



UNIVERSIDAD PARTICULAR DE CHICLAYO



FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO E INGENIERIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

T E S I S

**"PROPUESTA DE UN MODELO ESTRUCTURAL Y
DISEÑO EN CONCRETO ARMADO DE UN MÓDULO
DE AULAS DE UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA
APLICADO AL PROTOTIPO 780 ACTUAL DE
OINFE"**

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

**PRESENTADO POR:
Bach. Lenin Beyly Gonzales Carrasco**

**ASESOR:
Ing. José Ricardo Silva Sánchez**

CHICLAYO, 06 DE DICIEMBRE DEL 2016

DEDICATORIA

A mi madre.

Por su apoyo incondicional en todo momento, por su amor, sus valores, sus consejos, que me han permitido llegar a la cima de mis objetivos.

A mi padre

Por su ejemplo de trabajo, perseverancia, constancia, empuje y responsabilidad, que me ha infundado siempre, para salir adelante correctamente.

A mis docentes

Por el aporte de sus conocimientos en mi vida universitaria, y a los que me ayudaron y asesoraron en la elaboración de la presente tesis.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme brindado vida, salud y conocimiento; además de su amor misericordioso e inmensurable.

A la Universidad Particular de Chiclayo, por su calidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje, que me permitió culminar mis estudios y convertirme en una persona competente y humana.

A mi asesor de tesis, por su dedicación, quien a través de sus conocimientos y experiencia, me ha motivado que pueda terminar mis estudios y mi tesis con éxito.

A mis profesores, quienes durante mi carrera profesional, me han sabido orientar cognitivamente en mi formación y me han brindado su amistad incondicional.

A todas aquellas personas que de una u otra manera han aportado e influido en mi vida personal y universitaria, y que los guardo en un lugar de mi corazón.

ÍNDICE

Contenido

ÍNDICE	1
INTRODUCCIÓN	4
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
CAPÍTULO I.....	8
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION	8
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	8
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL.....	14
1.3.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS.....	14
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEORICO.....	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.2. BASES TEÓRICAS.....	21
2.3. TERMINOLOGÍA Y CONCEPTOS.....	41
2.4. ASPECTOS REFERENCIALES.....	43
2.5. HIPÓTESIS	54
2.6. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES.....	55
2.7. CUADRO O MATRIZ DE CONSISTENCIA	56

CAPÍTULO III.....	57
MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	57
3.1. PLANTEAMIENTO DE MARCO TEÓRICO RELACIONADO CON LA INVESTIGACIÓN	57
3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	60
3.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS	74
3.4. DEFINICIÓN DE SECCIONES	79
3.5. DIBUJO Y ASIGNACIÓN DE SECCIONES	89
3.6. DIAFRAGMAS.....	101
3.7. ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL	106
3.8. PATRONES DE CARGA	110
3.9. FUENTE DE MASA	114
3.10. CASOS DE CARGA	118
3.11. CARGAS UNIFORMES APLICADAS EN LOSAS	122
3.12. ENMALLADO	130
3.13. ASIGNAR RESTRICCIONES.....	134
3.14. COMBINACIONES DE CARGA.....	135
3.15. ANÁLISIS DEL MODELO	141
3.16. DISEÑO EN CONCRETO.....	150
CAPÍTULO IV	161
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	161
4.1. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	161
CAPÍTULO V.....	174
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	174
CONCLUSIONES	174
RECOMENDACIONES.....	176
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	178

BIBLIOGRÁFICAS	178
ANEXO N° 01	179
ANEXO N° 02	189

Figuras

FIGURA 1: EDIFICIO EDUCATIVO MODERNO (IZQ) Y GRAN UNIDAD ESCOLAR ANTIGUO (DER).....	9
FIGURA 2: EDIFICIO 780 ACTUAL OINFE.....	10
FIGURA 3: FALLA EN COLUMNA CORTA EN EDIFICIO 780 ACTUAL	12
FIGURA 4: DISTRIBUCIÓN DE TERREMOTOS EN LA ZONA CENTRAL DEL PERÚ	15
FIGURA 5: INCLUSIÓN DE JUNTAS PARA PERMITIR MOVIMIENTOS	24
FIGURA 6: AUMENTO DE RIGIDEZ EN EL PERÍMETRO.....	24
FIGURA 7: INSERCIÓN DE ELEMENTOS PARA EQUILIBRAR RESISTENCIA	25
FIGURA 8: UNIÓN RIGIDAZA EN ESQUINAS.....	25
FIGURA 9: PROPORCIÓN RECOMENDADA ALTURA/ANCHO	26
FIGURA 10: CONFIGURACIONES SIN ESCALONAMIENTOS BRUSCOS.....	27
FIGURA 11: SOLUCIONES AL PROBLEMA DEL PISO DÉBIL	27
FIGURA 12: MUROS DE CORTANTE COLOCADOS EN FORMA ADECUADA	28
FIGURA 13: COLUMNAS QUE IGUALAN LAS RIGIDECES	28
FIGURA 14: CONFIGURACIONES UNIFORMES POSEEN MEJOR COMPORTAMIENTO	29
FIGURA 15: LA HIPERESTATICIDAD FAVORECE LAS LÍNEAS ALTERNAS DE CARGA (REDUNDANCIA)	30
FIGURA 16: SE DEBE FAVORECER LOS SISTEMAS CON DIAFRAGMAS RÍGIDOS.	31
FIGURA 17: EL SISTEMA COLUMNA FUERTE VIGA DÉBIL ES MEJOR AL CONTRARIO.	32
FIGURA 18: SOLUCIONES PARA LA INTERACCIÓN PÓRTICO–MURO.....	33
FIGURA 19: EDIFICIO 780 ACTUAL - COSTA.....	43
FIGURA 20: EDIFICIO 780 ACTUAL – SIERRA.....	43
FIGURA 21: PLANTA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO 780 ACTUAL.....	44
FIGURA 22: DETALLE DEL REFUERZO DE LAS VIGAS (EDIFICIO 780 ACTUAL)	45
FIGURA 23: DETALLE DEL REFUERZO DE LAS COLUMNAS (EDIFICIO 780 ACTUAL).....	45
FIGURA 24: ESQUEMA TÍPICO DE UN MARCO FLEXIBLE CON NUDOS RÍGIDOS	46
FIGURA 25: ESQUEMA TÍPICO DE PAREDES DE CORTANTE.....	47
FIGURA 26: ESQUEMA TÍPICO DE SISTEMA DUAL.....	48
FIGURA 27: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	56

INTRODUCCIÓN

El Perú, a través de las Instituciones y Entidades del Estado, vinculadas al Sector Educación, ha realizado sendos esfuerzos para disponer de normas y herramientas académicas que permiten garantizar la calidad y seguridad de las diversas Infraestructuras Educativas en la Costa, Sierra y Selva; tratando en lo posible, que éstas sean utilizadas inclusive como refugios, cuando en su debido momento se presenten desastres naturales.

Como bien lo indica las “Normas Técnicas para el Diseño de locales escolares de Educación Básica Regular – Niveles Inicial, Primaria y Secundaria” (MINEDU, 2006), la Oficina de Infraestructura Educativa OINFE del Ministerio de Educación dependiente del Viceministerio de Gestión Institucional, es la encargada del planeamiento, diseño, y normatividad; así como del mantenimiento de los locales escolares del sector educación, a nivel nacional. Por ello encargó a su Equipo de Estudios, Normas y Diseños, en el marco de la Nueva Ley General de Educación N° 28044, la actualización y complementación de las normas técnicas para el diseño de locales escolares de Educación Básica Regular en las que están comprendidos los niveles de: Educación Inicial, Educación Primaria y Educación Secundaria; así como también los locales de Educación Básica Especial; cuyas instituciones educativas se encuentran ubicadas en las regiones de Costa, Sierra y Selva; teniendo en cada caso los ámbitos urbano, peri-urbano y rural con características de diseño adecuadas para cada una de ellos.

Los sismos que causaron mayores daños a diversos locales educativos en el Perú (Lima 1974, Ica 1996, Pisco 2007) revelaron que éstos fallaron prácticamente por tres razones fundamentales: inadecuado modelo estructural, deficiente supervisión en su ejecución y falta de aplicación de la normatividad antisísmica vigente.

A través de los años, los reglamentos de construcción y las normas peruanas antisísmicas han sufrido cambios sustanciales y de forma, y paralelo a ello, han surgido nuevas herramientas técnicas, metodológicas y de cálculo para optimizar el análisis y diseño de edificaciones, como son la aparición de software especializado (SAP2000, ETABS y otros).

Como muestra de lo indicado, se puede apreciar que la Norma NTE E.030 fue sometida a modificaciones desde agosto del 2014 y recién en enero del 2016 éstas han sido aprobadas, pero sin embargo, el software ETABS 2015 ya tiene incluida dicha norma, la cual no estaba aprobada cuando apareció la actualización del software en el 2015.

Al investigar los modelos estructurales de los locales educativos a través de los años, se aprecia que éstos han sufrido cambios notorios, pero sin la observancia de la aplicación de normas, guías y recomendaciones que muchos autores estructurales han investigado y sugerido al respecto; tal es así que en el año 2007, después del sismo en la ciudad de Pisco, se han realizado reforzamientos a las instituciones educativas que sufrieron daños graves en su estructura.

La finalidad de esta investigación es proponer un modelo estructural para un módulo de aulas típico de OINFE, cuya arquitectura corresponde al prototipo 780 actual, desarrollado bajo la norma E.030-2016 vigente y aprobada en enero 2016 e implementada en el software ETABS 2015, así como en atención a las recomendaciones y guías nacionales e internacionales para un buen diseño estructural.

El autor.

RESUMEN

En este trabajo se desarrolla un modelo estructural de concreto armado sismo resistente de un módulo de aulas de un centro educativos en el software ETABS para reducir el nivel de daño durante amenazas de sismo en los edificios educativos peruanos, así también el diseño tienen un fin alternativo como refugio.

Se identificaron cinco tipos estructurales de Edificios Educativos como los más representativos proporcionado por OINFE, los cuales son Edificio Adobe, Edificio Educación Superior pre NDSR-1997, Edificio Gran Unidad Escolar, Edificio 780 pre NDSR-1997 y Edificio 780 actual.

El diseño estructural se ha realizado en el prototipo Edificio 780 actual de OINFE, en el proceso de diseño se ha tomado en cuenta las características que son relevantes en el comportamiento sísmico del edificio y consideraciones para el terreno de la edificación, que han sido realizados cumpliendo los lineamientos de las Normas Técnicas De Edificaciones comprendidas en el Reglamento Nacional De Edificaciones, de las normas de cargas (E020), diseño sismo resistente (E030), mecánica de suelos (E050), concreto armado (E060), albañilería (E070), acero (E090).

En la tipología estructural de concreto armado se ha utilizado el sistema dual de interacción marco-muro de corte (columnas, muros de corte y albañilería), el cual en las zonas sísmicas, los sistemas marco-muros son superiores a los muros aislados o a los marcos, en razón a su redundancia estructural, permitiendo que la estructura se diseñe para una secuencia de fluencia deseada bajo un movimiento fuerte del terreno.

Con los resultados y reporte proporcionados por el software ETABS (Summary Report). El modelo estructural del Prototipo 780 actual de OINFE propuesto cumple con lo especificado en las Normas Técnicas Peruanas de Edificación.

ABSTRACT

In this work it develops a structural educational model of concrete armed resistant earthquake of a module of classrooms of a center in the software ETABS to reduce the level of hurt during threats of earthquake in the educational Peruvian, like that buildings also the design take an alternative end as a refuge.

There were identified five structural as most representative types of Educational Buildings provided by OINFE, which are Building Prepares, Building Top Education pre NDSR-1997, Building Great School Unit, Building 780 pre NDSR-1997, and Building 780 current.

The structural design has realized in the prototype Building 780 current of OINFE, in the process of design there have been born in mind the characteristics that are relevant in the seismic behavior of the building and considerations for the area of the building, which they have been realized fulfilling the limits of Technical procedure Of Buildings understood in National regulation Of Buildings, of the procedure of loads (E020), I design resistant earthquake (E030), mechanics of soils (E050), make concrete armed (E060), masonry (E070), steel (E090).

In the structural typology of I make concrete armed the dual system of interaction has been in use frame - wall of court (columns, walls of court and masonry), which in the seismic zones, the systems frame - wall are superior to the isolated walls or to the frames, in reason to his structural redundancy, allowing that the structure should be designed for a sequence of fluencia wished under a strong movement of the area.

With the results or report provided by the software ETABS (Summary Report). The structural model of the Prototype 780 current of proposed OINFE expires with the specified in the Technical Peruvian Procedure of Building.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el Perú existen Instituciones Educativas de nivel básico: inicial, primario y secundario.

En la investigación realizada a los sistemas estructurales de la infraestructura educativa peruana, se mencionan:

“Generalmente en las zonas urbanas cada centro educativo primario y secundario está formado por dos o más pabellones de concreto armado o albañilería de uno o dos pisos. Estas edificaciones tienen plantas rectangulares con dos o más aulas contiguas en cada nivel. Los ambientes para bibliotecas y oficinas administrativas generalmente se alojan también en este tipo de edificios con divisiones de tabiquería.” (Astorga & Aguilar, 2006)

En ciudades en el interior del país existen centros educativos de similares características arquitectónicas pero con edificios construidos en barro, sillar o quincha. En contraste, en las zonas rurales los centros educativos tienen por lo general un solo pabellón. Son de un piso en adobe o tapial y generalmente fueron construidos sin dirección técnica calificada.

“Asimismo, consultando el estatus de la infraestructura escolar peruana, el número de inmuebles escolares y/o centros educativos según datos del censo escolar en 2013 existían 65,496 inmuebles escolares de educación, de los cuales 62,045 (94.7%) son de educación básica regular. De éstos, 79.2% son de gestión pública y 20.8% de gestión privada.” (Fundación IDEA-BID, 2014).

Se clasifica además los locales educativos de acuerdo a los tipos de materiales de construcción.

“Los edificios educativos peruanos se construyen con diferentes materiales. Existen edificaciones de concreto armado, albañilería, madera, quincha, adobe, tapial, sillar y hasta construcciones mixtas como las de albañilería de arcilla y sillar o quincha y adobe.” (Astorga & Aguilar, 2006)

En particular los edificios educativos de concreto armado han ido cambiando tanto arquitectónica como estructuralmente. Así por ejemplo, los edificios actuales tienen un menor número de aulas y ya no cuentan con las columnas exteriores del corredor adyacente al patio (figura 1).



Figura 1: Edificio Educativo moderno (izq) y Gran Unidad Escolar antiguo (der)

En cuanto a los edificios de adobe, tapial, quincha y sillar generalmente se construyen sin dirección técnica calificada, y sólo en los últimos años se han desarrollado técnicas para mejorar su desempeño sismo resistente.

“A pesar de la gran diversidad de edificios educativos fue necesario identificar los tipos más representativos en número con el fin de desarrollar los procedimientos para estimar pérdidas por sismo. Los tipos de edificios identificados como más representativos a nivel nacional en base a la información proporcionada por OINFE son los 5 siguientes:” (Astorga & Aguilar, 2006)

- Edificio 780 actual
- Edificio 780 pre NDSR-1997
- Edificio Gran Unidad Escolar
- Edificio Adobe
- Edificio Educación Superior pre NDSR-1997

En 1997 la norma peruana de diseño sismo resistente sufrió una actualización importante que trajo como consecuencia un cambio notorio en el sistema estructural de las edificaciones educativas. El aumento en los requerimientos de rigidez de esta norma ocasionó que en los nuevos edificios se incrementaran las dimensiones de las columnas y vigas.

A partir de 1997 el gobierno empezó a construir edificios educativos significativamente más robustos a los que denominaremos Edificio 780 actual (figura 2).



Figura 2: Edificio 780 Actual OINFE

El Instituto Nacional de Infraestructura Educativa y Salud (INFES) tuvo un papel importante en la planificación y construcción de la infraestructura educativa entre los años 1993 al 2003. El INFES cuenta con planos de los edificios que construyó entre 1993 y 2003. Además cuenta con proyectos de reforzamiento de los edificios dañados en los terremotos de 1996 y 2001. Esta información se encuentra desorganizada y dispersa.

Actualmente la Oficina de Infraestructura Educativa (OINFE) del Ministerio de Educación (MINEDU) se encarga de la planificación, construcción y manejo de información de la infraestructura educativa a nivel nacional.

En el año 2003, la unidad de estadística del Ministerio de Educación (ESCALE) publica “Cifras de la Educación 1998-2003” (MINEDU, 2003). En este informe se recopila información del quinquenio sobre la evolución de

los diferentes factores y recursos que intervienen en el sistema educativo (alumnos, docentes, personal administrativo, centros y programas educativos, infraestructura y equipo escolar).

Para la estimación de pérdidas por sismo de la infraestructura educativa se necesita tener una base de datos informática que especifique el sistema estructural, estado de conservación, suelo de cimentación y otras condiciones relacionadas al diseño y construcción de cada edificio educativo del país.

Las edificaciones educativas de concreto-albañilería construidas según la norma de diseño sismo resistente de 1997 representan solo el 2% del total de edificios educativos existentes. Los resultados indican que estos edificios serían los únicos que podrían ser reparados luego de un evento severo.

Existen muchas edificaciones educativas sísmicamente vulnerables cuya intervención no debería supeditarse a la existencia del plan nacional de protección. Para estos edificios es necesario desarrollar programas específicos de reducción de vulnerabilidad a bajo costo, los cuales abarcarían desde el diseño estructural y arquitectónico de módulos de uso múltiple hasta la supervisión de su ejecución.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Teniendo en consideración las Normas Técnicas de Edificaciones, el Reglamento Nacional de Edificaciones, algunos Seminarios y Talleres relacionados con el tema Sismo Resistente, así como textos de consulta nacional y extranjeros; se puede concluir que el problema de fondo en los locales educativos resulta ser la mala configuración estructural de los mismos.

Se observa que las formas complejas, carencia de simetría, distribución al azar de los elementos verticales, falta de continuidad de los elementos horizontales por las aberturas o techos en varios niveles, volúmenes agregados que requieren vinculación, luces grandes y detalles no estructurales son los problemas más comunes en el diseño sísmico.

