

**APOYO EN EL MODELAMIENTO Y EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE
EDIFICACIONES POR MEDIO DEL SOFTWARE ETABS PARA VERIFICAR
LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES REALIZADOS EN OTRO SOFTWARE, EN
LA EMPRESA CONSTRUINGENIERÍA LTDA. DURANTE EL PERIODO
COMPRENDIDO ENTRE DICIEMBRE DEL AÑO 2016 Y MARZO DEL AÑO 2017**

YOLMER ARLEY ROMERO PIMIENTO



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO—MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017**

**APOYO EN EL MODELAMIENTO Y EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE
EDIFICACIONES POR MEDIO DEL SOFTWARE ETABS PARA VERIFICAR
LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES REALIZADOS EN OTRO SOFTWARE, EN
LA EMPRESA CONSTRUINGENIERÍA LTDA. DURANTE EL PERIODO
COMPRENDIDO ENTRE DICIEMBRE DEL AÑO 2016 Y MARZO DEL AÑO 2017**

YOLMER ARLEY ROMERO PIMIENTO

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Civil**

Director:

GUSTAVO CHIO CHO

Doctor en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Tutor:

ABEDULIO CAMARGO BENÍTEZ

Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO—MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

*A mis padres, Carmensa y Segundo
Por hacer posible este título con sus esfuerzos, su cariño
y sobre todo su comprensión*

*A mis familias Romero y Pimiento
Especialmente a Marina y Margarita Romero
Por su apoyo en los momentos donde todo se tornaba gris*

*A mis Abuelitos Francisca y Ciro
Por su educación, su hogar y su amor sincero*

*A Daniela, mi hermana
Por su compañía en cada momento*

*Con amor, para mi nuevo sol
Sara Valentina*

Yolmer Romero

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a la Universidad Industrial de Santander, a la Escuela de Ingeniería Civil, a la Sede Regional UIS Málaga y a los profesores que intervinieron en su formación profesional. Especialmente a los docentes dentro del área de Estructuras, quienes forjaron su gusto por ellas.

A la empresa Construingeniería Ltda. en cabeza del ingeniero Abedulio Camargo Benítez, por la oportunidad de ejercer profesionalmente la ingeniería civil en el desarrollo de este trabajo de grado.

Igualmente, al ingeniero Cristian Caballero, por su disposición para compartir conocimientos, su acertada orientación y su valioso apoyo en la consecución de los proyectos destinados para el desarrollo de esta práctica empresarial.

Finalmente, a cada uno de mis compañeros durante este proceso en la universidad, principalmente a Carlos Hernández y Julián Rojas.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. GENERALIDADES	17
1.1 MODALIDAD - TRABAJO DE GRADO	17
1.2 INFORMACIÓN DE LA EMPRESA.....	17
1.2.1 Descripción	17
1.2.2 Misión.....	18
1.2.3 Visión	18
1.2.4 Organización.....	18
2. METODOLOGÍA	20
2.1 REVISIÓN Y ESTUDIO DE REGLAMENTOS Y MANUALES	20
2.2 TRAZADO, CORRECCIÓN O INTERPRETACIÓN DE PLANOS ESTRUCTURALES.....	22
2.3 MODELAMIENTO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES.....	23
2.4 COMPARACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISEÑOS ESTRUCTURALES.....	31
2.5 INFORME DE RESULTADOS	31
3. PRESENTACIÓN Y DESARROLLO DE PROYECTOS REALIZADOS	32
4. CONCLUSIONES	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXOS.....	58

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Logo Construingeniería Ltda.....	18
Figura 2. Factor de modificación por ajuste de resultados en el Análisis Dinámico.	26
Figura 3. Ecuación para calcular el coeficiente de disipación de energía a partir de las reducciones para estructuras irregulares.	30
Figura 4. Vista 3D: Modelo Estructural en ETABS – Proyecto 1.....	32
Figura 5. Cargas usadas en el modelo estructural por el ingeniero diseñador.	36
Figura 6. Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño para Revisión Estructural – Proyecto 1.....	37
Figura 7. Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño usado en el Diseño Estructural.....	38
Figura 8. Valores <i>TC</i> y <i>TL</i> usados en el Espectro Elástico de Aceleraciones de diseño del diseño estructural.	38
Figura 9. Distribución de pesos por entrepiso en el modelo del diseño estructural.	39
Figura 10. Periodos de Vibración en el modelo del diseño estructural.	41
Figura 11. Verificación de la condición de cortante basal para ajuste de resultados en el diseño estructural.....	43
Figura 12. Columnas tomadas para el análisis de irregularidades en planta.	44
Figura 13. Vista 3D: Modelo Estructural en ETABS – Proyecto 2.....	47
Figura 14. Vista 3D: Modelo Estructural en ETABS – Proyecto3.....	49
Figura 15. Vista 3D: Modelo Estructural en CYPECAD – Bloque 1: I.E. Angulo....	51
Figura 16. Vista 3D: Modelo Estructural en CYPECAD – Bloque 2: I.E. Angulo....	52
Figura 17. Vista 3D: Modelo Estructural en CYPECAD – Bloque 3: I.E. Angulo....	52

Figura 18. Vista 3D: Modelo Estructural en CYPECAD – Bloque 4: I.E. Angulo....52

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Títulos del Reglamento NSR-10 consultados para el desarrollo de las revisiones estructurales.	21
Tabla 2. Procedimiento para la revisión de datos de entrada del diseño estructural.	23
Tabla 3. Procedimiento para la revisión de resultados del análisis sísmico.....	25
Tabla 4. Tipos de irregularidades según su clasificación en planta.	27
Tabla 5. Tipos de irregularidades según su clasificación en altura.	29
Tabla 6. Generalidades – Proyecto 1.....	33
Tabla 7. Resumen de parámetros usados en el diseño y la revisión estructural para la obtención del Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño.....	35
Tabla 8. Distribución de pesos por entrepiso en el modelo de revisión estructural en ETABS.	40
Tabla 9. Periodos de Vibración en el modelo de revisión estructural en ETABS...	41
Tabla 10. Análisis de resultados para la comparación de cortantes basales por medio del Análisis Dinámico entre el modelo de revisión y el modelo del diseño estructural.	42
Tabla 11. Análisis de resultados para la comparación de cortantes basales por medio del Análisis Estático entre el modelo de revisión y el modelo del diseño estructural.	42
Tabla 12. Verificación de la condición de cortante basal para ajuste de resultados en la revisión estructural.	43
Tabla 13. Coeficientes de disipación de energía, coeficientes por irregularidades en planta, altura y por ausencia de redundancia.	45
Tabla 14. Generalidades – Proyecto 2.....	47

Tabla 15. Generalidades – Proyecto 3.....49

Tabla 16. Generalidades – Diseño Estructural de la Institución Educativa Angulo.
.....51

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Verificación de geometría entre planos estructurales y planos arquitectónicos.....	59
ANEXO B. Verificación de derivas para el Proyecto 1: Bloque C – Institución Educativa Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F.....	60
ANEXO C. Cálculo de Irregularidades para el Proyecto 1: Bloque C – Institución Educativa Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F.....	64
ANEXO D. Cantidades de acero para reforzamiento de los elementos del sistema de resistencia sísmica del Proyecto 1: Bloque C – Institución Educativa Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F.....	74

RESUMEN

TÍTULO: APOYO EN EL MODELAMIENTO Y EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES POR MEDIO DEL SOFTWARE ETABS PARA VERIFICAR LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES REALIZADOS EN OTRO SOFTWARE, EN LA EMPRESA CONSTRUINGENIERÍA LTDA. DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE DICIEMBRE DEL AÑO 2016 Y MARZO DEL AÑO 2017*

AUTOR: YOLMER ARLEY ROMERO PIMIENTO**

PALABRAS CLAVE: Revisión Estructural, Diseño Estructural, ETABS, Modelo Estructural, Análisis Sísmico, Irregularidad, Deriva, Elemento Estructural.

DESCRIPCIÓN

En el documento a continuación, se presenta el desarrollo del trabajo de grado realizado bajo la modalidad de práctica empresarial en la empresa Construingeniería Ltda. de la ciudad de Bucaramanga (Santander) gracias a los intereses de su gerente general Abedulio Camargo Benítez, en el cual, durante un periodo de cuatro meses (Diciembre 2016 – Marzo 2017), se ejercieron funciones dentro del área de diseño estructural, enfocándolas a la ejecución de revisiones estructurales con la pretensión de identificar posibles fallas en el proceso de diseño para abordarlas y poder garantizar la calidad de los diseños estructurales realizados en la empresa. El procedimiento de revisión se realizó mediante el modelamiento de los sistemas estructurales de resistencia sísmica de cada proyecto en el Software ETABS, haciendo una completa revisión y verificación de los parámetros que intervienen en cada modelamiento estructural para comparar los resultados de este proceso con el diseño estructural desarrollado mediante el software CYPECAD por alguno de los ingenieros estructurales de la empresa. Para el análisis sísmico de las estructuras examinadas, según las exigencias de la empresa, se usó el método del Análisis Dinámico dispuesto por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) a pesar de que el mismo reglamento permitiera el uso del método Fuerza Horizontal Equivalente. En total, se analizaron tres edificaciones proyectadas con uso de atención a la comunidad (Colegios) y con ubicación en zonas de amenaza sísmica alta.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico—Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Gustavo Chio Cho, Doctor en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Tutor: Abedulio Camargo Benítez, Ingeniero Civil

ABSTRACT

TITLE: SUPPORT IN THE MODELING AND STRUCTURAL DESIGN OF BUILDINGS THROUGH THE ETABS SOFTWARE TO VERIFY THE STRUCTURAL DESIGNS CARRIED OUT IN ANOTHER SOFTWARE, IN THE COMPANY CONSTRUINGENIERÍA LTDA. DURING THE PERIOD BETWEEN DECEMBER OF 2016 AND MARCH OF THE YEAR 2017*

AUTHOR: YOLMER ARLEY ROMERO PIMIENTO**

KEYWORDS: Structural Revisión, Structural Design, ETABS, Structural Model, Seismic Analysis, Irregularity, Drift, Structural Element.

DESCRIPTION

The document below presents the development of the degree work carried out under the form of business practice in the company Construingeniería Ltda. Of the city of Bucaramanga (Santander) thanks to the interests of its general manager Abedulio Camargo Benítez, in which, During a period of four months (December 2016 - March 2017), functions were performed within the area of structural design, focusing on the execution of structural revisions with the aim of identifying possible flaws in the design process to address them and to guarantee the Quality of the structural designs made in the company. The revision procedure was done by modeling the structural systems of seismic resistance of each project in the ETABS Software, making a complete review and verification of the parameters involved in each structural modeling to compare the results of this process with the structural design Developed by CYPECAD software by one of the company's structural engineers. For the seismic analysis of the structures examined, according to the company's requirements, the Dynamic Analysis method provided by the Colombian Regulation of Resistant Earthquake Construction (NSR-10) was used despite the fact that the same regulation allowed the use of the Force Horizontal Equivalent. In total, three buildings designed with community-care use (Colleges) and located in areas of high seismic hazard were analyzed.

* Degree work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Gustavo Chio Cho, PhD in Road, Channel and Port Engineering. Tutor: Abedulio Camargo Benítez, Civil Engineer

INTRODUCCIÓN

Con el propósito de concluir la formación académica y ahondar en los conocimientos adquiridos por medio de la experiencia profesional, se desarrolló este trabajo de grado bajo la modalidad de práctica empresarial gracias a los intereses de la empresa Construingeniería Ltda., durante el periodo comprendido entre diciembre del año 2016 y marzo del año 2017.

El ejercicio del presente trabajo de grado está enmarcado en la ejecución de actividades propias del diseño estructural de edificaciones, permitiendo afianzar habilidades mediante el estudio y la revisión del reglamento de construcción sismo resistente que actualmente controla la consecución de obras civiles en Colombia.

A partir de particulares retrasos en los procesos de diseño estructural y de otras especialidades, observaciones importantes por parte de la interventoría respectiva e inconvenientes surgidos con otras profesiones afines como lo es la arquitectura, el gerente general de la empresa, Ingeniero Abedulio Camargo, en conjunto con los principales ingenieros de los departamentos de diseño estructural, diseño de redes y supervisión técnica, decidieron la implementación de un sistema de calidad que permitiera fortalecer el desarrollo de las actividades dentro de la empresa.

El objetivo de implementar dicho sistema de calidad fue, además de reducir los tiempos de ejecución de las funciones propias de cada especialidad al eliminar inconvenientes que produjeran retrasos, el desarrollo de un protocolo que certificara la eficiencia de todos los trabajos realizados por la firma Construingeniería Ltda.

Específicamente en el área de diseño estructural, se presentaron dificultades que provocaron un seguimiento necesario de las actividades, para ello, se propuso una vacante donde se ejercieran labores de revisión estructural para proyectos con inconvenientes significativos, dentro de los cuales, se encontraban proyectos de tipo educativo con exigencias superiores a los proyectos frecuentes con uso de vivienda en zonas de alta sismicidad.

Las actividades desempeñadas dentro de las revisiones estructurales, comprendieron la verificación de toda la información usada para la realización de un diseño estructural. Se abordaron temas correspondientes al análisis sísmico, análisis de derivas e irregularidades, cargas de sollicitación y requisitos de acero de reforzamiento, todos encaminados a desarrollar un modelo estructural que permitiera verificar los diseños realizados por los ingenieros estructurales de la empresa, abordar las posibles fallas presentes en su proceso y aseverar su calidad.

Ocupando este cargo durante el periodo de la práctica empresarial, se permitió realizar un extenso aprendizaje sobre la dinámica profesional de la ingeniería civil en el campo estructural. Se interactuó con profesionales que intervinieron en el desarrollo de algunos proyectos y se logró una experiencia significativa en el modelamiento estructural mediante los software ETABS y CYPECAD.

