



**FACULTAD DE POSTGRADO
TRABAJO FINAL DE GRADUACION**

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE MODELAR EL MODULO
DE GRADAS EN UNA EDIFICACIÓN DE HORMIGÓN
ARMADO**

SUSTENTADO POR:

**ALLAN JOSUÉ FLORES CASTELLANOS
FRANCISCO JAVIER CARTAGENA RONDA**

PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE

**MÁSTER EN
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS**

SAN PEDRO SULA, CORTÉS

HONDURAS, C.A.

OCTUBRE, 2021

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA CADEMICA

DESIREE TEJADA CALVO

DIRECTORA UNITEC CAMPUS S.P.S

MARIA ROXANA ESPINAL

DIRECTORA NACIONAL DE POSTGRADO

ANA DEL CARMEN RETTALLY

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE MODELAR EL MODULO
DE GRADAS EN UNA EDIFICACIÓN DE HORMIGÓN
ARMADO**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE**

**MÁSTER EN
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS**

**ASESOR METODOLÓGICO
LUIS GUILLEN**

**ASESOR TEMÁTICO
FREDY VIDES**

MIEMBROS DE LA COMISIÓN EVALUADORA

**LUZ MARINA FÚNEZ
JULIO CESAR ZERON**

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2021
Allan Josué Flores Castellanos
Francisco Javier Cartagena Ronda

Todos los derechos son reservados.
AUTORIZACIÓN DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA,



FACULTAD DE POSGRADO

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE MODELAR EL MÓDULO DE GRADAS EN UNA EDIFICACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO

**Allan Josué Flores Castellanos
Francisco Javier Cartagena Ronda**

Resumen

La presente investigación presenta el análisis e interpretación del comportamiento de una estructura ante la inclusión del módulo de gradas como un elemento que aporta rigidez al conjunto.

El objetivo de la investigación es desarrollar modelaciones sintéticas mediante el software ETABS para determinar el comportamiento de la estructura al incluir o no el módulo de gradas de manera integral, con el propósito de proveer tranquilidad y seguridad al diseñador estructural, para no dejar cabos sueltos que pudieran repercutir en el funcionamiento de la estructura.

Se utilizaron simulaciones sintéticas de estructuras con diferente geometría, sin incluir el módulo de gradas e incluyéndolo, en cada uno de ellos se varía la ubicación del módulo de gradas para determinar su influencia según la posición en la que se encuentre, también, en cada uno de ellos se varía el área del edificio versus el área del módulo de gradas, estos cambios de áreas y variación de su posición radica principalmente en que estos cambios afectan directamente la ubicación del centro de rigidez, desplazamientos y efectos de torsión. Luego de realizar 18 simulaciones y análisis estadísticos las variables que se ven fuertemente afectadas en los diferentes casos evaluados son: centro de rigidez e irregularidad torsional.

Palabras claves: centro de masas, centro de rigidez, desplazamientos, módulo de gradas, torsión.



GRADUATE SCHOOL

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF MODELING THE STAIR MODULE IN A REINFORCED CONCRETE BUILDING

**Allan Josué Flores Castellanos
Francisco Javier Cartagena Ronda**

Abstract

This research presents the analysis and interpretation of the behavior of a structure before the inclusion of the bleacher module as an element that provides rigidity to the set.

The objective of the research is to develop synthetic models using ETABS software to determine the behavior of the structure by including or not including the bleachers module in an integral way, with the purpose of providing tranquility and security to the structural designer, so as not to leave loose ends that could affect the functioning of the structure.

Synthetic simulations of structures with different geometry were used, not including the bleacher module and including it, in each of them the location of the bleacher module is varied to determine its influence according to the position in which it is, also, in each one. Of these, the area of the building is varied versus the area of the tiered module. These changes in areas and variation in their position are mainly due to the fact that these changes directly affect the location of the center of rigidity, displacements and torsional effects. After performing 18 simulations and statistical analyzes, the variables that are strongly affected in the different cases evaluated are: center of rigidity and torsional irregularity.

Keywords: center of mass, center of stiffness, displacement, tier modulus, torsion.

DEDICATORIA

A Dios primeramente por brindarme siempre su cobertura en cada una de las metas de mi vida, a mis padres por todo su sacrificio, amor incondicional, por ser pilar fundamental de todos mis logros, a mis hermanos, Banelsy Sosa por ser la compañera ideal para mi vida.

Allan Josué Flores Castellanos

A Dios por su bondad y guía en el arduo caminar de la vida, a mis padres por todo su sacrificio, amor incondicional y ser motivación constante a ser mejor cada día, a mis hermanos, a Verónica Amaya por ser apoyo incondicional, motivación e inspiración para ser mejor y no temer al futuro que venga.

Francisco Javier Cartagena Ronda

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios por darnos vida y la oportunidad de culminar esta etapa profesional en nuestras vidas.

A nuestros familiares y amigos por el apoyo incondicional que nos han brindado a lo largo de este camino.

Finalmente, agradecemos a los docentes que mostraron su mayor disposición para compartirnos sus conocimientos fortaleciendo nuestro criterio profesional.

A Allan Flores por ser un amigo a lo largo de la maestría, por su responsabilidad y perseverancia.

A Francisco Cartagena por brindar su amistad a lo largo de este camino, por su constancia y profesionalismo en todos los sentidos.

Al Ingeniero Luis Guillen por su tiempo y recomendaciones a lo largo de la elaboración de tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xi
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes del problema	2
1.3 Definición del problema.....	5
1.3.1 Enunciado del problema.....	5
1.3.2 Preguntas de investigación.....	6
1.4 Objetivos del proyecto	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Justificación.....	6
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Análisis de la situación actual	8
2.1.1 Etapa de diseño estructural.....	9
2.1.2 Etapa constructiva	9
2.2 Conceptualización	10

2.3 Teoría de sustento.....	17
2.3.1 Análisis estructural.....	17
2.3.2 Elementos estructurales.....	17
2.3.3 Condiciones de apoyo.....	18
2.3.4 Distribución de cargas.....	19
2.3.5 Principio de superposición y combinaciones de carga.....	21
2.3.6 Centro de masas y centro de rigidez.....	22
2.3.7 Derivas.....	24
2.3.8 Irregularidades.....	26
2.3.9 Diseño por sismo.....	27
2.3.10 Modelación con programa ETABS.....	31
2.4 Metodología Aplicada.....	35
2.5 Instrumentos.....	35
2.6 Marco Legal.....	35
CAPITULO III METODOLOGÍA.....	36
3.1 Congruencia metodológica.....	36
3.1.1 Matriz de metodológica.....	36
3.1.3 Operacionalización de variables.....	37
3.2 Alcance, enfoque y método.....	38
3.2.1 Enfoque.....	38

3.2.2 Alcance.....	38
3.2.3 Método de investigación	38
3.3 Diseño de la investigación.....	38
3.3.1 Población.....	39
3.3.2 Muestra.....	39
3.3.3. Unidad de análisis	39
3.4 Técnicas, instrumentos y procedimientos aplicados	39
3.4.1 Técnicas.....	39
3.4.2 Instrumentos	40
3.4.3 Procedimientos aplicados.....	40
3.4.3.1 Generalidades del proyecto	40
3.4.3.2 Cargas.....	41
3.4.3.3 Modulación de estructuras según caso.	45
3.5 Fuentes de información	63
3.5.1 Fuentes primarias	63
3.5.2 Fuentes secundarias.....	63
3.5.3 Limitantes del estudio	63
CAPITULO IV RESULTADO Y ANÁLISIS.....	64
4.1 Recopilación de datos estructurales caso 1.	64
4.1.1 Tabla resumen de periodos, centro de masas y rigidez.	64

4.1.2	Tabla resumen de control de derivas.....	65
4.1.3	Tabla resumen de irregularidad torsional.....	67
4.1.4	Radios de diseño de columnas primer nivel.....	69
4.1.5	Distribución de columnas y radios de diseño del caso 1.1.....	70
4.1.6	Distribución de columnas y radios de diseño del caso 1.2.....	71
4.1.7	Distribución de columnas y radios de diseño del caso 1.3.....	72
4.1.8	Variación de periodos, centro de masas y rigidez caso 1.....	73
4.1.9	Variación de irregularidad torsional caso 1.....	77
4.1.10	Variación de derivas caso 1.....	80
4.2	Recopilación de datos estructurales caso 2.....	83
4.2.1	Tabla resumen de periodos, centro de masas y rigidez.....	83
4.2.2	Tabla resumen de control de derivas.....	84
4.2.3	Tabla resumen de irregularidad torsional.....	86
4.2.4	Radios de diseño de columnas primer nivel.....	88
4.2.5	Distribución de columnas y radios de diseño del caso 2.1.....	89
4.2.6	Distribución de columnas y radios de diseño del caso 2.2.....	90
4.2.7	Distribución de columnas y radios de diseño del caso 2.3.....	91
4.2.8	Variación de periodos, centro de masas y rigidez caso 2.....	92
4.2.9	Variación de irregularidad torsional caso 2.....	96
4.2.10	Variación de derivas caso 2.....	99

4.3 Recopilación de datos estructurales caso 3.	102
4.3.1 Tabla resumen de periodos, centro de masas y rigidez.	102
4.3.2 Tabla resumen de control de derivas.....	103
4.3.3 Tabla resumen de irregularidad torsional.	105
4.3.4 Radios de diseño de columnas primer nivel.....	107
4.3.5 Distribución de columnas y radios de diseño del caso 3.1.....	108
4.3.6 Distribución de columnas y radios de diseño del caso 3.2.....	109
4.3.7 Distribución de columnas y radios de diseño del caso 3.3.....	110
4.3.8 Variación de periodos, centro de masas y rigidez caso 3.....	111
4.3.9 Variación de irregularidad torsional caso 3.....	115
4.3.10 Variación de derivas caso 3.....	118
4.4 Recopilación de datos estadísticos	121
4.4.1 Comprobación de hipótesis Caso 1	121
4.4.1.1 Centro de masa y centro de rigidez	121
4.4.1.2 Derivas	123
4.4.1.3 Irregularidad torsional	125
4.4.1.4 Radios de diseño de columnas	127
4.4.2 Comprobación de hipótesis caso 2.....	128
4.4.2.1 Centro de masas y centro de rigidez.....	128
4.4.2.2 Derivas	130

4.4.2.3 Irregularidad torsional	132
4.4.2.4 Radios de diseño de columnas	134
4.4.3 Comprobación de hipótesis caso 3	135
4.4.3.1 Centro de masas y centro de rigidez.....	135
4.4.3.2 Derivas	137
4.4.3.3 Irregularidad torsional	139
4.4.3.4 Radios de diseño de columnas	141
4.4.4 Regresión.....	142
4.4.4.1 Análisis de regresión para variable de centro de rigidez.....	142
4.4.4.2 Análisis de regresión para variable de irregularidad torsional.....	144
4.5 Discusión de resultados.....	147
4.5.1 Periodo estático, periodo dinámico, centro de masas, centro de rigidez.....	147
4.5.2 Derivas	148
4.5.3 Irregularidad torsional	149
4.5.4 Radios de diseño de columnas del primer nivel.....	150
4.5.5 Cuadro comparativo de periodo estático, periodo dinámico, centro de masas, centro de rigidez.....	151
4.5.6 Cuadro comparativo de irregularidad torsional.....	152
4.5.7 Cuadro comparativo de derivas.....	153
4.5.8 Comparación de radios de diseño de columnas del primer nivel. Caso 1.1	153

4.5.9 Comparación de radios de diseño de columnas del primer nivel. Caso 1.3.....	155
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	156
5.1 Conclusiones	156
5.2 Recomendaciones.....	159
CAPITULO VI APLICABILIDAD	160
6.1 Justificación.....	161
6.2 Objetivos	162
6.2.1 Objetivo general	162
6.2.2 Objetivos específicos.....	162
6.3 Descripción de la propuesta	163
6.3.1 Análisis y Construcción	163
Referencia Bibliográfica	169
Glosario	171
Apéndice.....	172

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Sistema de escaleras en losa maciza	12
Ilustración 2 Ejemplificación de apoyos	18
Ilustración 3 Apoyos en losas de una dirección	19
Ilustración 4 Apoyos de losas en dos direcciones	20
Ilustración 5 Distribución y transferencia de cargas a vigas	20
Ilustración 6 Planta caso 1.1 sin gradas.....	45
Ilustración 7 Elevación caso 1.1 sin gradas.....	45
Ilustración 8 Elevación caso 1.1 con gradas	46
Ilustración 9 Planta caso 1.1 con gradas	46
Ilustración 10 Elevación caso 1.2 sin gradas.....	47
Ilustración 11 Planta caso 1.2 sin gradas.....	47
Ilustración 12 Elevación caso 1.2 con gradas	48
Ilustración 13 Planta caso 1.2 con gradas	48
Ilustración 14 Elevación caso 1.3 sin gradas.....	49
Ilustración 15 Planta caso 1.3 sin gradas.....	49
Ilustración 16 Elevación caso 1.3 con gradas	50
Ilustración 17 Planta caso 1.3 con gradas	50
Ilustración 18 Elevación caso 2.1 sin gradas.....	51
Ilustración 19 Planta caso 2.1 sin gradas.....	51
Ilustración 20 Elevación caso 2.1 con gradas	52
Ilustración 21 Planta caso 2.1 con gradas	52
Ilustración 22 Elevación caso 2.2 sin gradas.....	53

Ilustración 23 Planta caso 2.2 sin gradas.....	53
Ilustración 24 Elevación caso 2.2 con gradas	54
Ilustración 25 Planta caso 2.2 con gradas	54
Ilustración 26 Elevación caso 2.3 sin gradas.....	55
Ilustración 27 Planta caso 2.3 sin gradas.....	55
Ilustración 28 Elevación caso 2.3 con gradas	56
Ilustración 29 Planta 2.3 con gradas.....	56
Ilustración 30 Elevación sin gradas caso 3.1.....	57
Ilustración 31 Planta sin gradas caso 3.1.....	57
Ilustración 32 Elevación con gradas caso 3.1	58
Ilustración 33 Planta con gradas caso 3.1	58
Ilustración 34 Planta sin gradas caso 3.2.....	59
Ilustración 35 Planta sin gradas caso 3.2.....	59
Ilustración 36 Elevación con gradas caso 3.2	60
Ilustración 37 Planta con gradas caso 3.2	60
Ilustración 38 Planta sin gradas caso 3.3.....	61
Ilustración 39 Elevación sin gradas caso 3.3.....	61
Ilustración 40 Elevación con gradas caso 3.3	62
Ilustración 41 Planta con gradas caso 3.3	62
Ilustración 42 Radios de diseño sin gradas caso 1.1	70
Ilustración 43 Planta distribución de columnas caso 1.1	70
Ilustración 44 Radios de diseño con gradas caso 1.1	70
Ilustración 45 Planta de distribución de columnas caso 1.2.....	71
Ilustración 46 Radios de diseño sin gradas caso 1.2	71

Ilustración 47 Radios de diseño con gradas caso 1.2	71
Ilustración 48 Radios de diseño sin gradas caso 1.3	72
Ilustración 49 Radios de diseño con gradas caso 1.3	72
Ilustración 50 Distribución de columnas caso 1.3.....	72
Ilustración 51 Distribución de columnas caso 2.1.....	89
Ilustración 52 Radios de diseño sin gradas caso 2.1	89
Ilustración 53 Radios de diseño con gradas caso 2.1	89
Ilustración 54 Radios de diseño sin gradas caso 2.2	90
Ilustración 55 Distribución de columnas caso 2.2.....	90
Ilustración 56 Radios de diseño con gradas caso 2.2	90
Ilustración 57 Distribución de columnas caso 2.3.....	91
Ilustración 58 Radios de diseño con gradas caso 2.3	91
Ilustración 59 Radios de diseño sin gradas caso 2.3	91
Ilustración 60 Radios de diseño sin gradas caso 3.1	108
Ilustración 61 Distribución de columnas caso 3.1.....	108
Ilustración 62 Radios de diseño con gradas caso 3.1	108
Ilustración 63 Radios de diseño sin gradas caso 3.2	109
Ilustración 64 Distribución de columnas caso 3.2.....	109
Ilustración 65 Radios de diseño con gradas caso 3.2	109
Ilustración 66 Radios de diseño sin gradas caso 3.3	110
Ilustración 67 Planta de distribución de columnas caso 3.3.....	110
Ilustración 68 Radios de diseño con gradas caso 3.3	110
Ilustración 69 Resultados periodos, centro de masas y centro de rigidez	147
Ilustración 70 Derivas	148

Ilustración 71 Irregularidad torsional	149
Ilustración 72 Radios de diseño del primer nivel	150
Ilustración 73 Cuadro comparativo de periodos, centro de masas, centro de rigidez	151
Ilustración 74 Cuadro comparativo de irregularidad torsional.....	152
Ilustración 75 Cuadro comparativo de derivas.....	153
Ilustración 76 Radios sin gradas.....	153
Ilustración 77 Radios con gradas	154
Ilustración 78 Radios de diseño sin gradas	155
Ilustración 79 Radios de diseño con gradas	155
Ilustración 80 Efectos del módulo de gradas	163
Ilustración 81 Edificio 1847 UNAH Tegucigalpa, Honduras	164
Ilustración 82 Modelación incluyendo módulo de gradas	165
Ilustración 83 Detalle estructural del apoyo en gradas	166
Ilustración 84 Detalle estructural empotramiento de losa de gradas en viga	166
Ilustración 85 Edificación con módulo de gradas ubicado lateralmente.....	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de cargas vivas	14
Tabla 2 Matriz de metodología	36
Tabla 3 Operacionalización de variables	37
Tabla 4 Carga muerta	41
Tabla 5 Carga en azotea	42
Tabla 6 Carga muerta en gradas	42
Tabla 7 Carga muerta de equipos en azotea	42
Tabla 8 Carga viva	43
Tabla 9 Datos de espectro	43
Tabla 10 Valores de aceleraciones	44
Tabla 11 Resumen periodos, CM, CR, caso 1	64
Tabla 12 Resumen control de derivas caso 1	66
Tabla 13 Irregularidad torsional caso 1	68
Tabla 14 Radios de diseño primer nivel caso 1	69
Tabla 15 Variación periodo, CM, CR. caso 1	73
Tabla 16 Variación irregularidad torsional caso 1	77
Tabla 17 Variación de derivas caso 1	80
Tabla 18 Resumen de periodos, CM, CR caso 2	83
Tabla 19 Resumen control de derivas caso 2	85
Tabla 20 Resumen irregularidad torsional caso 2	87
Tabla 21 Radios de diseño primer nivel caso 2	88
Tabla 22 Variación periodos, CM, CR caso 2	92

Tabla 23 Variación irregularidad torsional caso 2	96
Tabla 24 Variación de derivas caso 2	99
Tabla 25 Resumen periodos, CM, CR caso 3	102
Tabla 26 Resumen control de derivas caso 3	104
Tabla 27 Resumen irregularidad torsional caso 3	106
Tabla 28 Radios de diseño primer nivel caso 3	107
Tabla 29 Variación periodos, CM, CR caso 3.....	111
Tabla 30 Variación irregularidad torsional caso 3	115
Tabla 31 Variación de derivas caso 3	118
Tabla 32 Comprobación de hipótesis centro de masas y de rigidez caso 1	122
Tabla 33 Comprobación de hipótesis de derivas caso 1.....	124
Tabla 34 Comprobación de hipótesis irregularidad torsional caso 1	126
Tabla 35 Comprobación de hipótesis radios de diseño caso 1	127
Tabla 36 Comprobación de hipótesis centro de masas y de rigidez caso 1	129
Tabla 37 Comprobación de hipótesis derivas caso 2	131
Tabla 38 Comprobación de hipótesis irregularidad torsional caso 2	133
Tabla 39 Comprobación de hipótesis radios de diseño de columnas caso 2.....	134
Tabla 40 Comprobación de hipótesis centro de masas y de rigidez caso 3	136
Tabla 41 Comprobación de hipótesis derivas caso 3	138
Tabla 42 Comprobación de hipótesis irregularidad torsional caso 3	140
Tabla 43 Comprobación de hipótesis radios de diseño de columnas caso 3.....	141
Tabla 44 Regresión ubicación de gradas dentro.....	142
Tabla 45 Regresión ubicación de gradas lateral.....	142
Tabla 46 Regresión ubicación de gradas esquina.....	143

Tabla 47 Regresión irregularidad torsional ubicación de gradas dentro 144

Tabla 48 Regresión irregularidad torsional ubicación de gradas lateral 145

Tabla 49 Regresión irregularidad torsional ubicación de gradas esquina 146

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Espectro de respuesta dinámica.	44
Gráfico 3 Periodo dinámico X caso 1	74
Gráfico 4 Comparativa centro de masas Y – caso 1	74
Gráfico 2 Periodo dinámico Y caso 1	74
Gráfico 5 Comparativa centro de masas X – caso 1	74
Gráfico 6 Comparativa CM por ubicación de gradas Y caso 1.....	75
Gráfico 7 Comparativa CM por ubicación de gradas X caso 1.....	75
Gráfico 8 Comparativa centro de rigidez X – caso 1	75
Gráfico 9 Comparativa centro de rigidez Y caso 1	75
Gráfico 10 Comparativa CR por ubicación de gradas Y caso 1.....	76
Gráfico 11 Comparativa CR por ubicación de gradas X caso 1.....	76
Gráfico 12 Sismo Y negativo caso 1	78
Gráfico 13 Sismo Y positivo caso 1	78
Gráfico 14 Sismo X negativo caso 1	78
Gráfico 15 Sismo X positivo caso 1	78
Gráfico 19 Comparativa torsion por ubicación de gradas sismo negativo Y caso 1.....	79
Gráfico 16 Comparativa torsion por ubicación de gradas sismo positivo Y caso 1.....	79
Gráfico 18 Comparativa torsion por ubicación de gradas sismo negativo X caso 1.....	79
Gráfico 17 Comparativa torsion por ubicación de gradas sismo positivo X caso 1.....	79
Gráfico 20 Variación derivas sismo X positivo caso 1	81
Gráfico 21 Variación de derives sismo X negativo caso 1	81
Gráfico 22 Variación de derivas sismo Y positivo caso 1	81

Gráfico 23 Variación de derivas sismo Y negativo caso 1	81
Gráfico 26 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo Y negativo caso 1	82
Gráfico 25 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo Y positivo caso 1	82
Gráfico 24 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo X negativo caso 1	82
Gráfico 27 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo X positivo caso 1	82
Gráfico 28 Comparativa CM en X caso 2	93
Gráfico 29 Comparativa CM en Y caso 2	93
Gráfico 30 Variación periodo Y caso 2	93
Gráfico 31 Variación periodo X caso 2	93
Gráfico 32 Comparativa CR en X caso 2	94
Gráfico 33 Comparativa CR en Y caso 2	94
Gráfico 34 Comparativa CM en X por ubicación de gradas caso 2	94
Gráfico 35 Comparativa CM en Y por ubicación de gradas caso 2	94
Gráfico 37 Comparativa CR en X por ubicación de gradas caso 2	95
Gráfico 36 Comparativa CR en Y por ubicación de gradas caso 2	95
Gráfico 38 Variación torsional sismo X positive caso 2	97
Gráfico 39 Variación torsional sismo X negativo caso 2	97
Gráfico 40 Variación torsional sismo Y positive caso 2	97
Gráfico 41 Variación torsional sismo Y negativo caso 2	97
Gráfico 42 Comparativa torsional por ubicación de gradas sismo X negativo caso 2	98
Gráfico 43 Comparativa torsional por ubicación de gradas sismo X positivo caso 2	98
Gráfico 44 Comparativa torsional por ubicación de gradas sismo Y negativo caso 2	98
Gráfico 45 Comparativa torsional por ubicación de gradas sismo Y positivo caso 2	98
Gráfico 46 Variación derivas sismo X negativo caso 2	100

Gráfico 47 Variación derivas sismo X positivo caso 2	100
Gráfico 48 Variación derivas sismo Y positivo caso 2	100
Gráfico 49 Variación derivas sismo Y negativo caso 2	100
Gráfico 51 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo Y positivo caso 2	101
Gráfico 52 Comparación derivas por ubicación de gradas sismo X negativo caso 2	101
Gráfico 53 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo X positivo caso 2	101
Gráfico 50 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo Y negativo caso 2	101
Gráfico 54 Variación periodo dinámico Y caso 3	112
Gráfico 55 Variación periodo dinámico X caso 3	112
Gráfico 56 Comparativa CM en X caso 3	112
Gráfico 57 Comparativa CM en Y caso 3	112
Gráfico 58 Comparativa CR en Y por ubicación de gradas caso 3	113
Gráfico 59 Comparativa CM en X por ubicación de gradas caso 3	113
Gráfico 60 Comparativa CR en X caso 3	113
Gráfico 61 Comparativa CR en Y caso 3	113
Gráfico 63 Comparativa CR en Y por ubicación de gradas caso 3	114
Gráfico 62 Comparativa CR en X por ubicación de gradas caso 3	114
Gráfico 64 Variación torsional sismo X positivo caso 3	116
Gráfico 65 Variación torsional sismo X negativo caso 3	116
Gráfico 66 Variación torsional sismo Y positivo caso 3	116
Gráfico 67 Variación torsional sismo Y negativo caso 3	116
Gráfico 68 Variación torsional por ubicación de gradas sismo X negativo caso 3	117
Gráfico 69 Variación torsional por ubicación de gradas sismo X positivo caso 3	117
Gráfico 70 Variación torsional por ubicación de gradas sismo Y positivo caso 3	117

Gráfico 71 Variación torsional por ubicación de gradas sismo Y negativo caso 3.....	117
Gráfico 72 Variación derivas sismo Y negativo caso 3	119
Gráfico 73 Variación derivas sismo Y positivo caso3	119
Gráfico 74 Variación derivas sismo X negativo caso 3	119
Gráfico 75 Variación derivas sismo X positivo caso 3	119
Gráfico 77 Variación derivas por ubicación de gradas sismo Y positivo caso 3	120
Gráfico 78 Variación derivas por ubicación de gradas sismo X negativo caso3	120
Gráfico 79 Variación derivas por ubicación de gradas sismo X positivo caso 3	120
Gráfico 76 Variación derivas por ubicación de gradas sismo Y negativo caso 3	120
Gráfico 81 Regresión CR X dentro	142
Gráfico 80 Regresión CR Y dentro	142
Gráfico 83 Regresión CR X lateral	142
Gráfico 82 Regresión CR Y lateral	142
Gráfico 84 Regresión CR X esquina	143
Gráfico 85 Regresión CR Y esquina	143
Gráfico 86 Regresión torsional X+ dentro	144
Gráfico 87 Regresión torsional X- dentro	144
Gráfico 88 Regresión torsional Y+ dentro	144
Gráfico 89 Regresión torsional Y- dentro	144
Gráfico 91 Regresión torsional X- lateral	145
Gráfico 92 Regresión torsional Y+ lateral	145
Gráfico 93 Regresión torsional X+ lateral	145
Gráfico 90 Regresión torsional Y- lateral	145
Gráfico 94 Regresión torsional Y+ esquina	146

Gráfico 95 Regresión torsional X+ esquina146

Gráfico 96 Regresión torsional X- esquina146

Gráfico 97 Regresión torsional Y- esquina146

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

En el presente trabajo de titulación se pretende analizar la diferencia de comportamiento de las estructuras cuando en el proceso de análisis se incluye o no el módulo de gradas como elemento contribuyente a la rigidez de la estructura en conjunto, con el fin de evitar posibles omisiones de efectos que genera el incluir el módulo de gradas en la modelación de la estructura. Para ello, se utilizaron estructuras en las cuales varían tanto su geometría (3 distribuciones en planta) como la ubicación del módulo de gradas (Dentro Lateral, Fuera Lateral, Fuera Esquina). Al final de esta investigación se espera obtener resultados comparables entre sí para poder concluir: si incluir o no el módulo de gradas en la modelación es relevante o no en la respuesta de la estructura. Se hará énfasis en parámetros como: centro de masas, centro de rigidez, periodos de vibración, control de derivas, irregularidad torsional y radios de diseño de columnas del 1 nivel.

Nuestra contribución es generar una base de datos estadísticos y un compendio de simulaciones computacionales que demuestren los efectos de incluir o no el módulo de gradas en el análisis de la estructura.

Este documento está compuesto por seis capítulos. En el primer capítulo se describe el planteamiento del problema y los objetivos a alcanzar en esta investigación. En el segundo capítulo se menciona la situación actual de los análisis estructurales y la documentación base utilizada para dar fundamento a la investigación. En el tercer capítulo se detalla la metodología utilizada para obtener los resultados finales descritos en el capítulo cuatro. En el capítulo cinco se dan a conocer las conclusiones de la investigación y las recomendaciones. En el capítulo seis se menciona la aplicabilidad de la investigación en el rubro ingenieril.

Los datos sintéticos serán obtenidos mediante simulaciones, se utilizará el software de análisis estructural ETABS 2016 de la familia CSI, de aquí en adelante llamado únicamente ETABS. La investigación se proyecta como una base de datos con la cual el lector podrá tener una idea, según sea la edificación que este analizando, de cómo abordar el módulo de gradas en relación a la edificación y los efectos que se generan.

1.2 Antecedentes del problema

La integridad de una estructura es un pilar fundamental para poder asegurar la seguridad del conjunto de manera global, para ello comprender el comportamiento estructural cuando se omite o no un elemento en el proceso de consultoría es de suma importancia, más aún cuando las decisiones tomadas en el proceso de diseño no son acatadas en el proceso constructivo. Una falla estructural que culmine su acción en colapso no es una opción.

La construcción en Honduras y muchos países latinoamericanos, es un rubro que genera empleos y hace crecer el flujo de dinero en la población, pero al vivir en un país con grandes limitantes en áreas educativas, económicas etc. Muchos se ven en la necesidad de realizar trabajos de construcción sin contar con una profesión o especialidad en el asunto, basándose en planos antiguos de construcciones pasadas o en experiencias empíricas del diario vivir, este proceder lleva a que muchos arquitectos, maestros de obra y practicantes de ingeniería realicen diseños estructurales para generar ingresos de dinero personales sin contar con el conocimiento debido.

Los siguientes son algunos trabajos previos realizados en esta temática:

(Loyaga Villacis & Tupiza Samueza, 2019), en la tesis: Análisis de la influencia de la rigidez del módulo de escaleras en estructuras regulares e irregulares de 4 plantas y construidas en

hormigón armado - Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito; llegaron a las siguientes conclusiones:

1. La incorporación del módulo de escaleras en ambas estructuras regular e irregular, hizo que estas se rigidizaran en un 10% (disminución de periodos de vibración), en relación con las estructuras sin módulo de escaleras.
2. En la estructura regular es poca la diferencia entre derivas de pisos entre edificios con módulo de escaleras y sin modulo (1.50%), esto puede deberse a la poca irregularidad en planta.

(Xoquic Cay, 2016), en la tesis: Centro de rigidez provocado por sistemas de escalera de concreto armado sobre la estructura edificatoria de concreto reforzado - Universidad de San Carlos de Guatemala; llegó a las siguientes conclusiones:

1. El comportamiento provocado por sistemas de escalera de concreto armado sobre la estructura edificatoria de concreto reforzado está determinado en gran porcentaje por la configuración de interacción. Esto entre el sistema de escalera y la estructura edificatoria, como lo son la ubicación del sistema de escalera dentro de la edificación, o la configuración geométrica del escalón del sistema, que se encuentran influenciados por los tipos de apoyos que posean. Al comparar los resultados cuantitativos de derivas, obtenidas de la estructura edificatoria con distintos sistemas de escalera, se deduce que la mayor influencia del sistema de escalera al realizar un análisis estructural por sismo, es el peso adicional que contribuye el sistema de escalera a la estructura edificatoria
2. El comportamiento de centro de rigidez en la edificación cuando se utilizan configuraciones distintas de sistemas de escalera en los distintos niveles no evidencia una diferencia significativa entre valores. Sin embargo, al analizar el centro de rigidez de la edificación influenciada por la ubicación de sistemas de escalera, denota que al ubicar el sistema de

escalera 11,00 metros desfasados, del centro de rigidez de la edificación independiente al sistema de escalera, este se desfasa 1,42 metros. En dirección al sistema de escalera, lo que determina 12,90 % de desfase, en dirección de la distancia donde se ubique el sistema de escalera y el centro de rigidez de la edificación independiente al sistema de escalera. Se considera que el sistema de escalera solo tiene un porcentaje de 9,83 % de rigidez, con respecto a la rigidez total del nivel. Los resultados obtenidos de centro de rigidez y centro de masa permiten afirmar que los sistemas de escalera que se ubiquen en un extremo minimizan la excentricidad real de la edificación. Sin embargo, la mayor contribución de mover el centro de rigidez, por medio de sistemas de escalera, es su influencia en los resultados de derivas. Esto evidencia a los marcos en voladizo que se encuentre lejanos al centro de rigidez su deriva será menor, a los marcos de estructuras edificatorias independientes a sistemas de escalera, y en marcos doblemente empotrados y cercanos al centro de rigidez su deriva será menor.

(Morales Calderón, 2010), en la tesis: Criterio de análisis, diseño, ejecución y ejemplos de aplicación sobre sistemas de escaleras de concreto armado - Universidad de San Carlos de Guatemala; llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se determinó que los sistemas de escaleras juegan un papel importante dentro de toda edificación, tanto para su estabilidad como para el uso y comodidad del usuario.
2. La mano de obra a emplear en este tipo de edificaciones debe ser calificada, ya que esto asegura una correcta interpretación y ejecución de lo diseñado por el ingeniero estructural.

(Salazar Moreano, 2020), en la tesis: Interpretación de la rigidez lateral en escaleras para el balance torsional aproximado en configuraciones estructurales de edificaciones de concreto reforzado - Universidad Nacional De Chimborazo; Llegó a la siguiente conclusión:

1. Es posible incluir la rigidez lateral de la escalera dentro del análisis del balance torsional de la edificación para el dimensionamiento inicial de la configuración estructural de una edificación, antes de integrarse al diseño estructural de la edificación, pudiendo así tratar de no tener que realizar demasiadas interacciones en el diseño.

1.3 Definición del problema

1.3.1 Enunciado del problema

En la práctica del diseño estructural en nuestro medio, es muy común que los proyectistas no consideren el módulo de gradas integrado al modelo analítico de la estructura como un contribuyente o participante de la rigidez total y los efectos que las gradas pueden ocasionar en el comportamiento final de la edificación.

Cuando los esfuerzos comienzan a actuar, estos tienden a distribuirse en los elementos de mayor rigidez, los cuales, dependiendo de su configuración geométrica dentro de la arquitectura propuesta, pueden ocasionar efectos no deseados en la respuesta de la estructura, aumentando la probabilidad de falla o hasta el colapso de la edificación. Las gradas están compuestas por varios componentes estructurales (vigas, losas de descanso, losas de peldaños, columnas de soporte) que funcionan como un solo cuerpo, dando como resultado un único elemento de gran rigidez, y basado en lo anteriormente comentado absorberían un buen porcentaje de los esfuerzos, también la ubicación de las gradas podrían teóricamente modificar el centro de rigidez de todo el edificio, el cual mientras más se aleje del centro de masas mayores serán los esfuerzos de torsión actuando en la totalidad de la estructura.

Un edificio puede analizarse con o sin el módulo de gradas, lo indispensable es que al momento de llevar a cabo el proceso constructivo estas se construyan de la forma en que fueron

analizadas. Es muy común en la práctica, que el contratista construya el módulo de gradas integrado a la estructura sin este haber sido considerado en el modelo analítico

1.3.2 Preguntas de investigación

1. ¿Qué efectos se generan en el comportamiento de la estructura al incluir o no el módulo de gradas de manera integral con respecto a las variables: centro de masas, centro de rigidez, ζ derivas, irregularidad torsional, periodos, radio de diseño de columnas del primer nivel?

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar modelaciones computacionales mediante el software ETABS para determinar el comportamiento de la estructura al incluir o no el módulo de gradas de manera integral.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Verificar si las variables de estudio están dentro o fuera de los intervalos de confianza a los niveles de significancia del 5% y 1% para el caso 1.
2. Verificar si las variables de estudio están dentro o fuera de los intervalos de confianza a los niveles de significancia del 5% y 1% para el caso 2.
3. Verificar si las variables de estudio están dentro o fuera de los intervalos de confianza a los niveles de significancia del 5% y 1% para el caso 3.
4. Realizar un análisis de regresión entre la relación de área del edificio total / área del módulo de gradas para los casos 1, 2 y 3.

1.5 Justificación

Esta investigación es beneficiosa para la comunidad de ingenieros civiles por que muestra los efectos de incluir o no el módulo de gradas en el análisis de la estructura, algo que comúnmente

se omite o se pasa por alto en los procesos de consultoría, más aún cuando el proceso constructivo no es semejante al modelo estructural analizado.

El propósito de la investigación es proveer tranquilidad y seguridad al diseñador estructural, para no dejar cabos sueltos que pudieran repercutir en el funcionamiento de la estructura.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

El capítulo inicia con el análisis de la situación actual donde se diferencian la etapa de diseño estructural y la etapa constructiva. Se detallan las teorías de sustento y su conceptualización, así como la revisión de instrumentos que permitan responder las preguntas de investigación.

2.1 Análisis de la situación actual

La integridad física de una estructura tiene dos componentes esenciales para que el producto terminado cuente con un factor de seguridad lo suficientemente amplio que permita realizar cualquier proceso correctivo ante cualquier eventualidad que demande un alto desempeño de respuesta de una estructura, los cuales son el proceso de diseño estructural y la etapa constructiva.

Ambos, tienen que mantener una correlación lógica entre lo diseñado y lo construido, en Honduras es muy común que lo antes mencionado no se cumpla, hablando específicamente del módulo de gradas, por lo general, el diseñador omite la inclusión del módulo de gradas como elementos que aportan rigidez y el constructor si construye el módulo de manera integral con la edificación.

La importancia radica, en que los esfuerzos son distribuidos a los elementos con mayor rigidez, el módulo de gradas al estar compuesto de manera conjunta de losas, vigas y columnas se convierte en un elemento altamente rígido, por ende, los esfuerzos tienden a distribuirse a la zona en que este está ubicado. A mayores esfuerzos, mayor serán demandados los elementos estructurales, y tomando en cuenta que, durante un evento sísmico, el módulo de gradas es utilizado como ruta de evacuación, se debe garantizar su buen funcionamiento.

2.1.1 Etapa de diseño estructural

Como en todas las profesiones, existen competencias con otros profesionales del mismo rubro y muchas veces unos actúan bajo experiencia acumulada a través de los años y otros bajo documentación técnica y teórica. Ambas formas de diseñar son importantes y factibles, pero debido al crecimiento de la tecnología, los softwares de diseño actuales permiten que el diseñador sea capaz de analizar la estructura con mayor detalle y así poder evitar ciertos errores u omisiones que se han venido acumulando a través de los años, una de estas omisiones es no incluir el módulo de gradas en la modelación o conceptualización de la estructura, muchas veces esto sucede porque no se cuenta con un software de diseño o por querer ganar tiempo en el proceso de diseño, ambos factores pueden ocasionar que el edificio diseñado tenga un comportamiento desviado del que tendrá en la realidad. Muchas veces se tiende a pensar que el módulo de gradas es repetitivo en todas las edificaciones y simplemente se copian los planos estructurales de otros proyectos y se entregan los mismos detalles, este procedimiento es correcto siempre y cuando sea la misma configuración de grada, pero el error no está en ese procedimiento, el error está en omitir el modelado del módulo de gradas en el modelo estructural del edificio. Es necesario que un diseñador este actualizándose en cuanto a tecnologías y normativas de diseño.

2.1.2 Etapa constructiva

Los ingenieros civiles encargados de ejecutar la obra, se basan en la gran mayoría en lo que los planos dictan, sin embargo, existen ocasiones en las que el no contar con la maquinaria o el personal adecuado los lleva a ejecutar actividades que no representan lo que los planos estructurales plantean; mantener una relación lo más estrecha posible entre el plano y la ejecución de obra

garantiza un control seguro de lo planteado previo a la edificación y posterior a este. Es prudente y buena práctica que cuando el ingeniero de campo tenga una duda de algún detalle o procedimiento converse con el Ingeniero Estructural para aclarar o corregir cualquier incongruencia de igual forma es de suma importancia que los planos cuenten con la información necesaria y clara de lo que se pretende construir.

2.2 Conceptualización

En esta sección se presenta el concepto de cada variable, dimensiones e indicadores tomados en la investigación.

Diseño estructural

Abarca las diversas actividades que desarrolla el proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura, o sea de aquella parte de una construcción que tiene como función absorber las solicitaciones que se presentan durante las distintas etapas de su existencia. (Piralla, 1985, p. 15)

Ductilidad

La ductilidad es la capacidad de un elemento estructural para sufrir deformaciones plásticas sin degradación de su resistencia. La ductilidad en las estructuras es un valor agregado que cada día es más común. El ingeniero estructural debe de tener clara la importancia de la ductilidad en el caso del diseño de estructuras en zonas de riesgo sísmico.(Torre, s/f-a)

Rigidez

“Es la fuerza necesaria para que, en el sentido del desplazamiento investigado, un miembro aislado sufra un desplazamiento unitario” (Torre, s/f-b).

Funcionalidad, resistencia y seguridad estructural

Para que una estructura cumpla sus propósitos debe ser segura contra el colapso y funcional en condiciones de servicio. La funcionalidad requiere que las deflexiones sean pequeñas, que las fisuras, si existen, se mantengan en límites tolerables, que las vibraciones se minimicen, etc.

La seguridad requiere que la resistencia de la estructura sea la adecuada para todas las cargas que puedan llegar a actuar sobre ella. Si la resistencia de la estructura, construida tal como se diseñó, pudiera predecirse en forma precisa, y si las cargas y sus efectos internos (momentos, cortantes, fuerzas axiales) se conocieran con precisión, la seguridad podría garantizarse proporcionando una capacidad portante ligeramente superior a la que se requiere para las cargas conocidas. (Nilson & Darwin, 1997)

Módulo de gradas

Es una estructura para el traslado de un punto específico a otro, pero con diferentes cotas de nivel, medidas a partir de un punto en común. Los módulos de grada, fundamentalmente, tienen la función de permitir trasladarse de un punto a otro, pero pueden ser utilizados como elementos estructurales de rigidez, cuando se involucran en el análisis estructural de la edificación. Sin embargo, con las distintas configuraciones estructurales que puedan existir, se debe tener un análisis específico sobre su rigidez. En general la configuración estructural de módulos de gradas, está basada en losas o placas de concreto armado apoyadas en sus extremos. En esta investigación se utilizarán módulos con sistemas de losa maciza, estos son placas de losas de concreto armado

las cuales se apoyan en sus extremos en elementos rígidos estructurales de la edificación. A ellas se les inducen las cargas de estos sistemas de escalera por medio de diafragmas de las placas. Las placas de losas en estos sistemas de escalera son el soporte estructural donde se colocan y apoyan los escalones, y puede ser de varios tramos con descansos.



Ilustración 1 Sistema de escaleras en losa maciza

Fuente: Xoquix Cay (2016)

Desplazamiento lateral relativo o deriva

El desplazamiento relativo de piso es el desplazamiento lateral de un nivel relativo al del nivel superior o inferior debido a las fuerzas laterales de diseño. El cálculo de los desplazamientos relativos deberá incluir las deflexiones debidas a los efectos de traslación y torsión.

Materiales

Son elementos que pueden transformarse y agruparse en un conjunto. Siendo estos de construcción cualquiera que sea su composición u origen deben de cumplir un mínimo de requisitos estipulados en el CHOC-08.

Hormigón Armado: Es probablemente el material más utilizado por su accesibilidad y maleabilidad al poder tomar casi cualquier forma según la formaleta en la que está siendo colado.

Resulta de la combinación del hormigón (cemento, arena, grava) con acero de refuerzo en forma de barras cilíndricas.

Análisis de cargas

Se refiere a un conjunto de fuerzas, sean estas permanentes, variables o laterales a las que está sometida la estructura, mismas que realizarán las sollicitaciones que la estructura debe de resistir.

Cargas Muerta o peso propio

Es llamada a las fuerzas que actúan de forma permanente en la estructura a lo largo de su periodo de vida, tanto en posición como en magnitud. Esta carga, como su nombre evidencia, es provocada por el peso propio de la estructura, o elementos, como acabados finales, barandales, recubrimientos y losas, entre otras. Esta se puede estimar con un valor bastante exacto, mediante un análisis correcto de la configuración en la edificación.

Carga Viva

Es la carga superpuesta por el uso y ocupación de un edificio, no se incluyen las cargas de viento, sismo o carga muerta.

Tabla 1.4-1 Cargas uniformes y concentradas

OCUPACIÓN O USO		CARGA UNIFORME	CARGA CONCENTRADA	
Categoría	Descripción	Kg/m ²	Kg	
1	Aceras y calles de entrada	Acceso público	1,250	Ver nota <u>b</u>
2	Áreas de reuniones públicas ^e y auditorios, incluye balcones	Áreas con asientos fijos	250	0
		Áreas con asientos móviles y otras áreas	500	0
		Escenarios y plataformas	625	0
3	Armerías		750	0
4	Bibliotecas	Cuartos de lectura	300	500 ^d
		Cuartos de libros	625	750 ^d
5	Bodegas y almacenes	Liviana	625	0
		Pesada	1,250	0
6	Cornisas y marquesinas		300 ^e	0
7	Cuartos de baño o sanitarios		Ver nota <u>f</u>	0
8	Escuelas	Aulas	200	500 ^d
9	Estacionamientos o garajes	Vehículos en general y/o taller	500	Ver nota <u>b</u>
		Automóviles privados (9 personas capacidad máxima)	250	Ver nota <u>b</u>
10	Fábricas	Liviana	375	1,000 ^d
		Pesada	625	1,500 ^d
11	Graderías, paltos, bancas o sillas		500	
12	Hospitales	Cuartos y divisiones	200	500 ^d
13	Imprentas	Cuartos de prensas	750	1,250 ^d
		Cuartos de ordenación y composición	500	1,000 ^d
14	Oficinas		250	1,000 ^d
15	Puentes peatonales y pasarelas		500	0
16	Residencial ^g	Área básica de piso	200	0 ^h
		Balcones exteriores	300 ^e	0
		Terrazas	200 ^e	0
17	Salidas de lugares públicos ⁱ		500	0 ^h
18	Sistemas de piso para acceso	Uso de oficinas	250	1,000 ^d
		Uso de computadoras	500	1,000 ^d
19	Terrazas en techos	Igual al área servida o para el tipo de ocupación acomodada		
20	Tiendas		500	1,500 ^d

Tabla 1 Valores de cargas vivas

Fuente: CHOC-08

Fuerzas sísmicas según CHOC-08

Son fuerzas laterales que se aplican en los centros de masa del respectivo nivel y producen solo efectos traslacionales en el sistema.

Según el código CHOC-08 existen dos formas de realizar un análisis sísmico: análisis estático y análisis dinámico.

La selección del procedimiento a utilizar se basa en lo siguiente:

1. Análisis Estático

El procedimiento del análisis estático puede ser utilizado para las siguientes estructuras:

- (a) Todas las estructuras, regulares o irregulares, en la Zona Sísmica 1 y con Categoría de Ocupación 4, ubicadas en las Zonas Sísmicas 2 y 3.
- (b) Estructuras regulares de una altura menor a 75 metros, con resistencia a cargas laterales proporcionada por los sistemas descritos en la Tabla 3.4-6, excepto donde se aplique 3.4.8.3(d).
- (c) Estructuras irregulares con no más de 5 pisos o con una altura que no exceda 20 metros.
- (d) Estructuras que tienen una parte superior flexible apoyada en una parte inferior rígida, donde ambas partes de la estructura consideradas separadamente se pueden clasificar como regulares, la rigidez promedio de los pisos de la parte inferior es por lo menos 10 veces la rigidez promedio de los pisos de la parte superior, y el período de toda la estructura no es mayor que 1.1 veces el período de la parte superior considerada como una estructura separada y empotrada en su base.

Análisis Dinámico

El procedimiento del análisis dinámico deberá utilizarse para todas las otras estructuras que no están indicadas en el análisis estático, incluyendo las siguientes:

- (a) Estructuras con una altura igual o mayor a 75 metros, excepto como se permite por 3.4.8.2(a).
- (b) Estructuras que tienen una rigidez, peso o irregularidad geométrica vertical del Tipo 1, 2 o 3 como se define en la Tabla 3.4-4, o estructuras que tienen características irregulares no descritas en la Tabla 3.4-4 o en la Tabla 3.4-5 excepto como se permite por 3.5.3.2.
- (c) Estructuras con más de 5 pisos o con una altura mayor que 20 metros en la Zonas Sísmicas 4, 5 o 6, y que no tienen el mismo sistema estructural a lo largo de toda su altura, excepto como se permite por 3.5.3.2.
- (d) Estructuras, regulares e irregulares, localizadas en un Perfil de Suelo Tipo S4 el cual tiene un período mayor que 0.7 segundos. El análisis deberá incluir los efectos de los suelos en el sitio y deberá conformarse a 3.6.2(d).

2.3 Teoría de sustentos

A continuación, se presentan y detallarán las teorías en las cuales se fundamentará el estudio.

2.3.1 Análisis estructural

El análisis estructural se refiere al uso de las ecuaciones de la resistencia de materiales para encontrar los esfuerzos internos, deformaciones y tensiones que actúan sobre una estructura resistente, como edificaciones o esqueletos resistentes de maquinaria. Igualmente, el análisis dinámico estudiaría el comportamiento dinámico de dichas estructuras.

2.3.2 Elementos estructurales

Se definen como cuerpos de geometría variada según sea su naturaleza, que al unirse forman parte de un solo cuerpo para trabajar y alcanzar un mismo fin. Siendo los más comunes según su posición y forma, los podemos clasificar de la siguiente forma:

1. Elementos verticales.
2. Elementos horizontales.

Elementos verticales

Son elementos que trabajan a compresión, cortante y flexo-compresión, dentro de los cuales podemos mencionar:

- Columnas (cuadradas, rectangulares, circulares).
- Muros (mampostería, hormigón armado)
- Pilotes de cimentación.

Elementos horizontales

Son elementos que trabajan a tensión y cortante, dentro de los cuales podemos mencionar:

- Losas.
- Vigas.
- Dinteles.
- Zapatas

2.3.3 Condiciones de apoyo

Los elementos estructurales se unen de diversas maneras dependiendo de la intención del diseñador. Los 3 tipos de apoyo que se especifican con mayor frecuencia son: apoyo articulado, apoyo de rodillo y apoyo empotrado. (Hibbeler, 2012)



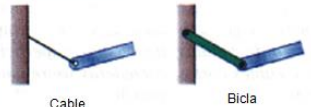







Apoyo o enlace	Reacción	No. de incógnitas
 <p>Rodillos Balancín Superficie lisa</p>	 <p>Fuerza con recta soporte conocida</p>	1
 <p>Cable Bicla</p>	 <p>Fuerza con recta soporte conocida</p>	1
 <p>Corredera o cursor Pasador en ranura lisa</p>	 <p>Fuerza con recta soporte conocida</p>	1
 <p>Articulación Superficie rugosa</p>	 <p>Fuerza con dirección desconocida</p>	2
 <p>Empotramiento</p>	 <p>Fuerza y par</p>	3

Ilustración 2 Ejemplificación de apoyos

Fuente: Hibbeler (2012)

2.3.4 Distribución de cargas

Cuando las superficies planas como pisos o techos están soportadas por un marco estructural, es necesario determinar la forma en la que se transmite la carga sobre estas superficies hacia los diversos elementos estructurales utilizados para soporte. En general existen dos formas en las que se pueden distribuir las cargas:

- Sistema en una dirección: la losa o cubierta se apoya de tal manera que transfiere su carga a los elementos de soporte mediante una acción de un solo sentido, se conoce como *losa en una dirección*.

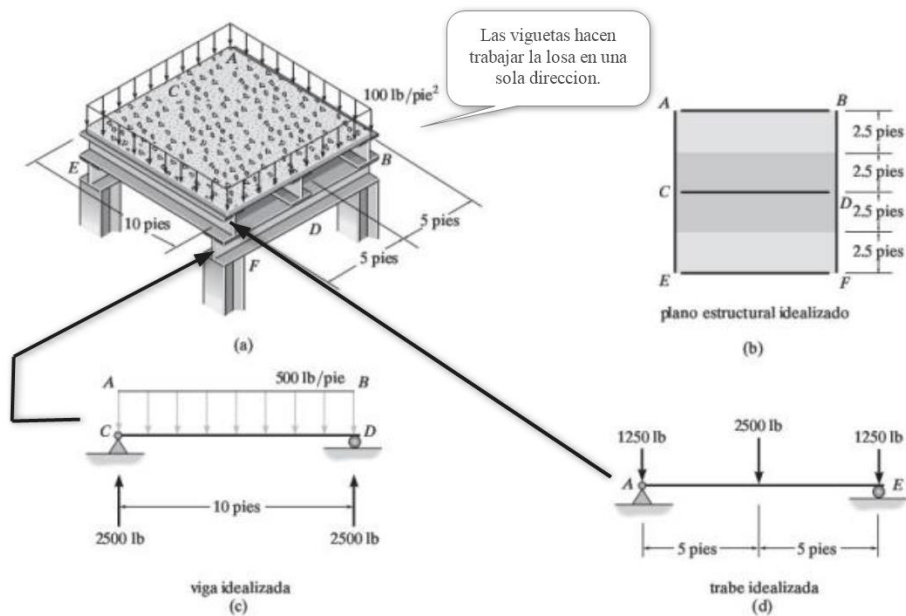


Ilustración 3 Apoyos en losas de una dirección

Fuente: Hibbeler (2012)

- Sistema en dos direcciones: si de acuerdo con el código ACI 318 la relación de soporte entre lado largo / lado corto ≤ 2 , se supone que la carga se transfiere a las vigas de soporte y a las viguetas en dos direcciones; cuando se presenta esta situación la losa se denomina *losa en dos direcciones*.

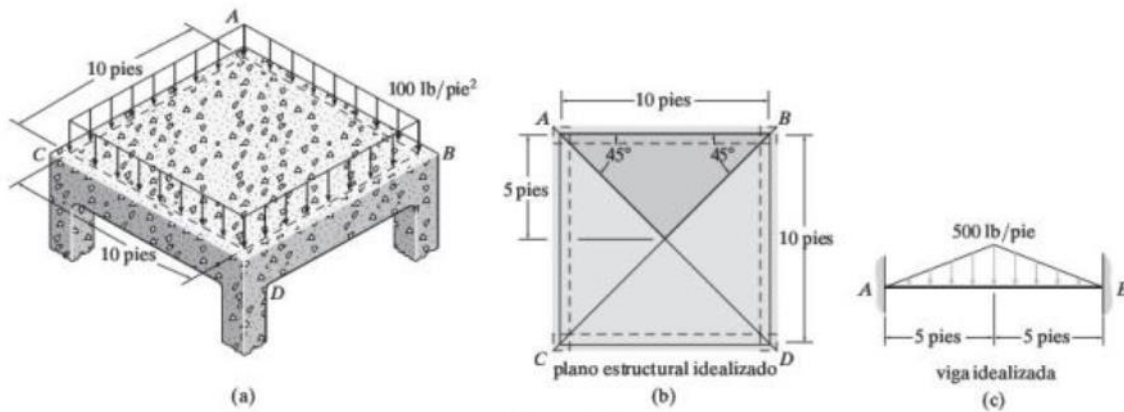


Ilustración 4 Apoyos de losas en dos direcciones

Fuente: Hibbeler (2012)

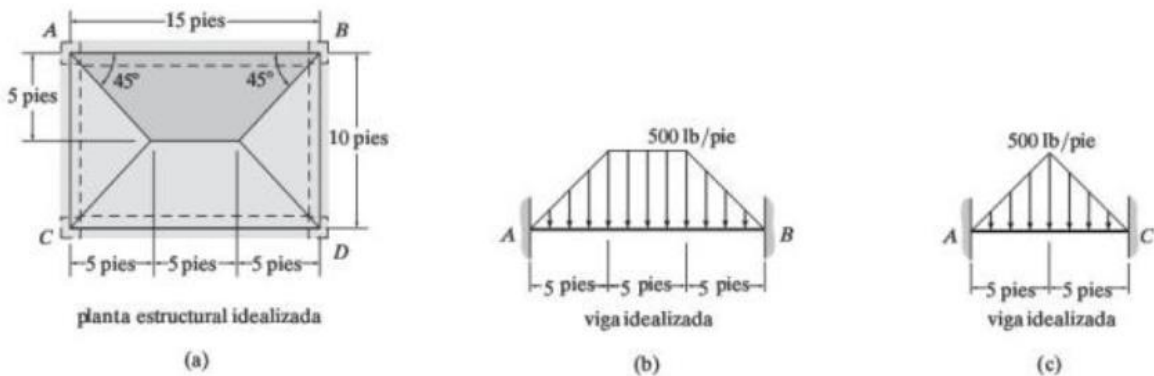


Ilustración 5 Distribución y transferencia de cargas a vigas

Fuente: Hibbeler (2012)

2.3.5 Principio de superposición y combinaciones de carga

El principio de superposición es la base de una gran parte de la teoría del análisis estructural. Es posible afirmar lo siguiente: *El desplazamiento total o las cargas internas en un punto de una estructura sometida a varias cargas externas puede determinarse al sumar los desplazamientos o cargas internas causados por cada una de las cargas externas que actúan por separado.* Para que este enunciado sea válido es necesario que exista una relación lineal entre las cargas, los esfuerzos y los desplazamientos, el material debe comportarse de manera elástica lineal, de modo que la ley de Hooke sea válida.

Combinaciones de carga

Se realizan diferentes combinaciones de carga, en busca de una resistencia última crítica de diseño, utilizando las de servicio para revisión de deformaciones, desplazamientos y dimensionamiento de la cimentación, y las de resistencia para la revisión del reforzamiento de los elementos ante esfuerzos de compresión, tensión, flexo compresión, cortante y torsión.