“Para lograr una configuración adecuada se debe considerar el tiempo, costo y programación para el análisis sísmico, conjuntamente hay que reconocer el hecho que algunos estilos han sido desarrollados en zonas de bajo riesgo sísmico por lo que en regiones de mucha actividad sísmica no son apropiados.” (Medina, 2005)

Los componentes básicos que debe tener un local educativo seguro, se inician con su correcta ubicación, lo que implica que debe estar fuera de zonas inundables, de zonas de deslizamientos y alejada de las fallas tectónicas activas y además debe contar con un diseño arquitectónico, estructural, materiales y supervisión, adecuados, de manera tal que sea capaz de sobrevivir a los terremotos, permaneciendo en condiciones de ser utilizados inmediatamente.

Los estudios de patología estructural realizados después de la ocurrencia de un sismo intenso, demuestran que un porcentaje de los daños registrados, podrían haber sido evitados, mediante el uso adecuado de los criterios contemplados en las normativas de diseño sismo resistente (figura 3).



Figura 3: Falla en columna corta en Edificio 780 Actual

La omisión y el desconocimiento de estos criterios, aumentan considerablemente, la vulnerabilidad de los locales educativos y favorece un desempeño deficiente.

El problema de la vulnerabilidad técnica puede resumirse en los siguientes aspectos: Diseño estructural y Calidad de los materiales.

Los avances en la tecnología, han permitido que los largos procesos de cálculo que antes hacían a los ingenieros dedicar numerosas horas de trabajo, hoy se realicen en un menor periodo de tiempo.

“Hoy en día, en nuestro país, algunos ingenieros estructurales desarrollan los análisis y diseños de las edificaciones realizando modelos tridimensionales, con la ayuda de programas de computadora especializados para tal labor, sin embargo no se tiene una sola forma o metodología para diseñar en el espacio.”
(BID, MEPyD et al. 2013)

Los códigos para diseño sísmico de edificios, no definen parámetros de comparación que determinen como evaluar el análisis de un edificio modelado en el espacio. A raíz de esto, surge la necesidad de realizar una investigación en la cual se llegue a establecer una metodología de pasos a seguir, que permita llevar a cabo el análisis de modelos espaciales de edificios, elaborados por medio de programas de computadora, sin importar el programa a utilizar y que permita obtener los mismos resultados, siendo a la vez congruentes con los resultados obtenidos por medio del método estático.

Además, se investigará como llevar a cabo el análisis y diseño de un nuevo sistema estructural para los módulos de aulas de los locales educativos, haciendo uso de modelos espaciales basados en el prototipo 780 actual de OINFE.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL

¿El MODELO ESTRUCTURAL Y DISEÑO EN CONCRETO DE AULAS DE UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA APLICADO AL PROTOTIPO 780 ACTUAL DE OINFE permite reducir el nivel de daño sísmico en la edificación?

1.3.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS

¿Los edificios escolares fueron diseñados de acuerdo con los códigos y normas de construcción vigentes?

Durante un evento de amenaza (sismo) ¿El local educativo sirve como refugio? ¿Fue diseñado para ese fin alternativo?

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

“El Perú es uno de los países de Sudamérica ubicados dentro del “Cinturón del fuego del Pacífico”, un área que engloba más del 80% de la actividad sísmica en el mundo” (Kuroiwa, 2002). Esta actividad sísmica es producida por la constante interacción de las placas tectónicas ubicadas en la zona, la cual ha ocasionado numerosos terremotos en la parte occidental de Sudamérica. Muchos de ellos tuvieron gran magnitud y causaron destrucción y numerosas pérdidas materiales y de vidas humanas.

“La mayoría de los movimientos sísmicos que se producen en el Perú se deben al proceso de subducción de la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana a razón de 9 cm/año” (Kuroiwa, 2002).

“Entre estas placas se generan esfuerzos de fricción y se acumula gran cantidad de energía. Cuando estos esfuerzos son mayores a los que resiste la roca, esta se rompe. La ruptura libera la energía acumulada en forma de ondas que se propagan y llegan a la superficie.” (Rubiños, 2009).

Los terremotos de Lima (1974) e Ica (1996) dejaron una zona de laguna sísmica entre sus áreas de ruptura por varios años. El terremoto del 15 de Agosto del 2007 tuvo su epicentro frente a la ciudad de Pisco, ubicada en dicha zona de laguna sísmica (figura 4).

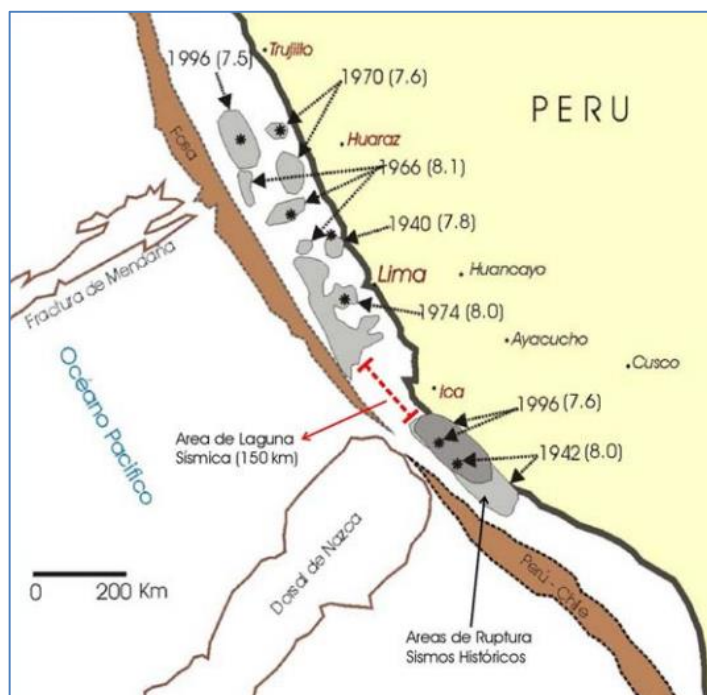


Figura 4: Distribución de terremotos en la zona central del Perú

Según cifras del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2008), el Terremoto de Pisco dejó cerca de 435,000 personas damnificadas, casi 600 personas fallecidas, más 48,000 viviendas destruidas y muchos monumentos históricos sufrieron daños incalculables. Además, aproximadamente 1,200 aulas de clase sufrieron serios daños estructurales y más de 100 establecimientos de salud fueron muy afectados.

El sismo del 15-08-2007, calificado desde el punto de vista estructural como “leve” para Lima y “moderado” para Pisco o Chíncha, puso al desnudo una serie de errores que se cometen en las edificaciones de albañilería, principalmente por el aspecto informal con que se construyen estos sistemas, pese a la existencia de normas nacionales de construcción y diseño estructural.

En la investigación en ingeniería estructural, importantes esfuerzos se dirigen hacia la predicción del comportamiento dinámico de sistemas estructurales sujetos a cargas dinámicas.

“El punto clave de estos esfuerzos es la caracterización de un modelo matemático representativo capaz de determinar la respuesta dinámica del sistema. Desde un punto de vista teórico es posible determinar varios modelos matemáticos para un sistema estructural y sus soluciones proporcionarán la respuesta dinámica de la estructura con diferente grado de aproximación.” (D. Muria-Vila, et al. 2000)

Actualmente, la Universidad Particular de Chiclayo, cuenta con los programas de computadora SAP2000 y ETABS, que permiten el análisis y diseño de estructuras para cualquier edificación. Con herramientas como estas se puede llevar a cabo el estudio de edificios tanto regulares como irregulares, reforzando así los conocimientos de los estudiantes sobre el análisis y diseño de las mismas, abriendo un nuevo campo de posibilidades para conformar estructuras sin importar su complejidad.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Plantear un nuevo modelo estructural y diseño en concreto de un módulo de aulas de una Institución Educativa aplicado al Prototipo 780 Actual de OINFE que reduzca el nivel de daño sísmico en la edificación.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un nuevo módulo de aulas del Prototipo 780 Actual de OINFE con los códigos y normas de construcción vigentes.
- Determinar si el nuevo local educativo propuesto sirve como fin alternativo de refugio en casos de amenazas (sismos).

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En los últimos años, se han realizado estudios sobre edificios de concreto reforzado, entre algunos de estos estudios que servirán de referencia para la realización del presente trabajo se citan:

DISEÑO DE UN EDIFICIO DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA DE CINCO NIVELES

Autores: Rodolfo Valentino Granados Sáenz - Jorge Junior López Wong (2012)

Objetivos de la investigación: El objetivo de la tesis es realizar el diseño estructural del edificio ante solicitaciones dinámicas y estáticas, cumpliendo como mínimo con las disposiciones de las normas. Como tema complementario se estudió la respuesta del edificio ante dos acelerogramas peruanos.

Síntesis de la situación problemática planteada: En el presente trabajo se realizó el análisis y diseño estructural en concreto armado de un edificio multifamiliar de cinco pisos ubicado en el distrito de Chorrillos. El edificio se construirá sobre un relleno controlado de ingeniería con una capacidad portante de 10 ton/m². Como tema complementario se estudió la respuesta del edificio ante dos acelerogramas peruanos. El sistema estructural consiste en muros de ductilidad limitada de 10 cm de espesor. El sistema de techos utilizado es de losas macizas de 10 cm de espesor en todos los ambientes, con excepción de los baños y del hall de la escalera, en donde se utilizó espesores de 20 cm y 15 cm respectivamente. Para realizar el análisis estructural por cargas de gravedad y de sismo se desarrolló un modelo tridimensional que toma en cuenta la interacción entre muros perpendiculares. Las solicitaciones se obtuvieron de las normas técnicas E.020 (cargas) y E.030 (diseño sismo

resistente). El diseño estructural de todos los elementos se realizó cumpliendo las especificaciones de la norma E.060. Para lograr una mejor distribución de las solicitaciones sísmicas se recurrió al uso de vigas de acoplamiento en la fachada anterior y posterior del edificio. Del presente trabajo se puede concluir que estructurar un edificio de pocos pisos con el sistema estructural de muros de ductilidad limitada resulta ventajoso desde el punto de vista de desplazamientos laterales y de cuantías de refuerzo. El edificio tuvo derivas del orden de 0.6/1000 en la dirección X y 0.5/1000 en la dirección Y. Las cuantías de refuerzo fueron moderadas, lo que llevó a confirmar que los criterios de pre dimensionamiento fueron adecuados. Los acelerogramas empleados en el estudio complementario fueron los de La Molina del 9 de noviembre de 1974 y de Pisco del 15 de agosto del 2007. Las señales fueron escaladas a 0.24 g para estudiar la respuesta del edificio ante un sismo con periodo de retorno de 43 años. Las derivas máximas obtenidas del análisis tiempo historia fueron 0.30/1000 en la dirección X y 0.17/1000 en la dirección Y. Para dicho análisis los muros se mantendrían dentro del rango elástico.

DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN TIPO DE EDIFICIO EDUCATIVO PERUANO DISEÑADO ANTES DE 1997

Autores: Yannet Marcela Huerta Aucasime y Christian Martín Uribe Mathews (2006)

Objetivos de la investigación: En este trabajo se estudia el desempeño sismo resistente de un tipo de edificación escolar de 3 pisos construida antes de 1997, aparentemente con una adecuada rigidez y resistencia lateral.

Síntesis de la situación problemática planteada: En el presente trabajo se revisó el diseño de un edificio escolar de tres pisos construido antes de 1997 siguiendo las indicaciones de La Norma Peruana de Diseño Sismo resistente (2003). Luego se evaluó el desempeño del edificio ante tres niveles de peligro sísmico y en tres perfiles de suelo. Para la evaluación del desempeño se usó la propuesta del Comité Visión 2000 del SEAOC y para la estimación de la respuesta, se usaron procedimientos de análisis no lineal basado en espectros

de demanda-capacidad. El estudiado demuestra que el edificio no satisface los requerimientos de rigidez de la Norma Peruana de Diseño Sismo resistente (2003) ni siquiera en suelo S1, sin embargo el diseño si cumple con los requerimientos de resistencia para suelo S1 pero no para los suelos S2 y S3.

Los resultados de este trabajo indican que en un suelo rígido el edificio educativo tendría un buen desempeño para los diferentes niveles de amenaza sísmica. Sin embargo en condiciones adversas de suelo, perfil S3 de la NTE-030, el edificio tendría un pobre desempeño quedando inclusive al borde del colapso para sismos ocasionales.

ANÁLISIS DINÁMICO Y TÉCNICAS DE REFORZAMIENTO EN ESTRUCTURAS DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA

Autores: J. Olarte, R. Proaño, R. Torres, V. Rojas (Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres – CISMID) (2000)

Síntesis de la situación problemática planteada: La infraestructura educativa en el Perú ha tenido importantes cambios en su concepción sismo resistente. La norma peruana de diseño sismo resistente NTE E.030 (1997) cataloga a los Centros Educativos como edificaciones esenciales, cuya función no debe interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo.

En el presente estudio, se muestra el análisis dinámico de un modelo pseudo tridimensional de bloque cortante con diafragmas rígidos y otro modelo tridimensional considerando losas flexibles. Para verificar los periodos de la edificación, se ha recogido información in situ, mediante ensayos de micro trepidaciones. Las acciones correctivas en el proceso de reforzamiento, se orientan a independizar los dos módulos de la edificación existente he incluir elementos de muros de cortante para rigidizar la estructura en la dirección más débil.

COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LOCALES EDUCATIVOS Y ALTERNATIVAS DE REFORZAMIENTO

Autor: Wilson Silva Berríos (2012)

Síntesis de la situación problemática planteada: Se exponen los criterios técnicos para la construcción de edificaciones sismo resistentes, donde se concluye que: Es necesario desarrollar un plan para reducir la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones educativas; En el Perú existe experiencia en reducir la vulnerabilidad de las edificaciones escolares con intervenciones de mediano o alto costo; La técnica de bajo costo encontrada consiste en rellenar algunos paños del edificio con muros de albañilería; El uso de las técnicas de bajo costo para reforzar edificaciones escolares permitirá reducir los gastos de futuras intervenciones post sismo en las edificaciones escolares.

ELEMENTOS DE ARQUITECTURA EN EL DISEÑO DE EDIFICACIONES SISMO RESISTENTES

Autor: Jorge O. Medina M. (2005)

Síntesis de la situación problemática planteada: Se observa que las formas complejas, carencia de simetría, distribución al azar de los elementos verticales, falta de continuidad de los elementos horizontales por las aberturas o techos en varios niveles, volúmenes agregados que requieren vinculación, luces grandes y detalles no estructurales son los problemas más comunes en el diseño sísmico.

Para lograr una configuración adecuada se debe considerar el tiempo, costo y programación para el análisis sísmico, conjuntamente hay que reconocer el hecho que algunos estilos han sido desarrollados en zonas de bajo riesgo sísmico por lo que en regiones de mucha actividad sísmica no son apropiados.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CONFIGURACIÓN DEL EDIFICIO

La respuesta de una estructura ante un sismo es compleja ya que se mezclan varios factores, los cuales deben ser tomados en cuenta para diseñar una estructura resistente a sismos; la configuración es uno de los aspectos que intervienen en dicha respuesta.

Las primeras ideas del arquitecto sobre la configuración son trascendentales, ya que es una etapa donde se ponderan las alternativas y antes de discutirse los aspectos de ingeniería, se toman decisiones importantes para los análisis posteriores de la estructura. “La importancia de la configuración en la respuesta sísmica ha sido señalada por diversos autores” (Arnold, Grases, Dowrick, ATC) ya que no se puede lograr que un edificio mal estructurado se comporte satisfactoriamente ante sismos, por mucho que se refinan los procedimientos de análisis y dimensionamiento.

“Si en un principio se tiene una configuración deficiente, todo lo que el ingeniero puede hacer es poner un parche” (Arnold y Reitherman, 1991, p. 17).

Así, las observaciones realizadas en varios temblores sobre diferentes países, muestra que los edificios bien concebidos estructuralmente y bien detallados han tenido un comportamiento adecuado, aunque no hayan sido objeto de cálculos elaborados y no haber satisfecho rigurosamente los reglamentos.

Ambrose y Vergun, 2000; Arnold y Reitherman, 1991; Bazán y Meli, 2001; Grases, López y Hernández, 1987. Afirmó lo siguiente:

Probablemente algunos arquitectos encuentran que las recomendaciones sobre configuración disminuyen en cierta forma la amplitud de diseños atrevidos y originales, además

limita la libertad del uso del espacio interno del edificio, pero por otra parte constituye un reto el conjugar necesidades arquitectónicas y estructurales que consigan un proyecto funcional, seguro y estéticamente atractivo. Un diseño que evita esta conjugación, rompe con uno de los principios primordiales del diseño arquitectónico, el cual indica que las necesidades estéticas no son las únicas porque también están las funcionales, sociales y estructurales, además de reflejar o guiar el gusto de su época.

2.2.2. CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DEL EDIFICIO PARA EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO

En el proceso de diseño se deben tomar en cuenta las características que son relevantes en el comportamiento sísmico del edificio:

Peso del Edificio

El tamaño del edificio indica también el peso del mismo por ello debe procurarse un edificio lo más ligero posible, incluyendo el peso de los revestimientos y elementos divisorios que inducen en la respuesta, fuerzas ajustadas a su peso. Cualquier cambio en el tamaño del edificio afecta su comportamiento y las alternativas en la solución estructural a causa del efecto del tamaño y del cubo cuadrado (el cambio del peso no es proporcional al de sus elementos estructurales); en el cual cada sistema estructural (pórtico, muro, arco, cables etc.) llega al límite de su tipología obligando al cambio en el sistema por otro adecuado; este cambio resulta importante por la incidencia en la forma del edificio. Por ejemplo, “las vigas pueden ser usadas aproximadamente, hasta una luz de 30 m, mientras que la cercha soporta mayores luces.” (Arnold y Reitherman, 1991; Bazán y Meli, 2001)

Se recomienda evitar las masas que sean innecesarias porque se traducen en fuerzas innecesarias. Además las masas ubicadas en las partes altas de un edificio no son favorables porque la aceleración crece con la altura, de manera que es conveniente ubicar en los pisos bajos las áreas donde se prevean mayores concentraciones de pesos (tales como archivos y bóvedas).

“También se debe impedir las fuertes diferencias de los pesos en pisos sucesivos y tratar que el peso del edificio esté distribuido simétricamente en la planta de cada piso, una posición asimétrica generar un mayor momento torsor.” (Ambrose y Vergun, 2000; Bazán y Meli, 2001; Grases, López y Hernández, 1987).