1. GENERALIDADES

1.1 MODALIDAD - TRABAJO DE GRADO

El presente trabajo de grado se realizó bajo la modalidad de Práctica Empresarial [1], avalada por la Universidad Industrial de Santander, la Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas y la Escuela de Ingeniería Civil como opción para desarrollar el proyecto de grado, requisito para optar por el título de Ingeniero Civil.

1.2 INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

1.2.1 Descripción. Construingeniería Ltda., es una empresa cuyos objetivos comprenden la prestación de servicios profesionales y la celebración de contratos de construcción y consultoría con entidades públicas y privadas dentro del campo de acción de la Ingeniería Civil. Las actividades desarrolladas en la empresa, se realizan bajo las áreas de Diseño Estructural, Diseños Hidráulicos y Sanitarios, Diseño de redes de Gases y redes contra Incendio, Interventoría, Supervisión Técnica y Gerencia de proyectos tipo vivienda, educativos, institucionales, recreativos, de comercio y de servicios.

Figura 1. Logo Construingeniería Ltda.



Fuente. Construingeniería Ltda.

1.2.2 Misión. Construingeniería Ltda., ofrece a sus clientes, productos y servicios relacionados con el sector de la construcción principalmente en Bucaramanga y su área metropolitana. Mediante el apoyo en sistemas de gestión, brinda un alto nivel de calidad, responsabilidad y cumplimiento, siguiendo las normas técnicas y de ingeniería que exigen los diseños y las obras civiles, a través del aprovechamiento de su talento humano y sus recursos operativos y financieros.

1.2.3 Visión. Construingeniería Ltda., pretende establecerse como una de las más reconocidas e importantes empresas consultoras y constructoras de Santander y su área de influencia, caracterizándose por su imagen, reflejada en la calidad, responsabilidad y cumplimiento que garantice la satisfacción de nuestros clientes.

1.2.4 Organización. La gerencia general de Construingeniería Ltda., está a cargo del ingeniero Abedulio Camargo Benítez, quien coordina las labores desempeñadas en todas las áreas de trabajo. Actualmente, la empresa está dividida en tres departamentos principales:

- **Diseño Estructural**, a cargo del ingeniero Cristian Ricardo Caballero Ramírez, cuenta actualmente con cinco ingenieros adscritos.

- **Diseño de Redes (hidráulicas, sanitarias, gases, contra incendios) y Presupuesto**, a cargo del ingeniero Ludwin Valencia Jaimes, quien cuenta con cinco ingenieros en el área.
- **Supervisión Técnica**, actualmente, con cinco ingenieros adscritos a este departamento.

2. METODOLOGÍA

El desarrollo de este trabajo de grado siguió el procedimiento ordenado a continuación:

2.1 REVISIÓN Y ESTUDIO DE REGLAMENTOS Y MANUALES

El ejercicio de la Ingeniería Civil en Colombia ha sido controlado por el *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente* desde la expedición del Decreto 1400 del 7 de junio de 1984. A partir del Decreto 33 del 9 de enero de 1998, se expidió su primera actualización, correspondiente al Reglamento NSR-98. Actualmente, el Decreto 926 del 19 de marzo de 2010, modificado por medio del Decreto 2525 del 13 de Julio de 2010, el Decreto 0092 del 17 de Enero de 2011, el Decreto 0340 del 13 de febrero de 2012 y el Decreto 945 del 5 de Junio de 2017 constituyen la segunda actualización, el *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* [2].

Las actividades ejercidas en el plazo de la práctica empresarial se hicieron estrictamente bajo los lineamientos del Reglamento NSR-10. Para dar alcance a cada etapa de la revisión estructural se consultaron arduamente los títulos indicados en la Tabla 1. Se hizo énfasis en las disposiciones relacionadas con el diseño sismo resistente, los métodos para el cálculo de las fuerzas sísmicas, los requisitos de derivas y el cálculo de irregularidades, temas que rodearon las principales inconsistencias en las comparaciones entre las revisiones y los diseños estructurales.

Además, para el cumplimiento de algunas tareas adicionales a las dispuestas en los objetivos del trabajo de grado, se hizo el estudio de los requisitos correspondientes a *Elementos no Estructurales*, para diseñar algunos elementos de esta tipología exigidos en algunos proyectos desarrollados en el lapso de la práctica.

Tabla 1. Títulos del Reglamento NSR-10 consultados para el desarrollo de las revisiones estructurales.

Título	Descripción
Título A	Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente
Título B	Cargas
Título C	Concreto Estructural
Título F	Estructuras Metálicas

El departamento de diseño estructural realiza principalmente sus trabajos mediante el software CYPECAD versión 2015. Buscando cumplir los objetivos propuestos al introducir las revisiones estructurales, se determinó por parte del gerente general, desarrollarlas por medio del software ETABS versión 2015 para así comparar los resultados entre los dos programas.

La formación de conocimientos para el correcto uso del software ETABS se alcanzó a partir de la revisión de la “Documentación” ofrecida por el software entre sus herramientas [3]. Esta documentación comprende una serie de manuales que indican las funciones y el uso de las opciones con las cuales cuenta. Análogamente, se realizó la revisión de videos y manuales disponibles en internet [4] y se recibió el apoyo de los ingenieros estructurales de la empresa.

Adicionalmente y con alta frecuencia, se consultó el trabajo de diseño estructural realizado por el distinguido ingeniero civil Jorge Ignacio Segura Franco [5], profesor de la Universidad Nacional de Colombia y de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Dentro de este texto, se facilitan diversos parámetros a tener en cuenta durante los procesos de diseño estructural, como lo son las longitudes de desarrollo para las barras de acero de refuerzo tabuladas según las disposiciones del Reglamento NSR-10, entre otros contenidos relevantes.

2.2 TRAZADO, CORRECCIÓN O INTERPRETACIÓN DE PLANOS ESTRUCTURALES

Generalmente, las actividades en esta etapa se enfocaron en la revisión de los planos estructurales resultantes del proceso de diseño realizado por alguno de los ingenieros estructurales de la empresa y los planos arquitectónicos desarrollados para cada proyecto.

El material se recibió en formato “DWG” y en primera instancia se definió realizar un sondeo general en busca de inconsistencias de dibujo con el propósito de corregirlas. En algunos proyectos no se presentaron correcciones y se inició la etapa de modelamiento. En otros, se hicieron necesarias correcciones parciales de acuerdo a los inconvenientes presentados, entre los cuales se resaltan:

- Inconsistencias entre planos arquitectónicos y estructurales
- Inconsistencias con características geométricas o estructurales.
- Inconsistencias en nomenclatura.
- Ausencia de despieces de elementos estructurales propuestos es planta.

Finalmente, se presentó el caso de proyectos donde los planos estructurales no se habían trazado, se recibió la información correspondiente al diseño arquitectónico y se apoyó en el modelamiento en CYPECAD para el desarrollo del diseño estructural. Con los resultados del diseño, se encomendó el trazado de los planos correspondientes.

2.3 MODELAMIENTO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES

Ordenada la información correspondiente a planos estructurales, desde donde se extrajeron algunos parámetros necesarios para el modelamiento estructural, se inició según el orden indicado en la Tabla 2, la etapa de revisión de datos de entrada, en la cual, se determinaron los factores correspondientes a estados de sollicitación y ubicación del proyecto dentro de los mapas de zonificación de amenaza sísmica del país.

Tabla 2. Procedimiento para la revisión de datos de entrada del diseño estructural.

<p><i>I. Revisión del estudio de suelos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Definición del tipo de perfil de suelo.
<p><i>II. Verificación del nivel de amenaza sísmica y los movimientos sísmicos de diseño</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Aceleración horizontal pico efectiva. ➤ Velocidad horizontal pico efectiva. ➤ Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos. ➤ Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios. ➤ Coeficiente de importancia.
<p><i>III. Verificación de cargas de sollicitación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Cargas Muertas. ➤ Cargas Vivas. ➤ Cargas de Viento.

La ejecución de este procedimiento planteado para la revisión de la información de entrada, se desarrolló en base a los documentos entregados por parte del ingeniero a cargo del diseño estructural.

Se revisaron los estudios de suelo correspondientes para obtener la clasificación de los perfiles de suelo según lo especificado en la Tabla A.2.4-1 del Título A del Reglamento NSR-10. Así mismo, para la obtención del nivel de amenaza sísmica mediante los parámetros citados y con la ubicación de cada proyecto revisado, se consultó la Tabla A.2.3-2 y el Apéndice A-4 que proporcionan los valores correspondientes para A_a y A_v , las Tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 donde se presentan los valores para F_a y F_v respectivamente y la Tabla A.2.5-1 donde se indican los coeficientes de importancia según el grupo de uso de la edificación.

Para el análisis y verificación de cargas de sollicitación en cada proyecto, se examinaron las disposiciones del capítulo *B.3-Cargas Muertas* en la Tabla B.3.4.3-1 y del capítulo *B.4-Cargas Vivas* en la Tabla B.4.2.1-1 [6], donde se tabulan las mínimas sollicitaciones dependiendo del uso o la ocupación que tendrá la estructura diseñada.

A partir de la revisión de datos de entrada, se procedió a obtener el *Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño* [7] que se usó en el modelo de revisión. Además, se comparó la información del espectro de diseño obtenido y el espectro de diseño usado en el modelo en CYPECAD. La información correspondiente al diseño estructural realizado por medio del software CYPECAD fue entrega por medio de las memorias de cálculo resultantes del diseño.

Terminadas las anteriores verificaciones, se da inicio al proceso de modelamiento estructural en el software ETABS.

Para la etapa de modelamiento, se usó la geometría definida en los planos estructurales para los elementos que componen el sistema de resistencia sísmica. Las cargas de sollicitación dispuestas en las memorias de cálculo, luego de su respectivo chequeo, también fueron usadas para el análisis del modelo de revisión.

Finalmente en esta etapa, se destaca el uso del método del *Análisis Dinámico* dispuesto en el capítulo 5 del Título A del Reglamento NSR-10, siguiendo las sugerencias de la directiva del departamento de estructuras a pesar de que las exigencias del reglamento actual permitieran el uso del método de *Fuerza Horizontal Equivalente*, que presenta menos rigor frente al método usado.

Con el modelamiento de la estructura, lo siguiente fue la revisión de los resultados del Análisis Sísmico. En la Tabla 3, se relacionan las variables a analizar en esta etapa. Para la verificación de los coeficientes de disipación de energía fue necesario el estudio del capítulo A.3 del Reglamento NSR-10 [8], además de la consulta al trabajo de revisión estructural realizado por la empresa *PERALTA INGENIERÍA S.A.S.* al proyecto “Portal de Antara Torre 1” [9].

Tabla 3. Procedimiento para la revisión de resultados del análisis sísmico.

<p><i>I. Verificación de resultados del análisis sísmico</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Peso de la estructura. ➤ Periodo de la estructura. ➤ Cortante Basal.
<p><i>II. Verificación de derivas</i></p>
<p><i>III. Verificación de coeficientes de disipación de energía</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Definición del sistema estructural. ➤ Coeficiente de disipación de energía básico. ➤ Irregularidades en planta ➤ Irregularidades en altura ➤ Irregularidad por ausencia de redundancia.

La comparación de los resultados de las variables dispuestas en la Tabla 3 entre la revisión y el diseño estructural, se realizó esperando un porcentaje de error por el uso de diferentes software para el modelamiento, pero sin exceder los rangos permitidos para tales errores. Se esperaron diferencias entre los valores para el peso, el periodo y el cortante basal en la estructura pero sin que representaran cambios significativos en el proceso de análisis y los resultados finales.

Con el uso del Análisis Dinámico en el modelo, se obligó a realizar el ajuste de resultados que exige este método, cuando al comparar los resultados del cortante basal se encuentran diferencias entre este análisis y el realizado por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente como lo describe el apartado A.5.4.5 del reglamento sismo resistente y donde al presentarse la necesidad de realizar dicho ajuste de resultados, exige el uso de un factor, como lo indica la Figura 2, dependiendo de la regularidad o irregularidad de la estructura, que afecta todos los parámetros de la respuesta dinámica como lo son las derivas, las fuerzas en los pisos, los cortantes por piso, el cortante basal y las fuerzas en los elementos.

Figura 2. Factor de modificación por ajuste de resultados en el Análisis Dinámico.

$0.80 \frac{V_s}{V_{tj}}$	para estructuras regulares
$0.90 \frac{V_s}{V_{tj}}$	para estructuras irregulares

Fuente. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

El análisis de derivas y la obtención de los coeficientes de disipación de energía se realizaron con los resultados del modelamiento en ETABS. Para este punto, es importante destacar que las fallas más críticas en los procesos de diseño se presentaron debido al incompleto análisis que se hizo para la obtención de los coeficientes de disipación de energía por medio del cálculo de Irregularidades. Con frecuencia, es un tema que no se ocupa con su verdadera importancia en el desarrollo de diseños estructurales y que representa gran relevancia en los resultados finales del diseño.

Siguiendo los preceptos establecidos en el Reglamento NSR-10 para este tema [10], se presentan diferentes tipos de irregularidades que se clasifican como irregularidades en planta, en altura y por ausencia de redundancia, en las Tablas 4 y 5 se hace una presentación ilustrada de cada tipo de irregularidad según su clasificación.

Tabla 4. Tipos de irregularidades según su clasificación en planta.

