

Práctica Empresarial como Auxiliar de Ingeniería en los Proyectos de la Empresa KER  
Ingeniería S.A.S

Juan Sebastián Rojas Toloza

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Álvaro Viviescas Jaimes

Doctor en Ingeniería de la Construcción

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2020

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	9
1. Objetivos .....	11
1.1. Objetivo general .....	11
1.2. Objetivos específicos .....	11
2. Marco conceptual .....	12
2.1. Revisión de diseños estructurales .....	12
2.1.1. Edificaciones que requieren la revisión de los diseños estructurales .....	12
2.1.2. Cualidades y aspectos generales del revisor .....	13
2.1.3. Incompatibilidades .....	13
3. Actividades realizadas .....	14
3.1. Descripción del proyecto de vivienda .....	14
3.1.1. Torre A y B .....	15
3.1.2. Torre C y D .....	15
3.1.3. Torre E .....	15
3.1.4. Zonas comunes .....	16
4. Metodología .....	18
4.1. Módulo 1 .....	18
4.1.1. Carga muerta .....	18
4.1.2. Carga muerta sobrepuesta .....	19
4.1.3. Carga viva .....	19
4.1.4. Parámetros de diseño sísmico .....	19

4.2. Módulo 2.....	20
4.2.1. Procedimiento de análisis sísmico .....	21
4.2.2. Derivas .....	25
4.3. Módulo 3.....	26
4.3.1. Diseño de elementos estructurales .....	26
4.3.2. Diseño de la resistencia al fuego.....	31
4.4. Módulo 4.....	33
4.5. Módulo 5.....	38
4.6. Módulo 6.....	38
4.7. Módulo 7 .....	41
4.7.1. Memoria de revisión .....	42
4.7.2. Diagnóstico cumplimiento de la NSR-10 .....	42
3. Conclusiones .....	43
Referencias bibliográficas.....	45
Apéndices.....	47

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Descripción de secciones de elementos estructurales.....	17
Tabla 2. Requisitos de diseño de elementos estructurales de acuerdo con NSR-10.....	30
Tabla 3. Recomendaciones de estudio geotécnico para cimentación con zapatas.....	34

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Render proyecto Cristales West View.....	16
Figura 2. Coeficientes de diseño para edificaciones en Santiago de Cali.....	20
Figura 3. Modelado del sistema de resistencia sísmica .....	21
Figura 4. Definición del espectro elástico de aceleraciones de diseño .....	22
Figura 5. Verificación del cortante basal .....	23
Figura 6. Verificación del cortante basal .....	24
Figura 7. Chequeo de la irregularidad torsional.....	25
Figura 8. Chequeo de derivas.....	26
Figura 9. Diseño de columnas para esfuerzos axiales, de flexión y cortante.....	27
Figura 10. Diagramas de interacción de columnas .....	27
Figura 11. Diseño de vigas para esfuerzos de flexión y cortante.....	28
Figura 12. Diseño de muros para esfuerzos axiales, de flexión y cortante.....	29
Figura 13. Diagramas de interacción de muros .....	30
Figura 14. Categorización de edificaciones para efectos de resistencia contra el fuego .....	32
Figura 15. Resistencia al fuego requerida para elementos.....	33
Figura 16. Parámetros de diseño de zapatas .....	35
Figura 17. Chequeo de esfuerzos sobre el terreno .....	36
Figura 18. Diseño de zapatas a flexión y cortante .....	37
Figura 19. Desarrollo del refuerzo a flexión.....	40
Figura 20. Detalle de doblado de barras en ganchos .....	41

**Lista de Apéndices**

	<b>Pág.</b>
Apéndice A. Presentación del proyecto.....	47
Apéndice B. Revisión de avalúo de cargas y parámetros sísmicos .....	49
Apéndice C. Definición de materiales y secciones en midas Gen.....	52
Apéndice D. Geometría de piso en midas Gen.....	54
Apéndice E. Revisión de irregularidades.....	55
Apéndice F. Revisión de derivas .....	57

## Resumen

**Título:** Práctica empresarial como auxiliar de ingeniería en los proyectos de la empresa KER Ingeniería S.A.S\*

**Autor:** Juan Sebastián Rojas Toloza\*\*

**Palabras Clave:** Revisión de diseños estructurales, licencia de construcción, diseño sismorresistente, midas Gen.

### Descripción:

El presente documento tiene como finalidad exponer el desarrollo del trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial, la cual fue realizada en la empresa KER Ingeniería S.A.S. en la ciudad de Bucaramanga. Durante esta actividad se llevaron a cabo funciones de apoyo al área de Revisión de Diseños de la compañía, específicamente en la Revisión de Diseños Estructurales de edificaciones catalogadas como de obligatoria revisión por parte de un tercero independiente, cuya labor fue encomendada a la empresa por parte del solicitante de la licencia de construcción. El proceso de revisión fue ejecutado teniendo en cuenta la normativa vigente en el país con respecto al alcance de la revisión de diseños estructurales y el diseño sismo resistente. El modelamiento del sistema de resistencia sísmica de las estructuras se llevó a cabo mediante el software midas Gen, verificando cada uno de los parámetros que intervienen en el modelo estructural para comparar los resultados de este proceso con el diseño estructural del proyecto. Durante la práctica se brindó apoyo en el modelado de las estructuras en el software y el posterior análisis de sus resultados, además de colaborar en la elaboración de los informes técnicos, memorias de las labores realizadas y documentos de certificación del proceso de revisión.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Álvaro Viviescas Jaimes. Doctor en Ingeniería de la Construcción.

### Abstract

**Title:** Business practice as engineering assistant in the projects of the company KER Ingeniería S.A.S\*

**Author:** Juan Sebastián Rojas Toloza<sup>1</sup>

**Key Words:** Structural Design Review, Construction License, Earthquake Resistant Design, midas Gen.

#### Description:

The purpose of this document is to present the development of undergraduate work in the business practice modality, which was carried out at the company KER Ingeniería S.A.S. in the city of Bucaramanga. During this activity, support functions were carried out for the company's Design Review area, specifically in the Structural Design Review of buildings classified as mandatory review by an independent third party, whose work was entrusted to the company by of the construction license applicant. The review process was carried out taking into account the regulations in force in the country regarding the scope of the review of structural designs and earthquake resistant design. The modeling of the seismic resistance system of the structures was carried out using the midas Gen software, verifying each of the parameters that intervene in the structural model to compare the results of this process with the structural design of the project. During the practice, support was provided in the modeling of the software structures and the subsequent analysis of their results, in addition to collaborating in the preparation of technical reports, reports on the work carried out and certification documents of the review process.

---

\* Degree Work

<sup>1</sup> Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Álvaro Viviescas Jaimés. Doctor en Ingeniería de la Construcción.

## Introducción

La construcción de edificaciones, según el Departamento Nacional de Estadísticas (DANE, 2020), representó 2.89% del PIB de Colombia en el año 2019. Año en el cual se licenciaron 18,141,407 m<sup>2</sup> de edificaciones para vivienda mientras que en el año 2018 fueron 16,584,510 m<sup>2</sup>, lo que representó un aumento de 9,4%.

Precisamente para la aprobación de estas la licencias de construcción se requiere el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 que, en cierta forma garantiza el objetivo fundamental de proteger las vidas humanas, y en la medida de lo posible el patrimonio de los ciudadanos y del Estado ante la ocurrencia de un sismo fuerte.

Sin embargo, en los últimos años se ha generado gran preocupación en el país por los reiterados incumplimientos y fallas en la aplicación de los criterios y exigencias contempladas en la NSR-10. Por lo cual, el Estado ha adoptado una serie de medidas enfocadas en aumentar las exigencias en los procesos de control que certifican el estricto cumplimiento de la normativa vigente, con el fin de incrementar la seguridad de las edificaciones.

Una de la labores que se han robustecido ha sido la revisión de los diseños estructurales obligatoria para cierto tipo de edificaciones y llevada a cabo por un tercero independiente, y de manera adicional a la revisión de oficio ejecutada por las oficinas encargadas de conceder las licencias de construcción.

Por lo tanto, y como parte del proceso de formación profesional en la escuela de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander, se desarrolló este trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial en la empresa KER Ingeniería S.A.S. como auxiliar de ingeniería en el

área de revisión de diseños estructurales. En donde se llevaron a cabo actividades de apoyo en cada una de las fases del proceso de revisión de las edificaciones, desde el modelamiento en el software de análisis estructural midas Gen, con el correspondiente análisis de sus resultados, siguiendo con la verificación del contenido y los criterios de diseño presentados en las memorias de cálculo y planos estructurales, garantizando el cumplimiento de los requisitos de la NSR-10. Y por último en la elaboración de los informes técnicos y memorias de revisión.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Apoyar como auxiliar de ingeniería civil en los proyectos y actividades que se desarrollan en la empresa KER INGENIERÍA S.A.S.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- Apoyar la elaboración de modelos estructurales en el software midas Gen para los proyectos de revisión de diseños.
- Apoyar la elaboración de los informes técnicos correspondientes a los proyectos de revisión de diseños.

## 2. Marco Conceptual

### 2.1. Revisión de diseños estructurales

La legislación colombiana define que el objeto de este proceso “consiste en la revisión de los diseños estructurales para determinar la bondad de los procedimientos empleados y el cumplimiento de los requisitos de diseño contenidos en la normativa sismo resistente colombiana” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2017, p.66). Teniendo presente que esta actividad debe ser realizada por un tercero independiente calificado para este fin.

#### *2.1.1. Edificaciones que requieren la revisión de los diseños estructurales*

AIS (2017) contempla los siguientes casos en dónde se debe contar con la revisión de los diseños estructurales por parte de un profesional particular independiente:

- Edificaciones que tengan o superen los dos mil (2.000) metros cuadrados de área construida, independiente de su uso.
- Edificaciones que tengan menos de dos mil (2.000) metros cuadrados de área construida, pero cuenten con la posibilidad de tramitar ampliaciones que permitan alcanzar los dos mil (2.000) metros cuadrados exigidos.
- Edificaciones que hagan parte de un mismo proyecto y que el conjunto de estas superen los dos mil (2.000) metros cuadrados de área construida.
- Casas de uno y dos pisos del grupo de uso I, especificado en el numeral A.2.5.1.4 de la NSR-10, que formen parte de programas de cinco o más unidades de vivienda.

### ***2.1.2. Cualidades y aspectos generales del revisor***

El revisor de los diseños estructurales debe ser un Ingeniero Civil y requiere acreditar una experiencia mayor de cinco (5) años de ejercicio profesional, contados a partir de la expedición de la tarjeta profesional, bajo la dirección de un profesional facultado para tal fin en el momento en que se obtuvo la experiencia y bajo la reglamentación profesional de la época, en diseño estructural, o acreditar estudios de postgrado en el área de estructuras (AIS, 2017).

(AIS, 2010) en el apéndice A-6 de la NSR-10 especifica que el profesional revisor de los diseños es escogido de manera autónoma por parte del solicitante de la licencia de construcción, además, que dicho profesional debe ser laboralmente independiente del diseñador estructural y del titular de la correspondiente licencia.

### ***2.1.3. Incompatibilidades***

(Ley 1796 de 2016) especifica que es incompatible que un profesional realice las labores de revisión de diseños para un determinado proyecto, cuando:

- Le corresponda intervenir profesionalmente en cualquier otra calidad.
- Tenga alguna participación a título de socio, gerente, director, administrador, propietario, diseñador, constructor, accionista o fideicomitente.

Los predios en donde se ejecutará el proyecto pertenezcan a sus parientes hasta el cuarto grado de consanguinidad o segundo de afinidad.

- Tenga participación o intereses comerciales de cualquier naturaleza en el proyecto.

### **3. Actividades Realizadas**

Durante la práctica empresarial se desempeñaron tareas de apoyo como auxiliar de ingeniería en el proceso de revisión de los diseños estructurales de un proyecto residencial ubicado en la ciudad de Santiago de Cali, compuesto por tres edificaciones independientes, destinadas a viviendas tipo apartamento y una estructura de zonas comunes.

Las actividades de revisión tuvieron como base el cumplimiento del alcance especificado para esta labor en la resolución 0017 de 2017. En donde se colaboró en:

- El modelamiento de las estructuras en el software midas Gen, siguiendo los procedimientos de análisis descrito en la NSR-10 y posteriormente chequeando el cumplimiento de los requisitos de diseño establecidos en esta.
- La verificación del contenido, parámetros y especificaciones presentados en las memorias de cálculo y planos estructurales.
- La revisión del diseño de los elementos estructurales verificándolos con las teorías de diseño y los requisitos de la NSR-10.
- La elaboración de informes técnicos y memorias de los trabajos realizados durante la revisión, así como los documentos de certificación del proceso de revisión.