Planta del Edificio

La forma en planta de un edificio incide en la respuesta sísmica. Este hecho ha sido demostrado repetidamente por todos los terremotos acaecidos.

La principal recomendación para los problemas en planta es favorecer la simetría en ambas direcciones para disminuir los efectos torsionales. Evitar la presencia de alas muy alargadas que tienden a producir que las alas vibren en direcciones diferentes por la dificultad para responder como una unidad. La simetría en planta indica que el centro de masa y el centro de rigidez están localizados en el mismo punto y disminuye los efectos indeseados de la torsión.

“Asimismo, la simetría no sólo se refiere a la forma de conjunto del edificio sino también a los detalles de su construcción.” (Ambrose y Vergun, 2000; Bazán y Meli, 2001; Arnold y Reitherman, 1991)

“Longitud de planta: Existen dos formas de resolver estos problemas. La primera se basa en considerar los esfuerzos producidos por los movimientos diferenciales durante el diseño y la segunda en permitir

los movimientos al incluir juntas.” (Dowrick, 1997; Grases, López y Hernández, 1987) (Figura 5).

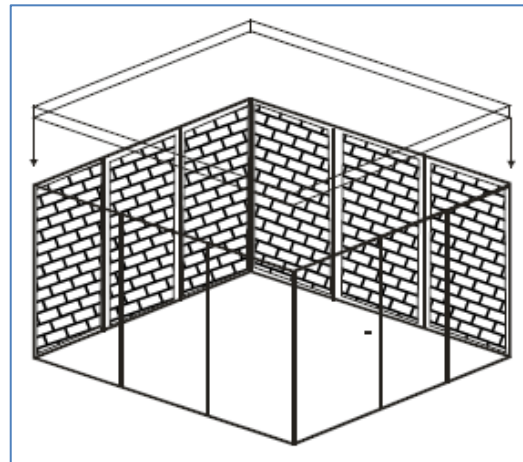


Figura 5: Inclusión de juntas para permitir movimientos

Perimetral: El objetivo de cualquier solución para este problema consiste en reducir la posibilidad de torsión. Se pueden emplear alternativamente cuatro estrategias: Pórticos con resistencia y rigidez aproximadamente iguales para todo el perímetro. Aumentar la rigidez de las fachadas abiertas mediante muros dentro o cerca de la parte abierta. Usar un pórtico muy fuerte, con diagonales en la fachada abierta. Aceptar la posibilidad de tener torsión y diseñar la estructura para resistirla (Figura 6).

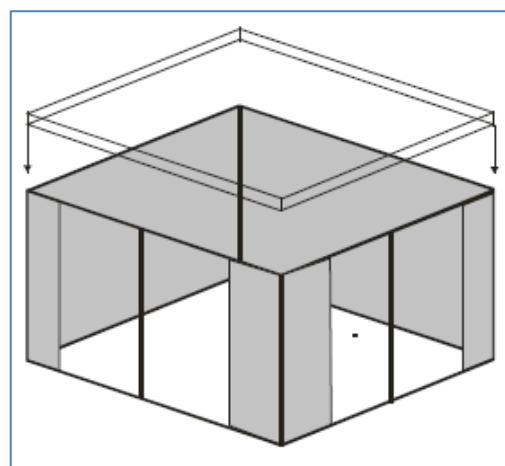


Figura 6: Aumento de rigidez en el perímetro

Falsa simetría: “Ubicación simétrica de los elementos resistentes, si por aspectos de planeación no es posible, se debe agregar algunos

elementos resistentes en una parte del edificio que equilibren la distribución de la resistencia de forma que disminuya la excentricidad en planta.” (Arnold y Reitherman, 1991) (Figura 7).

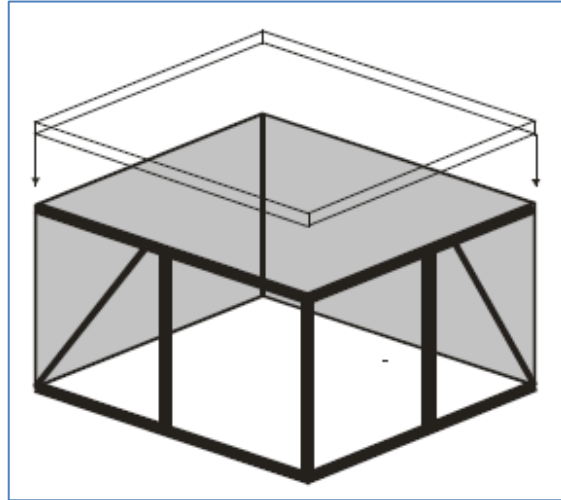


Figura 7: Inserción de elementos para equilibrar resistencia

Esquina: “La solución al problema de esquina tiene dos enfoques; dividir estructuralmente el edificio en formas más sencillas o unir con más fuerza la unión de los edificios mediante colectores en la intersección, muros estructurales o usar esquinas entrantes achaflanadas en vez de ángulos rectos, que reduzcan el problema del cambio de sección.” (Arnold y Reitherman, 1991) (Figura 8).

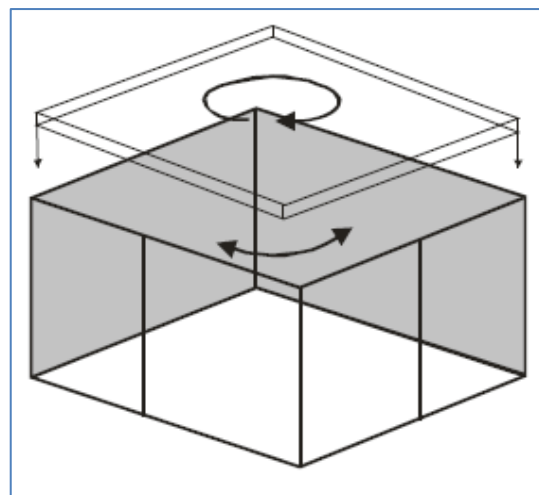


Figura 8: Unión rigidaza en esquinas

Elevación y proporción

Las reducciones bruscas de un nivel a otro, tiende a amplificar la vibración en la parte superior y son particularmente críticas. El comportamiento de un edificio ante un sismo es similar a una viga en volado, donde el aumento de la altura implica un cambio en el período de la estructura que incide en el nivel de la respuesta y magnitud de las fuerzas.

“La sencillez, regularidad y simetría que se busca en planta también es importante en la elevación del edificio, para evitar que se produzcan concentraciones de esfuerzos en ciertos pisos o amplificaciones de la vibración en las partes superiores del edificio.” (Bazán y Meli, 2001)

Proporción: “Para evitar los problemas de proporción se debe procurar limitar la relación altura/anchura a 3 ó 4” (Arnold y Reitherman, 1991; Bazán y Meli, 2001; Dowrick, 1997) (Figura 9).

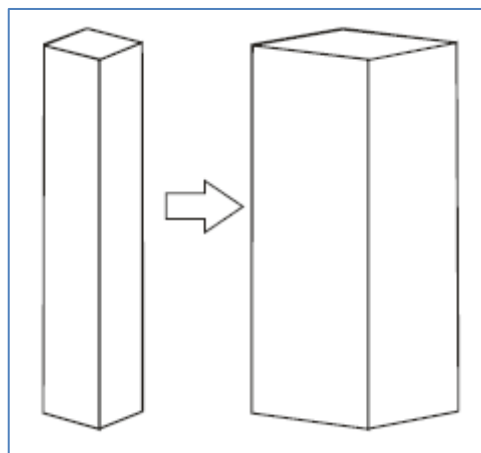


Figura 9: Proporción recomendada altura/anchura

Escalonamiento: Como primera estrategia es utilizar cambios de sección en un escalonamiento normal o invertido pequeños. Las soluciones para la configuración escalonada son similares a las de su contraparte en planta con esquinas entrantes. El primer tipo de solución consiste en una separación sísmica en planta.

“Se debe evitar la discontinuidad vertical de las columnas, un acartelamiento suave evita totalmente el problema del cambio de sección. Por último, en áreas de alto riesgo sísmico se deben evitar las configuraciones escalonadas invertidas.” (Arnold y Reitherman, 1991) (Figura 10).

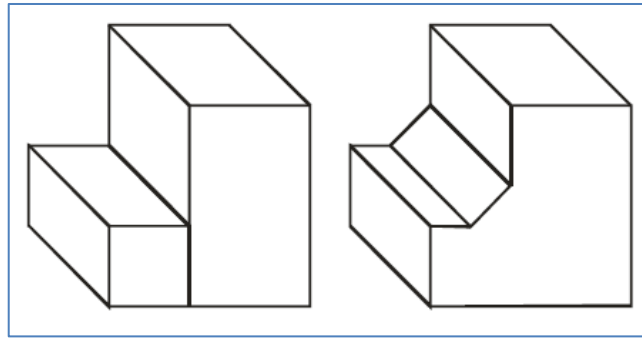


Figura 10: Configuraciones sin escalonamientos bruscos

Piso débil: Las soluciones para el problema del piso débil comienzan por su eliminación, es decir evitar la discontinuidad modificando el diseño arquitectónico. Si esto no es posible, el siguiente paso es investigar la forma para reducir la discontinuidad por otros medios, como son aumentar el número de columnas o agregar diagonales.

“Alternativamente, se puede lograr una planta baja alta eliminando la discontinuidad dinámica mediante un marco vertical que abarque varios pisos, en el cual la estructura tenga uniformidad de rigidez en toda su altura, agregando pisos adicionales ligeros de tal modo que tengan tan poco efecto como sea posible en las características de la estructura principal” (Arnold y Reitherman, 1991) (Figura 11).

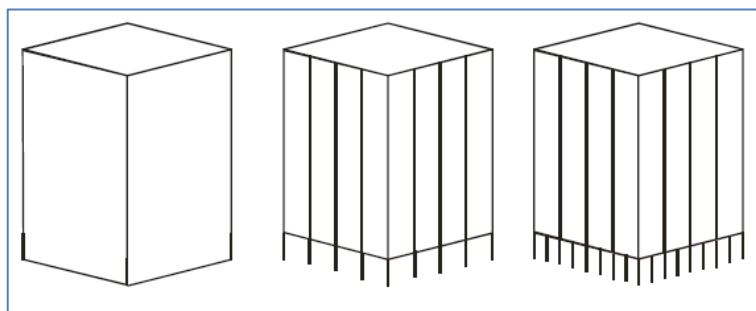


Figura 11: Soluciones al problema del piso débil

Muro de cortante discontinuo: La solución para el problema del muro de cortante discontinuo consiste en eliminar dicha condición. El hacerlo puede crear problemas arquitectónicos de planeación, circulación o aspecto. Si así ocurre, entonces significa que la decisión de usar muros de cortante como elementos resistentes es inconveniente. Cuando se toma la decisión de usar muros de cortante, se tiene que reconocer su presencia desde el principio del diseño esquemático, donde el tamaño y la localización debe ser objeto de una cuidadosa coordinación entre la arquitectura y la ingeniería (Figura 12).

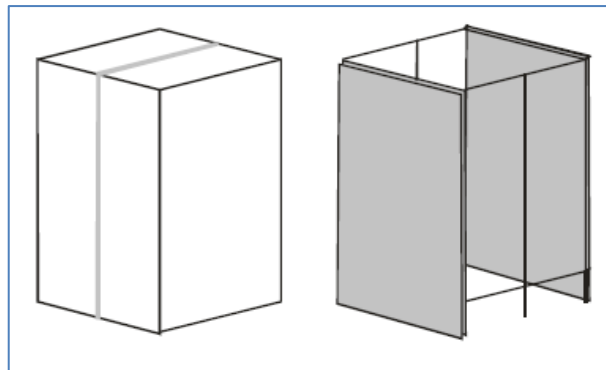


Figura 12: Muros de cortante colocados en forma adecuada

Variación en la rigidez: “Si no se puede evitar la situación planteada, una solución consiste en igualar las rigideces de las columnas mediante puntales que aumenten la rigidez de las columnas más largas o aumentando las dimensiones de los elementos menos rígidos.” (Arnold y Reitherman, 1991) (Figura 13).

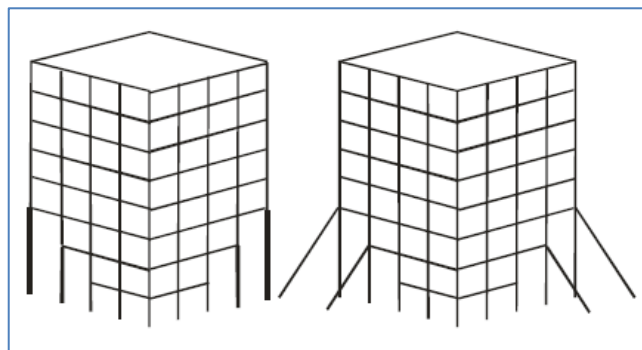


Figura 13: Columnas que igualan las rigideces

Uniformidad y distribución del sistema estructural

La influencia del sistema estructural en la respuesta sísmica es indiscutible ya que suministra la resistencia y rigidez necesaria para evitar daños no estructurales durante sismos moderados, así como garantiza la integridad del edificio.

Por lo tanto, es importante que el arquitecto proponga un sistema adecuado para lo cual debe considerar la simplicidad y simetría, igualmente es conviene tomar en cuenta aspectos tales como: cambios de secciones, redundancia, densidad en planta, diafragma rígido, columna fuerte–viga débil, interacción pórtico–muro.

Cambios de secciones: Los cambios bruscos de sección en los miembros son un tipo de problema de variación de rigidez que se debe evitar. De igual forma los muros o columnas que no siguen una misma línea, no son recomendables por lo que estas líneas de resistencia deben ser continuas (Figura 14).

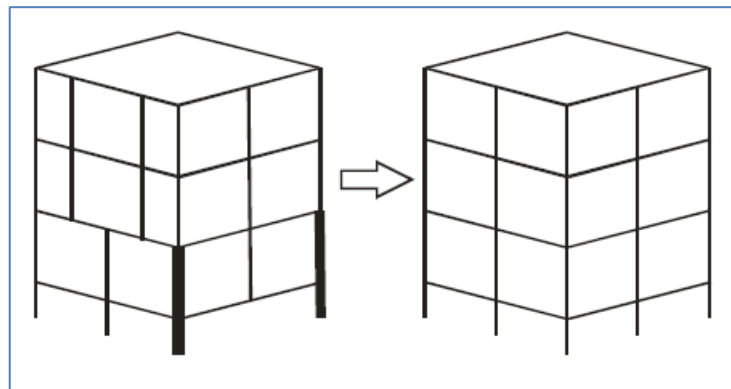


Figura 14: Configuraciones uniformes poseen mejor comportamiento

Redundancia: La redundancia se refiere a la existencia de abundantes líneas resistentes continuas y monolíticas, proporciona un alto grado de hiperestaticidad que cumple con el requisito básico para la supervivencia de la edificación, ya que posee múltiples mecanismos de defensa que garantizan la redistribución de esfuerzos una vez que algunos miembros hayan fallado.

“En cada una de las direcciones principales de la edificación y salvo que se trate de edificios de dos o tres plantas, es conveniente disponer como mínimo, tres líneas de resistencia.” (Grases, López y Hernández, 1987) (Figura 15).

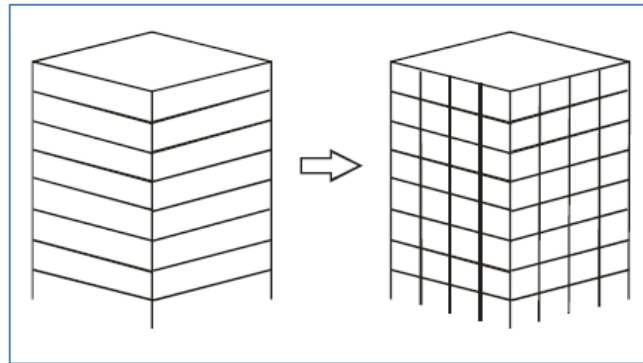


Figura 15: La hiperestaticidad favorece las líneas alternas de carga (redundancia)

Densidad en planta: La densidad de la estructura en planta a nivel del terreno, se define como el área total de todos los elementos estructurales verticales (columnas, muros, diagonales) dividida entre el área bruta del piso. En un edificio contemporáneo típico, este porcentaje se reduce al mínimo valor en pórticos. Por ejemplo, en un edificio típico de 10 a 20 pisos, con pórticos de concreto o acero resistentes a momentos, las columnas ocuparán el 1% o menos del área de su planta y los diseños en que se usa una combinación de pórticos-muros de cortante alcanzarán típicamente una densidad de estructuras en planta a nivel del suelo de cerca del 2%. Incluso para un edificio de oficinas de muchos pisos, que se apoyen solamente en muros de cortante, probablemente la relación llegará sólo al 3%.

Las densidades en planta de edificios construidos antes del siglo XIX presentan un sorprendente contraste, la densidad de la estructura en planta a nivel del suelo puede alcanzar hasta el 50%, como en el caso del templo de Khons en Egipto o el Taj Mahal. La relación para la catedral de San Pedro es de cerca del 25%; para Santa Sofía, el Partenón y el Panteón, el 20%; y para la catedral de Chartres, 15%. Los anteriores ejemplos sugieren que las densidades en planta así

como las configuraciones sencillas y estructuralmente lógicas son importantes ya que, edificios que deberían haber colapsado en terremotos pasados han permanecido de pie.

Diafragmas rígidos: Los diafragmas de las edificaciones deben ser rígidos en su plano para igualar las deformaciones de los elementos verticales y evitar concentraciones de esfuerzos indeseables en las zonas de unión. Las normas permiten diafragmas flexibles pero se hace difícil estimar la respuesta dinámica de edificaciones con diafragmas flexibles.

La utilización de diafragmas rígidos simplifica notablemente el proceso de análisis ya que permite el uso de modelos matemáticos sencillos (Figura 16).

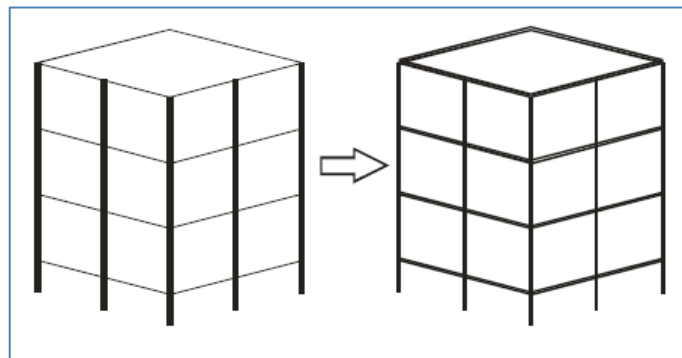


Figura 16: Se debe favorecer los sistemas con diafragmas rígidos.

