAY	2.982E-09	3.404E+04	1.145E+05	5.701E+05	3.111E+05	9.276E+04
STORY4	ECUAY	1.218E-07	6.400E+04	2.169E+05	1.037E+06	8.914E+05	2.643E+05
STORY3	ECUAY	2.438E-07	9.036E+04	3.078E+05	1.453E+06	1.714E+06	5.064E+05
STORY2	ECUAY	3.037E-07	1.079E+05	3.686E+05	1.734E+06	2.700E+06	7.956E+05
STORY1	ECUAY	3.248E-07	1.163E+05	3.975E+05	1.873E+06	3.841E+06	1.129E+06

S T O R Y D R I F T S

STORY	DIRECTION	LOAD	MAX DRIFT
STORY5	X	CSX	1/331
STORY4	X	CSX	1/297
STORY3	X	CSX	1/255
STORY2	X	CSX	1/266
STORY1	X	CSX	1/442
STORY5	Y	CSY	1/511
STORY4	Y	CSY	1/502
STORY3	Y	CSY	1/443
STORY2	Y	CSY	1/452
STORY1	Y	CSY	1/704
STORY5	X	ECUAX	1/158
STORY4	X	ECUAX	1/137
STORY3	X	ECUAX	1/125
STORY2	X	ECUAX	1/130
STORY1	X	ECUAX	1/214
STORY5	X	ECUAY	1/340
STORY5	Y	ECUAY	1/219
STORY4	X	ECUAY	1/314
STORY4	Y	ECUAY	1/218
STORY3	X	ECUAY	1/270
STORY3	Y	ECUAY	1/192
STORY2	X	ECUAY	1/278
STORY2	Y	ECUAY	1/195
STORY1	X	ECUAY	1/478
STORY1	Y	ECUAY	1/296

D I S P L A C E M E N T S A T D I A P H R A G M C E N T E R O F M A S S

STORY	DIAPHRAGM	LOAD	UX	UY	RZ
STORY5	P5	CSX	0.0381	-0.0004	-0.00065
STORY4	P4	CSX	0.0311	-0.0002	-0.00054
STORY3	P3	CSX	0.0233	-0.0002	-0.00041
STORY2	P2	CSX	0.0143	-0.0002	-0.00025
STORY1	P1	CSX	0.0056	-0.0001	-0.00010
STORY5	P5	CSY	-0.0002	0.0243	0.00056
STORY4	P4	CSY	-0.0001	0.0194	0.00045
STORY3	P3	CSY	0.0000	0.0146	0.00034
STORY2	P2	CSY	0.0000	0.0091	0.00021
STORY1	P1	CSY	0.0000	0.0038	0.00008
STORY5	P5	ECUAX	0.0885	0.0171	0.00099

STORY4	P4	ECUAX	0.0724	0.0138	0.00081
STORY3	P3	ECUAX	0.0544	0.0104	0.00062
STORY2	P2	ECUAX	0.0334	0.0065	0.00039
STORY1	P1	ECUAX	0.0132	0.0027	0.00016
STORY5	P5	ECUAY	0.0266	0.0568	0.00320
STORY4	P4	ECUAY	0.0217	0.0458	0.00263
STORY3	P3	ECUAY	0.0163	0.0345	0.00200
STORY2	P2	ECUAY	0.0100	0.0217	0.00125
STORY1	P1	ECUAY	0.0040	0.0090	0.00051

Units:Kgf-m junio 11, 2015 23:34 PAGE 17

STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS

STORY	LOAD	DIR	MAXIMUM	AVERAGE	RATIO
STORY5	CSX	X	0.0439	0.0380	1.155
STORY4	CSX	X	0.0359	0.0310	1.155
STORY3	CSX	X	0.0269	0.0233	1.157
STORY2	CSX	X	0.0165	0.0143	1.160
STORY1	CSX	X	0.0066	0.0056	1.166
STORY5	CSY	Y	0.0264	0.0241	1.096
STORY4	CSY	Y	0.0212	0.0194	1.096
STORY3	CSY	Y	0.0160	0.0146	1.096
STORY2	CSY	Y	0.0100	0.0091	1.094
STORY1	CSY	Y	0.0041	0.0038	1.091
STORY5	ECUAX	X	0.0903	0.0889	1.016
STORY4	ECUAX	X	0.0739	0.0727	1.016
STORY3	ECUAX	X	0.0556	0.0547	1.016
STORY2	ECUAX	X	0.0342	0.0336	1.017
STORY1	ECUAX	X	0.0135	0.0133	1.019
STORY5	ECUAX	Y	0.0185	0.0176	1.052
STORY4	ECUAX	Y	0.0149	0.0142	1.055
STORY3	ECUAX	Y	0.0113	0.0107	1.056
STORY2	ECUAX	Y	0.0071	0.0067	1.054
STORY1	ECUAX	Y	0.0029	0.0028	1.052
STORY5	ECUAY	X	0.0392	0.0330	1.187
STORY4	ECUAY	X	0.0321	0.0270	1.188
STORY3	ECUAY	X	0.0243	0.0204	1.192
STORY2	ECUAY	X	0.0151	0.0126	1.196
STORY1	ECUAY	X	0.0061	0.0050	1.205
STORY5	ECUAY	Y	0.0617	0.0585	1.055
STORY4	ECUAY	Y	0.0498	0.0471	1.058
STORY3	ECUAY	Y	0.0376	0.0355	1.059
STORY2	ECUAY	Y	0.0236	0.0223	1.059
STORY1	ECUAY	Y	0.0098	0.0092	1.060