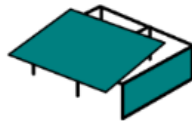



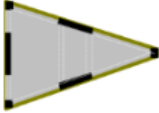
IRREGULARIDADES EN PLANTA	
<p>1aP: Irregularidad torsional</p> <p>1bP: Irregularidad torsional extrema</p>	 <p>Torsional</p>
<p>2P: Retrocesos excesivos en las esquinas</p>	 <p>Salientes excesivos</p>

Tabla 4. Continuación

IRREGULARIDADES EN PLANTA	
3P: Discontinuidades en el diafragma	 <p>Diafragma discontinuo</p>
4P: Desplazamiento del plano de acción de elementos verticales	 <p>Desplazamiento plano del pórtico</p>
5P: Sistemas no paralelos	 <p>Ejes no paralelos</p>

Para el análisis de la irregularidad por ausencia de redundancia se acudió a la descripción enunciada al final del apartado A.3.3.8 – Ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica del Reglamento NSR-10, que cita lo siguiente:

“Aunque no se cumplan las condiciones enunciadas en (a) a (d) (condiciones expuestas en el apartado A.3.3.8.2 del reglamento) al factor de reducción de resistencia por ausencia de redundancia se le debe asignar un valor igual a la unidad si todos los pisos que resistan más del 35 por ciento del corte basal en la dirección bajo estudio son regulares en planta y tienen al menos dos vanos compuestos por elementos que sean parte del sistema de resistencia sísmica

localizados en la periferia a ambos lados de la planta en las dos direcciones principales”

Tabla 5. Tipos de irregularidades según su clasificación en altura.

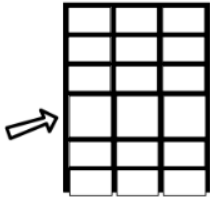
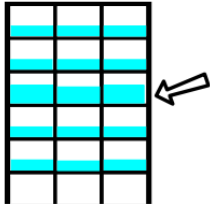
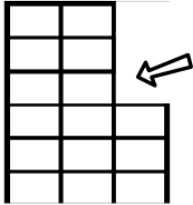
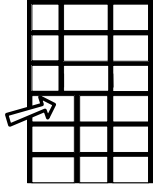

IRREGULARIDADES EN ALTURA	
1aA: Piso flexible (Irregularidad en rigidez) 1bA: Piso flexible (Irregularidad extrema en rigidez)	 <p>Piso flexible</p>
2A: Irregularidad en la distribución de las masas	 <p>Variación en la masa</p>
3A: Irregularidad Geométrica	 <p>Retrocesos excesivos</p>

Tabla 5. Continuación

IRREGULARIDADES EN ALTURA
<p>4A: Desplazamientos dentro del plano de acción</p>  <p style="text-align: center;">Desplazamiento elementos</p>
<p>5aA: Piso débil - Discontinuidad en la resistencia</p> <p>5bA: Piso débil-Discontinuidad extrema en la resistencia</p>  <p style="text-align: center;">Piso debil</p>

Con los coeficientes de reducción de la capacidad de disipación de energía definidos a partir del análisis de irregularidades en cada estructura, se calculó con la ecuación indicada en la Figura 3, el coeficiente de disipación de energía para cada sentido del análisis en el modelo.

Figura 3. Ecuación para calcular el coeficiente de disipación de energía a partir de las reducciones para estructuras irregulares.

$$R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$$

Fuente. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Posteriormente y de acuerdo a las disposiciones del capítulo *B.2 – Combinaciones de cargas* del Reglamento NSR-10, en el apartado *B.2.4-Combinaciones de cargas mayoradas usando el Método de Resistencia* [11], se crearon las combinaciones correspondientes en el software y se procede con el diseño. Con los resultados obtenidos se inicia la siguiente etapa de este trabajo.

2.4 COMPARACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISEÑOS ESTRUCTURALES

Partiendo de los resultados de diseño en el software ETABS, en los cuales expresa las cuantías de acero de reforzamiento necesario para cada elemento estructural del sistema de resistencia sísmica y de acuerdo a las disposiciones del Título C del Reglamento en cuestión, se inicia la verificación de cada uno de los elementos de la estructura.

Como parámetros de comparación en esta etapa siguiendo las recomendaciones de los ingenieros estructurales de Construingeniería Ltda. y del Profesor Miguel Antonio Peralta Hernández, se dispuso un margen de dos (2) centímetros como máximo para las solicitaciones de acero de refuerzo entre los modelos de los dos software.

2.5 INFORME DE RESULTADOS

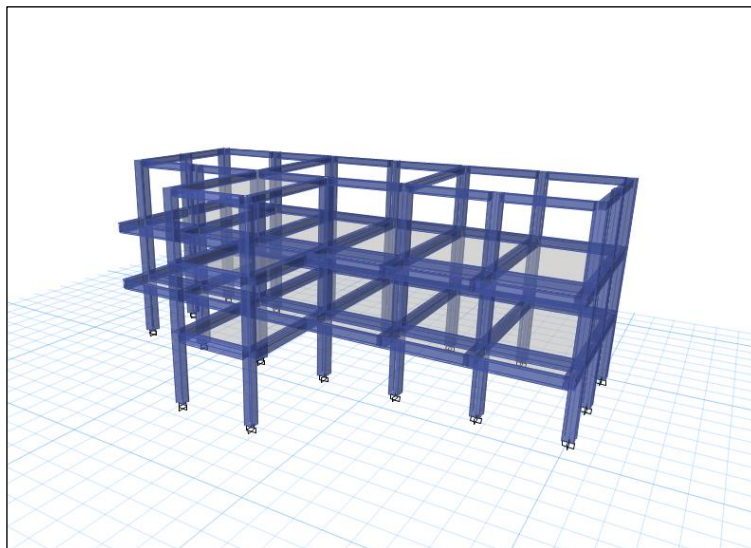
Finalmente y de acuerdo a las comparaciones realizadas en el proceso de revisión, los resultados se reportan en reunión con el gerente general de la empresa y el ingeniero diseñador del proyecto mediante un informe ejecutivo, donde se someten a discusión los resultados obtenidos y se toman las decisiones pertinentes de acuerdo a cada proyecto.

3. PRESENTACIÓN Y DESARROLLO DE PROYECTOS REALIZADOS

La asignación de los proyectos efectuados durante el proceso de la práctica empresarial, correspondió al gerente general de Construingeniería Ltda. Se realizó la revisión estructural para un total de tres edificaciones como se indica en su presentación. Para cada proyecto se realizó el análisis correspondiente siguiendo las etapas planteadas en la metodología.

PROYECTO 1

Figura 4. Vista 3D: Modelo Estructural en ETABS – Proyecto 1.



Se recibieron los correspondientes planos estructurales, planos arquitectónicos, estudio de suelos y memorias de cálculo estructural del proyecto “Institución Educativa Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F – Villas de San Juan” compuesto por 3 edificaciones, cada una de tres niveles y denominadas como Bloques A, B y

C, por parte del responsable del diseño estructural. El Proyecto 1 de revisión estructural, correspondió al Bloque C de institución mencionada. De esta información se extrajeron las generalidades del proyecto dispuestas en la Tabla 6. Se inició con la etapa de revisión de planos y memorias estructurales y terminadas el proceso se concluyó lo siguiente:

- En total, se recibieron 19 planos estructurales para la revisión. Distribuidos en 1 plano de Especificaciones técnicas, 1 plano de localización general, 15 planos estructurales correspondientes a los Bloques A, B y C, 1 plano para el diseño estructural del tanque de almacenamiento y plano estructural correspondiente a detalles de elementos no estructurales.
- Para la revisión de este proyecto, se analizaron los planos estructurales 12, 13, 14, 15 y 16, correspondientes al Bloque C de la institución proyectada, además se revisó el plano de especificaciones adjunto para los tres Bloques.
- La información correspondiente a especificaciones técnicas presentó inconsistencias en la definición del coeficiente de importancia según el grupo de uso definido para el proyecto.
- Con la revisión de las memorias estructurales se identificó que el error correspondiente al coeficiente de importancia solo se presentó en los planos, para el análisis del modelo se usó el coeficiente correcto.

Tabla 6. Generalidades – Proyecto 1

INFORMACIÓN GENERAL	
	Bloque C
Nombre	Institución Educativa Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F – Villas de San Juan
Empresa	CONSORCIO GRAMA OTACC
Ubicación	Girón / Santander
Dirección	Calle 10B # 25A - 31

Tabla 6. Continuación

INFORMACIÓN GENERAL	
	CONSTRUINGENIERÍA LTDA.
Diseño Estructural	Ing. Abedulio Camargo B. Mat. 68202-26578 Stder. CONSORCIO GRAMA OTACC
Diseño Arquitectónico	Arq. Hector Ariel Vera Mat. 68052001-91478098 Stder. GEOTECNOLOGÍA S.A.S.
Estudio de Suelos	Ing. Jaime Suárez Díaz Mat. 15439 Cund. PAYC S.A.S
Interventoría	Esp. Oscar Torres Gonzáles Mat. 18425 Cund.

Se dio inicio a la etapa de modelamiento comenzando con la revisión de datos de entrada para el diseño estructural. Los resultados de este proceso, siguiendo el orden del procedimiento planteado en la Tabla 2, se ordenan a continuación:

REVISIÓN DE DATOS DE ENTRADA DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

I. Verificación de consistencia entre planos estructurales y planos arquitectónicos:

La verificación se realizó a partir de una superposición de las plantas correspondientes a cada diseño mediante el software AutoCAD (Ver Anexo A). Se revisaron cortes y fachadas para verificar detalles en altura y se concluyó que:

- ✓ Los planos estructurales entregados coinciden con los planos arquitectónicos dispuestos para el proyecto.
- ✓ Las plantas propuestas para los pisos 2 y 3 de los niveles N+3.50 y N+7.00 respectivamente, son iguales y se definieron como planta tipo.

II. Revisión del estudio de suelos

Se revisó el estudio de suelos No. 4749 de la empresa GEOTECNOLOGÍA S.A.S. La información extraída para la revisión estructural se presenta en la Tabla 7. Con respecto a la verificación de esta información frente a la información usada para el diseño estructural se ultimó que:

- ✓ La información extraída del estudio de suelos para el desarrollo del diseño estructural es correcta.

III. Verificación del nivel de amenaza sísmica y los movimientos sísmicos de diseño

La información correspondiente al nivel de amenaza sísmica se obtuvo a partir de la definición de la ubicación del proyecto. Estos parámetros, necesarios para el trazado del Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño se encuentran ordenados en la Tabla 7, de la comparación de estos parámetros se concluyó:

Tabla 7. Resumen de parámetros usados en el diseño y la revisión estructural para la obtención del Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño.

Parámetros Sísmicos	
Tipo de Suelo	C
Aa	0.20
Av	0.25
Fa	1.20
Fv	1.55
Grupo de uso	III
I	1.25

- ✓ Los valores estipulados para la revisión corresponden con los valores usados en el diseño estructural.

IV. Verificación de cargas de sollicitación

De las memorias de cálculo entregadas por el diseñador estructural se extrajo la información respectiva para su verificación. En la Figura 5 se presentan los valores usados.

Figura 5. Cargas usadas en el modelo estructural por el ingeniero diseñador.

Planta	Cargas vivas (kN/m ²)	Cargas muertas (kN/m ²)
PLANTA CUBIERTA N+10.50	2.0	2.0
PLANTA 3 N+7.00	2.0	1.5
PLANTA 2 N+3.50	2.0	1.5

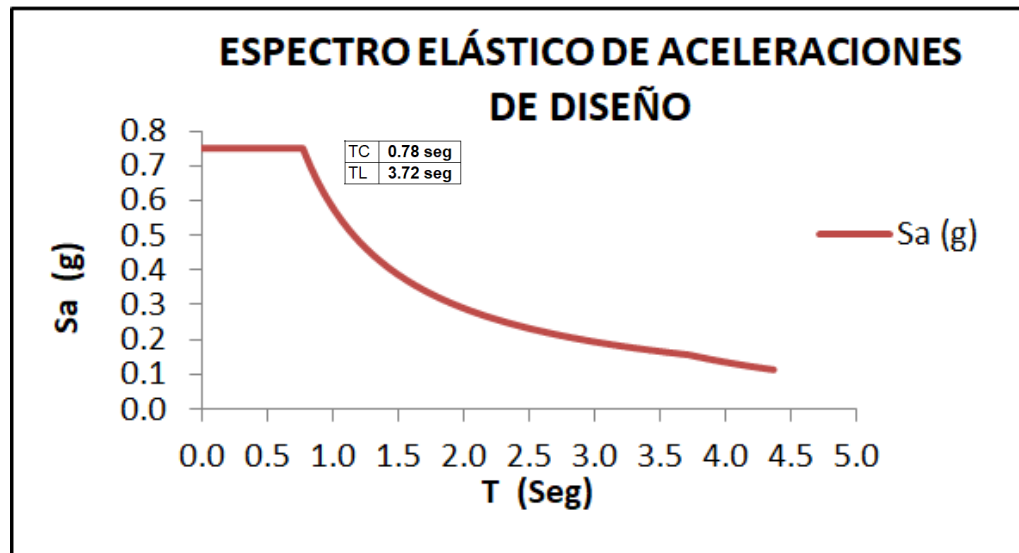
Fuente. Construingeniería Ltda. Memoria de cálculo estructural – Proyecto Bloque C: I.E. Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F – Villas de San Juan.

De la presente revisión se concluyó:

- ✓ Teniendo en cuenta que la edificación se definió para ocupación educativa, se encontró que las cargas usadas para el diseño estructural del proyecto cumplen con los requisitos mínimos exigidos por el Título B del Reglamento NSR-10 cuando no se efectúan análisis más detallados.

Con la verificación de datos de entrada se pudo obtener el *Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño* (Ver Figura 6) para el modelo de la revisión estructural. Para este procedimiento se usó una hoja de cálculo de la aplicación Microsoft Excel, establecida y suministrada por la empresa.