Columna Fuerte–Viga Débil: En sistemas porticados es un requisito fundamental para el buen comportamiento de la estructura, que la disipación de energía se inicie en los elementos horizontales, por lo que se debe anteponer los diseños de columnas fuertes y vigas débiles.

En fachadas se puede usar elementos no estructurales que se adapten a los requerimientos arquitectónicos, o bien admitir el diseño columna fuerte viga débil en la fachada (Figura 17).

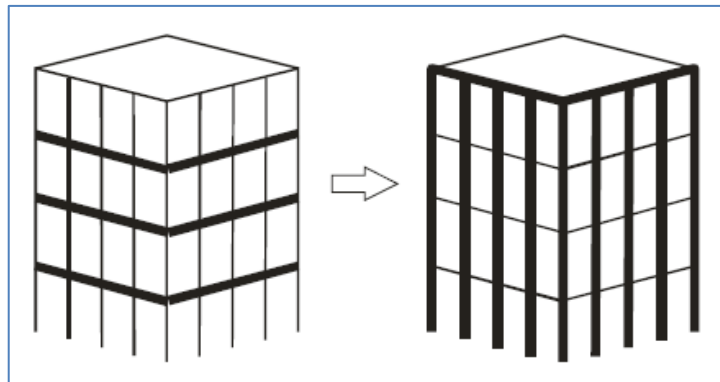


Figura 17: El sistema columna fuerte viga débil es mejor al contrario.

Interacción Pórtico–Muro: Las configuraciones con alta rigidez torsional con respecto a su rigidez traslacional, poseen mejor comportamiento durante terremotos, por lo cual los muros deben colocarse en la periferia de la edificación, dando así un uso más eficiente. Lo anterior implica una combinación de muro y pórtico, donde los puntos de unión entre estos deben tener un tratamiento especial porque pueden producir áreas débiles de posible falla.

“Los muros que poseen grandes aberturas reducen la capacidad del muro y transforman el muro en un pórtico, el tamaño de las aberturas pueden hacer del muro un pórtico que presentaría el problema de columna débil-viga fuerte.” (Arnold y Reitherman, 1991; Grases, López y Hernández, 1987).

Arnold y Reitherman, (1991) propone:

Este problema se puede solucionar de tres formas. El primer tipo de solución es separar el pórtico del muro para evitar una falla por flexión en la unión de la viga sobre el muro. La segunda solución consiste en unir el pórtico y el muro con la fundación de manera más firme, para reducir grandes desplazamientos entre los dos tipos de sistemas estructurales, esta solución puede ser adecuada para muros y pórticos bajos, pero no resolverá los problemas creados por muros altos y esbeltos. Para estos la solución consiste en conectarlos con

una viga superior de transferencia de alta capacidad. (Figura 18).

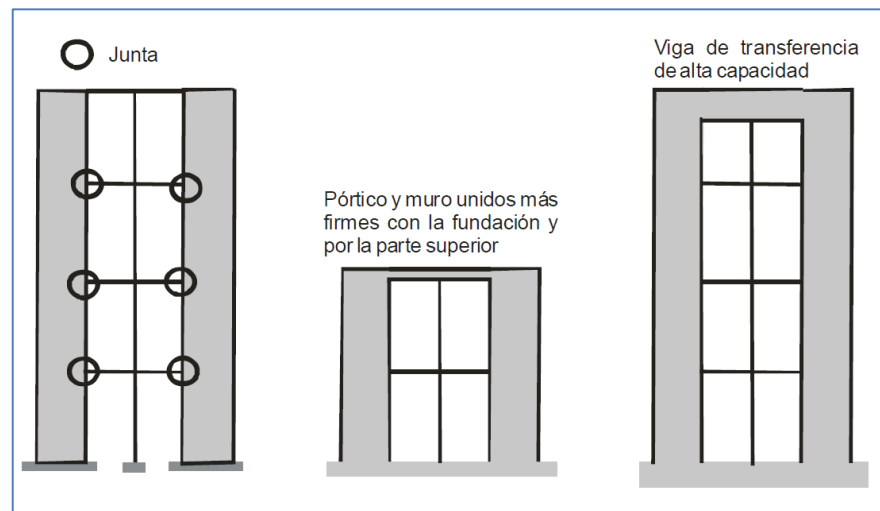


Figura 18: Soluciones para la interacción pórtico-muro.

2.2.3. CONSIDERACIONES Y MODIFICACIONES DEL TERRENO

Las Notas de Orientación para la construcción de escuelas más seguras (ISDR et al. 2009) recomiendan:

- Elija el terreno lo más lejos posible de fallas tectónicas conocidas, que minimice o evite posibles daños por movimientos del terreno inducidos por terremotos.
- Elija un terreno cuyo subsuelo sea lo más firme posible. Los subsuelos más blandos amplifican el movimiento de la tierra, el cual se transferirá a los cimientos y las estructuras de la escuela. Los subsuelos débiles son susceptibles a la licuefacción. El derretimiento del suelo ocurre cuando suelos sólidos bajo presión adoptan un estado líquido, lo cual hace que la tierra se mueva. Este fenómeno puede causar daño a los cimientos y al derrumbe de éstos y del edificio.
- Elija un terreno en el que el agua subterránea está bastante por debajo del nivel de los cimientos.
- Deje suficiente espacio entre los edificios. Es importante, especialmente al construir en zonas urbanas, dejar suficiente

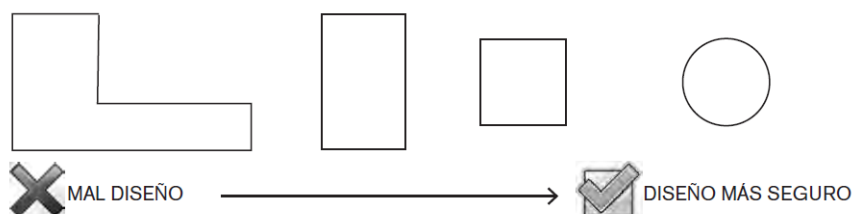
espacio entre los edificios. Si esto no se considera, el estremecimiento de la tierra puede hacer que los edificios se golpeen entre sí, causando graves daños.

- Reconozca posibles rutas de evacuación y de acceso para servicios de emergencia. Considere la proximidad de estructuras de los alrededores que puedan servir como refugio para las personas desplazadas en situaciones de emergencia.

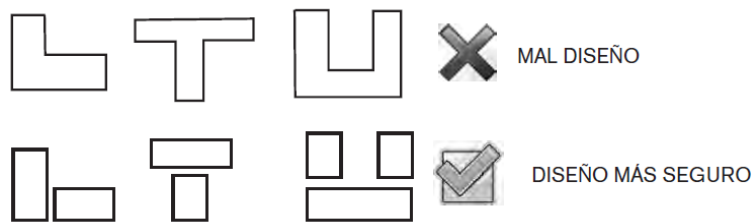
2.2.4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

En cuanto a las formas geométricas verticales y horizontales, las Notas de Orientación para la construcción de escuelas más seguras (ISDR et al. 2009) también indica:

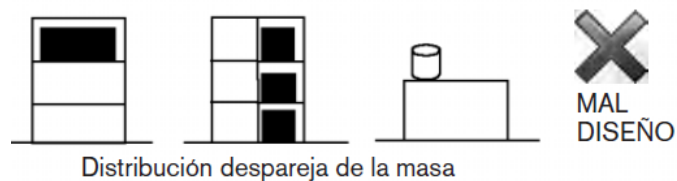
- Diseñe los elementos estructurales de modo que sean simétricos y se distribuyan de forma pareja sobre el plano del edificio.



La asimetría de elementos estructurales puede provocar fuerzas de contorsión perjudiciales. Algunos diseños estructurales, como las construcciones en U y en L, amplifican estas fuerzas de contorsión y las esquinas internas son particularmente vulnerables al daño. Por esta razón, estos tipos de estructuras deben evitarse. Si se desea ese tipo de disposición, es preferible diseñar varios edificios simétricos distintos, orientados de tal forma que produzcan resultados similares.



- Diseñe el edificio para que sea verticalmente regular con respecto a la rigidez lateral y la distribución del peso. En los centros educativos que tienen más de un piso, la capacidad de la estructura de resistir fuerzas laterales debe ser la misma en cada piso. Una causa común de daños a edificios de varios pisos es el derrumbe de los “pisos flexibles”. Esto ocurre porque la rigidez lateral o la resistencia al corte de un piso, típicamente la planta baja, es inferior a la de los pisos superiores.



- Asegúrese de que todos los elementos estructurales estén conectados entre sí de manera segura. Las conexiones entre todos los muros, pisos y techos son puntos de tensión cruciales y deben diseñarse para que sean más fuertes que los elementos conectados. Esto es especialmente importante cuando los diafragmas están conectados a los muros de corte y las vigas a las columnas. Cada elemento de la caja depende de los otros elementos, por lo tanto deben sujetarse firmemente unos a otros. Es igualmente esencial que el sistema estructural esté firmemente sujeto a los cimientos. Si esto no ocurre, el edificio puede moverse o deslizarse.

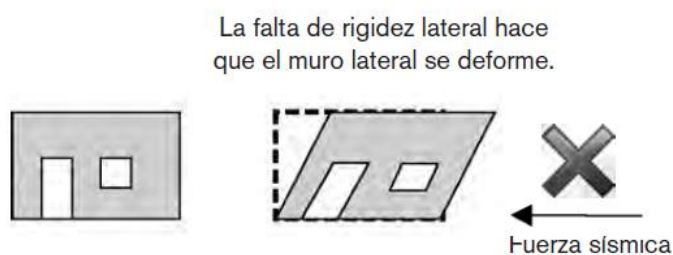
- Diseñe y construya de modo de resistir cargas laterales en todas las direcciones. Una caja rígida es un diseño estructural ideal para resistir las cargas laterales inducidas por un terremoto. Este diseño es aplicable tanto a las estructuras de muros de carga como a las estructuras armadas.

En las edificaciones con estructura de muros de carga, tanto los muros como los pisos y los techos son componentes estructurales que deben configurarse para formar esta caja.

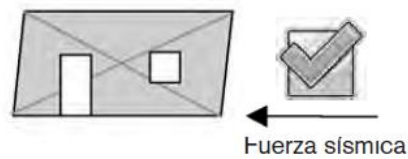
En las edificaciones con estructura armada, se deben configurar las columnas, las vigas y otros componentes del armazón para formar esta caja.

- Construcción con estructura de muros de carga: Son aquellos que poseen función estructural; es decir, aquellas que soportan otros elementos estructurales del edificio. En una construcción de este tipo, una pared que es paralela a una carga lateral se llama muro lateral. La fuerza lateral hará presión sobre la parte superior si el muro no está diseñado para resistir la fuerza se deformará. Cuando un muro lateral está diseñado, construido o reforzado para que actúe como un todo rígido e integrado que resista fuerzas laterales, se llama muro de corte.

El uso de una mezcla lo suficientemente dura en la construcción de ladrillos o bloques es una forma de aumentar la resistencia de los muros laterales.



Un muro endurecido lateralmente
resiste la deformación.

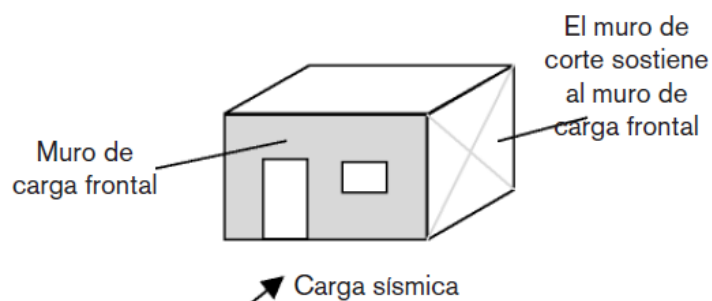
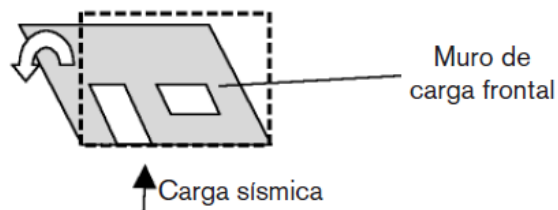


Si esta dureza es insuficiente con respecto a la carga, el edificio sufrirá daños y posiblemente se derrumbará.

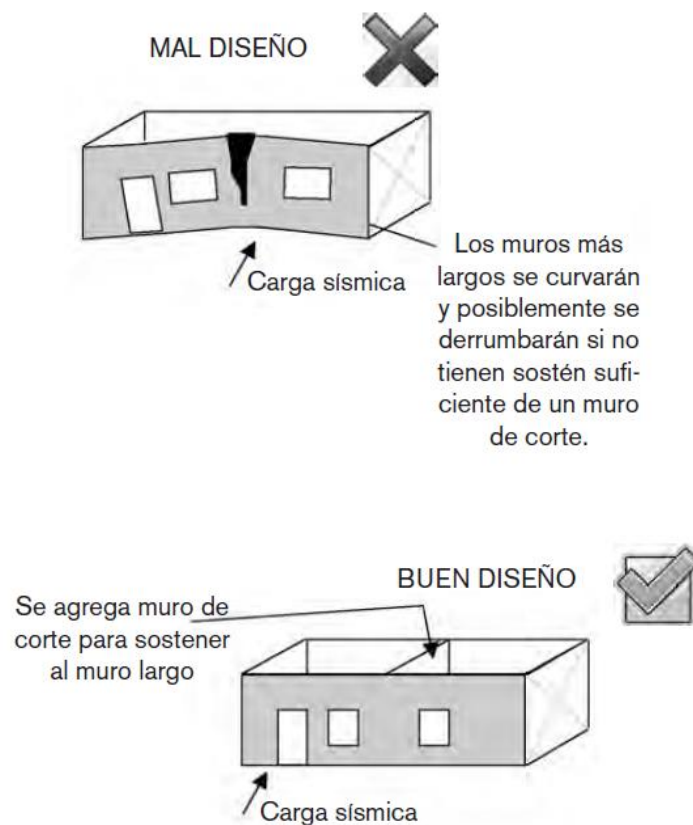
Como es imposible predecir la dirección de estas cargas laterales, se debe considerar la fuerza de corte para cargas procedentes de cualquier dirección. Por lo tanto, todos los muros deben diseñarse de forma que resistan cargas laterales.

Una pared perpendicular a una carga se llama muro de carga frontal. Éste, responde de manera diferente que los muros laterales. Los muros de carga frontal, a menos que estén apuntalados de lado a lado y de arriba a abajo, pueden derrumbarse.

Un apuntalamiento insuficiente hace que
el muro de carga frontal se derrumbe.



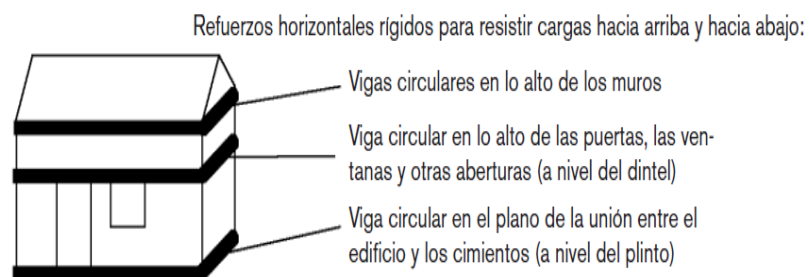
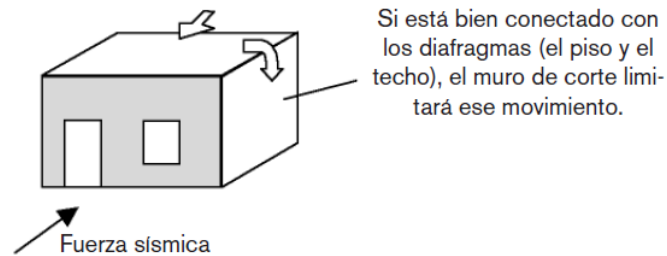
Como los muros de corte ayudan a apuntalar los muros de carga frontal y a impedir que se derrumben, se deben reforzar las esquinas en que uno y otros se encuentran. Los muros largos de carga frontal requieren la adición de muros interiores de corte para que no se curven y finalmente se caigan.



Los componentes estructurales horizontales que unen a los cuatro muros, como el piso, el techo o la planta superior, se llaman diafragmas. Los diafragmas dan sostén adicional a los muros de carga frontal y transfieren la carga a los muros de corte, o, en el caso de un piso, directamente a los cimientos o la tierra.

En las construcciones con estructura de muros de carga, un refuerzo horizontal rígido que rodee todo el edificio puede ayudar a resistir la deformación y el daño a un muro, causado por fuerzas hacia arriba, hacia abajo y laterales (sumado a un refuerzo vertical). Todo sistema que produzca este tipo de refuerzo debe formar un círculo continuo en torno al edificio y sujetarse firmemente a todos los

elementos estructurales verticales (como las columnas y las esquinas reforzadas).



- Para que la carga que actúa sobre un diafragma se transfiera correctamente a los muros de sostén, el diafragma debe ser rígido y actuar como un único elemento y estar sujeto firmemente a los muros. Un ejemplo de diafragma rígido sería un techo reforzado sobre un piso de losa de hormigón. Todos los muros deben estar sujetos firmemente a todos los diafragmas.
- Minimice las aberturas en las construcciones con estructura de muros de carga. Los muros de corte deben extenderse desde el piso hasta la parte superior del techo. Las aberturas en estos muros, como las puertas y ventanas, reducen su capacidad de resistencia (especialmente cerca de las esquinas). El reforzamiento de los marcos de las puertas y ventanas robustece estos puntos críticos débiles. Minimice también las aberturas en los diafragmas.
- Aumente la resiliencia de la estructura usando tecnología y materiales dúctiles. La ductilidad es la característica de una estructura o sus componentes que les permite doblarse o deformarse bajo una fuerza determinada. Cuando una fuerza lateral supera la rigidez lateral de una estructura, si ésta es dúctil en lugar

de derrumbarse absorberá parte de esa fuerza, deformándose. Aunque habrá daños, de esta forma se pueden evitar daños mayores y un posible derrumbe. Ciertos reforzamientos de acero usados en construcciones de hormigón aumentan la ductilidad de las columnas y los muros.