F'c:280 Kg/cm2; Amortiguamiento:0.05

Units:Kgf-m junio 12, 2015 1:12 PAGE 1

S T O R Y D A T A

STORY	SIMILAR TO	HEIGHT	ELEVATION
STORY5	None	2.700	13.700
STORY4	None	2.700	11.000
STORY3	STORY1	2.700	8.300
STORY2	STORY1	2.700	5.600
STORY1	None	2.900	2.900
BASE	None		0.000

Units:Kgf-m junio 12, 2015 1:12 PAGE 2

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	AUTO LAT LOAD	SELF WT MULTIPLIER	NOTIONAL FACTOR	NOTIONAL DIRECTION
CMUERTA	DEAD	N/A	1.0000		
CVIVA	LIVE	N/A	0.0000		
CPARED	DEAD	N/A	0.0000		
CSX	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		
CSY	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		

Units:Kgf-m junio 12, 2015 1:12 PAGE 3

R E S P O N S E S P E C T R U M C A S E S

RESP SPEC CASE: ECUAX

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0500	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	3.9240
U2	ECUADOR2	1.1770
UZ	----	N/A

RESP SPEC CASE: ECUAY

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0500	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	1.1770
U2	ECUADOR2	3.9240
UZ	----	N/A

Units:Kgf-m junio 12, 2015 1:12 PAGE 4

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSY

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: Y + EccX
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$V = C W$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5	0.00	44775.47	0.00	0.000	0.000	20596.718
STORY4	0.00	44687.37	0.00	506.823	0.000	20549.800
STORY3	0.00	38070.09	0.00	371.906	0.000	17501.586
STORY2	0.00	24914.70	0.00	241.337	0.000	11454.650
STORY1	0.00	12290.11	0.00	119.135	0.000	5651.017

Units:Kgf-m junio 12, 2015 1:12 PAGE 5

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSX

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X + EccY
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$V = C W$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5	44775.47	0.00	0.00	0.000	0.000	-44999.351
STORY4	44687.37	0.00	0.00	0.000	-506.823	-44548.144
STORY3	38070.09	0.00	0.00	0.000	-371.906	-37989.224
STORY2	24914.70	0.00	0.00	0.000	-241.337	-24863.323
STORY1	12290.11	0.00	0.00	0.000	-119.135	-12263.765

Units:Kgf-m junio 12, 2015 1:12 PAGE 6

M A S S S O U R C E D A T A

MASS LATERAL LUMP MASS
FROM MASS ONLY AT STORIES

Loads Yes Yes

M A S S S O U R C E L O A D S

LOAD MULTIPLIER

CMUERTA 1.0000
CPARED 1.0000

Units:Kgf-m junio 12, 2015 1:12 PAGE 7

D I A P H R A G M M A S S D A T A

STORY	DIAPHRAGM	MASS-X	MASS-Y	MMI	X-M	Y-M
STORY5	P5	1.674E+04	1.674E+04	7.623E+05	4.412	9.133
STORY4	P4	2.108E+04	2.108E+04	9.333E+05	4.257	9.111
STORY3	P3	2.451E+04	2.451E+04	1.071E+06	4.279	9.129
STORY2	P2	2.472E+04	2.472E+04	1.082E+06	4.274	9.129
STORY1	P1	2.513E+04	2.513E+04	1.101E+06	4.268	9.128

Units:Kgf-m junio 12, 2015 1:12 PAGE 8

A S S E M B L E D P O I N T M A S S E S

STORY	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
STORY5	1.674E+04	1.674E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.623E+05
STORY4	2.126E+04	2.126E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.333E+05
STORY3	2.469E+04	2.469E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.071E+06
STORY2	2.490E+04	2.490E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.082E+06
STORY1	2.531E+04	2.531E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.101E+06
BASE	1.673E+03	1.673E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Totals	1.146E+05	1.146E+05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.950E+06