#### **3.1. Descripción del proyecto de vivienda**

En el desarrollo de la práctica empresarial se apoyó el proceso de revisión de los diseños estructurales del proyecto “Cristales West View” propiedad de RUBIO PROMOTORES S.A., el cual se desarrolla en un predio de aproximadamente 11,400 m<sup>2</sup>, localizado en la calle 13 oeste con

carrera 36 oeste, en la ciudad de Santiago de Cali. Este proyecto está compuesto por las siguientes estructuras:

### **3.1.1. Torre A y B**

Edificación residencial conformada por 2 torres que cuenta con 2 sótanos de parqueaderos y 5 pisos de apartamentos.

- Altura entre niveles: El sótano 1 tiene una altura de 3.30 m. El sótano 2 y los 5 pisos de apartamentos tienen 3.15 m de altura.
- Área de sótano 1: 2108 m<sup>2</sup>.
- Área de sótano 2: 2108 m<sup>2</sup>.
- Área de cada piso de apartamentos: 1068 m<sup>2</sup>.

### **3.1.2. Torre C y D**

Edificación residencial conformada por 1 sótano de parqueaderos y 5 pisos de apartamentos.

- Altura entre niveles: El sótano tiene una altura de 3.30 m. Los 5 pisos de apartamentos tienen 3.15 m de altura.
- Área de sótano: 1039 m<sup>2</sup>.
- Área de cada piso de apartamentos: 780 m<sup>2</sup>.

### **3.1.3. Torre E**

Edificación residencial conformada por 1 sótano de parqueaderos y 5 pisos de apartamentos.

- Altura entre niveles: El sótano tiene una altura de 3.30 m. Los 5 pisos de apartamentos tienen 3.15 m de altura.
- Área de sótano: 1009 m<sup>2</sup>.
- Área de cada piso de apartamentos: 623 m<sup>2</sup>.

#### 3.1.4. Zonas comunes

Zonas comunes: Compuesta por una edificación destinada para portería, lobby y administración.

#### Figura 1

*Render proyecto Cristales West View*



*Nota. Tomado de [www.rubiopromotores.com](http://www.rubiopromotores.com)*

Las edificaciones de vivienda presentan un sistema estructural combinado de pórticos de concreto con muros de concreto con disipación de energía especial (DES), soportadas sobre un sistema de cimentación compuesto por zapatas aisladas con vigas de enlace. En cuanto a las losa de entrepiso se presenta un sistema de losa aligerada en una dirección.

La cimentación, muros de contención y el sistema de entrepiso presentan un concreto de  $f'c=21$  MPa, por su parte en las columnas y pantallas es de  $f'c=28$  MPa.

En cuanto a la edificación de zonas comunes, esta presenta un sistema estructural de pórticos de concreto resistentes a momentos con capacidad de disipación de energía especial (DES), cuentan también con una cimentación compuesta por zapatas aisladas con vigas de enlace, y de igual forma con un sistema de losa aligerada en una dirección. En esta estructura todos los elementos cuentan con un concreto de  $f'c=21$ MPa.

Los elementos que hacen parte del sistema sismo resistente de las diferentes estructuras tienen las siguientes secciones:

**Tabla 1**

*Descripción de secciones de elementos estructurales.*

<b>Elemento</b>	<b>Sección</b>
<b>Torres</b>	
Vigas	35cm x 45cm
	30cm x 45cm
	65cm x 65cm
Columnas	32cm x 60cm
	32cm x 90cm
	40cm x 40cm
Pantallas	40 cm de espesor
<b>Zonas Comunes</b>	
Vigas	35cm x 40cm
	40cm x 40cm
Columnas	40cm x 40cm
	40cm x 40cm

*Nota.* Tomado de *Rubio Promotores S.A.*

## **4. Metodología**

La metodología utilizada en la empresa para el proceso de revisión de los diseños estructurales se basa en la ejecución de siete módulos de revisión, en donde en cada uno de ellos se abarcan uno o más de los aspectos de los cuales el revisor debe estudiar y emitir concepto sobre el cumplimiento del reglamento NSR-10, de tal forma que el conjunto de estos módulos contempla en su totalidad el alcance y las exigencias presentadas en la resolución 0017 de 2017 sobre la revisión de los diseños estructurales (AIS, 2017). Para cada uno de los módulos se elabora el respectivo informe de revisión emitiendo las observaciones necesarias y exponiendo los aspectos a corregir por parte del diseñador.

### **4.1. Módulo 1**

El módulo 1 consiste en la revisión del avalúo de cargas y la definición de los parámetros de diseño sísmico.

#### ***4.1.1. Carga muerta***

Se analizaron las cargas muertas para cada uno de los tipos de losa, en donde se calcularon los pesos por metro cuadrado de cada uno de los elementos de las losas aligeradas: viguetas, loseta superior, riostras y casetones. Posteriormente se realizó el paralelo entre estos resultados y lo reportado en la memoria de cálculo del diseño para chequear su cumplimiento.

#### ***4.1.2. Carga muerta sobreimpuesta***

Se realizó la verificación con base en las disposiciones de carga expuestas en la sección B.3.4 de la NSR-10 y teniendo en cuenta las características de cada uno de los espacios de las edificaciones (AIS, 2010). Además, se revisó el cálculo del peso de los muros no estructurales teniendo en cuenta la disposición de estos presentada en los planos arquitectónicos.

#### ***4.1.3. Carga viva***

Se revisó el cumplimiento de las cargas vivas utilizadas en el diseño con las cargas mínimas exigidas en la sección B.4.2.1 de la NSR-10, teniendo en cuenta la ocupación o uso los espacios presentes en las edificaciones (AIS, 2010).

#### ***4.1.4. Parámetros de diseño sísmico***

Se revisaron los estudios geotécnico y geofísico para verificar la clasificación de los perfiles de suelo según lo especificado en la Tabla A.2.4-1 de la NSR-10 (AIS, 2010). Además, se consultó la microzonificación sísmica de la ciudad para verificar la microzona correspondiente a la ubicación del proyecto y con esto chequear el cumplimiento de los valores de Aa, Av, Fa, Fv, TC y TL (Alcaldía de Santiago de Cali, Decreto 411.0.20.0158, 2014).

**Figura 2**

*Coefficientes de diseño para edificaciones en Santiago de Cali.*

Microzona	$A_a = 0.25$		$A_v = 0.25$		
	$T_C$	$F_a$	$T_L$	$F_v$	
1	0.55	0.86	3.00	0.99	
2	0.45	1.20	3.00	1.13	
3	1.05	1.36	2.00	2.98	
4a	0.75	1.20	2.00	1.88	
4b	$T_C$	0.70	1.04	2.50	1.52
	$T_L$	1.60	0.80	2.50	2.67
4c	$T_C$	0.45	1.60	2.00	1.50
	$T_L$	1.50	1.04	2.10	3.25
4d	1.20	0.99	2.00	2.48	
4e	0.95	0.91	3.00	1.81	
5	$T_C$	0.60	1.12	2.50	1.40
	$T_L$	1.35	0.83	2.50	2.34
6	1.15	1.09	2.50	2.61	

*Nota.* Tomado de Decreto 411.0.20.0158 (p.12), Alcaldía de Santiago de Cali, 2014.

Adicionalmente, se corroboraron el coeficiente de importancia (I) según la Tabla A.2.5-1 y el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía básico definido en la Tabla A.3-2 para cada sistema estructural y grado de capacidad de disipación de energía (AIS, 2010).

#### 4.2. Módulo 2

En este módulo se revisan el procedimiento de análisis sísmico, además, el cumplimiento de las derivas.

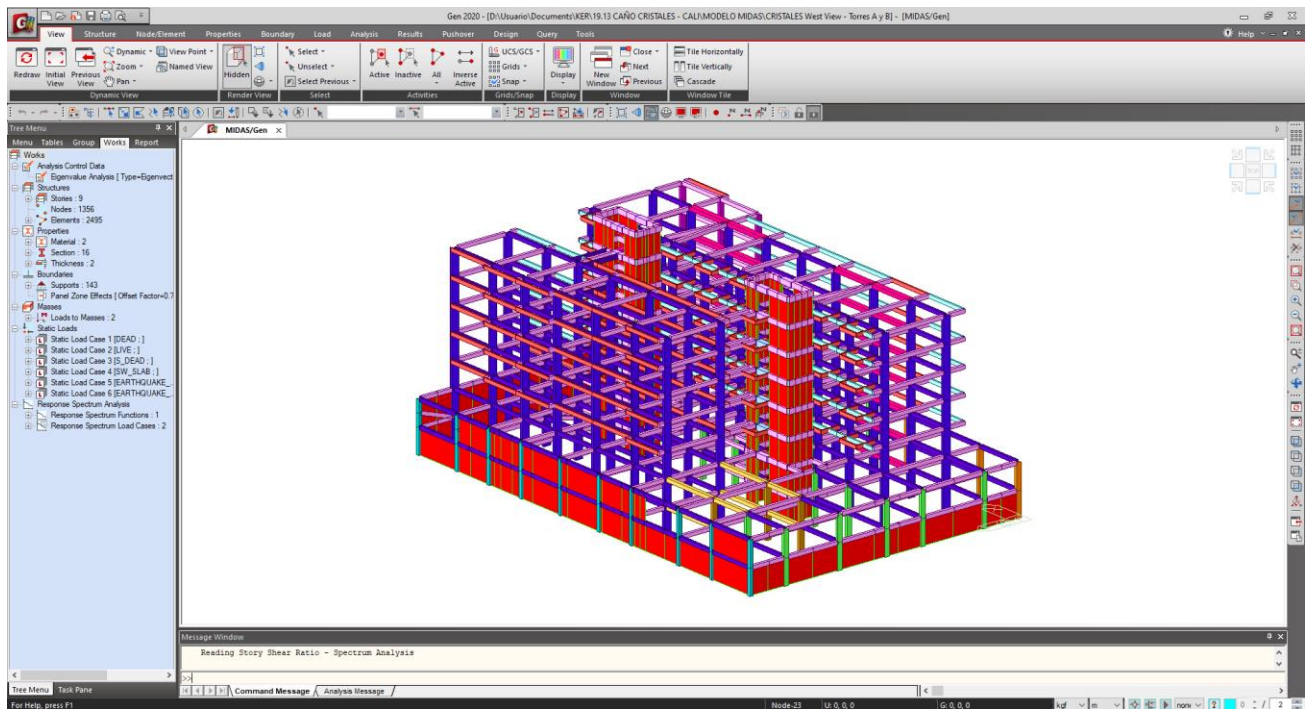
### 4.2.1. Procedimiento de análisis sísmico

Para la revisión del análisis sísmico se llevó a cabo el modelamiento y análisis estructural en el software midas Gen.

En primer lugar, se revisó la coincidencia entre los planos arquitectónicos y estructurales. Una vez garantizado este aspecto se realizó el modelamiento del sistema de resistencia sísmica de la estructura con base en la geometría definida en los planos estructurales. Luego, se cargó la estructura teniendo en cuenta el avalúo de cargas revisado anteriormente.

### Figura 3

*Modelado del sistema de resistencia sísmica.*

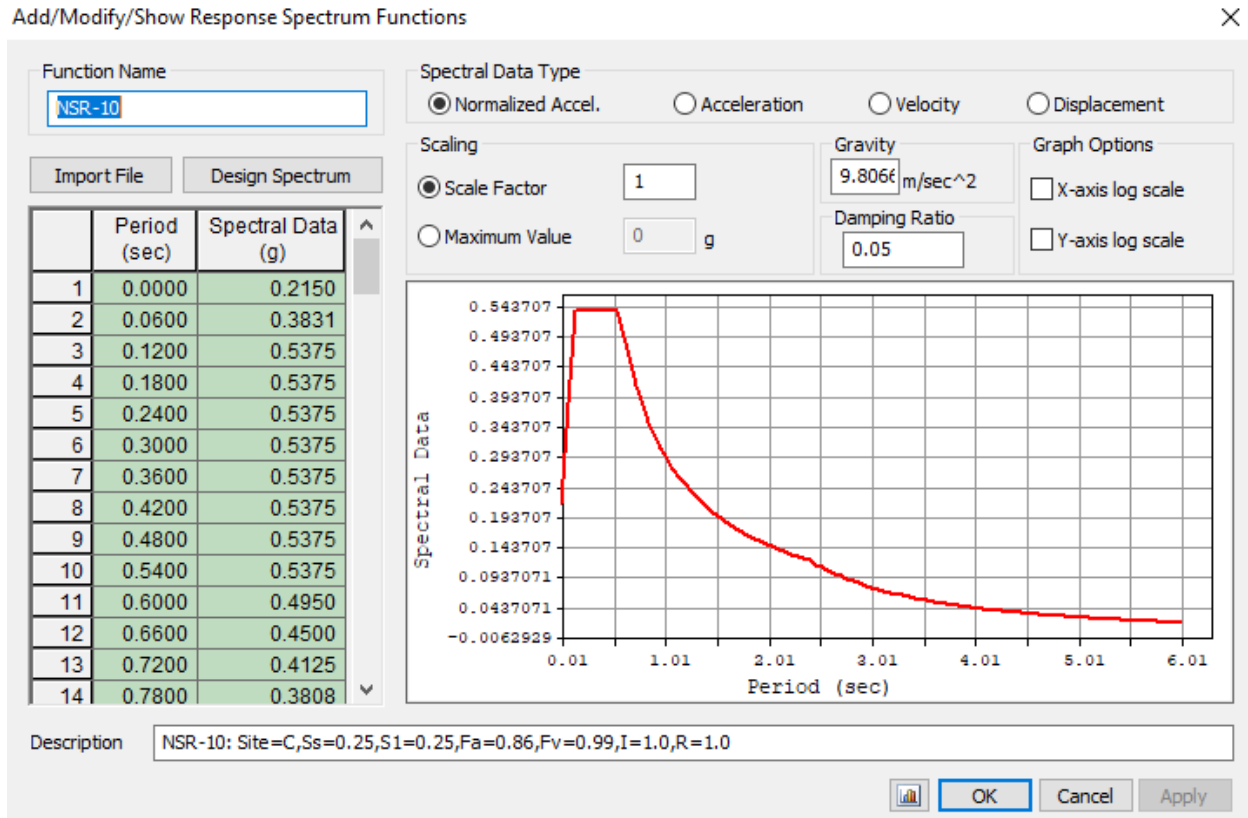


*Nota.* Tomado del Software midas Gen.