Simbología de cargas

D: carga muerta

L: carga viva

E: carga de sismo

W: carga de viento

Combinaciones de carga según el CHOC-08

$$U = 1.4D + 1.7L$$

$$U = 0.75(1.4D + 1.7L + 1.7W)$$

$$U = 0.9D + 1.3W$$

$$U = 0.75(1.4D + 1.7L \pm 1.87E)$$

$$U = 0.9D + 1.43E$$

2.3.6 Centro de masas y centro de rigidez

El centro de masas es el punto donde la resultante de las fuerzas gravitatorias ejercidas por todos los cuerpos del sistema se anula. Para el cálculo del centro de masas de cada nivel, se fija el eje de un sistema de coordenadas ortogonal (X, Y). (Velásquez P. & Fonten G., 2015)

Las coordenadas del centro de masas de cada nivel, vienen dadas por las siguientes expresiones:

$$X_{cmi} = \frac{\sum W_j * X_j}{W_i}$$
$$Y_{cmi} = \frac{\sum W_j * Y_j}{W_i}$$

Donde:

W_j = Peso parcial de un elemento de área regular del nivel i.

X_j, Y_j = Coordenadas del centro geométrico del área parcial del nivel i.

W_i = Peso parcial del nivel i.

El centro de rigidez representa el centro geométrico de las rigideces de los elementos estructurales de un nivel y es el punto del entrepiso, en el cual al aplicar una fuerza cortante el nivel se traslada sin o con rotación con respecto al nivel inferior. (Velásquez P. & Fonten G., 2015)

Para el cálculo del centro de rigidez de cada nivel se utilizó el método de Wilbur, el cual evalúa las rigideces de entrepisos, exclusivamente, a partir de las características estructurales de cada uno de los pórticos y considerando las losas como diafragmas infinitamente rígidos. Este procedimiento viene dado por las siguientes ecuaciones:

$$\text{PRIMER ENTREPISO: } Kp = \frac{24 \cdot E}{H^2 \cdot \left(\frac{2}{\sum Kc} + \frac{1}{\sum Kv + \frac{\sum Kc}{12}} \right)}$$

$$\text{RESTOS DE ENTREPISOS: } Kp = \frac{24 \cdot E}{H^2 \cdot \left(\frac{2}{\sum Kc} + \frac{1}{\sum Kvinf} + \frac{1}{\sum Kv} \right)}$$

Donde:

E = Modulo de elasticidad

H = Altura de entrepiso

L = Longitud de la viga

I = Momento de inercia con respecto al eje perpendicular al plano del pórtico

$\sum Kc$ = sumatoria de los valores I/H para todas las columnas del entrepiso

$\sum Kv$ = sumatoria de los valores I/H para todas las vigas del nivel

Teniendo calculadas las rigideces mencionadas anteriormente, se procede a calcular el centro de rigidez usando las ecuaciones siguientes:

$$X_{cmi} = \frac{\sum Kqy \cdot Xq}{Ky}$$

$$Y_{cmi} = \frac{\sum Kpx \cdot Yp}{Kx}$$

Donde:

Kqy = es la rigidez de entrepiso en un pórtico Q orientado en la dirección Y.

Kpx = es la rigidez de entrepiso en un pórtico P orientado en la dirección X.

Kx = es la rigidez del entrepiso del edificio en la dirección X.

Ky = es la rigidez del entrepiso del edificio en la dirección Y.

X_q = es la distancia del pórtico Q al origen de coordenadas.

Y_p = es la distancia del pórtico P al origen de coordenadas.

2.3.7 Derivas

Paz (1992) los desplazamientos laterales a la altura de los pisos pueden determinarse por análisis estático del edificio sometido a fuerzas laterales equivalentes. Cuando el edificio se modela como un edificio simple, con diafragmas horizontales rígidos a la altura de los pisos, el desplazamiento relativo Δ_i en el piso i está dado por la fórmula:

$$\Delta_i = T_i / K_i$$

Donde:

T_i = esfuerzo cortante en el piso i .

K_i = rigidez del piso i .

La rigidez K_i para una columna uniforme está dada por:

$$K_j = 12EI / L^3$$

Donde:

E = Modulo de elasticidad.

I = Momento de inercia de la sección.

L = altura de la columna entre dos pisos.

Por lo tanto, la rigidez total K_i del piso i está dada por la suma de las rigideces de todas las columnas del piso, esto es:

$$K_i = \sum K_j$$

Los desplazamientos laterales con respecto a la base del edificio están, entonces, dados por la suma de los desplazamientos relativos de los pisos inferiores. Por lo tanto, el desplazamiento d_i en el piso i está dado por:

$$d_i = \sum \Delta_j$$

CHOC-08 (2008) afirma:

Los desplazamientos laterales relativos calculados no deberán exceder $0.04/R_W$ o 0.005 veces la altura de piso para estructuras que tienen un período fundamental menor que 0.7 segundos. Para estructuras que tienen un período fundamental igual o mayor que 0.7 segundos, el desplazamiento lateral relativo calculado no deberá exceder $0.03/R_W$ o 0.004 veces la altura de piso.

Estos límites podrán excederse cuando se demuestre que desplazamientos laterales relativos mayores pueden ser tolerados por los elementos estructurales y no estructurales sin perjudicar la seguridad de vidas humanas.

Fuerzas utilizadas para determinar desplazamientos laterales relativos

Las fuerzas laterales de diseño utilizadas para calcular el desplazamiento lateral relativo, pueden ser derivadas de un valor de C basado en el período determinado T_b ignorando el límite inferior para C/R_W de 0.075.

2.3.8 Irregularidades

Una edificación es irregular si presenta alguna de las siguientes características:

Tabla 3.4-4 Irregularidades estructurales verticales

Tipo y definición de irregularidad	Sección de referencia
1 Irregularidad de rigidez, piso suave Un piso suave es uno en el cual la rigidez lateral es menor que el 70% de la rigidez del piso superior o menor que el 90% del promedio para los tres pisos superiores.	3.4.8.3(b)
2 Irregularidad de masa (peso) Se deberá considerar que existe irregularidad de masa cuando la masa efectiva de cualquier piso es más del 150% de la masa efectiva de un piso adyacente. No es necesarios considerar un techo que sea más liviano que el piso inferior.	3.4.8.3(b)
3 Irregularidad geométrica vertical Se deberá considerar que existe irregularidad geométrica vertical cuando la dimensión horizontal del sistema resistente a fuerzas laterales en cualquier piso es más del 130% de la de un piso adyacente. No es necesario considerar apartamentos miradores de un piso.	3.4.8.3(b)
4 Discontinuidad en el plano de un elemento vertical del sistema resistente Una desalineación en el plano de los elementos verticales del sistema resistente a fuerzas laterales, mayor que la longitud de esos elementos.	3.5.7
5 Discontinuidad de capacidad, piso débil Un piso débil es uno en el cual la resistencia del piso es menor que el 80% de la resistencia del piso superior. La resistencia del piso es la resistencia total de todos los elementos resistentes al sismo que comparten el cortante de piso en la dirección en consideración.	3.4.9.1

Tabla 3.4-5 Irregularidades estructurales en planta

Tipo y definición de irregularidad	Sección de referencia
1 Irregularidad torsional, a considerarse cuando los diafragmas no son flexibles Deberá considerarse que existe irregularidad torsional cuando el desplazamiento lateral máximo relativo calculado incluyendo torsión accidental, en un extremo de la estructura transversal a un eje es más que 1.2 veces el promedio de los desplazamientos laterales relativos de piso de los dos extremos de la estructura.	3.8.2.9(f)
2 Entrantes o salientes La configuración en planta de la estructura y su sistema resistente a fuerzas laterales se considera que contiene entrantes o salientes, cuando las dos proyecciones de la estructura más allá de un entrante o saliente son mayores que el 15% de la dimensión en planta de la estructura en esa dirección.	3.8.2.9(f) y (g)
3 Discontinuidad de diafragma Diafragmas con discontinuidades abruptas o variaciones en la rigidez, incluyendo los que tienen recortes o aberturas mayores que el 50% de toda el área encerrada por el diafragma, o cambios en la rigidez efectiva del diafragma de más del 50% entre dos pisos adyacentes.	3.8.2.9(f)
4 Desalineamiento fuera del plano Discontinuidades en la trayectoria de una fuerza lateral, tales como el desalineamiento fuera del plano de los elementos verticales.	3.5.7 y 3.8.2.9(b)
5 Sistemas no paralelos Los elementos verticales resistentes a cargas laterales no son paralelos o simétricos a los ejes ortogonales principales del sistema resistente a sismos.	3.8.1

Fuente: CHOC-08

2.3.9 Diseño por sismo

2.3.9.1 Periodo de vibración de la estructura

Chopra (2014) afirma: “el tiempo requerido para que el sistema no amortiguado complete un ciclo de vibración libre es el periodo natural de vibración del sistema, que se denomina como T_n y cuyas unidades son segundos” (p.41).

El Código hondureño de la construcción establece el siguiente procedimiento para el cálculo del periodo de vibración en el análisis estático;

El valor de T deberá determinarse de uno de los métodos siguientes:

- (a) **Método A:** Para todos los edificios, el valor de T puede aproximarse de la ecuación siguiente:

$$T = C_t (h_n)^{3/4}$$

donde:

$C_t = 0.0853$ para marcos rígidos de acero.

$C_t = 0.0731$ para marcos rígidos de concreto reforzado y marcos arriostrados excéntricamente.

$C_t = 0.0488$ para todos los otros edificios.

Alternativamente, el valor de C_t para estructuras con muros cortante de concreto o mampostería puede tomarse como:

$$C_t = \frac{0.0743}{\sqrt{A_c}}$$

El valor de A_c está dado en m^2 , y deberá determinarse de la siguiente ecuación:

$$A_c = \Sigma A_e \left[0.2 + (D_e/h_n)^2 \right]$$

El valor de K_J/h_n usado en la ecuación anterior no deberá exceder 0.9.

(b) **Método B:** El período fundamental T puede ser calculado utilizando las propiedades estructurales y las características de deformación de los elementos resistentes en un análisis adecuadamente comprobado. Este requisito puede satisfacerse utilizando la siguiente ecuación:

$$T = 2\pi \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2 \right) \div \left(g \sum_{i=1}^n f_i \delta_i \right)}$$

Los valores de f_i representan cualquier fuerza lateral distribuida aproximadamente en concordancia con los principios de las ecuaciones (3.5-6), (3.5-7) y (3.5-8), o cualquier otra distribución racional. Las deflexiones elásticas δ_i , deberán calcularse usando la aplicación de las fuerzas laterales f_i . El valor de T del Método B, no deberá ser mayor que el 40% del valor de T obtenido del Método A.

2.3.9.2 Cortante de diseño y distribución

El cortante total de diseño en la base en una dirección dada, deberá determinarse por la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Z I C}{R_w} W$$

$$C = \frac{1.25 S}{T^{2/3}}$$

El valor de C no necesita exceder 2.75, y este valor puede utilizarse para cualquier estructura sin consideraciones de tipo de suelo o período de la estructura.

El valor mínimo de C/R_w deberá ser 0.075, excepto para las disposiciones donde las fuerzas prescritas por estas normas son aumentadas por $3(R_w/8)$.

La fuerza total V , en ausencia de un procedimiento más riguroso, deberá distribuirse sobre la altura de la estructura de acuerdo con las ecuaciones anteriores.

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i$$

La fuerza concentrada en la parte superior de la estructura F_t , la cual es adicional a F_n , deberá determinarse de la siguiente ecuación:

$$F_t = 0.07TV$$

El valor de T con el propósito de calcular F_t , puede ser el período que corresponde al cortante de diseño del base determinado por la ecuación. El valor de F_t no necesita exceder $0.25V$ y puede considerarse igual a cero cuando el período T es menor o igual a 0.7 segundos. La parte restante del cortante en la base V deberá distribuirse sobre la altura de la estructura, incluyendo el nivel n , de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$F_x = \frac{(V - F_t) w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i}$$

En cada nivel designado como x , la fuerza F_x deberá aplicarse sobre el área del edificio de acuerdo con la distribución de masas en ese nivel. Los esfuerzos en cada elemento estructural deberán calcularse como el efecto de las fuerzas F_x y F_t aplicadas a los niveles apropiados sobre la base.

Distribución horizontal de cortante

El cortante de diseño de piso V_x , para cualquier piso, deberá ser la suma de las fuerzas F_t y F_x sobre ese piso. El valor de V_x deberá distribuirse entre los diferentes elementos del sistema resistente a fuerzas laterales, en proporción a su rigidez, considerando la rigidez del diafragma.

Cuando los diafragmas no son flexibles, se deberá suponer que la masa en cada nivel está desplazada del centro de masas calculado en cada dirección, una distancia igual al 5% de la dimensión del edificio en ese nivel perpendicular a la dirección de la fuerza bajo consideración. Deberá considerarse el efecto de este desplazamiento de la fuerza en la distribución del cortante en el piso.

Para propósitos de distribución de cortante y momentos torsionantes en pisos, los diafragmas deberán considerarse flexibles cuando la deformación máxima lateral del diafragma es más que 2 veces el desplazamiento lateral promedio relativo del piso correspondiente. Esto puede determinarse comparando la deflexión en el plano calculada en el centro del diafragma bajo la carga lateral, con el desplazamiento lateral relativo de piso de los elementos resistentes verticales adjuntos bajo una carga tributaria lateral equivalente.

Momentos horizontales de torsión

Deberán tomarse disposiciones para los cortantes incrementados que resultan de la torsión horizontal de los pisos cuando el diafragma no es flexible. Se deberá considerar la combinación de cargas más severa para el diseño de cada elemento estructural.

El momento de torsión de diseño para cada piso, deberá ser el momento que resulta de las excentricidades entre las fuerzas laterales de diseño aplicadas en los niveles sobre el piso en consideración y los elementos verticales resistentes en ese piso además de una torsión accidental.

El momento de torsión accidental deberá determinarse asumiendo que la masa es desplazada horizontalmente 5% de la longitud del sentido a analizar.

Cuando exista irregularidad torsionante, como se define en la Tabla 3.4-5, sus efectos deberán considerarse incrementando la torsión accidental en cada nivel por un factor de amplificación A_x , el cual se determina de la siguiente ecuación:

$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1.2\delta_{pro}} \right)^2$$

donde:

δ_{max} = el desplazamiento máximo en el nivel x.

δ_{pro} = el promedio de los desplazamientos en los puntos extremos de la estructura en el Nivel x.

El valor de A_x no necesita exceder 3.0.

2.3.10 Modelación con programa ETABS

ETABS es un software innovador y revolucionario para análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Resultado de 40 años de investigación y desarrollo continuo, esta última versión de ETABS ofrece herramientas inigualables de modelado y visualización de objetos 3D, alta capacidad de poder analítico lineal y no lineal, opciones de dimensionamiento sofisticadas y que abarcan una amplia gama de materiales, esclarecedores gráficos, informes y diseños esquemáticos que facilitan la comprensión del análisis y de los respectivos resultados.

Desde el modelado de la estructura a la creación de diseños y detalles, ETABS cubre todos los pasos del proceso de dimensionamiento. La creación de modelos nunca ha sido tan sencilla – los comandos de diseño son intuitivos y permiten la rápida generación de plantas y alzados estructurales. Diseños CAD pueden convertirse directamente en modelos ETABS o usarse como

plantillas a partir de los cuales se puede realizar el modelado. El revolucionario SAPFire 64 bit solver permite el análisis rápido de modelos extremadamente complejos y soporta técnicas de modelado no lineales, como secuencia constructiva y efectos diferidos en el tiempo (por ejemplo: fluencia y retracción). Está incluido el dimensionamiento de estructuras metálicas y de hormigón armado con optimización automatizada, así como de vigas y pilares mixtos, de muros de hormigón y mampostería, y también la comprobación de seguridad de conexiones y chapas metálicas. Los modelos se pueden crear de forma realista, y todos los resultados pueden representarse directamente en la estructura. Se pueden crear informes, intuitivos y de fácil lectura, para cualquier análisis o dimensionamiento efectuado en el modelo. En el caso de estructuras de hormigón armado y estructuras metálicas, es posible obtener diseños esquemáticos del modelo, cuadros resumen de armaduras, tablas informativas de los perfiles y conexiones dimensionadas, detalles de los elementos estructurales y respectivos cortes.

ETABS proporciona un conjunto inigualable de herramientas para ingenieros de estructuras que modelan y dimensionan edificios – tanto edificios industriales de un piso, como también torres de varios pisos. Con enormes capacidades y de fácil uso, desde su primera edición ETABS no pierde sus principales características, proporcionando a sus usuarios un software tecnológicamente avanzado, productivo e intuitivo. *(CSI Spain / ETABS)*

ETABS ofrece la más amplia variedad de herramientas de análisis y diseño disponibles para el ingeniero estructural que trabaja en estructuras de edificios. La siguiente lista representa solo una parte de los tipos de sistemas y análisis que ETABS puede manejar fácilmente:

1. Instalaciones comerciales, gubernamentales y de atención médica de varios pisos
2. Garajes de estacionamiento con rampas circulares y lineales
3. Edificios con vigas curvas, paredes y bordes de piso
4. Edificios con entramado de piso de acero, concreto, compuestos o viguetas

5. Proyectos con múltiples torres
6. Muros de cortante complejos y núcleos con aberturas arbitrarias
7. Diseño basado en el rendimiento que utiliza análisis dinámicos no lineales
8. Edificios basados en múltiples cuadrículas rectangulares y / o cilíndricas
9. Edificios de hormigón de losa plana y reticular
10. Edificios sometidos a cualquier cantidad de cargas verticales y laterales casos y combinaciones, incluidas cargas sísmicas y eólicas automatizadas
11. Casos de carga de espectro de respuesta múltiple, con curvas de entrada incorporadas
12. Transferencia automatizada de cargas verticales en pisos a vigas y muros
13. Verificación de capacidad de acero de viga a columna y de viga a viga
14. Análisis P-Delta con análisis estático o dinámico

Y muchos más.

2.3.10.1 Características de análisis en ETABS

Es posible realizar análisis estáticos para cargas verticales y laterales de pisos o pisos especificadas por el usuario. Si se modelan pisos con capacidad de flexión fuera del plano, las cargas verticales en el piso se transfieren a las vigas y columnas a través de la flexión de los elementos del piso. De lo contrario, las cargas verticales en el piso se convierten automáticamente en cargas de tramo en vigas contiguas o cargas puntuales en columnas adyacentes, automatizando así la tediosa tarea de transferir cargas tributarias del piso a las vigas del piso sin la necesidad de modelar explícitamente la estructura secundaria.

El programa puede generar automáticamente patrones de carga sísmica y de viento lateral para cumplir con los requisitos de varios códigos de construcción. Las formas y frecuencias de los

modos tridimensionales, los factores de participación modal, los factores de dirección y los porcentajes de masa participante se evalúan utilizando eigenvector o análisis de ritz-vector. Los efectos P-Delta pueden incluirse con análisis estático o dinámico.(*CSI Spain / ETABS*)

El análisis de espectro de respuesta, el análisis de historial de tiempo lineal, el análisis de historial de tiempo no lineal y el análisis no lineal estático (de empuje) son todos posibles. Las capacidades estáticas no lineales también le permiten realizar análisis de construcción incrementales para que se incluyan las fuerzas que surgen como resultado de la secuencia de construcción.

Los resultados de los diversos casos de carga estática pueden combinarse entre sí o con los resultados del espectro de respuesta dinámica o los análisis del historial de tiempo.

2.3.10.2 Características de diseño en ETABS

El diseño de marcos de acero, marcos de concreto, losas de concreto, muros de corte de concreto, vigas compuestas, columnas compuestas y viguetas de acero se puede realizar en base a una variedad de códigos de diseño de EE. UU. E internacionales. Se pueden realizar comprobaciones de flexión, cizallamiento y deflexión según el material y el tipo de miembro. Los miembros del marco de acero y hormigón se pueden optimizar a partir de listas de selección automática, y las secciones de hormigón se diseñan utilizando tamaños de barra de refuerzo elegidos de los estándares estadounidenses o internacionales. El diseño de losas de hormigón se puede realizar utilizando tiras de diseño o basarse en el método de elementos finitos, y puede incluir los efectos de tensado. El diseño de conexiones de acero automatiza la revisión de las conexiones viga-viga y viga-columna según las preferencias de placa de corte y perno especificadas por el

usuario. El diseño de la placa base de acero verifica el tamaño, el grosor y el anclaje de la conexión.(Savaria Ramírez, 2013)

2.4 Metodología Aplicada

El enfoque metodológico de este trabajo es novedoso, dado que se plantea un esquema procedimental basado en la consideración del módulo de gradas, y que se describe a continuación.

A través de un análisis estadístico se pretende identificar si las variables de estudio tienen una relación lineal entre ellas, y realizar pruebas de hipótesis que permitan tomar decisiones y derivar conclusiones basadas en los datos sintéticos generados a través de simulaciones computacionales realizadas con la herramienta ETABS.

Siguiendo de base la teoría aplicada y revisando resultados de investigaciones previas, la metodología antes descrita va más allá de hacer una simple comparación entre edificios, la metodología planteada pretende dar lineamientos de análisis de estructuras con módulo de gradas fundamentados en la teoría y en la estadística

2.5 Instrumentos

Para poder ejecutar la parte ingenieril de la investigación, que corresponde al modelado y análisis de la estructura, se utilizará el software ETABS 2016 y para ejecutar la parte estadística se utilizará el software Microsoft Excel 2016.

2.6 Marco Legal

La investigación debe cumplir con la normativa del Código Hondureño De La Construcción CHOC-08, el cual es un requisito para el diseño y construcción en la República de Honduras.

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1 Congruencia metodológica

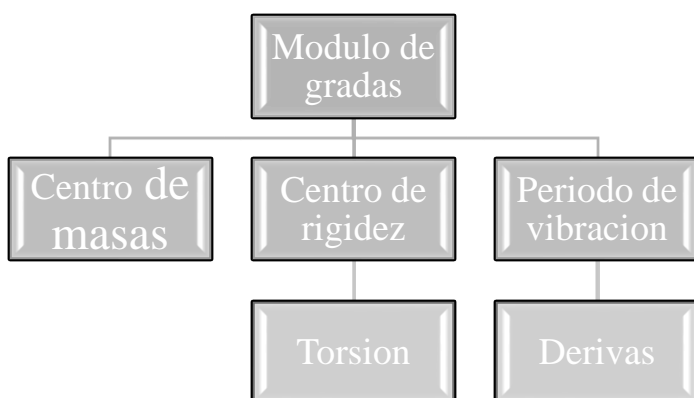
3.1.1 Matriz de metodológica

INFLUENCIA DEL MODULO DE GRADAS EN UNA ESTRUCTURA							
Formulación del problema	Objetivo general	Pregunta de investigación	Objetivos específicos	Variables		Enfoque	Alcance
				Independiente	Dependiente		
Incidencia de incluir o no el modulo de gradas en el análisis estructural de una estructura	Desarrollar modelaciones computacionales mediante el software ETABS para determinar el comportamiento de la estructura al incluir o no el módulo de gradas de manera integral.	¿Qué efectos se generan en el comportamiento de la estructura al incluir o no el módulo de gradas de manera integral con respecto a las variables: centro de masas, centro de rigidez, ¿derivadas, irregularidad torsional, periodos, radio de diseño de columnas del primer nivel?	1. Verificar si las variables de estudio están dentro o fuera de los intervalos de confianza a los niveles de significancia del 5% y 1% para el caso 1, 2, 3. 2. Realizar un análisis de regresión entre la relación de área del edificio total / área del módulo de gradas para los casos 1, 2 y 3.	1. Centro de masas 2. Centro de rigidez 3. Periodos de vibracion	1. Torsion 2. Derivas 3. Radios de diseño	Mixto, combinación de referencias teóricas con análisis numéricos para interpretación de datos	De comprobación, cuyo propósito es determinar los efectos de la inclusión o no del modulo de gradas.

Tabla 2 Matriz de metodología

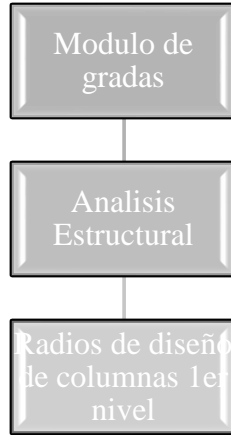
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

3.1.2 Esquema de variables



Esquema 1 Variables

Fuente: (Elaboración propia, 2021)



Esquema 2 Variables

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Análisis estructural = Variables independientes (centro de masas, centro de rigidez y periodo).

3.1.3 Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador
Centro de masas	Es una posición definida en relación a un objeto o a un sistema de objetos. Es el promedio de la posición de todas las partes del sistema, ponderadas de acuerdo a sus masas.	Es el punto geométrico que dinámicamente se comporta como si en él estuviera aplicada la resultante de las fuerzas externas al sistema.	Ubicación según composición estructural.
Centro de rigidez	Punto central de los elementos verticales de un sistema que resiste a las fuerzas laterales.		Desplazamiento según ubicación del modulo.
Periodos de vibración	El período de una oscilación u onda es el tiempo transcurrido entre dos puntos equivalentes de la onda.	El periodo fundamental de vibrar de un edificio es un parámetro clave para el diseño sísmico de una estructura; en el caso de construcciones existentes es un valor que puede ayudar a determinar las condiciones actuales de seguridad estructural.	Tiempo de oscilación de la estructura
Torsion	Es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo	Es esfuerzo de torsión que sufre la estructura portante de un edificio cuando es sometida a grandes esfuerzos horizontales. Este efecto es particularmente significativo en los terremotos.	Promedio de derivas en las esquinas
Derivas	Es el desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos colocados en la misma línea vertical, en dos pisos o niveles consecutivos de la edificación		Diferencia entre desplazamientos de pisos adyacentes
Radios de diseño	Es la relación de los esfuerzos externos versus los esfuerzos resistentes		La división entre los esfuerzos actuantes y resistencia de la columna debe ser menos a uno.

Tabla 3 Operacionalización de variables

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

3.2 Alcance, enfoque y método

3.2.1 Enfoque

El enfoque de la investigación tiene carácter mixto, se partió de referencias teóricas explicativas del funcionamiento de una estructura interactuando con todos los componentes que la conforman y los efectos que estos tienen en la misma. Por otra parte, también fue necesario un análisis estructural y numérico que ayudo a la interpretación de cálculos y datos obtenidos mediante simulaciones computacionales y procesos estadísticos dando vida a un enfoque cualitativo.

3.2.2 Alcance

La presente investigación tiene un alcance de comprobación, cuyo principal propósito es determinar los efectos en una estructura al incluir o no el módulo de gradas en el proceso de análisis estructural y sus potenciales efectos en el producto terminado, ampliando lo anterior, como se ve afectada la estructura si durante el análisis el módulo no fue considerado como parte integral, pero en el proceso constructivo sí.

3.2.3 Método de investigación

Se utilizó un método numérico en ETABS 2016, en el cual se idealizaron varios escenarios posibles con variaciones de áreas y ubicación de módulos de gradas con la intención de emular situaciones críticas de respuesta.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue experimental, debido a que se ensayaron diversos escenarios para conocer, comprender y comparar la respuesta estructural de cada uno, para posteriormente generar una comparativa estadística de la recopilación de datos y poder elaborar una conclusión.

3.3.1 Población

La población a estudiar es infinita dado que consiste en todas las posibles simulaciones computacionales correspondientes a las estructuras consideradas, utilizando la herramienta ETABS 2016 se generaron muestras de datos sintéticos a la población previamente descrita.

3.3.2 Muestra

El conjunto de muestras consiste en los valores numéricos de centro de masas, centro de rigidez, periodos de vibración, torsión, control de derivas y radios de diseño de columnas correspondientes a la simulación de dieciocho estructuras, las cuales se dividen en tres casos, que difieren entre sí en términos de sus áreas transversales totales. Cada caso se subdivide en seis modelos variando la ubicación del módulo de gradas y la inclusión o no del mismo. Teniendo un único parámetro en común, que cada una de ellas cuenta con diez niveles de altura.

3.3.3. Unidad de análisis

Para simplificar el computo, la unidad de análisis que se consideró para este estudio estaría determinada por una tipología de marcos rígidos, lo anterior se fundamenta en que, si la respuesta simulada es negativa para una estructura regular, dicha respuesta sería más severa para una sección irregular.

3.4 Técnicas, instrumentos y procedimientos aplicados

3.4.1 Técnicas

Se utilizaron dos técnicas, la primera son las simulaciones sintéticas en un programa computacional de análisis estructural para la recopilación de datos, y la segunda fue el análisis estadístico de los datos anteriores para su interpretación.

3.4.2 Instrumentos

Se hizo uso de ETABS 2016 (programa computacional de análisis estructural) y Excel (programa computacional para el procesamiento y tabulación de datos obtenidos).

3.4.3 Procedimientos aplicados

Para la recolección de datos a través de medios sintéticos se tomaron en consideración los siguientes parámetros:

3.4.3.1 Generalidades del proyecto

Las estructuras analizadas en esta investigación, tienen como objetivo evaluar la influencia que tiene el modelado del módulo de gradas como elemento contribuyente a la rigidez total de la estructura. Para ello se tomó como premisa la evaluación sintética de diversas estructuras en las cuales la diferencia de ella radica en el área geométrica con la que cuenta cada una y la ubicación del módulo de gradas. Dentro de este último, cada uno de los casos se evalúa sin incluir el módulo, esta estructura se analiza y se hace cumplir con todos los parámetros necesarios para considerarla una estructura segura. Una vez alcanzado este paso, se procede a incluir el módulo de gradas como elemento aportante de rigidez, a partir de ahí, se comienzan a evaluar las variaciones en parámetros como centro de masas, centro de rigidez, control de derivas, irregularidad torsional y radios de diseño de columnas del 1 nivel.

Las edificaciones en general son para uso de residencia, para obtener parámetros sísmicos se ubica la estructura en la ciudad de San Pedro Sula, Cortés, Honduras. El suelo a considerar será S3 con factor de zona sísmica $Z = 0.28g$. La tipología estructural constará de marcos rígidos especiales de hormigón armado con un $R_w = 12$ tomado de la tabla 1.3.4-6 del CHOC-08.

La geometría de la estructura se puede considerar como regular, compuesta de marcos rígidos con columnas, vigas y una losa sólida. Se consideró un edificio de 10 niveles con columnas

cuadradas con dimensiones entre 40 ,45, 50 y 60cm y vigas con dimensiones de 30x50cm. Se darán 3 ubicaciones del módulo de gradas: dentro lateral, fuera lateral y fuera esquina, pueden existir múltiples ubicaciones, pero se tomarán estas debido a las siguientes razones: facilidad de modelado, efecto de mayor impacto debido a la ubicación en esquina, efectos de menor impacto debido a ubicación cercana al centro geométrico de la edificación (Dentro lateral). Dentro del modelado no se consideró las paredes como un elemento de carga, por ende, este solo se representa mediante la transferencia de su peso propio a las vigas, especificando que estas en el proceso constructivo debería ser construida de manera aislada al vaciado del hormigón al momento de la elaboración de vigas y columnas creando juntas de construcción entre el elemento no estructural y los marcos permitiendo el movimiento independiente de cada uno.

Para este proyecto la diferencia en la modelación de incluir o no el módulo de gradas radica en que cuando no se incluye el módulo de gradas no se modelan las losas inclinadas ni los descansos propios del módulo.

3.4.3.2 Cargas

Carga muerta

<u>CARGA MUERTA LOSA 1 a 9</u>	Kg/m²
Losa 15cm	360.00
Cielo Falso e instalaciones	20.00
Cerámica + Pegamix	25.00
Firme de nivelación	75.00
Divisiones	100.00
Subtotal	220.00
Total	580.00

Tabla 4 Carga muerta

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

<u>CARGA MUERTA LOSA 10 SOCIAL</u>	Kg/m2
Losa 15cm	360.00
Cielo Falso e instalaciones	20.00
Cerámica + Pegamix	25.00
Pendientes de techo	70.00
Subtotal	115.00
Total	475.00

Tabla 5 Carga en azotea

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

<u>CARGA MUERTA GRADAS</u>	Kg/m2
Losa 15cm	360.00
Huella de grada (0.17x0.30m)	200.00
Cerámica + Pegamix	25.00
Firme de nivelación 2.5cm	50.00
Instalaciones	10.00
Subtotal	285.00
Total	645.00

Tabla 6 Carga muerta en gradas

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

<u>CARGA MUERTA LOSA 10 EQUIPOS Y PANELES</u>	Kg/m2
Losa 15cm	360.00
Cielo Falso e instalaciones	20.00
Pendientes de techo	70.00
Subtotal	90.00
Total	450.00

Tabla 7 Carga muerta de equipos en azotea

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Carga viva

NIVEL	CARGA VIVA LOSA 1 AL 10	Kg/m ²
1.00	Sala de reuniones y Gimnasio	500.00
2.00	Residencial	200.00
3.00	Residencial	200.00
4.00	Residencial	200.00
5.00	Residencial	200.00
6.00	Residencial	200.00
7.00	Residencial	200.00
8.00	Residencial	200.00
9.00	Residencial	200.00
10.00	Azotea (Equipos, paneles y terraza)	350.00

Tabla 8 Carga viva

Fuente: (Tabla 1.1.4-1, CHOC-08)

Espectro de respuesta

Datos	
Z	0.28
g	9.810
S	1.50
Se	2.25
Ta	0.233
Tb	0.818
I	1.000
Rw	12.000
r	0.08333

Tabla 9 Datos de espectro

Tabla 1.3.4-2 Coeficiente del suelo S^a y parámetros para curvas de espectro ^b

Tipo	Descripción	Coeficiente S	Parámetros para espectros		
			Períodos en segundos	Exponente	
			T_a	T_b	e
S1	Un perfil de suelo con: (a) Un material tipo roca caracterizado por una velocidad de onda cortante mayor que 760 m/s o por otros medios adecuados de clasificación, o (b) Condiciones de suelo medio-denso a denso, o medio-duro a duro, donde la profundidad del suelo es menor que 60 metros.	1.0	0.155	0.364	2.00
S2	Un perfil de suelo con condiciones predominantes de suelo medio-denso a denso, o medio-duro a duro, donde la profundidad del suelo excede los 60 metros.	1.2	0.186	0.524	2.00
S3	Un perfil de suelo que contiene más de 6 metros de arcilla blanda a media-duro, pero no más de 12 metros de arcilla blanda.	1.5	0.233	0.818	2.00
S4	Un perfil de suelo que contiene más de 12 metros de arcilla blanda, caracterizado por una velocidad de onda cortante menor que 150 m/s.	2.0	0.310	1.455	2.00

^a El coeficiente del sitio deberá determinarse de datos geotécnicos adecuadamente respaldados. En los lugares donde las

Fuente: CHOC-08

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Periodo T	a	Periodo T	a	Periodo T	a	Periodo T	a
-	2.7468	2.60	2.38	4.60	1.34	6.50	0.95
0.233	7.55370	2.70	2.29	4.70	1.31	6.60	0.94
0.818	7.55370	2.80	2.21	4.80	1.29	6.70	0.92
0.90	6.867	2.90	2.13	4.90	1.26	6.80	0.91
1.00	6.180	3.00	2.06	5.00	1.24	6.90	0.90
1.10	5.618	3.10	1.99	5.10	1.21	7.00	0.88

1.20	5.150	3.20	1.93	5.20	1.19	7.10	0.87
1.30	4.754	3.30	1.87	5.30	1.17	7.20	0.86
1.40	4.415	3.40	1.82	5.40	1.14	7.30	0.85
1.50	4.120	3.50	1.77	5.50	1.12	7.40	0.84
1.60	3.863	3.60	1.72	5.60	1.10	7.50	0.82
1.70	3.635	3.70	1.67	5.70	1.08	7.60	0.81
1.80	3.434	3.80	1.63	5.80	1.07	7.70	0.80
1.90	3.253	3.90	1.58	5.90	1.05	7.80	0.79
2.00	3.090	4.00	1.55	6.00	1.03	7.90	0.78
2.10	2.943	4.10	1.51	6.10	1.01	8.00	0.77
2.20	2.809	4.20	1.47	6.20	1.00	8.10	0.76
2.30	2.687	4.30	1.44	6.30	0.98	8.20	0.75
2.40	2.575	4.40	1.40	6.40	0.97		
2.50	2.472	4.50	1.37	6.50	0.95		

Tabla 10 Valores de aceleraciones

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

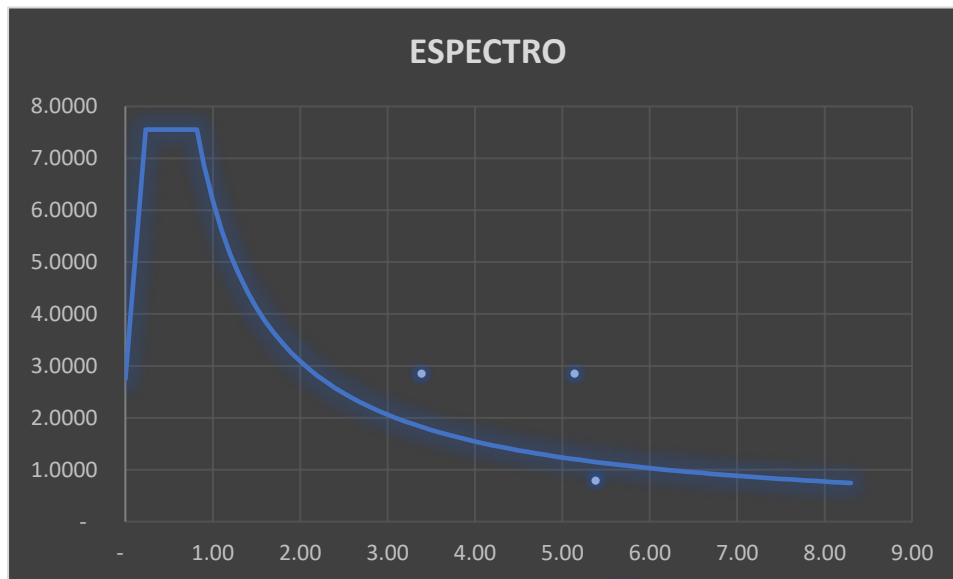


Gráfico 1 Espectro de respuesta dinámica.

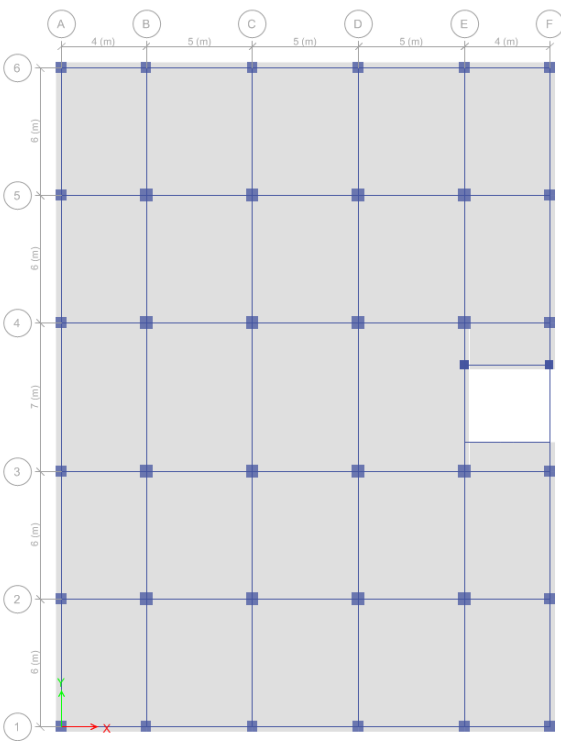
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

3.4.3.3 Modulaci3n de estructuras segun caso.

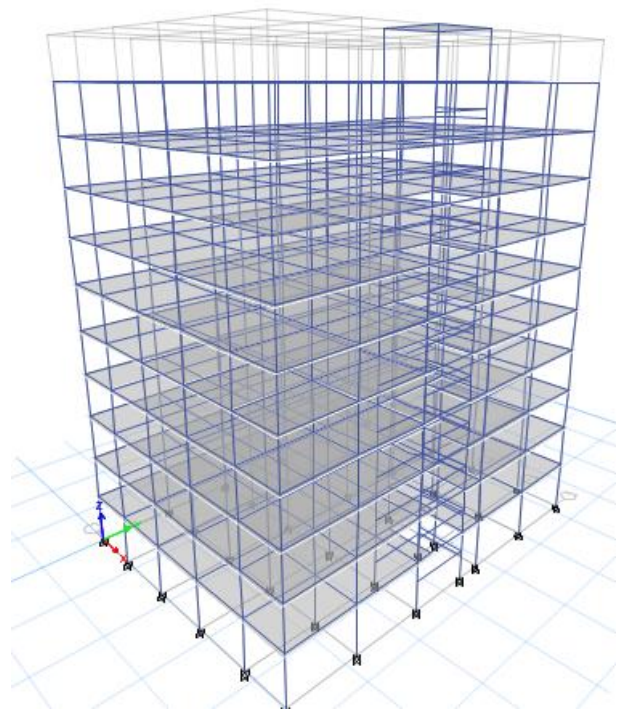
Caso 1

El caso uno aplica para una estructura de 10 niveles de altura, se subdivide en 6 diferentes modelos en los que varía la ubicaci3n del m3dulo de gradass, incluyendo y no incluyendo el m3dulo de gradass.

Caso 1.1 Sin Gradass



Ilustraci3n 6 Planta caso 1.1 sin gradass.



Ilustraci3n 7 Elevaci3n caso 1.1 sin gradass.

Fuente: (Elaboraci3n propia, ETABS 2016)

- Ubicaci3n de gradass: dentro de la geometría de la estructura, lateralmente.
- Área total estructura: $23 \times 31 \text{ m} = 713 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradass: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Raz3n de gradass por área total: 2.81%.

Caso 1.1 Con Gradadas

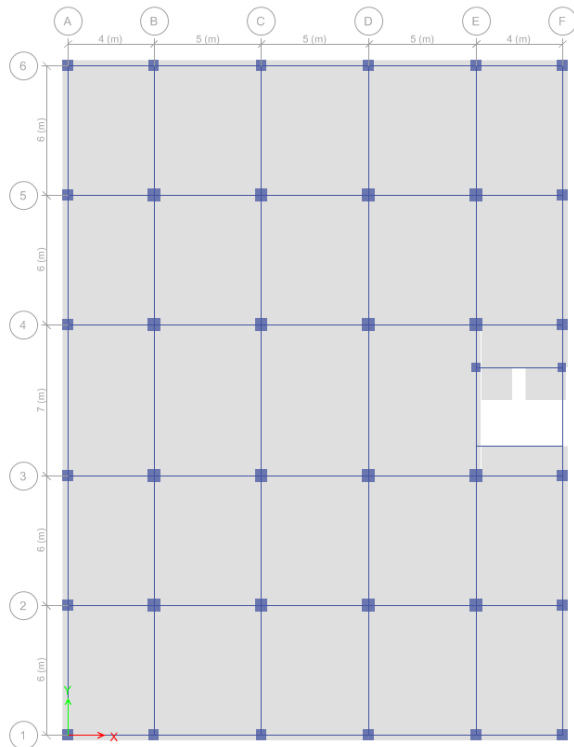


Ilustración 9 Planta caso 1.1 con gradas

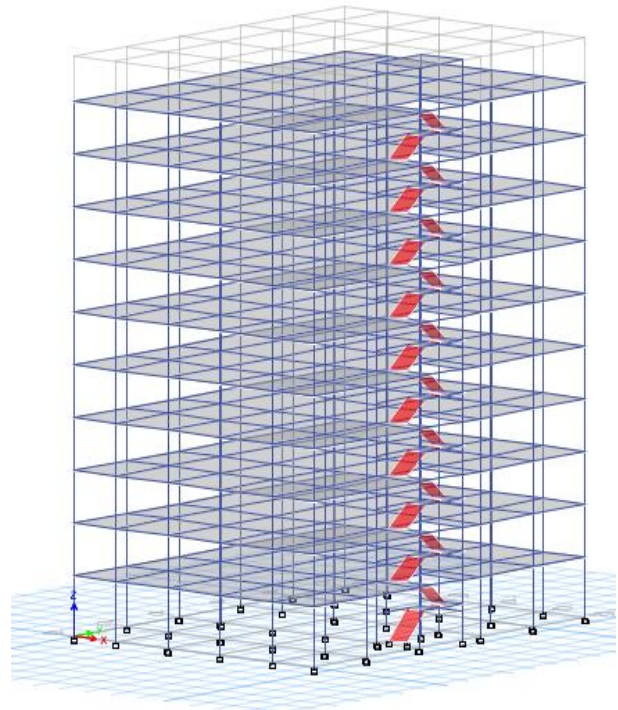


Ilustración 8 Elevación caso 1.1 con gradas

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradas: dentro de la geometría de la estructura, lateralmente.
- Área total estructura: $23 \times 31 \text{ m} = 713 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradas: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradas por área total: 2.81%.

Caso 1.2 Sin Gradass

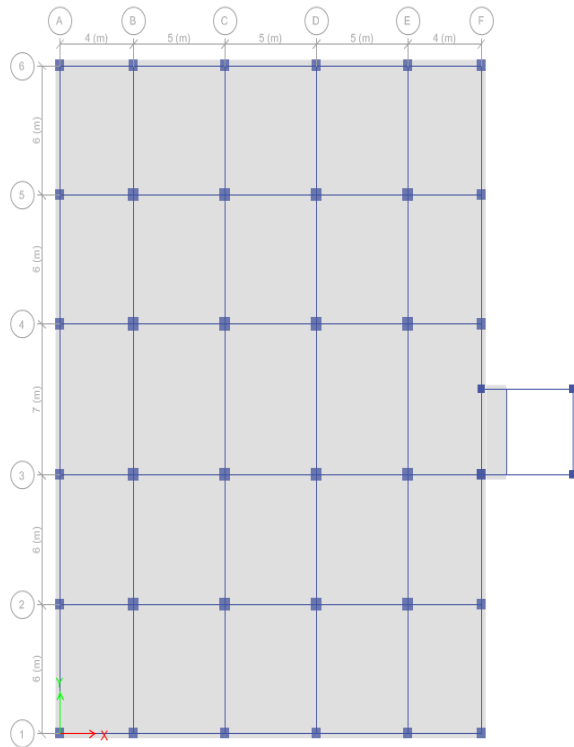


Ilustración 11 Planta caso 1.2 sin gradass

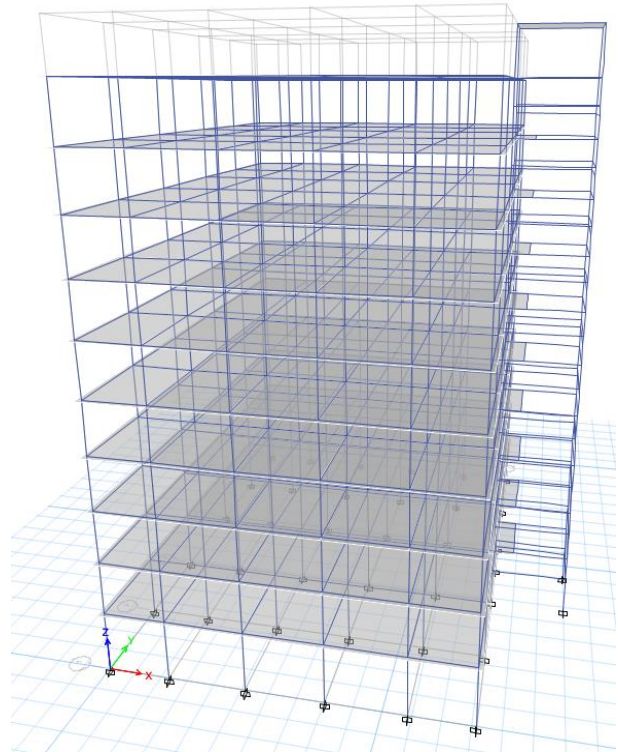


Ilustración 10 Elevación caso 1.2 sin gradass

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradass: Fuera de la geometría de la estructura, lateralmente.
- Área total estructura: $23 \times 31 \text{ m} = 713 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradass: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradass por área total: 2.81%.

Caso 1.2 Con Gradas

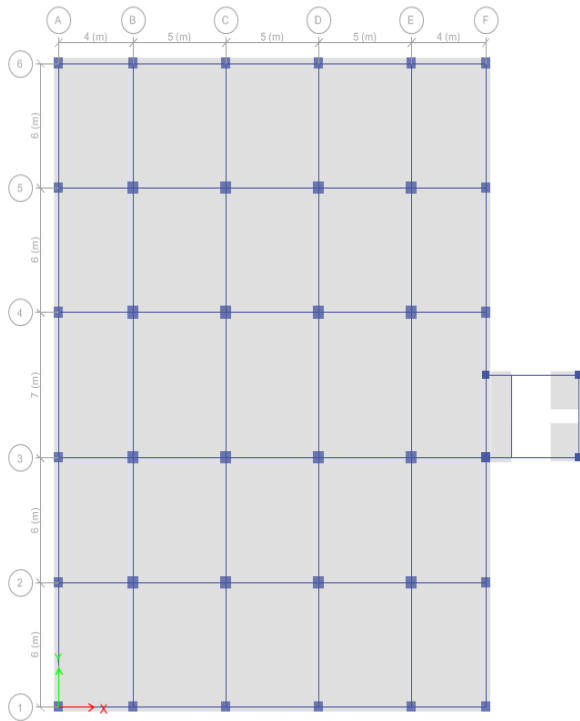


Ilustración 13 Planta caso 1.2 con gradas

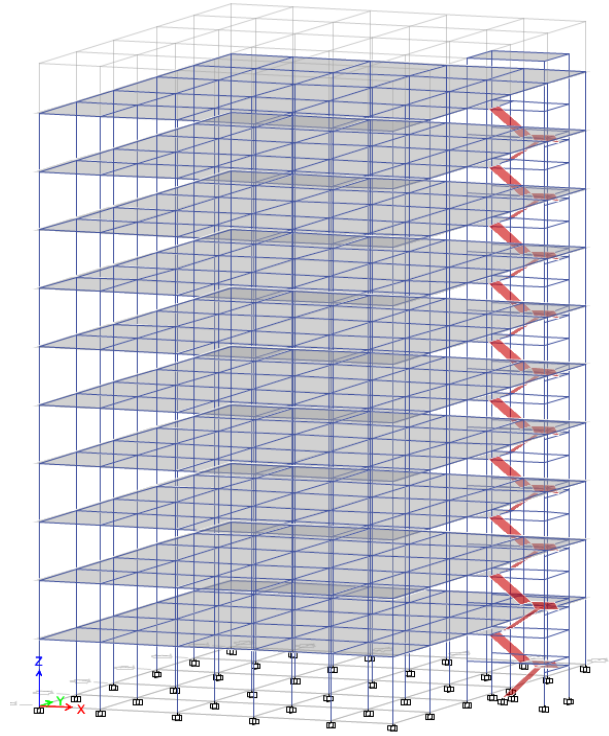


Ilustración 12 Elevación caso 1.2 con gradas

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradas: Fuera de la geometría de la estructura, lateralmente.
- Área total estructura: $23 \times 31 \text{ m} = 713 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradas: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradas por área total: 2.81%.

Caso 1.3 Sin Gradas

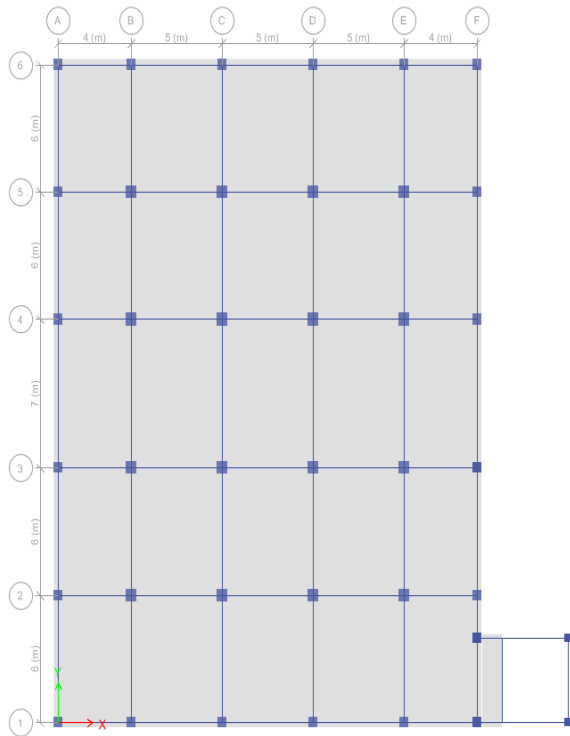


Ilustración 15 Planta caso 1.3 sin gradas

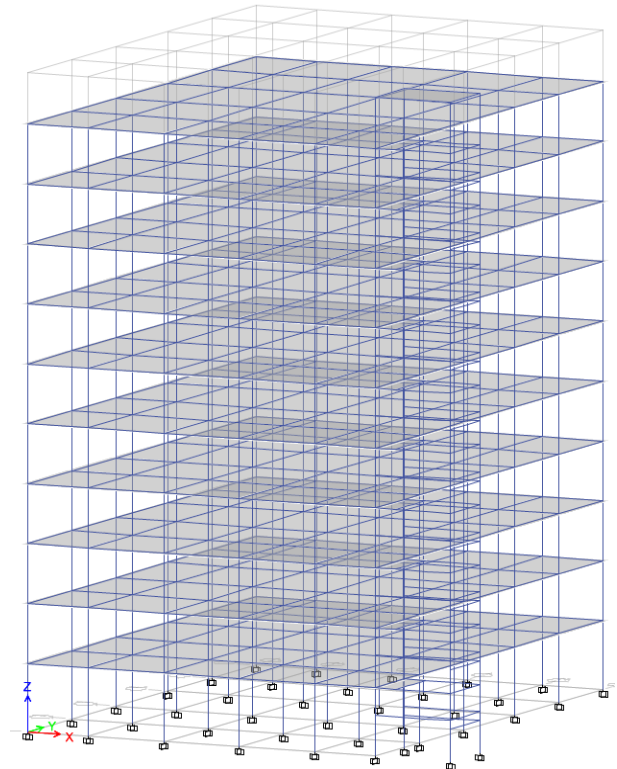


Ilustración 14 Elevación caso 1.3 sin gradas

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradas: Fuera de la geometría de la estructura, esquina.
- Área total estructura: $23 \times 31 \text{ m} = 713 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradas: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradas por área total: 2.81%.

Caso 1.3 Con Gradadas

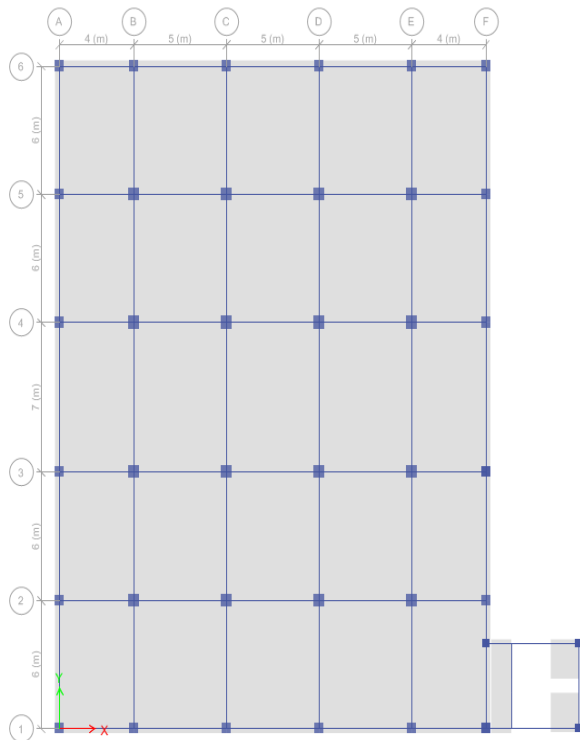


Ilustración 17 Planta caso 1.3 con gradadas

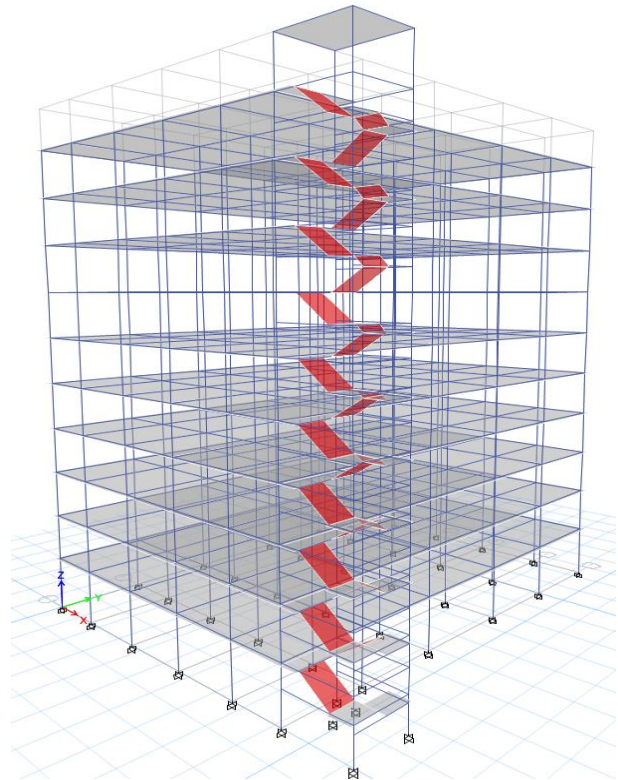


Ilustración 16 Elevación caso 1.3 con gradadas

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradadas: Fuera de la geometría de la estructura, esquina.
- Área total estructura: $23 \times 31 \text{ m} = 713 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradadas: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradadas por área total: 2.81%.

Caso 2

El caso dos aplica para una estructura de 10 niveles de altura, se subdivide en 6 diferentes modelos en los que varía la ubicación del módulo de gradas, incluyendo y no incluyendo el módulo de gradas.