Units:Kgf-m junio 12, 2015 1:12 PAGE 9

C E N T E R S O F C U M U L A T I V E M A S S & C E N T E R S O F R I G I D I T Y

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	/-----CENTER OF MASS-----//		--CENTER OF RIGIDITY--/		
		MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
STORY5	P5	1.674E+04	4.412	9.133	3.904	9.086
STORY4	P4	2.108E+04	4.257	9.111	3.913	9.090
STORY3	P3	2.451E+04	4.279	9.129	3.919	9.090
STORY2	P2	2.472E+04	4.274	9.129	3.926	9.089
STORY1	P1	2.513E+04	4.268	9.128	3.944	9.089

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES

MODE FREQ NUMBER	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYCLES/TIME)	CIRCULAR (RADIAN/TIME)
Mode 1	0.72840	1.37287	8.62599
Mode 2	0.63411	1.57700	9.90860
Mode 3	0.57019	1.75381	11.01950
Mode 4	0.25286	3.95473	24.84833
Mode 5	0.22986	4.35045	27.33466
Mode 6	0.21383	4.67653	29.38349
Mode 7	0.13072	7.64984	48.06538
Mode 8	0.11927	8.38437	52.68052
Mode 9	0.09070	11.02588	69.27762
Mode 10	0.07850	12.73840	80.03775
Mode 11	0.06131	16.31073	102.48336
Mode 12	0.05462	18.30745	115.02909

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER	X-TRANS %MASS <SUM>	Y-TRANS %MASS <SUM>	Z-TRANS %MASS <SUM>	RX-ROTN %MASS <SUM>	RY-ROTN %MASS <SUM>	RZ-ROTN %MASS <SUM>
Mode 1	77.65 < 78>	0.01 < 0>	0.00 < 0>	0.01 < 0>	99.65 <100>	0.02 < 0>
Mode 2	0.03 < 78>	8.51 < 9>	0.00 < 0>	11.04 < 11>	0.04 <100>	69.93 < 70>
Mode 3	0.00 < 78>	69.70 < 78>	0.00 < 0>	88.74 <100>	0.00 <100>	8.60 < 79>
Mode 4	12.59 < 90>	0.03 < 78>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.06 <100>	0.02 < 79>
Mode 5	0.04 < 90>	3.56 < 82>	0.00 < 0>	0.02 <100>	0.00 <100>	8.67 < 87>
Mode 6	0.01 < 90>	8.74 < 91>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	3.46 < 91>
Mode 7	5.73 < 96>	0.00 < 91>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.18 <100>	0.00 < 91>
Mode 8	0.01 < 96>	5.29 < 96>	0.00 < 0>	0.09 <100>	0.00 <100>	0.28 < 91>
Mode 9	0.00 < 96>	1.28 < 97>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	2.65 < 94>
Mode 10	2.57 < 99>	0.00 < 97>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.05 <100>	0.00 < 94>
Mode 11	0.00 < 99>	2.78 <100>	0.00 < 0>	0.04 <100>	0.00 <100>	0.35 < 94>
Mode 12	1.33 <100>	0.00 <100>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.02 <100>	0.00 < 94>

MODAL LOAD PARTICIPATION RATIOS
(STATIC AND DYNAMIC RATIOS ARE IN PERCENT)

TYPE	NAME	STATIC	DYNAMIC
Load	CMUERTA	0.0000	0.0000
Load	CVIVA	0.0000	0.0000
Load	CPARED	0.0000	0.0000
Load	CSX	100.0000	99.9832
Load	CSY	100.0000	99.9822
Accel	UX	100.0000	99.9660
Accel	UY	100.0000	99.9040
Accel	UZ	0.0000	0.0000
Accel	RX	100.0000	99.9994
Accel	RY	100.0000	100.0000
Accel	RZ	95.3319	93.9724

TOTAL REACTIVE FORCES (RECOVERED LOADS) AT ORIGIN

LOAD	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
CMUERTA	-2.687E-08	9.015E-07	9.227E+05	8.405E+06	-3.982E+06	-8.890E-01
CVIVA	-1.044E-08	2.406E-07	1.774E+05	1.656E+06	-8.075E+05	-2.986E-01
CPARED	-1.757E-08	3.362E-07	2.295E+05	2.108E+06	-9.585E+05	-3.923E-01
CSX	-1.647E+05	-2.077E-06	1.921E-07	-2.566E+02	-1.618E+06	1.668E+06
CSY	-1.717E-07	-1.647E+05	-3.284E-08	1.609E+06	6.825E+01	-7.854E+05
ECUAX	4.016E+05	1.194E+05	4.504E-07	1.152E+06	3.904E+06	3.740E+06
ECUAY	1.206E+05	3.975E+05	1.487E-07	3.838E+06	1.172E+06	1.898E+06