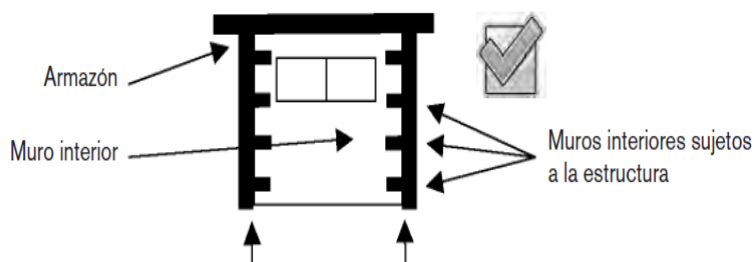


Una estructura dúctil y correctamente diseñada se deformará antes de fracturarse.

Los materiales, conexiones y estructuras frágiles no disipan la energía de una carga y por tanto son más propensos a la fractura y el derrumbe. Es importante que un ingeniero estructural apruebe el uso de materiales dúctiles y el diseño de estructuras dúctiles.

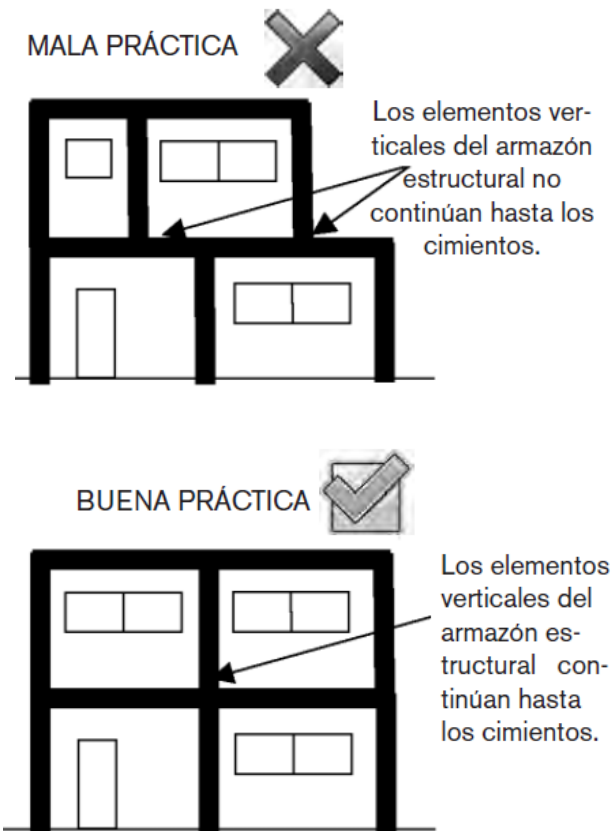
- No olvide la expansión entre las columnas estructurales y los muros interiores. En las construcciones con estructura armada, los muros divisorios o interiores no sostienen ninguna carga.

Cuando las columnas y las vigas están diseñadas para resistir cargas sísmicas, debe haber conexiones con movimiento entre los muros interiores y el armazón, para permitir que los dos elementos se muevan de manera independiente y evitar que el muro se agriete. Sin embargo, si los muros interiores son sólidos (por ejemplo, de ladrillo), deben sujetarse a la estructura para evitar un derrumbe que pueda poner en peligro a los ocupantes.



Las conexiones de expansión permiten el movimiento del armazón bajo tensión sin causar daños.

- Diseñe todos los elementos de modo de transferir las cargas directamente a la tierra. Para reducir el daño causado por las fuerzas laterales, las estructuras deben ser diseñadas de modo de transferir todas las cargas directamente a la tierra.



Los elementos verticales del armazón que no continúan hasta los cimientos son puntos débiles críticos.

2.3. TERMINOLOGÍA Y CONCEPTOS

Carga: Tipo de fuerza que actúa sobre un edificio o sobre cierto elemento de un edificio. La carga permanente consiste en el peso de los elementos del edificio que una estructura debe soportar. El techo, por ejemplo, es una carga permanente. La carga variable consiste en otras fuerzas adicionales que actúan sobre un edificio. Las personas que usan un edificio, por ejemplo, son una carga variable. Otros ejemplos de carga variable son las fuerzas que el viento, el agua o el estremecimiento de la tierra ejercen sobre un edificio.

Trayectoria de la carga: Forma en que las fuerzas que actúan sobre un componente estructural se transfieren a otros elementos.

Componentes estructurales: Elementos diseñados en un edificio para soportar las cargas que actúan en él.

Componentes no estructurales: Elementos que no forman parte del sistema de soporte de cargas del edificio. Pueden incluir cielos rasos falsos, apliques, muebles, etc.

Estructura de muros de carga: En las construcciones con estructura de muros de carga, éstos soportan los componentes estructurales horizontales, como las vigas, que a su vez soportan el techo o un piso adicional.

Estructura armada: En las construcciones con estructura armada, un armazón estructural soporta todos los demás elementos del edificio. Este tipo de construcciones deben diseñarse de modo que las cargas que actúan sobre el edificio sean transferidas al armazón. Los armazones se hacen de elementos estructurales, como columnas y vigas. En las estructuras armadas, los muros no soportan ninguna carga y se denominan muros interiores o divisorios.

Solidez: Se aplica al sistema estructural de un edificio y consiste en la capacidad de la estructura de soportar fatiga, presiones o cambios de circunstancia. Un edificio puede llamarse “sólido” si es capaz de funcionar bien en su entorno operativo pese a las variaciones, con un grado mínimo de daño, alteración o pérdida de funcionalidad.

Integridad: Se aplica a los materiales que se usan. La integridad se refiere a la calidad de una edificación de estar entera y completa, o sin deterioros.

Estabilidad: Se aplica a diversos elementos de construcción (columnas, muros, vigas, etc.) que dan al edificio el equilibrio necesario para que se mantenga en pie.

2.4. ASPECTOS REFERENCIALES

2.4.1. EDIFICIO 780 ACTUAL OINFE

El edificio 780 actual es un edificio de concreto armado y albañilería que tiene una planta rectangular, con uno a tres niveles y 2 a 5 aulas por piso (figura 19). Las aulas son cuadradas de 7.80 m de lado aproximadamente. Este edificio también se utiliza para oficinas, bibliotecas y laboratorios con tabiques divisorios.



Figura 19: Edificio 780 Actual - Costa

“Las ventanas y puertas se ubican en las fachadas longitudinales, la comunicación se da por un corredor longitudinal y el acceso al segundo y tercer nivel es por una caja de escaleras separada estructuralmente del edificio. Los alfeizares de las ventanas son tabiques separados de las columnas mediante juntas de aproximadamente 1”. El techo del edificio 780 actual en la costa es horizontal y en zonas lluviosas inclinado a dos aguas (Figura 20). En la mayoría de los casos los techos son losas aligeradas.” (Astorga & Aguilar, 2006)



Figura 20: Edificio 780 Actual – Sierra

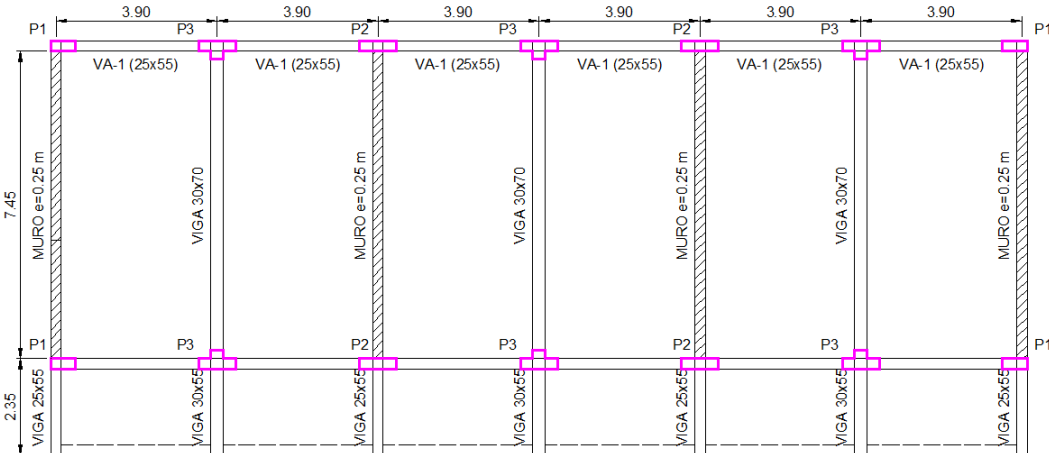


Figura 21: Planta del sistema estructural del edificio 780 actual

La losa de techo es una losa aligerada unidireccional de 0.20 m de espesor, orientada en el sentido longitudinal de la edificación (X-X). Esta losa descansa en muros de albañilería confinada de 0.25 m de ancho (ejes 1, 3, 5 y 7) y en vigas peraltadas generalmente de 0.30 m x 0.70 m (ejes 2, 4 y 6). Las vigas en el sentido longitudinal (ejes A y B) son de 0.25 m x 0.55 m. El detalle del refuerzo de vigas se muestra en la figura 22.

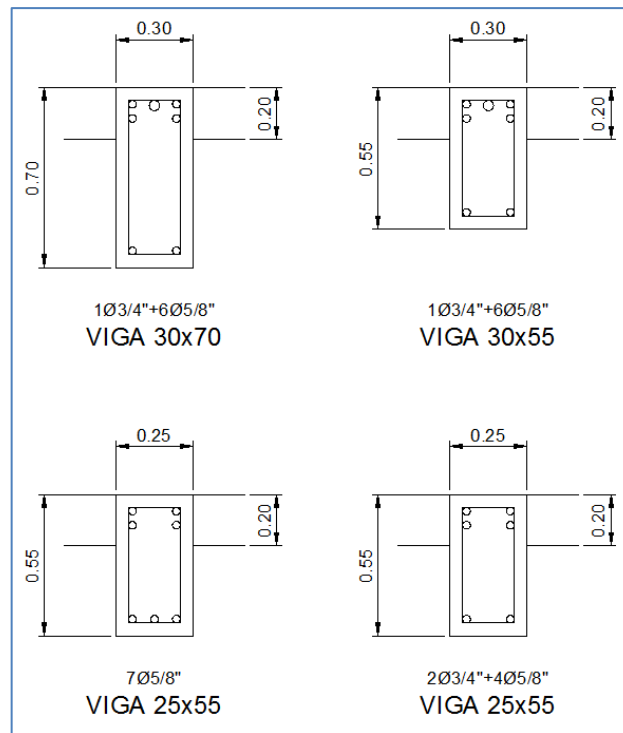


Figura 22: Detalle del refuerzo de las vigas (Edificio 780 actual)

Las columnas son rectangulares de 0.25 m x 0.58 m (P-1), 0.25 m x 0.90 m (P-2) y en forma de T de 0.45 m x 0.90 m (P-3), con su mayor dimensión en el sentido longitudinal.

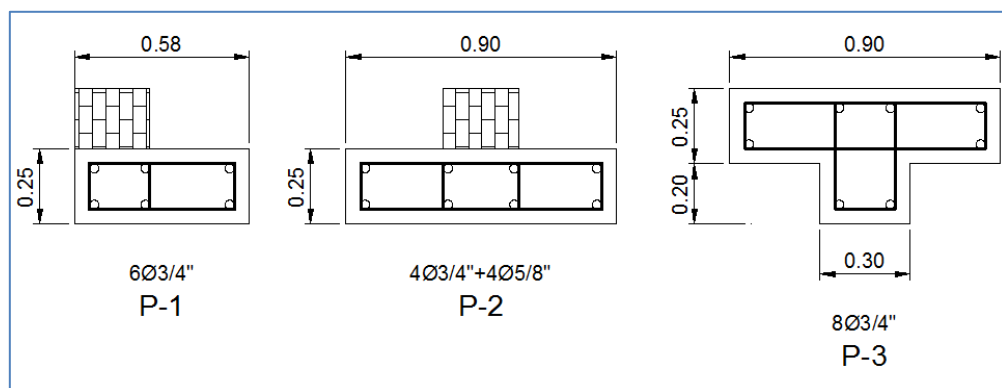


Figura 23: Detalle del refuerzo de las columnas (Edificio 780 actual)

2.4.2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DE CONCRETO ARMADO

El desarrollo de diferentes esquemas de estructuración ha permitido el poder diseñar y construir edificios cada día más seguros, este factor se ve aunado con el mejoramiento de la resistencia del concreto y el desarrollo en las técnicas de diseño. Entre algunos de los diferentes sistemas estructurales utilizados en la actualidad en nuestro país para estructuras a base de concreto se mencionan:

Marcos

El sistema de marcos es quizás el más conocido en el país. El término “marco” designa a una estructura de uniones rígidas que resiste las cargas gravitacionales o la totalidad, de las cargas laterales, por medio de la resistencia a flexión de las vigas y de flexo compresión de las columnas (figura 24).

Los marcos constan de elementos de columnas verticales y las cimentaciones en las que se apoyan, elementos de vigas horizontales, y las conexiones entre las vigas y las columnas, cada uno de estos componentes requieren diferentes consideraciones de diseño, especialmente para los marcos dúctiles.

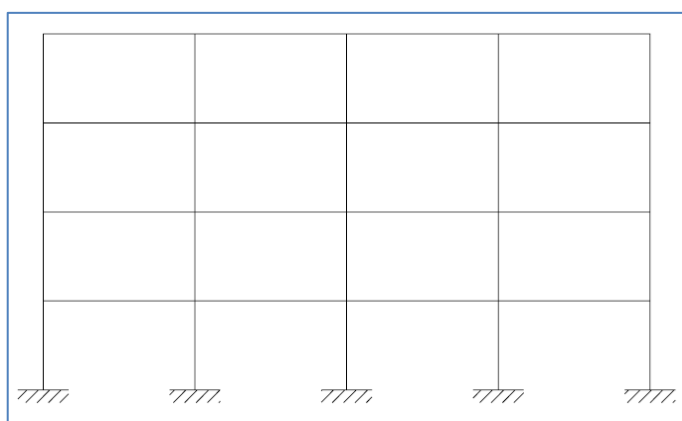


Figura 24: Esquema típico de un marco flexible con nudos rígidos

Las vigas no tienen cargas axiales significativas, y por consiguiente, se diseñan para flexión y cortante. Para los marcos dúctiles, se

requiere refuerzo transversal especial en los extremos de las vigas, para permitir que ahí se formen las articulaciones plásticas.

Las columnas se diseñan para una combinación de carga axial, momento flexionante y cortante. Para los marcos dúctiles, usualmente se intenta propiciar que las articulaciones plásticas se formen en las vigas en lugar de las columnas de un entrepiso o en la estructura de conjunto, tal principio se le conoce como “columnas fuertes, vigas débiles”, lo que usualmente da por resultado un mecanismo de corrimiento lateral en una columna.

Muros estructurales o de corte

El término muro estructural se usa para identificar a las paredes diseñadas para resistir las cargas gravitacionales y las fuerzas laterales que actúan en su plano. Los muros estructurales actúan como voladizos verticales, soportando las cargas verticales y laterales (Figura 25).

Pueden tener muchas y variadas secciones transversales: Rectangular, en forma de L, en forma de canal y aun circular. Pueden ser sólidos o contener aberturas. Los muros pueden acoplarse mediante elementos esbeltos a flexión o de cortante con gran peralte, resultando con una considerable variación en el comportamiento del sistema de muro acoplado.

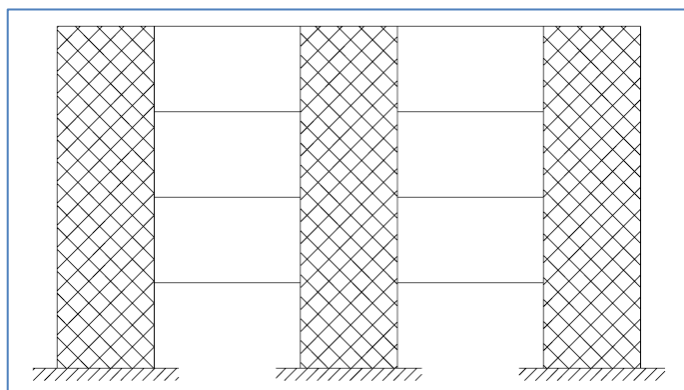


Figura 25: Esquema típico de paredes de cortante

Los muros estructurales de poca altura, cuyo comportamiento está regido por el cortante, se pueden diseñar para que actúen como ménsulas de cortante. Las muros estructurales con una relación de altura a longitud horizontal mayor a dos, se pueden diseñar como elementos de viga columna, sujetos a carga axial, momento y cortante. Los ingenieros que diseñan muros estructurales deben considerar la resistencia al volteo que proporciona la cimentación.

Sistema dual (interacción marco–muro de corte)

Es un sistema estructural que combina la eficiencia de un marco rígido para soportar las cargas gravitacionales, y la eficiencia para resistir cargas laterales de un muro estructural. El grado de interacción se rige principalmente por la geometría y la rigidez relativa. El momento de volteo y la deriva lateral del muro se reduce grandemente mediante la interacción marco–muros. Un sistema de marcos soportado lateralmente por muros estructurales rígidos, recibe a través de su altura un cortante horizontal aproximadamente uniforme. Esto permite una repetición en la estructuración de los pisos, obteniendo economías en el diseño y la construcción.

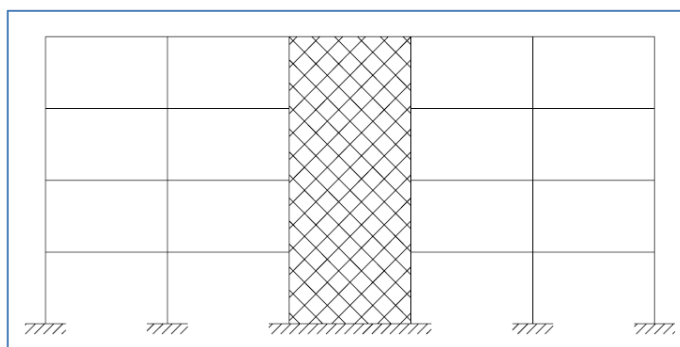


Figura 26: Esquema típico de sistema dual

Las estructuras de marcos–muros de corte, son económicas en el orden de 30 a 50 pisos. En las zonas sísmicas, los sistemas marco–muros son superiores a los muros aislados o a los marcos, en razón a su redundancia estructural, permitiendo que la estructura se diseñe para una secuencia de fluencia deseada bajo un movimiento fuerte del

terreno. Este sistema de marco–muros permite estructuras de hasta 70 niveles de altura, la función de los muros de cortante es importante para controlar los desplazamientos laterales, sobre todo en los pisos inferiores.