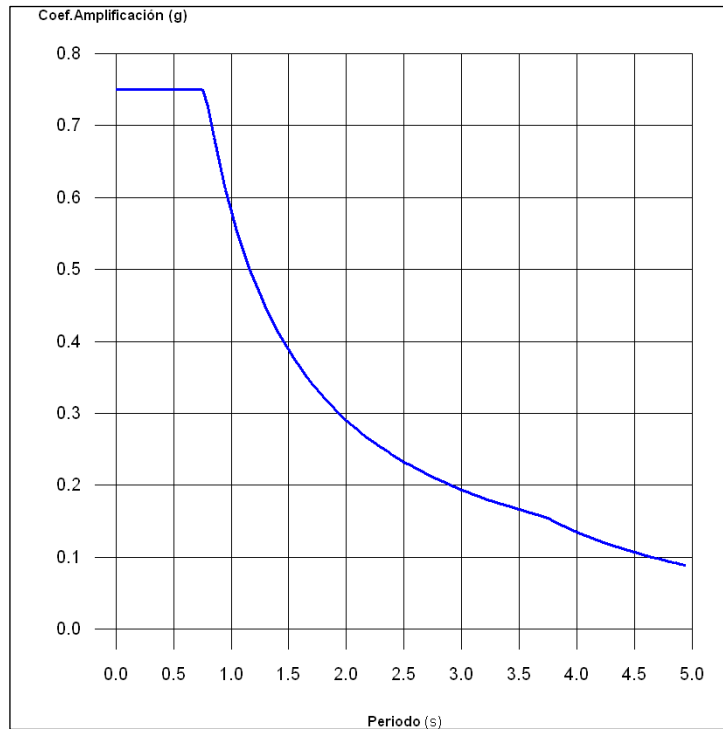
Figura 6. Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño para Revisión Estructural – Proyecto 1.



La información correspondiente al Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño usado en el diseño estructural, presentada en las Figuras 7 y 8, se extrajo de las memorias de cálculo suministradas. De la comparación se concluyó:

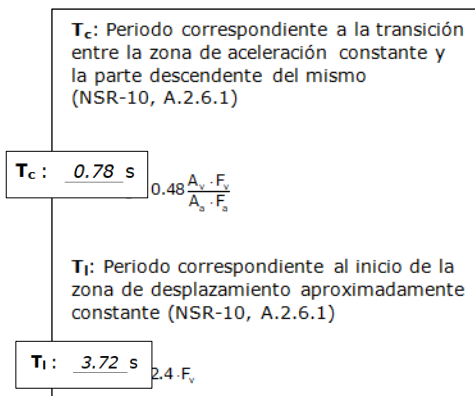
- ✓ El Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño bosquejado para la revisión corresponde con el Espectro usado en el diseño estructural.

Figura 7. Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño usado en el Diseño Estructural.



Fuente. Construingeniería Ltda. Memoria de cálculo estructural – Proyecto Bloque C: I.E. Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F – Villas de San Juan.

Figura 8. Valores T_C y T_L usados en el Espectro Elástico de Aceleraciones de diseño del diseño estructural.



Fuente. Construingeniería Ltda. Memoria de cálculo estructural – Proyecto Bloque C: I.E. Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F – Villas de San Juan.

Dispuesta la información necesaria, se procede con el modelamiento en el software ETABS. Con los resultados del análisis sísmico, lo siguiente fue verificar los parámetros establecidos en la Tabla 3.

REVISIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO

I. Verificación de resultados del Análisis Sísmico:

- Peso de la estructura

Se presenta a continuación en la Figura 9, la disposición de pesos por entrepiso resultante del modelo estructural desarrollado por el ingeniero diseñador.

Figura 9. Distribución de pesos por entrepiso en el modelo del diseño estructural.

Planta	w_i (kN)
PLANTA CUBIERTA	1036.522
PLANTA 3	3271.148
PLANTA 2	3404.795
$W = \sum w_i$	7712.465

Fuente. Construingeniería Ltda. Memoria de cálculo estructural – Proyecto Bloque C: I.E. Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F – Villas de San Juan.

Así mismo, los correspondientes pesos por entrepiso resultantes del proceso de revisión estructural se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Distribución de pesos por entrepiso en el modelo de revisión estructural en ETABS.

PLANTA	Masa	Peso
	kg	kN
CUBIERTA N+10.50	101364.89	994.05
PISO 3 N+7.00	333373.78	3269.28
PISO 2 N+3.50	335262.49	3287.80
CIMENTACIÓN	23923.77	234.61
TOTAL	793924.93	7785.74

A partir del análisis entre los resultados de ambos modelos se concluyó:

- ✓ Se observa que existe una diferencia entre los pesos totales de la estructura resultantes de los modelos de diseño y revisión estructural. Sin embargo, la diferencia que representa un porcentaje del 1%, está dentro del rango permitido.

- Periodo de la Estructura

Similar al proceso de revisión del peso de la estructura a partir de los modelos de diseño y revisión estructural, se hizo la revisión de los periodos de vibración de la estructura. La Figura 10 indica los resultados del modelo de diseño estructural dispuestos en las memorias de cálculo y a su vez la Tabla 9, los resultados calculados en el modelo de revisión estructural. Las diferencias presentadas entre los periodos de vibración fueron aceptadas por los ingenieros de la empresa a partir del pequeño porcentaje de error entre los pesos calculados en los dos modelos.

Figura 10. Periodos de Vibración en el modelo del diseño estructural.

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y
Modo 1	0.391	0.7594	0.0408	0.6494	84.8 %	0.24 %
Modo 2	0.381	0.0527	0.8953	0.4424	0.29 %	83.56 %
Modo 3	0.310	0.0106	0.0146	0.9999	0.68 %	0.2 %
Modo 4	0.251	0.183	0.0019	0.9831	2.17 %	0 %
Modo 5	0.142	0.332	0.0314	0.9427	7.62 %	0.07 %
Modo 6	0.137	0.0615	0.932	0.3573	0.05 %	12.16 %
Total					95.61 %	96.23 %

Fuente. Construingeniería Ltda. Memoria de cálculo estructural – Proyecto Bloque C: I.E. Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F – Villas de San Juan.

Tabla 9. Periodos de Vibración en el modelo de revisión estructural en ETABS.

Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
	sec				
1	0.390	73.94%	12.76%	73.94%	12.76%
2	0.389	13.37%	71.89%	87.31%	84.65%
3	0.321	1.42%	0.06%	88.73%	84.72%
4	0.134	3.83%	6.19%	92.56%	90.90%
5	0.133	4.72%	5.18%	97.28%	96.09%
6	0.112	0.32%	0.02%	97.60%	96.11%

- Cortante Basal

Igualmente, en el análisis del cortante basal de la estructura, se encontraron leves diferencias que no superaron un porcentaje de error del 2%, obteniendo así resultados dentro del rango permitido. En las Tablas 10 y 11, se presenta el análisis realizado para los cortantes basales calculados mediante el Análisis Dinámico y el Análisis Estático (Fuerza Horizontal Equivalente).

Tabla 10. Análisis de resultados para la comparación de cortantes basales por medio del Análisis Dinámico entre el modelo de revisión y el modelo del diseño estructural.

ESTÁTICO	ETABS	CYPECAD	% ERROR
Vs x-x	5839.31	5788.02	0.89%
Vs y-y	5839.31	5790.47	0.84%

Tabla 11. Análisis de resultados para la comparación de cortantes basales por medio del Análisis Estático entre el modelo de revisión y el modelo del diseño estructural.

DINÁMICO	ETABS	CYPECAD	% ERROR
Vd x-x	4991.80	4964.34	0.55%
Vd y-y	4842.10	4940.03	2.02%

En este punto del proceso de revisión se encontró una gran diferencia en el análisis planteado para abordar los requerimientos del capítulo A.5 del Reglamento NSR-10. En el diseño estructural, se consideró la estructura como regular, pero en la revisión estructural se llegó a considerarla como irregular luego del análisis oportuno. Esta diferencia condujo a diferencias notables en el proceso de diseño estructural, para el cual, no fue necesario realizar el ajuste de resultados

citado en el apartado A.5.4.5 cómo se evidencia en la Figura 11, pero que según el análisis de la revisión estructural, soportado en la Tabla 12, si lo requería.

Figura 11. Verificación de la condición de cortante basal para ajuste de resultados en el diseño estructural.

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,x1} \geq 0.80 \cdot V_{s,x}$ 4964.34 kN \geq 4630.42 kN	N.P.
Sismo Y1	$V_{d,y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,y}$ 4940.03 kN \geq 4632.38 kN	N.P.

$V_{d,x}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica
 $V_{s,x}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica
 $V_{d,y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica
 $V_{s,y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica
N.P.: No procede

Fuente. Construingeniería Ltda. Memoria de cálculo estructural – Proyecto Bloque C: I.E. Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F – Villas de San Juan.

Tabla 12. Verificación de la condición de cortante basal para ajuste de resultados en la revisión estructural.

ETABS	0.9*Vs	Vd	Factor Ajuste
x-x	5255.38	4991.80	1.05
y-y	5255.38	4842.10	1.09

Con estas diferencias se concluyó:

- Como se evidencia se encuentra una diferencia en el análisis de la condición del cortante basal, donde al considerar la estructura como regular, se exige que el valor del cortante en la base de la estructura por análisis dinámico sea mayor o igual al 80 por ciento del valor del cortante basal por análisis estático.

- En el modelo de revisión estructural, se consideró la estructura como irregular, para el cual el reglamento es más exigente y requiere que el cortante basal por análisis dinámico iguale o supere al 90 por ciento del cortante basal por análisis estático.

II. Verificación de Derivas

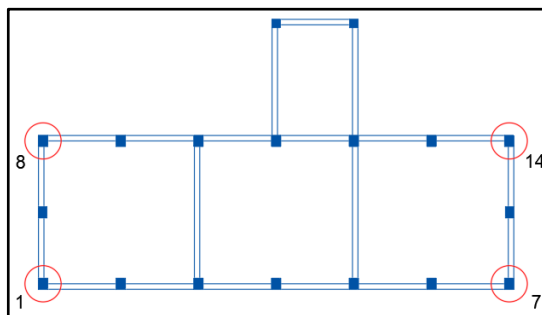
Continuando con el proceso, se realizó el análisis de derivas en el cual no se encontraron inconvenientes y se cumplieron los requisitos exigidos en el capítulo A.6 del reglamento. En el Anexo B se presenta la justificación de este análisis.

De esta manera se inició con el cálculo de irregularidades, con el propósito de verificar el coeficiente de disipación de energía.

III. Verificación de Irregularidades

Se tomaron como referencia las columnas indicadas en la Figura 12 para el cálculo de las irregularidades de tipo 1aP y 1bP.

Figura 12. Columnas tomadas para el análisis de irregularidades en planta.



El sustento del análisis de Irregularidades en planta y en altura se presenta en el Anexo C.

- Con la revisión de las memorias de cálculo, se encontró que no había información suficiente sobre el cálculo de irregularidades.
- Se determinó una irregularidad en planta de tipo 2P-Retrocesos en las esquinas, pero no analizó la estructura como irregular.

A partir de la definición del sistema estructural de resistencia sísmica como “Sistema estructural de pórtico resistente a momentos” se definió el coeficiente de disipación de energía (R_o) igual a 7, según condiciones del reglamento.

Con los resultados de cada coeficiente por irregularidad, mostrados en la Tabla 13, se calculó el coeficiente de disipación de energía correspondiente para cada dirección de análisis.

Tabla 13. Coeficientes de disipación de energía, coeficientes por irregularidades en planta, altura y por ausencia de redundancia.

R_o	7.0
ϕ_p	0.9
ϕ_a	1.0
ϕ_{rx}	1.0
ϕ_{ry}	0.75
R_x	6.3000
R_y	4.7250

Definidos los coeficientes de disipación de energía, se ingresaron las combinaciones respectivas al Software ETABS para proceder con el diseño de los elementos del sistema estructural de resistencia sísmica. Con los resultados del programa, adjuntos en el Anexo D, se procedió al análisis del reforzamiento requerido por cada modelo realizado.

A partir de los resultados de diseño del software ETABS se estableció la cantidad expresada en centímetros cuadrados de acero necesario para cada elemento estructural tipo viga o columna. Frente a las cantidades expresadas en las memorias de cálculo del modelo usado en el diseño estructural, se determinó que los refuerzos proporcionados en los planos eran insuficientes a los requeridos en el modelo de revisión.

INFORME DE RESULTADOS

Revisada la revisión estructural, se informó al gerente general y al ingeniero encargado del proyecto en reunión sobre las diferencias presentadas durante el proceso de revisión y en los resultados finales del diseño estructural.

Analizado el caso, se determinó corregir el modelo del diseño estructural en el software CYPECAD, partiendo de las consideraciones encontradas en la revisión estructural, entre las cuales se destacan:

- Realizar un completo cálculo de irregularidades para definir y analizar adecuadamente la estructura.
- Considerar la estructura como irregular para verificar la condición del cortante basal en el ajuste de resultados para el análisis dinámico.
- Comparar los resultados finales de la revisión estructural con los resultados de la corrección del modelo en CYPECAD.

Finalmente, y luego de que el encargado del diseño estructural realizara las consideraciones acordadas para corregir el modelo, se compararon los resultados finales donde se determinó que la información final en ambos modelos coincidía, sin exceder los rangos propuestos.

OTRAS REVISIONES REALIZADAS

A continuación se hace la presentación de los dos proyectos adicionales que se revisaron durante el periodo de la práctica empresarial. El procedimiento seguido fue el mismo descrito en el proyecto 1.

PROYECTO 2

Figura 13. Vista 3D: Modelo Estructural en ETABS – Proyecto 2.