Caso 2.1 Sin Gradas

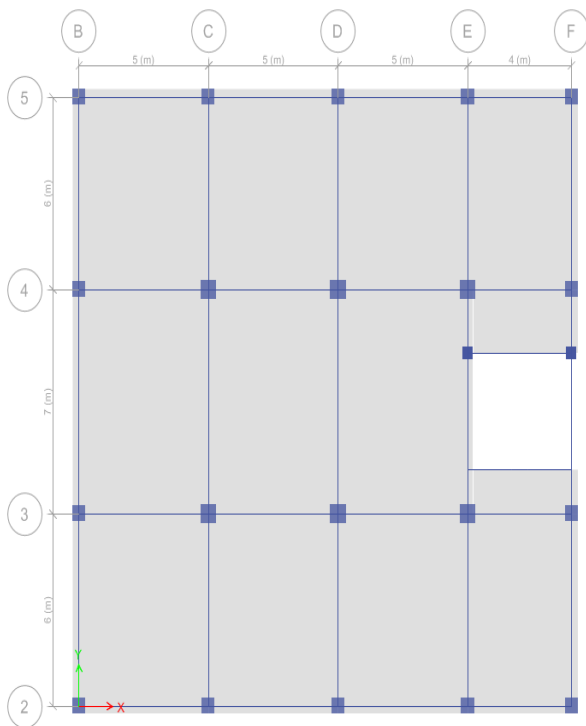


Ilustración 19 Planta caso 2.1 sin gradas

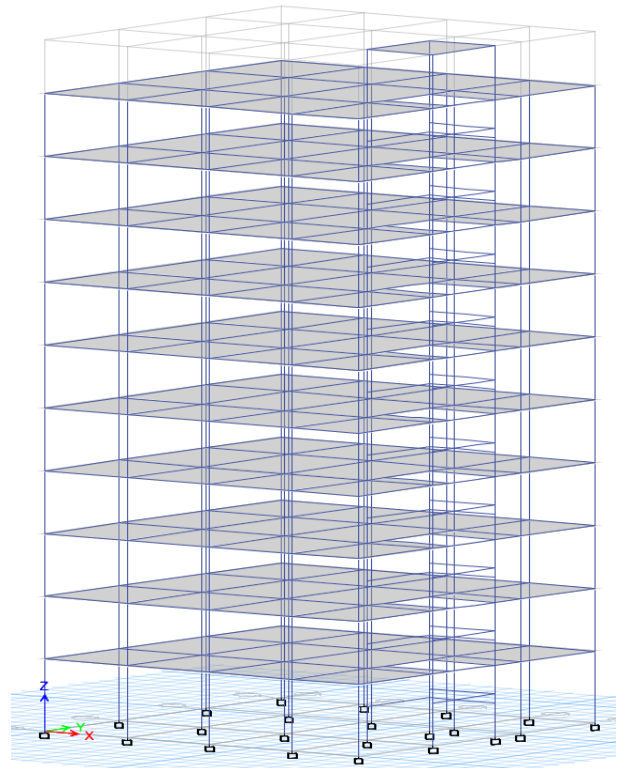


Ilustración 18 Elevación caso 2.1 sin gradas

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradas: dentro de la geometría de la estructura, lateralmente.
- Área total estructura: $19 \times 19 \text{ m} = 361 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradas: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradas por área total: 5.54%.

Caso 2.1 Con Gradas

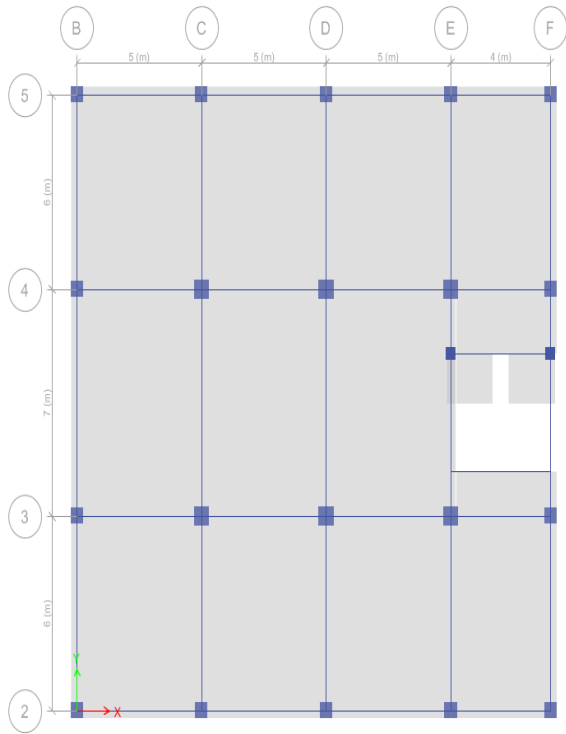


Ilustración 21 Planta caso 2.1 con gradas

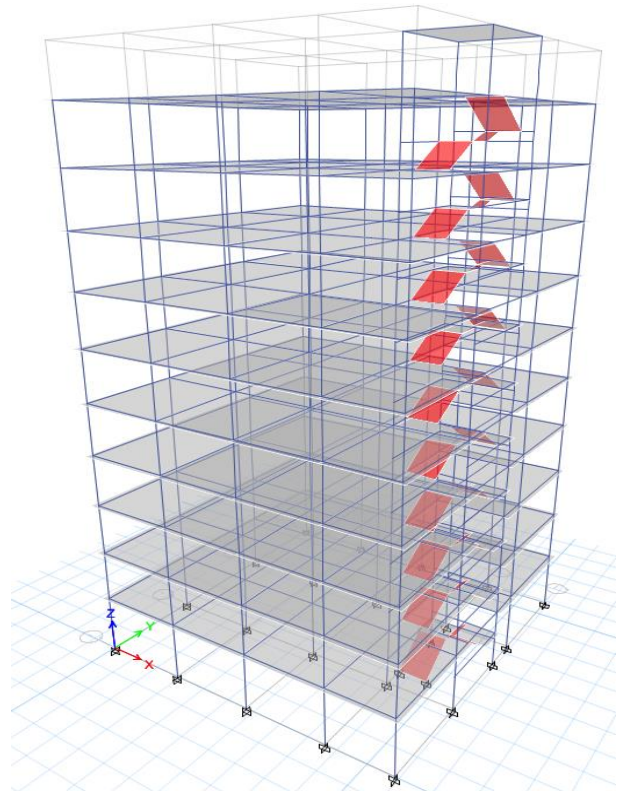


Ilustración 20 Elevación caso 2.1 con gradas

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradas: dentro de la geometría de la estructura, lateralmente.
- Área total estructura: $19 \times 19 \text{ m} = 361 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradas: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradas por área total: 5.54%.

Caso 2.2 Sin Gradass

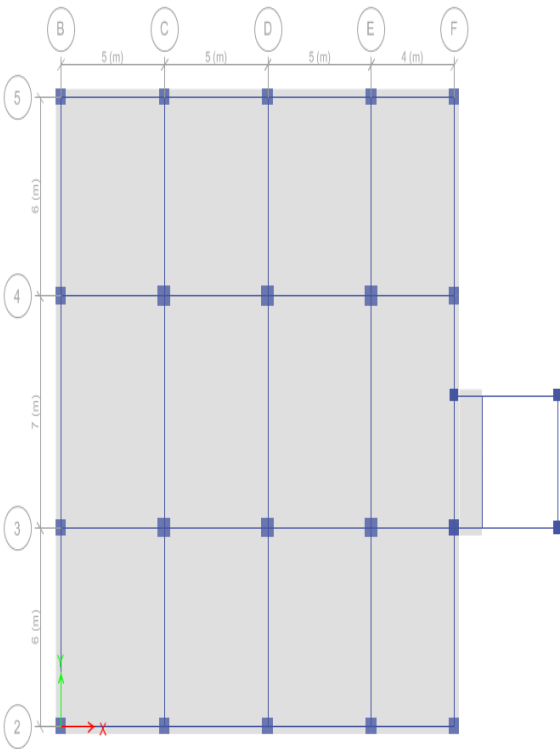


Ilustración 23 Planta caso 2.2 sin gradass

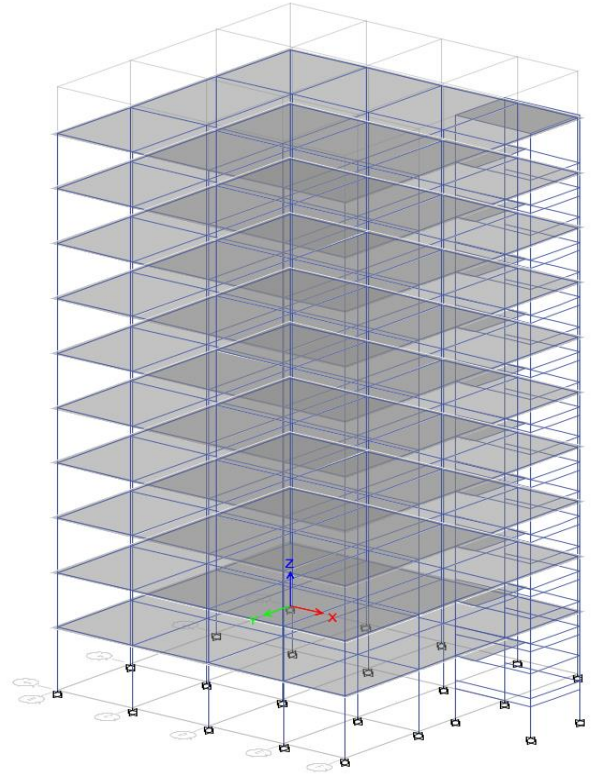


Ilustración 22 Elevación caso 2.2 sin gradass

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradass: Fuera de la geometría de la estructura, lateralmente.
- Área total estructura: $19 \times 19 \text{ m} = 361 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradass: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradass por área total: 5.54%.

Caso 2.2 Con Gradadas

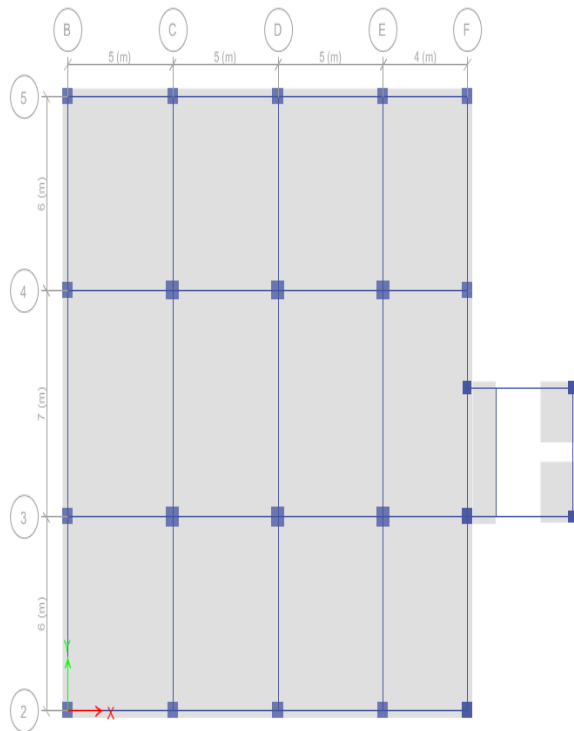


Ilustración 25 Planta caso 2.2 con gradadas

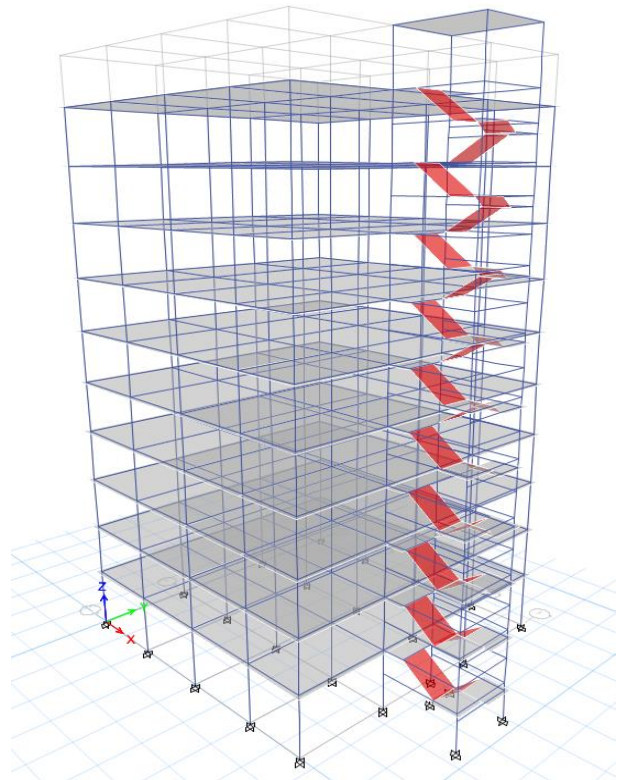


Ilustración 24 Elevación caso 2.2 con gradadas

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradadas: Fuera de la geometría de la estructura, lateralmente.
- Área total estructura: $19 \times 19 \text{ m} = 361 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradadas: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradadas por área total: 5.54%.

Caso 2.3 Sin Gradass

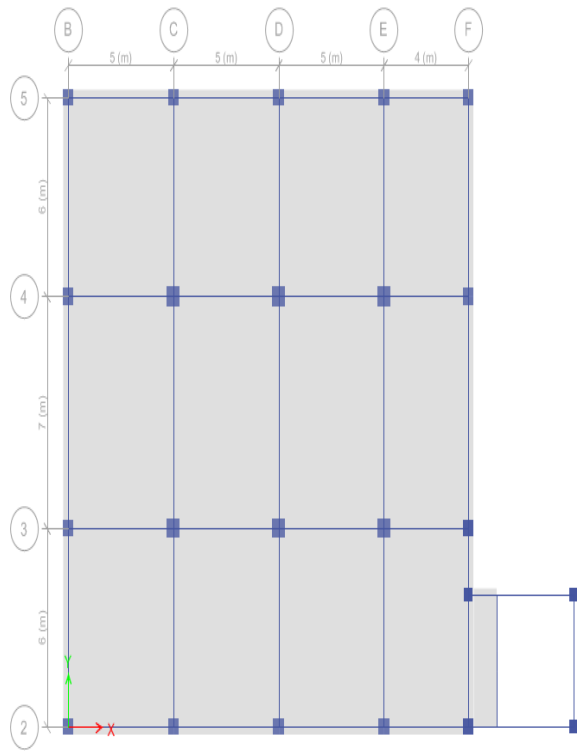


Ilustración 27 Planta caso 2.3 sin gradass

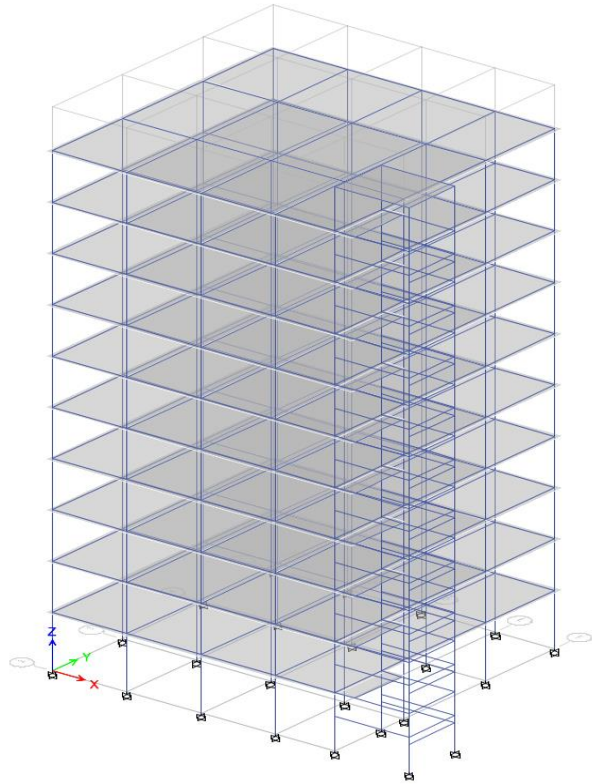


Ilustración 26 Elevación caso 2.3 sin gradass

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradass: Fuera de la geometría de la estructura, esquina.
- Área total estructura: $19 \times 19 \text{ m} = 361 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradass: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradass por área total: 5.54%.

Caso 2.3 Con Gradas

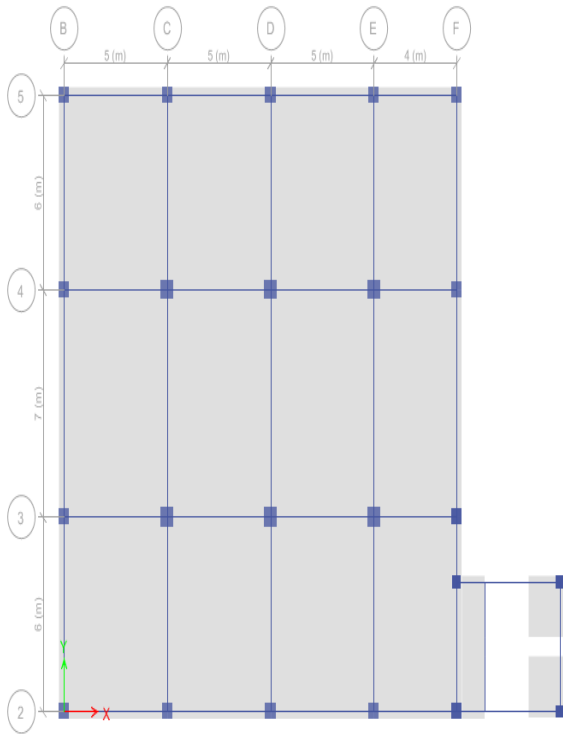


Ilustración 29 Planta 2.3 con gradas

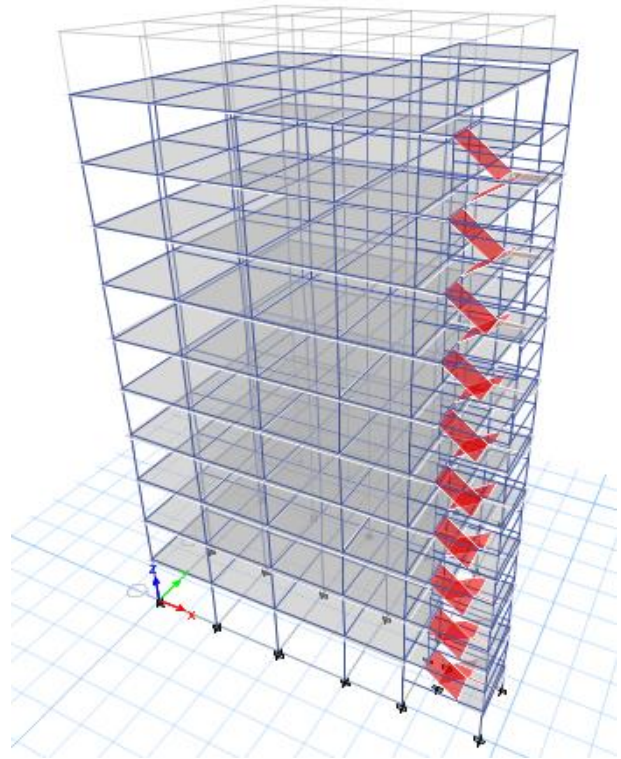


Ilustración 28 Elevación caso 2.3 con gradas

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradas: Fuera de la geometría de la estructura, esquina.
- Área total estructura: $19 \times 19 \text{ m} = 361 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradas: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradas por área total: 5.54%.

Caso 3

El caso tres aplica para una estructura de 10 niveles de altura, se subdivide en 6 diferentes modelos en los que varía la ubicación del módulo de gradas, incluyendo y no incluyendo el módulo de gradas.

Caso 3.1 Sin Gradadas

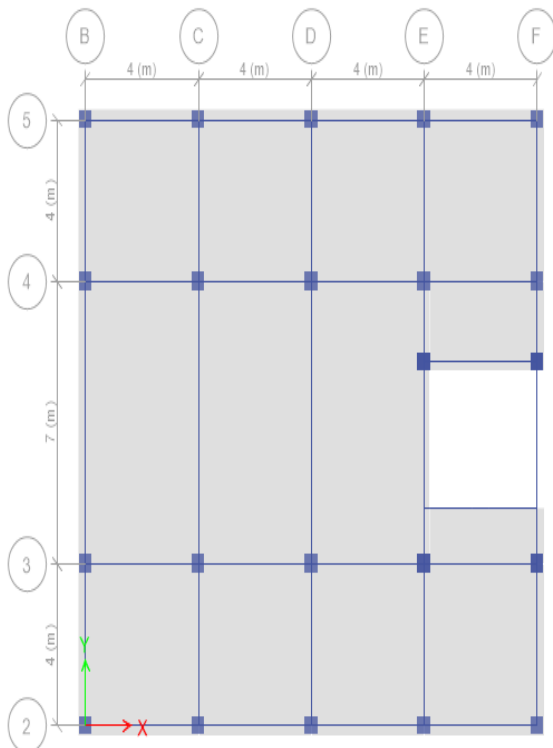


Ilustración 31 Planta sin gradas caso 3.1

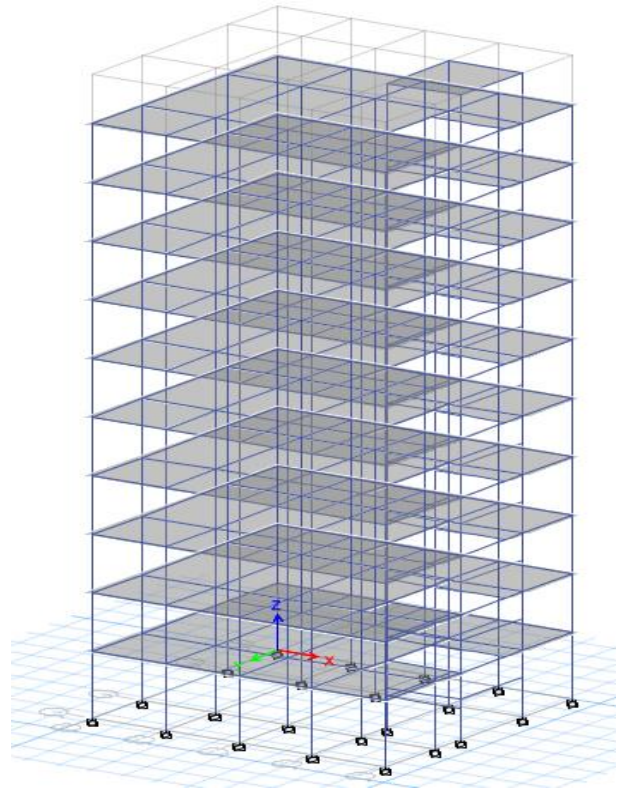


Ilustración 30 Elevación sin gradas caso 3.1

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradas: dentro de la geometría de la estructura, lateralmente.
- Área total estructura: $16 \times 15 \text{ m} = 240 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradas: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradas por área total: 8.33%.

Caso 3.1 Con Gradadas

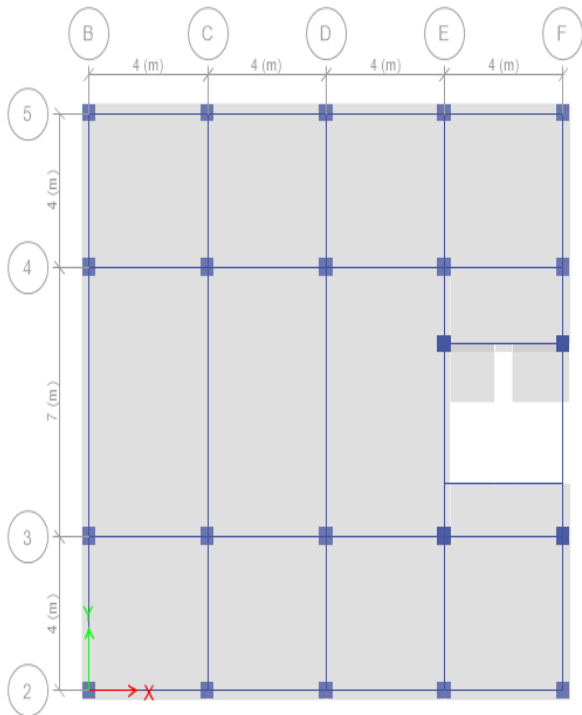


Ilustración 33 Planta con gradadas caso 3.1

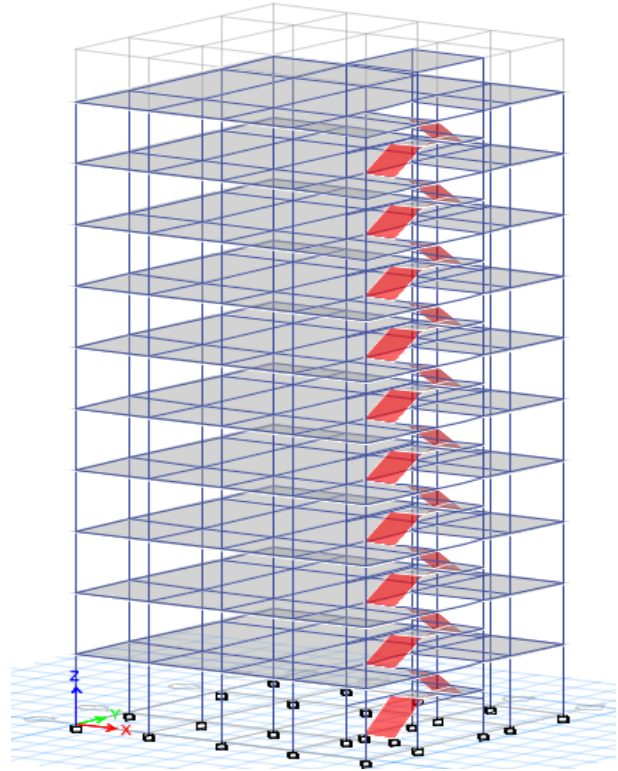


Ilustración 32 Elevación con gradadas caso 3.1

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradadas: dentro de la geometría de la estructura, lateralmente.
- Área total estructura: $16 \times 15 \text{ m} = 240 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradadas: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradadas por área total: 8.33%.

Caso 3.2 Sin Gradass

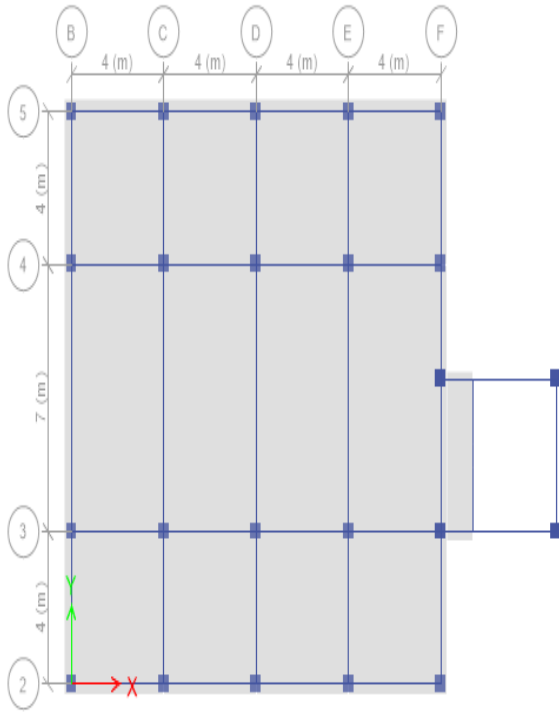


Ilustración 35 Planta sin gradass caso 3.2

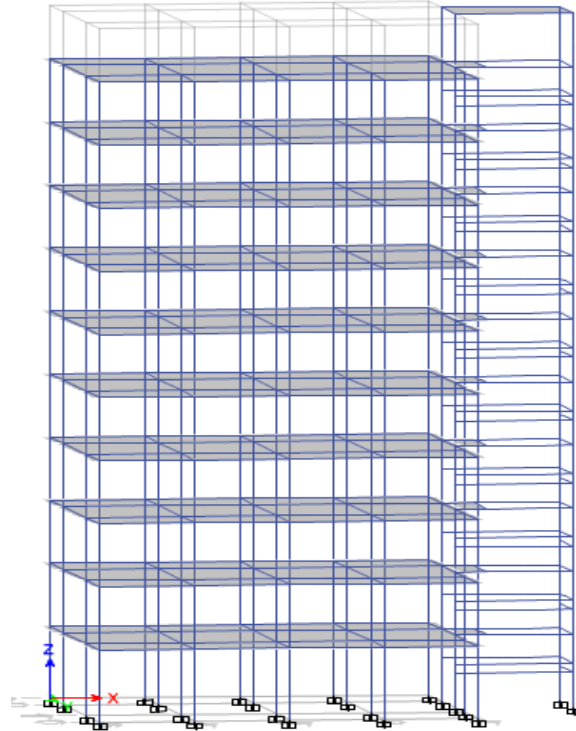


Ilustración 34 Planta sin gradass caso 3.2

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradass: Fuera de la geometría de la estructura, lateralmente.
- Área total estructura: $16 \times 15 \text{ m} = 240 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradass: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradass por área total: 8.33%.

Caso 3.2 Con Gradadas

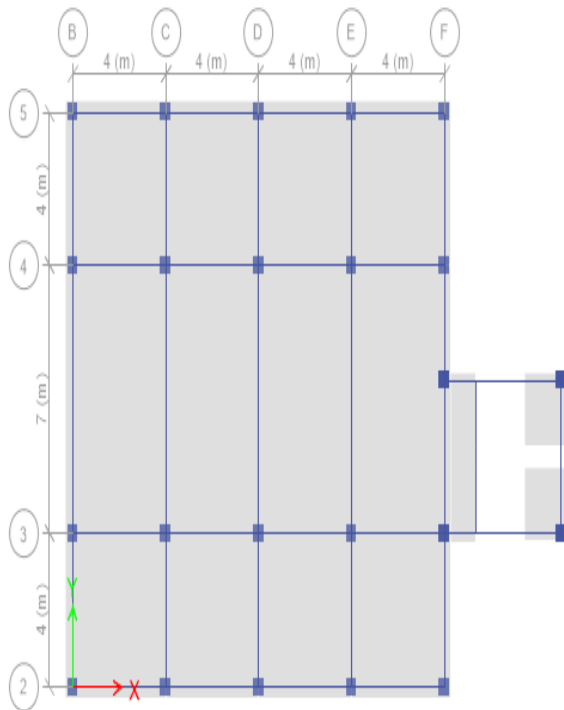


Ilustración 37 Planta con gradadas caso 3.2

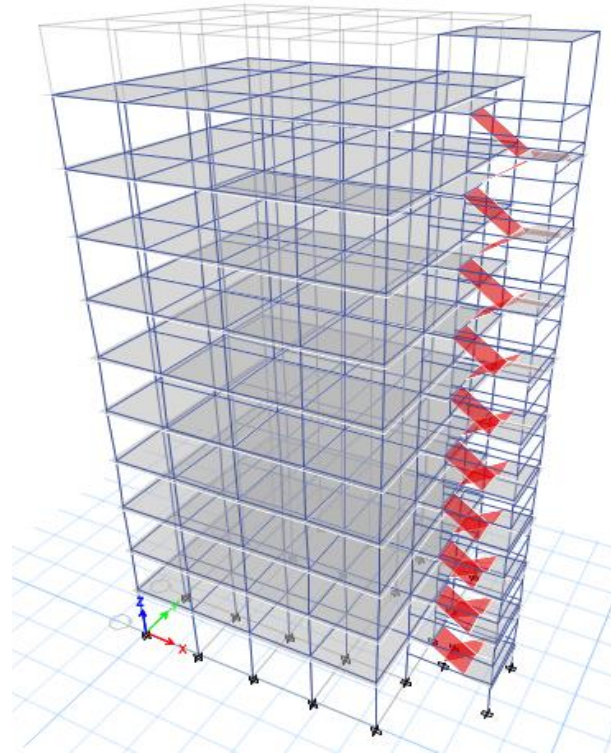


Ilustración 36 Elevación con gradadas caso 3.2

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradadas: Fuera de la geometría de la estructura, lateralmente.
- Área total estructura: $16 \times 15 \text{ m} = 240 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradadas: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradadas por área total: 8.33%.

Caso 3.3 Sin Gradass

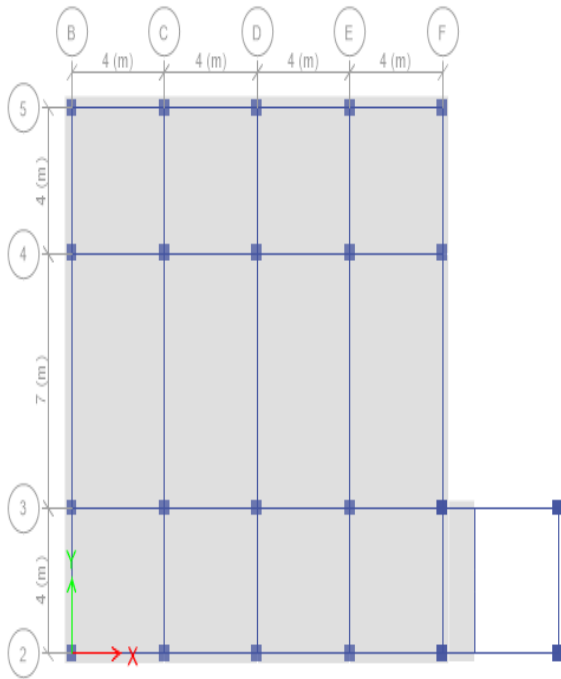


Ilustración 38 Planta sin gradass caso 3.3

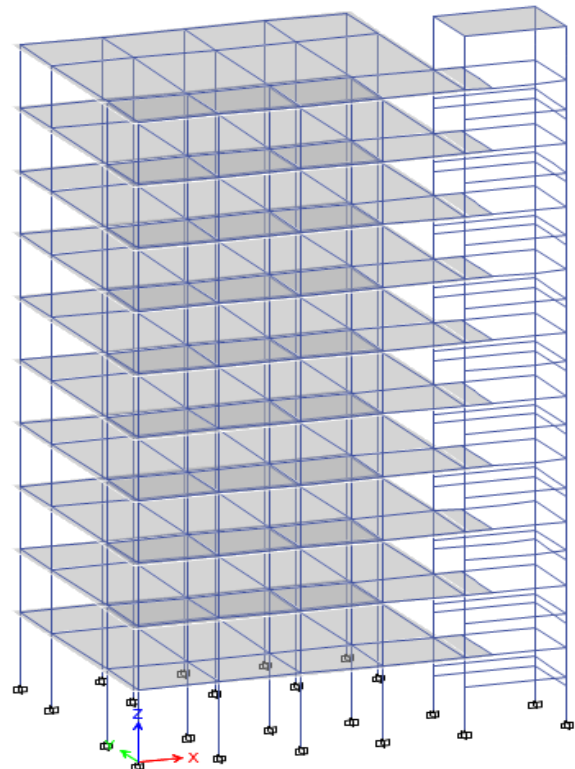


Ilustración 39 Elevación sin gradass caso 3.3

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradass: Fuera de la geometría de la estructura, esquina.
- Área total estructura: $16 \times 15 \text{ m} = 240 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradass: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradass por área total: 8.33%.

Caso 3.3 Con Gradadas

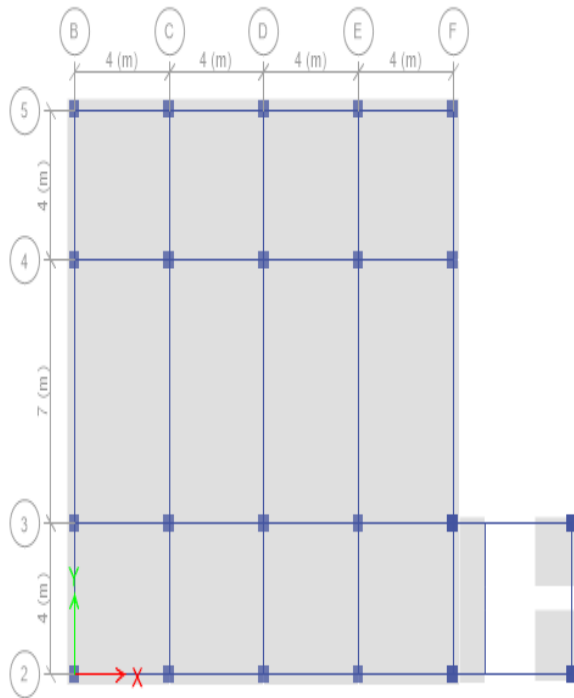


Ilustración 41 Planta con gradadas caso 3.3

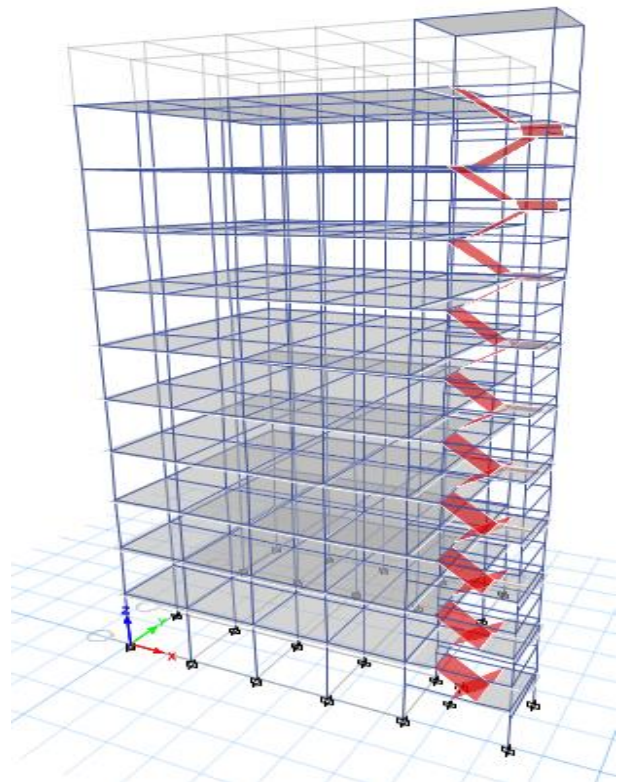


Ilustración 40 Elevación con gradadas caso 3.3

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

- Ubicación de gradadas: Fuera de la geometría de la estructura, esquina.
- Área total estructura: $16 \times 15 \text{ m} = 240 \text{ m}^2$.
- Área de hueco de gradadas: $4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$.
- Razón de gradadas por área total: 8.33%.

3.5 Fuentes de información

3.5.1 Fuentes primarias

En la investigación se utilizó como fuente primaria de investigación las simulaciones sintéticas a través de un programa computacional de análisis estructural, de igual manera se realizaron consultas a expertos en ingeniería de estructuras.

3.5.2 Fuentes secundarias

Como fuentes secundarias se utilizaron artículos, libros, sitios web e investigaciones previas de terceros relacionados con la temática.

3.5.3 Limitantes del estudio

Una de las mayores limitantes fue la poca información e investigaciones previas relacionadas con el tema de estudio, por lo que resulto difícil realizar comparaciones de los resultados obtenidos con otras investigaciones.

En segundo lugar, para aumentar la comprensión del comportamiento de la estructura ante las solicitaciones de la investigación, un modelo a escala hubiera permitido recrear una posible respuesta al momento de la interacción entre la estructura y las cargas a las que sería sometida, lo anterior incurriría en un gasto considerable y requiere de dispositivos de medición que no se encuentran con facilidad en el país y su adquisición en el extranjero conlleva un costo elevado.

CAPITULO IV RESULTADO Y ANÁLISIS

4.1 Recopilación de datos estructurales caso 1.

4.1.1 Tabla resumen de periodos, centro de masas y rigidez.

VARIABLE	STORY	CASO 1 CON GRADA						CASO 1 SIN GRADA					
		CASO 1.1 DENTRO		CASO 1.2 LATERAL		CASO 1.3 ESQUINA		CASO 1.1 DENTRO		CASO 1.2 LATERAL		CASO 1.3 ESQUINA	
		X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)
PERIODO TA		1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382
PERIODO DINAMICO		1.41755186	1.47209277	1.39887095	1.53697109	1.41429235	1.5381448	1.45939251	1.52822581	1.43600166	1.56337591	1.43845	1.55496047
SENTIDO		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	1.13011382	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
CENTRO DE MASAS	STORY 1	11.9039697	15.5072211	12.4395703	15.4191692	12.4356023	14.6067154	12.148803	15.4486348	11.6048489	15.4951985	12.4432314	14.5967248
	STORY 2	11.8789004	15.5059586	12.4007241	15.419984	12.3953157	14.6381844	12.1931218	15.4942611	11.6014468	15.4947851	12.4060644	14.6257484
	STORY 3	11.8789004	15.5059586	12.4007241	15.419984	12.3953157	14.6381844	12.1859935	15.4916523	11.6014468	15.4947851	12.4060644	14.6257484
	STORY 4	11.8789004	15.5059586	12.4007241	15.419984	12.3953157	14.6381844	12.1859935	15.4916523	11.6014468	15.4947851	12.4060644	14.6257484
	STORY 5	11.9193345	15.5094073	12.4257775	15.4237375	12.4228676	14.660071	12.233469	15.4913502	11.6518196	15.4956315	12.4353879	14.6456541
	STORY 6	11.9193345	15.5094073	12.4257775	15.4237375	12.4228676	14.660071	12.233469	15.4913502	11.6518196	15.4956315	12.4353879	14.6456541
	STORY 7	11.9193345	15.5094073	12.4257775	15.4237375	12.4228676	14.660071	12.233469	15.4913502	11.6518196	15.4956315	12.4353879	14.6456541
	STORY 8	11.9193345	15.5094073	12.4257775	15.4237375	12.4228676	14.660071	12.233469	15.4913502	11.6518196	15.4956315	12.4353879	14.6456541
	STORY 9	11.9193345	15.5094073	12.4257775	15.4237375	12.4228676	14.660071	12.233469	15.4913502	11.6518196	15.4956315	12.4353879	14.6456541
	STORY 10	12.0290428	15.466077	12.5706846	15.3937703	12.5669932	14.4971147	12.2332973	15.4529659	11.7208343	15.4758369	12.5939384	14.4695575
	STORY 11	20.9083045	14.1247837	25.3955804	13.9164643	25.3955804	1.9164643	20.9083045	14.1247837	25.3955804	13.9164643	25.2991593	2
CENTRO RIGIDEZ	STORY 1	12.6487803	15.503593	13.2671844	15.3878972	13.2290306	13.9967768	12.2656475	15.5597214	12.0064293	15.4425976	12.4415249	14.6434386
	STORY 2	13.2027638	15.5141332	13.6288059	15.2953005	13.620992	13.5404041	12.0215522	15.5542975	12.2529249	15.4213977	12.6721581	14.4713594
	STORY 3	13.4416613	15.5158628	13.7319631	15.259558	13.7101443	13.3986334	12.353678	15.5605679	12.3788578	15.4140389	12.7390279	14.4075157
	STORY 4	13.5398678	15.51393	13.7238701	15.2485897	13.6648697	13.3905391	12.4106234	15.5606672	12.4339153	15.4123246	12.7313903	14.3874298
	STORY 5	13.5895426	15.5088439	13.6762002	15.2512337	13.5694921	13.4403126	12.4464332	15.5601552	12.458797	15.4144288	12.6983515	14.3925341
	STORY 6	13.6245053	15.5028663	13.6251186	15.2603783	13.4678756	13.5158984	12.4723983	15.5597934	12.4835466	15.4203285	12.6618878	14.4200062
	STORY 7	13.6362049	15.4974623	13.558421	15.2715506	13.3470785	13.604621	12.4906927	15.5584229	12.4978052	15.4261652	12.6125977	14.4464015
	STORY 8	13.6220922	15.4924345	13.4683604	15.2853737	13.2008886	13.7094796	12.5003281	15.5560112	12.4991571	15.4318995	12.5475019	14.4724494
	STORY 9	13.5886077	15.4872956	13.3563836	15.3012813	13.0320532	13.8286024	12.5029427	15.5529115	12.4915653	15.4377618	12.4683007	14.499112
	STORY 10	13.5568172	15.4823017	13.2521832	15.313154	12.875522	13.9329999	12.50373	15.5496368	12.4784252	15.4426385	12.3932162	14.5212422
	STORY 11	20.118679	13.6365607	24.2052369	13.7964919	24.2969111	2.47987433	19.9532981	13.6503681	23.5687413	13.764636	23.8476331	2.93534149

Tabla 11 Resumen periodos, CM, CR, caso 1

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.1.2 Tabla resumen de control de derivas

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 1 CON GRADA			CASO 1 SIN GRADA		
			CASO 1.1 DENTRO	CASO 1.2 LATERAL	CASO 1.3 ESQUINA	CASO 1.1 DENTRO	CASO 1.2 LATERAL	CASO 1.3 ESQUINA
DERIVAS	EQXEP	STORY 11	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003
		STORY 10	0.0004	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003
		STORY 9	0.0006	0.0005	0.0005	0.0006	0.0005	0.0005
		STORY 8	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
		STORY 7	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
		STORY 6	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
		STORY 5	0.0010	0.0010	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010
		STORY 4	0.0010	0.0010	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011
		STORY 3	0.0011	0.0011	0.0011	0.0012	0.0011	0.0011
		STORY 2	0.0011	0.0011	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011
		STORY 1	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
DERIVAS	EQXEN	STORY 11	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003
		STORY 10	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003
		STORY 9	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0005	0.0005
		STORY 8	0.0007	0.0007	0.0007	0.0008	0.0007	0.0007
		STORY 7	0.0009	0.0008	0.0008	0.0009	0.0009	0.0009
		STORY 6	0.0010	0.0009	0.0009	0.0010	0.0010	0.0010
		STORY 5	0.0010	0.0010	0.0009	0.0011	0.0010	0.0010
		STORY 4	0.0010	0.0010	0.0009	0.0011	0.0011	0.0010
		STORY 3	0.0011	0.0010	0.0009	0.0012	0.0011	0.0011
		STORY 2	0.0011	0.0010	0.0009	0.0012	0.0011	0.0011
		STORY 1	0.0008	0.0008	0.0007	0.0009	0.0008	0.0008

DERIVAS	EQYEP	STORY 11	0.0003	0.0005	0.0006	0.0002	0.0005	0.0005
		STORY 10	0.0003	0.0004	0.0004	0.0003	0.0005	0.0004
		STORY 9	0.0004	0.0006	0.0006	0.0005	0.0006	0.0006
		STORY 8	0.0006	0.0008	0.0008	0.0007	0.0008	0.0008
		STORY 7	0.0008	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0010
		STORY 6	0.0009	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0011
		STORY 5	0.0009	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0012
		STORY 4	0.0010	0.0011	0.0011	0.0011	0.0012	0.0012
		STORY 3	0.0010	0.0011	0.0011	0.0012	0.0012	0.0013
		STORY 2	0.0010	0.0011	0.0011	0.0012	0.0012	0.0012
STORY 1	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0009	0.0009		
DERIVAS	EQYEN	STORY 11	0.0003	0.0004	0.0005	0.0002	0.0004	0.0004
		STORY 10	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0004	0.0003
		STORY 9	0.0005	0.0006	0.0006	0.0005	0.0006	0.0006
		STORY 8	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
		STORY 7	0.0009	0.0010	0.0010	0.0009	0.0010	0.0010
		STORY 6	0.0010	0.0011	0.0011	0.0011	0.0012	0.0011
		STORY 5	0.0011	0.0012	0.0012	0.0011	0.0012	0.0012
		STORY 4	0.0011	0.0012	0.0012	0.0012	0.0013	0.0012
		STORY 3	0.0012	0.0013	0.0013	0.0012	0.0013	0.0013
		STORY 2	0.0012	0.0013	0.0013	0.0012	0.0013	0.0013
STORY 1	0.0008	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009		

Tabla 12 Resumen control de derivas caso 1

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.1.3 Tabla resumen de irregularidad torsional.

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 1 CON GRADA			CASO 1 SIN GRADA		
			CASO 1.1 DENTRO	CASO 1.2 LATERAL	CASO 1.3 ESQUINA	CASO 1.1 DENTRO	CASO 1.2 LATERAL	CASO 1.3 ESQUINA
IRRE TORSIONAL	EQXEP	STORY 11	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
		STORY 10	1.14	1.15	1.16	1.13	1.14	1.12
		STORY 9	1.14	1.15	1.17	1.13	1.14	1.12
		STORY 8	1.14	1.15	1.18	1.13	1.14	1.12
		STORY 7	1.14	1.15	1.18	1.13	1.14	1.13
		STORY 6	1.14	1.15	1.19	1.13	1.14	1.13
		STORY 5	1.14	1.15	1.19	1.13	1.14	1.13
		STORY 4	1.14	1.15	1.19	1.13	1.14	1.13
		STORY 3	1.14	1.15	1.20	1.13	1.14	1.13
		STORY 2	1.15	1.15	1.20	1.13	1.15	1.13
		STORY 1	1.15	1.15	1.19	1.14	1.15	1.13
IRRE TORSIONAL	EQXEN	STORY 11	1.02	1.02	1.01	1.02	1.02	1.01
		STORY 10	1.13	1.13	1.05	1.15	1.13	1.13
		STORY 9	1.13	1.13	1.05	1.15	1.13	1.12
		STORY 8	1.13	1.13	1.04	1.15	1.13	1.12
		STORY 7	1.13	1.13	1.03	1.15	1.13	1.12
		STORY 6	1.13	1.12	1.02	1.15	1.13	1.11
		STORY 5	1.13	1.12	1.02	1.14	1.13	1.11
		STORY 4	1.13	1.12	1.01	1.14	1.13	1.11
		STORY 3	1.14	1.12	1.01	1.15	1.13	1.11
		STORY 2	1.14	1.12	1.01	1.15	1.13	1.11
		STORY 1	1.14	1.13	1.03	1.15	1.14	1.13

IRRE TORSIONAL	EQYEP	STORY 11	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02
		STORY 10	1.03	1.04	1.04	1.06	1.02	1.09
		STORY 9	1.03	1.04	1.03	1.06	1.02	1.09
		STORY 8	1.03	1.03	1.02	1.06	1.02	1.08
		STORY 7	1.03	1.03	1.02	1.06	1.02	1.08
		STORY 6	1.03	1.02	1.01	1.06	1.02	1.08
		STORY 5	1.03	1.02	1.01	1.06	1.02	1.08
		STORY 4	1.03	1.02	1.00	1.06	1.02	1.07
		STORY 3	1.03	1.02	1.00	1.06	1.02	1.07
		STORY 2	1.02	1.02	1.00	1.07	1.02	1.07
		STORY 1	1.00	1.02	1.01	1.08	1.03	1.09
IRRE TORSIONAL	EQYEN	STORY 11	1.03	1.03	1.02	1.02	1.03	1.01
		STORY 10	1.17	1.15	1.10	1.08	1.11	1.07
		STORY 9	1.17	1.15	1.11	1.08	1.11	1.08
		STORY 8	1.17	1.16	1.12	1.08	1.11	1.08
		STORY 7	1.18	1.16	1.12	1.08	1.11	1.08
		STORY 6	1.17	1.16	1.13	1.08	1.11	1.08
		STORY 5	1.17	1.16	1.13	1.08	1.11	1.09
		STORY 4	1.17	1.17	1.13	1.08	1.10	1.09
		STORY 3	1.17	1.17	1.14	1.08	1.11	1.09
		STORY 2	1.16	1.18	1.14	1.08	1.11	1.09
STORY 1	1.15	1.18	1.15	1.07	1.11	1.09		

Tabla 13 Irregularidad torsional caso 1

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.1.4 Radios de diseño de columnas primer nivel.

VARIABLE	STORY	SECCION	CASO 1 CON GRADA						CASO 1 SIN GRADA					
			CASO 1.1 DENTRO		CASO 1.2 LATERAL		CASO 1.3 ESQUINA		CASO 1.1 DENTRO		CASO 1.2 LATERAL		CASO 1.3 ESQUINA	
			COL.	RADIO	COL.	RADIO	COL.	RADIO	COL.	RADIO	COL.	RADIO	COL.	RADIO
RADIO DE DISEÑO	STORY 1	COL-5/60X60CM-P0.01	C1	0.849	C1	0.849	C1	0.849	C1	0.849	C1	0.849	C1	0.849
		COL-5/60X60CM-P0.01	C2	0.851	C2	0.849	C2	0.849	C2	0.849	C2	0.849	C2	0.849
		COL-5/60X60CM-P0.01	C3	0.844	C3	0.849	C3	0.848	C3	0.845	C3	0.849	C3	0.848
		COL-5/60X60CM-P0.01	C4	0.830	C4	0.848	C4	0.849	C4	0.834	C4	0.848	C4	0.849
		COL-5/60X60CM-P0.01	C5	0.729	C5	0.743	C5	0.74	C5	0.735	C5	0.757	C5	0.74
		COL-5/60X60CM-P0.01	C6	0.777	C6	0.777	C6	0.777	C6	0.777	C6	0.777	C6	0.777
		COL-5/60X60CM-P0.01	C7	0.777	C7	0.778	C7	0.778	C7	0.778	C7	0.78	C7	0.777
		COL-5/60X60CM-P0.01	C8	0.729	C8	0.742	C8	0.739	C8	0.735	C8	0.756	C8	0.74
		COL-5/60X60CM-P0.01	C9	0.798	C9	0.799	C9	0.799	C9	0.798	C9	0.799	C9	0.799
		COL-5/60X60CM-P0.01	C10	0.798	C10	0.798	C10	0.799	C10	0.798	C10	0.799	C10	0.799
		COL-5/60X60CM-P0.01	C11	0.726	C11	0.728	C11	0.729	C11	0.727	C11	0.728	C11	0.729
		COL-5/60X60CM-P0.01	C12	0.734	C12	0.732	C12	0.723	C12	0.734	C12	0.73	C12	0.706
		COL-5/60X60CM-P0.01	C13	0.835	C13	0.786	C13	0.777	C13	0.859	C13	0.771	C13	0.776
		COL-5/60X60CM-P0.01	C14	0.712	C14	0.763	C14	0.778	C14	0.722	C14	0.756	C14	0.778
		COL-5/60X60CM-P0.01	C15	0.799	C15	0.799	C15	0.799	C15	0.799	C15	0.799	C15	0.799
		COL-5/60X60CM-P0.01	C16	0.800	C16	0.799	C16	0.798	C16	0.800	C16	0.799	C16	0.797
		COL2/50X50CM-P0.02	C17	0.516	C17	0.535	C17	0.551	C17	0.542	C17	0.534	C17	0.522
		COL2/50X50CM-P0.02	C18	0.529	C18	0.538	C18	0.572	C18	0.540	C18	0.544	C18	0.548
		COL2/50X50CM-P0.02	C19	0.562	C19	0.594	C19	0.603	C19	0.578	C19	0.611	C19	0.595
		COL2/50X50CM-P0.02	C20	0.527	C20	0.536	C20	0.769	C20	0.560	C20	0.558	C20	0.659
		COL2/50X50CM-P0.02	C21	0.646	C21	0.672	C21	0.667	C21	0.662	C21	0.684	C21	0.666
		COL2/50X50CM-P0.02	C22	0.668	C22	0.696	C22	0.696	C22	0.696	C22	0.711	C22	0.702
		COL2/50X50CM-P0.02	C23	0.651	C23	0.681	C23	0.684	C23	0.690	C23	0.699	C23	0.698
		COL2/50X50CM-P0.02	C24	0.591	C24	0.623	C24	0.658	C24	0.643	C24	0.644	C24	0.662
		COL2/50X50CM-P0.02	C25	0.609	C25	0.631	C25	0.655	C25	0.603	C25	0.631	C25	0.628
		COL2/50X50CM-P0.02	C26	0.623	C26	0.644	C26	0.669	C26	0.623	C26	0.647	C26	0.648
		COL2/50X50CM-P0.02	C27	0.604	C27	0.625	C27	0.654	C27	0.621	C27	0.63	C27	0.636
		COL2/50X50CM-P0.02	C28	0.565	C28	0.574	C28	0.606	C28	0.601	C28	0.595	C28	0.596
		COL2/50X50CM-P0.02	C29	0.602	C29	0.631	C29	0.64	C29	0.614	C29	0.646	C29	0.631
		COL2/50X50CM-P0.02	C30	0.622	C30	0.645	C30	0.656	C30	0.630	C30	0.659	C30	0.645
		COL2/50X50CM-P0.02	C31	0.638	C31	0.66	C31	0.671	C31	0.642	C31	0.673	C31	0.656
		COL2/50X50CM-P0.02	C32	0.630	C32	0.65	C32	0.66	C32	0.630	C32	0.663	C32	0.643
		COL2/50X50CM-P0.02	C33	0.596	C33	0.588	C33	0.631	C33	0.606	C33	0.598	C33	0.618
COL2/50X50CM-P0.02	C34	0.779	C34	0.757	C35	0.605	C34	0.740	C34	0.638	C35	0.604		
COL2/50X50CM-P0.02	C35	0.643	C35	0.565	C36	0.611	C35	0.628	C35	0.55	C36	0.599		
COL2/50X50CM-P0.02	C36	0.589	C36	0.591	C48	0.628	C36	0.599	C36	0.596	C48	0.636		
COL6/40X40CM-P0.02	C117	0.763	C61	0.724	C39	1.004	C117	0.715	C61	0.592	C39	0.675		
COL6/40X40CM-P0.02	C118	0.836	C43	0.968	C41	0.919	C118	0.716	C43	0.625	C41	0.635		
COL-6/40X40CM-P0.02			C45	0.976					C45	0.628				
COL2/50X50CM-P0.02					C51	0.611					C51	0.612		

Tabla 14 Radios de diseño primer nivel caso 1

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.1.5 Distribución de columnas y radios de diseño del caso 1.1.