2.4.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS

Se presentan los métodos de análisis de las estructuras sobre las que se encuentra orientada la investigación, “tanto métodos manuales como métodos que aunque fueron creados para desarrollarse manualmente, su complejidad de desarrollo hace que sean elaborados usando programas de computadora, debido al ahorro de tiempo que esto significa.” (Benitez et al, 2005).

Métodos de análisis estático

Es una recopilación y ampliación de criterios básicos que se deben tener claros para diseñar estructuras sismos resistentes, así como la descripción del método estático de diseño.

Generalmente el criterio del rendimiento de una estructura, ante la sollicitación sísmica que está implícito en los códigos de diseño sísmico, requiere que la estructura sea capaz de:

- Resistir sismos pequeños sin sufrir daños.
- Resistir sismos de intensidad moderada sin sufrir daños estructurales, pero con algunos daños a elementos no estructurales.
- Resistir sismos de gran intensidad sin sufrir colapso; el cual se define como la situación en la cual los ocupantes no pueden abandonar el edificio debido a la falla de la estructura primaria.

Métodos de análisis para muros

Aceptando la hipótesis de comportamiento elástico lineal, las deformaciones de un muro ante cierto sistema de cargas en su plano deben calcularse con los métodos y teorías de la elasticidad. Además

de las propiedades elásticas del material (como módulos de elasticidad, de cortante y de Poisson), hay que tomar en cuenta la magnitud y distribución de las cargas, la geometría del muro y la forma en que está apoyado.

Existen soluciones analíticas para ciertos casos sencillos, y los casos de geometría o condiciones de frontera complicadas se pueden tratar con el método del elemento finito, que permite obtener soluciones numéricas con la precisión que se desee.

Métodos de análisis dinámico

Para estructuras irregulares, de altura considerable o de características que no permitan aplicar el método estático; los códigos de diseño sísmico obligan al uso de un método de análisis dinámico, especificando generalmente el análisis modal y el método paso a paso.

El método de análisis modal se limita a sistemas linealmente elásticos y se basa en la superposición de la respuesta de los modos normales de vibración. De esta manera se reduce el problema de encontrar la respuesta total de un sistema con múltiples grados de libertad a la determinación de un sistema con un solo grado de libertad.

El método de análisis dinámico más empleado en la mayoría de códigos contemporáneos es el análisis modal espectral, llamado así porque implica el uso de los conceptos de modos y de espectros de diseño. Generalmente se analizan en forma independiente la vibración de traslación en dos direcciones ortogonales sin tomar en cuenta los efectos de torsión, ya que deben calcularse por métodos estáticos y después suponerse.

Entre los varios procedimientos del análisis dinámico para encontrar la respuesta no lineal, probablemente uno de los más efectivos es el método de integración paso a paso. Existen varios procedimientos dentro del método paso a paso para resolver la ecuación de

movimiento de un sistema no lineal. Dos de los métodos más usados son el método de la aceleración constante y el método de aceleración lineal. Este último, aunque más complicado, es más exacto para un mismo valor de incremento de tiempo. La precisión del método de integración paso a paso con aceleración lineal, depende de la magnitud de incremento de tiempo seleccionado.

Análisis tridimensional o método matricial

Las estructuras de edificios son tridimensionales y podrían analizarse como tales mediante el método del elemento finito. Con este método pueden representarse las losas, vigas, paredes, columnas, diagonales, etc., mediante diferentes tipos de elementos, que tienen de 3 a 6 grados de libertad por nudo.

Sin embargo, en la práctica esto origina, entre otras cosas, las siguientes dificultades: a) es muy alto el número de grados de libertad que resultan para el edificio completo, y aun empleando computadoras grandes se requiere de tiempos exagerados de proceso y de entrada y salida de datos; b) por ser elevada la cantidad de datos que hay que proporcionar, y laboriosa su organización, son muchas las posibilidades de cometer errores, algunos muy difíciles de localizar; c) es bastante difícil interpretar, verificar y visualizar los resultados, tanto por su número como porque están referidos a ejes tridimensionales, frecuentemente distintos de un elemento a otro; nuevamente es muy fácil equivocarse.

Por lo anterior, un análisis tridimensional de esta naturaleza está reservado a estructuras muy importantes, o a partes limitadas de una estructura. En edificios, para hacer el análisis tridimensional, la práctica más frecuente es idealizar la construcción como un conjunto de subestructuras (marcos y paredes) planas verticales, ligadas por los sistemas de piso.

2.4.4. EVOLUCIÓN DEL USO DE PROGRAMAS DE COMPUTADORA APLICADOS AL DISEÑO ESTRUCTURAL

Con el paso del tiempo ha surgido numeroso software enfocados en el análisis y el diseño estructural, con el objetivo de facilitar el proceso que debe efectuarse para obtener la estructura más adecuada para una edificación. Cada programa presenta una metodología de análisis, como por ejemplo el análisis dinámico, o el PUSHOVER por lo que no todos los programas presentan iguales resultados siendo necesario realizar calibraciones si se desea comparar resultados de un programa con otro. Se pueden citar:

DRAIN 2DX: Permite realizar un análisis dinámico paso a paso no lineal y así obtener el balance de ductilidad de las secciones de vigas y columnas. Dicho programa es un producto del CSI (Computers and Structural Inc.)

CONKER: Permite el diseño de estructuras. Es un post- procesador que permite tener acceso a las consideraciones de diseño sísmico según el ACI- 318-89.

PLAST: Un programa para ambiente DOS, el cual fue un proyecto de investigación conjunto entre la Universidad de La Serena, Chile y la Universidad de Essen, Alemania, ente los años 1990-1992. El programa fue escrito en lenguaje Fortran 77 y funciona bajo ambiente DOS (Sistema Operativo de Disco). Este programa realiza un análisis de PUSH OVER para marcos planos de concreto reforzado.

VULSIS: Es un programa resultado de mejorar el programa PLAST pues retoma los resultados generados por PLAST y determina la vulnerabilidad sísmica para edificios de concreto reforzado y acero.

PFRAME: Es un programa de análisis de marcos planos que puede efectuar análisis dentro del rango lineal, plástico y análisis de

estabilidad. Para el análisis de colapso este encuentra automáticamente el factor de colapso.

ROBOT MILLENNIUM: Programa de cálculo y diseño de estructuras capaz de solucionar problemas en dos y tres dimensiones, con cualquier material, fundamentalmente acero y concreto, y con una amplia variedad de análisis estáticos y dinámicos (modales, sísmicos, p-delta). Fácil de manejar, permite una modelación sencilla de la estructura y genera automáticamente informes y planos sincronizados con el modelo, y exportables estos últimos en formato DXF.

En la actualidad una serie de programas de computadora han sido desarrollados, los cuales realizan complejos análisis dinámicos lineales y no lineales, ya sea mediante modelos planos o tridimensionales de la estructura, obteniendo resultados que pueden ser interpretados como indicadores de la vulnerabilidad de edificios.

En nuestro país puede que no se hayan desarrollado programas para computadora que realicen análisis de los tipos mencionados. Sin embargo, una serie de programas han sido desarrollados y perfeccionados en diferentes países, que realizan análisis de marcos planos y tridimensionales, con opciones avanzadas y complejas de análisis.

Dentro de estas opciones tenemos: análisis paso a paso mediante registros de movimientos sísmicos (acelerogramas), análisis de colapso o PUSHOVER, el cual consiste en amplificar numéricamente las cargas sísmicas, hasta que se forme un número suficiente de rótulas plásticas en los elementos de vigas y columnas o un posible mecanismo de falla, para el cual la estructura se vuelve inestable y, por lo tanto, se dé el colapso del mismo.

Entre los programas más comunes, que realizan análisis de colapso, tenemos: DRAIN-2DX, SAP2000 y ETABS, desarrollados ambos en

la Universidad de Berkeley. Conociendo la trayectoria del CSI y los programas que se han creado para el análisis y diseño de estructuras, el trabajo de graduación se enfocará en el uso del ETABS 2015.

Para la modelación mediante el programa ETABS se discretizan todos los elementos del esqueleto estructural y se consideran como elementos FRAME, para la conformación de los paneles de las paredes el programa provee de los elementos SHELL que resultan ser los más indicados para la modelación de los mismos, los resultados son más acertados mientras relativamente más pequeños se los considere, este programa realiza un análisis mediante elementos finitos.

Posteriormente a la determinación de la geometría global de la estructura se procede a la identificación de los elementos estructurales con sus correspondientes características geométricas de sus secciones y propiedades mecánicas de los diferentes tipos de materiales utilizados en el diseño y construcción de la obra.

2.5. HIPÓTESIS

2.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La propuesta de un nuevo modelo estructural y diseño en concreto de un módulo de aulas de una Institución Educativa aplicado al Prototipo 780 Actual de OINFE permitirá reducir el nivel de daño sísmico en la edificación, al diseñarlo con muros de corte en un sistema dual, en ambas direcciones.

2.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El nuevo módulo de aulas del Prototipo 780 Actual de OINFE se diseñará con los códigos y normas de construcción vigentes. Para realizar las verificaciones pertinentes en el nuevo diseño planteado.

- El nuevo local educativo servirá como fin alternativo de refugio durante un evento de amenaza (sismo).

2.6. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

2.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Modelo estructural.

2.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Reducción del nivel de daño sísmico en la edificación, reflejado en una mejor estructuración de la infraestructura educativa.

2.7. CUADRO O MATRIZ DE CONSISTENCIA

Figura 27: Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿El modelo estructural y diseño en concreto de aulas de una Institución Educativa aplicado al Prototipo 780 Actual de OINFE permite reducir el nivel de daño sísmico en la edificación?	Plantear un nuevo modelo estructural y diseño en concreto de un módulo de aulas de una Institución Educativa aplicado al Prototipo 780 Actual de OINFE que reduzca el nivel de daño sísmico en la edificación.	La propuesta de un nuevo modelo estructural y diseño en concreto de un módulo de aulas de una Institución Educativa aplicado al Prototipo 780 Actual de OINFE permitirá reducir el nivel de daño sísmico en la edificación.	Independiente: Sistema estructural. Dependiente: Reducción del nivel de daño sísmico en la edificación.	Uniformidad y distribución del sistema estructural. Simetría de la forma de los elementos estructurales. Resistencia antisísmica de la edificación.	Búsqueda de información. Planteamiento de marco teórico relacionado con la investigación. Análisis estructural utilizando modelos tridimensionales. Calibración del software (programa) a utilizar.
¿Los edificios escolares fueron diseñados de acuerdo con los códigos y normas de construcción vigentes?	Diseñar un nuevo módulo de aulas del Prototipo 780 Actual de OINFE con los códigos y normas de construcción vigentes.	El nuevo módulo de aulas del Prototipo 780 Actual de OINFE se diseñará con los códigos y normas de construcción vigentes.			
Durante un evento de amenaza (sismo) ¿El local educativo sirve como refugio? ¿Fue diseñado para ese fin alternativo?	Determinar si el nuevo local educativo propuesto sirve como fin alternativo de refugio en casos de amenazas (sismos)	El nuevo local educativo servirá como fin alternativo de refugio durante un evento de amenaza (sismo).			

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. PLANTEAMIENTO DE MARCO TEÓRICO RELACIONADO CON LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. MARCO NORMATIVO

Los proyectos para las instituciones educativas no deben sujetarse a un material o sistema constructivo, sino presentar la posibilidad de aceptar variaciones en ellos. Se deberá tomar en cuenta las posibilidades de uso de diferentes materiales, sistemas y procesos constructivos de alta y media tecnología, construcciones tradicionales de ladrillo y concreto armado, prefabricados, materiales y sistemas locales, acero, madera, adobe, quinchá, y otros, debidamente aprobados y registrados y que estén de acuerdo con las normas del Ministerio de Educación.

Los proyectos de estructuras de las edificaciones de centros educativos, deben ser realizados cumpliendo los lineamientos de las Normas Técnicas de Edificación comprendidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Estas son:

- Norma de Cargas (E020)
- Norma de Diseño Sismo Resistente (E030)
- Norma de Mecánica de Suelos (E050)
- Norma de Concreto Armado (E060)
- Norma de Albañilería (E070)
- Norma de Acero (E090)

En la concepción general del proyecto de Instituciones Educativas se debe tener un criterio de utilización de materiales que combinen adecuadamente las exigencias y recomendaciones de los aspectos de confort, seguridad y mantenimiento.

3.1.2. LINEAMIENTOS PARA LA CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES ESCOLARES

En los sismos más importantes ocurridos en el Perú, como son los ocurridos en Lima (1966, 1974), Ancash y Lima (1970), Nazca (1996), Arequipa, Moquegua y Tacna (2001) e Ica (2007), se observó que el defecto típico de las estructuras de los pabellones de centros educativos y edificaciones escolares en general es el problema denominado “De Columnas Cortas”, que se genera por la interacción entre columnas de concreto armado y los tabiques de ladrillos que forman los alfeizares de las ventanas, dispuestas generalmente en la dirección longitudinal de los pabellones de aulas.

En las décadas de los ‘70 y ‘80, con mayor conocimiento del comportamiento sísmico de las edificaciones, algunos diseñadores comienzan a introducir columnas con peralte importante en la dirección longitudinal de estos pabellones, con el fin de ganar rigidez lateral y por consiguiente minimizar los desplazamientos laterales relativos entre piso y piso y de esta forma disminuir la importancia relativa del aporte de los tabiques o alfeizares de ladrillo.

Otros consideraron que la mejor solución para evitar el efecto de columna corta era separar los tabiques o alfeizares de las columnas, mediante una junta que normalmente se especificaba con una o dos pulgadas de espesor, entendiendo que de esta manera desaparecía el efecto de columna corta y se lograba realmente tener los dos ejes longitudinales con igual rigidez o resistencia. Como los alfeizares quedaban libres en sus costados, tenían un comportamiento en voladizo, siendo peligrosos en el caso de una vibración perpendicular a su plano.

En estos años se inicia el detallado de la tabiquería en los planos de estructuras y se comienza a colocar columnitas y una viga collar superior (solera), con el objeto de tener al tabique o parapeto libre de la estructura principal, pero con arriostres para que pueda trabajar como un voladizo, en su plano perpendicular. Las experiencias obtenidas en los sismos de Nazca de 1996, y de Arequipa Moquegua y Tacna del 2001, nos enseñaron que las juntas de separación entre columnas y alfeizares de ventanas no funcionaron por dos razones fundamentales:

- El desplazamiento lateral durante el sismo fue mayor al espesor de la junta y por consiguiente se produjo la interacción tabique columna, con la concentración de esfuerzos en el “cuello” formado por la columna en la altura de la ventana alta.
- La junta que casi siempre se rellenaba con poliestireno expandido (tecnopor) y que generalmente se especificaba con espesor de una o dos pulgadas, fue revestida con mortero, dejándose hacia el exterior solamente una bruña superficial, por lo cual no llegó a trabajar como una junta libre. En algunos casos se comprobó que no se había colocado el tecnopor o que el espesor era menor al especificado.

En 1997, se publica una Nueva Norma Peruana de Diseño Sismo Resistente, en la cual se hacen cambios importantes en la estimación de los desplazamientos laterales relativos entre piso y piso, ocasionados por las fuerzas laterales de sismo, obteniéndose valores mayores, del orden de dos a tres veces de los que se obtenían con la Norma Peruana del año 1977 (que fue la primera Norma oficial Peruana relativa a Diseño Sísmico).

Esta nueva Norma, además de modificar los factores R (reducción de la fuerza sísmica considerando comportamiento dúctil en la etapa plástica) con el objetivo de obtener en el análisis mayores desplazamientos laterales, se consideró a los Centros Educativos como estructuras de categoría A, con un factor de amplificación mayor al antiguo.

El cambio de Norma y de la evaluación de los desplazamientos laterales de entre piso, hizo que si una edificación se calculaba con los coeficientes de la Norma de 1997, se obtenían desplazamientos laterales del orden de 2.5 veces los que se obtenían con la Norma anterior.

Esto hizo que los diseñadores se vean obligados a crecer las columnas en la dirección longitudinal, pues de lo contrario no se cumplía con los límites de los desplazamientos máximos permitidos por la Norma.

Varios centros educativos estatales que fueron diseñados luego de la Norma de 1997, mantuvieron el modelo típico de bloques con tres o dos aulas por piso, pero

gracias a las exigencias de la nueva Norma, requerían ahora columnas con un peralte importante en la dirección longitudinal. Estos nuevos modelos se proyectaron y construyeron en varios departamentos del Perú desde 1998.

En el año 2003 se publica una nueva norma de diseño sismo resistente (NE 030-2003), la cual no tiene mayores variaciones, en relación a la norma de 1997, excepto que se obtienen fuerzas mayores por la consideración de reducir los coeficientes R , dividiéndolos entre 1.25.

Sin embargo este cambio no afecta el diseño pues el concepto de la Norma Sísmica es que el sismo de diseño es de rotura o último (no de servicio) y por tanto en el momento de diseñar los elementos de concreto por el método de resistencia, ya no debe amplificarse las cargas por 1.25, sino debe considerarse un factor de 1.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.2.1. GENERALIDADES

Las Instituciones Educativas deberán sujetarse a los requisitos señalados en el D.S. N° 009-2006-ED y R.M. N° 0070-2008-ED.

Los componentes básicos que debe tener un local educativo seguro, se inician con su correcta ubicación, lo que implica que debe estar fuera de zonas inundables, de zonas de deslizamientos y alejada de las fallas tectónicas activas y además debe contar con un diseño arquitectónico, estructural, materiales y supervisión adecuados, de manera tal que sea capaz de sobrevivir a los sismos, permaneciendo en condiciones de ser utilizado inmediatamente.

Los estudios de patología estructural realizados después de la ocurrencia de un sismo intenso, demuestran que un gran porcentaje de los daños registrados, podrían haber sido evitados, mediante el uso adecuado de los criterios contemplados en las normativas de diseño sismo resistente. La omisión y el desconocimiento de estos criterios, aumentan considerablemente la vulnerabilidad de los locales educativos y favorece un desempeño deficiente. El problema de la vulnerabilidad técnica puede resumirse en los siguientes aspectos: diseño estructural y calidad de los materiales.