Posteriormente se definió el espectro elástico de aceleraciones de diseño, acorde con lo especificado en la NSR-10, sección A.6 (AIS, 2010).

**Figura 4**

*Definición del espectro elástico de aceleraciones de diseño.*

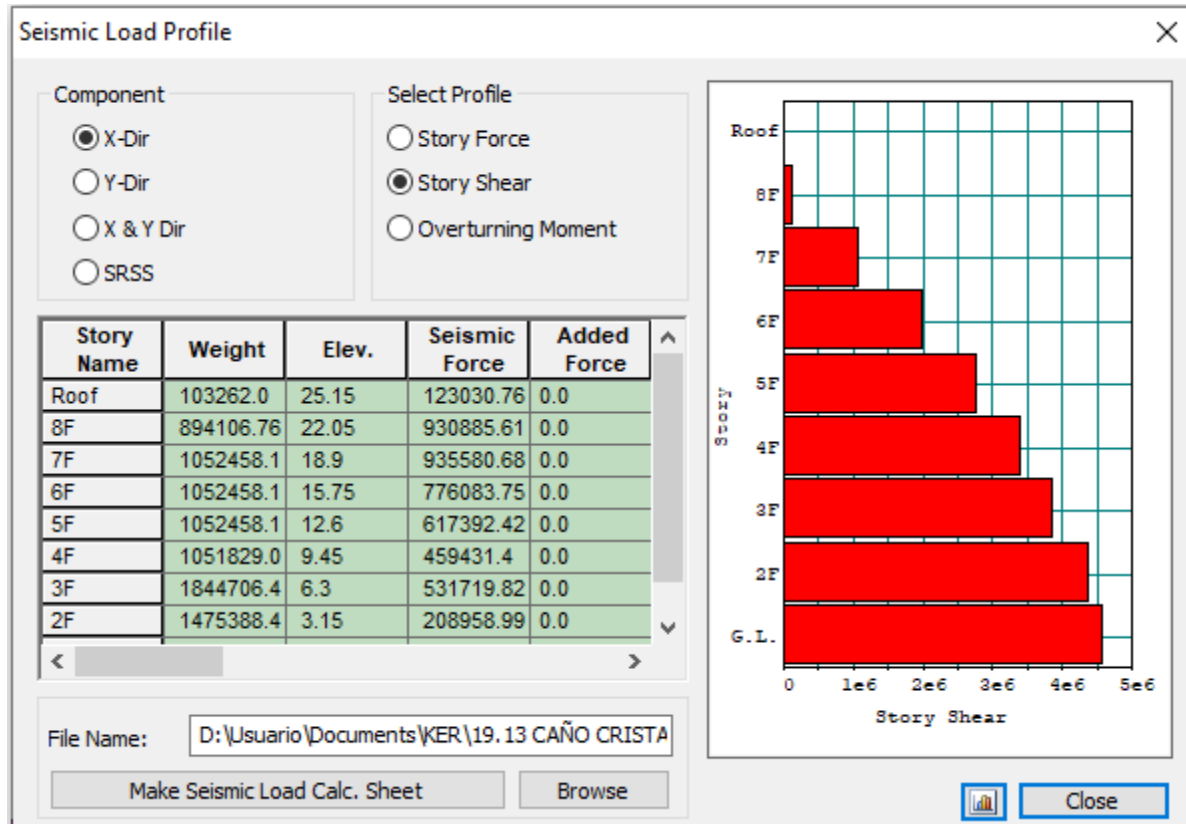


*Nota. Tomado del Software midas Gen.*

Seguidamente, se procedió a ejecutar el análisis sísmico, en donde se revisó el cortante basal de la estructura, verificando el valor de este, tanto por el método de fuerza horizontal equivalente como por el método de análisis dinámico. Con esto se realizó el respectivo ajuste del cortante dinámico de acuerdo con la sección A.4.5 de la NSR-10 (AIS, 2010).

**Figura 5**

*Verificación del cortante basal.*



*Nota. Tomado del Software midas Gen.*

Posteriormente se compararon con respecto a las memorias de cálculo del proyecto, los modos de vibración de la respectiva estructura y sus periodos fundamentales.

**Figura 6**

*Verificación de los modos de vibración.*

Mode	UX	UY	UZ	RX
<b>EIGENVALUE ANALYSIS</b>				
Mode No	Frequency		Period	Tolerance
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	
1	12.2004	1.9418	0.5150	1.0924e-027
2	13.0747	2.0809	0.4806	1.0924e-027
3	17.0914	2.7202	0.3676	1.0924e-027
4	49.4056	7.8631	0.1272	1.0924e-027
5	55.5179	8.8359	0.1132	1.0924e-027
6	65.9638	10.4985	0.0953	1.0924e-027
7	97.3710	15.4971	0.0645	1.0924e-027
8	109.4935	17.4264	0.0574	1.0924e-027
9	122.5877	19.5104	0.0513	1.0924e-027
10	154.4716	24.5849	0.0407	1.0924e-027
11	163.4544	26.0146	0.0384	1.0924e-027
12	174.6279	27.7929	0.0360	1.0924e-027
13	194.0698	30.8872	0.0324	1.0924e-027
14	224.7979	35.7777	0.0280	1.0924e-027
15	231.2754	36.8086	0.0272	1.0924e-027
16	239.7742	38.1613	0.0262	1.0924e-027
17	246.5701	39.2429	0.0255	1.0924e-027
18	262.5501	41.7861	0.0239	1.0924e-027
19	273.7568	43.5697	0.0230	1.0924e-027
20	287.5056	45.7579	0.0219	1.0924e-027
21	310.5805	49.4304	0.0202	1.0924e-027
22	318.7200	50.7259	0.0197	1.0924e-027
23	334.6248	53.2572	0.0188	1.0924e-027
24	337.2961	53.6823	0.0186	1.0924e-027
25	393.3954	62.6108	0.0160	1.0924e-027
26	410.7613	65.3747	0.0153	1.0924e-027
27	472.9275	75.2688	0.0133	1.0924e-027
28	486.1169	77.3679	0.0129	1.0924e-027
29	716.7878	114.0803	0.0088	1.0924e-027
30	731.1259	116.3623	0.0086	1.0924e-027

*Nota.* Tomado del *Software midas Gen.*

Se llevaron a cabo los análisis de las irregularidades de la respectiva estructura, para los cual, se ejecutó en el software las comprobaciones, tanto las irregularidades en planta como en altura según la NSR-10 (AIS, 2010).

**Figura 7**

*Chequeo de la irregularidad torsional.*

Load Case	Story	Level (m)	Story Height (m)	Average Value of Extreme Point		Maximum Value		Remark	Phi_p
				1.4*Story Drift (m)	1.2*Story Drift (m)	Node	Story Drift (m)		
RS-X(RS)	8F	22.05	3.10	0.0076	0.0065	2399	0.0067	Irregular	0.9
RS-X(RS)	7F	18.90	3.15	0.0102	0.0088	2344	0.0089	Irregular	0.9
RS-X(RS)	6F	15.75	3.15	0.0112	0.0096	2174	0.0096	Regular	1.0
RS-X(RS)	5F	12.60	3.15	0.0114	0.0098	2004	0.0097	Regular	1.0
RS-X(RS)	4F	9.45	3.15	0.0108	0.0092	1828	0.0091	Regular	1.0
RS-X(RS)	3F	6.30	3.15	0.0085	0.0073	1696	0.0073	Irregular	0.9
RS-X(RS)	2F	3.15	3.15	0.0039	0.0034	163	0.0042	Extreme Irre	0.8
RS-X(RS)	1F	0.00	3.15	0.0009	0.0008	23	0.0008	Irregular	0.9
RS-Y(RS)	8F	22.05	3.10	0.0123	0.0106	2397	0.0091	Regular	1.0
RS-Y(RS)	7F	18.90	3.15	0.0138	0.0118	2344	0.0106	Regular	1.0
RS-Y(RS)	6F	15.75	3.15	0.0145	0.0124	2174	0.0110	Regular	1.0
RS-Y(RS)	5F	12.60	3.15	0.0144	0.0123	2004	0.0110	Regular	1.0
RS-Y(RS)	4F	9.45	3.15	0.0133	0.0114	1828	0.0103	Regular	1.0
RS-Y(RS)	3F	6.30	3.15	0.0105	0.0090	1696	0.0087	Regular	1.0
RS-Y(RS)	2F	3.15	3.15	0.0059	0.0051	163	0.0068	Extreme Irre	0.8
RS-Y(RS)	1F	0.00	3.15	0.0009	0.0008	23	0.0007	Regular	1.0

*Nota. Tomado del Software midas Gen*

#### 4.2.2. Derivas

Se ejecutó en el software el chequeo de las derivas acorde con la sección A.6.4 de la NSR-10, comparándolas con lo reportado en el diseño estructural (AIS, 2010).

**Figura 8***Chequeo de derivas.*

Load Case	Story	Story Height (m)	P-Delta Incremental Factor (ad)	Allowable Story Drift Ratio	Maximum Drift of All Vertical Elements					Drift at the Center of Mass				
					Node	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Drift Factor (Maximum/Current)	Story Drift Ratio	Remark
RMC,Not Used, Cd=1, Ie=1.5, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.01 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio/Beta!														
RS-X(RS)	8F	3.10	1.00	0.0100	2399	0.0035	0.0023	0.0008	OK	0.0034	0.0023	1.0358	0.0007	OK
RS-X(RS)	7F	3.15	1.00	0.0100	2348	0.0058	0.0038	0.0012	OK	0.0037	0.0025	1.5353	0.0008	OK
RS-X(RS)	6F	3.15	1.00	0.0100	2178	0.0064	0.0042	0.0013	OK	0.0042	0.0028	1.5014	0.0009	OK
RS-X(RS)	5F	3.15	1.00	0.0100	2008	0.0066	0.0044	0.0014	OK	0.0045	0.0030	1.4579	0.0010	OK
RS-X(RS)	4F	3.15	1.00	0.0100	1834	0.0062	0.0041	0.0013	OK	0.0044	0.0029	1.4082	0.0009	OK
RS-X(RS)	3F	3.15	1.00	0.0100	1711	0.0047	0.0031	0.0010	OK	0.0037	0.0025	1.2819	0.0008	OK
RS-X(RS)	2F	3.15	1.00	0.0100	163	0.0027	0.0018	0.0006	OK	0.0017	0.0011	1.6169	0.0004	OK
RS-X(RS)	1F	3.15	1.00	0.0100	23	0.0007	0.0005	0.0002	OK	0.0006	0.0004	1.2832	0.0001	OK

*Nota. Tomado del Software midas Gen*

### 4.3. Módulo 3

El módulo 3 abarca la revisión del diseño de los elementos estructurales y la resistencia al fuego de estos.

#### 4.3.1. Diseño de elementos estructurales

En primer lugar, se revisaron las combinaciones de las diferentes solicitaciones con base en los requisitos del capítulo B.2 de la NSR-10, teniendo en cuenta el método de diseño propio de cada elemento estructural (AIS, 2010).