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

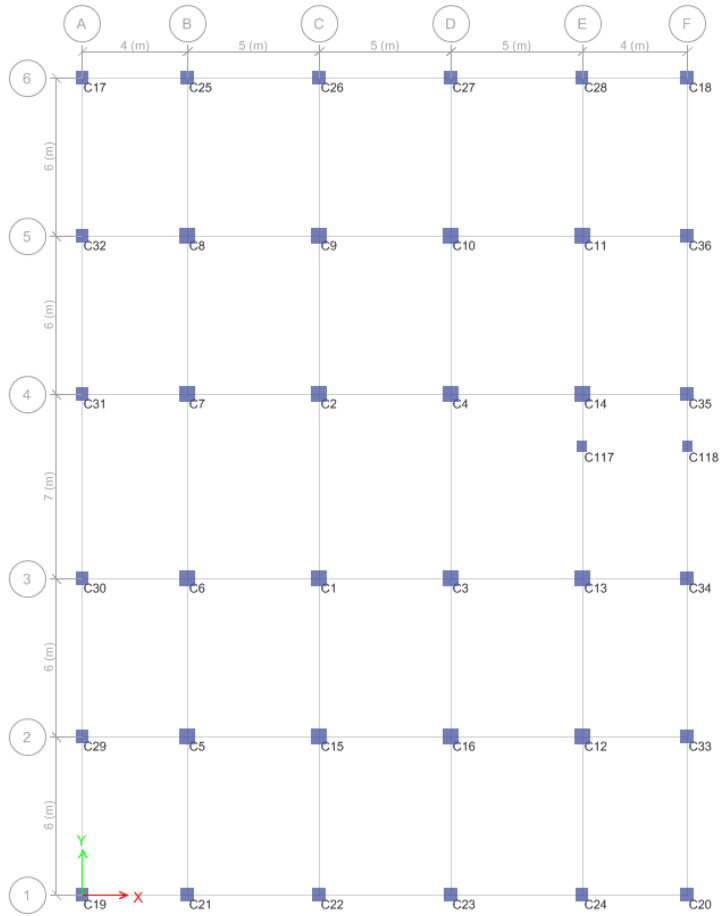


Ilustración 43 Planta distribución de columnas caso 1.1

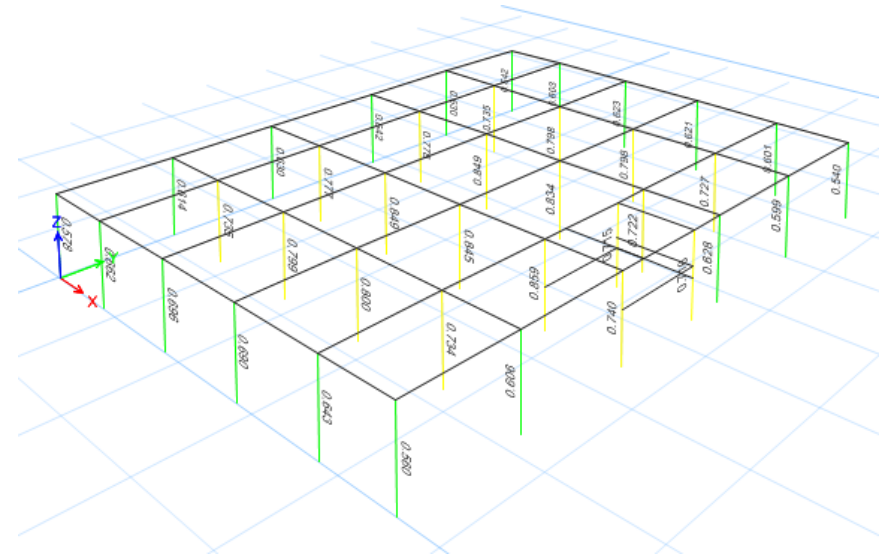


Ilustración 42 Radios de diseño sin gradas caso 1.1

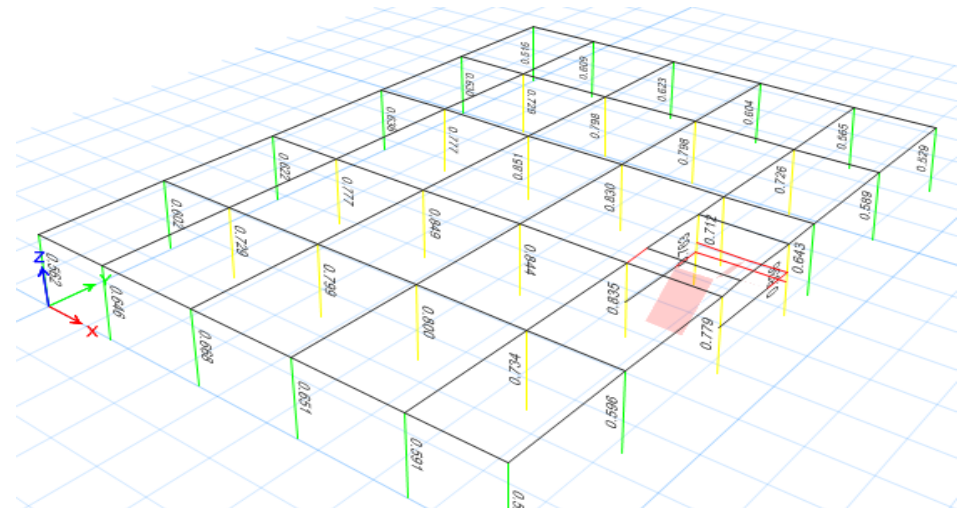


Ilustración 44 Radios de diseño con gradas caso 1.1

4.1.6 Distribución de columnas y radios de diseño del caso 1.2.

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

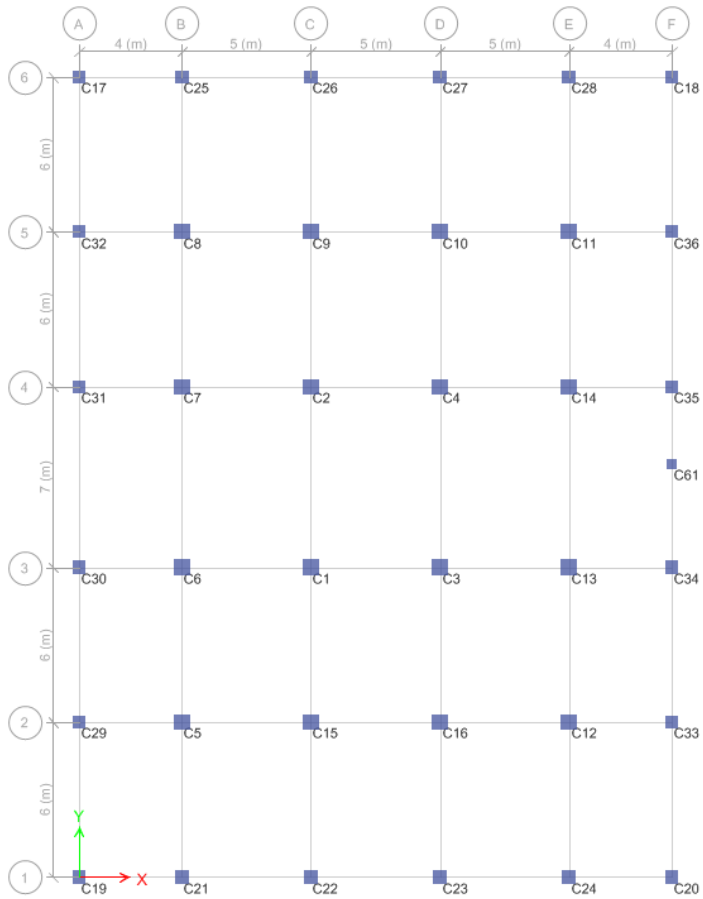


Ilustración 45 Planta de distribución de columnas caso 1.2

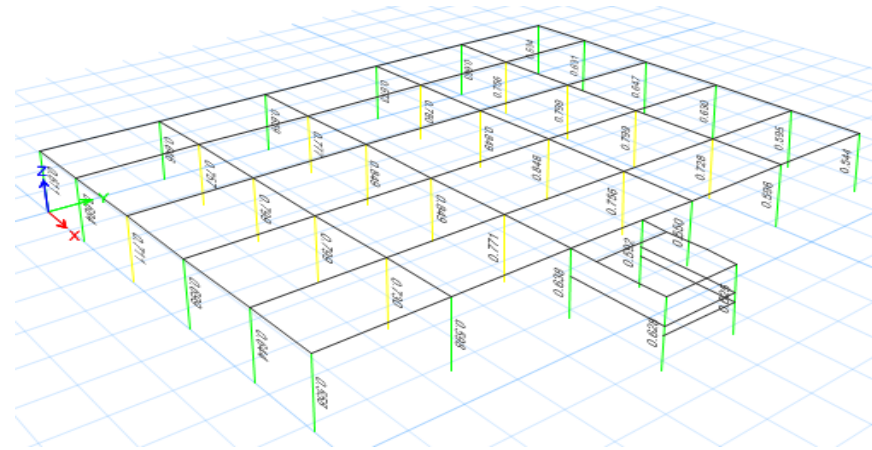


Ilustración 46 Radios de diseño sin gradas caso 1.2

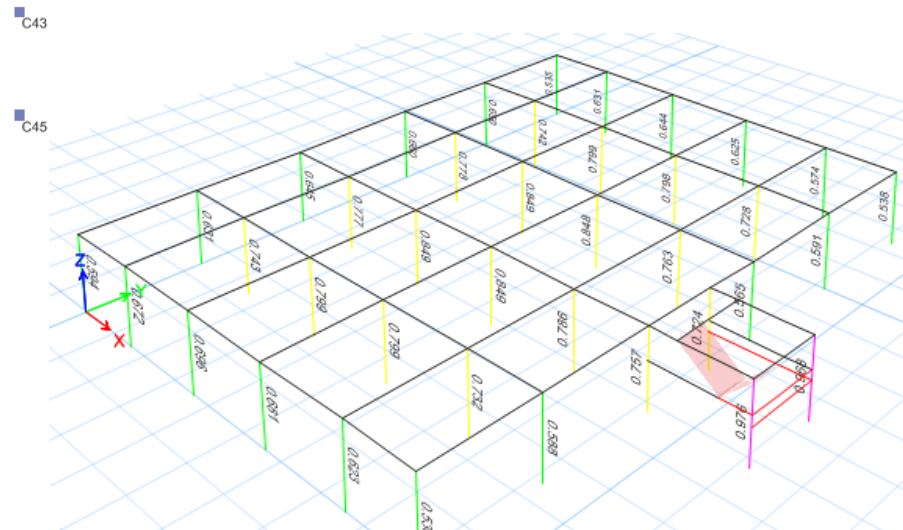


Ilustración 47 Radios de diseño con gradas caso 1.2

4.1.7 Distribución de columnas y radios de diseño del caso 1.3.

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

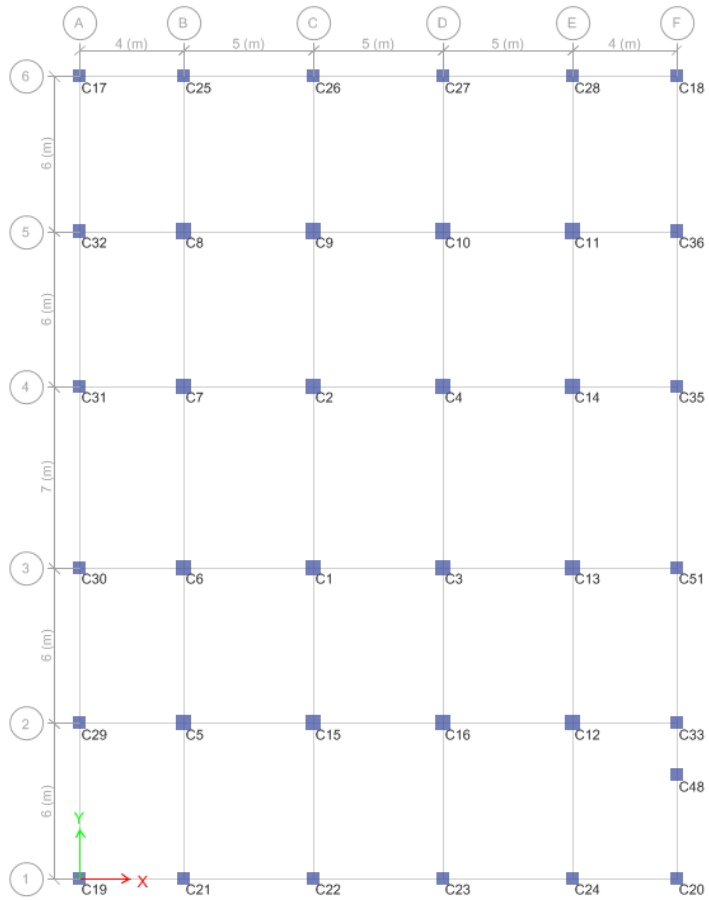


Ilustración 50 Distribución de columnas caso 1.3

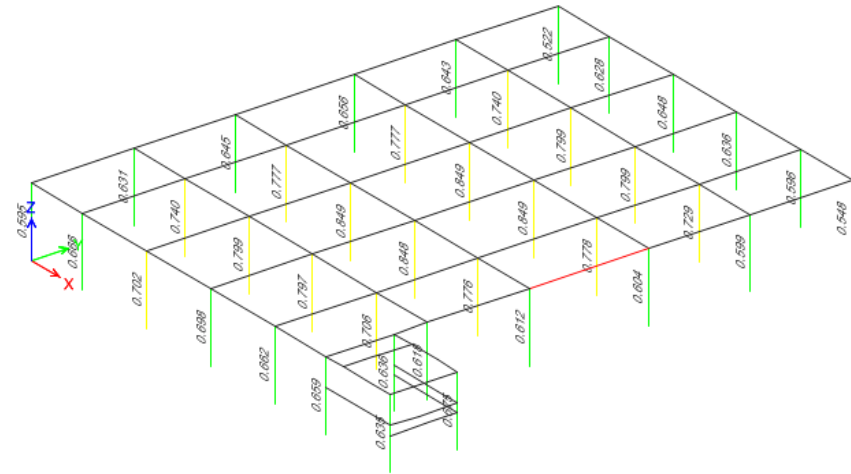


Ilustración 48 Radios de diseño sin gradas caso 1.3

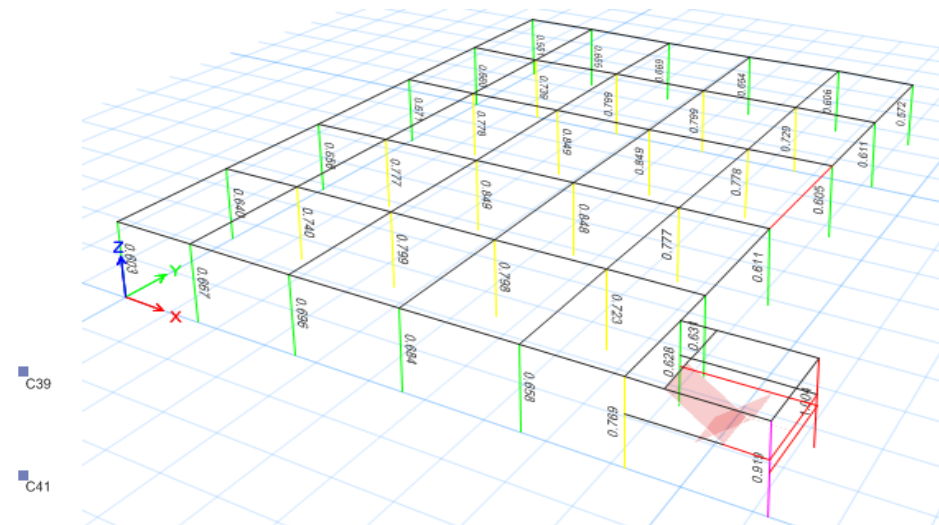


Ilustración 49 Radios de diseño con gradas caso 1.3

4.1.8 Variación de periodos, centro de masas y rigidez caso 1.

VARIABLE	STORY	CASO 1 CON GRADA - SIN GRADA/SIN GRADA						CASO 1 CON GRADA DENTRO - (LATERAL&ESQUINA) / DENTRO			
		CASO 1.1 DENTRO		CASO 1.2 LATERAL		CASO 1.3 ESQUINA		CASO 1.1 - 1.2		CASO 1.1 - 1.3	
		X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)
PERIODO TA		0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
PERIODO DINAMICO		-2.867%	-3.673%	-2.586%	-1.689%	-1.679%	-1.081%	1.318%	-4.407%	0.230%	-4.487%
SENTIDO		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
CENTRO DE MASAS	STORY 1	-2.015%	0.379%	7.193%	-0.491%	-0.061%	0.068%	-4.499%	0.568%	-4.466%	5.807%
	STORY 2	-2.577%	0.075%	6.889%	-0.483%	-0.087%	0.085%	-4.393%	0.554%	-4.347%	5.596%
	STORY 3	-2.520%	0.092%	6.889%	-0.483%	-0.087%	0.085%	-4.393%	0.554%	-4.347%	5.596%
	STORY 4	-2.520%	0.092%	6.889%	-0.483%	-0.087%	0.085%	-4.393%	0.554%	-4.347%	5.596%
	STORY 5	-2.568%	0.117%	6.642%	-0.464%	-0.101%	0.098%	-4.249%	0.552%	-4.225%	5.476%
	STORY 6	-2.568%	0.117%	6.642%	-0.464%	-0.101%	0.098%	-4.249%	0.552%	-4.225%	5.476%
	STORY 7	-2.568%	0.117%	6.642%	-0.464%	-0.101%	0.098%	-4.249%	0.552%	-4.225%	5.476%
	STORY 8	-2.568%	0.117%	6.642%	-0.464%	-0.101%	0.098%	-4.249%	0.552%	-4.225%	5.476%
	STORY 9	-2.568%	0.117%	6.642%	-0.464%	-0.101%	0.098%	-4.249%	0.552%	-4.225%	5.476%
	STORY 10	-1.670%	0.085%	7.251%	-0.530%	-0.214%	0.190%	-4.503%	0.468%	-4.472%	6.265%
	STORY 11	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.381%	-4.177%	-21.462%	1.475%	-21.462%	86.432%
CENTRO RIGIDEZ	STORY 1	3.124%	-0.361%	10.501%	-0.354%	6.330%	-4.416%	-4.889%	0.746%	-4.587%	9.719%
	STORY 2	9.826%	-0.258%	11.229%	-0.818%	7.488%	-6.433%	-3.227%	1.411%	-3.168%	12.722%
	STORY 3	8.807%	-0.287%	10.931%	-1.002%	7.623%	-7.002%	-2.160%	1.652%	-1.997%	13.646%
	STORY 4	9.099%	-0.300%	10.374%	-1.062%	7.332%	-6.929%	-1.359%	1.710%	-0.923%	13.687%
	STORY 5	9.184%	-0.330%	9.771%	-1.059%	6.860%	-6.616%	-0.638%	1.661%	0.148%	13.338%
	STORY 6	9.237%	-0.366%	9.145%	-1.037%	6.365%	-6.270%	-0.005%	1.564%	1.150%	12.817%
	STORY 7	9.171%	-0.392%	8.486%	-1.002%	5.823%	-5.827%	0.570%	1.458%	2.120%	12.214%
	STORY 8	8.974%	-0.409%	7.754%	-0.949%	5.207%	-5.272%	1.129%	1.337%	3.092%	11.509%
	STORY 9	8.683%	-0.422%	6.923%	-0.884%	4.521%	-4.624%	1.709%	1.201%	4.096%	10.710%
	STORY 10	8.422%	-0.433%	6.201%	-0.838%	3.892%	-4.051%	2.247%	1.093%	5.025%	10.007%
	STORY 11	0.829%	-0.101%	2.701%	0.231%	1.884%	-15.517%	-20.312%	-1.173%	-20.768%	81.815%
DIFERENCIAS ENTRE CONSIDERAR MODULO DE GRADAS Y SIN GRADAS							DIFERENCIAS POR UBICACIÓN DE MODULO DE GRADAS				

Tabla 15 Variación periodo, CM, CR. caso 1

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

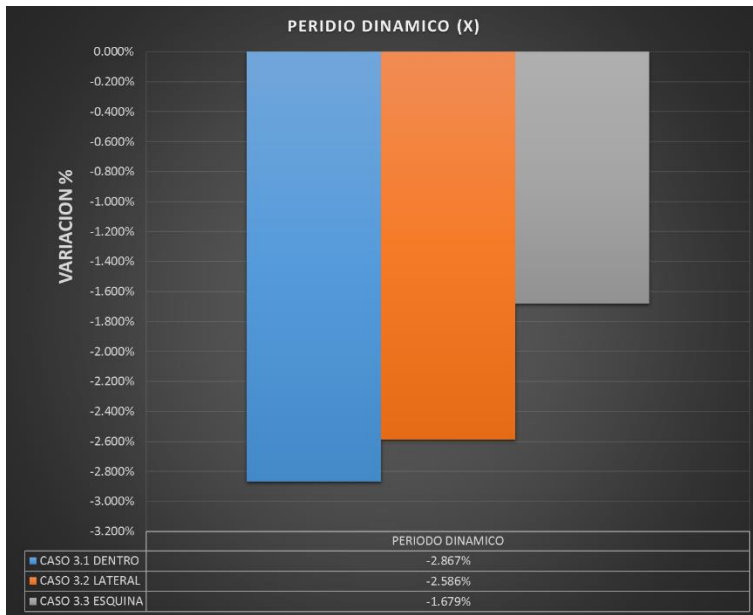


Gráfico 2 Periodo dinámico X caso 1

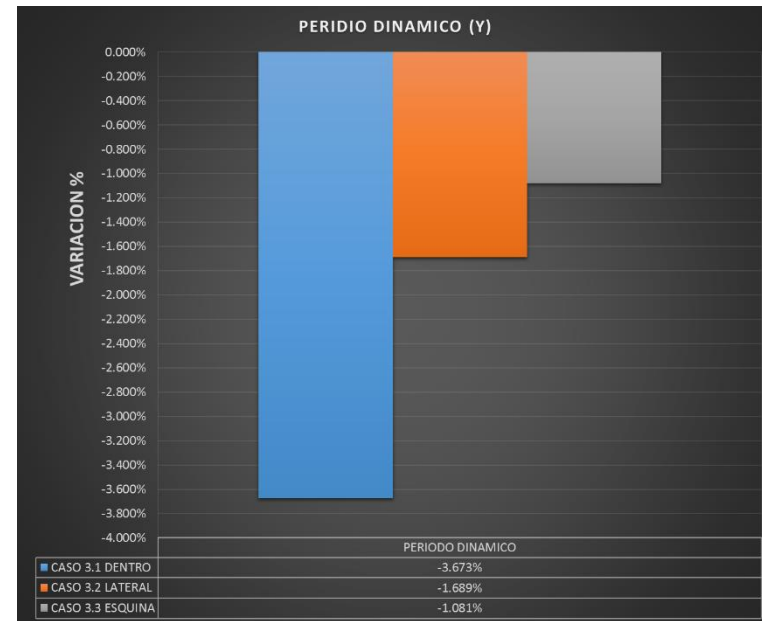


Gráfico 4 Periodo dinámico Y caso 1

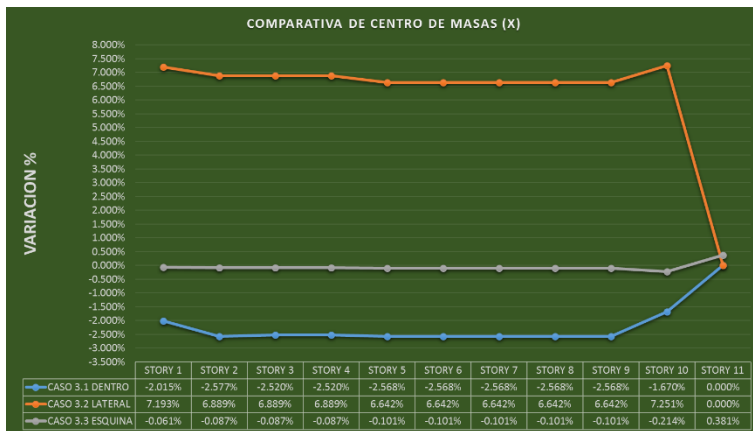


Gráfico 5 Comparativa centro de masas X – caso 1

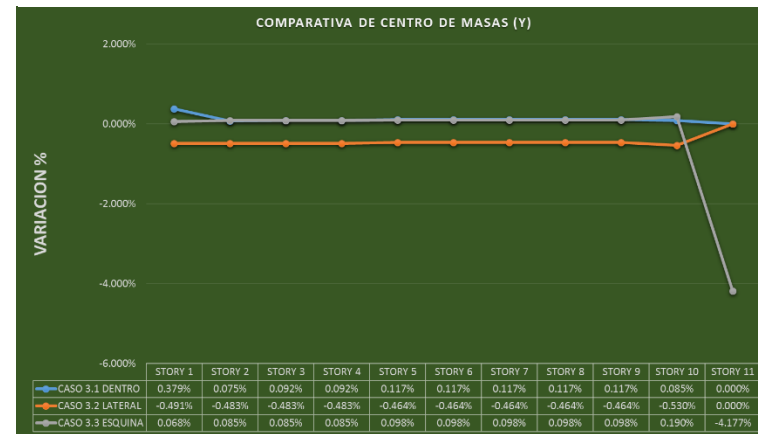


Gráfico 3 Comparativa centro de masas Y – caso 1

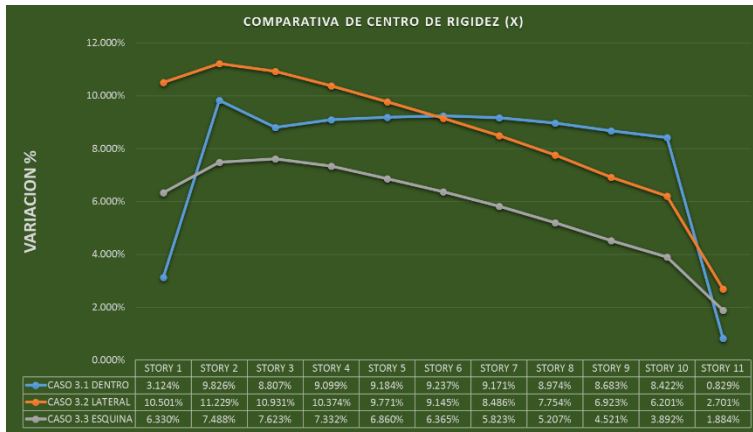


Gráfico 8 Comparativa centro de rigidez X – caso 1

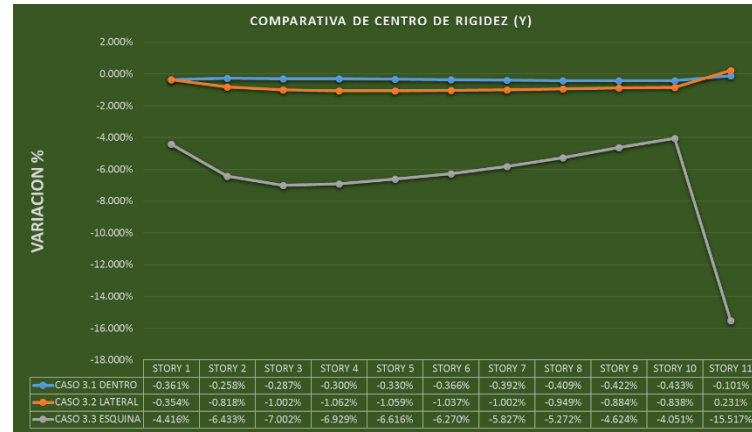


Gráfico 9 Comparativa centro de rigidez Y caso 1



Gráfico 7 Comparativa CM por ubicación de gradas X caso 1

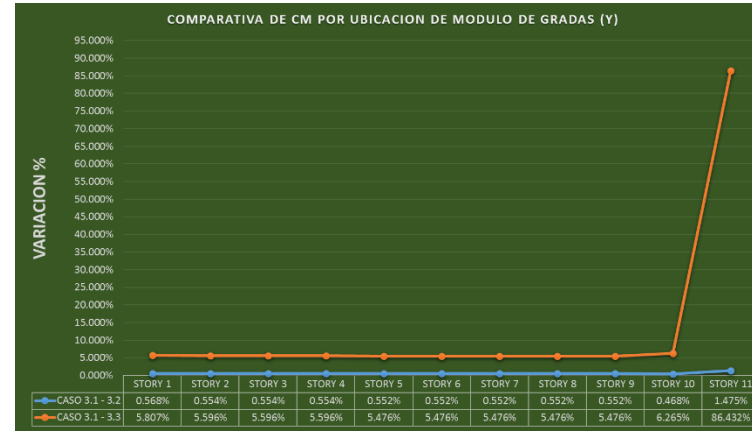


Gráfico 6 Comparativa CM por ubicación de gradas Y caso 1

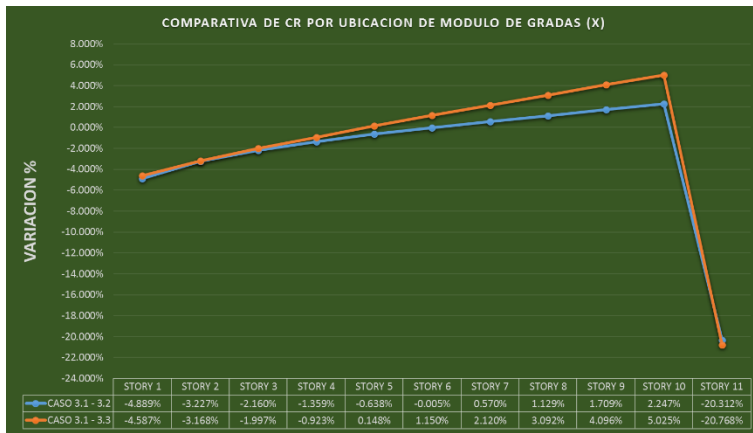


Gráfico 11 Comparativa CR por ubicación de gradas X caso 1

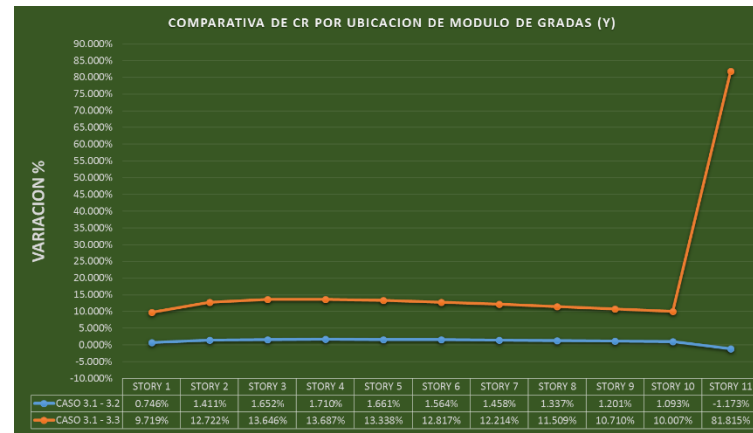


Gráfico 10 Comparativa CR por ubicación de gradas Y caso 1

Gráficos anteriores Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.1.9 Variación de irregularidad torsional caso 1.

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 1 CON GRADA - SIN GRADA/SIN GRADA			CASO 1 CON GRADA DENTRO - (LATERAL&ESQUINA) / DENTRO	
			CASO 1.1 DENTRO	CASO 1.2 LATERAL	CASO 1.3 ESQUINA	CASO 1.1 - 1.2	CASO 1.1 - 1.3
IRRE TORSIONAL	EQXEP	STORY 11	0.09%	0.06%	0.67%	0.46%	0.01%
		STORY 10	0.67%	0.28%	3.91%	-0.68%	-2.15%
		STORY 9	0.72%	0.36%	4.33%	-0.73%	-2.69%
		STORY 8	0.77%	0.45%	4.73%	-0.80%	-3.21%
		STORY 7	0.82%	0.53%	5.04%	-0.86%	-3.66%
		STORY 6	0.85%	0.60%	5.29%	-0.92%	-4.03%
		STORY 5	0.88%	0.67%	5.46%	-0.98%	-4.36%
		STORY 4	0.91%	0.71%	5.65%	-0.99%	-4.62%
		STORY 3	0.98%	0.71%	5.91%	-0.90%	-4.74%
		STORY 2	1.10%	0.61%	5.97%	-0.64%	-4.45%
		STORY 1	1.32%	0.23%	5.40%	0.12%	-2.93%
IRRE TORSIONAL	EQXEN	STORY 11	-0.23%	-0.01%	-0.81%	0.26%	1.21%
		STORY 10	-1.17%	-0.53%	-6.43%	0.29%	6.93%
		STORY 9	-1.16%	-0.60%	-6.94%	0.44%	7.73%
		STORY 8	-1.14%	-0.67%	-7.41%	0.59%	8.47%
		STORY 7	-1.11%	-0.72%	-7.78%	0.72%	9.08%
		STORY 6	-1.06%	-0.76%	-8.06%	0.85%	9.59%
		STORY 5	-1.00%	-0.79%	-8.25%	0.98%	10.01%
		STORY 4	-0.94%	-0.82%	-8.50%	1.11%	10.45%
		STORY 3	-0.92%	-0.86%	-8.84%	1.21%	10.88%
		STORY 2	-0.90%	-0.85%	-8.99%	1.27%	10.98%
		STORY 1	-0.88%	-0.68%	-8.45%	1.16%	9.98%
IRRE TORSIONAL	EQYEP	STORY 11	-0.43%	0.56%	-0.85%	-0.55%	-0.31%
		STORY 10	-2.98%	1.77%	-4.94%	-1.25%	-0.98%
		STORY 9	-2.74%	1.33%	-5.28%	-0.54%	-0.03%
		STORY 8	-2.53%	0.94%	-5.59%	0.10%	0.83%
		STORY 7	-2.43%	0.62%	-5.84%	0.56%	1.48%
		STORY 6	-2.47%	0.35%	-6.05%	0.81%	1.92%
		STORY 5	-2.67%	0.11%	-6.23%	0.88%	2.17%
		STORY 4	-2.99%	-0.16%	-6.48%	0.90%	2.39%
		STORY 3	-3.52%	-0.42%	-6.74%	0.83%	2.44%
		STORY 2	-4.63%	-0.57%	-6.82%	0.09%	1.61%
		STORY 1	-7.18%	-0.27%	-7.34%	-2.29%	-0.47%
IRRE TORSIONAL	EQYEN	STORY 11	1.86%	0.03%	0.60%	0.84%	1.62%
		STORY 10	8.20%	3.88%	2.91%	1.88%	5.69%
		STORY 9	8.37%	4.30%	3.19%	1.62%	5.26%
		STORY 8	8.51%	4.66%	3.45%	1.38%	4.85%
		STORY 7	8.59%	4.95%	3.68%	1.13%	4.44%
		STORY 6	8.58%	5.19%	3.88%	0.86%	4.00%
		STORY 5	8.48%	5.40%	4.06%	0.54%	3.50%
		STORY 4	8.41%	5.64%	4.28%	0.14%	2.95%
		STORY 3	8.41%	5.94%	4.54%	-0.36%	2.36%
		STORY 2	8.14%	6.19%	4.78%	-1.12%	1.59%
		STORY 1	7.33%	6.18%	4.99%	-2.58%	0.37%
			DIFERENCIAS ENTRE CONSIDERAR MODULO DE GRADAS Y SIN GRADAS			DIFERENCIAS POR UBICACIÓN DE MODULO DE GRADAS	

Tabla 16 Variación irregularidad torsional caso 1

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

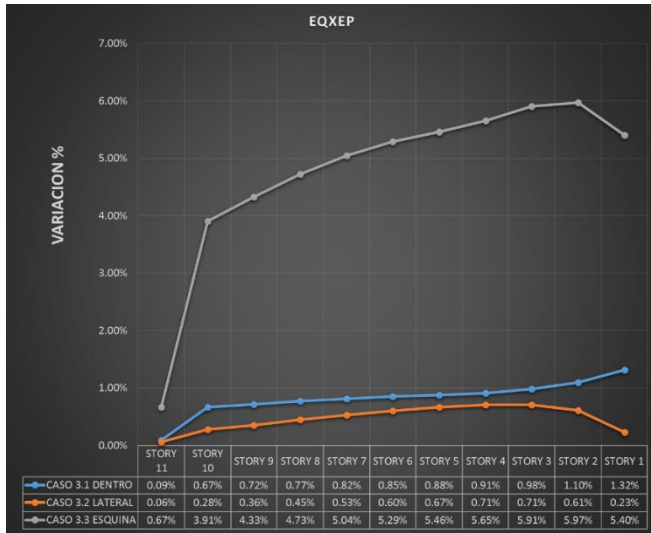


Gráfico 15 Sismo X positivo caso 1

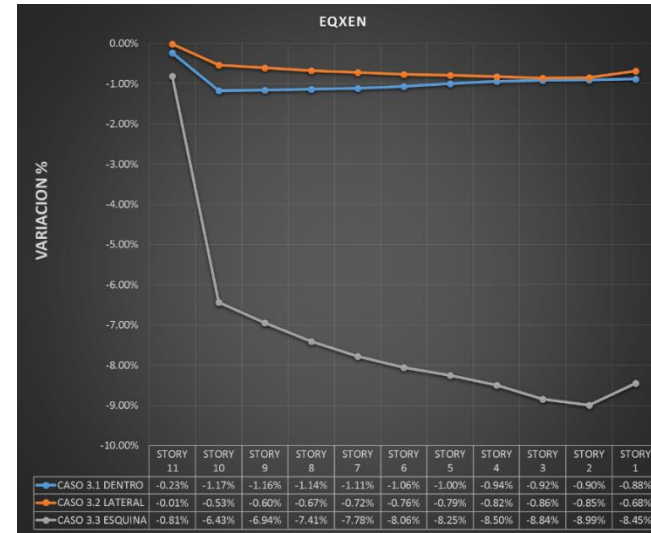


Gráfico 14 Sismo X negativo caso 1

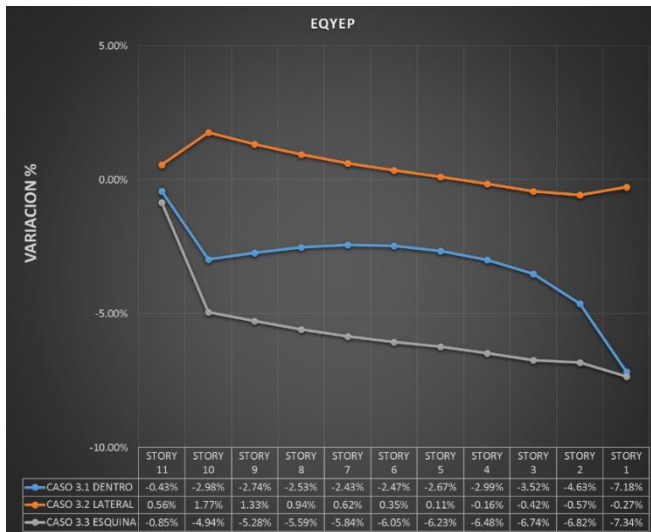


Gráfico 13 Sismo Y positivo caso 1

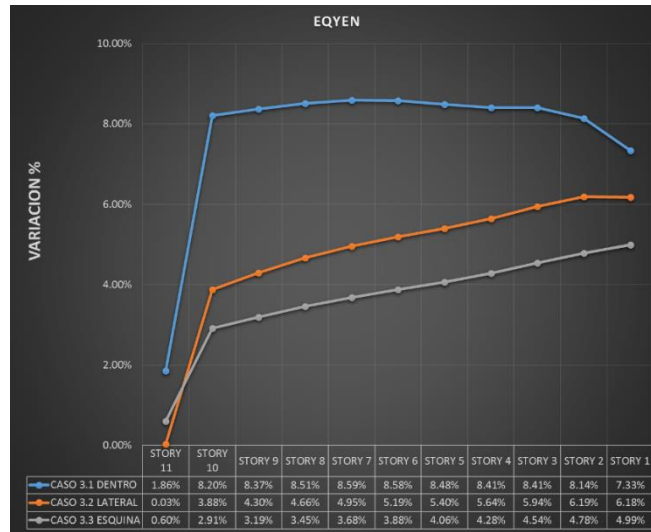


Gráfico 12 Sismo Y negativo caso 1

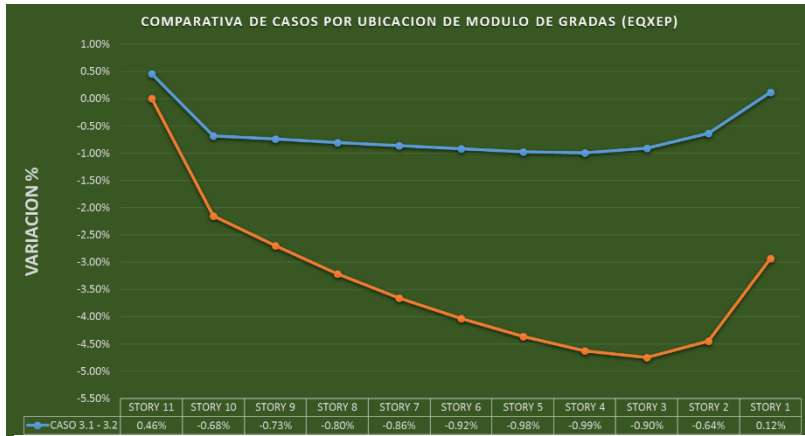


Gráfico 19 Comparativa torsion por ubicación de gradas sismo positivo X caso 1

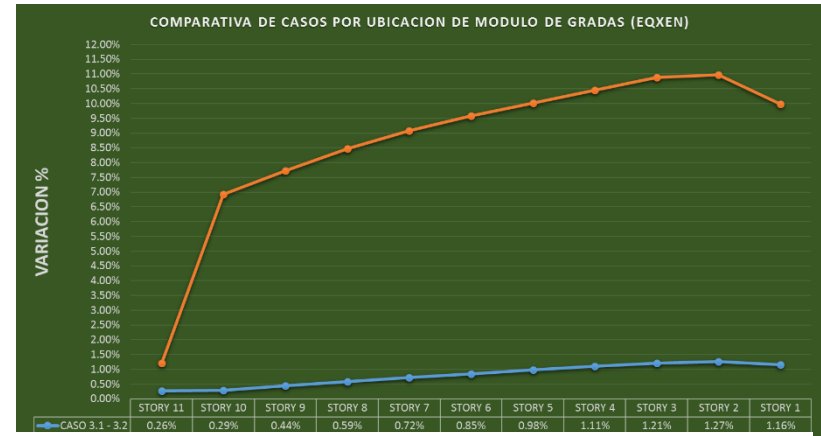


Gráfico 18 Comparativa torsion por ubicación de gradas sismo negativo X caso 1

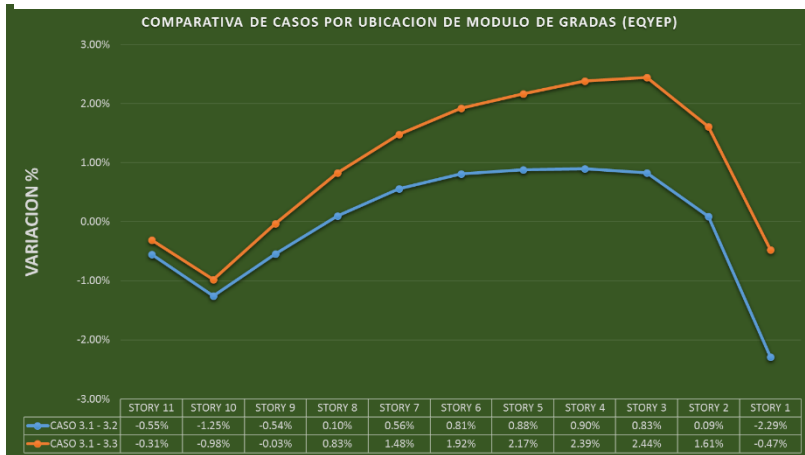


Gráfico 17 Comparativa torsion por ubicación de gradas sismo positivo Y caso 1

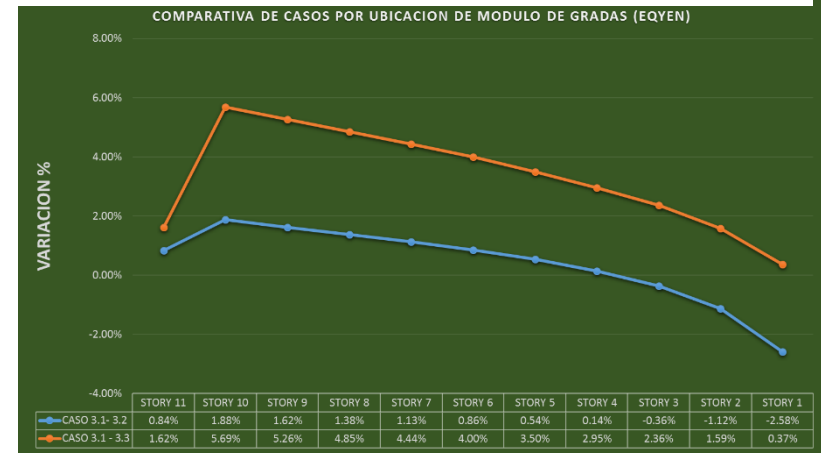


Gráfico 16 Comparativa torsion por ubicación de gradas sismo negativo Y caso 1

Gráficos anteriores Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.1.10 Variación de derivas caso 1.

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 1 CON GRADA - SIN GRADA/SIN GRADA			CASO 1 CON GRADA DENTRO - (LATERAL&ESQUINA) / DENTRO	
			CASO 1.1 DENTRO	CASO 1.2 LATERAL	CASO 1.3 ESQUINA	CASO 1.1 - 1.2	CASO 1.1 - 1.3
DERIVAS	EQXEP	STORY 11	22.71%	35.84%	34.89%	0.82%	8.69%
		STORY 10	3.26%	4.06%	-0.92%	6.07%	17.78%
		STORY 9	-0.06%	0.39%	-1.13%	3.84%	9.59%
		STORY 8	-1.97%	-1.82%	0.22%	2.92%	3.71%
		STORY 7	-3.03%	-3.05%	0.96%	2.39%	0.53%
		STORY 6	-3.68%	-3.76%	1.40%	2.07%	-1.36%
		STORY 5	-4.12%	-4.00%	1.46%	1.96%	-2.35%
		STORY 4	-4.72%	-4.33%	1.41%	1.86%	-3.29%
		STORY 3	-5.45%	-5.08%	1.60%	1.73%	-4.56%
		STORY 2	-6.02%	-5.71%	1.78%	1.37%	-5.59%
		STORY 1	-6.02%	-5.55%	1.54%	0.45%	-4.76%
DERIVAS	EQXEN	STORY 11	22.64%	33.87%	31.55%	-1.21%	-7.88%
		STORY 10	1.83%	6.56%	8.30%	1.95%	-4.16%
		STORY 9	-1.71%	1.43%	-0.31%	2.04%	2.41%
		STORY 8	-3.87%	-1.89%	-5.75%	2.66%	7.09%
		STORY 7	-5.12%	-3.78%	-8.80%	3.01%	9.87%
		STORY 6	-5.88%	-4.91%	-10.63%	3.25%	11.69%
		STORY 5	-6.15%	-5.37%	-11.04%	3.75%	12.86%
		STORY 4	-6.45%	-5.98%	-11.51%	4.45%	14.12%
		STORY 3	-7.16%	-7.05%	-13.24%	4.82%	15.92%
		STORY 2	-7.81%	-7.79%	-14.40%	4.61%	16.58%
		STORY 1	-8.16%	-6.49%	-12.54%	1.75%	11.61%
DERIVAS	EQYEP	STORY 11	38.36%	6.88%	21.21%	-42.45%	-49.93%
		STORY 10	-10.42%	-22.31%	6.29%	-28.21%	-35.48%
		STORY 9	-14.64%	-5.12%	-0.18%	-24.29%	-29.06%
		STORY 8	-14.14%	0.99%	-4.22%	-19.01%	-22.31%
		STORY 7	-13.77%	-0.62%	-6.51%	-15.72%	-17.98%
		STORY 6	-13.56%	-2.35%	-7.89%	-13.64%	-15.07%
		STORY 5	-13.48%	-3.38%	-8.35%	-12.86%	-13.65%
		STORY 4	-13.58%	-4.54%	-8.99%	-12.05%	-12.18%
		STORY 3	-14.26%	-6.20%	-10.36%	-10.46%	-9.76%
		STORY 2	-14.58%	-7.57%	-10.25%	-8.91%	-8.92%
		STORY 1	-16.22%	-7.56%	-12.61%	-8.96%	-7.45%
DERIVAS	EQYEN	STORY 11	35.43%	6.27%	22.81%	-35.07%	-45.50%
		STORY 10	-2.07%	-21.14%	8.29%	-6.70%	-16.13%
		STORY 9	-2.50%	-2.45%	0.89%	-7.92%	-5.66%
		STORY 8	-2.64%	-2.19%	0.88%	-8.36%	-6.05%
		STORY 7	-2.64%	-2.06%	0.85%	-8.43%	-6.02%
		STORY 6	-2.64%	-2.00%	0.81%	-8.39%	-5.94%
		STORY 5	-2.98%	-2.09%	0.73%	-8.49%	-6.22%
		STORY 4	-3.42%	-2.25%	0.67%	-8.66%	-6.62%
		STORY 3	-3.61%	-2.37%	0.55%	-8.66%	-6.61%
		STORY 2	-3.31%	-2.40%	0.43%	-8.22%	-6.09%
		STORY 1	-1.99%	-2.32%	0.26%	-6.63%	-4.11%
<i>DIFERENCIAS ENTRE CONSIDERAR MODULO DE GRADAS Y SIN GRADAS</i>					<i>DIFERENCIAS POR UBICACIÓN DE MODULO DE GRADAS</i>		

Tabla 17 Variación de derivas caso 1

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

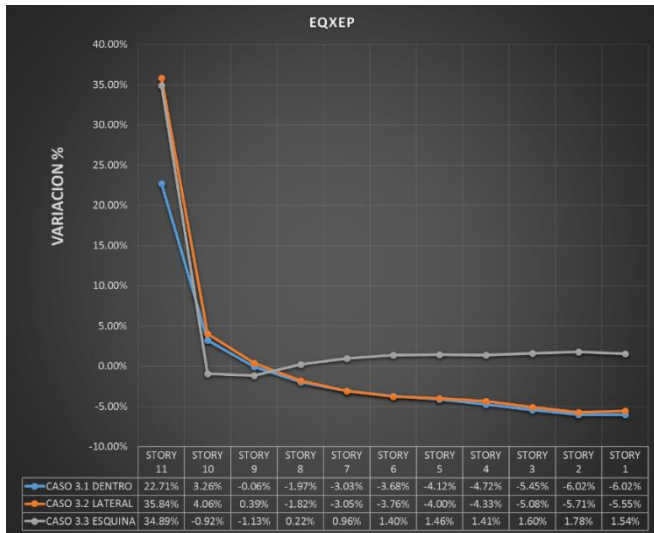


Gráfico 20 Variación derivas sismo X positivo caso 1

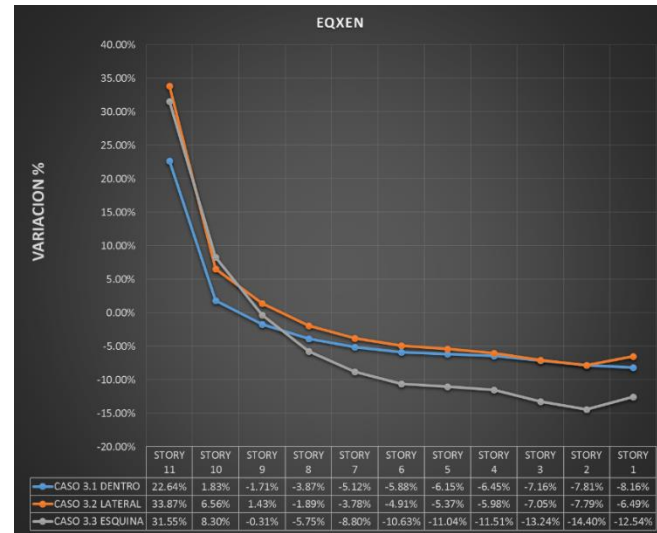
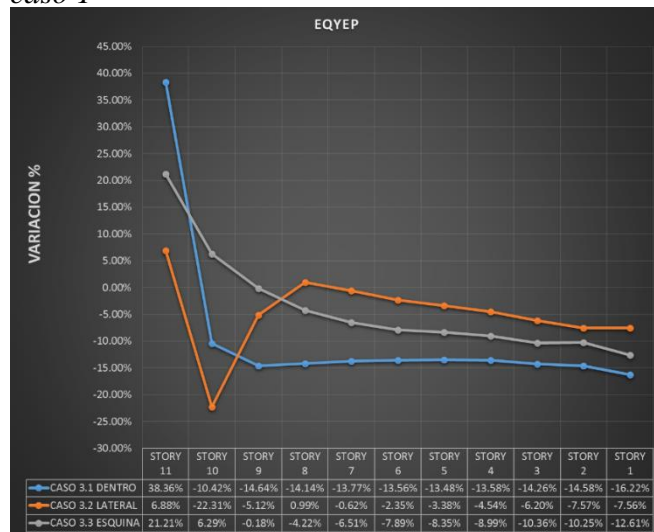
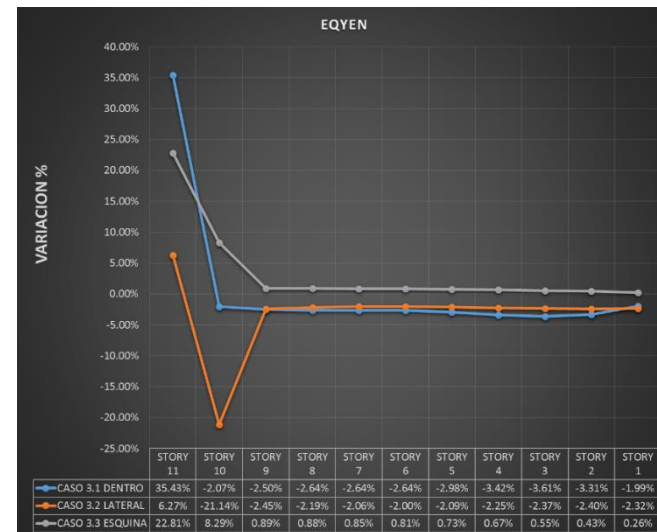


Gráfico 21 Variación de derivas sismo X negativo caso 1



caso 1



caso 1

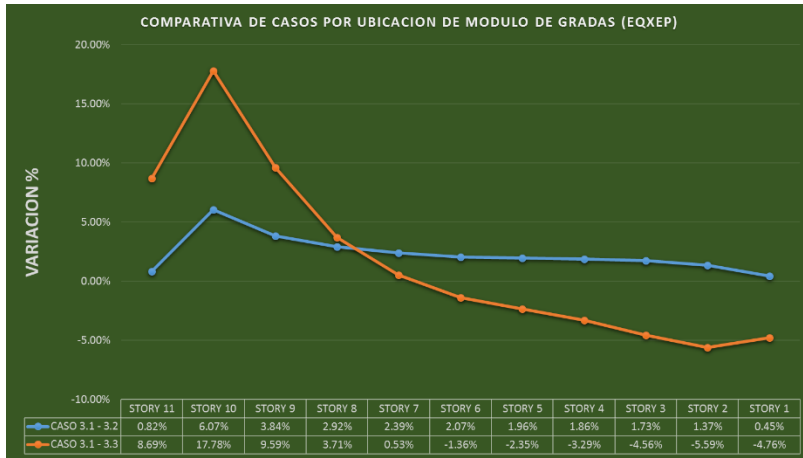


Gráfico 27 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo X positivo caso 1

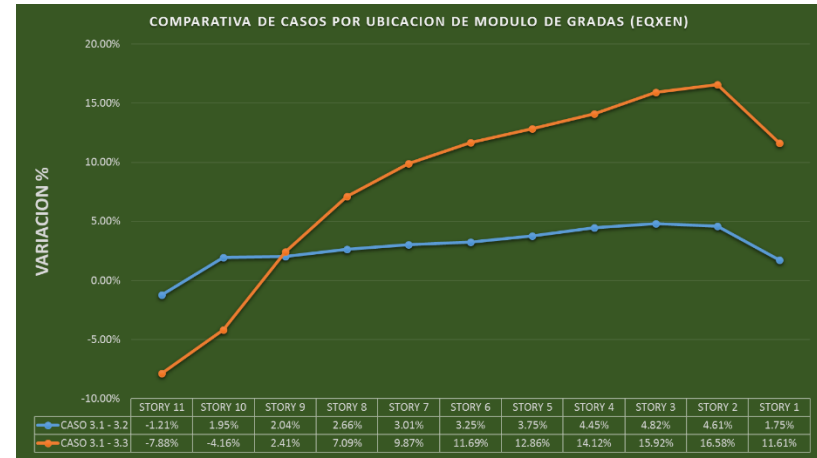


Gráfico 26 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo X negativo caso 1

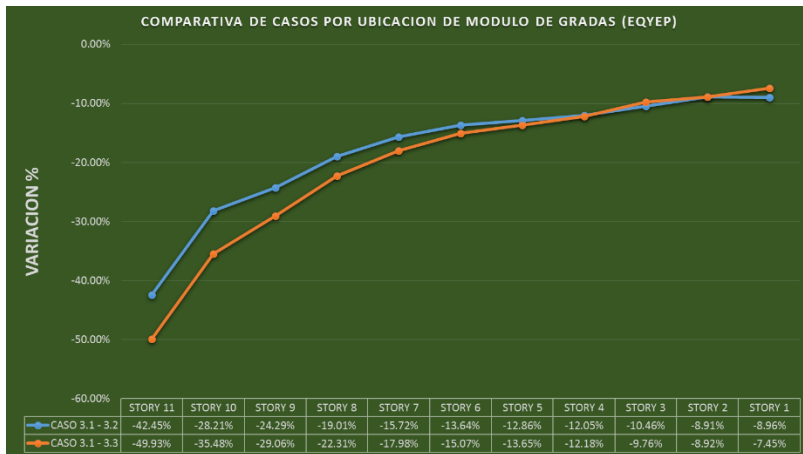


Gráfico 25 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo Y positivo caso 1

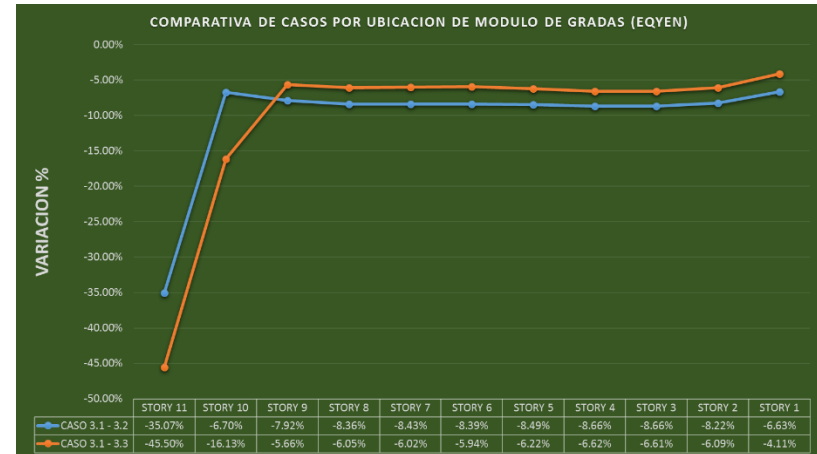


Gráfico 24 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo Y negativo caso 1

Gráficos anteriores Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.2 Recopilación de datos estructurales caso 2.