Los avances en la tecnología, han permitido que los largos procesos de cálculo que antes hacían a los ingenieros dedicar numerosas horas de trabajo, hoy se realicen en un menor periodo de tiempo.

Hoy en día, en nuestro país, algunos ingenieros estructurales desarrollan los análisis y diseños de las edificaciones realizando modelos tridimensionales, con la ayuda de software especializado para tal labor, sin embargo no se tiene una sola forma o metodología para diseñar en el espacio.

Los códigos para diseño sísmico de edificios, no definen parámetros de comparación que determinen como evaluar el análisis de un edificio modelado en el espacio. A raíz de esto, surge la necesidad de realizar una investigación en la cual se llegue a establecer una metodología de pasos a seguir, que permita llevar a cabo el análisis de modelos espaciales de edificios, elaborados por medio de software especializado, sin importar el programa a utilizar y que permita obtener los mismos resultados, siendo a la vez congruentes con los resultados obtenidos por medio del método estático.

El sismo de Ica, ocurrido en agosto del 2007, calificado desde el punto de vista estructural como “leve” para Lima y “moderado” para Pisco o Chincha, puso al desnudo una serie de errores que se cometen en las edificaciones de albañilería, principalmente por el aspecto informal con que se construyen estos sistemas, pese a la existencia de normas nacionales de construcción y diseño estructural.

En la investigación en ingeniería estructural, importantes esfuerzos se dirigen hacia la predicción del comportamiento dinámico de sistemas estructurales sujetos a cargas dinámicas. El punto clave de estos esfuerzos es la caracterización de un modelo matemático representativo capaz de determinar la respuesta dinámica del sistema. Desde un punto de vista teórico es posible determinar varios modelos matemáticos para un sistema estructural y sus soluciones proporcionarán la respuesta dinámica de la estructura con diferente grado de aproximación.

3.2.2. ARQUITECTURA

Los proyectos para las Instituciones Educativas no deben sujetarse a un material o sistema constructivo, sino presentar la posibilidad de aceptar variaciones en ellos. Se deberá tomar en cuenta las posibilidades de uso de diferentes materiales, sistemas y procesos constructivos de alta y mediana tecnología, construcciones convencionales de ladrillo y concreto armado, pre fabricados, materiales y sistemas locales, acero, madera, adobe, quinchá, y otros, debidamente aprobados y registrados y que estén de acuerdo con las normas del Ministerio de Educación.

En la concepción general del proyecto de Instituciones Educativas se debe tener un criterio de utilización de materiales que combinen adecuadamente las exigencias y recomendaciones de los aspectos de confort, seguridad y mantenimiento.

Los proyectos de estructuras de las edificaciones de Centros Educativos, deben ser realizados cumpliendo los lineamientos de las Normas Técnicas de Edificación comprendidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Estas son:

- Norma de Cargas (E020)
- Norma de Diseño Sismo Resistente (E030)
- Norma de Mecánica de Suelos (E050)
- Norma de Concreto Armado (E060)
- Norma de Albañilería (E070)
- Norma de Acero (E090)

En términos generales estos documentos normativos se refieren a pautas, destinadas a orientar a los planificadores y proyectistas en la programación y diseño de los espacios educativos así como en su organización funcional.

Estos documentos deben ser utilizados con la suficiente flexibilidad, con el objeto de poder adaptarse a los cambios técnico pedagógicos y a las condiciones locales y geográficas donde se ubiquen los locales educativos sin perder de vista las condiciones de calidad y seguridad.

De acuerdo a las Normas para el diseño de locales de Educación Básica Regular, Primaria y Secundaria, en cuanto a la programación arquitectónica, espacios educativos y diseño, se establece un área mínima de aulas comunes de 52 a 56 m² para una población máxima de 35 alumnos.



Considerando el ancho neto recomendado para Aulas comunes y el área mínima de 56 m^2 , se tendrían las siguientes alternativas para la dimensión longitudinal de las Aulas:

Ancho	Longitud	Área
6.50	8.70	56.55
6.60	8.50	56.10
6.70	8.40	56.28
6.80	8.30	56.44
6.90	8.20	56.58
7.00	8.00	56.00

Ancho	Longitud	Área
7.10	7.90	56.09
7.20	7.80	56.16
7.30	7.70	56.21
7.40	7.60	56.24
7.50	7.50	56.25

Siendo estas medidas netas (ancho y longitud), se adicionarán 50 cm a cada lado para contrarrestar los espesores de los elementos de concreto o albañilería perimetrales. En la primera alternativa, las dimensiones entre los ejes del ancho y la longitud del Aula común toman los valores de 7.00 m y 9.00 m respectivamente; resultando ahora un área bruta cubierta de 63.00 m^2

Arquitectónicamente se determina un módulo de cuatro aulas distribuidas en dos niveles.

La altura piso terminado-cielorraso se calcula en 3.30 m para cada nivel, en virtud a que las Normas para el diseño de locales de educación establecen una altura

mínima de 2.80 m entre el piso terminado y la base de la viga colgante interior del aula.

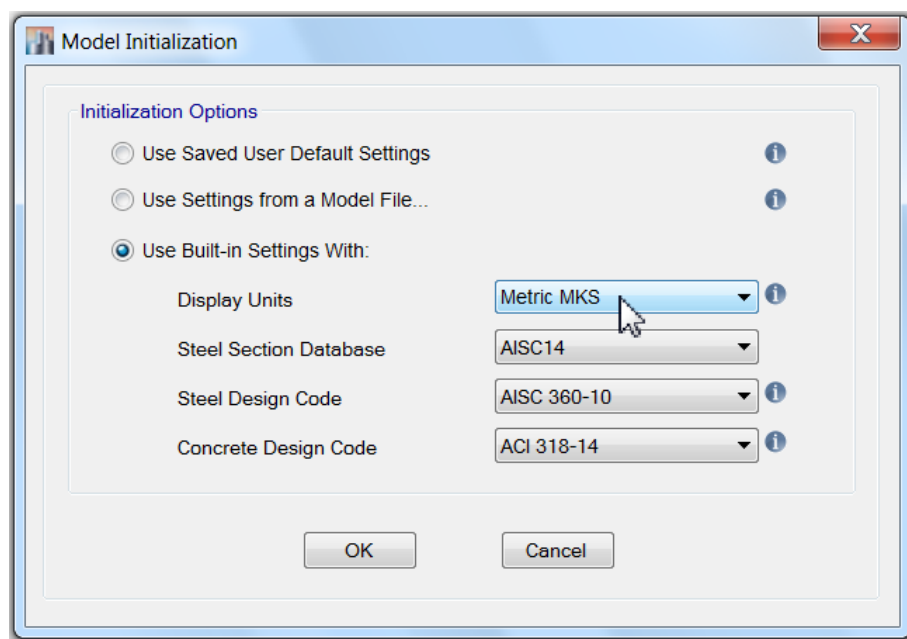
La losa del entrepiso y de la azotea será aligerada en una sola dirección.

La estructura estará constituida por columnas, muros de corte y vigas de concreto armado. La albañilería de ladrillos de arcilla no conformará muros portantes.

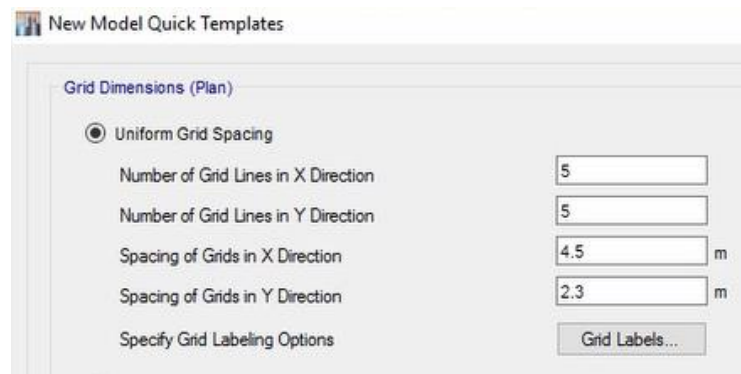
La escalera estará conformada por una estructura independiente al módulo de aulas, por lo que no se integrará al modelo propuesto.

3.2.3. DIBUJO DE LOS EJES DEL MODELO

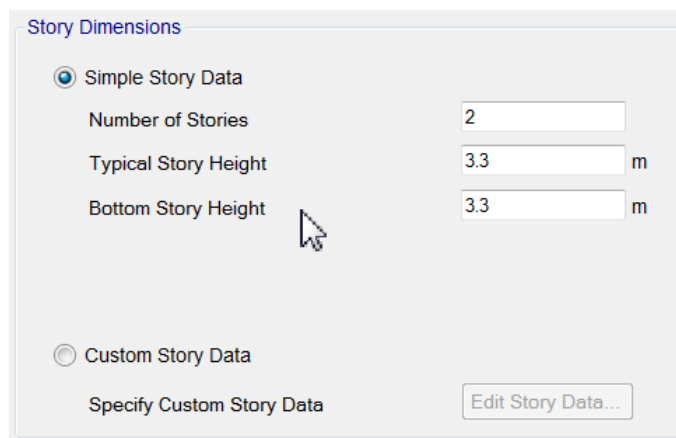
En la ventana “Model Initialization” seleccionar para las unidades de medida el sistema métrico MKS y como código de diseño en concreto el ACI 318-14.



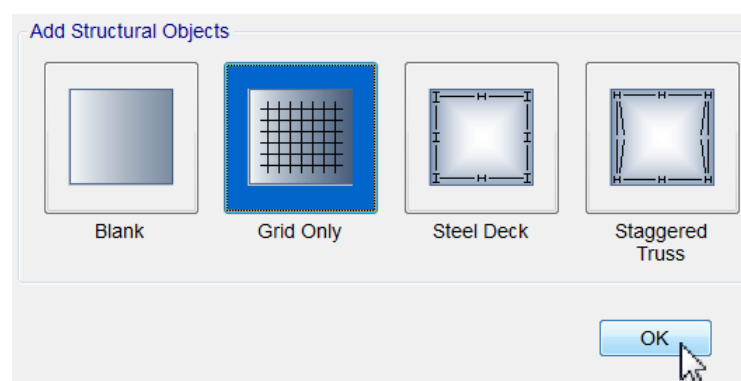
En la vista “Grid Dimensions” indicar el número y la distancia entre ejes, en las direcciones X e Y.



En la vista “Story Dimensions” indicar el número de pisos, la altura típica (del segundo al último piso) y la altura del primer piso.

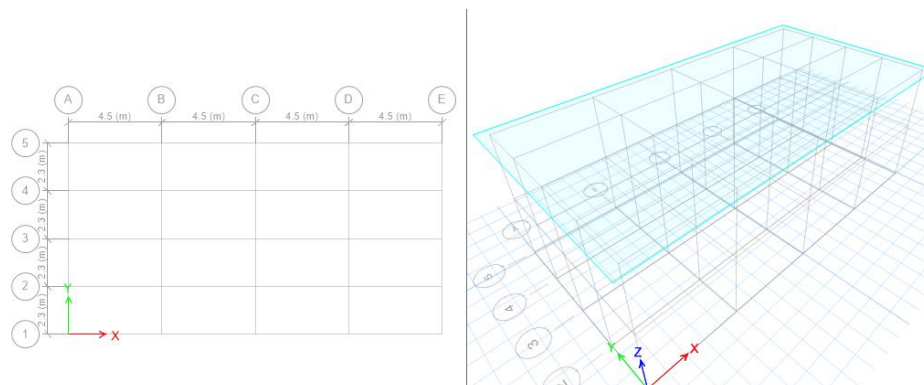


En la vista inferior “Add Structural Objects” pulsar el ícono “Grid Only” que indica que sólo se dibujarán los ejes o una rejilla para el sistema de losa del nuevo modelo estructural, y no se usará la plantilla pre definida mostrada.

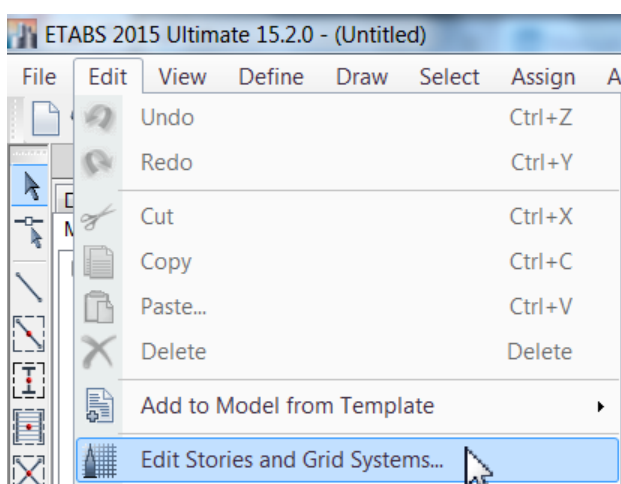


A continuación se presenta una ventana con dos vistas: En el lado izquierdo se muestra el plano en planta del último nivel del módulo de aulas, con indicación de

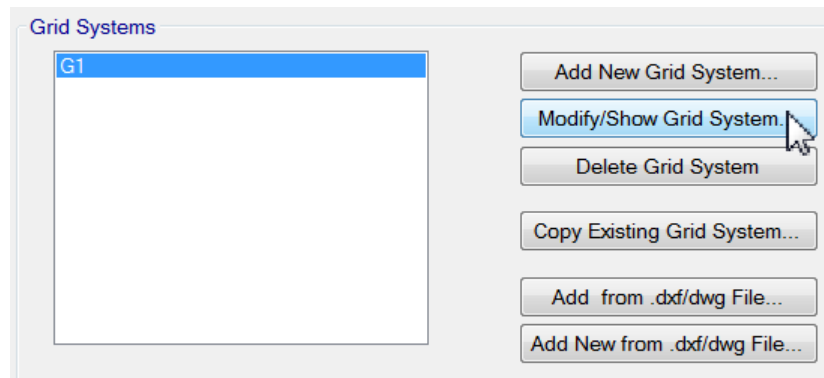
sus ejes y medidas; y en el lado derecho se visualiza en 3D la rejilla o ejes de la arquitectura propuesta en su conjunto.



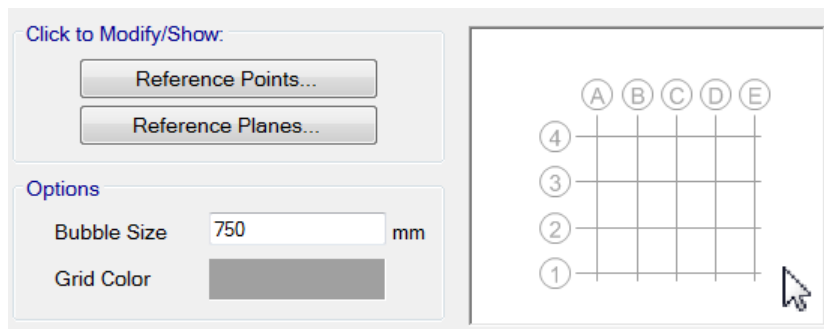
De acuerdo a la arquitectura, en el segundo piso existe un pasadizo o corredor de 1.80 m de ancho, por lo que se deberá modificar la medida de algunos ejes o datos involucrados, ingresando a la opción “Edit/Edit Stories and Grid Systems”



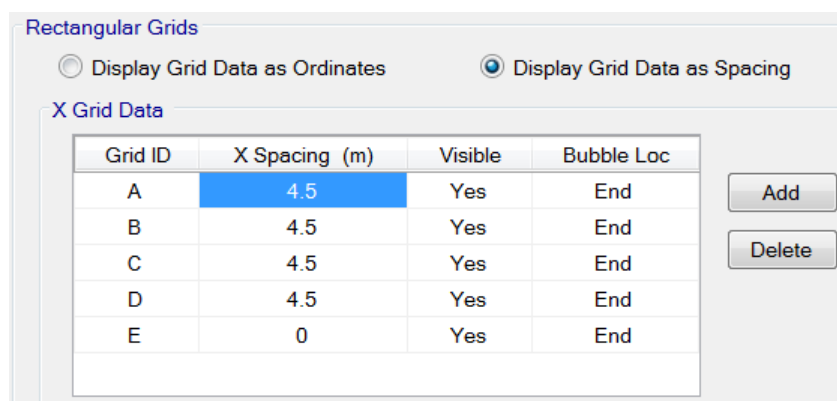
En la vista “Grid Systems” escoger el botón “Modify/Show Grid System” para el sistema de ejes G1 (creado por defecto).



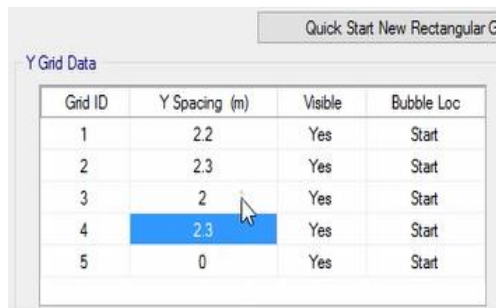
Es recomendable cambiar el tamaño de las burbujas o círculos que encierran el texto de los ejes. Ir al campo “Bubble Size” y modificar el valor de 1250 mm por 750 mm, para obtener una mejor visualización de los ejes.



En la vista “Rectangular Grids” activar el botón “Display Grid Data as Spacing” con la finalidad de que los ejes muestren sus distancias entre ellos y no en forma acumulada respecto al primer eje, como se presenta por defecto. En la vista “X Grid Data” no se realizará cambio alguno.



En la vista “Y Grid Data” modificar la distancia entre los ejes 1 y 2, por 2.20 m, que es la distancia libre del pasadizo (1.80 m), más media columna de las aulas en el eje 2 (0.25 m) y el muro de soga del pasadizo en el eje 1 (0.15 m)



Grid ID	Y Spacing (m)	Visible	Bubble Loc
1	2.2	Yes	Start
2	2.3	Yes	Start
3	2	Yes	Start
4	2.3	Yes	Start
5	0	Yes	Start

3.2.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO

El material a emplear será concreto armado, siendo sus propiedades de acuerdo a lo establecido en el Código ACI 318S-14 y las NTE E.060 Concreto Armado.