Posteriormente se procedió a ejecutar en el software midas Gen el diseño de los elementos estructurales chequeando inicialmente el cumplimiento de las secciones de todos los miembros con respecto a la NSR-10 (AIS, 2010). Seguidamente se verificó el área de refuerzo requerida por estos y se procedió a comparar estos resultados con lo reportado por el diseñador estructural en las memorias de cálculo.

4.3.1.1. Revisión de diseño de columnas.

Figura 9

Diseño de columnas para esfuerzos axiales, de flexión y cortante.

Design for Axial and Flexure

Load Combination : 16 (J)  
 Concentric Max. Axial Load PhiPn-max = 285632 kgf  
 Axial Load Ratio Pu / PhiPn = 10564.0 / 10574.2 = 0.999 < 1.000 ..... O.K  
 Moment Ratio Mc / PhiMn = 20897.6 / 21018.7 = 0.994 < 1.000 ..... O.K  
 Mcy / PhiMny = 14776.8 / 14895.6 = 0.992 < 1.000 ..... O.K  
 Mcz / PhiMnz = 14776.8 / 14829.2 = 0.996 < 1.000 ..... O.K

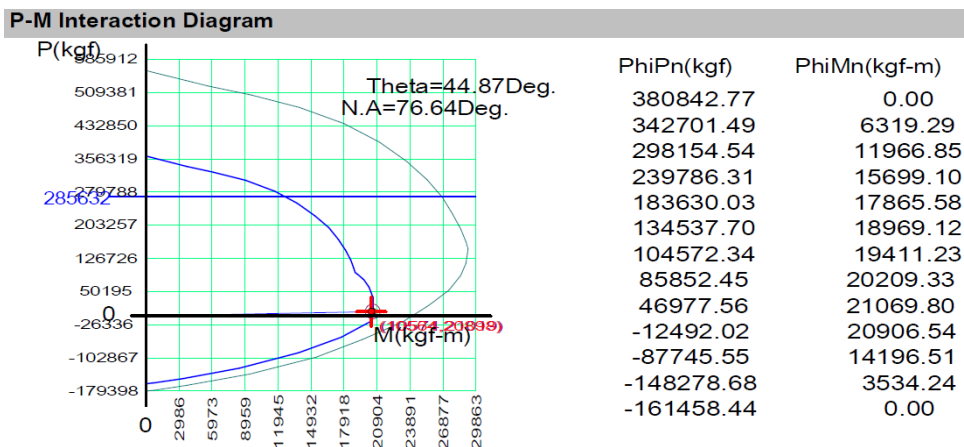
Design for Shear

	y : 12 (J)	z : 16 (J)
<b>[ END ]</b>		
Applied Shear Force (Vu)	13003.5 kgf	27275.8 kgf
Design Shear Strength	38841.2 kgf	43328.6 kgf
Shear Ratio	0.335 < 1.000 ..... O.K	0.630 < 1.000 ..... O.K
As-H_req	0.00166 m^2/m	0.00166 m^2/m
<b>[ MIDDLE ]</b>	y : 12 (1/2)	z : 9 (1/2)
Applied Shear Force (Vu)	13003.5 kgf	27147.0 kgf
Design Shear Strength	13695.1 kgf	28645.0 kgf
Shear Ratio	0.950 < 1.000 ..... O.K	0.948 < 1.000 ..... O.K
As-H_req	0.00166 m^2/m	0.00165 m^2/m
<b>[ JOINT ]</b>	y : 10 (I)	z : 10 (I)
Joint Shear (Vhj/PhiVnj)	64064.2 / 83208.8 = 0.770	80087.7 / 99850.6 = 0.802
Joint Ratio	0.770 < 1.000 ..... O.K	0.802 < 1.000 ..... O.K

Nota. Tomado del Software midas Gen

Figura 10

Diagramas de interacción de columnas.



Nota. Tomado del Software midas Gen

### 4.3.1.2. Revisión de diseño de vigas.

**Figura 11**

*Diseño de vigas para esfuerzos de flexión y cortante.*

#### Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	2	2	2
Moment (Mu)	34001.98	13348.34	33780.58
Factored Strength (PhiMn)	34920.54	16270.77	34920.54
Check Ratio (Mu/PhiMn)	0.9737	0.8204	0.9674
(+) Load Combination No.	2	2	2
Moment (Mu)	17429.62	17764.68	17252.76
Factored Strength (PhiMn)	19851.32	19851.32	19851.32
Check Ratio (Mu/PhiMn)	0.8780	0.8949	0.8691
Required Rebar Top (As_top)	0.0036	0.0010	0.0036
Required Rebar Bot (As_bot)	0.0014	0.0014	0.0014

#### Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	10	2	10
Factored Shear Force (Vu)	35719.57	18479.27	35093.07
Shear Strength by Conc.(PhiVc)	8281.88	8793.81	8281.88
Shear Strength by Rebar.(PhiVs)	29152.22	9775.01	29152.22
Required Shear Reinf. (AsV)	0.0025	0.0008	0.0024
Check Ratio	0.9542	0.9952	0.9375

*Nota. Tomado del Software midas Gen*

### 4.3.1.3. Revisión de diseño de muros.

**Figura 12**

*Diseño de muros para esfuerzos axiales, de flexión y cortante.*

#### Axial Forces and Moments Capacity Check

Concentric Max. Axial Load  $\Phi P_{n-max} = 1420286 \text{ kgf}$

Major Axis

Design Axial Load Strength  $\Phi P_{ny} = 105671 \text{ kgf}$

Axial Ratio  $P_u/\Phi P_{ny} = 0.225 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$

Design Moment Strength  $\Phi M_{ny} = 349004 \text{ kgf-m}$

Moment Ratio  $M_{cy}/\Phi M_{ny} = 0.227 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$

Minor Axis

Design Axial Load Strength  $\Phi P_{nz}$

Axial Ratio  $P_u/\Phi P_{nz} = 0.000 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$

Design Moment Strength  $\Phi M_{nz}$

Moment Ratio  $M_{cz}/\Phi M_{nz} = 0.000 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$

#### Shear Force Capacity Check

Applied Shear Force  $V_u = 30733.8 \text{ kgf}$  (Load Combination : 3)

Design Shear Strength  $\Phi V_c + \Phi V_s = 83208.8 + 102513 = 185722 \text{ kgf}$

( $A_s-H_{req} = 0.00100 \text{ m}^2/\text{m}$ )

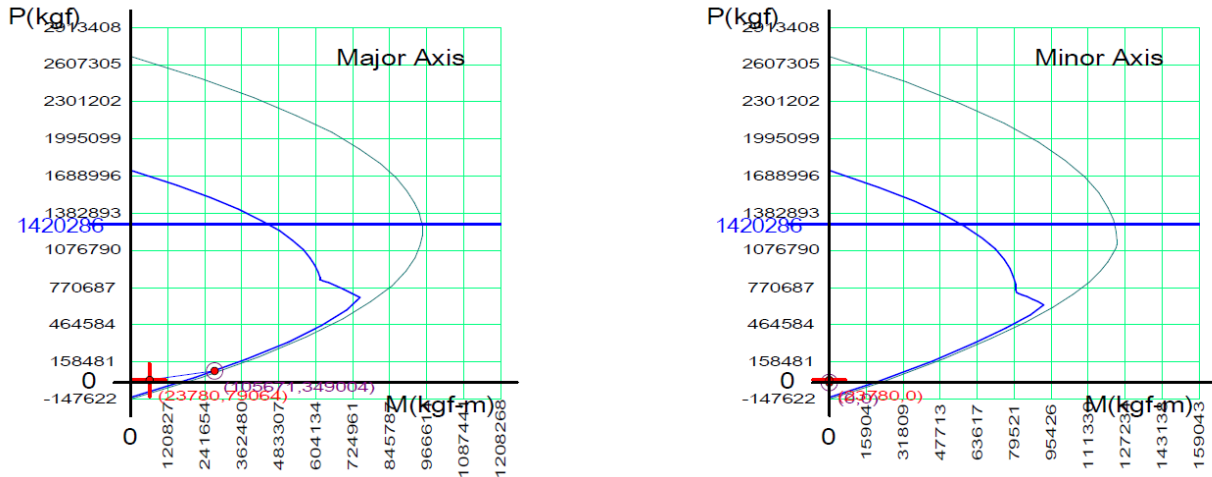
Shear Ratio  $V_u/\Phi V_n = 0.165 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$

*Nota. Tomado del Software midas Gen*

**Figura 13**

*Diagramas de interacción de muros.*

**P-M Interaction Diagram**



*Nota. Tomado del Software midas Gen*

En la siguiente tabla se presenta la lista de chequeo de los requerimientos de diseño de los miembros estructurales:

**Tabla 2**

*Requisitos de diseño de elementos estructurales de acuerdo con NSR-10.*

Ítem	Requisitos – NSR-10
<b>Columnas</b>	
1	Recubrimiento exigido por C.7.7
2	Geométrica según C.21.6.1
3	Cuantía exigida en C.21.6.3
4	Zona de confinamiento en C.21.6.4.3
5	Refuerzo transversal según C.7.10.5.3
6	Columna fuerte – viga débil C.21.6.2.2
<b>Pantallas</b>	
7	Recubrimiento exigido por C.7.7
8	Cuantía exigida en C.21.9.2
9	Elementos de borde según C.21.9.6

10	Refuerzo transversal según C.21.6.4
Vigas	
11	Recubrimiento exigido por C.7.7
12	Espesor según C.9.5
13	Cuantía exigida en C.21.5.2.1
14	Refuerzo transversal según C.21.5.3
Losa de entrepiso	
15	Recubrimiento exigido por C.7.7
16	Espesor de losa exigido en C.9.5
17	Geometría de viguetas según C.8.13.2
18	Separación de viguetas según C.8.13.3
19	Separación de riostras según C.8.13.3.1
20	Capacidad de riostras según C.8.13.3.2
Cimentación	
21	Altura mínima de zapata por C.15.7
22	Cuantía de zapatas según C.7.12.2.1
23	Separación del refuerzo según C.10.5.4

#### ***4.3.2. Diseño de la resistencia al fuego***

Este corresponde a los requisitos de protección de las edificaciones ante la ocurrencia de incendios, para lo cual se verifica el cumplimiento de lo establecido en el Título J de la NSR-10 con respecto a la resistencia de los elementos estructurales ante estos siniestros.

Inicialmente se realiza la comprobación de la clasificación según el uso y el tipo de ocupación principal. En este caso por tratarse de edificaciones de uso residencial y de tipo multifamiliar, se clasifica como subgrupo R-2, según la tabla J.1.1-1 (AIS, 2010).

Posteriormente se define la categoría de riesgo de pérdida de vidas humanas, la cual se encuentra definida en las categorías I, II y III, calificadas de menor a mayor riesgo. Esta categoría de determina mediante la tabla J.3.3-1, que a su vez depende del subgrupo de ocupación, el número de pisos y el área de las unidades (AIS, 2010).

**Figura 14**

*Categorización de edificaciones para efectos de resistencia contra el fuego.*

Grupos y subgrupos de ocupación	Área total construida, $A_T$ m <sup>2</sup>	Número de pisos						
		1	2	3	4	5	6	≥ 7
(C-1)	$A_T > 1500$	III	III	II	II	II	I	I
	$A_T < 1500$	III	III	III	II	II	II	I
(C-2)	$A_T > 500$	II	I	I	I	I	I	I
	$A_T < 500$			II	I	I	I	I
(E)	Sin límite	III	III	III	II	II	II	I
(I-2), (I-4)	$A_T > 1000$	III	II	II	I	I	I	I
	$500 < A_T < 1000$	III	III	II	II	I	I	I
	$A_T < 500$	III	III	III	II	II	II	I
(I-3)	$A_T > 1000$	II	II	I	I	I	I	I
	$A_T < 1000$		III	II	II	I	I	I
(L-1), (L-2), (L-3), (L-4)	$A_T > 1000$	II	I	I	I	I	I	I
(L-5), (I-1), (I-5)	$500 < A_T < 1000$	II	II	I	I	I	I	I
	$A_T < 500$	III	III	II	II	I	I	I
(R-1), (R-2)	Unidades > 140 m <sup>2</sup>				II	I	I	I
	Unidades ≤ 140 m <sup>2</sup>				III	II	II	I
(R-3)	$A_T > 5000$	III	II	I	I	I	I	I
	$A_T < 5000$	III	II	II	II	I	I	I

*Nota.* Tomado de Título J – Requisitos de protección contra incendios en edificaciones (p.13), por AIS, 2010.

Una vez se tiene la categoría de riesgo, se utiliza la tabla J.3.4-4 para determinar la resistencia al fuego requerida por los elementos que hacen parte de la edificación (AIS, 2010).