4.2.1 Tabla resumen de periodos, centro de masas y rigidez.

VARIABLE	STORY	CASO 2 CON GRADA						CASO 2 SIN GRADA					
		CASO 2.1 DENTRO		CASO 2.2 LATERAL		CASO 2.3 ESQUINA		CASO 2.1 DENTRO		CASO 2.2 LATERAL		CASO 2.3 ESQUINA	
		X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)
PERIODO TA		1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382
PERIODO DINAMICO		1.35148296	1.44146863	1.32445009	1.53448291	1.33408105	1.53763978	1.40200844	1.4975929	1.3831745	1.56209533	1.38642044	1.56599577
SENTIDO		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	1.13011382	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
CENTRO DE MASAS	STORY 1	10.2686077	9.51293118	11.1763679	9.35876311	11.177996	8.64407071	10.2491391	9.51389338	11.1393488	9.36326871	11.1402599	8.66635239
	STORY 2	10.2322803	9.51068728	11.1185651	9.35952675	11.1157345	8.67460148	10.2159554	9.51191024	11.0884153	9.36310917	11.0838565	8.69369061
	STORY 3	10.2322803	9.51068728	11.1185651	9.35952675	11.1157345	8.67460148	10.2159554	9.51191024	11.0884153	9.36310917	11.0838565	8.69369061
	STORY 4	10.2322803	9.51068728	11.1185651	9.35952675	11.1157345	8.67460148	10.2159554	9.51191024	11.0884153	9.36310917	11.0838565	8.69369061
	STORY 5	10.2322803	9.51068728	11.012401	9.3733005	11.0095041	8.74268404	10.2159554	9.51191024	10.981659	9.37695636	10.9769933	8.76216497
	STORY 6	10.2322803	9.51068728	11.012401	9.3733005	11.0095041	8.74268404	10.2159554	9.51191024	10.981659	9.37695636	10.9769933	8.76216497
	STORY 7	10.2322803	9.51068728	11.012401	9.3733005	11.0095041	8.74268404	10.2159554	9.51191024	10.981659	9.37695636	10.9769933	8.76216497
	STORY 8	10.2322803	9.51068728	11.012401	9.3733005	11.0095041	8.74268404	10.2159554	9.51191024	10.981659	9.37695636	10.9769933	8.76216497
	STORY 9	10.2322803	9.51068728	11.012401	9.3733005	11.0095041	8.74268404	10.2159554	9.51191024	10.981659	9.37695636	10.9769933	8.76216497
	STORY 10	10.321925	9.43828834	11.1353656	9.32919691	11.1318085	8.61283852	10.311013	9.43900142	11.1182809	9.33212335	11.1125678	8.62534466
	STORY 11	16.9083045	8.12478374	22.1114966	8.75792462	22.1114966	2.75792462	16.9083045	8.12478374	21.1709947	7.92429577	22.1114966	2.75792462
CENTRO RIGIDEZ	STORY 1	11.3171879	9.52712521	12.5039104	9.29438537	12.4657562	8.07710889	10.5462912	9.60176567	11.1238612	9.39454181	11.1268814	8.75933362
	STORY 2	11.9261159	9.54200663	13.0023466	9.16295718	12.9768847	7.69000349	10.8590478	9.60932996	11.4383442	9.36051292	11.4359507	8.59073049
	STORY 3	12.1742845	9.54388857	13.1448112	9.11868876	13.0924189	7.58325323	10.9893301	9.61054179	11.5631773	9.35020481	11.5374944	8.53044452
	STORY 4	12.2789437	9.54112664	13.1452242	9.10807911	13.0476756	7.58281793	11.0485092	9.6089091	11.6032275	9.34872854	11.5464499	8.51085591
	STORY 5	12.3236171	9.53712358	13.0799466	9.11489483	12.9250807	7.63403055	11.0793501	9.60597075	11.6034961	9.35260055	11.5116503	8.51595776
	STORY 6	12.3375654	9.53273946	12.9801499	9.1309617	12.7614658	7.71470725	11.0975455	9.60229262	11.5814074	9.3618598	11.4517791	8.54458054
	STORY 7	12.3329589	9.5281356	12.8680308	9.14951109	12.5798457	7.80116396	11.1094099	9.5980772	11.5484262	9.37075795	11.3781933	8.5703894
	STORY 8	12.3152743	9.52318543	12.745155	9.17031815	12.3826839	7.89245064	11.1173989	9.59337637	11.5074952	9.37907775	11.2934011	8.59269408
	STORY 9	12.28706	9.51751948	12.6081387	9.19334969	12.1684332	7.98976724	11.122189	9.58824014	11.4593504	9.38716901	11.1978452	8.61286438
	STORY 10	12.2670178	9.51146245	12.4797681	9.2111076	11.9624525	8.07733516	11.129337	9.58276236	11.4178015	9.39318736	11.1060924	8.62848437
	STORY 11	15.844295	7.9017729	19.1652303	7.94008643	19.1788854	2.7375588	15.5171453	7.94755646	18.8467267	8.00802135	18.9058917	2.9502043

Tabla 18 Resumen de periodos, CM, CR caso 2

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.2.2 Tabla resumen de control de derivas

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 2 CON GRADA			CASO 2 SIN GRADA		
			CASO 2.1 DENTRO	CASO 2.2 LATERAL	CASO 2.3 ESQUINA	CASO 2.1 DENTRO	CASO 2.2 LATERAL	CASO 2.3 ESQUINA
DERIVAS	EQXEP	STORY 11	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
		STORY 10	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
		STORY 9	0.0005	0.0004	0.0004	0.0005	0.0004	0.0004
		STORY 8	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006
		STORY 7	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
		STORY 6	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
		STORY 5	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
		STORY 4	0.0009	0.0009	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
		STORY 3	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
		STORY 2	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
		STORY 1	0.0007	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
DERIVAS	EQXEN	STORY 11	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003
		STORY 10	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
		STORY 9	0.0005	0.0005	0.0004	0.0005	0.0004	0.0004
		STORY 8	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006
		STORY 7	0.0007	0.0007	0.0006	0.0007	0.0007	0.0007
		STORY 6	0.0008	0.0008	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008
		STORY 5	0.0009	0.0008	0.0008	0.0009	0.0009	0.0009
		STORY 4	0.0009	0.0009	0.0009	0.0010	0.0010	0.0009
		STORY 3	0.0010	0.0009	0.0009	0.0011	0.0010	0.0010
		STORY 2	0.0010	0.0009	0.0009	0.0011	0.0010	0.0010
		STORY 1	0.0007	0.0007	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008

DERIVAS	EQYEP	STORY 11	0.0002	0.0004	0.0005	0.0002	0.0003	0.0004
		STORY 10	0.0003	0.0004	0.0005	0.0003	0.0004	0.0004
		STORY 9	0.0004	0.0005	0.0006	0.0004	0.0006	0.0006
		STORY 8	0.0006	0.0007	0.0007	0.0006	0.0007	0.0008
		STORY 7	0.0007	0.0008	0.0008	0.0007	0.0009	0.0009
		STORY 6	0.0008	0.0009	0.0009	0.0008	0.0010	0.0011
		STORY 5	0.0009	0.0010	0.0010	0.0009	0.0011	0.0011
		STORY 4	0.0009	0.0011	0.0011	0.0010	0.0012	0.0012
		STORY 3	0.0010	0.0011	0.0012	0.0010	0.0012	0.0012
		STORY 2	0.0010	0.0011	0.0012	0.0011	0.0012	0.0012
		STORY 1	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008	0.0009	0.0009
DERIVAS	EQYEN	STORY 11	0.0002	0.0004	0.0005	0.0002	0.0003	0.0004
		STORY 10	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	0.0004
		STORY 9	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
		STORY 8	0.0007	0.0008	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
		STORY 7	0.0008	0.0009	0.0009	0.0008	0.0009	0.0009
		STORY 6	0.0009	0.0011	0.0011	0.0010	0.0011	0.0010
		STORY 5	0.0010	0.0012	0.0012	0.0011	0.0012	0.0012
		STORY 4	0.0011	0.0013	0.0013	0.0012	0.0013	0.0013
		STORY 3	0.0012	0.0014	0.0014	0.0012	0.0013	0.0013
		STORY 2	0.0012	0.0014	0.0014	0.0013	0.0014	0.0013
		STORY 1	0.0009	0.0010	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009

Tabla 19 Resumen control de derivas caso 2

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.2.3 Tabla resumen de irregularidad torsional.

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 2 CON GRADA			CASO 2 SIN GRADA		
			CASO 2.1 DENTRO	CASO 2.2 LATERAL	CASO 2.3 ESQUINA	CASO 2.1 DENTRO	CASO 2.2 LATERAL	CASO 2.3 ESQUINA
IRRE TORSIONAL	EQXEP	STORY 11	1.02	1.02	1.03	1.02	1.02	1.02
		STORY 10	1.09	1.10	1.12	1.08	1.08	1.07
		STORY 9	1.09	1.10	1.13	1.08	1.08	1.08
		STORY 8	1.09	1.10	1.14	1.08	1.08	1.08
		STORY 7	1.09	1.11	1.15	1.08	1.08	1.08
		STORY 6	1.09	1.11	1.16	1.08	1.08	1.08
		STORY 5	1.10	1.11	1.16	1.08	1.09	1.09
		STORY 4	1.10	1.11	1.17	1.08	1.09	1.09
		STORY 3	1.10	1.12	1.17	1.08	1.09	1.09
		STORY 2	1.10	1.12	1.17	1.08	1.09	1.09
		STORY 1	1.11	1.11	1.16	1.09	1.09	1.08
IRRE TORSIONAL	EQXEN	STORY 11	1.02	1.01	1.00	1.02	1.02	1.01
		STORY 10	1.08	1.06	1.01	1.10	1.09	1.07
		STORY 9	1.08	1.06	1.02	1.10	1.09	1.07
		STORY 8	1.08	1.06	1.03	1.10	1.09	1.07
		STORY 7	1.09	1.06	1.03	1.10	1.09	1.07
		STORY 6	1.09	1.06	1.04	1.10	1.09	1.06
		STORY 5	1.09	1.05	1.05	1.10	1.09	1.06
		STORY 4	1.09	1.05	1.05	1.10	1.09	1.06
		STORY 3	1.09	1.05	1.06	1.10	1.09	1.06
		STORY 2	1.09	1.05	1.06	1.11	1.09	1.06
		STORY 1	1.10	1.06	1.04	1.11	1.09	1.08

IRRE TORSIONAL	EQYEP	STORY 11	1.02	1.00	1.00	1.00	1.02	1.02
		STORY 10	1.10	1.03	1.02	1.01	1.08	1.09
		STORY 9	1.10	1.04	1.03	1.01	1.08	1.09
		STORY 8	1.11	1.05	1.04	1.01	1.07	1.08
		STORY 7	1.11	1.05	1.05	1.01	1.07	1.08
		STORY 6	1.11	1.06	1.06	1.01	1.07	1.07
		STORY 5	1.11	1.07	1.07	1.01	1.07	1.07
		STORY 4	1.11	1.07	1.08	1.01	1.07	1.07
		STORY 3	1.11	1.08	1.09	1.02	1.07	1.07
		STORY 2	1.10	1.08	1.10	1.02	1.08	1.07
		STORY 1	1.06	1.07	1.09	1.04	1.10	1.09
IRRE TORSIONAL	EQYEN	STORY 11	1.07	1.05	1.04	1.04	1.03	1.02
		STORY 10	1.26	1.24	1.18	1.15	1.14	1.10
		STORY 9	1.27	1.25	1.19	1.15	1.14	1.10
		STORY 8	1.27	1.25	1.20	1.15	1.15	1.11
		STORY 7	1.28	1.26	1.21	1.15	1.15	1.12
		STORY 6	1.28	1.27	1.22	1.15	1.15	1.12
		STORY 5	1.28	1.28	1.24	1.15	1.16	1.13
		STORY 4	1.28	1.29	1.25	1.15	1.16	1.13
		STORY 3	1.28	1.30	1.26	1.15	1.16	1.14
		STORY 2	1.27	1.30	1.27	1.15	1.16	1.14
		STORY 1	1.25	1.31	1.27	1.14	1.16	1.13

Tabla 20 Resumen irregularidad torsional caso 2

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.2.4 Radios de diseño de columnas primer nivel.

VARIABLE	STORY	SECCION	CASO 2 CON GRADA						CASO 2 SIN GRADA							
			CASO 2.1 DENTRO		CASO 2.2 LATERAL		CASO 2.3 ESQUINA		CASO 2.1 DENTRO		CASO 2.2 LATERAL		CASO 2.3 ESQUINA			
			COL.	RADIO	COL.	RADIO	COL.	RADIO	COL.	RADIO	COL.	RADIO	COL.	RADIO		
RADIO DE DISEÑO	STORY 1	COL2/50X50CM-P0.02	C12	0.706						C12	0.638	C12	0.671			
		COL2/50X50CM-P0.02	C14	0.517	C14	0.543	C14	0.589	C14	0.528	C14	0.553	C14	0.564		
		COL-5/60X60CM-P0.01	C17	0.861	C17	0.860	C17	0.86	C17	0.861	C17	0.861	C17	0.861	C17	0.861
		COL-5/60X60CM-P0.01	C18	0.860	C18	0.860	C18	0.86	C18	0.860	C18	0.861	C18	0.861	C18	0.86
		COL-5/60X60CM-P0.01	C19	0.851	C19	0.856	C19	0.855	C19	0.844	C19	0.856	C19	0.856	C19	0.855
		COL-5/60X60CM-P0.01	C20	0.838	C20	0.855	C20	0.856	C20	0.832	C20	0.855	C20	0.855	C20	0.856
		COL2/50X50CM-P0.02	C21	0.617	C21	0.670	C21	0.684	C21	0.632	C21	0.658	C21	0.658	C21	0.662
		COL2/50X50CM-P0.02	C22	0.681	C22	0.723	C22	0.735	C22	0.689	C22	0.709	C22	0.709	C22	0.712
		COL2/50X50CM-P0.02	C23	0.706	C23	0.750	C23	0.767	C23	0.711	C23	0.731	C23	0.731	C23	0.731
		COL2/50X50CM-P0.02	C24	0.551	C24	0.601	C24	0.628	C24	0.562	C24	0.580	C24	0.580	C24	0.57
		COL2/50X50CM-P0.02	C25	0.638	C25	0.684	C25	0.721	C25	0.636	C25	0.657	C25	0.657	C25	0.672
		COL2/50X50CM-P0.02	C26	0.611	C26	0.652	C26	0.695	C26	0.617	C26	0.640	C26	0.640	C26	0.658
		COL2/50X50CM-P0.02	C27	0.550	C27	0.589	C27	0.634	C27	0.580	C27	0.603	C27	0.603	C27	0.608
		COL2/50X50CM-P0.02	C28	0.574	C28	0.624	C28	0.659	C28	0.632	C28	0.661	C28	0.661	C28	0.677
		COL-5/60X60CM-P0.01	C29	0.795	C29	0.790	C29	0.775	C29	0.784	C29	0.775	C29	0.775	C29	0.764
		COL-5/60X60CM-P0.01	C30	0.684	C30	0.769	C30	0.78	C30	0.656	C30	0.761	C30	0.761	C30	0.779
		COL2/50X50CM-P0.02	C31	0.672	C31	0.720	C31	0.72	C31	0.698	C31	0.721	C31	0.721	C31	0.72
		COL2/50X50CM-P0.02	C32	0.644	C32	0.692	C32	0.697	C32	0.686	C32	0.712	C32	0.712	C32	0.715
		COL2/50X50CM-P0.02	C37	0.523	C43	0.575				C37	0.551	C42	0.582			
		COL2/50X50CM-P0.02	C38	0.597						C38	0.556	C43	0.593			
		COL-6/40X40CM-N1,2	C39	0.749						C39	0.616	C53	0.600			
		COL-6/40X40CM-N1,2	C40	0.786	C2	0.942				C40	0.587	C2	0.647			
		COL-6/40X40CM-N1,2			C4	0.945						C5	0.629			
		COL2/50X50CM-P0.02			C6	0.546										
		COL-6/40X40CM-N1,2			C36	0.706										
		COL2/50X50CM-P0.02			C37	0.742										
		COL2/50X50CM-P0.02							C42	0.746					C42	0.66
		COL2/50X50CM-P0.02							C43	0.617					C43	0.613
COL-6/40X40CM-N1,2							C7	0.625					C7	0.589		
COL-6/40X40CM-N1,2							C15	0.853					C15	0.662		
COL-6/40X40CM-N1,2							C33	0.96					C33	0.626		
COL2/50X50CM-P0.02							C35	0.636					C35	0.63		

Tabla 21 Radios de diseño primer nivel caso 2

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.2.5 Distribución de columnas y radios de diseño del caso 2.1.

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

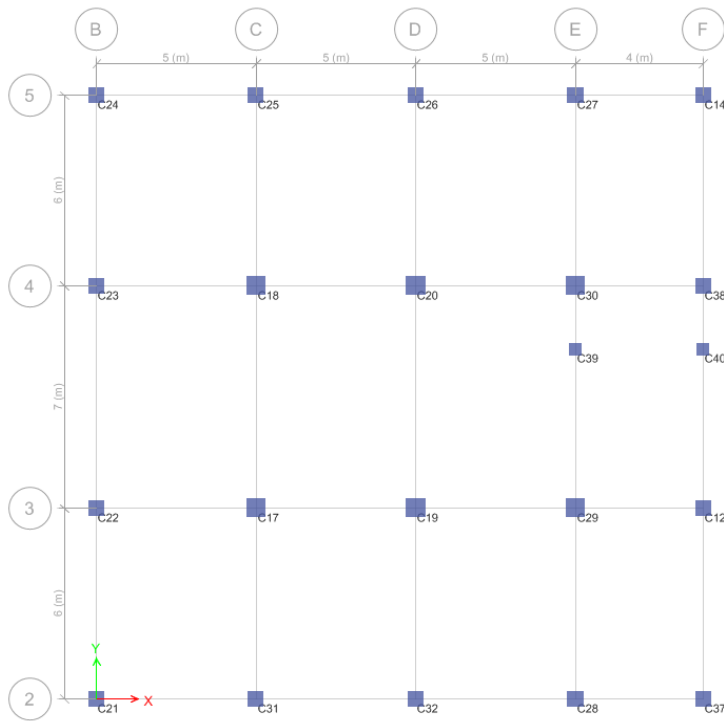


Ilustración 51 Distribución de columnas caso 2.1

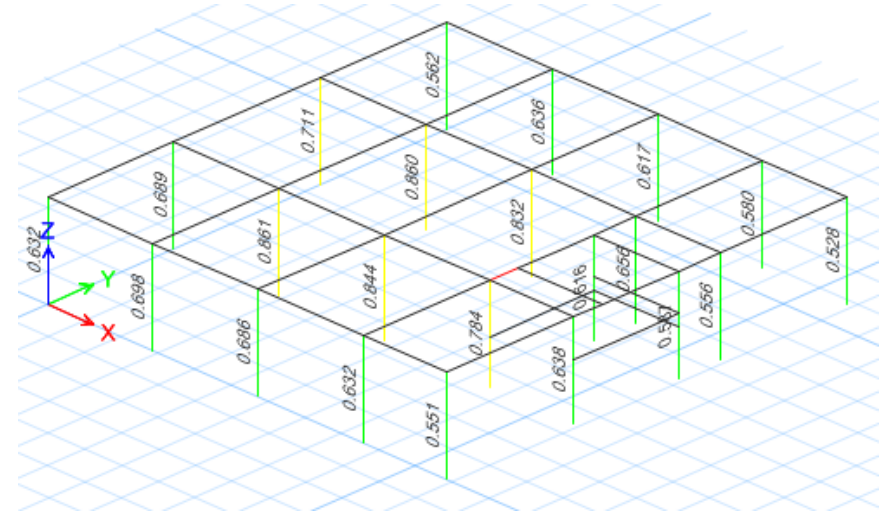


Ilustración 52 Radios de diseño sin gradas caso 2.1

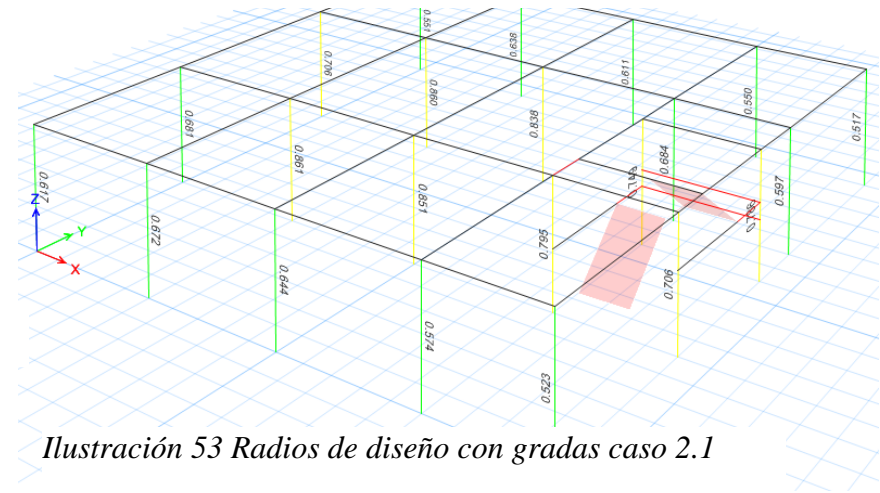


Ilustración 53 Radios de diseño con gradas caso 2.1

4.2.6 Distribución de columnas y radios de diseño del caso 2.2.

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

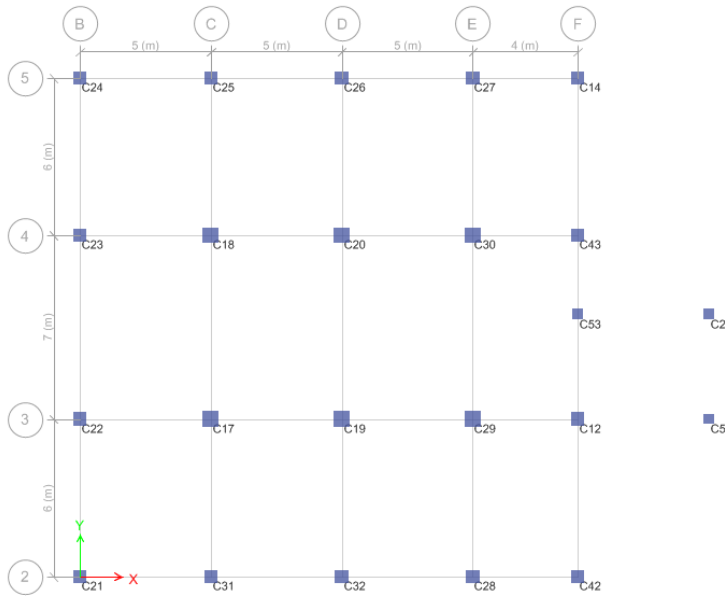


Ilustración 55 Distribución de columnas caso 2.2

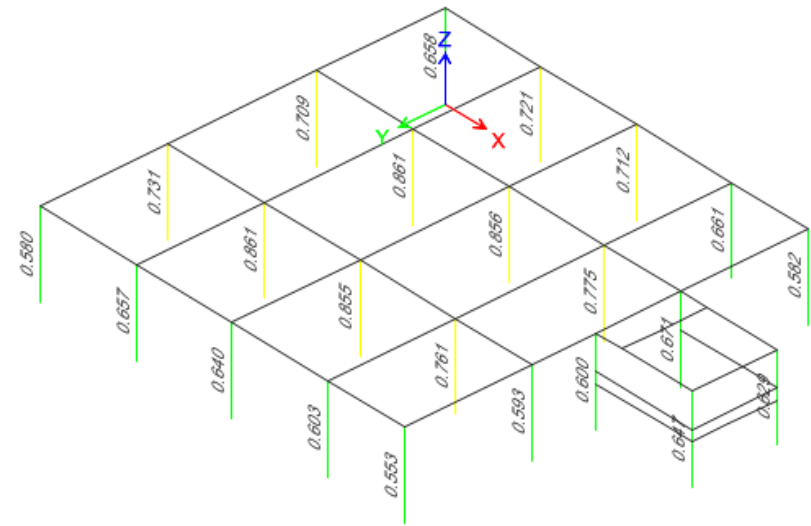


Ilustración 54 Radios de diseño sin gradas caso 2.2

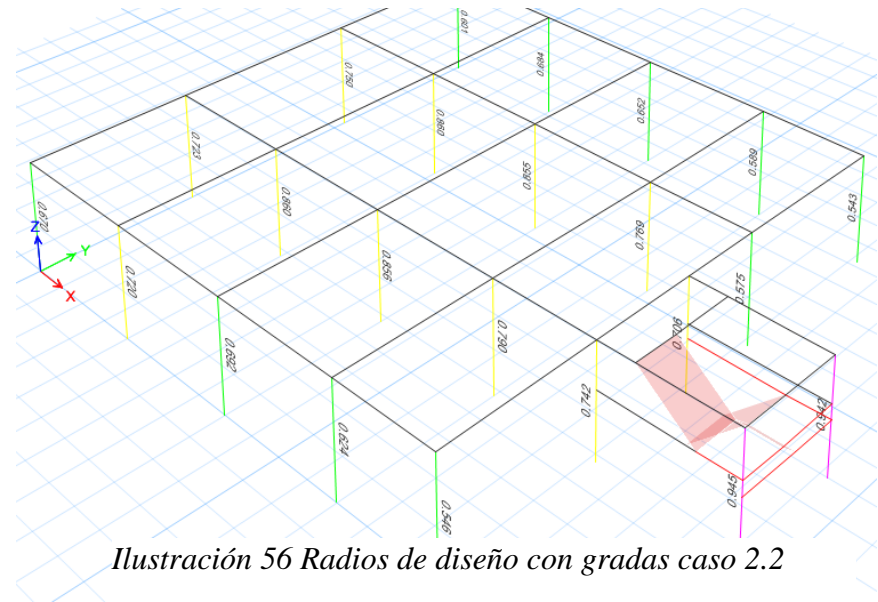


Ilustración 56 Radios de diseño con gradas caso 2.2

4.2.7 Distribución de columnas y radios de diseño del caso 2.3.

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

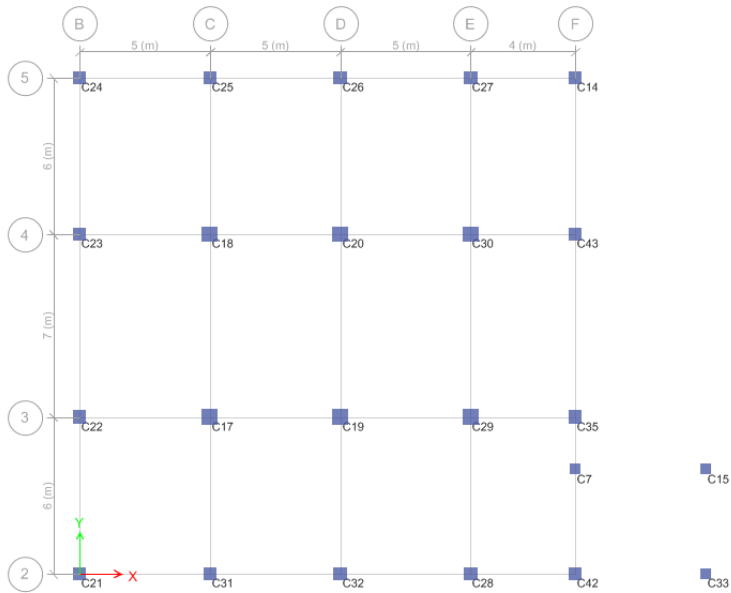


Ilustración 57 Distribución de columnas caso 2.3

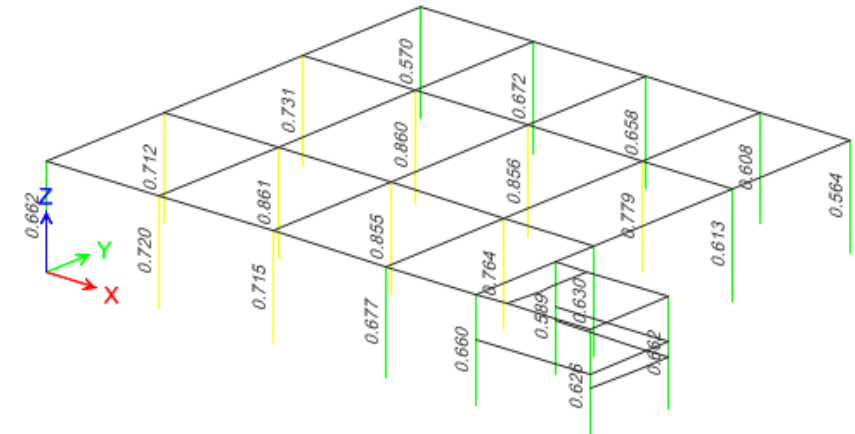


Ilustración 59 Radios de diseño sin gradas caso 2.3

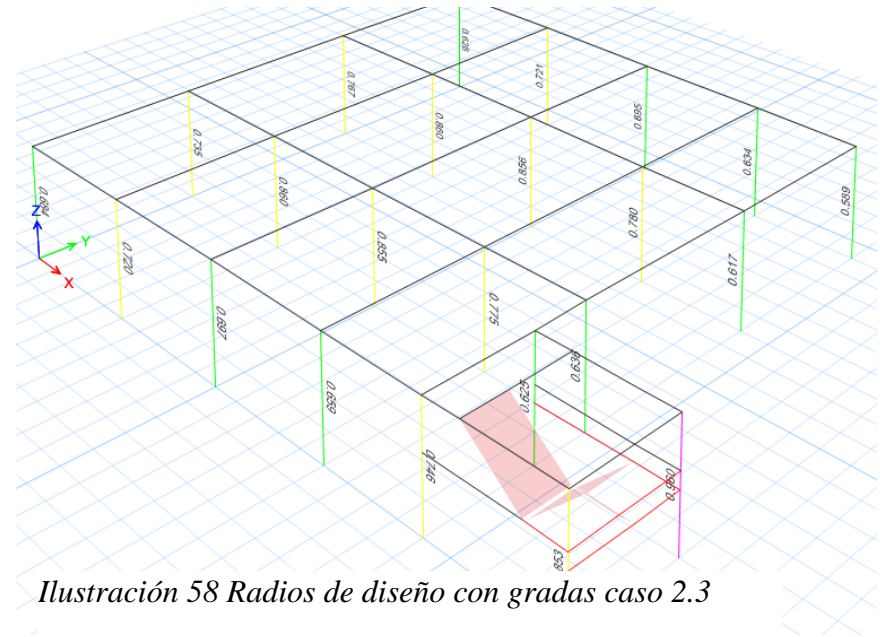


Ilustración 58 Radios de diseño con gradas caso 2.3

4.2.8 Variación de periodos, centro de masas y rigidez caso 2.

VARIABLE	STORY	CASO CON GRADA - SIN GRADA/SIN GRADA						CASO 2 CON GRADA DENTRO - (LATERAL&ESQUINA) / DENTRO			
		CASO 2.1 DENTRO		CASO 2.2 LATERAL		CASO 2.3 ESQUINA		CASO 2.1 - 2.2		CASO 2.1 - 2.3	
		X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)
PERIODO TA		0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
PERIODO DINAMICO		-3.604%	-3.748%	-4.246%	-1.768%	-3.775%	-1.811%	2.000%	-6.453%	1.288%	-6.672%
SENTIDO		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
CENTRO DE MASAS	STORY 1	0.190%	-0.010%	0.332%	-0.048%	0.339%	-0.257%	-8.840%	1.621%	-8.856%	9.133%
	STORY 2	0.160%	-0.013%	0.272%	-0.038%	0.288%	-0.220%	-8.662%	1.589%	-8.634%	8.791%
	STORY 3	0.160%	-0.013%	0.272%	-0.038%	0.288%	-0.220%	-8.662%	1.589%	-8.634%	8.791%
	STORY 4	0.160%	-0.013%	0.272%	-0.038%	0.288%	-0.220%	-8.662%	1.589%	-8.634%	8.791%
	STORY 5	0.160%	-0.013%	0.280%	-0.039%	0.296%	-0.222%	-7.624%	1.445%	-7.596%	8.075%
	STORY 6	0.160%	-0.013%	0.280%	-0.039%	0.296%	-0.222%	-7.624%	1.445%	-7.596%	8.075%
	STORY 7	0.160%	-0.013%	0.280%	-0.039%	0.296%	-0.222%	-7.624%	1.445%	-7.596%	8.075%
	STORY 8	0.160%	-0.013%	0.280%	-0.039%	0.296%	-0.222%	-7.624%	1.445%	-7.596%	8.075%
	STORY 9	0.160%	-0.013%	0.280%	-0.039%	0.296%	-0.222%	-7.624%	1.445%	-7.596%	8.075%
	STORY 10	0.106%	-0.008%	0.154%	-0.031%	0.173%	-0.145%	-7.881%	1.156%	-7.846%	8.746%
	STORY 11	0.000%	0.000%	4.442%	10.520%	0.000%	0.000%	-30.773%	-7.793%	-30.773%	66.055%
CENTRO RIGIDEZ	STORY 1	7.310%	-0.777%	12.406%	-1.066%	12.033%	-7.789%	-10.486%	2.443%	-10.149%	15.220%
	STORY 2	9.827%	-0.701%	13.673%	-2.111%	13.474%	-10.485%	-9.024%	3.972%	-8.811%	19.409%
	STORY 3	10.783%	-0.694%	13.678%	-2.476%	13.477%	-11.104%	-7.972%	4.455%	-7.542%	20.543%
	STORY 4	11.137%	-0.705%	13.289%	-2.574%	13.002%	-10.904%	-7.055%	4.539%	-6.261%	20.525%
	STORY 5	11.231%	-0.717%	12.724%	-2.542%	12.278%	-10.356%	-6.137%	4.427%	-4.881%	19.955%
	STORY 6	11.174%	-0.724%	12.077%	-2.466%	11.437%	-9.712%	-5.208%	4.215%	-3.436%	19.071%
	STORY 7	11.014%	-0.729%	11.427%	-2.361%	10.561%	-8.975%	-4.339%	3.974%	-2.002%	18.125%
	STORY 8	10.775%	-0.732%	10.755%	-2.226%	9.645%	-8.149%	-3.491%	3.705%	-0.547%	17.124%
	STORY 9	10.473%	-0.738%	10.025%	-2.065%	8.668%	-7.234%	-2.613%	3.406%	0.965%	16.052%
	STORY 10	10.222%	-0.744%	9.301%	-1.938%	7.711%	-6.388%	-1.734%	3.158%	2.483%	15.078%
	STORY 11	2.108%	-0.576%	1.690%	-0.848%	1.444%	-7.208%	-20.960%	-0.485%	-21.046%	65.355%
DIFERENCIAS ENTRE CONSIDERAR MODULO DE GRADAS Y SIN GRADAS							DIFERENCIAS POR UBICACIÓN DE MODULO DE GRADAS				

Tabla 22 Variación periodos, CM, CR caso 2

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

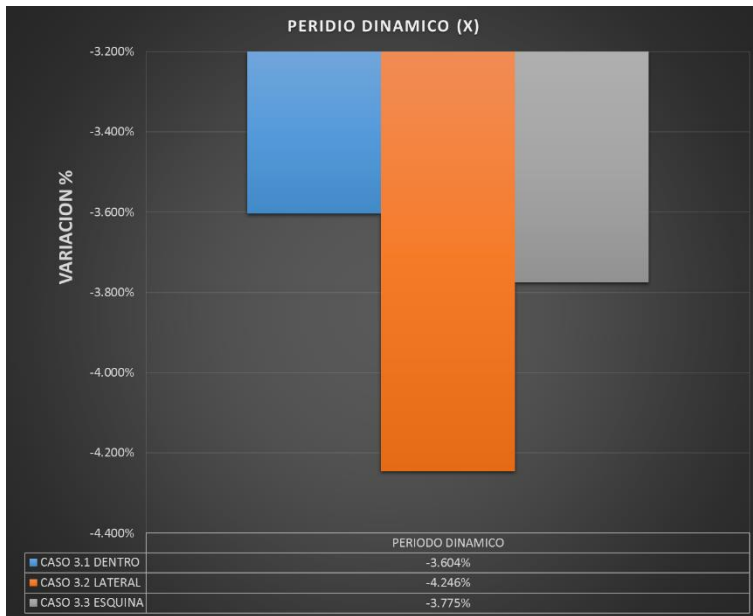


Gráfico 31 Variación periodo X caso 2

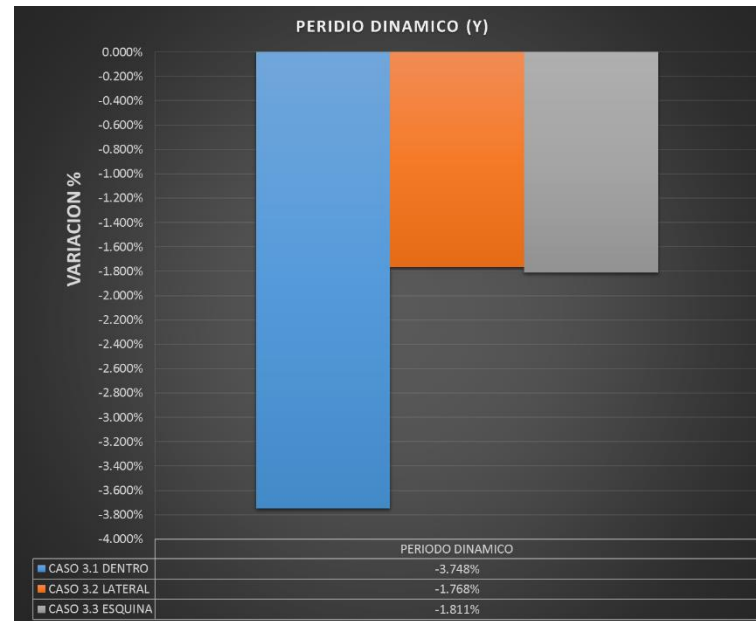


Gráfico 30 Variación periodo Y caso 2

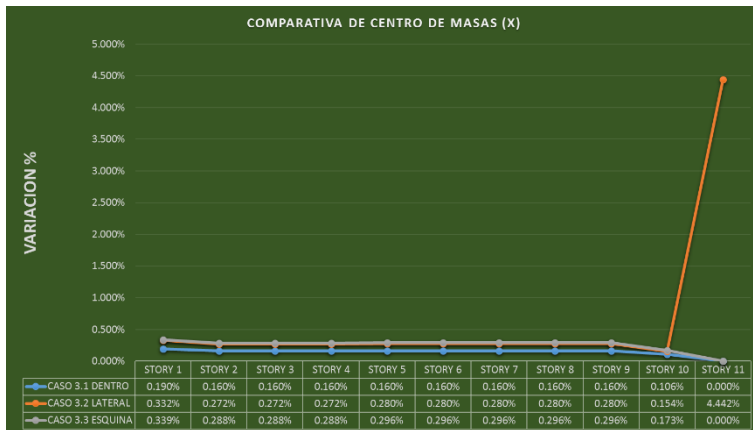


Gráfico 28 Comparativa CM en X caso 2

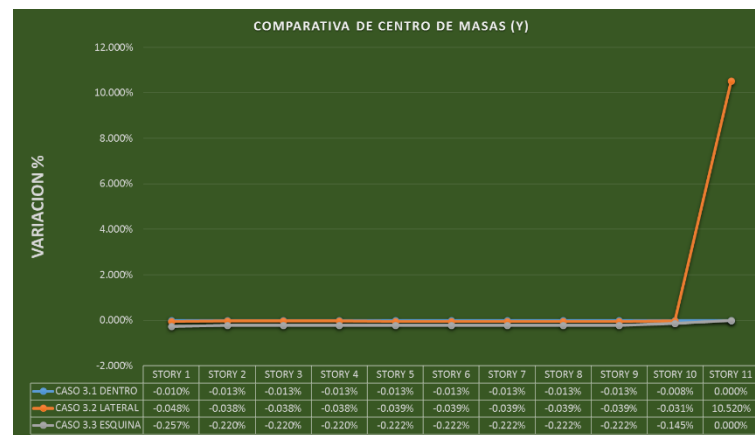


Gráfico 29 Comparativa CM en Y caso 2

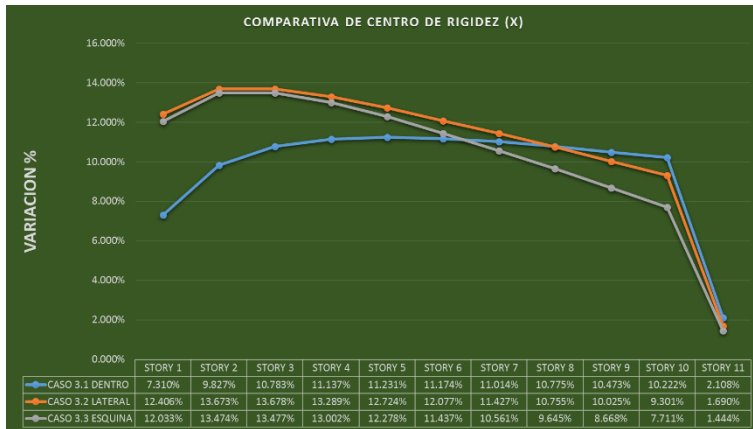


Gráfico 32 Comparativa CR en X caso 2

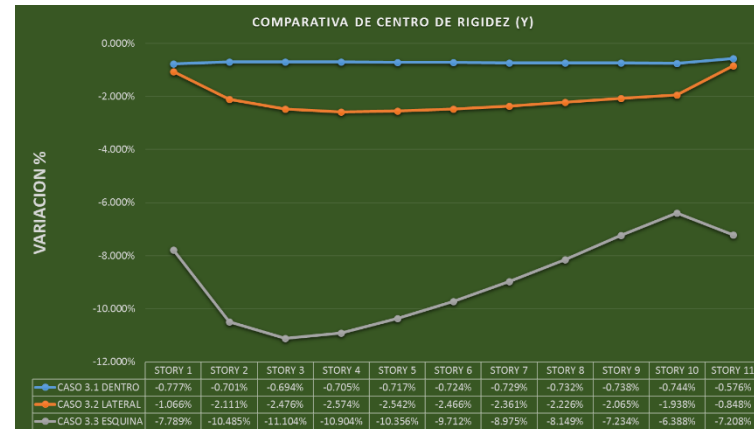


Gráfico 33 Comparativa CR en Y caso 2

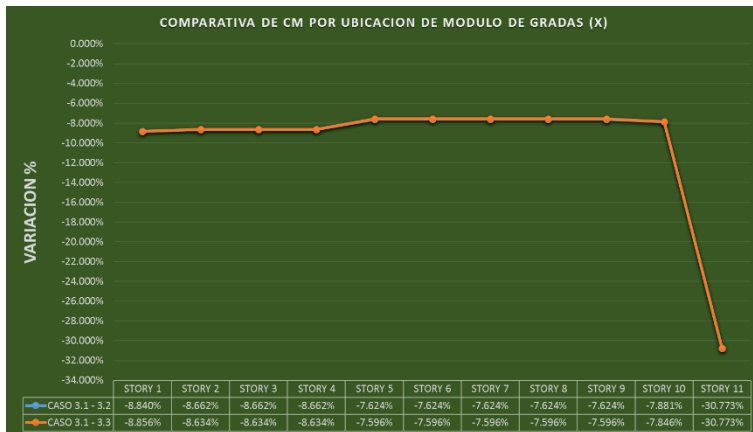


Gráfico 34 Comparativa CM en X por ubicación de gradas caso 2

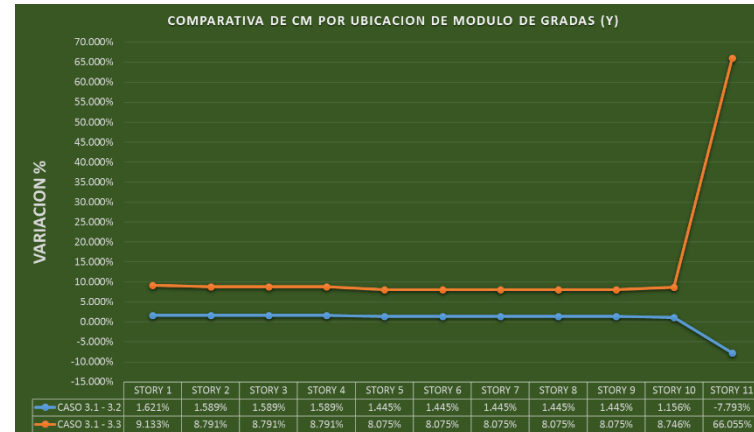


Gráfico 35 Comparativa CM en Y por ubicación de gradas caso 2

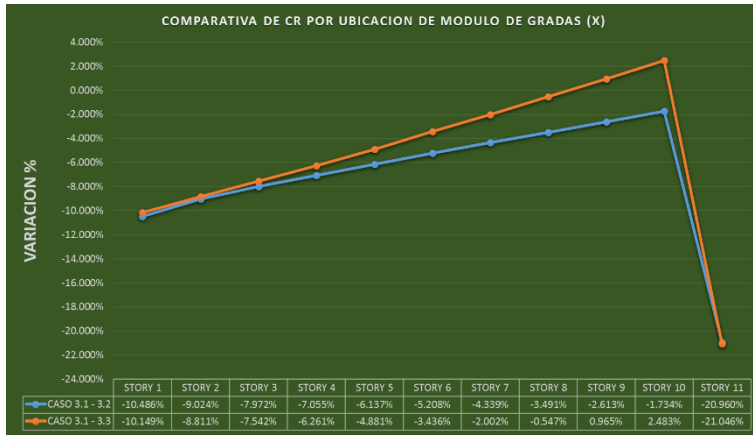


Gráfico 36 Comparativa CR en X por ubicación de gradas caso 2

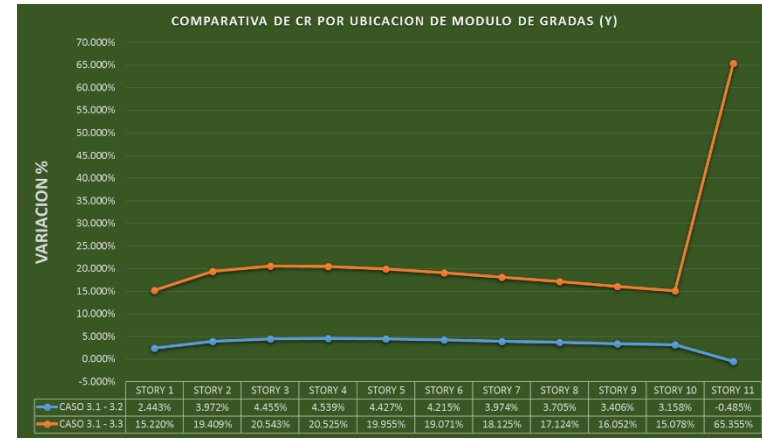


Gráfico 37 Comparativa CR en Y por ubicación de gradas caso 2

Gráficos anteriores Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.2.9 Variación de irregularidad torsional caso 2.

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 2 CON GRADA - SIN GRADA/SIN GRADA			CASO 2 CON GRADA DENTRO - (LATERAL&ESQUINA) / DENTRO	
			CASO 2.1 DENTRO	CASO 2.2 LATERAL	CASO 2.3 ESQUINA	CASO 2.1 - 2.2	CASO 2.1 - 2.3
IRRE TORSIONAL	EQXEP	STORY 11	0.27%	0.46%	1.10%	0.27%	-0.34%
		STORY 10	1.04%	1.76%	4.71%	-1.04%	-3.39%
		STORY 9	1.11%	1.91%	5.24%	-1.14%	-3.99%
		STORY 8	1.18%	2.07%	5.73%	-1.26%	-4.58%
		STORY 7	1.25%	2.21%	6.17%	-1.37%	-5.12%
		STORY 6	1.33%	2.34%	6.57%	-1.47%	-5.64%
		STORY 5	1.41%	2.46%	6.96%	-1.57%	-6.16%
		STORY 4	1.51%	2.56%	7.36%	-1.62%	-6.59%
		STORY 3	1.61%	2.62%	7.74%	-1.55%	-6.78%
		STORY 2	1.76%	2.52%	7.91%	-1.22%	-6.49%
		STORY 1	2.03%	1.94%	7.37%	-0.13%	-4.72%
IRRE TORSIONAL	EQXEN	STORY 11	-0.35%	-0.63%	-1.23%	0.72%	1.71%
		STORY 10	-1.20%	-2.36%	-5.89%	1.99%	6.71%
		STORY 9	-1.18%	-2.47%	-4.93%	2.22%	6.05%
		STORY 8	-1.17%	-2.59%	-3.99%	2.45%	5.41%
		STORY 7	-1.17%	-2.70%	-3.10%	2.67%	4.82%
		STORY 6	-1.16%	-2.81%	-2.22%	2.88%	4.25%
		STORY 5	-1.15%	-2.92%	-1.30%	3.11%	3.68%
		STORY 4	-1.14%	-3.02%	-0.55%	3.33%	3.21%
		STORY 3	-1.13%	-3.09%	-0.24%	3.50%	3.00%
		STORY 2	-1.12%	-3.06%	-0.64%	3.56%	3.29%
		STORY 1	-1.15%	-2.75%	-3.15%	3.22%	5.10%
IRRE TORSIONAL	EQYEP	STORY 11	2.12%	-1.96%	-2.09%	2.22%	2.25%
		STORY 10	8.76%	-4.63%	-6.95%	6.52%	7.61%
		STORY 9	9.13%	-3.61%	-5.33%	6.05%	6.76%
		STORY 8	9.48%	-2.61%	-3.78%	5.61%	5.96%
		STORY 7	9.74%	-1.70%	-2.36%	5.15%	5.18%
		STORY 6	9.88%	-0.85%	-0.98%	4.65%	4.36%
		STORY 5	9.88%	-0.03%	0.39%	4.06%	3.44%
		STORY 4	9.63%	0.61%	1.62%	3.39%	2.42%
		STORY 3	8.90%	0.84%	2.48%	2.61%	1.29%
		STORY 2	6.96%	0.19%	2.44%	1.50%	-0.17%
		STORY 1	1.79%	-2.85%	-0.28%	-0.54%	-2.39%
IRRE TORSIONAL	EQYEN	STORY 11	3.24%	2.48%	1.93%	1.52%	2.92%
		STORY 10	10.15%	8.61%	7.11%	2.06%	6.85%
		STORY 9	10.41%	9.03%	7.64%	1.68%	6.16%
		STORY 8	10.67%	9.43%	8.16%	1.32%	5.53%
		STORY 7	10.89%	9.82%	8.65%	0.95%	4.91%
		STORY 6	11.08%	10.23%	9.16%	0.54%	4.26%
		STORY 5	11.23%	10.69%	9.71%	0.04%	3.52%
		STORY 4	11.31%	11.20%	10.31%	-0.54%	2.70%
		STORY 3	11.26%	11.75%	10.90%	-1.26%	1.76%
		STORY 2	10.89%	12.38%	11.53%	-2.35%	0.50%
		STORY 1	9.72%	13.32%	12.24%	-4.52%	-1.55%
			DIFERENCIAS ENTRE CONSIDERAR MODULO DE GRADAS Y SIN GRADAS			DIFERENCIAS POR UBICACIÓN DE MODULO DE GRADAS	

Tabla 23 Variación irregularidad torsional caso 2 Fuente: (Elaboración propia, 2021)

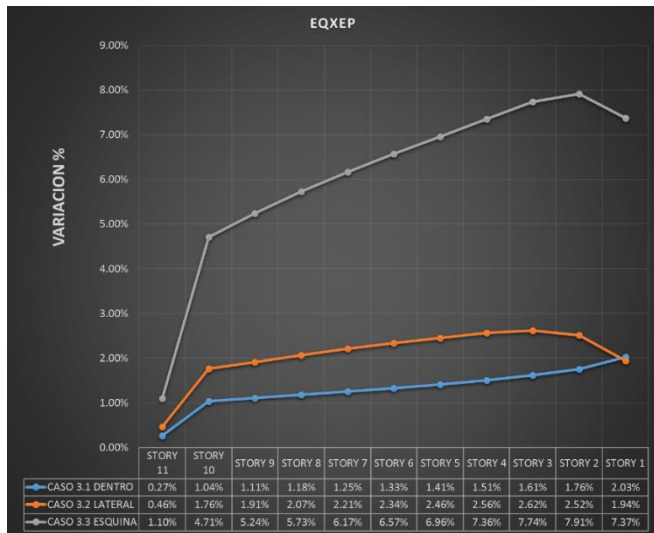


Gráfico 38 Variación torsional sismo X positive caso 2

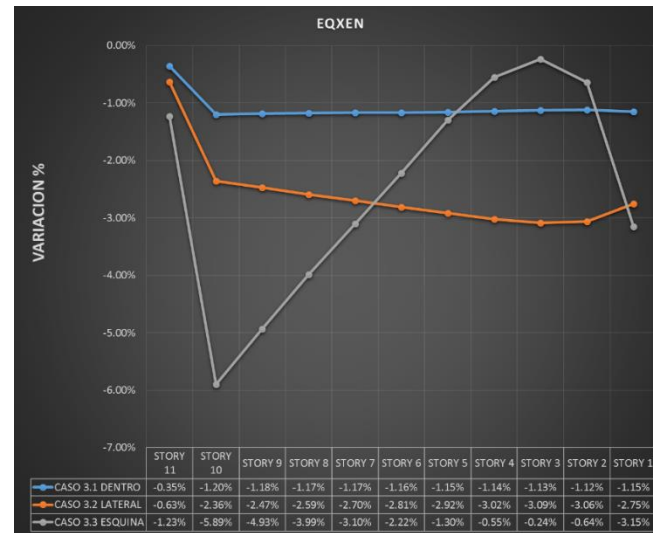


Gráfico 39 Variación torsional sismo X negativo caso 2

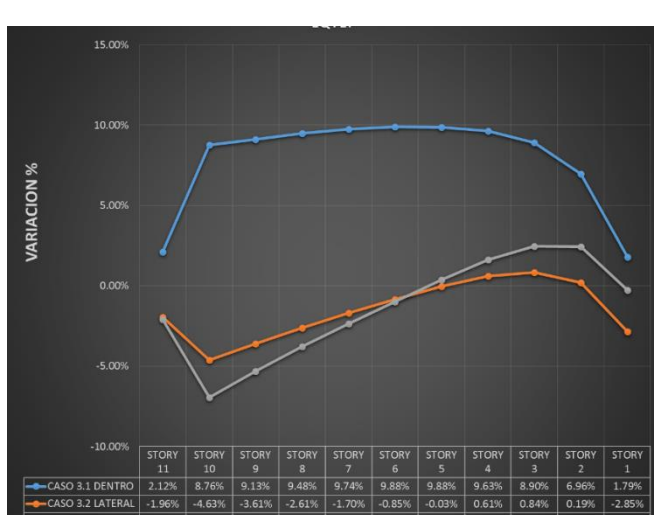


Gráfico 40 Variación torsional sismo Y positive caso 2

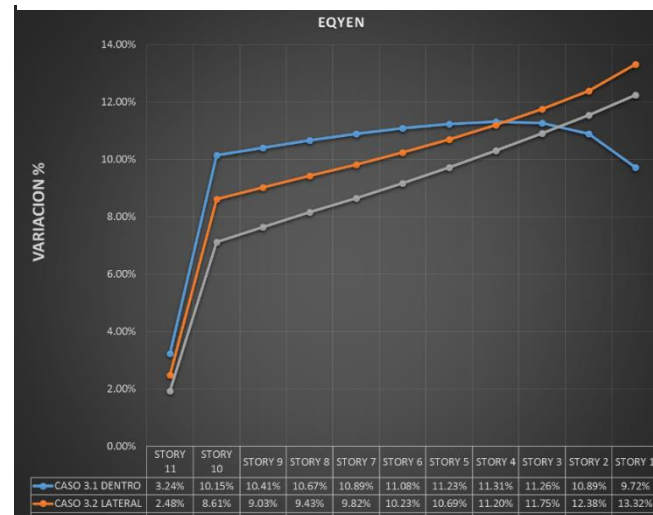


Gráfico 41 Variación torsional sismo Y negativo caso 2

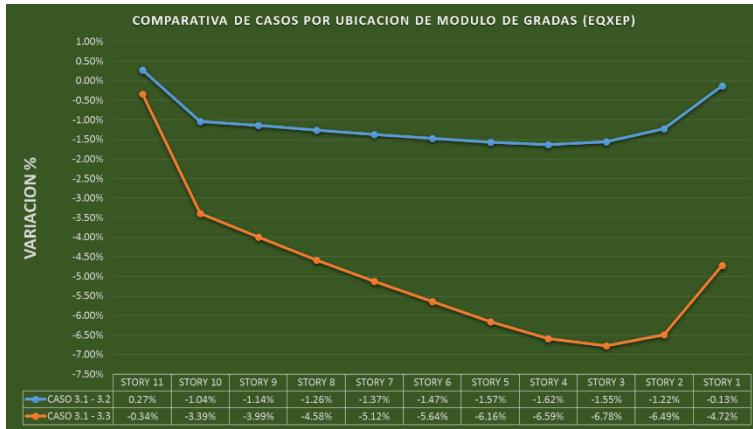


Gráfico 43 Comparativa torsional por ubicación de gradas sismo X positivo caso 2

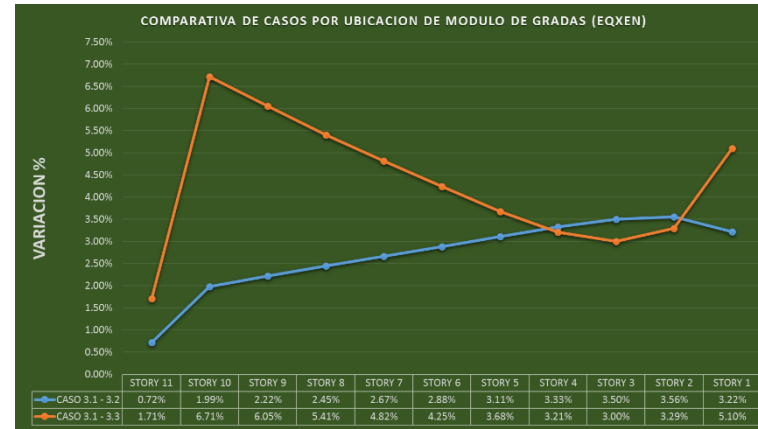


Gráfico 42 Comparativa torsional por ubicación de gradas sismo X negativo caso 2

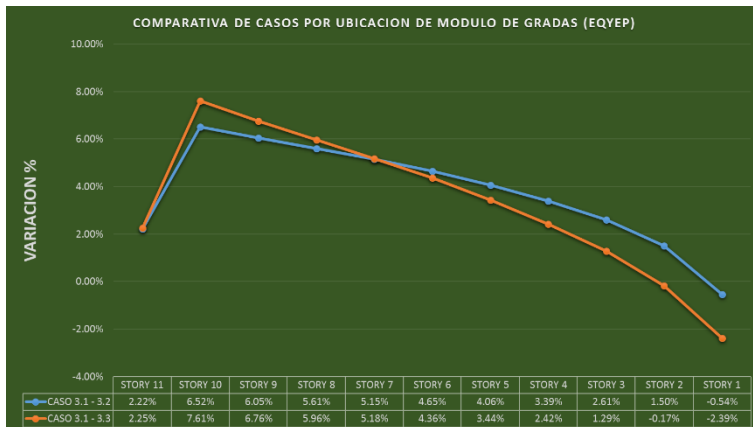


Gráfico 45 Comparativa torsional por ubicación de gradas sismo Y positivo caso 2

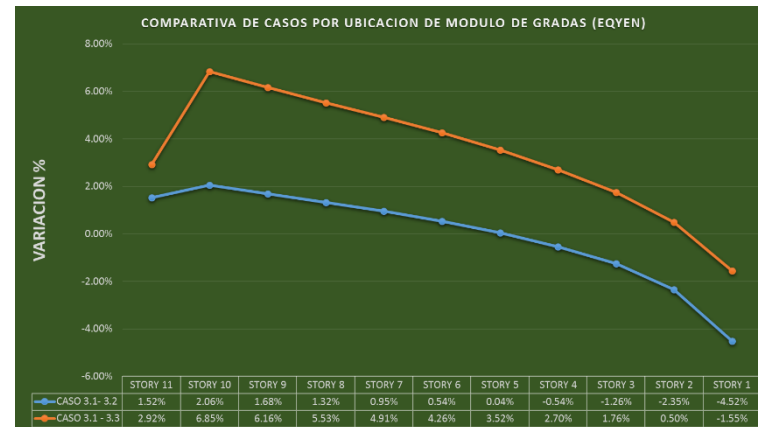


Gráfico 44 Comparativa torsional por ubicación de gradas sismo Y negativo caso 2

Gráficos anteriores Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.2.10 Variación de derivas caso 2.