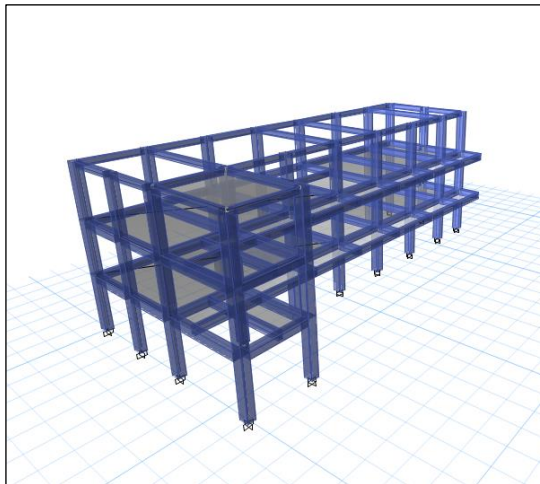


Tabla 14. Generalidades – Proyecto 2

INFORMACIÓN GENERAL	
	Bloque B
Nombre	Institución Educativa Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F – Villas de San Juan
Empresa	CONSORCIO GRAMA OTACC
Ubicación	Girón / Santander
Dirección	Calle 10B # 25A - 31
Diseño Estructural	CONSTRUINGENIERÍA LTDA. Ing. Abedulio Camargo B. Mat. 68202-26578 Sder.

Tabla 14. Continuación

INFORMACIÓN GENERAL	
Diseño Arquitectónico	CONSORCIO GRAMA OTACC Arq. Hector Ariel Vera Mat. 68052001-91478098 Stder.
Estudio de Suelos	GEOTECNOLOGÍA S.A.S. Ing. Jaime Suárez Díaz Mat. 15439 Cund. PAYC S.A.S
Interventoría	Esp. Oscar Torres Gonzáles Mat. 18425 Cund.

- Con los inconvenientes encontrados para el Bloque C del proyecto “Institución Educativa Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F – Villas de San Juan” el gerente general de la empresa solicitó realizar la respectiva revisión estructural para el Bloque B, donde se encontraron los mismos inconvenientes. Se procedió de la misma manera con el fin de corregir el diseño estructural final.
- Como Proyecto 3, se definió realizar la revisión estructural a otro edificación destinada a uso educativo dentro del proyecto “Institución Educativa Roberto García Peña Sede A”. El procedimiento realizado fue similar al expuesto en el proyecto 1, se encontraron inconvenientes en el cálculo de irregularidades y se determinó realizar su completo análisis. Finalmente no se encontraron diferencias significativas en los resultados del modelo corregido en el software CYPECAD y del modelo realizado en ETABS para la revisión.

PROYECTO 3

Figura 14. Vista 3D: Modelo Estructural en ETABS – Proyecto3.

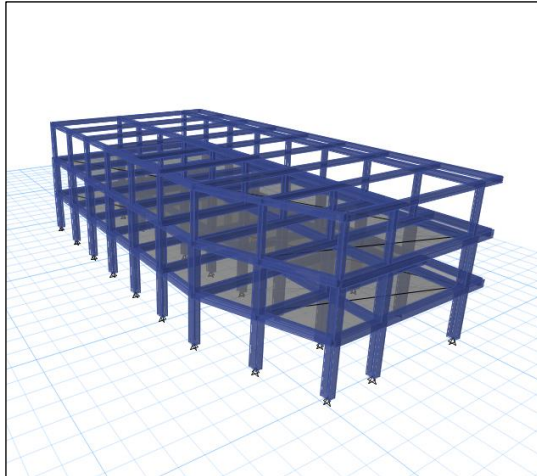


Tabla 15. Generalidades – Proyecto 3

INFORMACIÓN GENERAL	
Nombre	Bloque 1 Institución Educativa Roberto García Peña Sede A
Empresa	CONSORCIO GRAMA OTACC
Ubicación	Girón / Santander
Dirección	Cra. 15 # 46 - 01
Diseño	CONSTRUINGENIERÍA LTDA.
Estructural	Ing. Abedulio Camargo B. Mat. 68202-26578 Stder.
Diseño	CONSORCIO GRAMA OTACC
Arquitectónico	Arq. Hector Ariel Vera Mat. 68052001-91478098 Stder.
Estudio de Suelos	GEOTECNOLOGÍA S.A.S. Ing. Jaime Suárez Díaz Mat. 15439 Cund.

Tabla 15. Continuación

INFORMACIÓN GENERAL	
Interventoría	PAYC S.A.S Esp. Oscar Torres Gonzáles Mat. 18425 Cund.

- Se encomendó terminar de organizar los planos estructurales con los resultados del diseño estructural, donde se modificaron algunos inconvenientes presentados en detalles relacionados con los despieces de vigas y columnas.

ACTIVIDADES ADICIONALES

Durante el periodo de la práctica empresarial y debido a la renuncia de una de las ingenieras adscritas al departamento de diseño estructural, por decisión del gerente general de Construingeniería Ltda. se recibió la capacitación necesaria para el uso del software CYPECAD, buscando la contribución en el desarrollo de algunos diseños estructurales. A continuación se hace la presentación del proyecto en el cual se intervino, realizando el modelamiento y el diseño estructural de los elementos del sistema de resistencia sísmico.

El proyecto descrito según la información de la Tabla 16, está comprendido por cuatro Bloques, todos de un solo nivel y fue proyectado con uso educativo para la vereda Angulo del municipio de Girón. En las Figuras 15, 16, 17 y 18 se presentan los esquemas correspondientes al modelamiento de cada Bloque.

Tabla 16. Generalidades – Diseño Estructural de la Institución Educativa Angulo.

INFORMACIÓN GENERAL	
Nombre	Institución Educativa Angulo
Empresa	CONSORCIO GRAMA OTACC
Ubicación	Girón / Santander
Dirección	Vereda Angulo
Diseño Estructural	CONSTRUINGENIERÍA LTDA. Ing. Abedulio Camargo B. Mat. 68202-26578 Stder.
Diseño Arquitectónico	CONSORCIO GRAMA OTACC Arq. Hector Ariel Vera Mat. 68052001-91478098 Stder.
Estudio de Suelos	GEOTECNOLOGÍA S.A.S. Ing. Jaime Suárez Díaz Mat. 15439 Cund.
Interventoría	PAYC S.A.S Esp. Oscar Torres Gonzáles Mat. 18425 Cund.

Figura 15. Vista 3D: Modelo Estructural en CYPECAD – Bloque 1: I.E. Angulo



Figura 16. Vista 3D: Modelo Estructural en CYPECAD – Bloque 2: I.E. Angulo

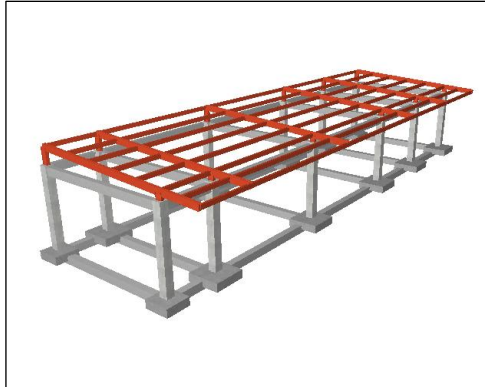


Figura 17. Vista 3D: Modelo Estructural en CYPECAD – Bloque 3: I.E. Angulo

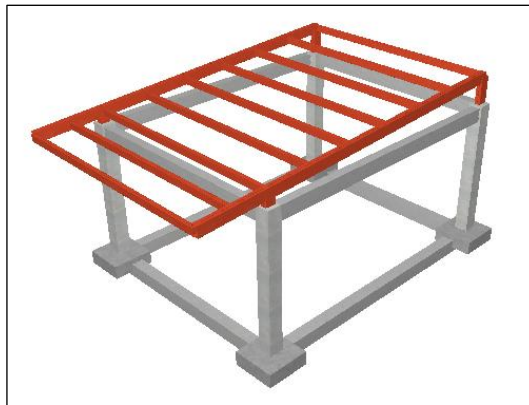
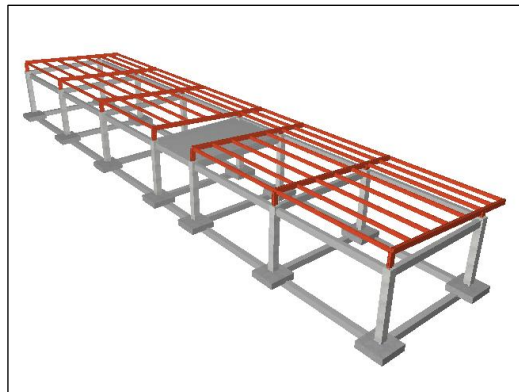


Figura 18. Vista 3D: Modelo Estructural en CYPECAD – Bloque 4: I.E. Angulo



4. CONCLUSIONES

Bajo los intereses de Construingeniería Ltda., se culminó satisfactoriamente el periodo de práctica empresarial, en donde a partir de las actividades ejercidas, se pudieron finalizar los proyectos envueltos en las revisiones estructurales.

En el desarrollo de este trabajo de grado, se complementaron los conocimientos adquiridos en la formación académica gracias a la capacitación recibida por parte de la empresa sobre el uso de los software ETABS y CYPECAD para el ejercicio del diseño estructural. Se revisaron aspectos importantes dispuestos por el Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10 que no se abordaron en el periodo académico y que son fundamentales para el ejercicio de la ingeniería civil.

Durante este proceso de ejercicio profesional, y con el desarrollo del diseño estructural para la “Institución Educativa Angulo” del municipio de Girón (Santander), se tuvo la posibilidad de compartir con profesionales que intervinieron en la consecución de este proyecto, como lo fueron ingenieros y arquitectos de la firma GRAMA OTACC, con quienes en reuniones frecuentes se aclararon temas de interés del diseño del proyecto.

Luego de finalizar el periodo de práctica empresarial, el gerente general de la empresa Construingeniería Ltda., se interesó por seguir contando con los servicios recibidos en esta etapa y ofreció continuar trabajando en la empresa mediante el cargo de auxiliar de ingeniería para ejercer funciones de diseño y revisión estructural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Universidad Industrial de Santander, Acuerdo No.72 de 1982, «Reglamento académico - Estudiantil de pregrado», Capítulo IX “Del trabajo de grado”.
- [2] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, «Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10», Bogotá D.C., 2012, Prefacio, pp. i.
- [3] Computers & Structures, Inc, ETABS «Documentation», 2015
- [4] Manual para estudiantes del ETABS
- [5] Jorge Ignacio Segura Franco, Estructuras de Concreto I, Séptima Edición, Bogotá D.C., 2011.
- [6] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, «Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10», Bogotá D.C., 2012, Título B, Capítulos B3 y B4, pp. B14 - B16.
- [7] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, «Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10», Bogotá D.C., 2012, Título A, Capítulo A2, pp. A26 – A27
- [8] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, «Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10», Bogotá D.C., 2012, Título A, Capítulo A3, pp. A43 – 44.
- [9] Peralta Ingeniería S.A.S., Revisión Estructural – Proyecto: Portal de Antara Torre 1, Bucaramanga, Noviembre 2016.

[10] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, «Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10», Bogotá D.C., 2012, Título A, Capítulo A3, pp. A59 – 62.

[11] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, «Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10», Bogotá D.C., 2012, Título B, Capítulo B2, pp. B6 – B7.

BIBLIOGRAFÍA

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10», Bogotá D.C., 2012, Título B, Capítulos B3 y B4, pp. B14 - B16.

_____. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá D.C. 2012. Título A. Capítulo A2. pp. A26 – A27

_____. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá D.C., 2012, Prefacio, pp. i.

_____. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá D.C., 2012, Título A, Capítulo A3, pp. A43 – 44.

_____. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá D.C., 2012, Título A, Capítulo A3, pp. A59 – 62.

_____. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá D.C., 2012, Título B, Capítulo B2, pp. B6 – B7.

Computers & Structures. Inc, ETABS. Documentation, 2015

Manual para estudiantes del ETABS

Peralta Ingeniería S.A.S., Revisión Estructural – Proyecto: Portal de Antara Torre 1, Bucaramanga, Noviembre 2016.

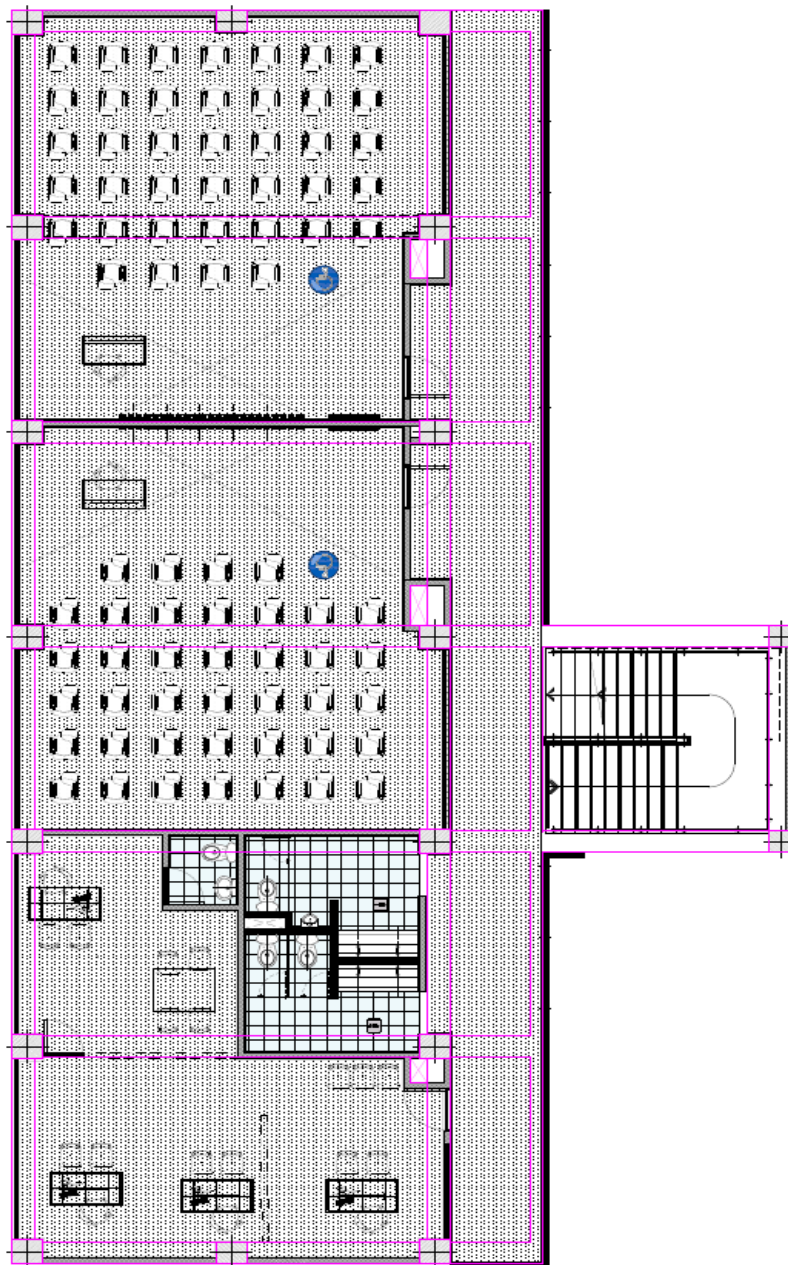
SEGURA FRANCO, Jorge Ignacio. Estructuras de Concreto I. Séptima Edición. Bogotá D.C., 2011.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Acuerdo No.72 de 1982, «Reglamento académico - Estudiantil de pregrado», Capítulo IX “Del trabajo de grado”.