**Figura 15**

*Resistencia al fuego requerida para elementos.*

Elementos de la construcción	Categoría según la clasificación dada en J.3.3.1		
	I	II	III
Muros Cortafuego	1	1	1
Muros de cerramiento de escaleras, ascensores, buitrones, ductos para basuras y corredores de evacuación protegidos	1	1	1
Muros divisorios entre unidades	1	1	1
Muros interiores no portantes	½	¼	-
Elementos estructurales de los materiales cubiertos por los Títulos C a G del Reglamento NSR-10	1	1	1
Cubiertas	1	1	½
Escaleras interiores no encerradas con muros	1	1	1

*Nota.* Tomado de *Título J – Requisitos de protección contra incendios en edificaciones (p.18), por AIS, 2010.*

Posteriormente se calculan las horas que pueden resistir cada tipo de elemento (columnas, muros estructurales, losas, viguetas y viguetas), según J.3.5.2.1 a J.3.5.2.4 (AIS, 2010). Por último, se chequea que estas horas de resistencia sean mayores o iguales a la resistencia requerida.

#### 4.4. Módulo 4

En este módulo se revisan el proceso de análisis y diseño del sistema de cimentación.

Inicialmente se consulta del estudio geotécnico las alternativas propuestas por el geotecnista para el sistema de cimentación, comparando esto con las características adoptados en el diseño de la cimentación por parte del diseñador estructura. De tal forma se puede comprobar el seguimiento de las recomendaciones expuestas por el estudio geotécnico.

Para este proyecto se propusieron dos alternativas de cimentación, la primera consistente en un sistema de zapatas aisladas y la segunda basada en cimientos corridos. Ante esto, durante el

proceso de diseño se adoptó la propuesta de zapatas aisladas, la cual presentaba los siguientes parámetros de diseño:

**Tabla 3**

*Recomendaciones de estudio geotécnico para cimentación con zapatas.*

<b>Ítem</b>	<b>Recomendación</b>
Tipo de cimiento	Zapata
Capacidad portante admisible para diseño con cargas de servicio (kg/cm <sup>2</sup> )	4
Profundidad de cimentación (m)	1
Ancho mínimo del cimiento (m)	1

*Nota.* Tomado de *Rubio Promotores S.A.*

Posteriormente se realiza la revisión del diseño de las zapatas utilizando el software midas Gen y utilizando los resultados del análisis estructural, en cuanto a las cargas de servicio sobre la cimentación. Para lo cual se ingresan al modelo los parámetros del suelo y las propiedades de los materiales.

**Figura 16***Parámetros de diseño de zapatas.*

**Footing Design**

Z-1 | Z-2

Name : Z-1 Node No : 25

**Footing Size**

Lx : 2.8 m  
Ly : 2.8 m  
Depth (D) : 0.7 m  
CoverThk (dc) : 0.08 m

**Material Strength:** kgf/m<sup>2</sup>  
Concrete (F<sub>c</sub>) : 2100000  
Re-bar (f<sub>y</sub>) : 4000000

**Re-bar Size**  
X Direction : P9  
Y Direction : P9

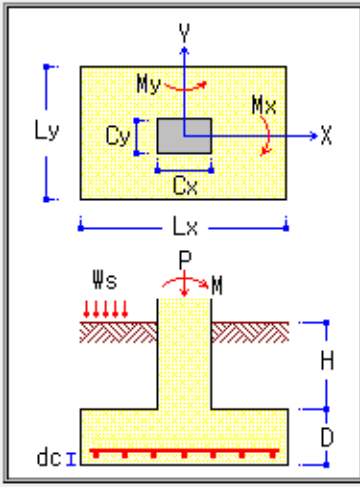
Isolated FDN

Allowable Soil Pressure (Q<sub>e</sub>) : 40000 kgf/m<sup>2</sup>

**Misc. Load**

Surcharge Load (W<sub>s</sub>) : 0 kgf/m<sup>2</sup>  
Soil Height (H) : 1 m  
Soil Density (γ<sub>q</sub>) : 1800 kgf/m<sup>3</sup>

**Major Axis**  
X Axis :   
Y Axis :



Select Load Combinations  
Change Column Size  
Reaction Force View  
Option

Code Check

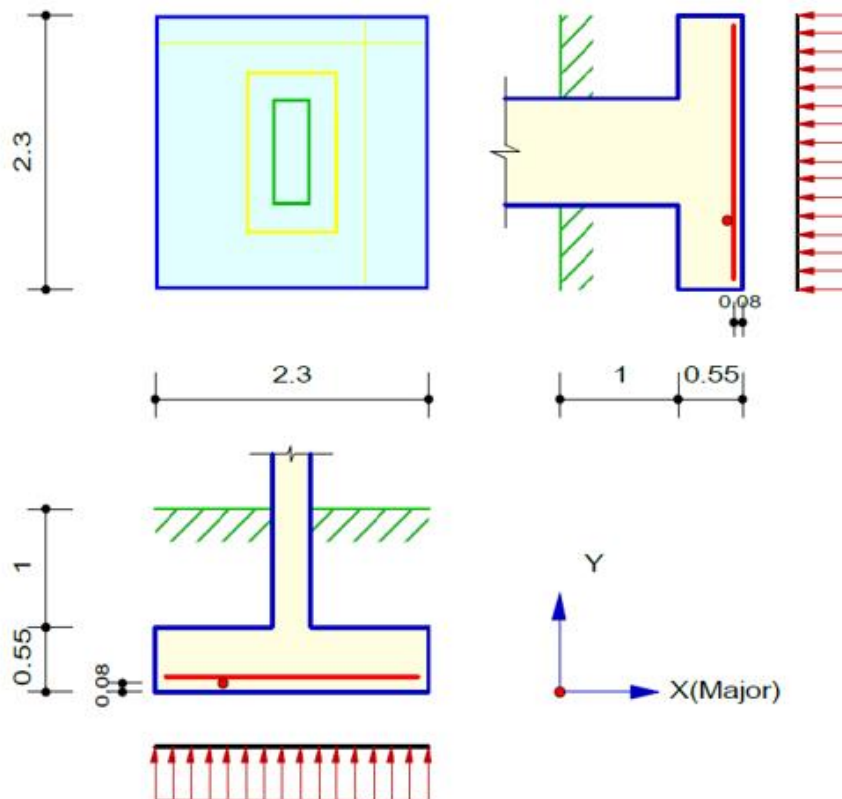
Close

*Nota. Tomado del Software midas Gen*

Por último, se ejecuta el chequeo y se verifica el cumplimiento de las dimensiones de las zapatas, en cuanto a las presiones sobre el suelo y las resistencias a cortante y flexión. Además, se compara el refuerzo requerido con el especificado en la memoria de cálculo.

**Figura 17**

*Chequeo de esfuerzos sobre el terreno.*



### Soil Bearing Pressure Check

Actual Pressure

$$Q_s(\max) = 38837.9 \text{ kgf/m}^2 < Q_e = 40000.0 \text{ kgf/m}^2 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$Q_s(\min) = 36149.1 \text{ kgf/m}^2 > 0.00 \text{ kgf/m}^2 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Design Pressure

$$Q_u(\max) = 46016.0 \text{ kgf/m}^2$$

$$Q_u(\min) = 42355.7 \text{ kgf/m}^2$$

*Nota. Tomado del Software midas Gen*

**Figura 18**

*Diseño de zapatas a flexión y cortante.*

**Shear Check** (Phi= 0.75)

One Way Shear

$$V_{uy} = 39802.3 \text{ kgf} < \Phi V_{ny} = 59941.4 \text{ kgf} \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$V_{ux} = 38502.3 \text{ kgf} < \Phi V_{nx} = 85410.7 \text{ kgf} \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Punching Shear

$$V_u = 185977 \text{ kgf} < \Phi V_n = 228879 \text{ kgf} \dots\dots\dots \text{O.K}$$

**Bending Moment Check** (Phi= 0.90)

X-X Axis (Y Direction)

---

$$M_{ux} = 20641.8 \text{ kgf-m/m}$$

$$\rho = 0.0022$$

$$A_s = 0.00113 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$A_s(\text{min}) = 0.0018 * D = 0.00108 \text{ m}^2/\text{m}$$

Y-Y Axis (X Direction)

---

$$M_{uy} = 14235.5 \text{ kgf-m/m}$$

$$\rho = 0.0015$$

$$A_s = 0.00079 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$A_s(\text{req}) = A_s * 2\beta / (1 + \beta) = 0.00093 \text{ m}^2/\text{m}$$

*Nota. Tomado del Software midas Gen*

#### 4.5. Módulo 5

El módulo 5 comprende la revisión de los planos estructurales de planta, junto con sus detalles y recomendaciones constructivas.

Esta revisión se inició con la verificación del contenido mínimo de los planos estructurales, el cual está especificado en la sección A.1.5.2.1 de la NSR-10 (AIS, 2010), para lo cual se examinaron los siguientes aspectos aplicable al proyecto:

- a. Especificaciones de los materiales de construcción, en este caso la resistencia del concreto y del acero. Además, la claridad en la especificación del material correspondiente a cada parte de la estructura.
- b. Las dimensiones y localización de cada uno de los elementos estructurales teniendo en cuenta el diseño realizado en las memorias de cálculo.
- c. Las precauciones a tener en cuenta durante la construcción, que para este caso correspondieron a las contraflechas en voladizos.
- d. El grado de capacidad de disipación de energía con el cual fue diseñado el sistema de resistencia sísmica.
- e. Las cargas vivas supuestas durante el diseño.
- f. El grupo de uso al que pertenece la edificación.

#### 4.6. Módulo 6

Este módulo consiste en la revisión de los despieces de cada uno de los elementos estructurales asegurando la concordancia de estos con los diseños especificados y con las plantas estructurales. Para tal fin, se realizan las siguientes comprobaciones:

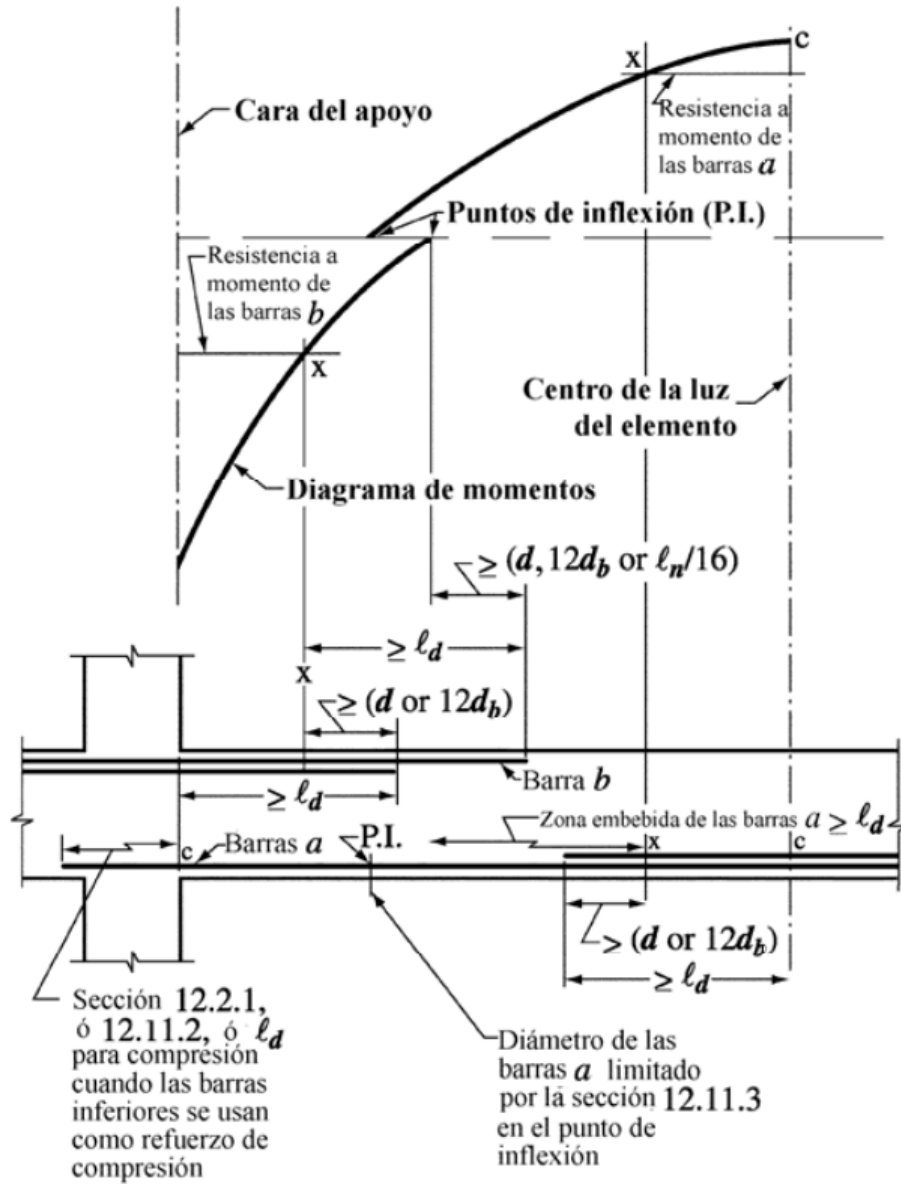
- a. Dimensiones de los elementos de acuerdo con las memorias de cálculo y a los planos de planta, tanto las longitudes de las luces y apoyos, como las dimensiones de la sección transversal.
- b. La nomenclatura de los elementos con respecto a los nombres dados en los planos de planta, además las cantidades especificadas para elementos replicados en la estructura.
- c. La nomenclatura de los apoyos de los diferentes elementos.
- d. Concordancia entre el área de refuerzo requerida en los diseños y el especificado en los despieces.