S T O R Y F O R C E S

STORY	LOAD	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY5	CSX	2.779E-09	-4.478E+04	-5.700E-07	4.539E+05	-6.532E+00	-1.220E+05
STORY4	CSX	1.619E-07	-8.946E+04	-1.033E-06	9.056E+05	-1.205E+01	-3.659E+05
STORY3	CSX	1.866E-07	-1.275E+05	-1.568E-06	1.291E+06	-3.206E+01	-7.154E+05
STORY2	CSX	1.906E-07	-1.524E+05	-1.712E-06	1.543E+06	-1.012E+02	-1.134E+06
STORY1	CSX	1.921E-07	-1.647E+05	-2.077E-06	1.668E+06	-2.566E+02	-1.618E+06
STORY5	CSY	-2.621E-10	9.583E-08	-4.478E+04	-2.182E+05	1.216E+05	1.543E+01
STORY4	CSY	8.750E-09	-1.902E-07	-8.946E+04	-4.289E+05	3.645E+05	5.072E+01
STORY3	CSY	-1.539E-08	-1.893E-07	-1.275E+05	-6.093E+05	7.118E+05	6.605E+01
STORY2	CSY	-2.902E-08	-1.689E-07	-1.524E+05	-7.273E+05	1.128E+06	7.563E+01
STORY1	CSY	-3.284E-08	-1.717E-07	-1.647E+05	-7.854E+05	1.609E+06	6.825E+01
STORY5	ECUAX	6.964E-09	1.168E+05	3.444E+04	1.088E+06	9.353E+04	3.181E+05
STORY4	ECUAX	3.947E-07	2.210E+05	6.515E+04	2.054E+06	2.676E+05	9.108E+05
STORY3	ECUAX	4.456E-07	3.126E+05	9.240E+04	2.907E+06	5.144E+05	1.749E+06
STORY2	ECUAX	4.498E-07	3.732E+05	1.107E+05	3.473E+06	8.100E+05	2.750E+06
STORY1	ECUAX	4.504E-07	4.016E+05	1.194E+05	3.740E+06	1.152E+06	3.904E+06
STORY5	ECUAY	2.179E-09	3.512E+04	1.145E+05	5.759E+05	3.110E+05	9.563E+04
STORY4	ECUAY	1.221E-07	6.638E+04	2.169E+05	1.051E+06	8.909E+05	2.736E+05
STORY3	ECUAY	1.367E-07	9.387E+04	3.078E+05	1.472E+06	1.713E+06	5.252E+05
STORY2	ECUAY	1.453E-07	1.121E+05	3.686E+05	1.757E+06	2.698E+06	8.257E+05
STORY1	ECUAY	1.487E-07	1.206E+05	3.975E+05	1.898E+06	3.838E+06	1.172E+06

S T O R Y D R I F T S

STORY	DIRECTION	LOAD	MAX DRIFT
STORY5	X	CSX	1/358
STORY4	X	CSX	1/321
STORY3	X	CSX	1/276
STORY2	X	CSX	1/288
STORY1	X	CSX	1/478
STORY5	Y	CSY	1/552
STORY4	Y	CSY	1/542
STORY3	Y	CSY	1/479
STORY2	Y	CSY	1/489
STORY1	Y	CSY	1/761
STORY5	X	ECUAX	1/165
STORY4	X	ECUAX	1/143
STORY3	X	ECUAX	1/130
STORY2	X	ECUAX	1/136
STORY1	X	ECUAX	1/223
STORY5	X	ECUAY	1/362
STORY5	Y	ECUAY	1/236
STORY4	X	ECUAY	1/334
STORY4	Y	ECUAY	1/235
STORY3	X	ECUAY	1/288
STORY3	Y	ECUAY	1/208
STORY2	X	ECUAY	1/296
STORY2	Y	ECUAY	1/211
STORY1	X	ECUAY	1/508
STORY1	Y	ECUAY	1/320

D I S P L A C E M E N T S A T D I A P H R A G M C E N T E R O F M A S S

STORY	DIAPHRAGM	LOAD	UX	UY	RZ
STORY5	P5	CSX	0.0352	-0.0003	-0.00060
STORY4	P4	CSX	0.0288	-0.0002	-0.00050
STORY3	P3	CSX	0.0216	-0.0002	-0.00038
STORY2	P2	CSX	0.0132	-0.0002	-0.00023
STORY1	P1	CSX	0.0052	-0.0001	-0.00010
STORY5	P5	CSY	-0.0002	0.0224	0.00051
STORY4	P4	CSY	-0.0001	0.0180	0.00041
STORY3	P3	CSY	0.0000	0.0135	0.00031
STORY2	P2	CSY	0.0000	0.0085	0.00019
STORY1	P1	CSY	0.0000	0.0035	0.00008
STORY5	P5	ECUAX	0.0850	0.0158	0.00092