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 2 CON GRADA - SIN GRADA/SIN GRADA			CASO 2 CON GRADA DENTRO - (LATERAL&ESQUINA) / DENTRO	
			CASO 2.1 DENTRO	CASO 2.2 LATERAL	CASO 2.3 ESQUINA	CASO 2.1 - 2.2	CASO 2.1 - 2.3
DERIVAS	EQXEP	STORY 11	26.07%	41.82%	32.42%	-0.77%	10.30%
		STORY 10	9.18%	10.52%	14.81%	8.96%	10.54%
		STORY 9	3.78%	5.12%	-0.12%	4.54%	13.30%
		STORY 8	0.68%	1.86%	0.19%	2.60%	6.17%
		STORY 7	-1.13%	0.00%	0.28%	1.46%	2.31%
		STORY 6	-2.42%	-1.29%	0.33%	0.78%	-0.21%
		STORY 5	-3.55%	-2.13%	0.43%	0.81%	-2.06%
		STORY 4	-4.69%	-3.06%	0.46%	0.95%	-3.72%
		STORY 3	-5.92%	-4.35%	0.30%	0.60%	-5.51%
		STORY 2	-7.03%	-5.39%	0.20%	-0.22%	-7.21%
		STORY 1	-7.45%	-5.16%	0.02%	-2.30%	-7.43%
DERIVAS	EQXEN	STORY 11	25.88%	36.81%	33.86%	-1.06%	1.70%
		STORY 10	7.75%	12.10%	13.03%	3.92%	1.02%
		STORY 9	2.14%	4.28%	1.60%	3.05%	5.56%
		STORY 8	-1.17%	-0.64%	-4.98%	3.54%	8.96%
		STORY 7	-3.15%	-3.47%	-8.72%	3.78%	11.01%
		STORY 6	-4.59%	-5.42%	-11.28%	4.10%	12.64%
		STORY 5	-5.84%	-6.83%	-9.39%	5.32%	10.74%
		STORY 4	-7.09%	-8.44%	-7.41%	6.83%	8.75%
		STORY 3	-8.39%	-10.33%	-6.79%	7.52%	6.70%
		STORY 2	-9.58%	-11.67%	-6.79%	7.20%	4.78%
		STORY 1	-10.45%	-9.69%	-10.32%	1.58%	4.32%
DERIVAS	EQYEP	STORY 11	34.35%	26.79%	16.91%	-44.06%	-53.82%
		STORY 10	-8.48%	2.70%	7.74%	-34.12%	-45.90%
		STORY 9	-7.78%	-5.66%	-1.74%	-24.37%	-34.04%
		STORY 8	-7.02%	-10.30%	-7.42%	-17.41%	-25.41%
		STORY 7	-6.62%	-12.93%	-10.83%	-12.89%	-19.46%
		STORY 6	-6.42%	-11.68%	-12.94%	-12.69%	-15.16%
		STORY 5	-6.33%	-10.12%	-10.55%	-12.92%	-15.34%
		STORY 4	-6.28%	-8.75%	-8.24%	-13.22%	-15.69%
		STORY 3	-6.25%	-7.86%	-6.36%	-13.36%	-15.90%
		STORY 2	-6.67%	-8.15%	-5.55%	-12.82%	-15.44%
		STORY 1	-11.06%	-13.88%	-10.98%	-10.16%	-12.56%
DERIVAS	EQYEN	STORY 11	31.71%	28.36%	18.95%	-36.33%	-49.08%
		STORY 10	-4.18%	0.42%	10.17%	-10.95%	-27.61%
		STORY 9	-4.01%	1.61%	1.75%	-12.71%	-11.65%
		STORY 8	-3.93%	2.09%	2.10%	-13.24%	-12.03%
		STORY 7	-3.92%	2.27%	2.18%	-13.32%	-11.96%
		STORY 6	-3.95%	2.32%	2.15%	-13.30%	-11.80%
		STORY 5	-4.04%	2.34%	2.11%	-13.38%	-11.74%
		STORY 4	-4.14%	2.38%	2.15%	-13.55%	-11.87%
		STORY 3	-4.17%	2.41%	2.13%	-13.63%	-11.92%
		STORY 2	-3.71%	2.62%	2.24%	-13.15%	-11.38%
		STORY 1	-1.99%	3.69%	2.74%	-10.98%	-8.67%
<i>DIFERENCIAS ENTRE CONSIDERAR MODULO DE GRADAS Y SIN GRADAS</i>					<i>DIFERENCIAS POR UBICACIÓN DE MODULO DE GRADAS</i>		

Tabla 24 Variación de derivas caso 2 Fuente: (Elaboración propia, 2021)

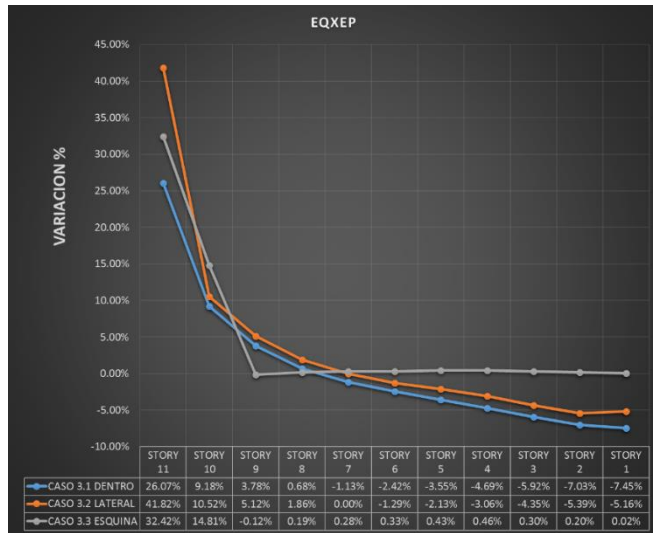


Gráfico 47 Variación derivas sismo X positivo caso 2

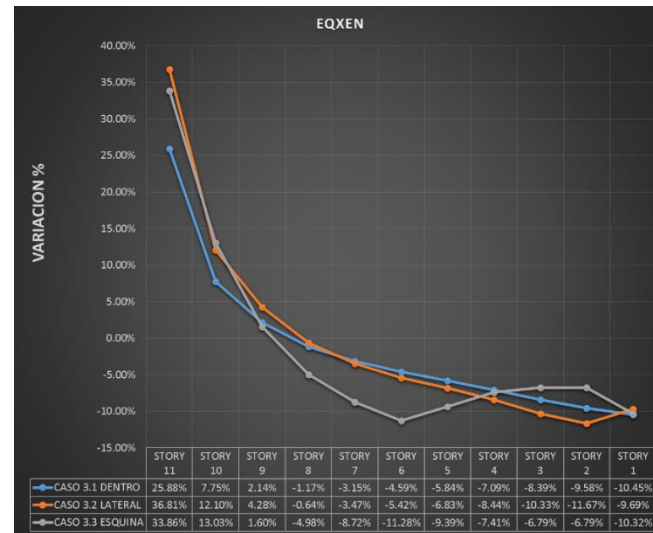


Gráfico 46 Variación derivas sismo X negativo caso 2

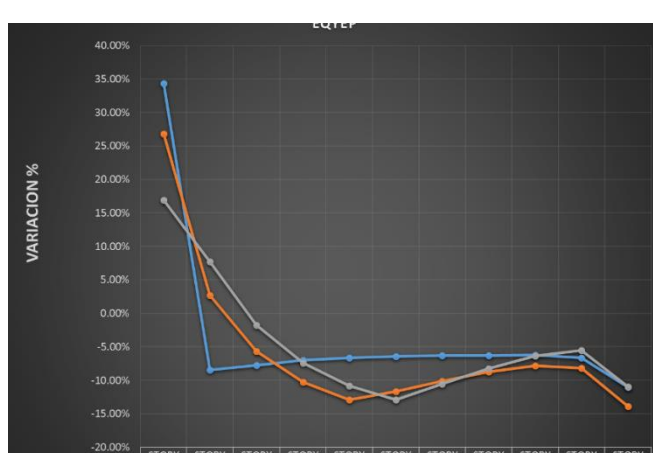


Gráfico 48 Variación derivas sismo Y positivo caso 2

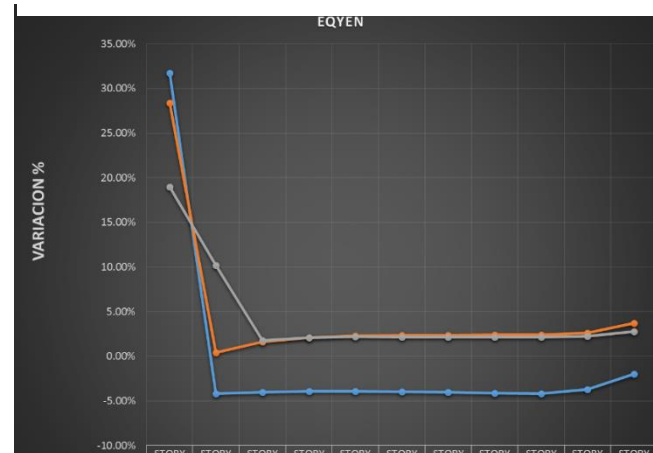


Gráfico 49 Variación derivas sismo Y negativo caso 2

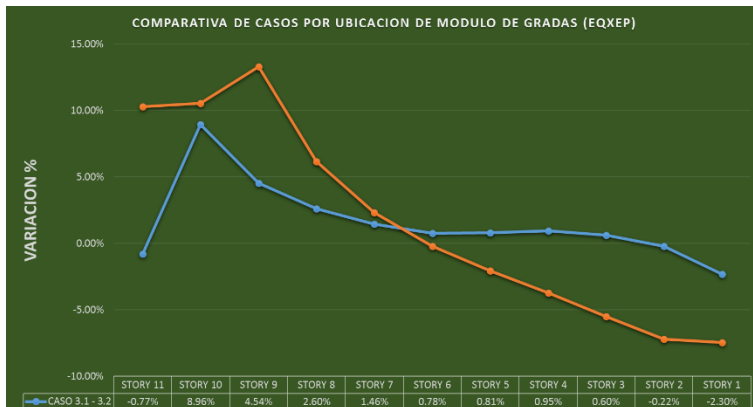


Gráfico 52 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo X positivo caso 2

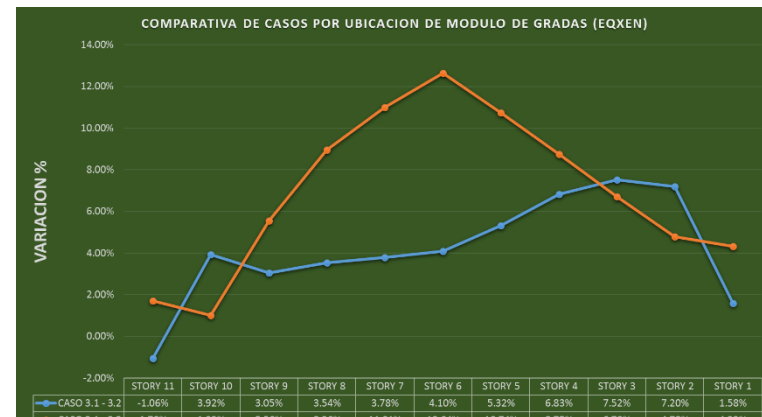


Gráfico 51 Comparación derivas por ubicación de gradas sismo X negativo caso 2

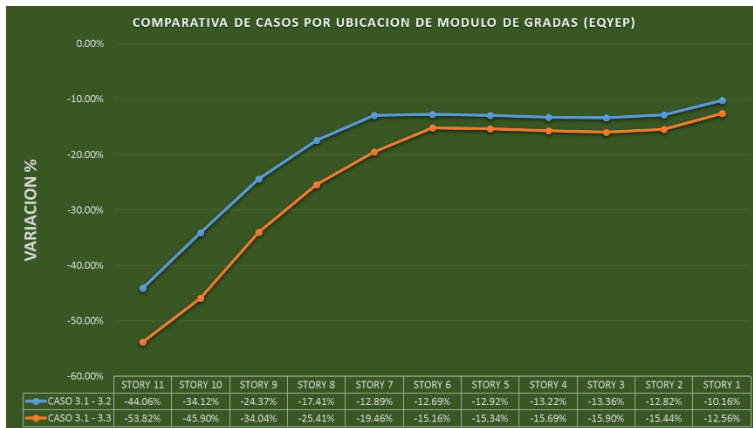


Gráfico 50 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo Y positivo caso 2

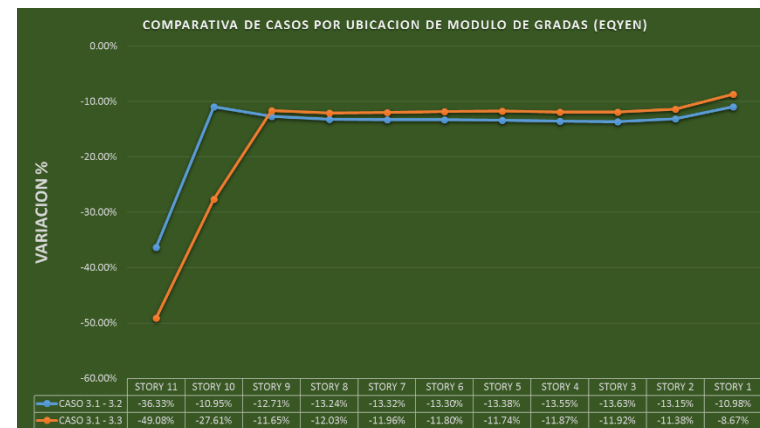


Gráfico 53 Comparativa derivas por ubicación de gradas sismo Y negativo caso 2

Gráficos anteriores Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.3 Recopilación de datos estructurales caso 3.

4.3.1 Tabla resumen de periodos, centro de masas y rigidez.

VARIABLE	STORY	CASO 3 CON GRADA						CASO 3 SIN GRADA					
		CASO 3.1 DENTRO		CASO 3.2 LATERAL		CASO 3.3 ESQUINA		CASO 3.1 DENTRO		CASO 3.2 LATERAL		CASO 3.3 ESQUINA	
		X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)
PERIODO TA		1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382	1.13011382
PERIODO DINAMICO		1.30491457	1.39449665	1.27501233	1.49000905	1.2993132	1.51734013	1.37448758	1.43585914	1.35642457	1.51258842	1.36928289	1.54833335
SENTIDO		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
CENTRO DE MASAS	STORY 1	8.69846451	7.5184742	9.86994671	7.30151235	9.76438121	6.66888141	8.67748778	7.51979788	9.82717946	7.30716993	9.7203865	6.69009228
	STORY 2	8.66681031	7.51433514	9.80454985	7.30309951	9.69783328	6.69378283	8.6491224	7.51600494	9.76835511	7.30813576	9.66059845	6.71206815
	STORY 3	8.66681031	7.51433514	9.80454985	7.30309951	9.69783328	6.69378283	8.6491224	7.51600494	9.76835511	7.30813576	9.66059845	6.71206815
	STORY 4	8.66681031	7.51433514	9.80454985	7.30309951	9.69783328	6.69378283	8.6491224	7.51600494	9.76835511	7.30813576	9.66059845	6.71206815
	STORY 5	8.61385135	7.52156528	9.68603276	7.3208529	9.5757673	6.75884748	8.5958698	7.52326977	9.64888457	7.3260267	9.53753386	6.77764335
	STORY 6	8.61385135	7.52156528	9.68603276	7.3208529	9.5757673	6.75884748	8.5958698	7.52326977	9.64888457	7.3260267	9.53753386	6.77764335
	STORY 7	8.61385135	7.52156528	9.68603276	7.3208529	9.5757673	6.75884748	8.5958698	7.52326977	9.64888457	7.3260267	9.53753386	6.77764335
	STORY 8	8.61385135	7.52156528	9.68603276	7.3208529	9.5757673	6.75884748	8.5958698	7.52326977	9.64888457	7.3260267	9.53753386	6.77764335
	STORY 9	8.61385135	7.52156528	9.68603276	7.3208529	9.5757673	6.75884748	8.5958698	7.52326977	9.64888457	7.3260267	9.53753386	6.77764335
	STORY 10	8.72560934	7.46370954	9.86546963	7.26803921	9.80317008	6.60935202	8.71337625	7.46473759	9.84369434	7.27239039	9.78102691	6.62159161
	STORY 11	14	6.41939147	18.5	6	18.5	2	14	6.41939147	18.5	6	18.5	2
CENTRO RIGIDEZ	STORY 1	9.90565984	7.60001952	11.9488137	7.17117876	11.7435247	5.84931991	9.03198674	7.71732104	10.2622317	7.31133042	9.97818704	6.55846574
	STORY 2	10.2681454	7.60547615	12.0671471	7.07571874	11.8169272	5.62551335	9.24833388	7.70565304	10.3265742	7.28904821	9.98237447	6.46997359
	STORY 3	10.4083243	7.60057966	12.0445828	7.05225976	11.7222857	5.59294948	9.34656802	7.69762884	10.3425008	7.28520749	9.94881461	6.44732367
	STORY 4	10.475218	7.59362942	11.9765078	7.05049065	11.5647338	5.62043963	9.406212	7.6903758	10.3389011	7.28706996	9.89452059	6.44466026
	STORY 5	10.5107135	7.5837848	11.884172	7.06026878	11.3696106	5.68017928	9.44593163	7.68298353	10.3248855	7.29316967	9.82514654	6.45909324
	STORY 6	10.5291231	7.57339221	11.7780424	7.07508467	11.1529764	5.75889396	9.46823678	7.67530395	10.3031873	7.30486642	9.74313071	6.4953252
	STORY 7	10.544519	7.56400773	11.6726825	7.09041553	10.9305206	5.83813606	9.49241432	7.66730633	10.2805806	7.31521477	9.65521177	6.52517761
	STORY 8	10.5588591	7.55491481	11.5656795	7.10682416	10.7015897	5.91858614	9.52034879	7.65889325	10.2572242	7.32440703	9.56162227	6.54994925
	STORY 9	10.5722632	7.54544295	11.4527746	7.12461141	10.4644131	6.00123916	9.55186106	7.64985632	10.2325379	7.33297292	9.46223638	6.5714042
	STORY 10	10.5956229	7.53604184	11.3429518	7.13805557	10.2310681	6.07772892	9.5891324	7.64029171	10.2125165	7.33917713	9.36243734	6.58875859
	STORY 11	12.8446058	6.67063136	16.1820213	6.28046391	15.8731632	3.20650257	12.3893285	6.72628617	15.6606215	6.40263229	15.3871036	3.49785054

Tabla 25 Resumen periodos, CM, CR caso 3

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.3.2 Tabla resumen de control de derivas

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 3 CON GRADA			CASO 3 SIN GRADA		
			CASO 3.1 DENTRO	CASO 3.2 LATERAL	CASO 3.3 ESQUINA	CASO 3.1 DENTRO	CASO 3.2 LATERAL	CASO 3.3 ESQUINA
DERIVAS	EQXEP	STORY 11	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002
		STORY 10	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
		STORY 9	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
		STORY 8	0.0006	0.0006	0.0005	0.0006	0.0006	0.0005
		STORY 7	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
		STORY 6	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
		STORY 5	0.0008	0.0008	0.0008	0.0009	0.0008	0.0008
		STORY 4	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
		STORY 3	0.0009	0.0009	0.0009	0.0010	0.0009	0.0010
		STORY 2	0.0009	0.0009	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
		STORY 1	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
DERIVAS	EQXEN	STORY 11	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
		STORY 10	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
		STORY 9	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
		STORY 8	0.0006	0.0006	0.0005	0.0006	0.0006	0.0006
		STORY 7	0.0007	0.0006	0.0006	0.0007	0.0007	0.0007
		STORY 6	0.0008	0.0007	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008
		STORY 5	0.0008	0.0008	0.0007	0.0009	0.0008	0.0008
		STORY 4	0.0009	0.0008	0.0008	0.0009	0.0009	0.0009
		STORY 3	0.0009	0.0008	0.0008	0.0010	0.0009	0.0009
		STORY 2	0.0009	0.0008	0.0009	0.0010	0.0010	0.0009
		STORY 1	0.0007	0.0007	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008

DERIVAS	EQYEP	STORY 11	0.0002	0.0004	0.0006	0.0002	0.0003	0.0005
		STORY 10	0.0003	0.0004	0.0006	0.0003	0.0004	0.0006
		STORY 9	0.0004	0.0005	0.0007	0.0004	0.0006	0.0007
		STORY 8	0.0005	0.0006	0.0008	0.0005	0.0007	0.0009
		STORY 7	0.0006	0.0007	0.0009	0.0007	0.0008	0.0010
		STORY 6	0.0007	0.0008	0.0009	0.0007	0.0009	0.0011
		STORY 5	0.0008	0.0009	0.0010	0.0008	0.0010	0.0012
		STORY 4	0.0008	0.0010	0.0010	0.0009	0.0010	0.0012
		STORY 3	0.0009	0.0010	0.0011	0.0009	0.0011	0.0012
		STORY 2	0.0009	0.0010	0.0011	0.0009	0.0011	0.0012
		STORY 1	0.0007	0.0008	0.0009	0.0008	0.0009	0.0009
DERIVAS	EQYEN	STORY 11	0.0002	0.0004	0.0005	0.0002	0.0003	0.0005
		STORY 10	0.0003	0.0004	0.0005	0.0003	0.0004	0.0005
		STORY 9	0.0005	0.0006	0.0006	0.0005	0.0006	0.0006
		STORY 8	0.0006	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007	0.0007
		STORY 7	0.0008	0.0009	0.0009	0.0008	0.0009	0.0009
		STORY 6	0.0009	0.0010	0.0010	0.0009	0.0010	0.0010
		STORY 5	0.0010	0.0011	0.0011	0.0010	0.0011	0.0011
		STORY 4	0.0010	0.0012	0.0012	0.0011	0.0012	0.0012
		STORY 3	0.0011	0.0013	0.0013	0.0011	0.0012	0.0012
		STORY 2	0.0011	0.0013	0.0013	0.0011	0.0012	0.0012
		STORY 1	0.0009	0.0010	0.0010	0.0009	0.0010	0.0010

Tabla 26 Resumen control de derivas caso 3

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.3.3 Tabla resumen de irregularidad torsional.

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 3 CON GRADA			CASO 3 SIN GRADA		
			CASO 3.1 DENTRO	CASO 3.2 LATERAL	CASO 3.3 ESQUINA	CASO 3.1 DENTRO	CASO 3.2 LATERAL	CASO 3.3 ESQUINA
IRRE TORSIONAL	EQXEP	STORY 11	1.03	1.02	1.03	1.02	1.02	1.02
		STORY 10	1.09	1.09	1.12	1.07	1.07	1.07
		STORY 9	1.09	1.10	1.13	1.07	1.07	1.07
		STORY 8	1.09	1.10	1.14	1.07	1.07	1.07
		STORY 7	1.09	1.10	1.14	1.07	1.07	1.08
		STORY 6	1.09	1.11	1.15	1.07	1.07	1.08
		STORY 5	1.09	1.11	1.16	1.07	1.07	1.08
		STORY 4	1.10	1.11	1.17	1.07	1.07	1.09
		STORY 3	1.10	1.11	1.17	1.07	1.08	1.09
		STORY 2	1.10	1.11	1.18	1.07	1.07	1.08
		STORY 1	1.10	1.10	1.17	1.06	1.07	1.08
IRRE TORSIONAL	EQXEN	STORY 11	1.02	1.01	1.00	1.03	1.02	1.02
		STORY 10	1.08	1.04	1.02	1.09	1.07	1.07
		STORY 9	1.08	1.04	1.03	1.09	1.07	1.06
		STORY 8	1.08	1.04	1.04	1.09	1.07	1.06
		STORY 7	1.08	1.03	1.05	1.10	1.07	1.06
		STORY 6	1.08	1.03	1.05	1.10	1.07	1.06
		STORY 5	1.08	1.03	1.06	1.10	1.07	1.05
		STORY 4	1.08	1.03	1.07	1.10	1.07	1.05
		STORY 3	1.09	1.03	1.08	1.10	1.07	1.05
		STORY 2	1.09	1.03	1.08	1.10	1.07	1.05
		STORY 1	1.09	1.03	1.08	1.11	1.07	1.05

IRRE TORSIONAL	EQYEP	STORY 11	1.04	1.01	1.00	1.00	1.02	1.03
		STORY 10	1.14	1.07	1.00	1.01	1.07	1.14
		STORY 9	1.14	1.08	1.02	1.01	1.07	1.13
		STORY 8	1.14	1.09	1.03	1.01	1.07	1.13
		STORY 7	1.14	1.10	1.05	1.00	1.07	1.12
		STORY 6	1.15	1.11	1.06	1.00	1.07	1.11
		STORY 5	1.15	1.12	1.08	1.00	1.06	1.11
		STORY 4	1.15	1.13	1.10	1.00	1.06	1.10
		STORY 3	1.14	1.14	1.12	1.00	1.06	1.10
		STORY 2	1.13	1.15	1.14	1.01	1.06	1.09
		STORY 1	1.10	1.17	1.16	1.03	1.06	1.09
IRRE TORSIONAL	EQYEN	STORY 11	1.10	1.08	1.04	1.05	1.04	1.02
		STORY 10	1.32	1.29	1.17	1.18	1.17	1.07
		STORY 9	1.32	1.31	1.19	1.18	1.17	1.08
		STORY 8	1.32	1.32	1.21	1.18	1.18	1.09
		STORY 7	1.33	1.33	1.22	1.18	1.18	1.10
		STORY 6	1.33	1.34	1.24	1.18	1.18	1.10
		STORY 5	1.33	1.35	1.26	1.18	1.19	1.11
		STORY 4	1.33	1.36	1.28	1.18	1.19	1.12
		STORY 3	1.33	1.37	1.30	1.18	1.20	1.13
		STORY 2	1.32	1.39	1.32	1.17	1.20	1.14
STORY 1	1.30	1.40	1.35	1.16	1.20	1.15		

Tabla 27 Resumen irregularidad torsional caso 3

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.3.4 Radios de diseño de columnas primer nivel.

VARIABLE	STORY	SECCION	CASO 3 CON GRADA						CASO 3 SIN GRADA					
			CASO 3.1 DENTRO		CASO 3.2 LATERAL		CASO 3.3 ESQUINA		CASO 3.1 DENTRO		CASO 3.2 LATERAL		CASO 3.3 ESQUINA	
			COL.	RADIO	COL.	RADIO	COL.	RADIO	COL.	RADIO	COL.	RADIO	COL.	RADIO
RADIO DE DISEÑO	STORY 1	COL7/45X45CM-P0.02	C2	0.77	C1	0.841	C1	0.841	C2	0.597	C1	0.842	C1	0.842
		COL7/45X45CM-P0.02	C4	0.79	C2	0.842	C2	0.842	C4	0.658	C2	0.842	C2	0.841
		COL7/45X45CM-P0.02	C5	0.838	C3	0.871	C3	0.875	C5	0.837	C3	0.87	C3	0.874
		COL7/45X45CM-P0.02	C6	0.836	C4	0.87	C4	0.872	C6	0.835	C4	0.869	C4	0.872
		COL7/45X45CM-P0.02	C7	0.846	C5	0.633	C5	0.653	C7	0.836	C5	0.613	C5	0.623
		COL7/45X45CM-P0.02	C8	0.817	C6	0.685	C6	0.699	C8	0.806	C6	0.66	C6	0.667
		COL7/45X45CM-P0.02	C9	0.559	C7	0.729	C7	0.748	C9	0.573	C7	0.699	C7	0.701
		COL7/45X45CM-P0.02	C10	0.621	C8	0.588	C8	0.63	C10	0.643	C8	0.533	C8	0.543
		COL7/45X45CM-P0.02	C11	0.664	C9	0.652	C9	0.698	C11	0.667	C9	0.608	C9	0.626
		COL7/45X45CM-P0.02	C12	0.503	C10	0.62	C10	0.672	C12	0.506	C10	0.614	C10	0.635
		COL7/45X45CM-P0.02	C15	0.577	C11	0.576	C11	0.632	C15	0.575	C11	0.608	C11	0.635
		COL7/45X45CM-P0.02	C16	0.55	C12	0.599	C12	0.639	C16	0.559	C12	0.636	C12	0.671
		COL7/45X45CM-P0.02	C17	0.514	C15	0.832	C15	0.87	C17	0.538	C14	0.715	C15	0.859
		COL7/45X45CM-P0.02	C18	0.546	C16	0.808	C16	0.841	C18	0.604	C15	0.817	C16	0.85
		COL7/45X45CM-P0.02	C21	0.606	C17	0.878	C19	0.684	C21	0.566	C16	0.801	C19	0.683
		COL7/45X45CM-P0.02	C22	0.607	C19	0.675	C20	0.659	C22	0.635	C18	0.692	C20	0.682
		COL7/45X45CM-P0.02	C23	0.581	C20	0.643	C23	0.767	C23	0.627	C19	0.672	C23	0.665
		COL7/45X45CM-P0.02	C24	0.487	C21	0.874	C24	0.629	C24	0.504	C20	0.663	C24	0.662
		COL7/45X45CM-P0.02	C25	0.555	C23	0.509	C25	0.562	C25	0.516	C23	0.548	C25	0.564
		COL7/45X45CM-P0.02	C26	0.472	C24	0.544	C29	0.818	C26	0.485	C24	0.581	C29	0.845
COL7/45X45CM-P0.02	C37	0.793	C25	0.51	C31	0.929	C37	0.737	C25	0.538	C31	0.797		
COL7/45X45CM-P0.02	C38	0.701	C54	0.675	C55	0.814	C38	0.611	C54	0.63	C55	0.739		
COL7/45X45CM-P0.02			C55	0.731					C55	0.647				

Tabla 28 Radios de diseño primer nivel caso 3

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.3.5 Distribución de columnas y radios de diseño del caso 3.1.

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

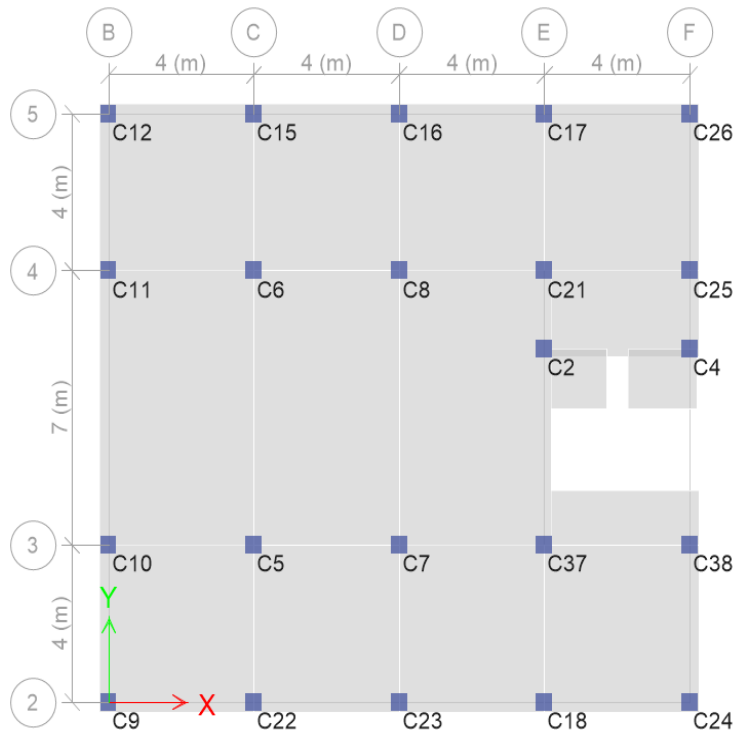


Ilustración 61 Distribución de columnas caso 3.1

Ilustración 60 Radios de diseño sin gradas caso 3.1

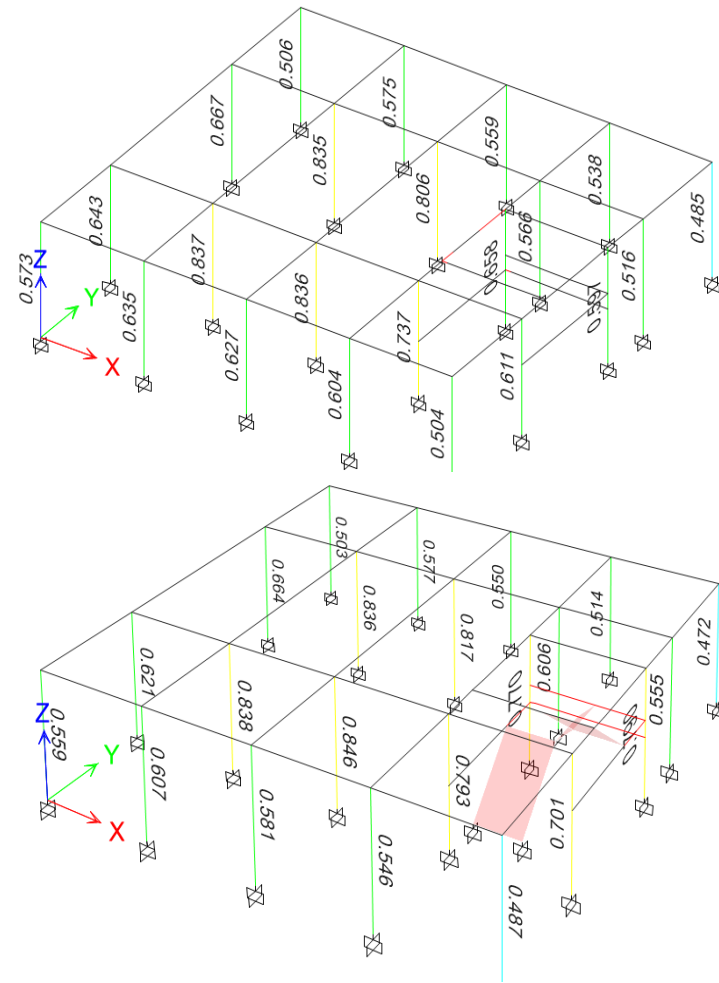


Ilustración 62 Radios de diseño con gradas caso 3.1

4.3.6 Distribución de columnas y radios de diseño del caso 3.2.

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

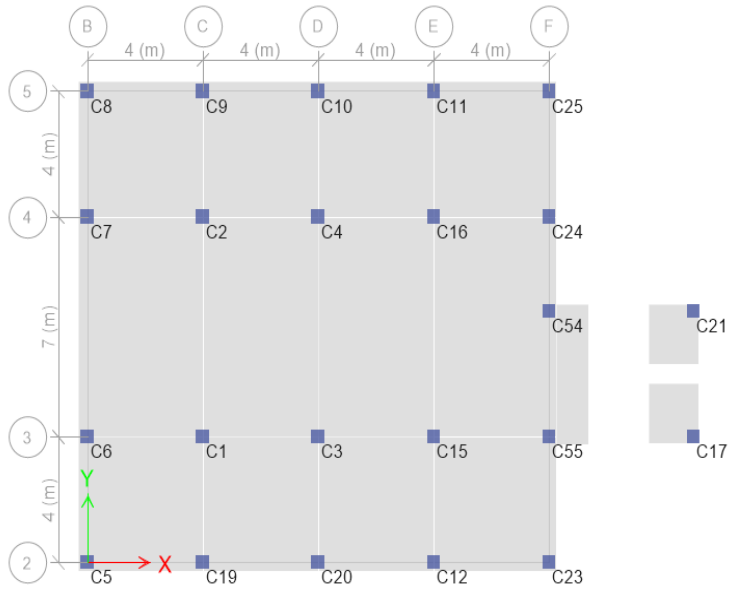


Ilustración 64 Distribución de columnas caso 3.2

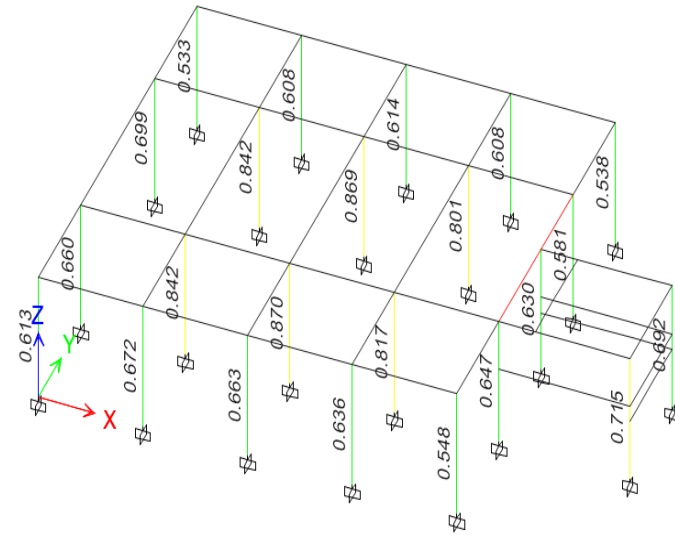


Ilustración 63 Radios de diseño sin gradas caso 3.2

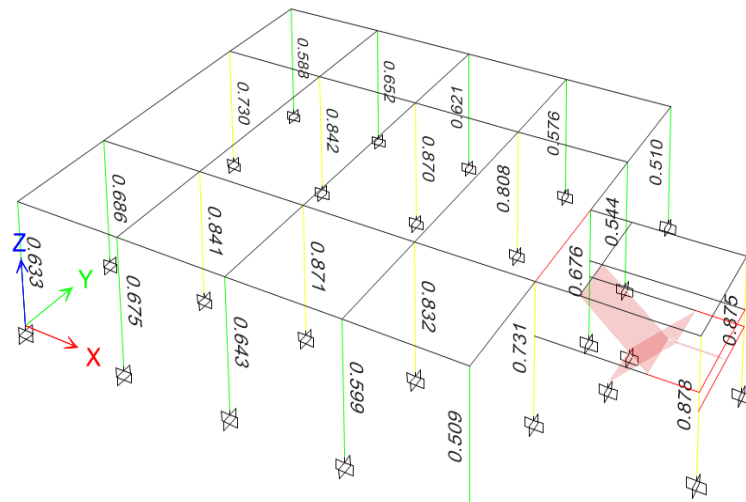


Ilustración 65 Radios de diseño con gradas caso 3.2

4.3.7 Distribución de columnas y radios de diseño del caso 3.3.

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

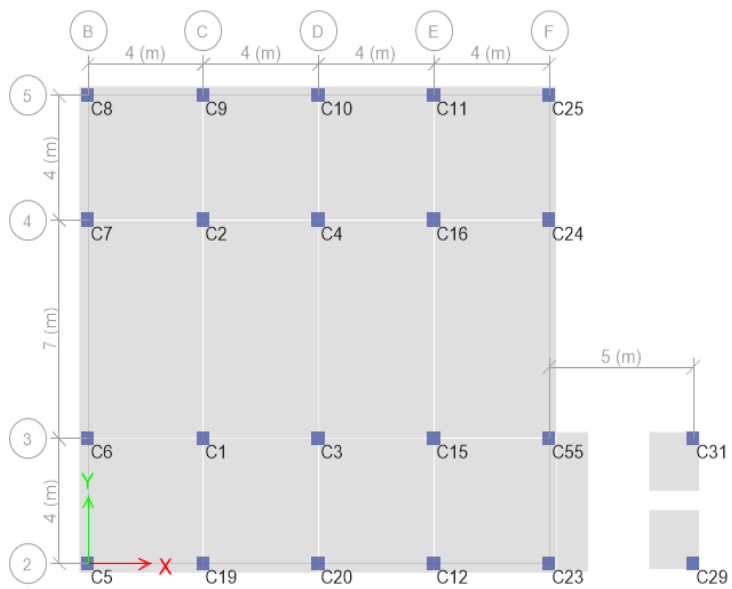


Ilustración 67 Planta de distribución de columnas caso 3.3

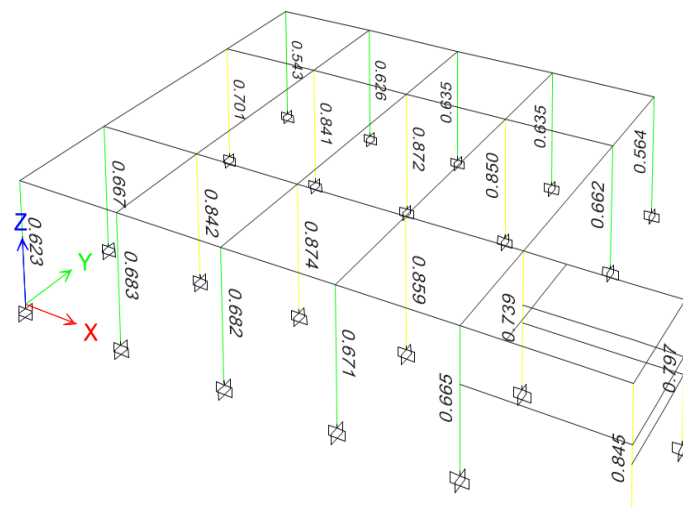


Ilustración 66 Radios de diseño sin gradas caso 3.3

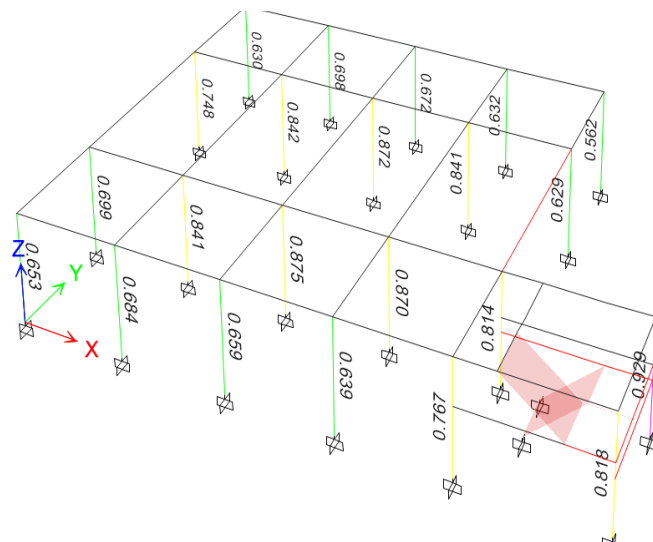


Ilustración 68 Radios de diseño con gradas caso 3.3

4.3.8 Variación de periodos, centro de masas y rigidez caso 3.

VARIABLE	STORY	CASO 3 CON GRADA - SIN GRADA/SIN GRADA						CASO 3 CON GRADA DENTRO - (LATERAL&ESQUINA) / DENTRO			
		CASO 3.1 DENTRO		CASO 3.2 LATERAL		CASO 3.3 ESQUINA		CASO 3.1 - 3.2		CASO 3.1 - 3.3	
		X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)
PERIODO TA		0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
PERIODO DINAMICO		-5.062%	-2.881%	-6.002%	-1.493%	-5.110%	-2.002%	2.292%	-6.849%	0.429%	-8.809%
SENTIDO		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
CENTRO DE MASAS	STORY 1	0.242%	-0.018%	0.435%	-0.077%	0.453%	-0.317%	-13.468%	2.886%	-12.254%	11.300%
	STORY 2	0.205%	-0.022%	0.371%	-0.069%	0.385%	-0.272%	-13.128%	2.811%	-11.896%	10.920%
	STORY 3	0.205%	-0.022%	0.371%	-0.069%	0.385%	-0.272%	-13.128%	2.811%	-11.896%	10.920%
	STORY 4	0.205%	-0.022%	0.371%	-0.069%	0.385%	-0.272%	-13.128%	2.811%	-11.896%	10.920%
	STORY 5	0.209%	-0.023%	0.385%	-0.071%	0.401%	-0.277%	-12.447%	2.668%	-11.167%	10.140%
	STORY 6	0.209%	-0.023%	0.385%	-0.071%	0.401%	-0.277%	-12.447%	2.668%	-11.167%	10.140%
	STORY 7	0.209%	-0.023%	0.385%	-0.071%	0.401%	-0.277%	-12.447%	2.668%	-11.167%	10.140%
	STORY 8	0.209%	-0.023%	0.385%	-0.071%	0.401%	-0.277%	-12.447%	2.668%	-11.167%	10.140%
	STORY 9	0.209%	-0.023%	0.385%	-0.071%	0.401%	-0.277%	-12.447%	2.668%	-11.167%	10.140%
	STORY 10	0.140%	-0.014%	0.221%	-0.060%	0.226%	-0.185%	-13.063%	2.622%	-12.349%	11.447%
	STORY 11	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	-32.143%	6.533%	-32.143%	68.844%
CENTRO RIGIDEZ	STORY 1	9.673%	-1.520%	16.435%	-1.917%	17.692%	-10.813%	-20.626%	5.643%	-18.554%	23.035%
	STORY 2	11.027%	-1.300%	16.855%	-2.927%	18.378%	-13.052%	-17.520%	6.965%	-15.083%	26.033%
	STORY 3	11.360%	-1.261%	16.457%	-3.198%	17.826%	-13.252%	-15.721%	7.214%	-12.624%	26.414%
	STORY 4	11.365%	-1.258%	15.839%	-3.247%	16.880%	-12.789%	-14.332%	7.153%	-10.401%	25.985%
	STORY 5	11.272%	-1.291%	15.102%	-3.193%	15.720%	-12.059%	-13.067%	6.903%	-8.172%	25.101%
	STORY 6	11.205%	-1.328%	14.315%	-3.146%	14.470%	-11.338%	-11.862%	6.580%	-5.925%	23.959%
	STORY 7	11.084%	-1.347%	13.541%	-3.073%	13.209%	-10.529%	-10.699%	6.261%	-3.661%	22.817%
	STORY 8	10.908%	-1.358%	12.756%	-2.971%	11.922%	-9.639%	-9.535%	5.931%	-1.352%	21.659%
	STORY 9	10.683%	-1.365%	11.925%	-2.841%	10.591%	-8.676%	-8.329%	5.577%	1.020%	20.465%
	STORY 10	10.496%	-1.364%	11.069%	-2.740%	9.278%	-7.756%	-7.053%	5.281%	3.441%	19.351%
	STORY 11	3.675%	-0.827%	3.329%	-1.908%	3.159%	-8.329%	-25.983%	5.849%	-23.578%	51.931%
DIFERENCIAS ENTRE CONSIDERAR MODULO DE GRADAS Y SIN GRADAS								DIFERENCIAS POR UBICACIÓN DE MODULO DE GRADAS			

Tabla 29 Variación periodos, CM, CR caso 3

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

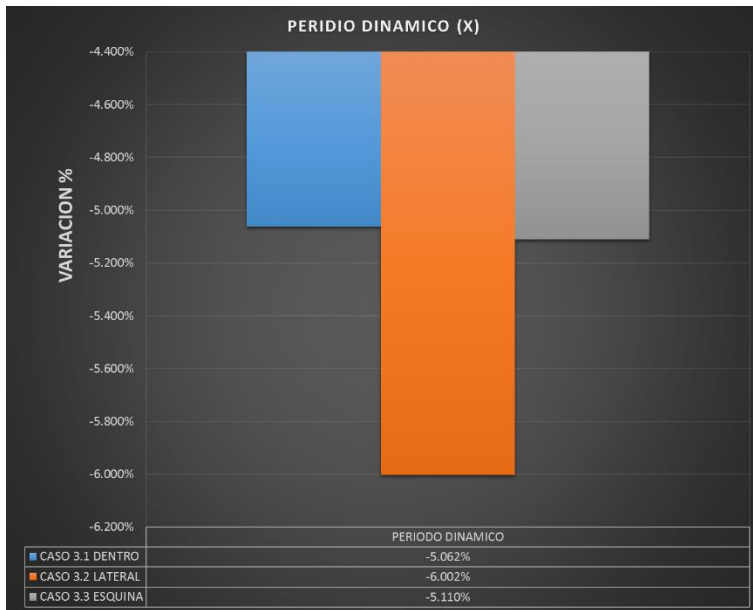


Gráfico 55 Variación periodo dinámico X caso 3

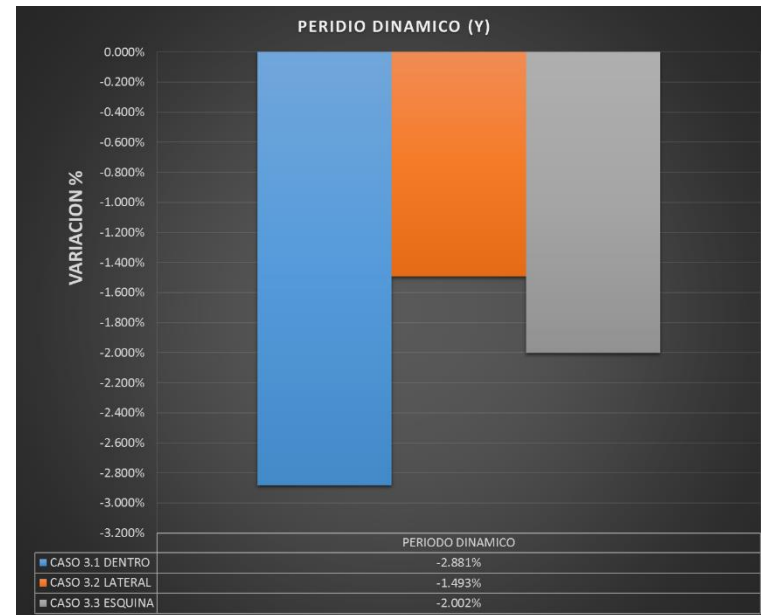


Gráfico 54 Variación periodo dinámico Y caso 3

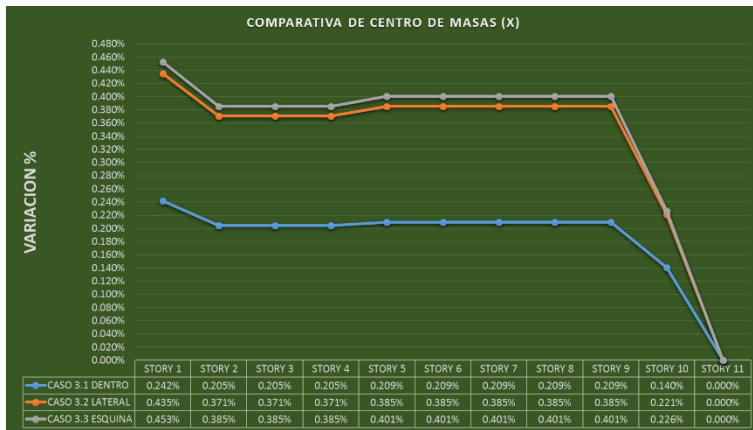


Gráfico 56 Comparativa CM en X caso 3

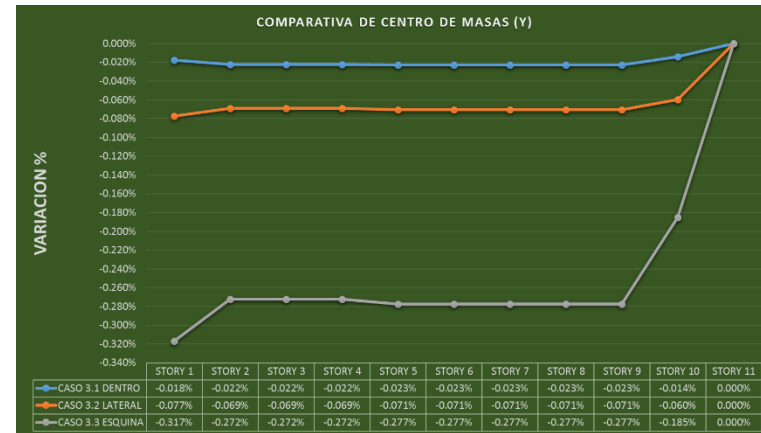


Gráfico 57 Comparativa CM en Y caso 3

Gráfico 60 Comparativa CR en X caso 3

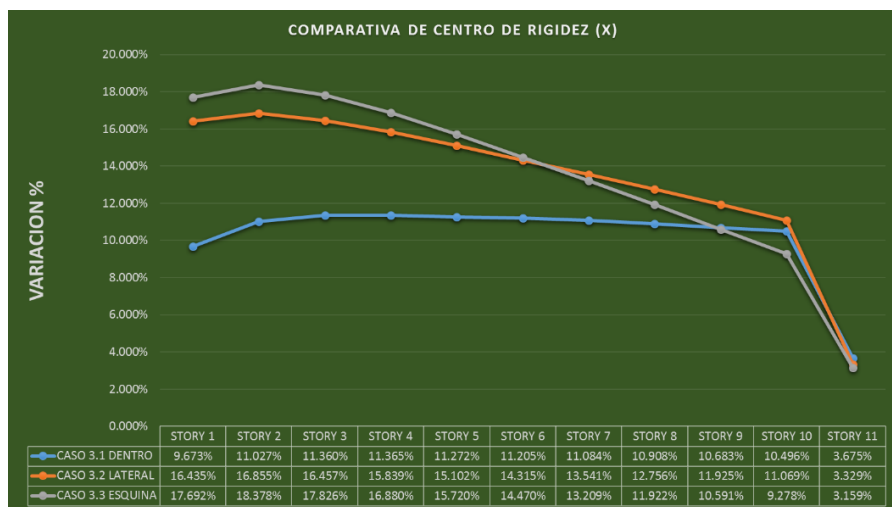


Gráfico 61 Comparativa CR en Y caso 3

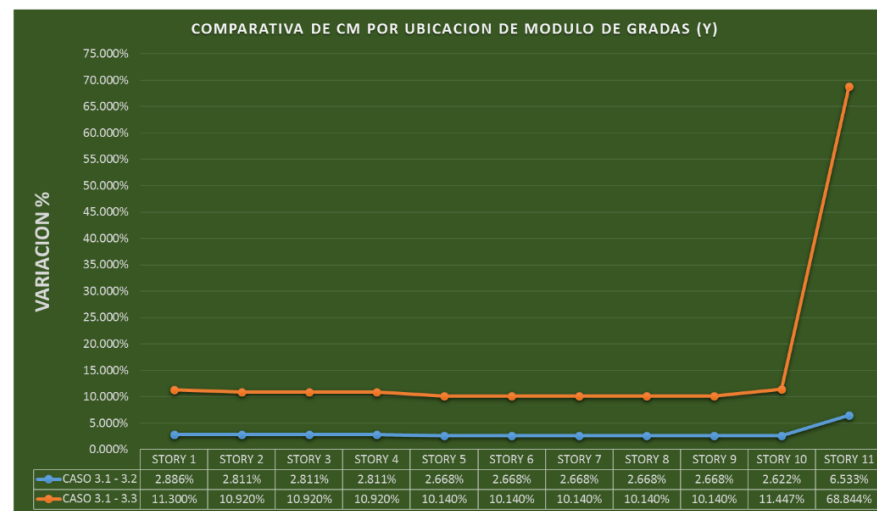
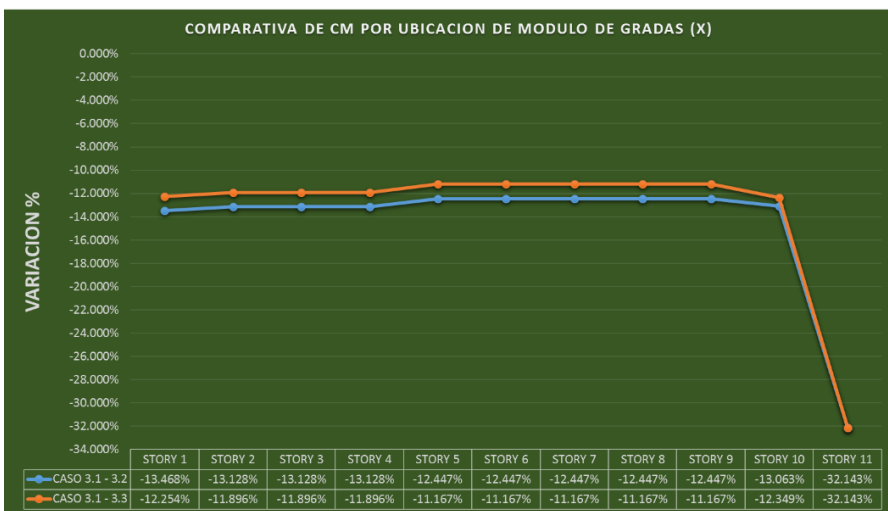
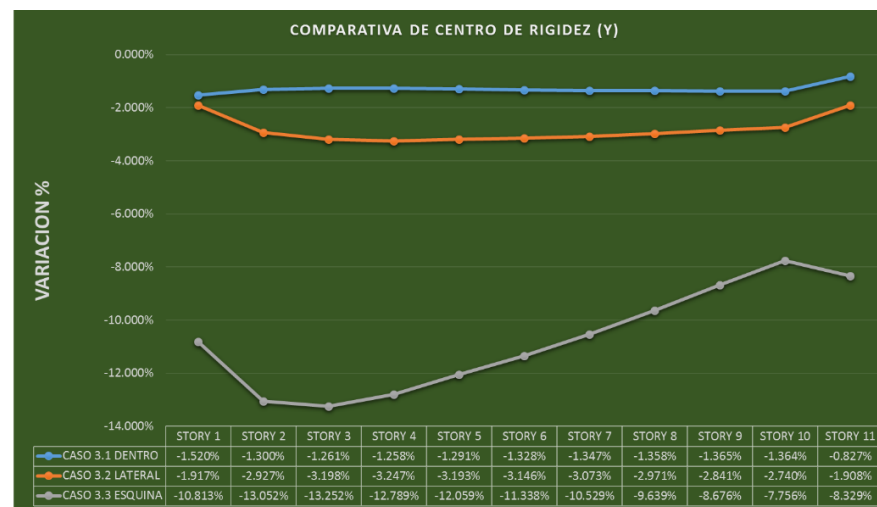


Gráfico 59 Comparativa CM en X por ubicación de gradas caso 3

Gráfico 58 Comparativa CR en Y por ubicación de gradas caso 3

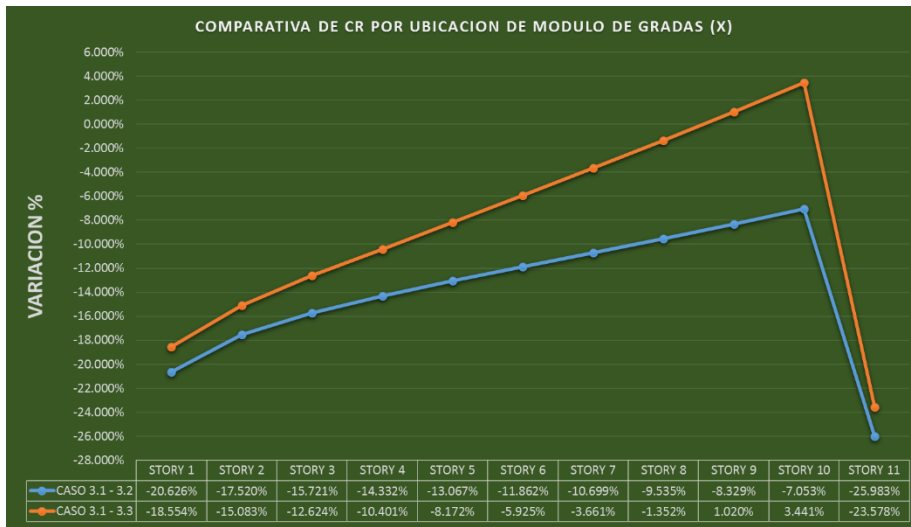


Gráfico 63 Comparativa CR en X por ubicación de gradas caso 3

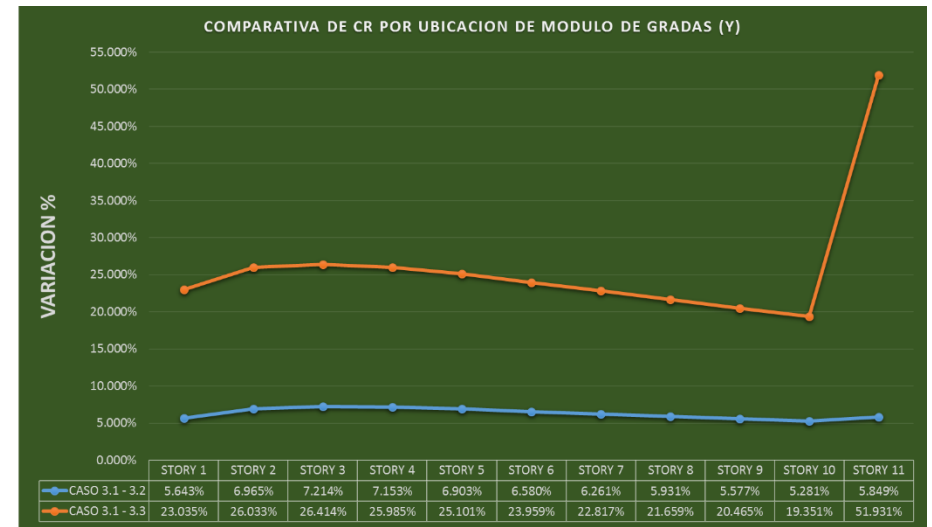


Gráfico 62 Comparativa CR en Y por ubicación de gradas caso 3

Gráficos anteriores Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.3.9 Variación de irregularidad torsional caso 3.