Adicionalmente, se realizaron las verificaciones sobre el cumplimiento de las siguientes disposiciones exigidas por las NSR-10 sobre el acero de refuerzo:

- Desarrollo del refuerzo a flexión teniendo en cuenta los distintitos casos expuestos en la sección C.12.10 (AIS, 2010):

**Figura 19**

*Desarrollo del refuerzo a flexión.*

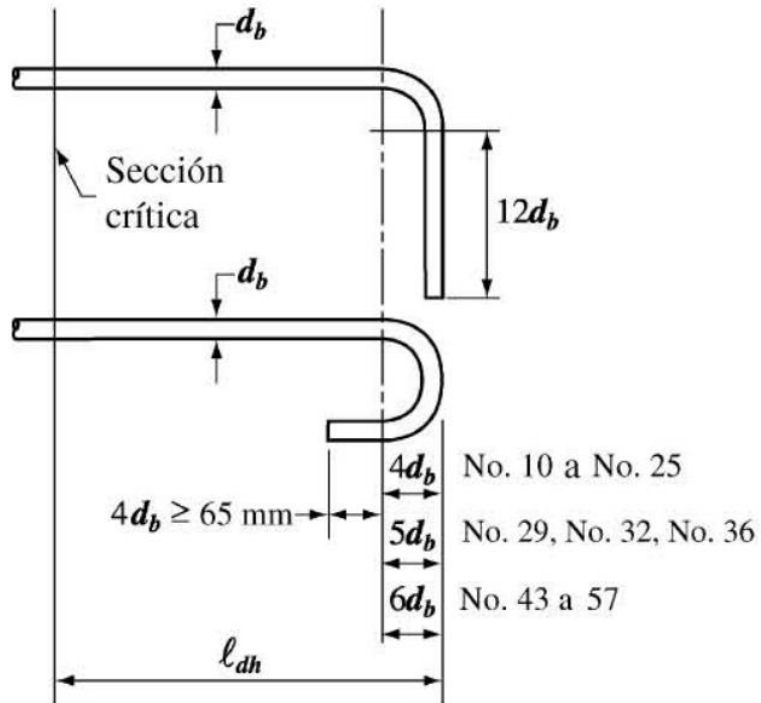


*Nota.* Tomado de Título C – Concreto estructural (p.232), por AIS, 2010.

- Desarrollo de ganchos estándar en tracción según la sección C.12.5 (AIS, 2010):

**Figura 20**

*Detalle de doblado de barras en ganchos.*



*Nota.* Tomado de Título C – Concreto estructural (p.223), por AIS, 2010.

- Empalmes por traslapo de barras corrugadas a tracción conforme a la sección C.12.15 (AIS, 2010).
- Empalmes por traslapo en columnas acorde a la sección C.12.17.2 (AIS, 2010).

#### 4.7. Módulo 7

En este último módulo se realiza el análisis final del proyecto con respecto al cumplimiento estricto de toda la normativa, teniendo en cuenta todos los ajustes y justificaciones presentadas por

el diseñador estructural en respuesta a los requerimientos emitidos durante el proceso de revisión de los diseños estructurales.

Una vez aprobado el proyecto por parte del revisor se procede a la elaboración de la documentación requerida por la resolución 0017 de 2017 con respecto a las entregas que certifican la culminación de los trabajos realizados, los cuales consisten en:

#### ***4.7.1. Memoria de revisión***

Consistente en la memoria justificativa de los trabajos de revisión realizados.

#### ***4.7.2. Diagnóstico cumplimiento de la NSR-10***

Fundamentado en la evaluación sobre la realización adecuada del proyecto y el cumplimiento del Reglamento NSR-10, para lo cual se elabora una lista de chequeo con base en los requisitos establecidos en la NSR-10 en las secciones A.1.3.4 sobre el diseño estructural y A.2.5 sobre los diseños, planos y memorias, con énfasis especial en el numeral A.1.5.3, donde establece que en una memoria de diseño estructural se deben dejar claros los principios bajo los cuales se realiza el modelamiento matemático, análisis estructural y referencias a las normas empleadas (AIS, 2010).

Posteriormente, para concluir la revisión de los diseños estructurales, acorde con lo exigido en la normativa vigente, por parte del revisor se suscriben los planos estructurales, memorias de cálculo y el formulario de solicitud de la licencia de construcción del proyecto como constancia de haber efectuado la revisión, finalmente se hace entrega del memorial de revisión al propietario, en el que se certifica el alcance de los trabajos de revisión realizados y se declara el no estar sujeto a las incompatibilidades establecidas en el artículo 14 de la resolución 0017 de 2017 (AIS, 2017).

### 3. Conclusiones

La práctica empresarial como auxiliar de ingeniería civil en la empresa KER INGENIERIA S.A.S., fue una oportunidad para afianzar y fortalecer los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria.

La metodología adoptada para el desarrollo de las actividades se ajustó a los objetivos planteados para la práctica empresarial. Ya que se realizaron labores de apoyo a los procesos de revisión de diseños estructurales acorde con el alcance fijado en la resolución 0017 de 2017 de comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistente, con el fin de garantizar el estricto cumplimiento de la NSR-10.

Se apoyó el modelamiento en el software de análisis estructural midas Gen y adicionalmente en el análisis e interpretación de sus resultados. Se colaboró en la verificación de los contenidos y procesos de diseño reportados en las memorias de cálculo, al igual que las especificaciones y contenido presentado en los planos estructurales. Adicionalmente se brindó apoyo en la elaboración de los informes y documentos técnicos para cada uno de los módulos de revisión.

Durante el desarrollo de la práctica se trabajaron aspectos importantes dispuestos en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente que no se habían abordado durante el proceso de aprendizaje en la universidad. Se abarcaron nuevos conceptos sobre los trámites para la obtención de las licencias de construcción para edificaciones, y sobre la normativa vigente en cuanto a las medidas enfocadas en el control de la seguridad de las edificaciones y el cumplimiento de los criterios de diseño exigidos en la NSR-10. Adicionalmente se adquirió la destreza para

realizar el análisis estructural de edificaciones de acuerdo con la NSR-10 utilizando el software midas Gen.

Una vez culminado el periodo de la práctica empresarial, el gerente de la empresa manifestó el interés por seguir contando con el apoyo en el área de revisión de diseños mediante el cargo de auxiliar de ingeniería.

### Referencias Bibliográficas

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2020). *Boletín técnico de licencias de construcción (ELIC) Diciembre 2019*.  
[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/licencias/bol\\_lic\\_dic19.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/licencias/bol_lic_dic19.pdf)

AIS, A. C. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Bogotá D.C., Colombia.

Resolución 0017 de 2017 [Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica]. Por medio de la cual se actualiza la Resolución 0015 de octubre 15 de 2015 respecto a los procedimientos para fijar el alcance de las labores profesionales y establecer los honorarios mínimos que se utilicen para retribuir las labores mencionadas en el Artículo 42 de la Ley 400 de 1997. Diciembre 04 de 2017.

Decreto 945 de 2017 [Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio]. Por el cual se modifica parcialmente el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10. Junio 05 de 2017.

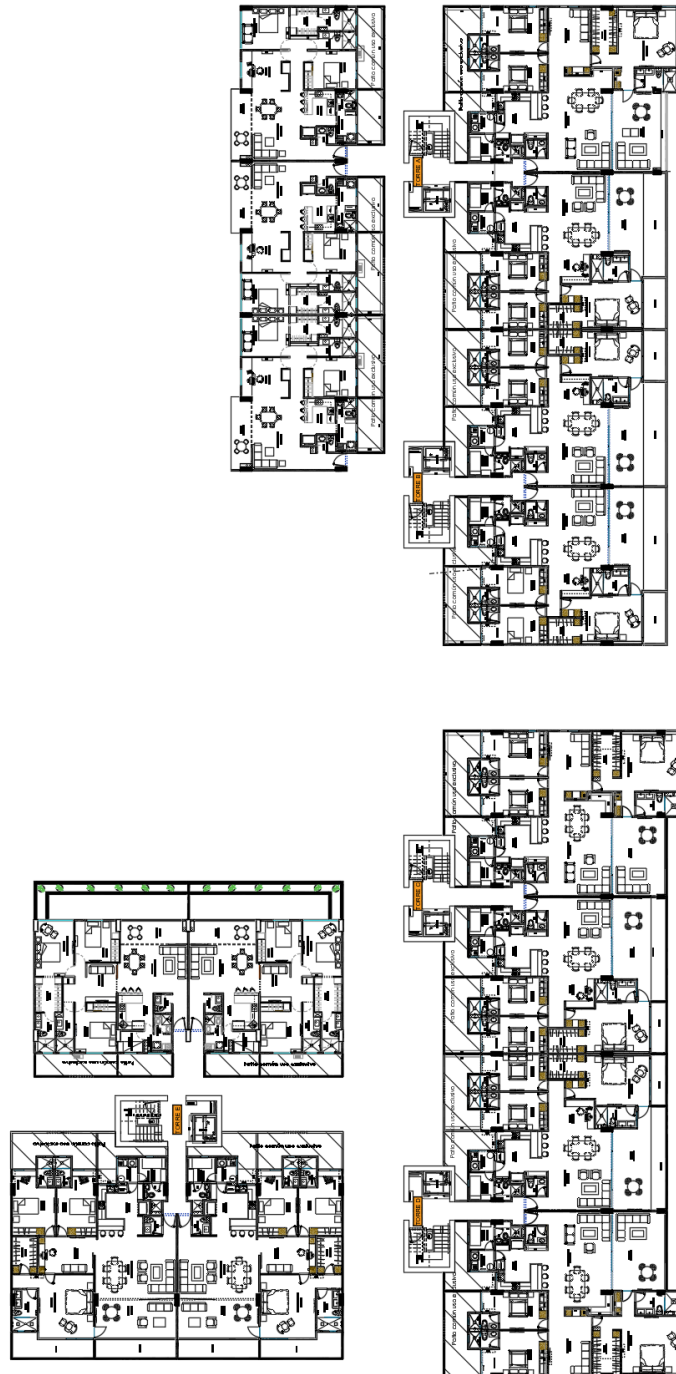
Decreto 411.0.20.0158 de 2014 [Alcaldía de Santiago de Cali]. Por el cual se adopta la microzonificación de Santiago de Cali y se definen sus respectivas curvas y parámetros de diseño estructural sismo resistente. Marzo 18 de 2014.

Ley 1796 de 2016. Por la cual se establecen medidas enfocadas a la protección del comprador de vivienda, el incremento de la seguridad de las edificaciones y el fortalecimiento de la función pública que ejercen los curadores urbanos, se asignan una funciones a la superintendencia de notariado y registro y se dictan otras disposiciones. Julio 13 de 2016. D.O. N°49933.