STORY4	P4	ECUAX	0.0695	0.0127	0.00075
STORY3	P3	ECUAX	0.0523	0.0096	0.00057
STORY2	P2	ECUAX	0.0321	0.0060	0.00036
STORY1	P1	ECUAX	0.0127	0.0025	0.00015
STORY5	P5	ECUAY	0.0255	0.0526	0.00296
STORY4	P4	ECUAY	0.0209	0.0424	0.00243
STORY3	P3	ECUAY	0.0157	0.0319	0.00185
STORY2	P2	ECUAY	0.0096	0.0201	0.00115
STORY1	P1	ECUAY	0.0038	0.0083	0.00047

Units:Kgf-m junio 12, 2015 1:12 PAGE 17

STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS

STORY	LOAD	DIR	MAXIMUM	AVERAGE	RATIO
STORY5	CSX	X	0.0406	0.0351	1.155
STORY4	CSX	X	0.0332	0.0287	1.155
STORY3	CSX	X	0.0249	0.0215	1.157
STORY2	CSX	X	0.0153	0.0132	1.160
STORY1	CSX	X	0.0061	0.0052	1.166
STORY5	CSY	Y	0.0244	0.0223	1.096
STORY4	CSY	Y	0.0196	0.0179	1.096
STORY3	CSY	Y	0.0148	0.0135	1.096
STORY2	CSY	Y	0.0092	0.0084	1.094
STORY1	CSY	Y	0.0038	0.0035	1.091
STORY5	ECUAX	X	0.0868	0.0854	1.016
STORY4	ECUAX	X	0.0710	0.0698	1.016
STORY3	ECUAX	X	0.0534	0.0525	1.017
STORY2	ECUAX	X	0.0328	0.0322	1.017
STORY1	ECUAX	X	0.0130	0.0127	1.019
STORY5	ECUAX	Y	0.0171	0.0163	1.052
STORY4	ECUAX	Y	0.0138	0.0131	1.055
STORY3	ECUAX	Y	0.0104	0.0099	1.055
STORY2	ECUAX	Y	0.0066	0.0062	1.054
STORY1	ECUAX	Y	0.0027	0.0026	1.051
STORY5	ECUAY	X	0.0369	0.0313	1.178
STORY4	ECUAY	X	0.0303	0.0257	1.179
STORY3	ECUAY	X	0.0229	0.0194	1.183
STORY2	ECUAY	X	0.0142	0.0120	1.187
STORY1	ECUAY	X	0.0057	0.0048	1.196
STORY5	ECUAY	Y	0.0571	0.0541	1.055
STORY4	ECUAY	Y	0.0461	0.0435	1.058
STORY3	ECUAY	Y	0.0348	0.0328	1.059
STORY2	ECUAY	Y	0.0218	0.0206	1.059
STORY1	ECUAY	Y	0.0091	0.0086	1.059

F'c:350 Kg/cm2; Amortiguamiento:0.05

Units:Kgf-m junio 12, 2015 15:41 PAGE 1

S T O R Y D A T A

STORY	SIMILAR TO	HEIGHT	ELEVATION
STORY5	None	2.700	13.700
STORY4	None	2.700	11.000
STORY3	STORY1	2.700	8.300
STORY2	STORY1	2.700	5.600
STORY1	None	2.900	2.900
BASE	None		0.000

Units:Kgf-m junio 12, 2015 15:41 PAGE 2

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	AUTO LAT LOAD	SELF WT MULTIPLIER	NOTIONAL FACTOR	NOTIONAL DIRECTION
CMUERTA	DEAD	N/A	1.0000		
CVIVA	LIVE	N/A	0.0000		
CPARED	DEAD	N/A	0.0000		
CSX	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		
CSY	QUAKE	USER_COEFF	0.0000		

Units:Kgf-m junio 12, 2015 15:41 PAGE 3

R E S P O N S E S P E C T R U M C A S E S

RESP SPEC CASE: ECUAX

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0500	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	3.9240
U2	ECUADOR2	1.1770
UZ	----	N/A

RESP SPEC CASE: ECUAY

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE	TYPICAL ECCEN
CQC	SRSS	0.0500	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	ECUADOR2	1.1770
U2	ECUADOR2	3.9240
UZ	----	N/A

Units:Kgf-m junio 12, 2015 15:41 PAGE 4

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSY

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: Y + EccX
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$V = C W$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5	0.00	44775.47	0.00	0.000	0.000	20596.718
STORY4	0.00	44687.37	0.00	506.823	0.000	20549.800
STORY3	0.00	38070.09	0.00	371.906	0.000	17501.586
STORY2	0.00	24914.70	0.00	241.337	0.000	11454.650
STORY1	0.00	12290.11	0.00	119.135	0.000	5651.017

Units:Kgf-m junio 12, 2015 15:41 PAGE 5

A U T O S E I S M I C U S E R C O E F F I C I E N T
Case: CSX

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X + EccY
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY5
Bottom Story: BASE

C = 0.1488
K = 1.099

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$V = C W$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