ANEXOS

ANEXO A. Verificación de geometría entre planos estructurales y planos arquitectónicos

Superposición de Planta Tipo para verificación de geometría



ANEXO B. Verificación de derivas para el Proyecto 1: Bloque C – Institución Educativa Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F

Derivas en dirección X

Story	Label	Unique Name	Load Case/Combo	Disp X	Disp Y	Drift X	Drift Y
				mm	mm		
CUBIERTA N+10.50	1	4	1.0Fx+0.3Fy Max	40,849	23,667	0,28%	0,21%
CUBIERTA N+10.50	2	8	1.0Fx+0.3Fy Max	40,849	20,475	0,28%	0,18%
CUBIERTA N+10.50	3	12	1.0Fx+0.3Fy Max	40,849	17,283	0,28%	0,15%
CUBIERTA N+10.50	4	16	1.0Fx+0.3Fy Max	40,849	14,124	0,28%	0,13%
CUBIERTA N+10.50	5	20	1.0Fx+0.3Fy Max	40,849	16,947	0,28%	0,15%
CUBIERTA N+10.50	6	24	1.0Fx+0.3Fy Max	40,849	20,196	0,28%	0,18%
CUBIERTA N+10.50	7	28	1.0Fx+0.3Fy Max	40,849	23,446	0,28%	0,20%
CUBIERTA N+10.50	8	32	1.0Fx+0.3Fy Max	45,329	23,667	0,32%	0,21%
CUBIERTA N+10.50	9	36	1.0Fx+0.3Fy Max	45,329	20,475	0,32%	0,18%
CUBIERTA N+10.50	10	40	1.0Fx+0.3Fy Max	45,329	17,283	0,32%	0,15%
CUBIERTA N+10.50	11	44	1.0Fx+0.3Fy Max	45,329	14,124	0,32%	0,13%
CUBIERTA N+10.50	12	48	1.0Fx+0.3Fy Max	45,329	16,947	0,32%	0,15%
CUBIERTA N+10.50	13	52	1.0Fx+0.3Fy Max	45,329	20,196	0,32%	0,18%
CUBIERTA N+10.50	14	56	1.0Fx+0.3Fy Max	45,329	23,446	0,32%	0,20%
CUBIERTA N+10.50	25	61	1.0Fx+0.3Fy Max	43,03	23,667	0,30%	0,21%
CUBIERTA N+10.50	26	65	1.0Fx+0.3Fy Max	43,03	23,446	0,30%	0,20%
CUBIERTA N+10.50	32	78	1.0Fx+0.3Fy Max	49,637	14,181	0,36%	0,13%
CUBIERTA N+10.50	33	79	1.0Fx+0.3Fy Max	49,637	17,007	0,36%	0,15%
PISO 3 N+7.00	1	5	1.0Fx+0.3Fy Max	31,229	16,616	0,44%	0,25%
PISO 3 N+7.00	2	9	1.0Fx+0.3Fy Max	31,229	14,323	0,44%	0,22%
PISO 3 N+7.00	3	13	1.0Fx+0.3Fy Max	31,229	12,031	0,44%	0,18%
PISO 3 N+7.00	4	17	1.0Fx+0.3Fy Max	31,229	9,759	0,44%	0,15%
PISO 3 N+7.00	5	21	1.0Fx+0.3Fy Max	31,229	11,783	0,44%	0,18%
PISO 3 N+7.00	6	25	1.0Fx+0.3Fy Max	31,229	14,113	0,44%	0,21%
PISO 3 N+7.00	7	29	1.0Fx+0.3Fy Max	31,229	16,445	0,44%	0,25%
PISO 3 N+7.00	8	33	1.0Fx+0.3Fy Max	34,416	16,616	0,49%	0,25%
PISO 3 N+7.00	9	37	1.0Fx+0.3Fy Max	34,416	14,323	0,49%	0,22%

Story	Label	Unique Name	Load Case/Combo	Disp X	Disp Y	Drift X	Drift Y
				mm	mm		
PISO 3 N+7.00	10	41	1.0Fx+0.3Fy Max	34,416	12,031	0,49%	0,18%
PISO 3 N+7.00	11	45	1.0Fx+0.3Fy Max	34,416	9,759	0,49%	0,15%
PISO 3 N+7.00	12	49	1.0Fx+0.3Fy Max	34,416	11,783	0,49%	0,18%
PISO 3 N+7.00	13	53	1.0Fx+0.3Fy Max	34,416	14,113	0,49%	0,21%
PISO 3 N+7.00	14	57	1.0Fx+0.3Fy Max	34,416	16,445	0,49%	0,25%
PISO 3 N+7.00	25	60	1.0Fx+0.3Fy Max	32,782	16,616	0,47%	0,25%
PISO 3 N+7.00	26	64	1.0Fx+0.3Fy Max	32,782	16,445	0,47%	0,25%
PISO 3 N+7.00	32	70	1.0Fx+0.3Fy Max	37,324	9,753	0,53%	0,15%
PISO 3 N+7.00	33	72	1.0Fx+0.3Fy Max	37,324	11,774	0,53%	0,18%
PISO 2 N+3.50	1	6	1.0Fx+0.3Fy Max	15,759	7,857	0,41%	0,21%
PISO 2 N+3.50	2	10	1.0Fx+0.3Fy Max	15,759	6,737	0,41%	0,18%
PISO 2 N+3.50	3	14	1.0Fx+0.3Fy Max	15,759	5,616	0,41%	0,15%
PISO 2 N+3.50	4	18	1.0Fx+0.3Fy Max	15,759	4,507	0,41%	0,12%
PISO 2 N+3.50	5	22	1.0Fx+0.3Fy Max	15,759	5,509	0,41%	0,15%
PISO 2 N+3.50	6	26	1.0Fx+0.3Fy Max	15,759	6,653	0,41%	0,18%
PISO 2 N+3.50	7	30	1.0Fx+0.3Fy Max	15,759	7,799	0,41%	0,21%
PISO 2 N+3.50	8	34	1.0Fx+0.3Fy Max	17,32	7,857	0,46%	0,21%
PISO 2 N+3.50	9	38	1.0Fx+0.3Fy Max	17,32	6,737	0,46%	0,18%
PISO 2 N+3.50	10	42	1.0Fx+0.3Fy Max	17,32	5,616	0,46%	0,15%
PISO 2 N+3.50	11	46	1.0Fx+0.3Fy Max	17,32	4,507	0,46%	0,12%
PISO 2 N+3.50	12	50	1.0Fx+0.3Fy Max	17,32	5,509	0,46%	0,15%
PISO 2 N+3.50	13	54	1.0Fx+0.3Fy Max	17,32	6,653	0,46%	0,18%
PISO 2 N+3.50	14	58	1.0Fx+0.3Fy Max	17,32	7,799	0,46%	0,21%
PISO 2 N+3.50	25	62	1.0Fx+0.3Fy Max	16,52	7,857	0,43%	0,21%
PISO 2 N+3.50	26	66	1.0Fx+0.3Fy Max	16,52	7,799	0,43%	0,21%
PISO 2 N+3.50	32	75	1.0Fx+0.3Fy Max	18,734	4,504	0,49%	0,12%
PISO 2 N+3.50	33	77	1.0Fx+0.3Fy Max	18,734	5,504	0,49%	0,14%

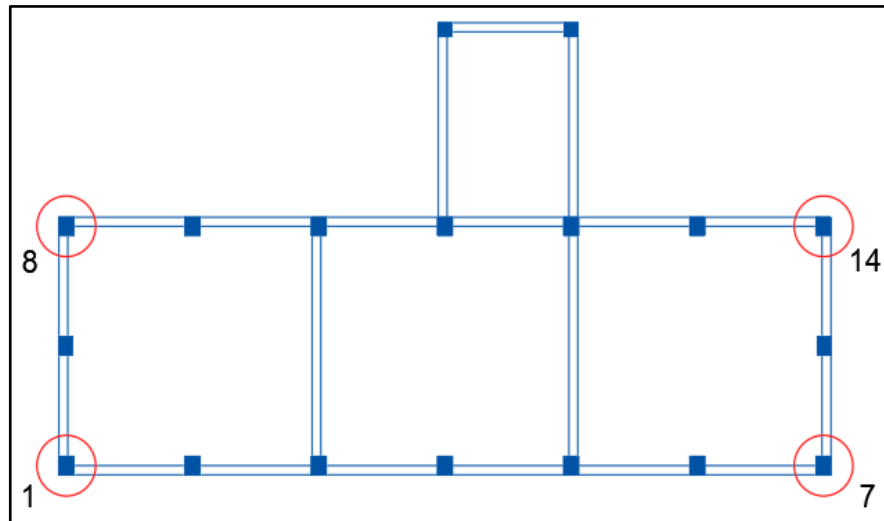
Derivas en dirección Y

Story	Label	Unique Name	Load Case/Combo	Displ X	Displ Y	Drift X	Drift Y
				mm	mm		
CUBIERTA N+10.50	1	4	1.0Fy+0.3Fx Max	12,494	48,974	0,09%	0,44%
CUBIERTA N+10.50	2	8	1.0Fy+0.3Fx Max	12,494	48,103	0,09%	0,43%
CUBIERTA N+10.50	3	12	1.0Fy+0.3Fx Max	12,494	47,232	0,09%	0,42%
CUBIERTA N+10.50	4	16	1.0Fy+0.3Fx Max	12,494	46,372	0,09%	0,42%
CUBIERTA N+10.50	5	20	1.0Fy+0.3Fx Max	12,494	47,306	0,09%	0,42%
CUBIERTA N+10.50	6	24	1.0Fy+0.3Fx Max	12,494	48,369	0,09%	0,43%
CUBIERTA N+10.50	7	28	1.0Fy+0.3Fx Max	12,494	49,433	0,09%	0,44%
CUBIERTA N+10.50	8	32	1.0Fy+0.3Fx Max	13,718	48,974	0,10%	0,44%
CUBIERTA N+10.50	9	36	1.0Fy+0.3Fx Max	13,718	48,103	0,10%	0,43%
CUBIERTA N+10.50	10	40	1.0Fy+0.3Fx Max	13,718	47,232	0,10%	0,42%
CUBIERTA N+10.50	11	44	1.0Fy+0.3Fx Max	13,718	46,372	0,10%	0,42%
CUBIERTA N+10.50	12	48	1.0Fy+0.3Fx Max	13,718	47,306	0,10%	0,42%
CUBIERTA N+10.50	13	52	1.0Fy+0.3Fx Max	13,718	48,369	0,10%	0,43%
CUBIERTA N+10.50	14	56	1.0Fy+0.3Fx Max	13,718	49,433	0,10%	0,44%
CUBIERTA N+10.50	25	61	1.0Fy+0.3Fx Max	13,039	48,974	0,09%	0,44%
CUBIERTA N+10.50	26	65	1.0Fy+0.3Fx Max	13,039	49,433	0,09%	0,44%
CUBIERTA N+10.50	32	78	1.0Fy+0.3Fx Max	15,202	46,402	0,11%	0,42%
CUBIERTA N+10.50	33	79	1.0Fy+0.3Fx Max	15,203	47,338	0,11%	0,43%
PISO 3 N+7.00	1	5	1.0Fy+0.3Fx Max	9,542	33,909	0,14%	0,52%
PISO 3 N+7.00	2	9	1.0Fy+0.3Fx Max	9,542	33,279	0,14%	0,51%
PISO 3 N+7.00	3	13	1.0Fy+0.3Fx Max	9,542	32,65	0,14%	0,50%
PISO 3 N+7.00	4	17	1.0Fy+0.3Fx Max	9,542	32,027	0,14%	0,49%
PISO 3 N+7.00	5	21	1.0Fy+0.3Fx Max	9,542	32,692	0,14%	0,50%
PISO 3 N+7.00	6	25	1.0Fy+0.3Fx Max	9,542	33,451	0,14%	0,51%
PISO 3 N+7.00	7	29	1.0Fy+0.3Fx Max	9,542	34,209	0,14%	0,53%
PISO 3 N+7.00	8	33	1.0Fy+0.3Fx Max	10,41	33,909	0,15%	0,52%
PISO 3 N+7.00	9	37	1.0Fy+0.3Fx Max	10,41	33,279	0,15%	0,51%
PISO 3 N+7.00	10	41	1.0Fy+0.3Fx Max	10,41	32,65	0,15%	0,50%
PISO 3 N+7.00	11	45	1.0Fy+0.3Fx Max	10,41	32,027	0,15%	0,49%
PISO 3 N+7.00	12	49	1.0Fy+0.3Fx Max	10,41	32,692	0,15%	0,50%