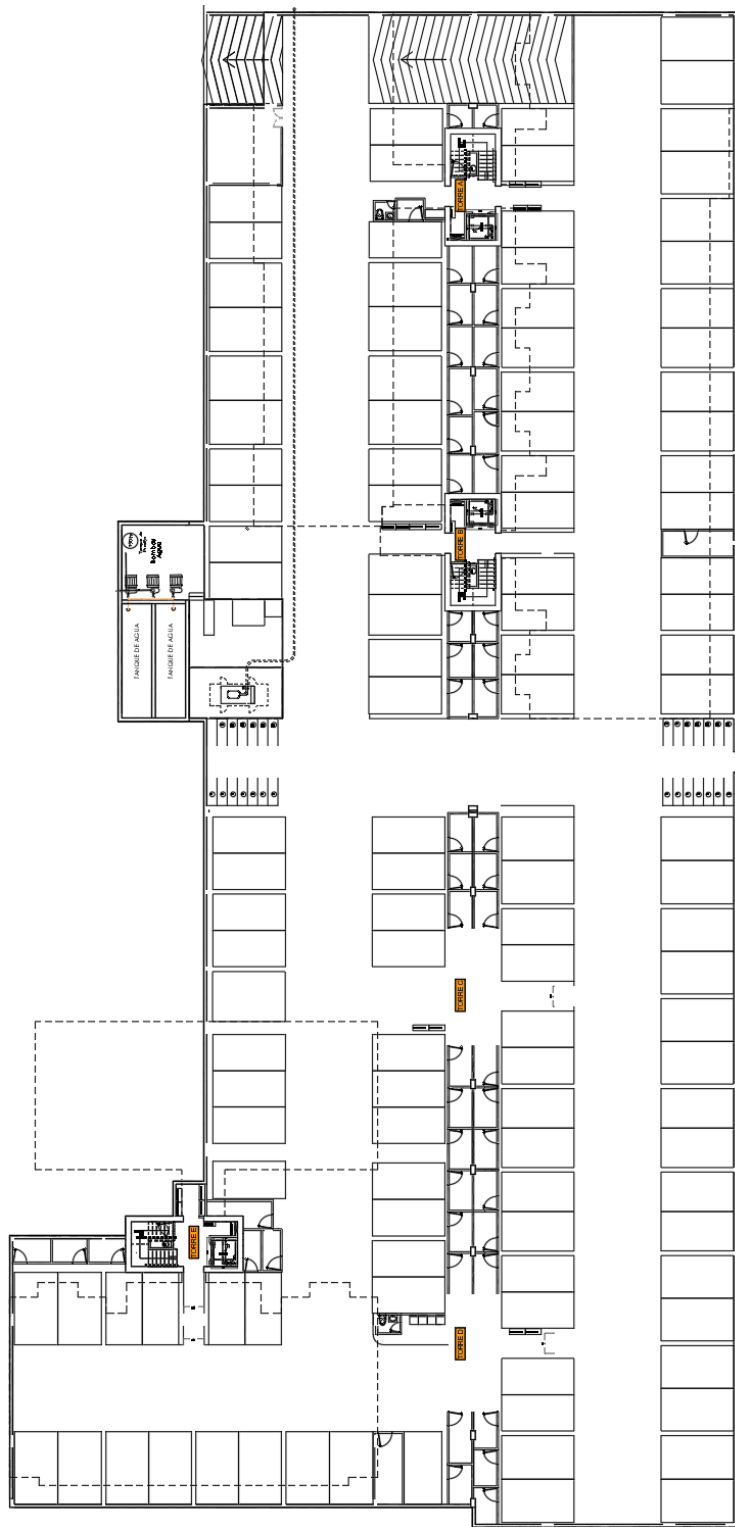
## Apéndices

### Apéndice A. Presentación del proyecto

#### Planta general



Planta de parqueaderos



Fuente: Rubio Promotores S.A.

**Apéndice B. Revisión de avalúo de cargas y parámetros sísmicos****Revisión de carga muerta**

<b>CARGA MUERTA LOSA SÓTANO Y RAMPA</b>					
<b>ITEM</b>	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>		<b>REVISIÓN</b>		
	kg/m <sup>2</sup>	Fuente	kg/m <sup>2</sup>	Observación	Chequea
Loseta superior	192	NSR-10	192	Peso específico multiplicado por espesor.	<b>C</b>
Viguetas	93.5	-	93.5	Este valor es calculado con la separación entre ejes de las viguetas.	<b>C</b>
Riostra	44	-	44	Separación entre los centros de las riostras de aproximadamente 2m.	<b>C</b>
Casetón	0	Recuperable	0	Casetón recuperable.	<b>C</b>

<b>CARGA MUERTA LOSA PRIMER PISO – ZONA DE VIVIENDA</b>					
<b>ITEM</b>	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>		<b>REVISIÓN</b>		
	kg/m <sup>2</sup>	Fuente	kg/m <sup>2</sup>	Observación	Chequea
Loseta superior	120	NSR-10	120	Peso específico multiplicado por espesor.	<b>C</b>
Viguetas	139	-	139	Este valor es calculado con la separación entre ejes de las viguetas.	<b>C</b>
Riostra	66	-	66	Separación entre los centros de las riostras de aproximadamente 2m.	<b>C</b>
Casetón	0	Recuperable	0	Casetón recuperable.	<b>C</b>

<b>CARGA MUERTA LOSA PRIMER PISO – ZONA COMÚN Y CUBIERTA</b>					
<b>ITEM</b>	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>		<b>REVISIÓN</b>		
	kg/m <sup>2</sup>	Fuente	kg/m <sup>2</sup>	Observación	Chequea
Loseta superior	240	NSR-10	240	Peso específico multiplicado por espesor.	<b>C</b>
Viguetas	88	-	88	Este valor es calculado con la separación entre ejes de las viguetas.	<b>C</b>
Riostra	42	-	42	Separación entre los centros de las riostras de aproximadamente 2m.	<b>C</b>
Casetón	0	Recuperable	0	Casetón recuperable.	<b>C</b>

CARGA MUERTA LOSA DE APARTAMENTOS					
ITEM	MEMORIA DE CÁLCULO		REVISIÓN		
	kg/m <sup>2</sup>	Fuente	kg/m <sup>2</sup>	Observación	Chequea
Loseta superior	120	NSR-10	120	Peso específico multiplicado por espesor.	<b>C</b>
Viguetas	101	-	101	Este valor es calculado con la separación entre ejes de las viguetas.	<b>C</b>
Riostra	48	-	48	Separación entre los centros de las riostras de aproximadamente 2m.	<b>C</b>
Casetón	0	Recuperable	0	Casetón recuperable.	<b>C</b>

### Revisión de carga muerta sobreimpuesta

CARGA MUERTA SOBREIMPUESTA					
ITEM	MEMORIA DE CÁLCULO		REVISIÓN		
	kg/m <sup>2</sup>	Fuente	kg/m <sup>2</sup>	Observación	Chequea
Parqueadero	50	NSR-10	50	Capa asfáltica de 5cm.	<b>C</b>
Zona común	150	NSR-10	150	Enchape cerámico de 2cm.	<b>C</b>
Vivienda	400	NSR-10	400	Cielo raso en yeso de 12mm, enchape cerámico de 2cm y muros.	<b>C</b>
Corredores	150	NSR-10	150	Cielo raso en yeso de 12mm y enchape cerámico de 2cm.	<b>C</b>
Balcones	150	NSR-10	150	Cielo raso en yeso de 12mm y enchape cerámico de 2cm.	<b>C</b>
Cubierta	150	NSR-10	150	Cielo raso en yeso de 12mm.	<b>C</b>
Escalera	150	NSR-10	150	Enchape cerámico de 2cm.	<b>C</b>
Rampa	50	NSR-10	50	Capa asfáltica de 5cm.	<b>C</b>

**Revisión de carga viva**

<b>CARGA VIVA</b>					
<b>ITEM</b>	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>		<b>REVISIÓN</b>		
	kg/m <sup>2</sup>	Fuente	kg/m <sup>2</sup>	Observación	Chequea
Parqueadero	250	NSR-10	250	NSR-10 Tabla B.4.2.1-1	<b>C</b>
Zona común	500	NSR-10	500	NSR-10 Tabla B.4.2.1-1	<b>C</b>
Vivienda	180	NSR-10	180	NSR-10 Tabla B.4.2.1-1	<b>C</b>
Corredores	300	NSR-10	300	NSR-10 Tabla B.4.2.1-1	<b>C</b>
Balcones	500	NSR-10	500	NSR-10 Tabla B.4.2.1-1	<b>C</b>
Cubierta	180	NSR-10	180	NSR-10 Tabla B.4.2.1-2	<b>C</b>
Escalera	300	NSR-10	300	NSR-10 Tabla B.4.2.1-1	<b>C</b>
Rampa	250	NSR-10	250	NSR-10 Tabla B.4.2.1-1	<b>C</b>
Empozamiento de agua	50	NSR-10	50	NSR-10 B.4.8.2	<b>C</b>

Fuente: KER Ingeniería S.A.S.

## Apéndice C. Definición de materiales y secciones en midas Gen

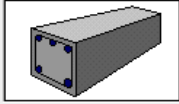
### Definición de materiales

Material Data ×

**General**

Material ID:  Name:

**Elasticity Data**

Type of Design:  

Type of Material:  Isotropic  Orthotropic

**Steel**

Standard:  DB:  Product:

**Concrete**

Standard:  Code:  DB:

**Steel Properties**

Modulus of Elasticity:  kgf/m<sup>2</sup>

Poisson's Ratio:

Thermal Coefficient:  1/[F]

Weight Density:  kgf/m<sup>3</sup>

Use Mass Density:  kgf/m<sup>3</sup>/g

**Concrete Properties**

Modulus of Elasticity:  kgf/m<sup>2</sup>

Poisson's Ratio:

Thermal Coefficient:  1/[F]

Weight Density:  kgf/m<sup>3</sup>

Use Mass Density:  kgf/m<sup>3</sup>/g

**Plasticity Data**

Plastic Material Name:

**Inelastic Material Properties for Fiber Model & Non-dissipative element**

Concrete:  Rebar:  ...

**Thermal Transfer**

Specific Heat:  Btu/kg\*[F]

Heat Conduction:  Btu/m\*hr\*[F]

Damping Ratio:

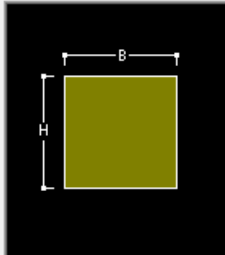
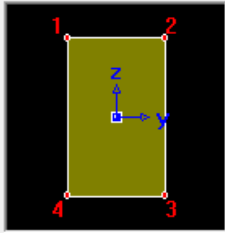
**Definición de secciones**

Section Data ✕

DB/User

Section ID:  Solid Rectangle

Name:   User  DB AISC10(US)

Sect. Name:

Built-Up Section

Get Data from Single Angle

DB Name: AISC10(US)

Sect. Name:

H:  m

B:  m

Consider Shear Deformation.

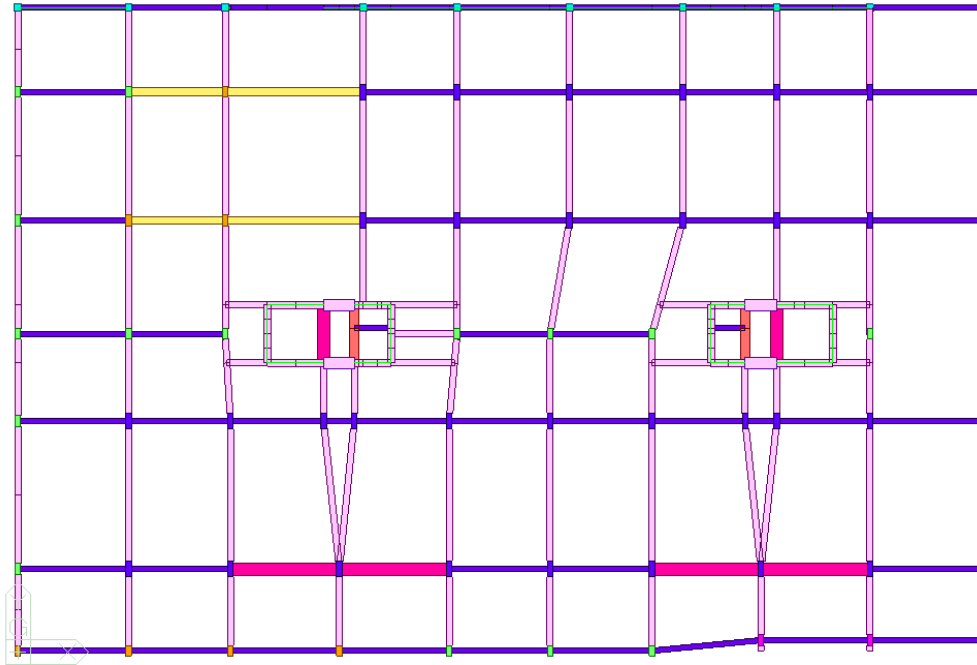
Consider Warping Effect(7th DOF)

Offset: Center-Center

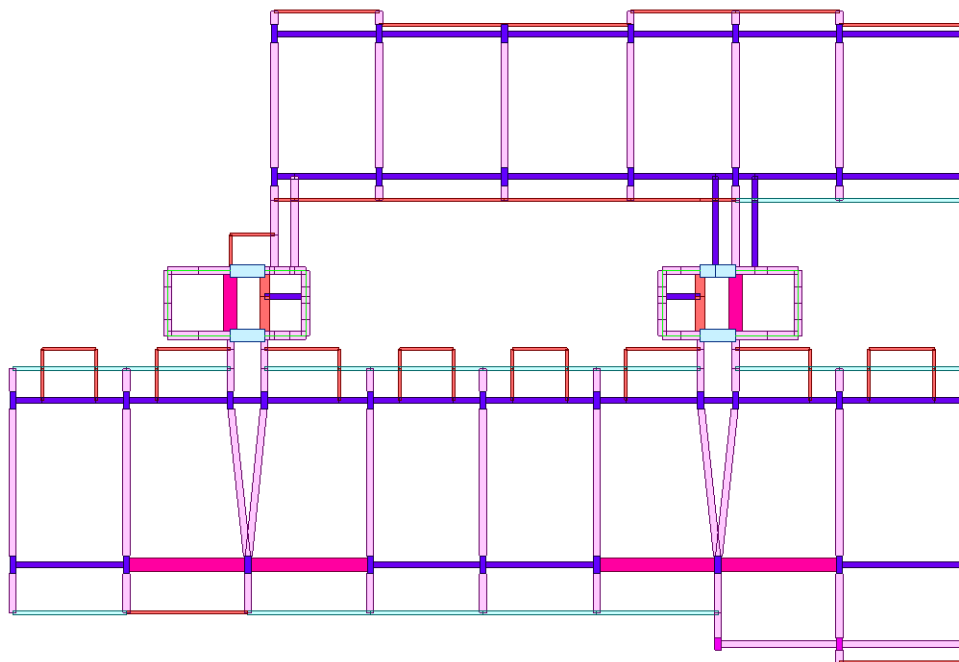
Fuente: midas Gen.