W Used = 1107108.50

V Used = 0.1488W = 164737.75

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY5	44775.47	0.00	0.00	0.000	0.000	-44999.351
STORY4	44687.37	0.00	0.00	0.000	-506.823	-44548.144
STORY3	38070.09	0.00	0.00	0.000	-371.906	-37989.224
STORY2	24914.70	0.00	0.00	0.000	-241.337	-24863.323
STORY1	12290.11	0.00	0.00	0.000	-119.135	-12263.765

Units:Kgf-m junio 12, 2015 15:41 PAGE 6

M A S S S O U R C E D A T A

MASS LATERAL LUMP MASS
FROM MASS ONLY AT STORIES

Loads Yes Yes

M A S S S O U R C E L O A D S

LOAD MULTIPLIER

CMUERTA 1.0000
CPARED 1.0000

Units:Kgf-m junio 12, 2015 15:41 PAGE 7

D I A P H R A G M M A S S D A T A

STORY	DIAPHRAGM	MASS-X	MASS-Y	MMI	X-M	Y-M
STORY5	P5	1.674E+04	1.674E+04	7.623E+05	4.412	9.133
STORY4	P4	2.108E+04	2.108E+04	9.333E+05	4.257	9.111
STORY3	P3	2.451E+04	2.451E+04	1.071E+06	4.279	9.129
STORY2	P2	2.472E+04	2.472E+04	1.082E+06	4.274	9.129
STORY1	P1	2.513E+04	2.513E+04	1.101E+06	4.268	9.128

Units:Kgf-m junio 12, 2015 15:41 PAGE 8

A S S E M B L E D P O I N T M A S S E S

STORY	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
STORY5	1.674E+04	1.674E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.623E+05
STORY4	2.126E+04	2.126E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.333E+05
STORY3	2.469E+04	2.469E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.071E+06
STORY2	2.490E+04	2.490E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.082E+06
STORY1	2.531E+04	2.531E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.101E+06
BASE	1.673E+03	1.673E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Totals	1.146E+05	1.146E+05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.950E+06

Units:Kgf-m junio 12, 2015 15:41 PAGE 9

C E N T E R S O F C U M U L A T I V E M A S S & C E N T E R S O F R I G I D I T Y

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	/-----CENTER OF MASS-----//--CENTER OF RIGIDITY--/				
		MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
STORY5	P5	1.674E+04	4.412	9.133	3.904	9.086
STORY4	P4	2.108E+04	4.257	9.111	3.913	9.090
STORY3	P3	2.451E+04	4.279	9.129	3.919	9.090
STORY2	P2	2.472E+04	4.274	9.129	3.926	9.089
STORY1	P1	2.513E+04	4.268	9.128	3.944	9.089

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES

MODE FREQ NUMBER	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYCLES/TIME)	CIRCULAR (RADIANS/TIME)
Mode 1	0.68835	1.45274	9.12783
Mode 2	0.59936	1.66844	10.48310
Mode 3	0.53901	1.85524	11.65683
Mode 4	0.23904	4.18338	26.28496
Mode 5	0.21731	4.60162	28.91285
Mode 6	0.20218	4.94621	31.07794
Mode 7	0.12359	8.09105	50.83759
Mode 8	0.11277	8.86749	55.71610
Mode 9	0.08574	11.66291	73.28025
Mode 10	0.07423	13.47168	84.64506
Mode 11	0.05797	17.25013	108.38579
Mode 12	0.05165	19.36060	121.64624

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER	X-TRANS %MASS <SUM>	Y-TRANS %MASS <SUM>	Z-TRANS %MASS <SUM>	RX-ROTN %MASS <SUM>	RY-ROTN %MASS <SUM>	RZ-ROTN %MASS <SUM>
Mode 1	77.65 < 78>	0.01 < 0>	0.00 < 0>	0.01 < 0>	99.65 <100>	0.02 < 0>
Mode 2	0.03 < 78>	8.52 < 9>	0.00 < 0>	11.04 < 11>	0.04 <100>	69.92 < 70>
Mode 3	0.00 < 78>	69.69 < 78>	0.00 < 0>	88.73 <100>	0.00 <100>	8.60 < 79>
Mode 4	12.59 < 90>	0.03 < 78>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.06 <100>	0.02 < 79>
Mode 5	0.04 < 90>	3.56 < 82>	0.00 < 0>	0.02 <100>	0.00 <100>	8.67 < 87>
Mode 6	0.01 < 90>	8.74 < 91>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	3.46 < 91>
Mode 7	5.73 < 96>	0.00 < 91>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.18 <100>	0.00 < 91>
Mode 8	0.01 < 96>	5.29 < 96>	0.00 < 0>	0.09 <100>	0.00 <100>	0.27 < 91>
Mode 9	0.00 < 96>	1.28 < 97>	0.00 < 0>	0.03 <100>	0.00 <100>	2.65 < 94>
Mode 10	2.57 < 99>	0.00 < 97>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.05 <100>	0.00 < 94>
Mode 11	0.00 < 99>	2.78 <100>	0.00 < 0>	0.04 <100>	0.00 <100>	0.35 < 94>
Mode 12	1.33 <100>	0.00 <100>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.02 <100>	0.00 < 94>