Story	Label	Unique Name	Load Case/Combo	Displ X	Displ Y	Drift X	Drift Y
				mm	mm		
PISO 3 N+7.00	13	53	1.0Fy+0.3Fx Max	10,41	33,451	0,15%	0,51%
PISO 3 N+7.00	14	57	1.0Fy+0.3Fx Max	10,41	34,209	0,15%	0,53%
PISO 3 N+7.00	25	60	1.0Fy+0.3Fx Max	9,931	33,909	0,14%	0,52%
PISO 3 N+7.00	26	64	1.0Fy+0.3Fx Max	9,931	34,209	0,14%	0,53%
PISO 3 N+7.00	32	70	1.0Fy+0.3Fx Max	11,414	32,023	0,16%	0,49%
PISO 3 N+7.00	33	72	1.0Fy+0.3Fx Max	11,414	32,688	0,16%	0,50%
PISO 2 N+3.50	1	6	1.0Fy+0.3Fx Max	4,823	15,681	0,13%	0,41%
PISO 2 N+3.50	2	10	1.0Fy+0.3Fx Max	4,823	15,381	0,13%	0,40%
PISO 2 N+3.50	3	14	1.0Fy+0.3Fx Max	4,823	15,082	0,13%	0,40%
PISO 2 N+3.50	4	18	1.0Fy+0.3Fx Max	4,823	14,786	0,13%	0,39%
PISO 2 N+3.50	5	22	1.0Fy+0.3Fx Max	4,823	15,124	0,13%	0,40%
PISO 2 N+3.50	6	26	1.0Fy+0.3Fx Max	4,823	15,505	0,13%	0,41%
PISO 2 N+3.50	7	30	1.0Fy+0.3Fx Max	4,823	15,886	0,13%	0,42%
PISO 2 N+3.50	8	34	1.0Fy+0.3Fx Max	5,242	15,681	0,14%	0,41%
PISO 2 N+3.50	9	38	1.0Fy+0.3Fx Max	5,242	15,381	0,14%	0,40%
PISO 2 N+3.50	10	42	1.0Fy+0.3Fx Max	5,242	15,082	0,14%	0,40%
PISO 2 N+3.50	11	46	1.0Fy+0.3Fx Max	5,242	14,786	0,14%	0,39%
PISO 2 N+3.50	12	50	1.0Fy+0.3Fx Max	5,242	15,124	0,14%	0,40%
PISO 2 N+3.50	13	54	1.0Fy+0.3Fx Max	5,242	15,505	0,14%	0,41%
PISO 2 N+3.50	14	58	1.0Fy+0.3Fx Max	5,242	15,886	0,14%	0,42%
PISO 2 N+3.50	25	62	1.0Fy+0.3Fx Max	5,008	15,681	0,13%	0,41%
PISO 2 N+3.50	26	66	1.0Fy+0.3Fx Max	5,008	15,886	0,13%	0,42%
PISO 2 N+3.50	32	75	1.0Fy+0.3Fx Max	5,739	14,79	0,15%	0,39%
PISO 2 N+3.50	33	77	1.0Fy+0.3Fx Max	5,74	15,127	0,15%	0,40%

**ANEXO C. Cálculo de Irregularidades para el Proyecto 1: Bloque C –
Institución Educativa Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F**

IRREGULARIDADES EN PLANTA



IRREGULARIDAD EN PLANTA TIPO 1aP: IRREGULARIDAD TORSIONAL

Tipo 1aP – Irregularidad torsional
 $\phi_p = 0.9$
 $1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1 > 1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$

Piso	Puntos Deriva X		$1.4 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	máx(Δ_1, Δ_2)	$1.2 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	ϕ_p
	1	8				
CUBIERTA N+10.50	0,002805	0,003184	0,004192	0,003184	0,003593	1,0
PISO 3 N+7.00	0,004436	0,004902	0,006537	0,004902	0,005603	1,0
PISO 2 N+3.50	0,004147	0,004558	0,006094	0,004558	0,005223	1,0
ϕ_p por Irregularidad en Planta tipo 1aP						1,0

Piso	Puntos Deriva X		$1.4 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$\max(\Delta_1, \Delta_2)$	$1.2 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	ϕ_p
	7	14				
CUBIERTA N+10.50	0,002805	0,003184	0,004192	0,003184	0,003593	1,0
PISO 3 N+7.00	0,004436	0,004902	0,006537	0,004902	0,005603	1,0
PISO 2 N+3.50	0,004147	0,004558	0,006094	0,004558	0,005223	1,0
ϕ_p por Irregularidad en Planta tipo 1aP						1,0

Piso	Puntos Deriva Y		$1.4 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$\max(\Delta_1, \Delta_2)$	$1.2 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	ϕ_p
	1	7				
CUBIERTA N+10.50	0,004376	0,004428	0,006163	0,004428	0,005282	1,0
PISO 3 N+7.00	0,005226	0,005255	0,007337	0,005255	0,006289	1,0
PISO 2 N+3.50	0,004126	0,00418	0,005814	0,004180	0,004984	1,0
ϕ_p por Irregularidad en Planta tipo 1aP						1,0

Piso	Puntos Deriva Y		$1.4 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$\max(\Delta_1, \Delta_2)$	$1.2 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	ϕ_p
	8	14				
CUBIERTA N+10.50	0,004376	0,004428	0,006163	0,004428	0,005282	1,0
PISO 3 N+7.00	0,005226	0,005255	0,007337	0,005255	0,006289	1,0
PISO 2 N+3.50	0,004126	0,00418	0,005814	0,004180	0,004984	1,0
ϕ_p por Irregularidad en Planta tipo 1aP						1,0

IRREGULARIDAD EN PLANTA TIPO 1bP: IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA

Tipo 1bP — Irregularidad torsional extrema

$$\phi_p = 0.8$$

$$\Delta_1 > 1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$$

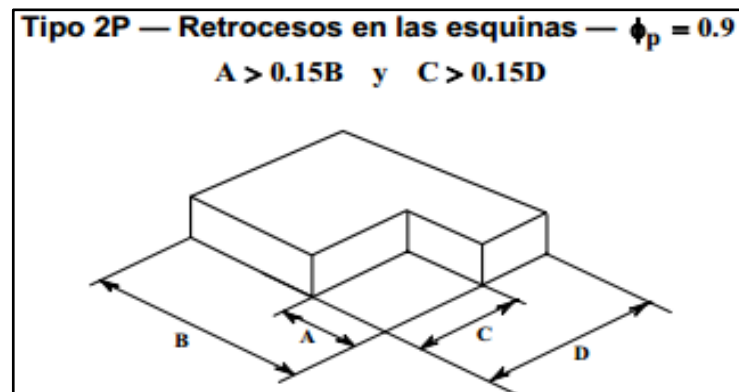
Piso	Puntos Deriva X		$1.4 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	$\max(\Delta_1, \Delta_2)$	ϕ_p
	1	8			
CUBIERTA N+10.50	0,002805	0,003184	0,004192	0,003184	1,0
PISO 3 N+7.00	0,004436	0,004902	0,006537	0,004902	1,0
PISO 2 N+3.50	0,004147	0,004558	0,006094	0,004558	1,0
ϕ_p por Irregularidad en Planta tipo 1bP					1,0

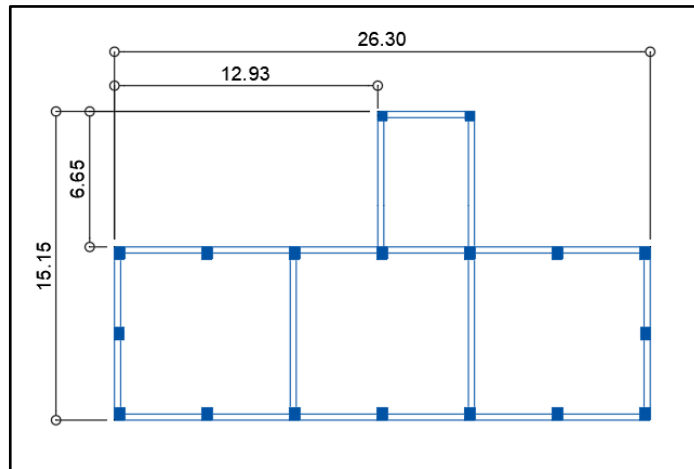
Piso	Puntos Deriva X		$1.4 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	máx(Δ_1, Δ_2)	ϕ_p
	7	14			
CUBIERTA N+10.50	0,002805	0,003184	0,0041923	0,003184	1,0
PISO 3 N+7.00	0,004436	0,004902	0,0065366	0,004902	1,0
PISO 2 N+3.50	0,004147	0,004558	0,0060935	0,004558	1,0
ϕ_p por Irregularidad en Planta tipo 1bP					1,0

Piso	Puntos Deriva Y		$1.4 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	máx(Δ_1, Δ_2)	ϕ_p
	1	7			
CUBIERTA N+10.50	0,004376	0,004428	0,0061628	0,004428	1,0
PISO 3 N+7.00	0,005226	0,005255	0,0073367	0,005255	1,0
PISO 2 N+3.50	0,004126	0,00418	0,0058142	0,004180	1,0
ϕ_p por Irregularidad en Planta tipo 1bP					1,0

Piso	Puntos Deriva Y		$1.4 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	máx(Δ_1, Δ_2)	ϕ_p
	8	14			
CUBIERTA N+10.50	0,004376	0,004428	0,0061628	0,004428	1,0
PISO 3 N+7.00	0,005226	0,005255	0,0073367	0,005255	1,0
PISO 2 N+3.50	0,004126	0,00418	0,0058142	0,004180	1,0
ϕ_p por Irregularidad en Planta tipo 1bP					1,0

IRREGULARIDAD EN PLANTA TIPO 2P: RETROCESOS EXCESIVOS EN LAS ESQUINAS

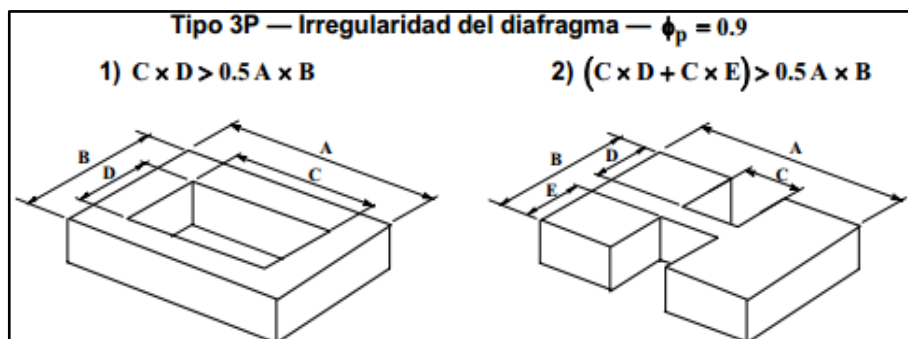


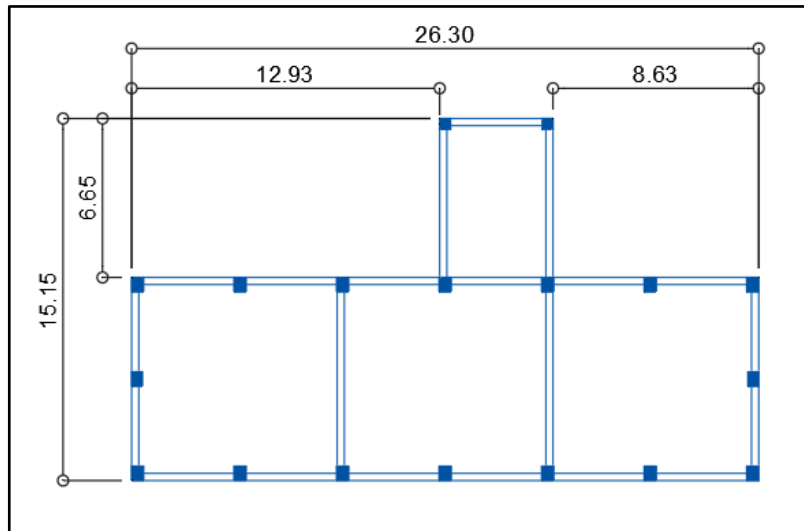


A	6,65
B	15,15
C	12,93
D	26,30
0.15B	2,27
0.15D	3,95

Ø por Irregularidad en Planta tipo 2P	0,9
---------------------------------------	-----