**Apéndice D. Geometría de piso en midas Gen**

**Sótanos**



**Piso Tipo**



Fuente: midas Gen.

## Apéndice E. Revisión de irregularidades

### Irregularidad torsional

Load Case	Story	Level (m)	Story Height (m)	Average Value of Extreme Points		Maximum Value		Remark	Phi_p
				1.4*Story Drift (m)	1.2*Story Drift (m)	Node	Story Drift (m)		
RS-X(RS)	8F	22.05	3.10	0.0076	0.0065	2399	0.0067	Irregular	0.9
RS-X(RS)	7F	18.90	3.15	0.0102	0.0088	2344	0.0089	Irregular	0.9
RS-X(RS)	6F	15.75	3.15	0.0112	0.0096	2174	0.0096	Regular	1.0
RS-X(RS)	5F	12.60	3.15	0.0114	0.0098	2004	0.0097	Regular	1.0
RS-X(RS)	4F	9.45	3.15	0.0108	0.0092	1828	0.0091	Regular	1.0
RS-X(RS)	3F	6.30	3.15	0.0085	0.0073	1696	0.0073	Irregular	0.9
RS-X(RS)	2F	3.15	3.15	0.0039	0.0034	163	0.0042	Extreme Irregular	0.8
RS-X(RS)	1F	0.00	3.15	0.0009	0.0008	23	0.0008	Irregular	0.9
RS-Y(RS)	8F	22.05	3.10	0.0123	0.0106	2397	0.0091	Regular	1.0
RS-Y(RS)	7F	18.90	3.15	0.0138	0.0118	2344	0.0106	Regular	1.0
RS-Y(RS)	6F	15.75	3.15	0.0145	0.0124	2174	0.0110	Regular	1.0
RS-Y(RS)	5F	12.60	3.15	0.0144	0.0123	2004	0.0110	Regular	1.0
RS-Y(RS)	4F	9.45	3.15	0.0133	0.0114	1828	0.0103	Regular	1.0
RS-Y(RS)	3F	6.30	3.15	0.0105	0.0090	1696	0.0087	Regular	1.0
RS-Y(RS)	2F	3.15	3.15	0.0059	0.0051	163	0.0068	Extreme Irregular	0.8
RS-Y(RS)	1F	0.00	3.15	0.0009	0.0008	23	0.0007	Regular	1.0

### Irregularidad en rigidez

Load Case	Story	Level (m)	Story Height (m)	Story Drift (m)	Story Shear Force (kgf)	Story Stiffness	Upper Story Stiffness		Upper 3 Story Stiffness(Avg.)		Remark
							0.6K (Upper)	0.7K (Upper)	0.7K (3 Stories)	0.8K (3 Stories)	
RS-X(RS)	8F	22.05	3.10	0.0034	90644.54	913.18	0.00	0.00	0.00	0.00	Regular
RS-X(RS)	7F	18.90	3.15	0.0037	684150.35	840.35	547.91	639.23	319.61	365.27	Regular
RS-X(RS)	6F	15.75	3.15	0.0042	1218404.02	744.45	504.21	588.24	613.74	701.41	Regular
RS-X(RS)	5F	12.60	3.15	0.0045	1618245.51	700.48	446.67	521.11	582.86	666.13	Regular
RS-X(RS)	4F	9.45	3.15	0.0044	1910901.63	717.04	420.29	490.33	533.23	609.41	Regular
RS-X(RS)	3F	6.30	3.15	0.0037	2103325.90	855.59	430.22	501.93	504.46	576.52	Regular
RS-X(RS)	2F	3.15	3.15	0.0017	2272155.05	1891.14	513.35	598.91	530.39	606.16	Regular
RS-X(RS)	1F	0.00	3.15	0.0006	2336688.94	5407.08	1134.68	1323.80	808.21	923.67	Regular
RS-Y(RS)	8F	22.05	3.10	0.0010	27921.60	2997.86	0.00	0.00	0.00	0.00	Regular
RS-Y(RS)	7F	18.90	3.15	0.0015	210935.98	2082.84	1798.71	2098.50	1049.25	1199.14	Irregular
RS-Y(RS)	6F	15.75	3.15	0.0017	344968.51	1886.79	1249.70	1457.99	1778.24	2032.28	Irregular
RS-Y(RS)	5F	12.60	3.15	0.0018	440908.31	1778.60	1132.07	1320.75	1625.75	1858.00	Irregular
RS-Y(RS)	4F	9.45	3.15	0.0018	522461.04	1763.76	1067.16	1245.02	1341.25	1532.86	Regular
RS-Y(RS)	3F	6.30	3.15	0.0017	592380.03	1822.75	1058.25	1234.63	1266.80	1447.77	Regular
RS-Y(RS)	2F	3.15	3.15	0.0014	679298.15	2175.37	1093.65	1275.92	1251.86	1430.70	Regular
RS-Y(RS)	1F	0.00	3.15	0.0003	711172.44	11130.14	1305.22	1522.76	1344.44	1536.50	Regular

**Irregularidad en masas**

Load Case	Story	Level (m)	Story Height (m)	Story Mass (kgf/g)	Adjacent Story Mass		Story Mass Ratio	Remark
					1.5M(Upper) (kgf/g)	1.5M(Lower) (kgf/g)		
DEAD	Roof	25.15	0.00	10529.794	0.000	136760.273	0.077	Regular
DEAD	8F	22.05	3.10	91173.516	15794.691	160981.285	5.772	Irregular
DEAD	7F	18.90	3.15	107320.856	136760.273	160981.285	0.785	Regular
DEAD	6F	15.75	3.15	107320.856	160981.285	160981.285	0.667	Regular
DEAD	5F	12.60	3.15	107320.856	160981.285	160885.059	0.667	Regular
DEAD	4F	9.45	3.15	107256.706	160981.285	282161.558	0.666	Regular
DEAD	3F	6.30	3.15	188107.705	160885.059	225671.623	1.169	Irregular
DEAD	2F	3.15	3.15	150447.748	282161.558	0.000	0.533	Regular
DEAD	1F	0.00	3.15	27098.251	225671.623	0.000	0.120	Regular

**Irregularidad en resistencia (Piso débil)**

Story	Level (m)	Story Height (m)	Angle1 ([deg])	Story Shear Strength1 (kgf)	Upper Story Shear Strength1 (kgf)	Story Shear Strength Ratio1	Remark1	Angle2 ([deg])	Story Shear Strength2 (kgf)	Upper Story Shear Strength2 (kgf)	Story Shear Strength Ratio2	Remark2
Angle = 0 [Deg]												
Input angle and press the 'Apply' button to change the			0.00	Apply								
8F	22.05	3.10	0.00	566285.1172	0.0000	0.0000	Regular	90.00	357653.7582	0.0000	0.0000	Regular
7F	18.90	3.15	0.00	1444162.5238	566285.1172	2.5502	Regular	90.00	1235531.1649	357653.7582	3.4545	Regular
6F	15.75	3.15	0.00	1444162.5238	1444162.5238	1.0000	Regular	90.00	1235531.1649	1235531.1649	1.0000	Regular
5F	12.60	3.15	0.00	1444162.5238	1444162.5238	1.0000	Regular	90.00	1235531.1649	1235531.1649	1.0000	Regular
4F	9.45	3.15	0.00	1444162.5238	1444162.5238	1.0000	Regular	90.00	1235531.1649	1235531.1649	1.0000	Regular
3F	6.30	3.15	0.00	1444162.5238	1444162.5238	1.0000	Regular	90.00	1235531.1649	1235531.1649	1.0000	Regular
2F	3.15	3.15	0.00	2719658.7867	1444162.5238	1.8832	Regular	90.00	2487658.0060	1235531.1649	2.0134	Regular
1F	0.00	3.15	0.00	3068167.9886	2719658.7867	1.1281	Regular	90.00	3230399.1914	2487658.0060	1.2986	Regular

Fuente: midas Gen.

## Apéndice F. Revisión de derivas

### Derivas en X

Load Case	Story	Story Height (m)	P-Delta Incremental Factor (ad)	Allowable Story Drift Ratio	Maximum Drift of All Vertical Elements					Drift at the Center of Mass				
					Node	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Drift Factor (Maximum/Current)	Story Drift Ratio	Remark
RMC.Not Used, Cd=1, Ie=1.5, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.01 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio/Beta!														
RS-X(RS)	8F	3.10	1.00	0.0100	2399	0.0035	0.0023	0.0008	OK	0.0034	0.0023	1.0358	0.0007	OK
RS-X(RS)	7F	3.15	1.00	0.0100	2348	0.0058	0.0038	0.0012	OK	0.0037	0.0025	1.5353	0.0008	OK
RS-X(RS)	6F	3.15	1.00	0.0100	2178	0.0064	0.0042	0.0013	OK	0.0042	0.0028	1.5014	0.0009	OK
RS-X(RS)	5F	3.15	1.00	0.0100	2008	0.0066	0.0044	0.0014	OK	0.0045	0.0030	1.4579	0.0010	OK
RS-X(RS)	4F	3.15	1.00	0.0100	1834	0.0062	0.0041	0.0013	OK	0.0044	0.0029	1.4082	0.0009	OK
RS-X(RS)	3F	3.15	1.00	0.0100	1711	0.0047	0.0031	0.0010	OK	0.0037	0.0025	1.2819	0.0008	OK
RS-X(RS)	2F	3.15	1.00	0.0100	163	0.0027	0.0018	0.0006	OK	0.0017	0.0011	1.6169	0.0004	OK
RS-X(RS)	1F	3.15	1.00	0.0100	23	0.0007	0.0005	0.0002	OK	0.0006	0.0004	1.2832	0.0001	OK

### Derivas en Y

Load Case	Story	Story Height (m)	P-Delta Incremental Factor (ad)	Allowable Story Drift Ratio	Maximum Drift of All Vertical Elements					Drift at the Center of Mass				
					Node	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Drift Factor (Maximum/Current)	Story Drift Ratio	Remark
RMC.Not Used, Cd=1, Ie=1.5, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.01 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio/Beta!														
RS-Y(RS)	8F	3.10	1.00	0.0100	2397	0.0090	0.0060	0.0019	OK	0.0083	0.0055	1.0867	0.0018	OK
RS-Y(RS)	7F	3.15	1.00	0.0100	2344	0.0100	0.0067	0.0021	OK	0.0085	0.0057	1.1764	0.0018	OK
RS-Y(RS)	6F	3.15	1.00	0.0100	2174	0.0104	0.0069	0.0022	OK	0.0089	0.0059	1.1755	0.0019	OK
RS-Y(RS)	5F	3.15	1.00	0.0100	2004	0.0103	0.0069	0.0022	OK	0.0087	0.0058	1.1868	0.0018	OK
RS-Y(RS)	4F	3.15	1.00	0.0100	1828	0.0096	0.0064	0.0020	OK	0.0079	0.0053	1.2085	0.0017	OK
RS-Y(RS)	3F	3.15	1.00	0.0100	1696	0.0081	0.0054	0.0017	OK	0.0062	0.0041	1.3151	0.0013	OK
RS-Y(RS)	2F	3.15	1.00	0.0100	163	0.0060	0.0040	0.0013	OK	0.0031	0.0021	1.9023	0.0007	OK
RS-Y(RS)	1F	3.15	1.00	0.0100	23	0.0006	0.0004	0.0001	OK	0.0005	0.0004	1.1571	0.0001	OK

Fuente: midas Gen.