MODAL LOAD PARTICIPATION RATIOS
(STATIC AND DYNAMIC RATIOS ARE IN PERCENT)

TYPE	NAME	STATIC	DYNAMIC
Load	CMUERTA	0.0000	0.0000
Load	CVIVA	0.0000	0.0000
Load	CPARED	0.0000	0.0000
Load	CSX	100.0000	99.9832
Load	CSY	100.0000	99.9822
Accel	UX	100.0000	99.9660
Accel	UY	100.0000	99.9040
Accel	UZ	0.0000	0.0000
Accel	RX	100.0000	99.9994
Accel	RY	100.0000	100.0000
Accel	RZ	95.3366	93.9703

TOTAL REACTIVE FORCES (RECOVERED LOADS) AT ORIGIN

LOAD	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
CMUERTA	-2.758E-09	2.762E-07	9.227E+05	8.405E+06	-3.982E+06	-7.941E-01
CVIVA	-1.802E-09	8.190E-08	1.774E+05	1.656E+06	-8.075E+05	-2.668E-01
CPARED	-2.895E-09	1.037E-07	2.295E+05	2.108E+06	-9.585E+05	-3.505E-01
CSX	-1.647E+05	-5.655E-08	-1.301E-07	-2.290E+02	-1.615E+06	1.668E+06
CSY	-3.182E-07	-1.647E+05	-5.646E-08	1.608E+06	6.089E+01	-7.854E+05
ECUAX	4.170E+05	1.194E+05	3.146E-07	1.151E+06	4.053E+06	3.882E+06
ECUAY	1.253E+05	3.975E+05	1.861E-07	3.835E+06	1.217E+06	1.924E+06

S T O R Y F O R C E S

STORY	LOAD	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY5	CSX	-1.632E-09	-4.478E+04	-2.216E-07	4.539E+05	-5.839E+00	-1.219E+05
STORY4	CSX	-6.055E-08	-8.946E+04	-3.828E-08	9.056E+05	-1.078E+01	-3.655E+05
STORY3	CSX	-8.293E-08	-1.275E+05	4.878E-07	1.291E+06	-2.865E+01	-7.144E+05
STORY2	CSX	-1.116E-07	-1.524E+05	2.029E-07	1.543E+06	-9.031E+01	-1.132E+06
STORY1	CSX	-1.301E-07	-1.647E+05	-5.655E-08	1.668E+06	-2.290E+02	-1.615E+06
STORY5	CSY	-2.697E-10	-2.287E-08	-4.478E+04	-2.182E+05	1.216E+05	1.377E+01
STORY4	CSY	3.847E-09	-3.443E-07	-8.946E+04	-4.289E+05	3.642E+05	4.529E+01
STORY3	CSY	-2.515E-08	-3.250E-07	-1.275E+05	-6.093E+05	7.112E+05	5.896E+01
STORY2	CSY	-5.388E-08	-3.207E-07	-1.524E+05	-7.273E+05	1.127E+06	6.750E+01
STORY1	CSY	-5.646E-08	-3.182E-07	-1.647E+05	-7.854E+05	1.608E+06	6.089E+01
STORY5	ECUAX	4.457E-09	1.206E+05	3.444E+04	1.123E+06	9.348E+04	3.282E+05
STORY4	ECUAX	1.430E-07	2.294E+05	6.515E+04	2.131E+06	2.675E+05	9.432E+05
STORY3	ECUAX	1.975E-07	3.250E+05	9.241E+04	3.020E+06	5.140E+05	1.814E+06
STORY2	ECUAX	2.714E-07	3.878E+05	1.107E+05	3.608E+06	8.093E+05	2.855E+06
STORY1	ECUAX	3.146E-07	4.170E+05	1.194E+05	3.882E+06	1.151E+06	4.053E+06
STORY5	ECUAY	1.944E-09	3.627E+04	1.145E+05	5.821E+05	3.109E+05	9.866E+04
STORY4	ECUAY	4.502E-08	6.889E+04	2.169E+05	1.065E+06	8.904E+05	2.833E+05
STORY3	ECUAY	1.032E-07	9.757E+04	3.078E+05	1.493E+06	1.712E+06	5.448E+05
STORY2	ECUAY	1.727E-07	1.165E+05	3.686E+05	1.782E+06	2.696E+06	8.571E+05
STORY1	ECUAY	1.861E-07	1.253E+05	3.975E+05	1.924E+06	3.835E+06	1.217E+06