IRREGULARIDAD EN PLANTA TIPO 3P: DISCONTINUIDADES EN EL DIAFRAGMAS

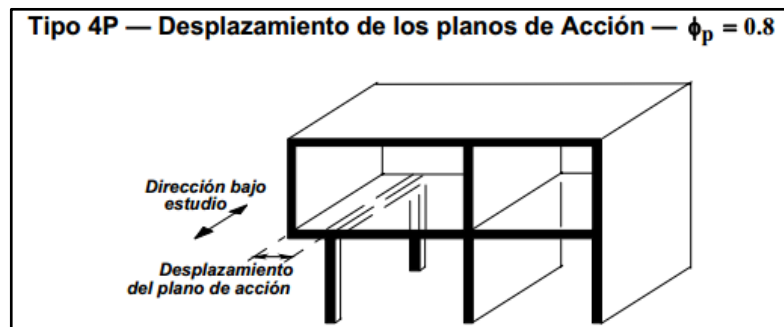




A	26,30
B	15,15
C	12,93
D	6,65
E	8,63
$C * D + E * D$	143,37
$0.5 A * B$	199,22

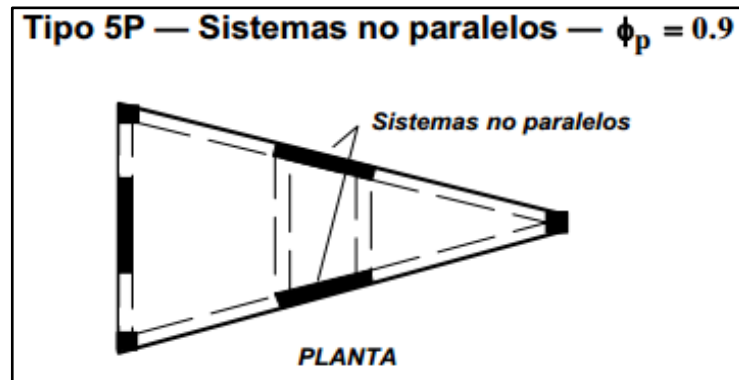
ϕ_p por Irregularidad en Planta tipo 3P	1,0
--	-----

IRREGULARIDAD EN PLANTA TIPO 4P: DESPLAZAMIENTOS DEL PLANO DE ACCIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES



ϕ_p por Irregularidad en Planta tipo 4P	1,0
--	-----

IRREGULARIDAD EN PLANTA TIPO 5P: SISTEMAS NO PARALELOS



ϕ_p por Irregularidad en Planta tipo 5P

1,0

IRREGULARIDADES EN ALTURA

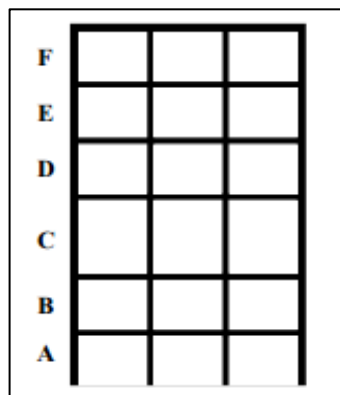
IRREGULARIDAD EN ALTURA TIPO 1aA: PISO FLEXIBLE (IRREGULARIDAD EN RIGIDEZ)

Tipo 1aA — Piso flexible

$\phi_a = 0.9$

$0.60 \text{ Rigidez } K_D \leq \text{Rigidez } K_C < 0.70 \text{ Rigidez } K_D$

$0.70 (K_D + K_E + K_F) / 3 \leq \text{Rigidez } K_C < 0.80 (K_D + K_E + K_F) / 3$



Piso	Cortante X	Despl. X	Rigidez X	0.60 K _D	0.70 K _D	ϕ _a
	kN	mm	kN/m			
CUBIERTA N+10.50	1134,7701	11,172	101576,97	N.A.	N.A.	1,0
PISO 3 N+7.00	3743,3281	17,062	219394,971	60946,18	71103,88	1,0
PISO 2 N+3.50	5119,9731	17,211	297477,511	131636,98	153576,48	1,0
ϕ_a por Irregularidad en Altura tipo 1aA						1,0

Piso	Cortante Y	Despl. Y	Rigidez Y	0.60 K _D	0.70 K _D	ϕ _a
	kN	mm	kN/m			
CUBIERTA N+10.50	1225,2879	14,558	84166,96	N.A.	N.A.	1,0
PISO 3 N+7.00	3740,1426	17,274	216521,947	50500,18	58916,87	1,0
PISO 2 N+3.50	4996,8265	14,763	338458,638	129913,17	151565,36	1,0
ϕ_a por Irregularidad en Altura tipo 1aA						1,0

Piso	Cortante X	Despl. X	Rigidez X	$0.7 \left(\frac{K_D + K_E + K_F}{3} \right)$	$0.8 \left(\frac{K_D + K_E + K_F}{3} \right)$	ϕ _a
	kN	mm	kN/m			
CUBIERTA N+10.50	1134,7701	11,172	101576,97	N.A.	N.A.	1,0
PISO 3 N+7.00	3743,3281	17,062	219394,971	N.A.	N.A.	1,0
PISO 2 N+3.50	5119,9731	17,211	297477,511	N.A.	N.A.	1,0
ϕ_a por Irregularidad en Altura tipo 1aA						1,0

Piso	Cortante Y	Despl. Y	Rigidez Y	$0.7 \left(\frac{K_D + K_E + K_F}{3} \right)$	$0.8 \left(\frac{K_D + K_E + K_F}{3} \right)$	ϕ _a
	kN	mm	kN/m			
CUBIERTA N+10.50	1225,2879	14,558	84166,96	N.A.	N.A.	1,0
PISO 3 N+7.00	3740,1426	17,274	216521,947	N.A.	N.A.	1,0
PISO 2 N+3.50	4996,8265	14,763	338458,638	N.A.	N.A.	1,0
ϕ_a por Irregularidad en Altura tipo 1aA						1,0

IRREGULARIDAD EN ALTURA TIPO 1bA: PISO FLEXIBLE (IRREGULARIDAD EXTREMA EN RIGIDEZ)

Tipo 1bA — Piso flexible extremo
 $\phi_a = 0.8$

Rigidez K_C < 0.60 Rigidez K_D

Rigidez K_C < 0.70 (K_D+K_E+K_F) /3

Piso	Cortante X	Despl. X	Rigidez X	0.60 K _D	ϕ _a
	kN	mm	kN/m		
CUBIERTA N+10.50	1134,7701	11,172	101576,97	N.A.	1,0
PISO 3 N+7.00	3743,3281	17,062	219394,971	60946,18	1,0
PISO 2 N+3.50	5119,9731	17,211	297477,511	131636,98	1,0
ϕ_a por Irregularidad en Altura tipo 1bA					1,0

Piso	Cortante Y	Despl. Y	Rigidez Y	0.60 K _D	ϕ _a
	kN	mm	kN/m		
CUBIERTA N+10.50	1225,2879	14,558	84166,96	N.A.	1,0
PISO 3 N+7.00	3740,1426	17,274	216521,947	50500,18	1,0
PISO 2 N+3.50	4996,8265	14,763	338458,638	129913,17	1,0
ϕ_a por Irregularidad en Altura tipo 1bA					1,0

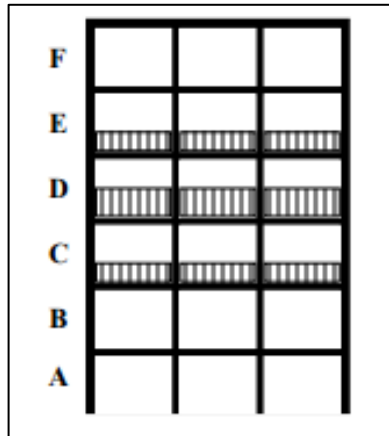
Piso	Cortante X	Despl. X	Rigidez X	$0.7 \left(\frac{K_D + K_E + K_F}{3} \right)$	ϕ _a
	kN	mm	kN/m		
CUBIERTA N+10.50	1134,7701	11,172	101576,97	N.A.	1,0
PISO 3 N+7.00	3743,3281	17,062	219394,971	N.A.	1,0
PISO 2 N+3.50	5119,9731	17,211	297477,511	N.A.	1,0
ϕ_a por Irregularidad en Altura tipo 1bA					1,0

Piso	Cortante Y	Despl. Y	Rigidez Y	$0.7 \left(\frac{K_D + K_E + K_F}{3} \right)$	ϕ _a
	kN	mm	kN/m		
CUBIERTA N+10.50	1225,2879	14,558	84166,96	N.A.	1,0
PISO 3 N+7.00	3740,1426	17,274	216521,947	N.A.	1,0
PISO 2 N+3.50	4996,8265	14,763	338458,638	N.A.	1,0
ϕ_a por Irregularidad en Altura tipo 1bA					1,0

IRREGULARIDAD EN ALTURA TIPO 2A: IRREGULARIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN DE MASAS

Tipo 2A — Distribución masa — ϕ_a = 0.9

$$\begin{array}{c}
 m_D > 1.50 m_E \\
 0 \\
 m_D > 1.50 m_C
 \end{array}$$

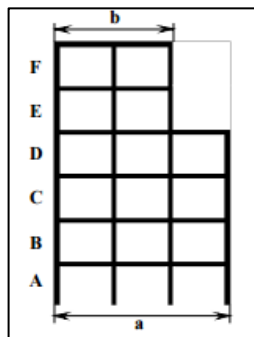


Piso	Masa	m_E	m_D	m_C	ϕ_a
	kg	kg	kg	kg	
CUBIERTA N+10.50	105695,83	N.A.	105695,8289	N.A.	1,0
PISO 3 N+7.00	333564,27	N.A.	333564,2651	347192,4663	1,0
PISO 2 N+3.50	347192,47	333564,2651	347192,4663	N.A.	1,0
ϕ_a por Irregularidad en Altura tipo 2A					1,0

IRREGULARIDAD EN ALTURA TIPO 3A: IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA

Tipo 3A — Geométrica — $\phi_a = 0.9$

$a > 1.30 b$

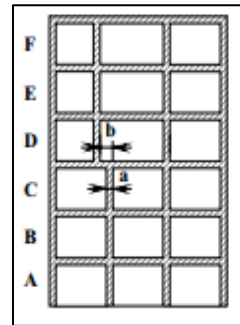


a	b	1.30b	ϕ_a
m	m	m	
N.A.	N.A.	N.A.	1,0
ϕ_a por Irregularidad en Altura tipo 3A			1,0

IRREGULARIDAD EN ALTURA TIPO 4A: DESPLAZAMIENTO DENTRO DEL PLANO DE ACCIÓN

Tipo 4A — Desplazamiento dentro del plano de acción — $\phi_a = 0.8$

b > a

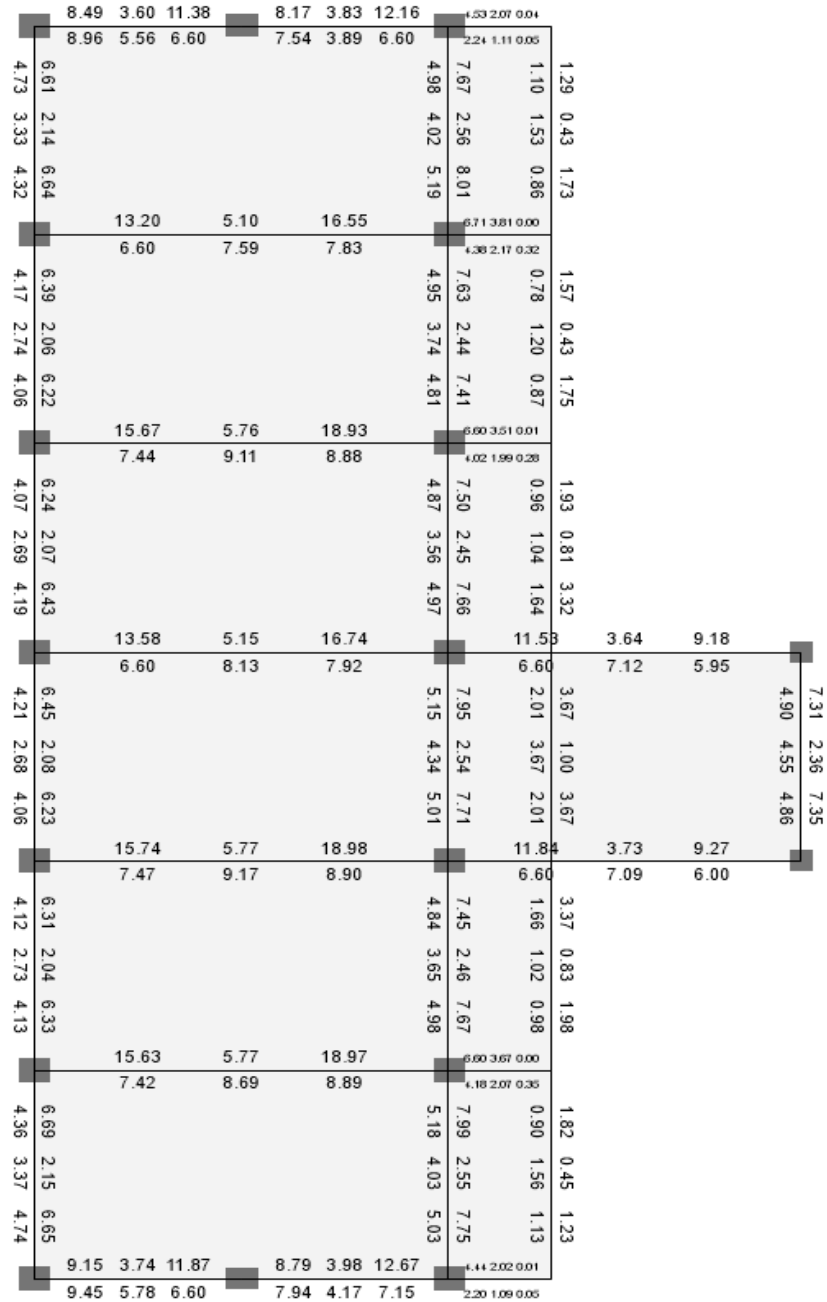


b > a

ϕ_a por Irregularidad en Altura tipo 4A	1,0
--	------------

ANEXO D. Cantidades de acero para reforzamiento de los elementos del sistema de resistencia sísmica del Proyecto 1: Bloque C – Institución Educativa Luis Carlos Galán Sarmiento Sede F

PLANTA PISO 2 - N+3.50



PLANTA PISO 3 - N+7.00