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 3 CON GRADA - SIN GRADA/SIN GRADA			CASO 3 CON GRADA DENTRO - (LATERAL&ESQUINA) / DENTRO	
			CASO 3.1 DENTRO	CASO 3.2 LATERAL	CASO 3.3 ESQUINA	CASO 3.1 - 3.2	CASO 3.1 - 3.3
IRRE TORSIONAL	EQXEP	STORY 11	0.62%	0.64%	1.36%	0.56%	-0.17%
		STORY 10	2.02%	2.44%	4.73%	-0.59%	-2.80%
		STORY 9	2.11%	2.62%	5.31%	-0.73%	-3.51%
		STORY 8	2.20%	2.79%	5.85%	-0.87%	-4.18%
		STORY 7	2.30%	2.94%	6.33%	-1.00%	-4.80%
		STORY 6	2.39%	3.07%	6.77%	-1.15%	-5.43%
		STORY 5	2.50%	3.20%	7.19%	-1.31%	-6.08%
		STORY 4	2.62%	3.33%	7.65%	-1.44%	-6.68%
		STORY 3	2.79%	3.44%	8.15%	-1.43%	-7.09%
		STORY 2	3.03%	3.44%	8.53%	-1.23%	-7.21%
		STORY 1	3.48%	3.01%	8.30%	-0.35%	-6.23%
IRRE TORSIONAL	EQXEN	STORY 11	-0.53%	-0.87%	-1.37%	1.15%	1.86%
		STORY 10	-1.55%	-3.21%	-4.60%	3.31%	5.27%
		STORY 9	-1.52%	-3.34%	-3.40%	3.63%	4.49%
		STORY 8	-1.51%	-3.47%	-2.28%	3.93%	3.77%
		STORY 7	-1.49%	-3.59%	-1.20%	4.21%	3.10%
		STORY 6	-1.46%	-3.70%	-0.09%	4.51%	2.45%
		STORY 5	-1.42%	-3.82%	1.10%	4.83%	1.78%
		STORY 4	-1.37%	-3.93%	2.20%	5.17%	1.17%
		STORY 3	-1.34%	-4.01%	3.01%	5.46%	0.71%
		STORY 2	-1.32%	-4.01%	3.53%	5.71%	0.51%
		STORY 1	-1.37%	-3.71%	2.90%	5.69%	1.22%
IRRE TORSIONAL	EQYEP	STORY 11	3.68%	-0.68%	-2.79%	2.48%	3.50%
		STORY 10	13.08%	-0.11%	-12.08%	5.89%	12.17%
		STORY 9	13.39%	1.04%	-10.32%	5.15%	11.06%
		STORY 8	13.69%	2.15%	-8.42%	4.47%	9.80%
		STORY 7	13.93%	3.22%	-6.57%	3.78%	8.57%
		STORY 6	14.12%	4.30%	-4.65%	3.04%	7.26%
		STORY 5	14.28%	5.48%	-2.58%	2.17%	5.80%
		STORY 4	14.45%	6.65%	-0.38%	1.14%	4.10%
		STORY 3	13.55%	7.73%	1.89%	-0.17%	2.05%
		STORY 2	11.50%	8.79%	4.34%	-2.14%	-0.75%
		STORY 1	6.71%	9.63%	6.84%	-5.88%	-5.37%
IRRE TORSIONAL	EQYEN	STORY 11	4.75%	4.05%	2.72%	1.73%	5.41%
		STORY 10	11.48%	10.94%	9.44%	1.67%	10.95%
		STORY 9	11.74%	11.49%	10.22%	1.07%	9.83%
		STORY 8	11.99%	12.00%	10.97%	0.52%	8.80%
		STORY 7	12.19%	12.50%	11.70%	-0.02%	7.78%
		STORY 6	12.36%	13.02%	12.45%	-0.61%	6.71%
		STORY 5	12.49%	13.60%	13.28%	-1.29%	5.52%
		STORY 4	12.64%	14.25%	14.20%	-2.10%	4.15%
		STORY 3	12.78%	14.95%	15.19%	-3.15%	2.48%
		STORY 2	12.74%	15.78%	16.30%	-4.75%	0.19%
		STORY 1	12.09%	16.81%	17.45%	-7.85%	-3.67%
			DIFERENCIAS ENTRE CONSIDERAR MODULO DE GRADAS Y SIN GRADAS			DIFERENCIAS POR UBICACIÓN DE MODULO DE GRADAS	

Tabla 30 Variación irregularidad torsional caso 3

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Gráfico 64 Variación torsional sismo X positivo caso 3

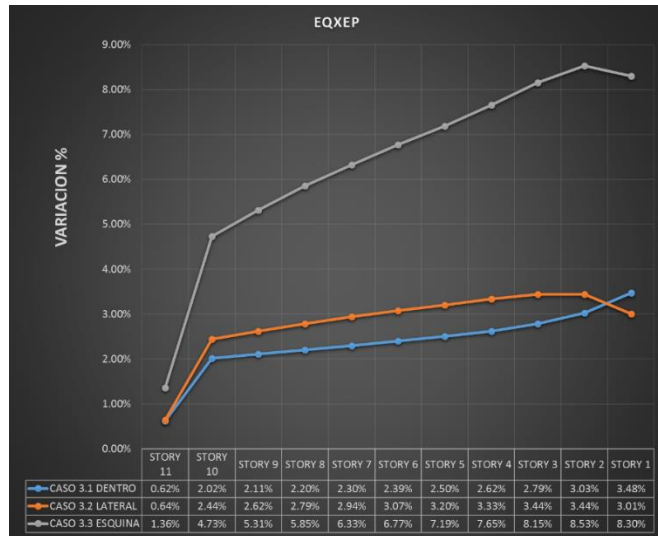


Gráfico 65 Variación torsional sismo X negativo caso 3

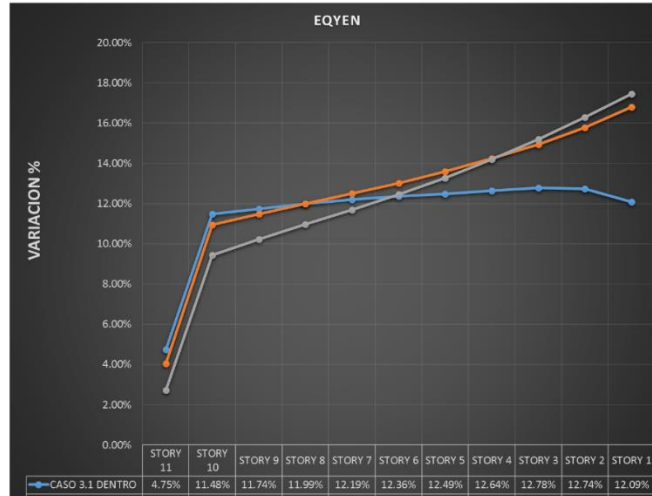
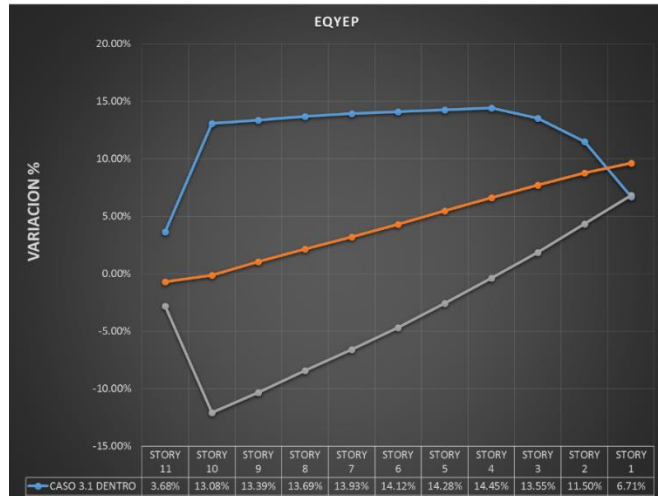
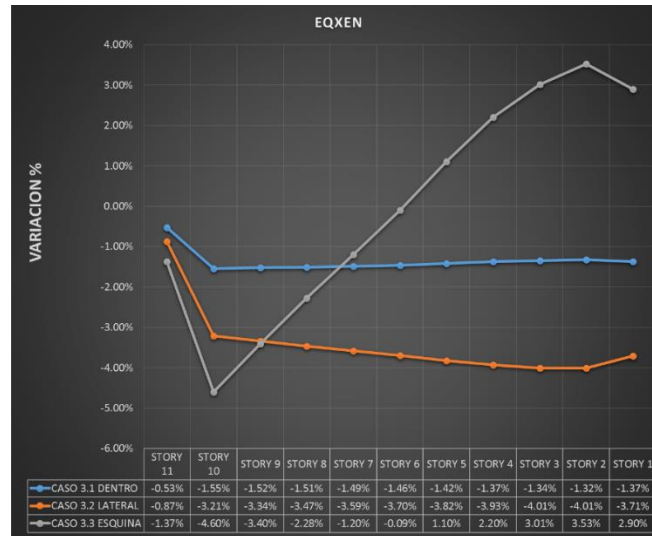


Gráfico 66 Variación torsional sismo Y positivo caso 3

Gráfico 67 Variación torsional sismo Y negativo caso 3

Gráfico 69 Variación torsional por ubicación de gradas sismo X positivo caso 3

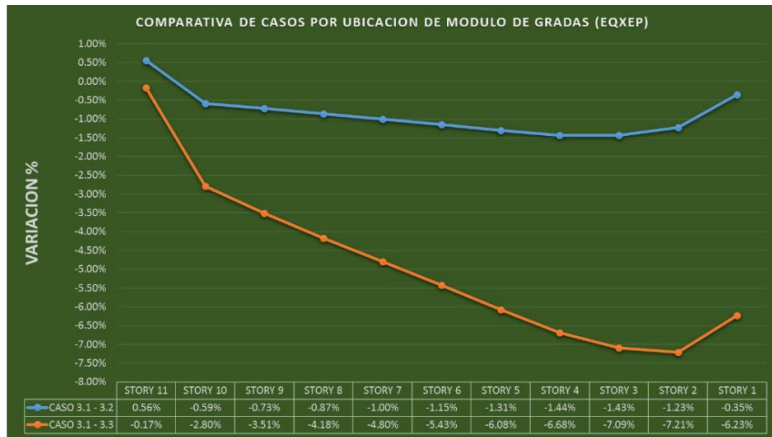


Gráfico 68 Variación torsional por ubicación de gradas sismo X negativo caso 3

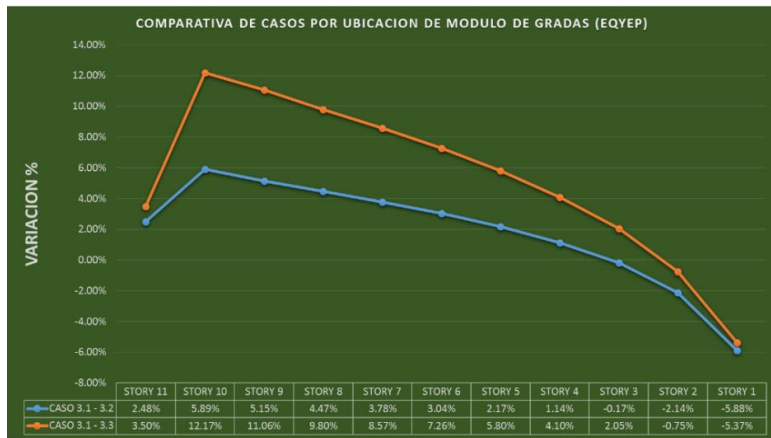
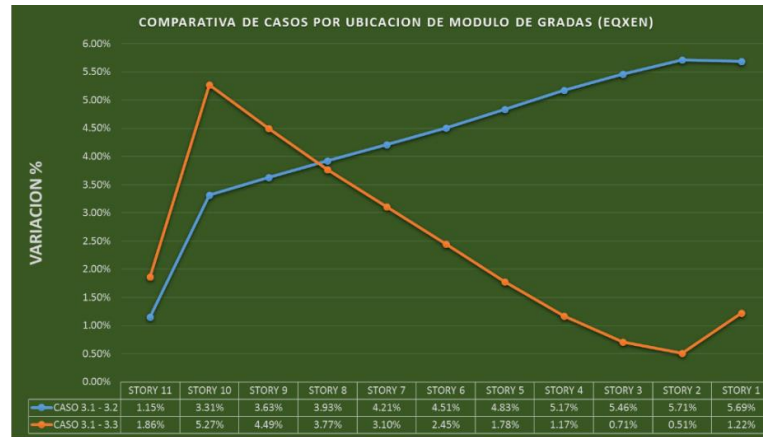


Gráfico 70 Variación torsional por ubicación de gradas sismo Y positivo caso 3

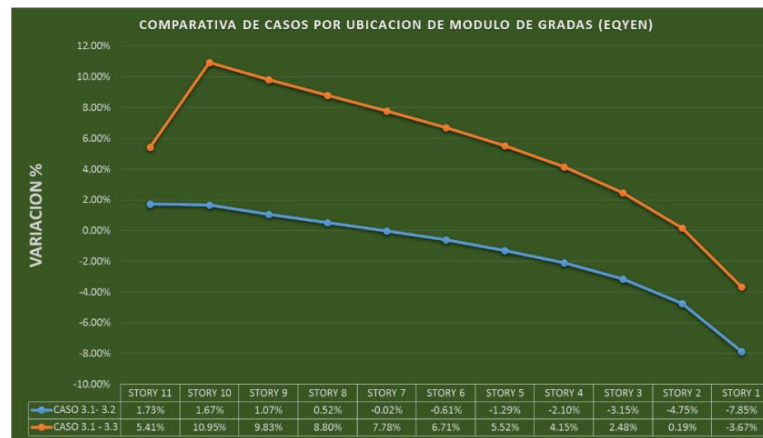


Gráfico 71 Variación torsional por ubicación de gradas sismo Y negativo caso 3

Gráficos anteriores Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.3.10 Variación de derivas caso 3.

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 3 CON GRADA - SIN GRADA/SIN GRADA			CASO 3 CON GRADA DENTRO - (LATERAL&ESQUINA) / DENTRO	
			CASO 3.1 DENTRO	CASO 3.2 LATERAL	CASO 3.3 ESQUINA	CASO 3.1 - 3.2	CASO 3.1 - 3.3
DERIVAS	EQXEP	STORY 11	31.06%	40.66%	44.12%	6.31%	15.79%
		STORY 10	14.32%	15.60%	21.44%	8.33%	11.32%
		STORY 9	7.38%	7.40%	1.39%	4.49%	16.57%
		STORY 8	3.65%	2.79%	0.80%	2.88%	8.85%
		STORY 7	1.52%	0.22%	0.42%	1.95%	4.72%
		STORY 6	-0.01%	-1.59%	0.10%	1.38%	2.01%
		STORY 5	-1.43%	-2.52%	0.08%	1.72%	0.13%
		STORY 4	-3.14%	-3.64%	-0.09%	2.03%	-1.75%
		STORY 3	-4.82%	-5.51%	-0.70%	1.76%	-3.80%
STORY 2	-6.80%	-7.46%	-1.42%	1.03%	-6.22%		
STORY 1	-8.98%	-7.57%	-2.03%	-3.30%	-10.04%		
DERIVAS	EQXEN	STORY 11	31.88%	39.56%	39.07%	1.01%	6.60%
		STORY 10	11.89%	15.55%	17.12%	1.99%	0.39%
		STORY 9	4.38%	4.79%	3.02%	2.86%	6.10%
		STORY 8	0.32%	-1.36%	-4.62%	3.97%	9.95%
		STORY 7	-2.03%	-4.80%	-8.92%	4.58%	12.33%
		STORY 6	-3.75%	-7.19%	-11.17%	5.10%	13.26%
		STORY 5	-5.24%	-8.57%	-8.70%	6.89%	11.11%
		STORY 4	-6.77%	-10.28%	-6.51%	9.11%	9.28%
		STORY 3	-8.53%	-12.71%	-6.12%	10.12%	7.00%
STORY 2	-10.59%	-15.11%	-5.67%	10.59%	4.32%		
STORY 1	-13.45%	-13.75%	-4.83%	3.70%	-0.98%		
DERIVAS	EQYEP	STORY 11	42.76%	22.04%	16.00%	-45.31%	-63.02%
		STORY 10	-5.50%	-0.13%	7.10%	-31.66%	-54.65%
		STORY 9	-4.43%	-9.13%	-2.56%	-20.96%	-43.58%
		STORY 8	-3.72%	-13.11%	-8.58%	-14.24%	-35.11%
		STORY 7	-3.21%	-11.10%	-12.41%	-14.07%	-28.73%
		STORY 6	-2.87%	-9.69%	-15.40%	-13.83%	-23.32%
		STORY 5	-2.67%	-8.07%	-17.29%	-13.81%	-18.72%
		STORY 4	-2.62%	-6.63%	-14.65%	-14.01%	-18.84%
		STORY 3	-2.65%	-5.75%	-12.43%	-14.21%	-19.00%
STORY 2	-2.64%	-5.06%	-10.12%	-14.36%	-19.07%		
STORY 1	-8.57%	-5.39%	-8.30%	-13.95%	-17.93%		
DERIVAS	EQYEN	STORY 11	38.71%	23.98%	18.86%	-36.32%	-58.20%
		STORY 10	-4.95%	-0.14%	9.85%	-14.38%	-38.17%
		STORY 9	-3.68%	1.76%	0.57%	-14.94%	-20.06%
		STORY 8	-2.78%	2.85%	3.25%	-14.78%	-16.53%
		STORY 7	-2.16%	3.42%	3.72%	-14.35%	-15.72%
		STORY 6	-1.74%	3.76%	3.97%	-13.93%	-14.99%
		STORY 5	-1.48%	4.00%	4.12%	-13.71%	-14.50%
		STORY 4	-1.38%	4.24%	4.33%	-13.70%	-14.36%
		STORY 3	-1.36%	4.43%	4.42%	-13.74%	-14.32%
STORY 2	-1.30%	4.68%	4.53%	-13.75%	-14.20%		
STORY 1	-1.20%	5.04%	4.39%	-13.73%	-13.62%		
			DIFERENCIAS ENTRE CONSIDERAR MODULO DE GRADAS Y SIN GRADAS			DIFERENCIAS POR UBICACIÓN DE MODULO DE GRADAS	

Tabla 31 Variación de derivas caso 3

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Gráfico 75 Variación derivas sismo X positivo caso 3

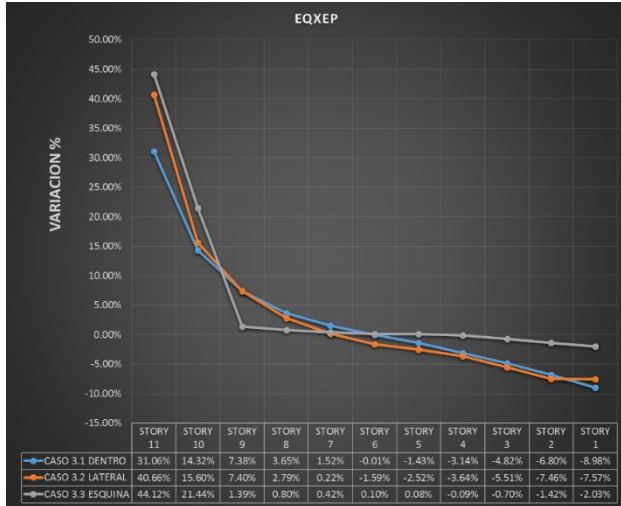


Gráfico 74 Variación derivas sismo X negativo caso 3

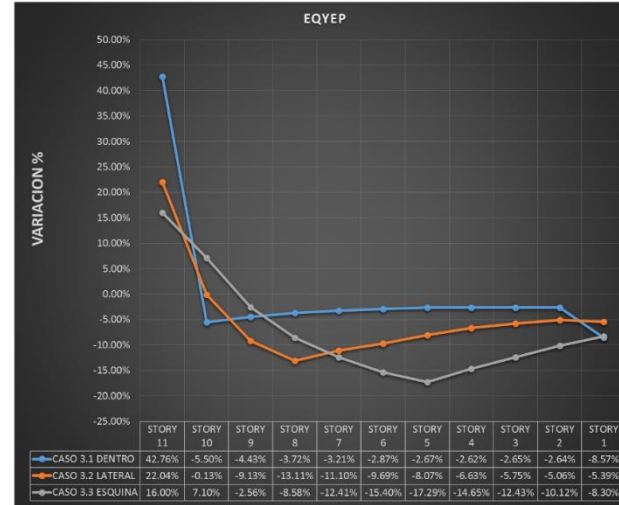
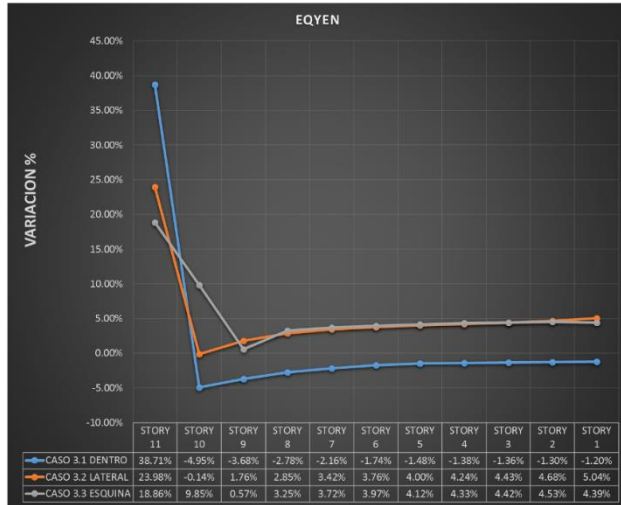
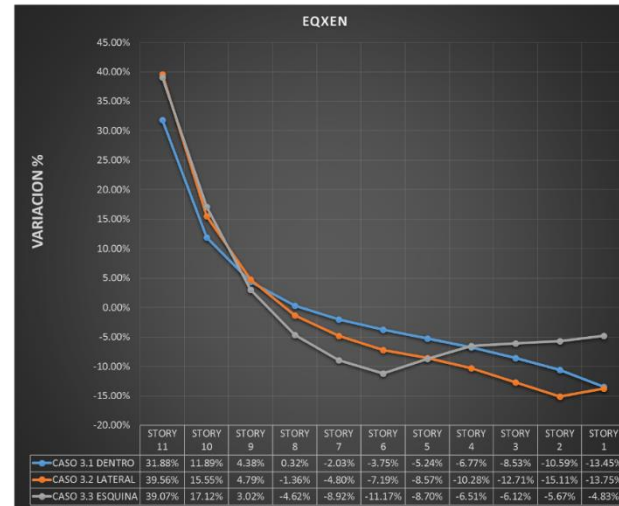


Gráfico 73 Variación derivas sismo Y positivo caso 3

Gráfico 72 Variación derivas sismo Y negativo caso 3

Gráfico 78 Variación derivas por ubicación de gradas sismo X positivo caso 3

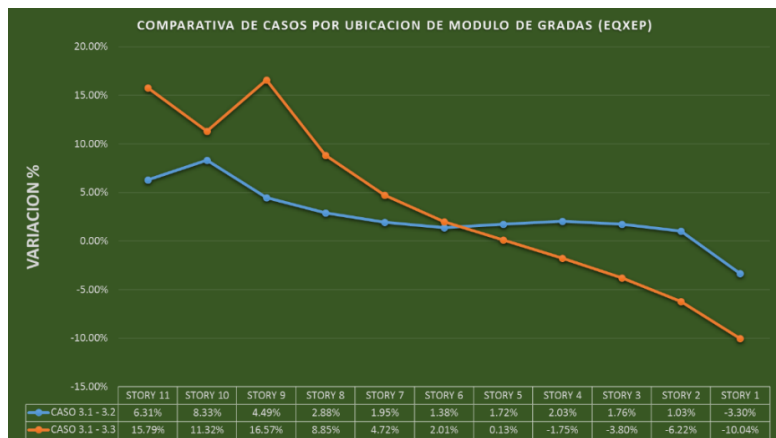


Gráfico 77 Variación derivas por ubicación de gradas sismo X negativo caso 3

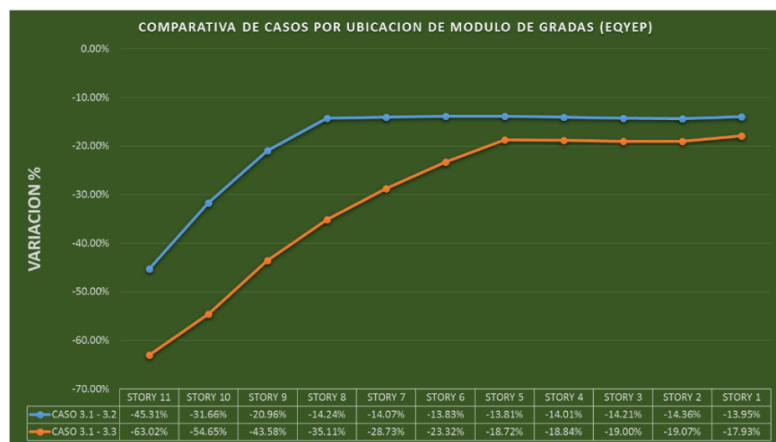
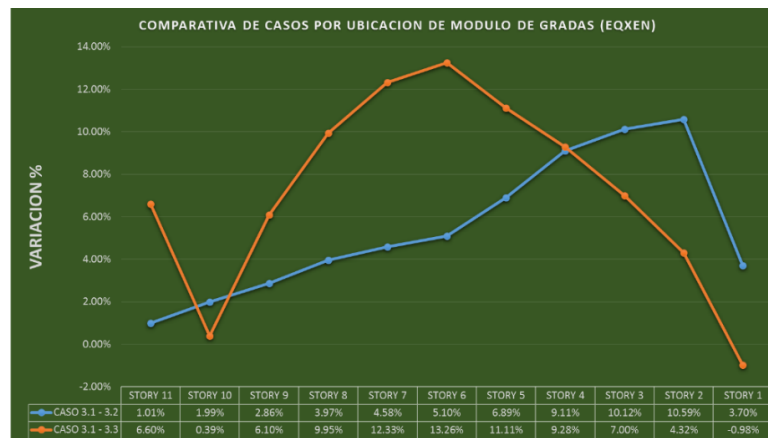


Gráfico 76 Variación derivas por ubicación de gradas sismo Y positivo caso 3

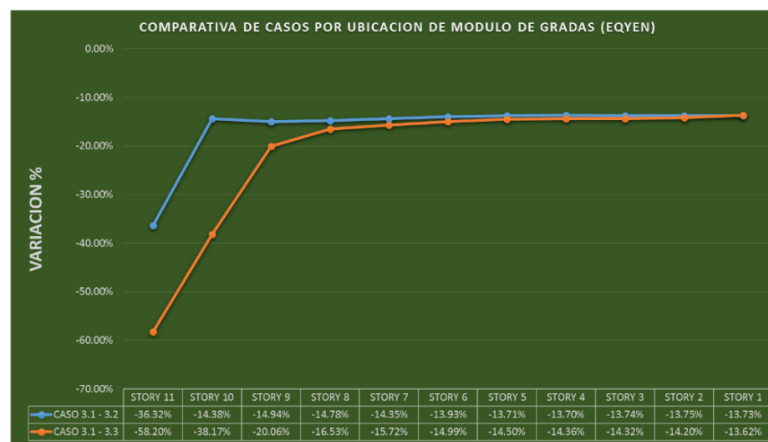


Gráfico 79 Variación derivas por ubicación de gradas sismo Y negativo caso 3

Gráficos anteriores Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4 Recopilación de datos estadísticos

4.4.1 Comprobación de hipótesis Caso 1

4.4.1.1 Centro de masa y centro de rigidez

		N1		10		N2		10		GRADOS DE LIBERTAD		18			
COMPARATIVA DE CASOS CON GRADA VRS SIN GRADA															
CASO	VARIABLE	MEDIA		DESVIACION ESTANDAR		SIGMA		VALOR t		VALOR t (0.05)		CONCLUSION t (0.05)	VALOR t (0.01)		CONCLUSION t (0.01)
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		X	Y	
CASO 1.1 / CM	CON GRADA	11.917	15.504	0.044	0.013	0.0397	0.0163	-16.5957	2.7730	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.878	2.878	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	12.211	15.484	0.031	0.017										
CASO 1.2 / CM	CON GRADA	12.434	15.419	0.050	0.009	0.0467	0.0082	38.0987	-20.1914	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.878	2.878	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	11.639	15.493	0.038	0.006										
CASO 1.3 / CM	CON GRADA	12.430	14.632	0.050	0.050	0.0555	0.0552	-0.5218	0.5952	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.878	2.878	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	12.443	14.617	0.055	0.054										

CASO 1.1 / CR	CON GRADA	13.445	15.502	0.308	0.012	0.257	0.009	9.137	-13.408	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.878	2.878	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	12.397	15.557	0.153	0.004										
CASO 1.2 / CR	CON GRADA	13.529	15.287	0.182	0.042	0.180	0.032	14.085	-9.637	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.878	2.878	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	12.398	15.426	0.157	0.012										
CASO 1.3 / CR	CON GRADA	13.372	13.636	0.283	0.221	0.231	0.175	7.497	-10.638	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.878	2.878	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	12.597	14.466	0.126	0.077										

Tabla 32 Comprobación de hipótesis centro de masas y de rigidez caso 1

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4.1.2 Derivas

N1 10 N2 10 GRADOS DE LIBERTAD 18

COMPARATIVA DE CASOS CON GRADA VRS SIN GRADA															
CASO	VARIABLE	MEDIA		DESVIACION ESTANDAR		SIGMA		VALOR t		VALOR t (0.05)		CONCLUSION t (0.05)	VALOR t (0.01)		CONCLUSION t (0.01)
		X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+		X+	Y+	
CASO 1.1 / DERIVA	CON GRADA	0.0009	0.0008	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	-0.2998	-0.9317	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0009	0.0009	0.0003	0.0003										
CASO 1.2 / DERIVA	CON GRADA	0.0008	0.0009	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	-0.2750	-0.4419	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0009	0.0009	0.0003	0.0002										
CASO 1.3 / DERIVA	CON GRADA	0.0009	0.0009	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0765	-0.3631	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0009	0.0009	0.0003	0.0003										

		X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-		X-	Y-	
CASO 1.1 / DERIVA	CON GRADA	0.0008	0.0009	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	-0.4496	-0.1994	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0009	0.0009	0.0003	0.0003										
CASO 1.2 / DERIVA	CON GRADA	0.0008	0.0010	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	-0.3651	-0.2142	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0009	0.0010	0.0003	0.0003										
CASO 1.3 / DERIVA	CON GRADA	0.0008	0.0010	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	-0.8366	0.0641	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0008	0.0009	0.0002	0.0003										

Tabla 33 Comprobación de hipótesis de derivas caso 1

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4.1.3 Irregularidad torsional

N1 10 N2 10 GRADOS DE LIBERTAD 18

COMPARATIVA DE CASOS CON GRADA VRS SIN GRADA

CASO	VARIABLE	MEDIA		DESVIACION ESTANDAR		SIGMA		VALOR t		VALOR t (0.05)		CONCLUSION t (0.05)	VALOR t (0.01)		CONCLUSION t (0.01)
		X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+				
CASO 1.1 / IRRE TOR	CON GRADA	1.142	1.026	0.005	0.007	0.0040	0.0060	5.9876	-14.3309	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.132	1.062	0.003	0.003										
CASO 1.2 / IRRE TOR	CON GRADA	1.150	1.026	0.002	0.008	0.0023	0.0062	6.1077	1.4326	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.144	1.022	0.002	0.002										
CASO 1.3 / IRRE TOR	CON GRADA	1.184	1.014	0.011	0.013	0.0088	0.0109	15.6659	-15.3080	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.126	1.085	0.003	0.007										

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

		X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-		X-	Y-	
CASO 1.1 / IRRE TOR	CON GRADA	1.135	1.169	0.004	0.007	0.0036	0.0060	-7.6868	35.3400	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.147	1.079	0.003	0.003										
CASO 1.2 / IRRE TOR	CON GRADA	1.125	1.165	0.004	0.010	0.0033	0.0075	-5.9715	18.3086	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.133	1.107	0.003	0.002										
CASO 1.3 / IRRE TOR	CON GRADA	1.028	1.128	0.014	0.014	0.0116	0.0116	-18.0269	8.8003	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.117	1.085	0.006	0.006										

Tabla 34 Comprobación de hipótesis irregularidad torsional caso 1

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4.1.4 Radios de diseño de columnas

N1 37.5 N2 37.5 GRADOS DE LIBERTAD 73

COMPARATIVA DE CASOS CON GRADA VRS SIN GRADA									
CASO	VARIABLE	MEDIA	ESVIACION ESTANDA	SIGMA	VALOR t	VALOR t (0.05)	CONCLUSION t (0.05)	VALOR t (0.01)	CONCLUSION t (0.01)
CASO 1.1 / RADIO COL	CON GRADA	0.694	0.105	0.10122172	-0.1609	1.9930	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.644868782	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.698	0.095						
CASO 1.2 / RADIO COL	CON GRADA	0.711	0.113	0.10550745	0.7904	1.9930	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.644868782	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.692	0.094						
CASO 1.3 / RADIO COL	CON GRADA	0.719	0.102	0.09711004	1.0720	1.9930	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.644868782	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.696	0.089						

Tabla 35 Comprobación de hipótesis radios de diseño caso 1

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4.2 Comprobación de hipótesis caso 2

4.4.2.1 Centro de masas y centro de rigidez

N1 10 N2 10 GRADOS DE LIBERTAD 18

COMPARATIVA DE CASOS CON GRADA VRS SIN GRADA															
CASO	VARIABLE	MEDIA		DESVIACION ESTANDAR		SIGMA		VALOR t		VALOR t (0.05)		CONCLUSION t (0.05)	VALOR t (0.01)		CONCLUSION t (0.01)
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y				
CASO 2.1 / CM	CON GRADA	10.245	9.504	0.029	0.023	0.032	0.024	1.136	-0.105	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	10.229	9.505	0.031	0.023										
CASO 2.2 / CM	CON GRADA	11.073	9.363	0.066	0.014	0.070	0.015	0.954	-0.555	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	11.043	9.367	0.067	0.014										
CASO 2.3 / CM	CON GRADA	11.070	8.699	0.067	0.049	0.071	0.052	0.997	-0.808	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	11.039	8.718	0.067	0.050										

Comprobación de hipótesis centro de masas y de rigidez caso 1															
CASO 2.1 / CR	CON GRADA	12.156	9.530	0.320	0.011	0.274	0.011	9.341	-14.470	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	11.010	9.600	0.183	0.009										
CASO 2.2 / CR	CON GRADA	12.856	9.165	0.257	0.057	0.219	0.044	13.980	-10.315	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	11.485	9.370	0.144	0.018										
CASO 2.3 / CR	CON GRADA	12.636	7.804	0.389	0.194	0.316	0.155	9.048	-11.299	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	11.359	8.586	0.168	0.073										

Tabla 36 Comprobación de hipótesis centro de masas y de rigidez caso 1

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4.2.2 Derivas

N1 10 N2 10 GRADOS DE LIBERTAD 18

COMPARATIVA DE CASOS CON GRADA VRS SIN GRADA															
CASO	VARIABLE	MEDIA		DESVIACION ESTANDAR		SIGMA		VALOR t		VALOR t (0.05)		CONCLUSION t (0.05)	VALOR t (0.01)		CONCLUSION t (0.01)
		X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+		X+	Y+	
CASO 2.1 / DERIVA	CON GRADA	0.0007	0.0007	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	-0.2372	-0.3891	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0008	0.0008	0.0003	0.0003										
CASO 2.2 / DERIVA	CON GRADA	0.0007	0.0008	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	-0.1275	-0.7112	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0007	0.0009	0.0003	0.0003										
CASO 2.3 / DERIVA	CON GRADA	0.0007	0.0009	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0480	-0.6142	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0007	0.0010	0.0003	0.0003										

		X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-		X-	Y-	
CASO 2.1 / DERIVA	CON GRADA	0.0007	0.0009	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	-0.4075	-0.2420	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0008	0.0009	0.0003	0.0003										
CASO 3.2 / DERIVA	CON GRADA	0.0007	0.0010	0.0002	0.0004	0.0002	0.0004	-0.4570	0.1468	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0007	0.0010	0.0002	0.0003										
CASO 3.3 / DERIVA	CON GRADA	0.0007	0.0010	0.0002	0.0003	0.0002	0.0004	-0.5125	0.1607	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0007	0.0010	0.0002	0.0003										

Tabla 37 Comprobación de hipótesis derivas caso 2

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4.2.3 Irregularidad torsional

N1 10 N2 10 GRADOS DE LIBERTAD 18

COMPARATIVA DE CASOS CON GRADA VRS SIN GRADA															
CASO	VARIABLE	MEDIA		DESVIACION ESTANDAR		SIGMA		VALOR t		VALOR t (0.05)		CONCLUSION t (0.05)	VALOR t (0.01)		CONCLUSION t (0.01)
		X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+		X+	Y+	
CASO 2.1 / IRRE TOR	CON GRADA	1.096	1.102	0.007	0.010	0.005	0.008	6.654	26.432	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.080	1.017	0.003	0.003										
CASO 2.2 / IRRE TOR	CON GRADA	1.109	1.059	0.006	0.018	0.005	0.015	10.947	-2.484	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.085	1.075	0.003	0.010										
CASO 2.3 / IRRE TOR	CON GRADA	1.154	1.064	0.017	0.028	0.014	0.022	12.326	-6.052	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.083	1.121	0.006	0.010										

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

		X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-		X-	Y-	
CASO 2.1 / IRRE TOR	CON GRADA	1.088	1.273	0.005	0.010	0.005	0.008	-5.913	38.291	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.101	1.149	0.005	0.003										
CASO 2.2 / IRRE TOR	CON GRADA	1.057	1.275	0.003	0.025	0.003	0.020	-24.178	14.746	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.087	1.152	0.002	0.008										
CASO 2.3 / IRRE TOR	CON GRADA	1.039	1.228	0.017	0.034	0.013	0.027	-4.969	9.356	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.066	1.121	0.005	0.014										

Tabla 38 Comprobación de hipótesis irregularidad torsional caso 2

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4.2.4 Radios de diseño de columnas

		N1	22.5	N2	22.5	GRADOS DE LIBERTAD	43		
COMPARATIVA DE CASOS CON GRADA VRS SIN GRADA									
CASO	VARIABLE	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	SIGMA	VALOR t	VALOR t (0.05)	CONCLUSION t (0.05)	VALOR t (0.01)	CONCLUSION t (0.01)
CASO 2.1/ RADIO COL	CON GRADA	0.64695	0.12808	0.12305	0.40305	2.01669	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.695102079	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.63250	0.11196						
CASO 2.2/ RADIO COL	CON GRADA	0.70370	0.12499	0.11921	0.60946	2.01669	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.695102079	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.68252	0.10741						
CASO 2.3/ RADIO COL	CON GRADA	0.74427	0.10563	0.10843	0.71629	2.01669	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.695102079	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.72164	0.10636						

Tabla 39 Comprobación de hipótesis radios de diseño de columnas caso 2

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4.3 Comprobación de hipótesis caso 3

4.4.3.1 Centro de masas y centro de rigidez

N1 10 N2 10 GRADOS DE LIBERTAD 18

COMPARATIVA DE CASOS CON GRADA VRS SIN GRADA

CASO	VARIABLE	MEDIA		DESVIACION ESTANDAR		SIGMA		VALOR t		VALOR t (0.05)		CONCLUSION t (0.05)	VALOR t (0.01)		CONCLUSION t (0.01)
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		X	Y	
CASO 3.1 / CM	CON GRADA	8.649	7.513	0.041	0.018	0.044	0.019	0.893	-0.189	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	8.632	7.515	0.042	0.018										
CASO 3.2 / CM	CON GRADA	9.758	7.308	0.079	0.017	0.084	0.018	0.950	-0.640	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	9.722	7.313	0.081	0.017										
CASO 3.3 / CM	CON GRADA	9.654	6.715	0.089	0.052	0.095	0.055	0.870	-0.735	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	9.617	6.734	0.091	0.053										

CASO 3.1/ CR	CON GRADA	10.437	7.576	0.210	0.025	0.200	0.026	11.499	-8.777	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	9.410	7.679	0.166	0.025										
CASO 3.2/ CR	CON GRADA	11.773	7.094	0.255	0.040	0.193	0.033	17.191	-14.360	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	10.288	7.308	0.046	0.020										
CASO 3.3/ CR	CON GRADA	11.170	5.796	0.568	0.169	0.455	0.132	7.020	-12.075	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	9.741	6.511	0.223	0.055										

Tabla 40 Comprobación de hipótesis centro de masas y de rigidez caso 3

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4.3.2 Derivas

N1 10 N2 10 GRADOS DE LIBERTAD 18

COMPARATIVA DE CASOS CON GRADA VRS SIN GRADA															
CASO	VARIABLE	MEDIA		DESVIACION ESTANDAR		SIGMA		VALOR t		VALOR t (0.05)		CONCLUSION t (0.05)	VALOR t (0.01)		CONCLUSION t (0.01)
		X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+		X+	Y+	
CASO 3.1 / DERIVA	CON GRADA	0.0007	0.0007	0.000201	0.000264	0.0002	0.0003	-0.1269	-0.2171	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0007	0.0007	0.000234	0.000263										
CASO 3.2 / DERIVA	CON GRADA	0.0007	0.0008	0.000205	0.000218	0.0002	0.0002	-0.1666	-0.6375	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0007	0.0008	0.000241	0.000230										
CASO 3.3 / DERIVA	CON GRADA	0.0007	0.0009	0.000236	0.000157	0.0003	0.0002	0.0242	-0.4532	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0007	0.0009	0.000251	0.000226										

		X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-		X-	Y-	
CASO 3.1 / DERIVA	CON GRADA	0.0007	0.0008	0.00019995	0.00026417	0.0002	0.0003	-0.4044	-0.1319	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0007	0.0008	0.00024498	0.00026281										
CASO 3.2 / DERIVA	CON GRADA	0.0007	0.0010	0.00017412	0.00030374	0.0002	0.0003	-0.6280	0.2655	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0007	0.0009	0.00023310	0.00028456										
CASO 3.3 / DERIVA	CON GRADA	0.0007	0.0010	0.00018431	0.00027169	0.0002	0.0003	-0.4240	0.3310	2.1009	2.1009	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.0007	0.0009	0.00021775	0.00026105										

Tabla 41 Comprobación de hipótesis derivas caso 3

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4.3.3 Irregularidad torsional

N1 10 N2 10 GRADOS DE LIBERTAD 18

COMPARATIVA DE CASOS CON GRADA VRS SIN GRADA															
CASO	VARIABLE	MEDIA		DESVIACION ESTANDAR		SIGMA		VALOR t		VALOR t (0.05)		CONCLUSION t (0.05)	VALOR t (0.01)		CONCLUSION t (0.01)
		X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+	X+	Y+		X+	Y+	
CASO 3.1 / IRRE TOR	CON GRADA	1.094	1.138	0.004	0.011	0.003	0.010	20.689	31.027	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.067	1.008	0.001	0.008										
CASO 3.2 / IRRE TOR	CON GRADA	1.105	1.118	0.006	0.031	0.005	0.023	15.634	5.246	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.072	1.066	0.002	0.005										
CASO 3.3 / IRRE TOR	CON GRADA	1.153	1.075	0.021	0.053	0.016	0.042	10.942	-1.868	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.079	1.108	0.006	0.018										

		X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-	X-	Y-		X-	Y-	
CASO 3.1 / IRRE TOR	CON GRADA	1.082	1.324	0.005	0.011	0.005	0.010	-7.254	34.604	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.098	1.180	0.004	0.008										
CASO 3.2 / IRRE TOR	CON GRADA	1.032	1.346	0.005	0.035	0.004	0.027	-24.636	13.838	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.072	1.185	0.002	0.011										
CASO 3.3 / IRRE TOR	CON GRADA	1.056	1.254	0.023	0.057	0.018	0.046	0.136	7.418	2.101	2.101	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa	2.87844047	2.87844047	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta fuera del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% no se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto si hay diferencia significativa
	SIN GRADA	1.055	1.108	0.008	0.025										

Tabla 42 Comprobación de hipótesis irregularidad torsional caso 3

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4.3.4 Radios de diseño de columnas

N1 22.5 N2 22.5 GRADOS DE LIBERTAD 43

COMPARATIVA DE CASOS CON GRADA VRS SIN GRADA									
CASO	VARIABLE	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	SIGMA	VALOR t	VALOR t (0.05)	CONCLUSION t (0.05)	VALOR t (0.01)	CONCLUSION t (0.01)
CASO 3.1 / RADIO COL	CON GRADA	0.647	0.128	0.123	0.403	2.017	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.695102079	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.633	0.112						
CASO 3.2 / RADIO COL	CON GRADA	0.704	0.125	0.119	0.609	2.017	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.695102079	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.683	0.107						
CASO 3.3 / RADIO COL	CON GRADA	0.744	0.106	0.108	0.716	2.017	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 5% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa	2.695102079	Dado que el valor de la variable t estandarizada de la prueba basada en los datos tanto en X como en Y esta dentro del rango se concluye que a un nivel de significancia de 1% se acepta la hipótesis de que la media poblacional es 0 y por tanto no hay diferencia significativa
	SIN GRADA	0.722	0.106						

Tabla 43 Comprobación de hipótesis radios de diseño de columnas caso 3

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4.4 Regresión

4.4.4.1 Análisis de regresión para variable de centro de rigidez

REGRESION DE CENTRO DE RIGIDEZ				
			MEDIA (X)	MEDIA (Y)
CASO DENTRO	AREA EDIFICIO (m2)	RELACION EDIF/GRADA	D.C/S. (CR)	D.C/S. (CR)
3.1	240.00	12.00	10.907%	-1.339%
2.1	361.00	18.05	10.394%	-0.726%
1.1	713.00	35.65	8.453%	-0.356%
AREA DE GRADA (m2)	20.00			

Tabla 44 Regresión ubicación de gradas dentro Fuente: (Elaboración propia, 2021)

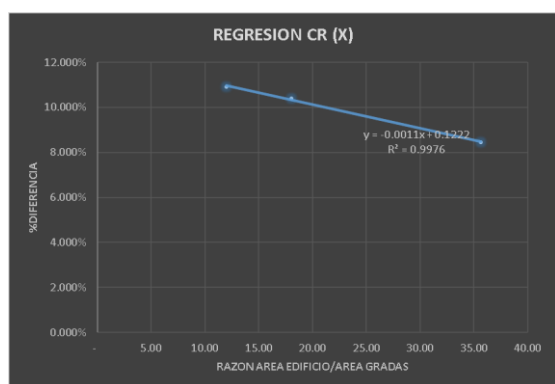


Gráfico 80 Regresión CR X dentro

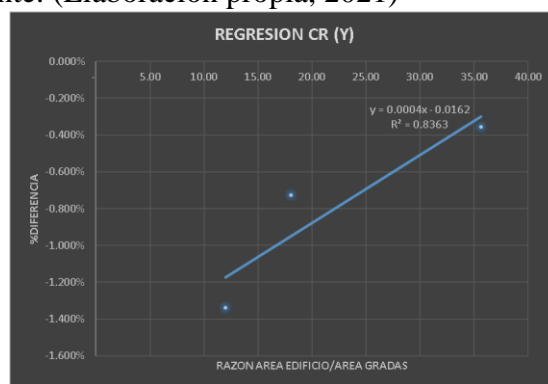


Gráfico 81 Regresión CR Y dentro

REGRESION DE CENTRO DE RIGIDEZ				
			MEDIA (X)	MEDIA (Y)
CASO LATERAL	AREA EDIFICIO (m2)	RELACION EDIF/GRADA	D.C/S. (CR)	D.C/S. (CR)
3.2	240.00	12.00	14.430%	-2.925%
2.2	361.00	18.05	11.936%	-2.182%
1.2	713.00	35.65	9.132%	-0.901%
AREA DE GRADA (m2)	20.00			

Tabla 45 Regresión ubicación de gradas lateral

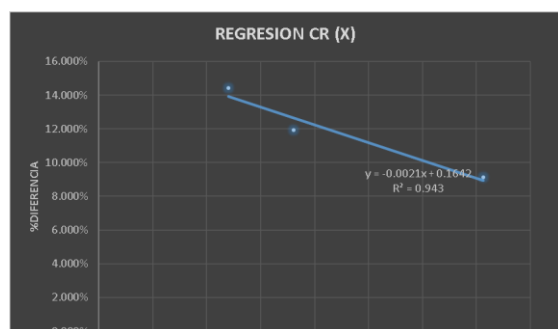


Gráfico 82 Regresión CR X lateral

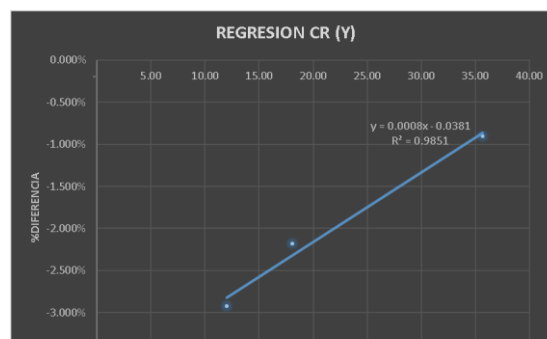


Gráfico 83 Regresión CR Y lateral

REGRESION DE CENTRO DE RIGIDEZ				
			MEDIA (X)	MEDIA (Y)
CASO ESQUINA	AREA EDIFICIO (m2)	RELACION EDIF/GRADA	D.C/S. (CR)	D.C/S. (CR)
3.3	240.00	12.00	14.597%	-10.990%
2.3	361.00	18.05	11.229%	-9.110%
1.3	713.00	35.65	6.144%	-5.744%
AREA DE GRADA (m2)	20.00			