S T O R Y D R I F T S

STORY	DIRECTION	LOAD	MAX DRIFT
STORY5	X	CSX	1/401
STORY4	X	CSX	1/359
STORY3	X	CSX	1/309
STORY2	X	CSX	1/322
STORY1	X	CSX	1/535
STORY5	Y	CSY	1/618
STORY4	Y	CSY	1/607
STORY3	Y	CSY	1/536
STORY2	Y	CSY	1/547
STORY1	Y	CSY	1/852
STORY5	X	ECUAX	1/178
STORY4	X	ECUAX	1/154
STORY3	X	ECUAX	1/140
STORY2	X	ECUAX	1/146
STORY1	X	ECUAX	1/241
STORY5	X	ECUAY	1/399
STORY5	Y	ECUAY	1/265
STORY4	X	ECUAY	1/368
STORY4	Y	ECUAY	1/263
STORY3	X	ECUAY	1/317
STORY3	Y	ECUAY	1/232
STORY2	X	ECUAY	1/326
STORY2	Y	ECUAY	1/236
STORY1	X	ECUAY	1/558
STORY1	Y	ECUAY	1/358

D I S P L A C E M E N T S A T D I A P H R A G M C E N T E R O F M A S S

STORY	DIAPHRAGM	LOAD	UX	UY	RZ
STORY5	P5	CSX	0.0314	-0.0003	-0.00054
STORY4	P4	CSX	0.0257	-0.0002	-0.00044
STORY3	P3	CSX	0.0193	-0.0002	-0.00034
STORY2	P2	CSX	0.0118	-0.0002	-0.00021
STORY1	P1	CSX	0.0047	-0.0001	-0.00009
STORY5	P5	CSY	-0.0002	0.0201	0.00046
STORY4	P4	CSY	-0.0001	0.0161	0.00037
STORY3	P3	CSY	0.0000	0.0121	0.00028

STORY2	P2	CSY	0.0000	0.0076	0.00017
STORY1	P1	CSY	0.0000	0.0031	0.00007
STORY5	P5	ECUAX	0.0789	0.0141	0.00082
STORY4	P4	ECUAX	0.0646	0.0114	0.00067
STORY3	P3	ECUAX	0.0485	0.0086	0.00051
STORY2	P2	ECUAX	0.0298	0.0054	0.00032
STORY1	P1	ECUAX	0.0118	0.0023	0.00013
STORY5	P5	ECUAY	0.0237	0.0470	0.00264
STORY4	P4	ECUAY	0.0194	0.0379	0.00217
STORY3	P3	ECUAY	0.0146	0.0285	0.00165
STORY2	P2	ECUAY	0.0089	0.0179	0.00103
STORY1	P1	ECUAY	0.0035	0.0074	0.00042

Units:Kgf-m junio 12, 2015 15:41 PAGE 17

STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS

STORY	LOAD	DIR	MAXIMUM	AVERAGE	RATIO
STORY5	CSX	X	0.0362	0.0314	1.155
STORY4	CSX	X	0.0296	0.0256	1.156
STORY3	CSX	X	0.0222	0.0192	1.157
STORY2	CSX	X	0.0137	0.0118	1.160
STORY1	CSX	X	0.0054	0.0046	1.166
STORY5	CSY	Y	0.0218	0.0199	1.096
STORY4	CSY	Y	0.0176	0.0160	1.096
STORY3	CSY	Y	0.0132	0.0120	1.096
STORY2	CSY	Y	0.0082	0.0075	1.094
STORY1	CSY	Y	0.0034	0.0031	1.091
STORY5	ECUAX	X	0.0806	0.0792	1.017
STORY4	ECUAX	X	0.0659	0.0648	1.017
STORY3	ECUAX	X	0.0495	0.0487	1.017
STORY2	ECUAX	X	0.0304	0.0299	1.018
STORY1	ECUAX	X	0.0120	0.0118	1.019
STORY5	ECUAX	Y	0.0153	0.0145	1.052
STORY4	ECUAX	Y	0.0123	0.0117	1.054
STORY3	ECUAX	Y	0.0093	0.0088	1.055
STORY2	ECUAX	Y	0.0059	0.0056	1.053
STORY1	ECUAX	Y	0.0024	0.0023	1.051
STORY5	ECUAY	X	0.0336	0.0288	1.169
STORY4	ECUAY	X	0.0276	0.0236	1.171
STORY3	ECUAY	X	0.0209	0.0178	1.174
STORY2	ECUAY	X	0.0129	0.0110	1.178
STORY1	ECUAY	X	0.0052	0.0044	1.186
STORY5	ECUAY	Y	0.0510	0.0483	1.055
STORY4	ECUAY	Y	0.0412	0.0389	1.058
STORY3	ECUAY	Y	0.0311	0.0293	1.059
STORY2	ECUAY	Y	0.0195	0.0184	1.059
STORY1	ECUAY	Y	0.0081	0.0076	1.059