Tabla 46 Regresión ubicación de gradas esquina

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

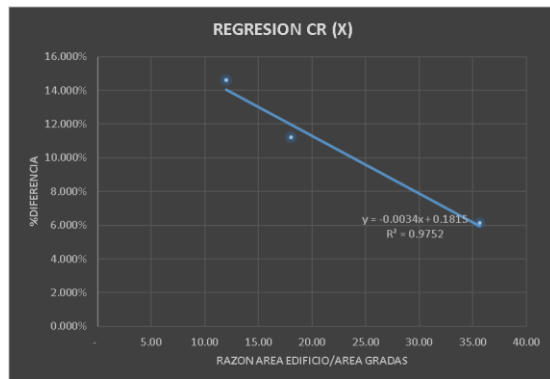


Gráfico 84 Regresión CR X esquina

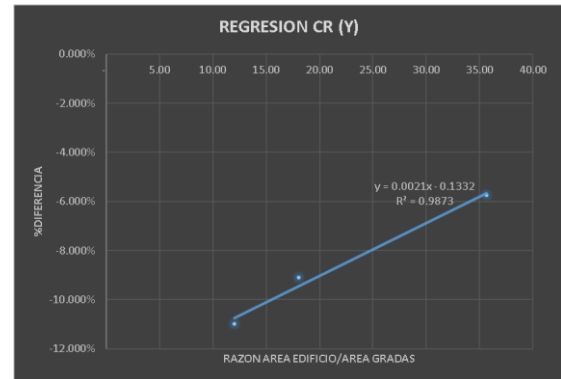


Gráfico 85 Regresión CR Y esquina

Gráficos anteriores Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.4.4.2 Análisis de regresión para variable de irregularidad torsional

REGRESION DE IRREGULARIDAD TORSIONAL						
			MEDIA (X+)	MEDIA (X-)	MEDIA (Y+)	MEDIA (Y-)
CASO DENTRO	AREA EDIFICIO (m2)	RELACION EDIF/GRADA	D.C/S. (IT)	D.C/S. (IT)	D.C/S. (IT)	D.C/S. (IT)
3.1	240.00	12.00	2.542%	-1.434%	12.87%	12.25%
2.1	361.00	18.05	1.422%	-1.157%	8.42%	10.76%
1.1	713.00	35.65	0.903%	-1.027%	-3.41%	8.30%
AREA DE GRADA (m2)	20.00					

Tabla 47 Regresión irregularidad torsional ubicación de gradas dentro

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

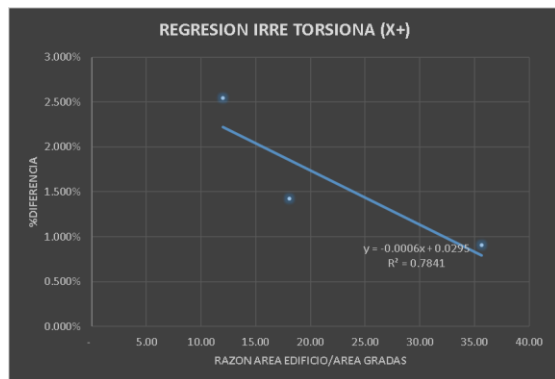


Gráfico 86 Regresión torsional X+ dentro

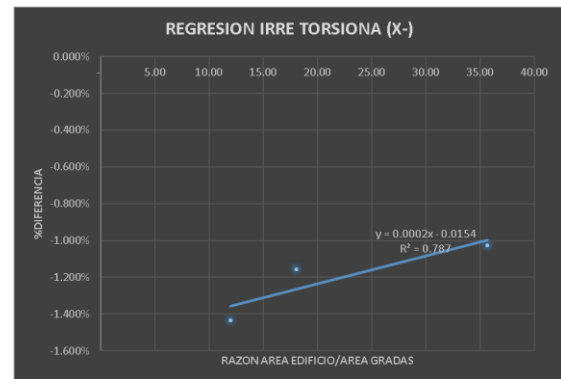


Gráfico 87 Regresión torsional X- dentro

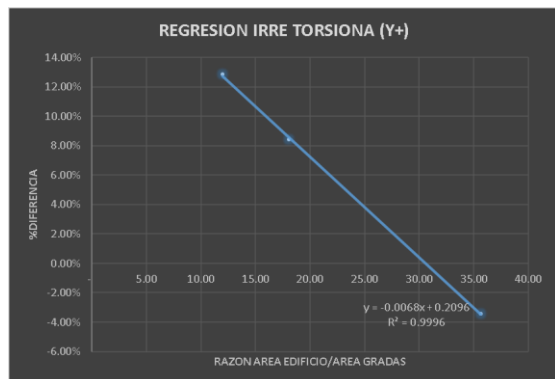


Gráfico 88 Regresión torsional Y+ dentro

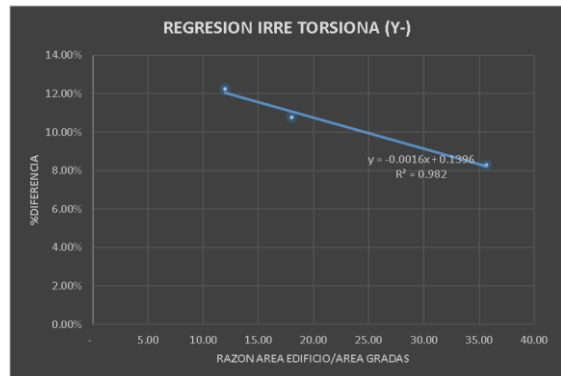


Gráfico 89 Regresión torsional Y- dentro

Gráficos anteriores Fuente: (Elaboración propia, 2021)

REGRESION DE IRREGULARIDAD TORSIONAL						
CASO LATERAL	AREA EDIFICIO (m2)	RELACION EDIF/GRADA	MEDIA (X+)	MEDIA (X-)	MEDIA (Y+)	MEDIA (Y-)
			D.C/S. (IT)	D.C/S. (IT)	D.C/S. (IT)	D.C/S. (IT)
3.2	240.00	12.00	3.028%	-3.680%	4.89%	13.53%
2.2	361.00	18.05	2.238%	-2.777%	-1.46%	10.65%
1.2	713.00	35.65	0.515%	-0.728%	0.37%	5.23%
AREA DE GRADA (m2)	20.00					

Tabla 48 Regresión irregularidad torsional ubicación de gradas lateral

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

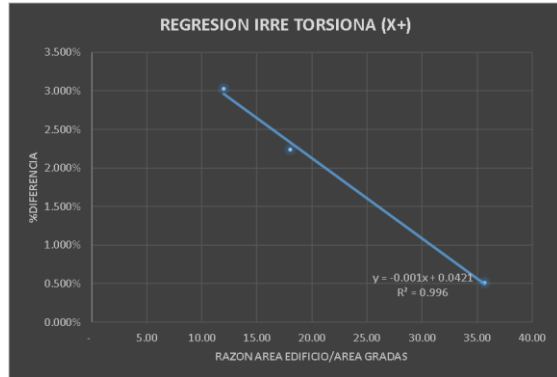


Gráfico 92 Regresión torsional X+ lateral

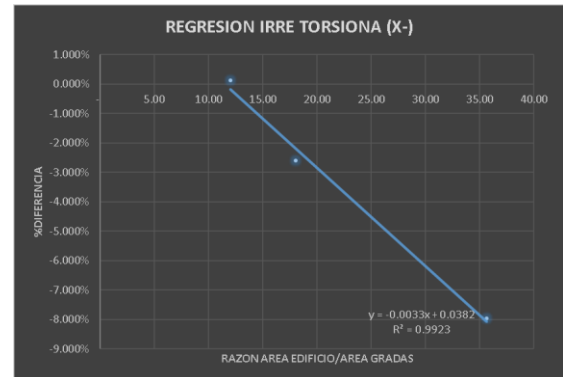


Gráfico 90 Regresión torsional X- lateral

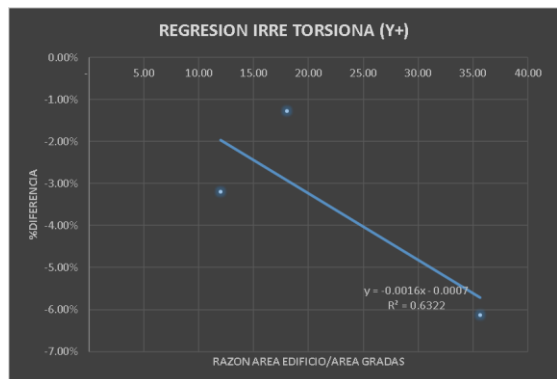


Gráfico 91 Regresión torsional Y+ lateral

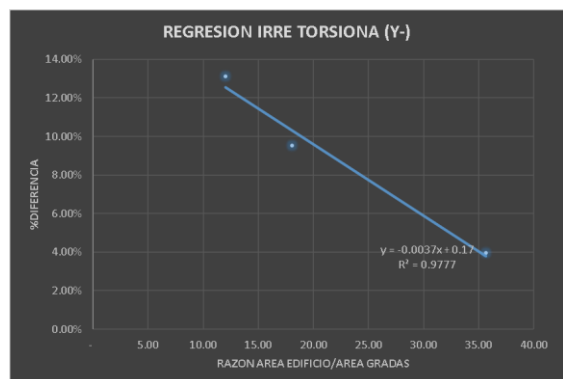


Gráfico 93 Regresión torsional Y- lateral

Gráficos anteriores Fuente: (Elaboración propia, 2021)

REGRESION DE IRREGULARIDAD TORSIONAL						
CASO ESQUINA	AREA EDIFICIO (m2)	RELACION EDIF/GRADA	MEDIA (X+)	MEDIA (X-)	MEDIA (Y+)	MEDIA (Y-)
			D.C/S. (IT)	D.C/S. (IT)	D.C/S. (IT)	D.C/S. (IT)
3.3	240.00	12.00	6.880%	0.117%	-3.19%	13.12%
2.3	361.00	18.05	6.575%	-2.601%	-1.27%	9.54%
1.3	713.00	35.65	5.168%	-7.966%	-6.13%	3.98%
AREA DE GRADA (m2)	20.00					

Tabla 49 Regresión irregularidad torsional ubicación de gradas esquina

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

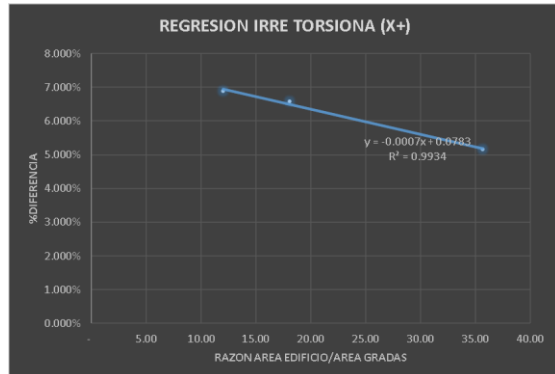


Gráfico 95 Regresión torsional X+ esquina

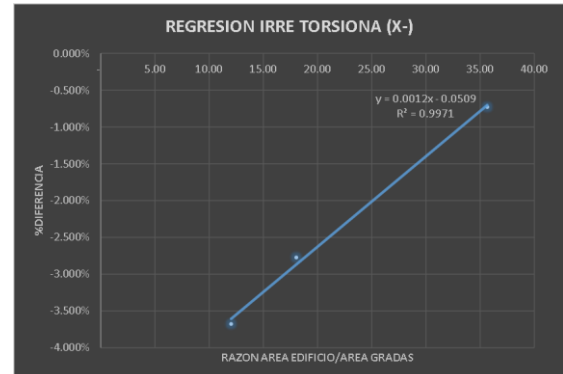


Gráfico 96 Regresión torsional X- esquina

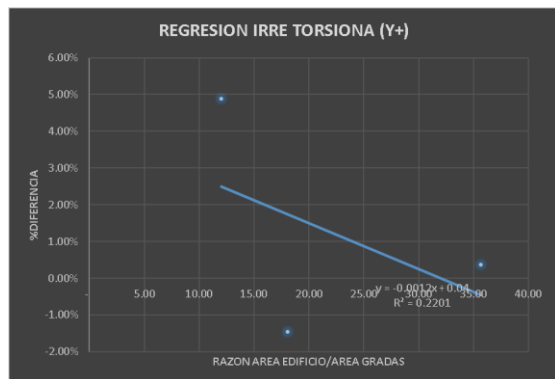


Gráfico 94 Regresión torsional Y+ esquina

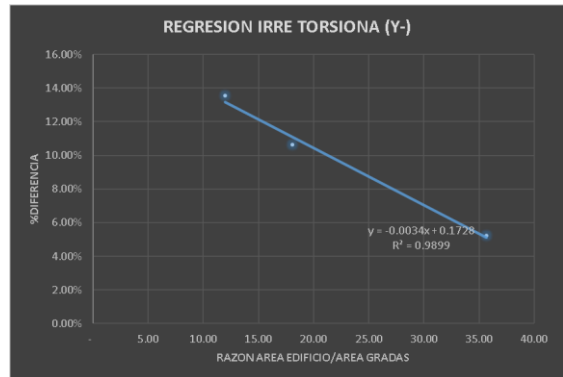


Gráfico 97 Regresión torsional Y- esquina

Gráficos anteriores Fuente: (Elaboración propia, 2021)

4.5 Discusión de resultados

4.5.1 Periodo estático, periodo dinámico, centro de masas, centro de rigidez

VARIABLE	STORY	CASO 1 CON GRADA					
		CASO 1.1 DENTRO		CASO 1.2 LATERAL		CASO 1.3 ESQUINA	
		X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)
PERIODO TA		1.1301138	1.1301138	1.1301138	1.1301138	1.1301138	1.1301138
PERIODO DINAMICO		1.4175519	1.4720928	1.398871	1.5369711	1.4142924	1.5381448
SENTIDO		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
CENTRO DE MASAS	STORY 1	11.9040	15.5072	12.43957	15.419169	12.435602	14.606715
	STORY 2	11.8789	15.5060	12.400724	15.419984	12.395316	14.638184
	STORY 3	11.8789	15.5060	12.400724	15.419984	12.395316	14.638184
	STORY 4	11.8789	15.5060	12.400724	15.419984	12.395316	14.638184
	STORY 5	11.9193	15.5094	12.425777	15.423737	12.422868	14.660071
	STORY 6	11.9193	15.5094	12.425777	15.423737	12.422868	14.660071
	STORY 7	11.9193	15.5094	12.425777	15.423737	12.422868	14.660071
	STORY 8	11.9193	15.5094	12.425777	15.423737	12.422868	14.660071
	STORY 9	11.9193	15.5094	12.425777	15.423737	12.422868	14.660071
	STORY 10	12.0290	15.4661	12.570685	15.39377	12.566993	14.497115

Ilustración 69 Resultados periodos, centro de masas y centro de rigidez


Fuente: (Elaboración propia, 2021)

1. Aplica para caso 1,2 y 3, con y sin gradas.
2. Aplica también para centro de rigidez.
3. Sentido X y Y.

Para el caso 1 tenemos un área de 23m en el sentido X, y 31m en el sentido Y.

Se puede notar que la ubicación del módulo de gradas desplaza la posición del centro de masas.

4.5.2 Derivas



VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 1 CON GRADA		
			CASO 1.1 DENTRO	CASO 1.2 LATERAL	CASO 1.3 ESQUINA
DERIVAS	EQXEP	STORY 10	0.0004	0.0003	0.0003
		STORY 9	0.0006	0.0005	0.0005
		STORY 8	0.0007	0.0007	0.0007
		STORY 7	0.0009	0.0009	0.0009
		STORY 6	0.0010	0.0010	0.0010
		STORY 5	0.0010	0.0010	0.0011
		STORY 4	0.0010	0.0010	0.0011
		STORY 3	0.0011	0.0011	0.0011
		STORY 2	0.0011	0.0011	0.0012
		STORY 1	0.0008	0.0008	0.0008




Ilustración 70 Derivas

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

1. Aplica para caso 1,2 y 3, con y sin gradas.
2. Aplica para EQXEP, EQXEN, EQYEP, EQYEN
 - EQ = fuerza sísmica
 - X ó Y = sentido de la fuerza
 - EP = excentricidad positiva
 - EN = excentricidad negativa

Para el caso 1 tenemos un área de 23m en el sentido X, y 31m en el sentido Y.

Se puede notar que para EQXEP las derivas dan valores bien cercanos independientemente de la ubicación del módulo de gradas.

4.5.3 Irregularidad torsional

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 1 CON GRADA		
			CASO 1.1 DENTRO	CASO 1.2 LATERAL	CASO 1.3 ESQUINA
IRRE TORSIONAL	EQXEP	STORY 10	1.14	1.15	1.16
		STORY 9	1.14	1.15	1.17
		STORY 8	1.14	1.15	1.18
		STORY 7	1.14	1.15	1.18
		STORY 6	1.14	1.15	1.19
		STORY 5	1.14	1.15	1.19
		STORY 4	1.14	1.15	1.19
		STORY 3	1.14	1.15	1.20
		STORY 2	1.15	1.15	1.20
		STORY 1	1.15	1.15	1.19


Ilustración 71 Irregularidad torsional

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

1. Aplica para caso 1,2 y 3, con y sin gradas.
2. Aplica para EQXEP, EQXEN, EQYEP, EQYEN.
3. Si el valor se encuentra en rojo, supera relación del 1.2, por lo tanto, existe irregularidad torsional.

Para el caso 1 tenemos un área de 23m en el sentido X, y 31m en el sentido Y. Se puede notar que para EQXEP la irregularidad no sobrepasa el límite de 1.2 independientemente de la ubicación del módulo de gradas.

4.5.4 Radios de diseño de columnas del primer nivel



VARIABLE	STORY	SECCION	CASO 1 CON GRADA					
			CASO 1.1 DENTRO		CASO 1.2 LATERAL		CASO 1.3 ESQUINA	
			COL.	RADIO	COL.	RADIO	COL.	RADIO
RADIO DE DISEÑO	STORY 1	COL -5/60X60CM-P0.01	C1	0.849	C1	0.849	C1	0.849
		COL -5/60X60CM-P0.01	C2	0.851	C2	0.849	C2	0.849
		COL -5/60X60CM-P0.01	C3	0.844	C3	0.849	C3	0.848
		COL -5/60X60CM-P0.01	C4	0.830	C4	0.848	C4	0.849
		COL -5/60X60CM-P0.01	C5	0.729	C5	0.743	C5	0.74
		COL -5/60X60CM-P0.01	C6	0.777	C6	0.777	C6	0.777
		COL -5/60X60CM-P0.01	C7	0.777	C7	0.778	C7	0.778
		COL -5/60X60CM-P0.01	C8	0.729	C8	0.742	C8	0.739
		COL -5/60X60CM-P0.01	C9	0.798	C9	0.799	C9	0.799
		COL -5/60X60CM-P0.01	C10	0.798	C10	0.798	C10	0.799
		COL -5/60X60CM-P0.01	C11	0.726	C11	0.728	C11	0.729
		COL -5/60X60CM-P0.01	C12	0.734	C12	0.732	C12	0.723
		COL -5/60X60CM-P0.01	C13	0.835	C13	0.786	C13	0.777
		COL -5/60X60CM-P0.01	C14	0.712	C14	0.763	C14	0.778
		COL -5/60X60CM-P0.01	C15	0.799	C15	0.799	C15	0.799
		COL -5/60X60CM-P0.01	C16	0.800	C16	0.799	C16	0.798
		COL 2/50X50CM-P0.02	C17	0.516	C17	0.535	C17	0.551
		COL 2/50X50CM-P0.02	C18	0.529	C18	0.538	C18	0.572
		COL 2/50X50CM-P0.02	C19	0.562	C19	0.594	C19	0.603
		COL 2/50X50CM-P0.02	C20	0.527	C20	0.536	C20	0.769
		COL 2/50X50CM-P0.02	C21	0.646	C21	0.672	C21	0.667
		COL 2/50X50CM-P0.02	C22	0.668	C22	0.696	C22	0.696
		COL 2/50X50CM-P0.02	C23	0.651	C23	0.681	C23	0.684
		COL 2/50X50CM-P0.02	C24	0.591	C24	0.623	C24	0.658
		COL 2/50X50CM-P0.02	C25	0.609	C25	0.631	C25	0.655
		COL 2/50X50CM-P0.02	C26	0.623	C26	0.644	C26	0.669
		COL 2/50X50CM-P0.02	C27	0.604	C27	0.625	C27	0.654
		COL 2/50X50CM-P0.02	C28	0.565	C28	0.574	C28	0.606
		COL 2/50X50CM-P0.02	C29	0.602	C29	0.631	C29	0.64
		COL 2/50X50CM-P0.02	C30	0.622	C30	0.645	C30	0.656
		COL 2/50X50CM-P0.02	C31	0.638	C31	0.66	C31	0.671
		COL 2/50X50CM-P0.02	C32	0.630	C32	0.65	C32	0.66
		COL 2/50X50CM-P0.02	C33	0.596	C33	0.588	C33	0.631
		COL 2/50X50CM-P0.02	C34	0.779	C34	0.757	C35	0.605
		COL 2/50X50CM-P0.02	C35	0.643	C35	0.565	C36	0.611
COL 2/50X50CM-P0.02	C36	0.589	C36	0.591	C48	0.628		
COL 6/40X40CM-P0.02	C117	0.763	C61	0.724	C39	1.004		
COL 6/40X40CM-P0.02	C118	0.836	C43	0.968	C41	0.919		
COL -6/40X40CM-P0.02			C45	0.976				
COL 2/50X50CM-P0.02					C51	0.611		




Ilustración 72 Radios de diseño del primer nivel

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Para el caso 1 tenemos un área de 23m en el sentido X, y 31m en el sentido Y. Se puede notar que el radio de diseño de la columna C20 es mayor cuando está cerca del módulo de gradas.

4.5.5 Cuadro comparativo de periodo estático, periodo dinámico, centro de masas, centro de rigidez

VARIABLE	STORY	CASO 1 CON GRADA - SIN GRADA/SIN GRADA						CASO 1 CON GRADA DENTRO - (LATERAL&ESQUINA) / DENTRO			
		CASO 1.1 DENTRO		CASO 1.2 LATERAL		CASO 1.3 ESQUINA		CASO 1.1 - 1.2		CASO 1.1 - 1.3	
		X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)
PERIODO TA		0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
PERIODO DINAMICO		-2.867%	-3.673%	-2.586%	-1.689%	-1.679%	-1.081%	1.318%	-4.407%	0.230%	-4.487%
SENTIDO		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
CENTRO DE MASAS	STORY 1	-2.015%	0.379%	7.193%	-0.491%	-0.061%	0.068%	-4.499%	0.568%	-4.466%	5.807%
	STORY 2	-2.577%	0.075%	6.889%	-0.483%	-0.087%	0.085%	-4.393%	0.554%	-4.347%	5.596%
	STORY 3	-2.520%	0.092%	6.889%	-0.483%	-0.087%	0.085%	-4.393%	0.554%	-4.347%	5.596%
	STORY 4	-2.520%	0.092%	6.889%	-0.483%	-0.087%	0.085%	-4.393%	0.554%	-4.347%	5.596%
	STORY 5	-2.568%	0.117%	6.642%	-0.464%	-0.101%	0.098%	-4.249%	0.552%	-4.225%	5.476%
	STORY 6	-2.568%	0.117%	6.642%	-0.464%	-0.101%	0.098%	-4.249%	0.552%	-4.225%	5.476%
	STORY 7	-2.568%	0.117%	6.642%	-0.464%	-0.101%	0.098%	-4.249%	0.552%	-4.225%	5.476%
	STORY 8	-2.568%	0.117%	6.642%	-0.464%	-0.101%	0.098%	-4.249%	0.552%	-4.225%	5.476%
	STORY 9	-2.568%	0.117%	6.642%	-0.464%	-0.101%	0.098%	-4.249%	0.552%	-4.225%	5.476%
	STORY 10	-1.670%	0.085%	7.251%	-0.530%	-0.214%	0.190%	-4.503%	0.468%	-4.472%	6.265%
CENTRO RIGIDEZ	STORY 1	3.124%	-0.361%	10.501%	-0.354%	6.330%	-4.416%	-4.889%	0.746%	-4.587%	9.719%
	STORY 2	9.826%	-0.258%	11.229%	-0.818%	7.488%	-6.433%	-3.227%	1.411%	-3.168%	12.722%
	STORY 3	8.807%	-0.287%	10.931%	-1.002%	7.623%	-7.002%	-2.160%	1.652%	-1.997%	13.646%
	STORY 4	9.099%	-0.300%	10.374%	-1.062%	7.332%	-6.929%	-1.359%	1.710%	-0.923%	13.687%
	STORY 5	9.184%	-0.330%	9.771%	-1.059%	6.860%	-6.616%	-0.638%	1.661%	0.148%	13.338%
	STORY 6	9.237%	-0.366%	9.145%	-1.037%	6.365%	-6.270%	-0.005%	1.564%	1.150%	12.817%
	STORY 7	9.171%	-0.392%	8.486%	-1.002%	5.823%	-5.827%	0.570%	1.458%	2.120%	12.214%
	STORY 8	8.974%	-0.409%	7.754%	-0.949%	5.207%	-5.272%	1.129%	1.337%	3.092%	11.509%
	STORY 9	8.683%	-0.422%	6.923%	-0.884%	4.521%	-4.624%	1.709%	1.201%	4.096%	10.710%
	STORY 10	8.422%	-0.433%	6.201%	-0.838%	3.892%	-4.051%	2.247%	1.093%	5.025%	10.007%
DIFERENCIAS ENTRE CONSIDERAR MODULO DE GRADAS Y SIN GRADAS							DIFERENCIAS POR UBICACIÓN DE MODULO DE GRADAS				

Ilustración 73 Cuadro comparativo de periodos, centro de masas, centro de rigidez

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Caso 1.1 tiene la diferencia de mayor periodo.

Caso 1.2 tiene la diferencia de mayor CM.

Caso 1.2 tiene la diferencia de mayor CR.

4.5.6 Cuadro comparativo de irregularidad torsional.

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 1 CON GRADA - SIN GRADA/SIN GRADA		
			CASO 1.1 DENTRO	CASO 1.2 LATERAL	CASO 1.3 ESQUINA
IRRE TORSIONAL	EQXEP	STORY 10	0.67%	0.28%	3.91%
		STORY 9	0.72%	0.36%	4.33%
		STORY 8	0.77%	0.45%	4.73%
		STORY 7	0.82%	0.53%	5.04%
		STORY 6	0.85%	0.60%	5.29%
		STORY 5	0.88%	0.67%	5.46%
		STORY 4	0.91%	0.71%	5.65%
		STORY 3	0.98%	0.71%	5.91%
		STORY 2	1.10%	0.61%	5.97%
		STORY 1	1.32%	0.23%	5.40%
IRRE TORSIONAL	EQXEN	STORY 10	-1.17%	-0.53%	-6.43%
		STORY 9	-1.16%	-0.60%	-6.94%
		STORY 8	-1.14%	-0.67%	-7.41%
		STORY 7	-1.11%	-0.72%	-7.78%
		STORY 6	-1.06%	-0.76%	-8.06%
		STORY 5	-1.00%	-0.79%	-8.25%
		STORY 4	-0.94%	-0.82%	-8.50%
		STORY 3	-0.92%	-0.86%	-8.84%
		STORY 2	-0.90%	-0.85%	-8.99%
		STORY 1	-0.88%	-0.68%	-8.45%
IRRE TORSIONAL	EQYEP	STORY 10	-2.98%	1.77%	-4.94%
		STORY 9	-2.74%	1.33%	-5.28%
		STORY 8	-2.53%	0.94%	-5.59%
		STORY 7	-2.43%	0.62%	-5.84%
		STORY 6	-2.47%	0.35%	-6.05%
		STORY 5	-2.67%	0.11%	-6.23%
		STORY 4	-2.99%	-0.16%	-6.48%
		STORY 3	-3.52%	-0.42%	-6.74%
		STORY 2	-4.63%	-0.57%	-6.82%
		STORY 1	-7.18%	-0.27%	-7.34%
IRRE TORSIONAL	EQYEN	STORY 10	8.20%	3.88%	2.91%
		STORY 9	8.37%	4.30%	3.19%
		STORY 8	8.51%	4.66%	3.45%
		STORY 7	8.59%	4.95%	3.68%
		STORY 6	8.58%	5.19%	3.88%
		STORY 5	8.48%	5.40%	4.06%
		STORY 4	8.41%	5.64%	4.26%
		STORY 3	8.41%	5.94%	4.54%
		STORY 2	8.14%	6.19%	4.78%
		STORY 1	7.33%	6.18%	4.99%

DIFERENCIAS ENTRE CONSIDERAR MODULO DE GRADAS Y SIN GRADAS

Ilustración 74 Cuadro comparativo de irregularidad torsional

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Tabla muestra el porcentaje de variación entre los datos obtenidos CON GRADAS versus SIN GRADAS. El caso 1.1 tiene la diferencia de mayor irregularidad torsional en el sentido Y con excentricidad negativa.

4.5.7 Cuadro comparativo de derivas.

VARIABLE	FUERZA	STORY	CASO 1 CON GRADA - SIN GRADA/SIN GRADA		
			CASO 1.1 DENTRO	CASO 1.2 LATERAL	CASO 1.3 ESQUINA
DERIVAS	EQXEP	STORY 10	3.26%	4.06%	-0.92%
		STORY 9	-0.06%	0.39%	-1.13%
		STORY 8	-1.97%	-1.82%	0.22%
		STORY 7	-3.03%	-3.05%	0.96%
		STORY 6	-3.68%	-3.76%	1.40%
		STORY 5	-4.12%	-4.00%	1.46%
		STORY 4	-4.72%	-4.33%	1.41%
		STORY 3	-5.45%	-5.08%	1.60%
		STORY 2	-6.02%	-5.71%	1.78%
		STORY 1	-6.02%	-5.55%	1.54%

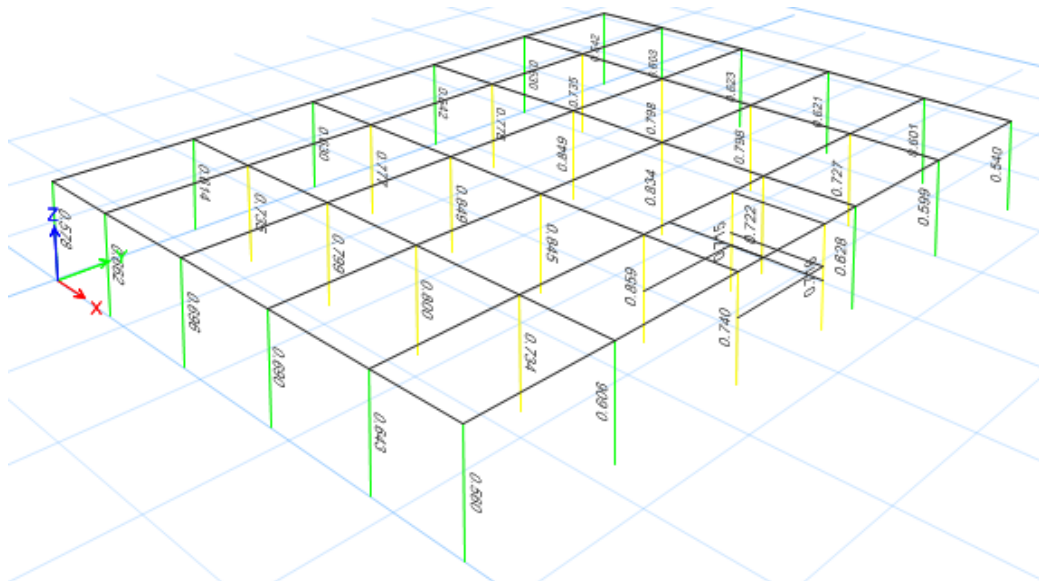
Ilustración 75 Cuadro comparativo de derivas

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

El caso 1.1 tiene la diferencia de mayor deriva en el sentido X con excentricidad positiva.

4.5.8 Comparación de radios de diseño de columnas del primer nivel. Caso 1.1

Sin Gradas



Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Ilustración 76 Radios sin gradas

Con Gradas

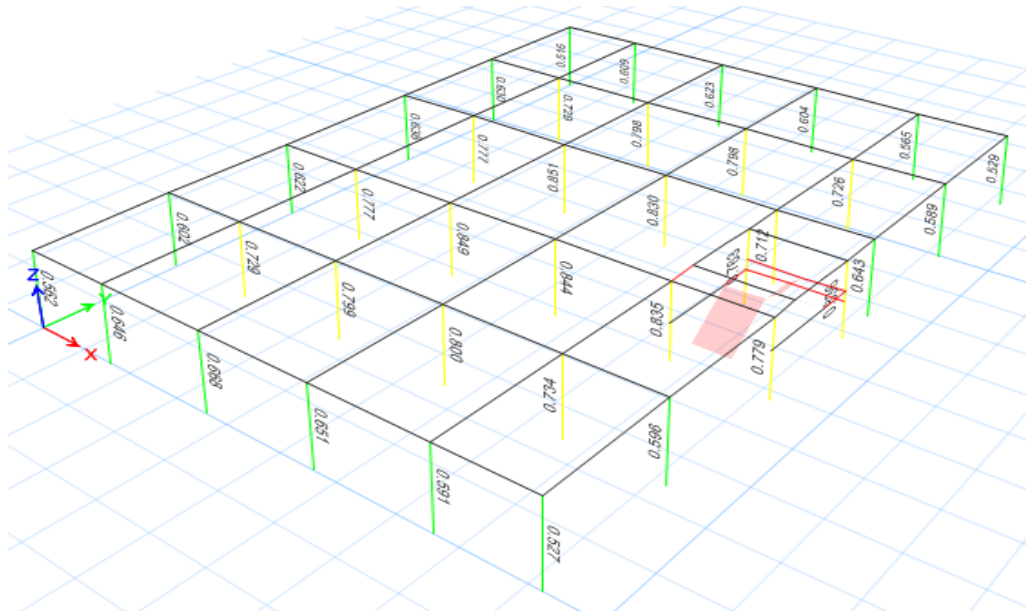


Ilustración 77 Radios con gradas

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Se observa la diferencia en los radios de diseño en las columnas cercanas al módulo de gradas y también como se pintan en rojo las vigas de los descansos indicando una falla del elemento.

4.5.9 Comparación de radios de diseño de columnas del primer nivel. Caso 1.3

Sin Gradass

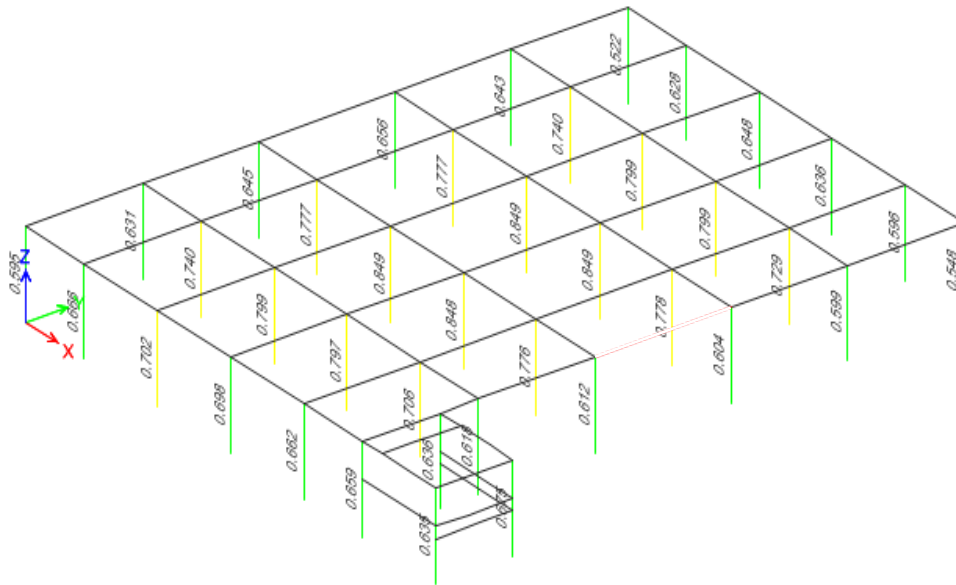


Ilustración 78 Radios de diseño sin gradass

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Con Gradass

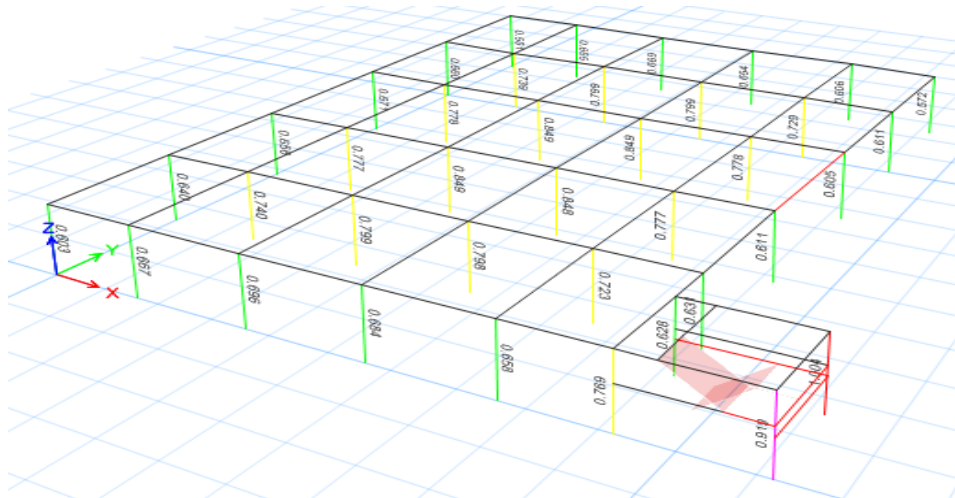


Ilustración 79 Radios de diseño con gradass

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En el Caso 1 se concluye lo siguiente: el centro de masas queda fuera de los intervalos de confianza a los niveles de significancia 5% y 1%, el centro de rigidez supera los intervalos de significancia del 5% y 1%, la irregularidad torsional supera los intervalos de significancia del 5% y 1%.

En el Caso 2 se concluye lo siguiente: el centro de rigidez queda fuera de los intervalos de confianza a los niveles de significancia del 5% y 1%, la irregularidad torsional supera los intervalos de significancia del 5% y 1%.

En el Caso 3 se concluye lo siguiente: el centro de rigidez queda fuera de los intervalos de confianza a los niveles de significancia del 5% y 1%, la irregularidad torsional supera los intervalos de significancia del 5% y 1%.

En el análisis de regresión entre la relación (Área total de edificio / Área de módulo de gradas) se consideraron solo 2 variables: centro de rigidez e irregularidad torsional. Para el Caso 1, 2 y 3 el centro de rigidez tiene una correlación lineal (valores cercanos a 1), en cambio la irregularidad torsional en ciertos sentidos (X, Y) la correlación es dispersa (valores lejanos a 1).

Considerando las variables que son afectadas fuertemente como ser el centro de rigidez e irregularidad torsional, nos llevan a negar la hipótesis nula planteada y aceptar la hipótesis alterna la cual admite algún cambio significativo en las variables estudiadas.

Los resultados obtenidos con el análisis estadístico aplicado concuerdan con el criterio profesional del marco estructural. El módulo de gradas afecta el comportamiento de la estructura principalmente agregando efectos de torsión dando lugar a desplazamientos del centro de rigidez, provocando la falla de algunos elementos de soporte, principalmente columnas y vigas propias del módulo, siendo esto poco recomendable, debido a que en una situación de emergencia esta es el área utilizada para evacuación.

Los resultados obtenidos con el análisis estadístico aplicado concuerdan con el criterio profesional del marco estructural. El módulo de gradas afecta el comportamiento de la estructura principalmente agregando efectos de torsión debido a los desplazamientos del centro de rigidez, provocando la falla de algunos elementos de soporte, principalmente columnas y vigas propias del módulo, siendo esto poco recomendable, debido a que en una situación de emergencia esta es el área utilizada para evacuación.

Los mayores valores de irregularidad torsional se dan cuando la carga sísmica es aplicada en el sentido Y con excentricidad negativa, el caso 3 con un área de 240m², es el caso con mayor irregularidad torsional. La relación del área del edificio con el área del módulo de gradas tiene incidencia en los valores de irregularidad torsional alrededor de 10%.

Los radios de diseño de las columnas del primer nivel más críticos del caso 1, se dan en el caso 1.2, en donde el módulo de gradas se encuentra fuera lateral y las columnas más afectadas son las del módulo de gradas, la diferencia de radios es alrededor de 55%.

Los radios de diseño de las columnas del primer nivel más críticos del caso 2, se dan en el caso 2.2, en donde el módulo de gradas se encuentra fuera lateral y las columnas más afectadas son las del módulo de gradas, la diferencia de radios es alrededor de 46%.

Los radios de diseño de las columnas del primer nivel más críticos del caso 3, se dan en el caso 3.1, en donde el módulo de gradas se encuentra dentro lateral y las columnas más afectadas son las del módulo de gradas, la diferencia de radios es alrededor de 32%.

Las derivas se ven alteradas aproximadamente entre un 3% - 6% para el caso 1, 1% - 4% para el caso 2 y 1% - 2% para el caso 3.

5.2 Recomendaciones

Aunque algunas variables estadísticamente no se salieron de los intervalos de confianza del 5% y 1%, no quiere decir que estas no varían entre ellas, el lector de este documento deberá tomar el intervalo de confianza que considere y comprender que algunas variables son dependientes e independientes de otras.

Considerar el módulo de gradas en la modelación y conceptualización de la estructura garantiza la correcta aplicación de la ingeniería estructural, lo cual reduciría riesgos de servicio y colapso por parte de la edificación y daría un mejor estado de seguridad al cliente de la obra y al diseñador de la misma. Es fundamental entender que el diseñador estructural elabora una proyección sintética de lo que será la estructura, para lo cual es importante tomar todas las consideraciones estructurales y posibles factores constructivos que puedan intervenir en la estructura.

En las últimas décadas se han desarrollado múltiples programas que facilitan el modelado, análisis y diseño de estructuras completas de diferentes índoles, estos programas están al alcance de la población y deben ser parte de las herramientas de un ingeniero estructural, dichas herramientas facilitan el cálculo y diseño de estructuras complejas por lo cual incluir el módulo de gradas está dentro de la capacidad de estos programas y del alcance del ingeniero estructural.

En vista de los resultados obtenidos recomendamos modelar y tomar en cuenta los efectos de incorporar el módulo de gradas, cuando el módulo de gradas represente más del 5% del área total del edificio.

CAPITULO VI APLICABILIDAD

6.1 Justificación.....	161
6.2 Objetivos	162
6.2.1 Objetivo general	162
6.2.2 Objetivos específicos.....	162
6.3 Descripción de la propuesta	163
6.3.1 Análisis y Construcción	¡Error! Marcador no definido. 163

6.1 Justificación

La propuesta de esta investigación satisface un sentimiento de incertidumbre que normalmente se sobrevalora por desconocimiento del tema. Es muy común en Honduras que los proyectistas no toman en consideración el módulo de gradas al momento del análisis, más sin embargo en el proceso constructivo estos terminan siendo construidos de manera integral a la estructura que si fue analizada.

El mayor problema es que cuando desconocemos los efectos de construir estructuras de una manera diferente a la analizada damos por hecho que la estructura cumple simplemente porque no se presentó un colapso. Pero con el pasar del tiempo cuando la estructura ya ha experimentado cambios como resultado de la interacción con el medio que la rodea, al realizar las revisiones patológicas podemos presenciar fallas manifestadas en forma de grietas, desplazamientos o deflexiones, las cuales no han hecho otra cosa más que debilitar la estructura y consumir un porcentaje del factor de seguridad inicial. Que lo anterior suceda en el módulo de gradas, es un riesgo que no se puede correr siendo este un componente de suma importancia en la ruta de evacuación de un edificio al momento de un sismo.

6.2 Objetivos

6.2.1 Objetivo general

- Proveer una orientación a proyectistas y contratistas con respecto a la importancia del análisis y construcción módulo de gradas dentro de una edificación

6.2.2 Objetivos específicos

- Manifiestar consideraciones importantes que debe tomar en cuenta el proyectista en el proceso de consultoría.
- Dar orientación al contratista con las acciones que se deben tomar cuando los planos estructurales no plasmen con claridad la forma en que el módulo de gradas fue considerado.

6.3 Descripción de la propuesta

6.3.1 Análisis y Construcción

Existen parámetros importantes que un Arquitecto o Ingeniero debe considerar para tratar de obtener la mayor eficiencia del edificio, uno de esos parámetros es la ubicación del módulo de gradas. Existen diversas posiciones, algunas como las mostradas en el capítulo tres de la investigación, que generan diversos efectos en la estructura que nos puedan beneficiar o no según la estructuración que estemos proyectando.

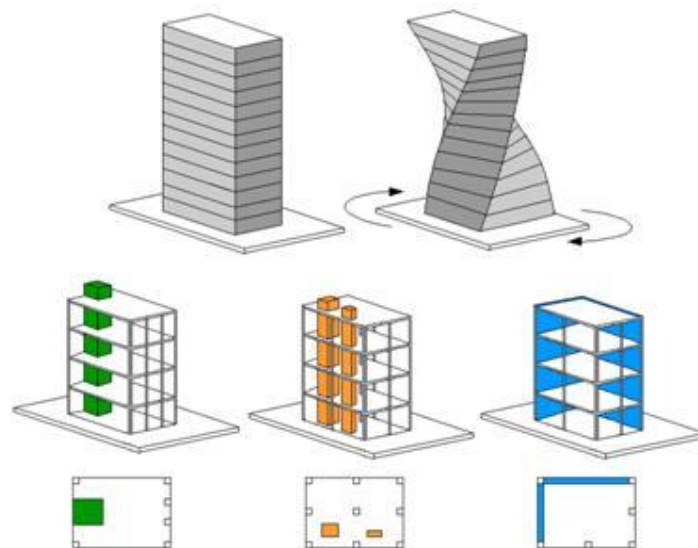


Ilustración 80 Efectos del módulo de gradas

Fuente: (Alva Sarmiento – Concreto armado II, Universidad Privada del Norte)

La variable más afectada por incluir o no el módulo de gradas es la irregularidad torsional y entre mayor es el porcentaje de relación de áreas entre el módulo y la estructura en general, los efectos torsionales se ven intensificados.

En Honduras las construcciones de edificios en su mayoría son de hormigón armado y como se puede apreciar en la ilustración 70, existen infinitas geometrías y conceptos que se pueden dar en un edificio, el Edificio 1847 de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras cuenta con más

de un módulo de gradas, módulo de elevadores, vacíos en las losas entre otras particularidades que modifican las variables independientes: centro de masas, centro de rigidez y periodos de vibración.



Ilustración 81 Edificio 1847 UNAH Tegucigalpa, Honduras

Fuente: (hondurasensusmanos.info)

Los análisis de las dieciocho estructuras de esta investigación muestran el procedimiento de análisis que se debe tener cuando se pretende hacer un edificio de hormigón armado con módulo de gradas. La aplicación de esta investigación radica en la correcta modelación de la estructura tomando todos sus elementos como un cuerpo homogéneo e integral. Esta aplicación se ve reflejada en el capítulo tres y cuatro de esta investigación.

Por lo general en la construcción, el módulo de gradas estará conectado con los elementos principales de la edificación, basado en lo anterior las consideraciones a tomar por el proyectista deben fundamentarse en lo siguiente:

En la modelacion de la estructura, el tipo de apoyo a considerar es empotrado y su forma de realizarlo en la realidad es como el detalle DT-1. En las modelaciones se observa que los efectos del empotramiento en la base de las gradas tiene muy poco efecto, debido a los apoyos de las columnas aledañas, por lo cual la participacion del modulo de gradas ante la resistencia lateral es baja.

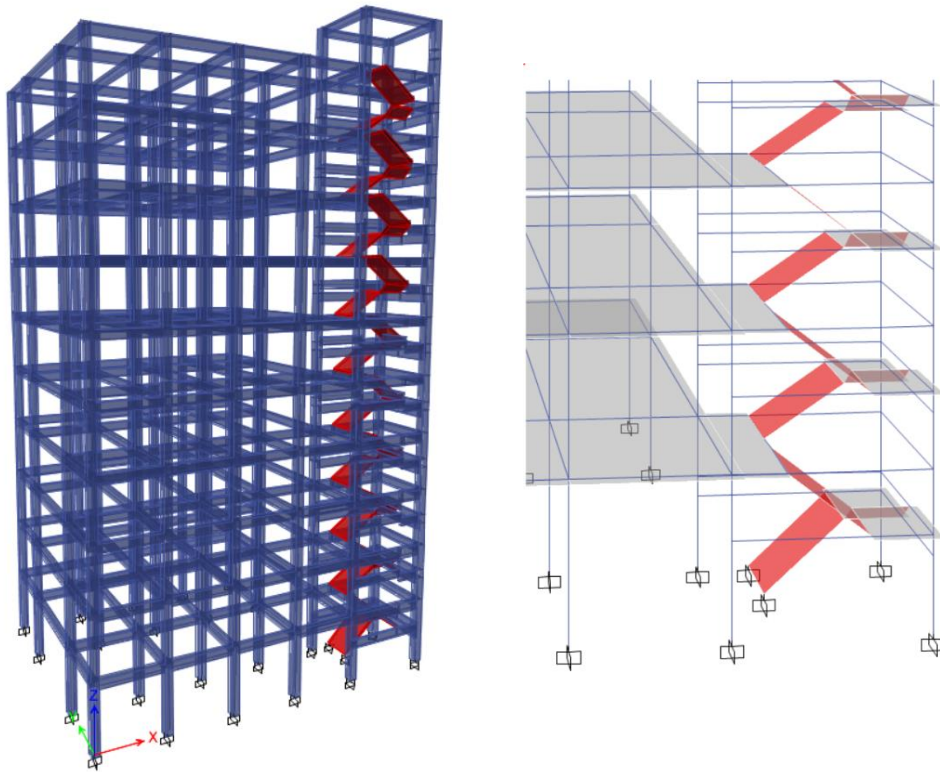
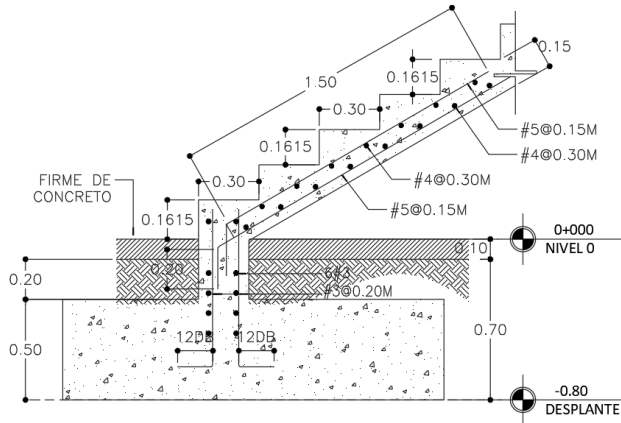


Ilustración 82 Modelación incluyendo módulo de gradas

Fuente: (Elaboración propia, ETABS 2016)

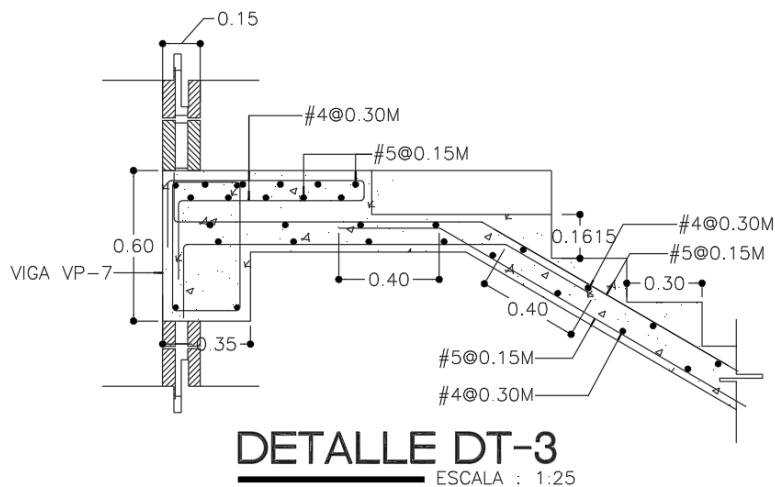


DETALLE DT-1 ESCALA : 1:25
CIMENTACION DE ESCALERA

Ilustración 83 Detalle estructural del apoyo en gradas

Fuente: (Elaboración propia, AutoCad 2016)

El modulo de gradas esta compuesto por losas de descanso, losas inclinadas, vigas de entrepiso y vigas intermedias, todo conectado entre si, generando un sistema estructural intregal y homoganeo, en el detalle DT-3 se muestra el armado de una seccion de losa de descanso del modulo de gradas.



DETALLE DT-3 ESCALA : 1:25

Ilustración 84 Detalle estructural empotramiento de losa de gradas en viga

Fuente: (Elaboración propia, AutoCad 2016)

El proceso de construcción de gradas, consta de las siguientes actividades:

- Encofrado de la estructura
- Doblado y montaje de la armadura
- Vaciado del hormigón
- Desencofrado de las gradas
- Curado del hormigón

Todo este procedimiento se debe realizar en conjunto con los módulos de gradas, utilizando materiales con capacidad resistente homogéneos en todos sus elementos, por lo general para el hormigón armado la resistencia a la compresión es $f_c'4000$ psi y para el acero el esfuerzo de fluencia es $f_y 60,000$ psi.



Ilustración 85 Edificación con módulo de gradas ubicado lateralmente

Fuente:(hondurasensusmanos.info)

Básicamente la responsabilidad de cómo será construido el módulo de gradas en la realidad recae directamente en el proyectista ya que las decisiones que fueron tomadas en el proceso de análisis deben de ser plasmadas tal cual en el detallado estructural en planos. El contratista se limitará únicamente a seguir las indicaciones mostradas en planos.

Dado lo anterior, se realizan las siguientes recomendaciones a ser consideradas por el proyectista:

1. Siempre considerar el módulo de gradas en el análisis estructural, si la intención es plasmar en planos detalles estructurales que le indican al contratista que la construcción de ambas estructuras será monolítica, tal como lo muestra los detalles DT-1 y DT-3.
2. Si el proyectista no tiene intención de incluir el módulo de gradas en el modelo analítico, este debe de diseñar de manera aislada y plasmar en planos el conjunto de marcos rígidos encargado de soportar las gradas, esta será una estructura completamente aparte de la principal, espaciada con una junta y una separación debidamente calculada.

De ser el caso, si el contratista se encuentra con la situación de un juego de planos incompleto que no especifica de manera amplia y clara el papel del módulo de gradas en la edificación, debe de revisar cuidadosamente la situación y confirmar si este será integral, de lo contrario el riesgo a tomar es incalculable sin posibilidad alguna de poder categorizarlo como leve o grave y las consecuencias podrían ser etiquetadas como mortales.

Referencia Bibliográfica

Chopra, A. K. (2014). *Dinámica de estructuras* (4a ed.). PEARSON.

Código Hondureño de la construcción CHOC-08. (2008).

CSI Spain / ETABS. (s/f). Recuperado el 19 de agosto de 2021, de <http://www.csiespana.com/software/5/etabs>

Hibbeler, R. C. (2012). *Análisis estructural* (8a ed.). Pearson.

Loyaga Villacis, V. M., & Tupiza Samueza, V. G. (2019). *Análisis de la influencia de la rigidez del módulo de escaleras en estructuras regulares e irregulares de 4 plantas y construidas en hormigón armado* [universidad politécnica salesiana sede quito]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16965>

Morales Calderón, E. R. (2010). *Criterio de análisis, diseño, ejecución y ejemplos de aplicación sobre sistemas de escaleras de concreto armado* [Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3162_C.pdf

Nilson, A. H., & Darwin, D. (1997). *Design of concrete structures* (12th ed). McGraw-Hill.

Paz, M. (1992). *Dinámica Estructural* (2a ed.). Reverte.

Piralla, R. M. (s/f). *Diseño Estructural* (2a ed.). Noriega.

Salazar Moreano, A. F. (2020). *Interpretación de la rigidez lateral en escaleras para el balance torsional aproximado en configuraciones estructurales de edificaciones de concreto reforzado* [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7209>

Savaria Ramírez, L. E. (2013). *Análisis y diseño con ETABS, su aplicación adecuada y comprobación de resultados, aplicado a edificios de concreto armado*.

Torre, J. (s/f-a). *Comportamiento del Concreto*. Lecturas de clase.

Torre, J. (s/f-b). *Mecánica de las Estructuras*. Lecturas de clase.

Velásquez P., H. J., & Fonten G., L. A. (2015). *Estudio comparativo de un edificio aporticado de concreto armado utilizando las normas sísmicas de Ecuador y Venezuela*. [Universidad Católica Andrés Bello].

<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/Febrero%202018/AAT3161.pdf>

Xoquic Cay, C. E. (2016). *Centro de rigidez provocado por sistemas de escalera de concreto armado sobre la estructura edificatoria de concreto reforzado* [Universidad San Carlos De Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/4602>

Glosario

Carga de servicio: Las cargas, incluyendo carga muerta y viva, especificadas en las normas de cargas técnicas para Cargas y Fuerzas estructurales del código CHOC-08.

Carga factorizada: Carga multiplicada por factores apropiados, y utilizada para dimensionar los miembros por el método de diseño de resistencia de estas normas.

Carga muerta: El peso muerto o carga permanente.

Carga viva: Carga variable con el tiempo.

Centro de masas: es una posición definida en relación a un objeto o a un sistema de objetos. Es el promedio de la posición de todas las partes del sistema, ponderadas de acuerdo a sus masas.

Centro de rigidez: También llamado centro de resistencias, es el punto central de los elementos verticales de un sistema que resiste las fuerzas laterales.

Torsión: Solicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo.

Deriva: Es la diferencia entre los desplazamientos relativos de un piso de un nivel superior e inferior, dividido entre la altura del piso.

Diafragma: Es un sistema horizontal, o casi horizontal, que actúa para transmitir fuerzas laterales a los elementos verticales.

Efecto $P\Delta$: Efecto secundario en cortantes, momentos y fuerzas axiales de los miembros en una estructura inducidos por las cargas verticales que actúan en la estructura lateralmente deformada.

Marco rígido especial MRE: Es un marco resistente a momento detallado especialmente para proporcionar un comportamiento dúctil.

Dúctil: Propiedad de un elemento para deformarse sin romperse ante la aplicación de una fuerza.

Módulo de gradas: Elementos estructurales de comunicación entre los niveles de un edificio.

Apéndice

Repositorio

En el siguiente link se podrá tener acceso a las tablas en formato .xlsx de recopilación y tabulación de datos.

<https://github.com/TesisUnitec2021/Tablas-de-recopilacion-de-datos.git>