Código ACI 318S-14

La sección 19.2.1.1 del Código indica que la resistencia a la compresión del concreto será como mínimo de $f'_c = 2500$ psi, que convertido al sistema MKS es igual a

$$f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

El módulo de Elasticidad para concreto de peso normal se obtiene mediante el uso de la fórmula 19.2.2.1.b indicada:

$$E_c = 57\,000 \sqrt{f'_c} \text{ (psi)}$$

Su conversión en unidades MKS es:

$$E_c = 15\,080 \sqrt{f'_c} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Asimismo, la sección 20.2.2.2 del Código indica que el módulo de Elasticidad del acero de refuerzo está definido como:

$$E_s = 29\,000\,000 \text{ psi, que convertido al sistema MKS es igual a}$$

$$E_s = 2\,030\,000 \text{ kg/cm}^2$$

El módulo de Poisson, se tomará como: $\nu = 0.20$

El módulo de Corte se calcula con la fórmula:

$$G_c = \frac{E_c}{2(1 + \nu)}$$

Código ACI 318S-14

$F'_c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	E_c	G_c
175	199,490	83,121
210	218,530	91,054
245	236,039	98,350
280	252,337	105,140
315	267,643	111,518
350	282,121	117,550

Norma NTE E.060

La sección 5.1.1 de la NTE E.060 indica que la resistencia a la compresión del concreto será como mínimo de $f'_c = 17 \text{ MPa}$ que convertido a unidades MKS es igual a $f'_c = 173.40 \text{ kg/cm}^2$. Asimismo, el módulo de Elasticidad del concreto normal se obtiene usando la fórmula de la sección 8.5.2 de la NTE E.060.

Considerando el peso específico del concreto: $w_c = 2300 \text{ kg/m}^3$

$$E_c = 4\,700 \sqrt{f'_c} \text{ (MPa)}$$

Su conversión en unidades MKS es:

$$E_c = 15\,010 \sqrt{f'_c} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

En cuanto al acero de refuerzo, el módulo de elasticidad según la sección 8.5.5 de la NTE E.060, se debe considerar: $E_s = 200\,000\text{ MPa}$ que convertido al sistema MKS es igual a $E_s = 2\,040\,000\text{ kg/cm}^2$

El módulo de Poisson, en concordancia con la ecuación mostrada en la sección 8.5.4 de la NTE E.060, se considera:

$$\nu = 0.15$$

El módulo de Corte se calcula con la fórmula:

$$G_c = \frac{E_c}{2.3}$$

El acero de refuerzo cumplirá con lo indicado en la sección 3.5.3.1 de la NTE E.060, que además guarda concordancia con la norma ASTM A-615 Gr60.

NTE E.060

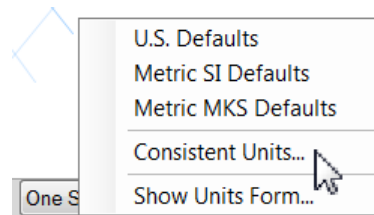
$F'_c\text{ (kg/cm}^2\text{)}$	E_c	G_c
175	198,564	86,332
210	217,516	94,572
245	234,944	102,149
280	251,165	109,202
315	266,401	115,827
350	280,811	122,092

Emplearemos para el presente caso las propiedades del concreto armado calculadas con la NTE E.060:

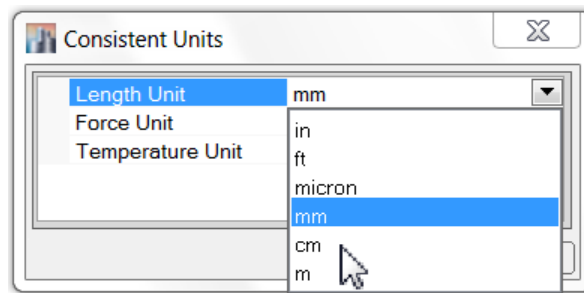
Vigas, losas: $f'_c = 210\text{ kg/cm}^2$

Columnas, muros de corte: $f'_c = 280\text{ kg/cm}^2$

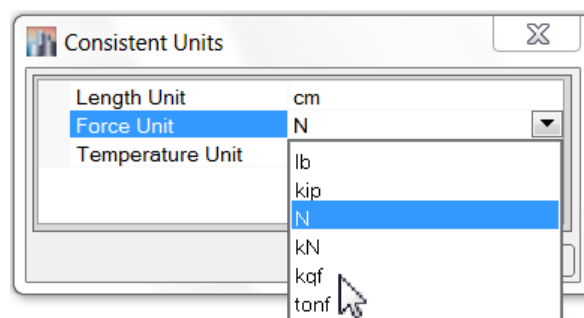
Antes de crear o definir los materiales a utilizar, cambiar las unidades consistentes de trabajo, para lo cual se pulsará la pestaña “Units” ubicada en la parte inferior derecha de la pantalla. Escoger la opción “Consistent Units”



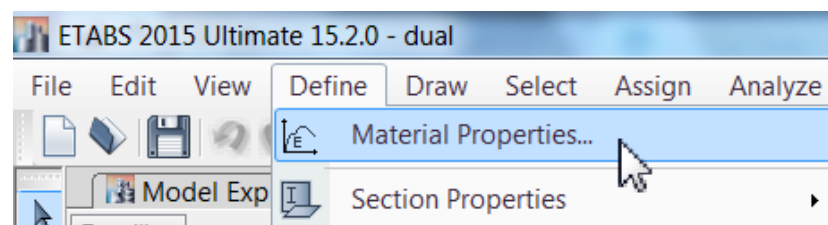
En el campo “Length Unit” cambiar a la unidad “cm”



En el campo “Force Unit” cambiar a la unidad “kgf”

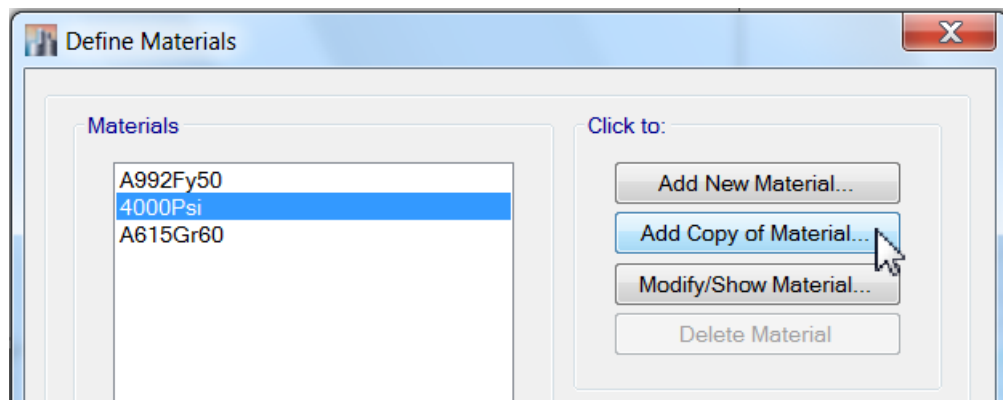


Definir la propiedad de los materiales en el menú superior “Define/Material Properties”



Escoger “4000 Psi” y el botón “Add Copy of Material” para definir los materiales concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ que se van a emplear.

El material “4000 Psi” corresponde al concreto $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ pero con valores calculados por el código ACI 318S-14.



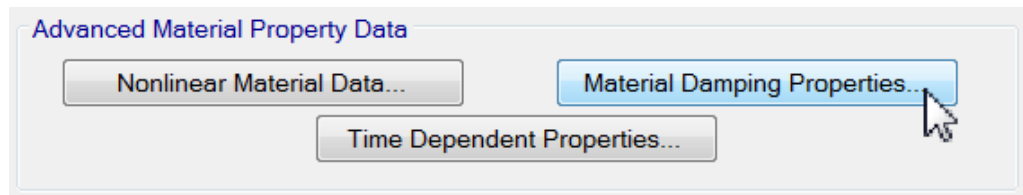
Modificar los valores indicados, de acuerdo a la NTE E.060. Para el concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ nombrar el material como C210.

General Data	
Material Name	C210
Material Type	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	 Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...

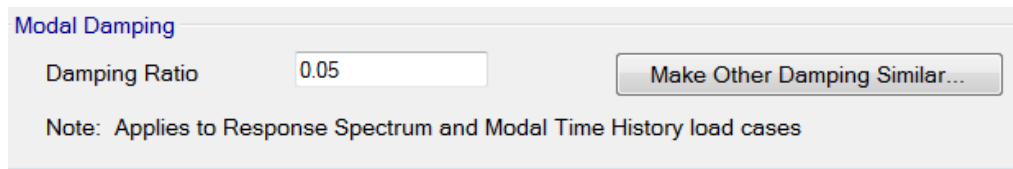
En las propiedades mecánicas, modificar a los siguientes valores:

Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	217516 kgf/cm ²
Poisson's Ratio, U	0.15
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099 1/C
Shear Modulus, G	94572.17 kgf/cm ²

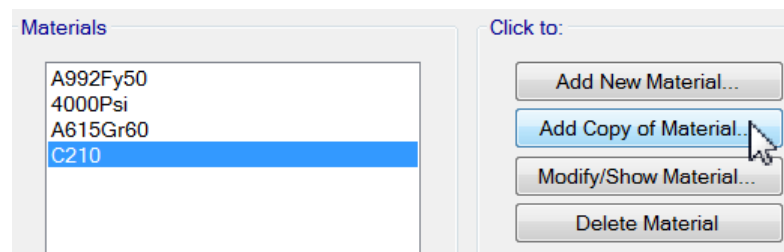
En la ventana “Advanced Material Property Data” pulsar el botón “Material Damping Properties”.



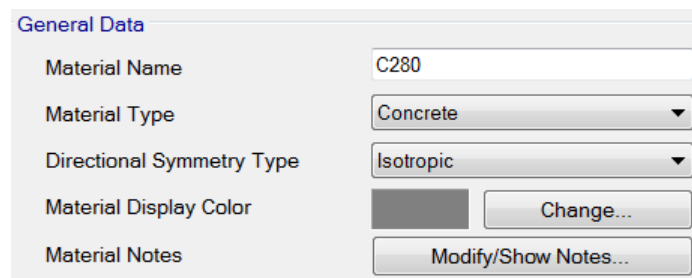
Para el análisis modal, cambiar el coeficiente de amortiguamiento al valor 0.05



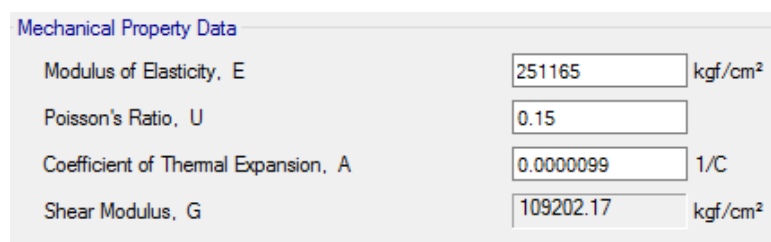
Una vez creado el material C210, proceder de igual manera para el material C280



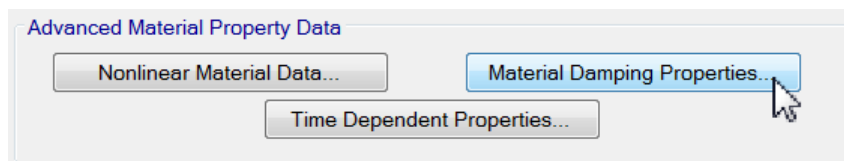
Para el concreto $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ nombrar el material como C280.



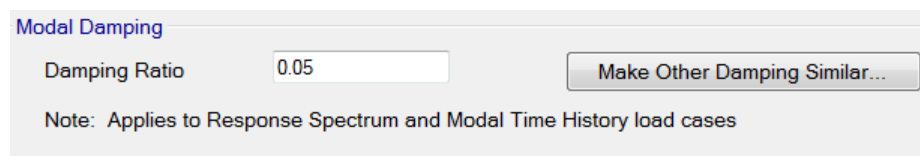
En las propiedades mecánicas, modificar a los siguientes valores:



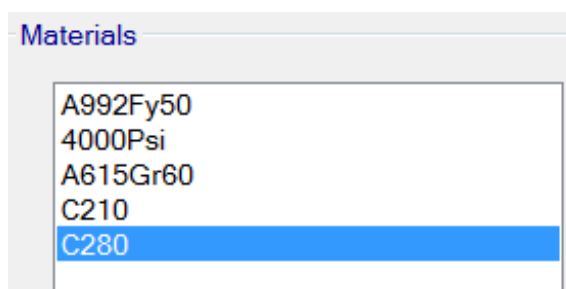
En la ventana “Advanced Material Property Data” pulsar el botón “Material Damping Properties”.



Para el análisis modal, cambiar el coeficiente de amortiguamiento al valor 0.05



Al finalizar, los materiales concreto C210 y C280 deberán aparecer en el menú de materiales.



3.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS

3.3.1. LOSA ALIGERADA

El Artículo 10.4.1.1 del RNE, establece que en losas aligeradas continuas conformadas por viguetas de 10 cm de ancho, bloques de ladrillo de 30 cm de ancho y losa superior de 5 cm, con sobrecargas menores a 300 kg/cm² y luces menores de 7.5 m, podrá dejar de verificarse las deflexiones cuando se cumpla que:

$$h \geq \frac{\text{luz entre ejes}}{25}$$

Para el presente caso, el paño más desfavorable es el 2A-5A-5B-2B de 4.50 x 7.00, entonces la losa aligerada se armará en la dirección paralela al eje X:

$$h \geq \frac{4.50}{25} = 0.18 \text{ m} \approx 0.25 \text{ m}$$

Viguetas:

Viguetas: 10x25 cm

Losa maciza superior:

Losa: 5 cm

3.3.2. VIGAS

El Artículo 10.4.1.3 del RNE, establece que en vigas que forman pórticos, podrá dejar de verificarse las deflexiones cuando se cumpla que:

$$h \geq \frac{\text{luz entre ejes}}{16}$$

Viga continúa:

$$h \geq \frac{\text{luz entre ejes}}{14}$$

Para las vigas continuas A-B-C-D-E de los pórticos 2 y 5 (1er y 2do nivel):

$$h \geq \frac{4.50}{14} = 0.32 \approx 0.40 \text{ m}$$

Usar para la base:

$$b = 75\% h = 0.40 \approx 0.30 \text{ m}$$

V1: 30x40 cm

Para las vigas continuas 2-3-4-5 de los pórticos A, C y E (1er y 2do nivel):

$$h \geq \frac{3.50}{14} = 0.25 \approx 0.35 \text{ m}$$

Usar para la base:

$$b = 75\% h = 0.26 \approx 0.25 \text{ m}$$

V2: 25x35 cm

Viga simplemente apoyada:

$$h \geq \frac{\text{luz entre ejes}}{12}$$

Para las vigas simplemente apoyadas 2-5 de los pórticos B y D (1er y 2do nivel):

$$h \geq \frac{7.00}{12} = 0.58 \text{ m} \approx 0.65 \text{ m}$$

Usar para la base:

$$b = 50\% h = 0.33 \approx 0.35 \text{ m}$$

V3: 35x65 cm

Viga en voladizo:

$$h \geq \frac{\text{luz entre ejes}}{10}$$

Para las vigas en voladizo 1-2 de los pórticos A, B, C, D y E (1er nivel):

$$h \geq \frac{2.20}{10} = 0.22 \approx 0.30 \text{ m}$$

Usar para la base:

$$b = 75\% h = 0.23 \approx 0.25 \text{ m}$$

V4: 25x30 cm

3.3.3. COLUMNAS

$$h = \left(\frac{V_s H_1^2}{n_c \eta E_c} \right)^{1/4}$$

Cortante por Sismo: $V_s = Z U C S P_e$

Peso de la edificación: $P_e = \text{Area} \times \text{Núm. pisos} \times 1 \text{ (tn/m}^2\text{)}$

Altura del primer piso: H_1

Número de columnas: n_c

Factor para el desplazamiento permisible: η

Módulo de elasticidad del concreto: E_c

Para columnas usar 25% del Cortante por Sismo.

Para el presente caso estimar 5 columnas: B2, D2, B5, D5 y C3

Área = $18.00 \times 7.00 = 126.00 \text{ m}^2$

$P_e = 126.00 \times 2 \times 1 = 252,000 \text{ kg}$

Factor de zona 3: $Z = 0.35$

Categoría de la Edificación A_2 : $U = 1.50$

Parámetro de sitio para zona 3 y perfil de suelo S_2 : $S = 1.15$

Factor de amplificación sísmica: $C = 2.50$

$V_s = Z U C S P_e = 0.35 \times 1.50 \times 2.50 \times 1.15 \times 252,000$

$V_s = 380,363 \text{ kg}$

Altura del primer piso: $H_1 = 3.30 \text{ m}$

Número de columnas: $n_c = 5$

Factor para el desplazamiento permisible: $\eta = 0.007$

Módulo de elasticidad del concreto:

$$E_c = 15\,010 \sqrt{f'_c} = 251,165 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Para columnas usar 25% del Cortante por Sismo: 25% V_s

$$h = \left(\frac{V_s H_1^2}{n_c \eta E_c} \right)^{1/4} = \left(\frac{25\% \times 380,363 \times 3.3^2}{5 \times 0.07 \times 251,165} \right)^{1/4} = 32.94 \approx 40 \text{ cm}$$

C1: 40x40 cm

3.3.4. MUROS DE CORTE

$$L = \left(\frac{V_s H_1^2}{n_m \eta E_c t} \right)^{1/3}$$

Espesor del muro: t

Número de muros: n_m

Para muros de corte usar 125% del Cortante por Sismo. Realizar el cálculo para ambas direcciones.

Dirección X:

Espesor del muro: $t = 20 \text{ cm}$

Número de muros: $n_m = 4$

$$L = \left(\frac{V_s H_1^2}{n_m \eta E_c t} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$L = 58.12 \approx 70 \text{ cm}$

MX1: 20x70 cm

Dirección Y:

Espesor del muro: $t = 20 \text{ cm}$

Número de muros: $n_m = 4$

$$L = \left(\frac{V_s H_1^2}{n_m \eta E_c t} \right)^{1/3}$$

$L = 58.12 \approx 70$ cm

MY1: 20x70 cm

3.4. DEFINICIÓN DE SECCIONES

Una vez pre-dimensionados los elementos del modelo estructural, se deben definir los diversos tipos de secciones de acuerdo a la clasificación establecida por el ETABS.

3.4.1. FRAME

Vigas

Vigueta: 10x25 cm

V1: 30x40 cm

V2: 25x35 cm

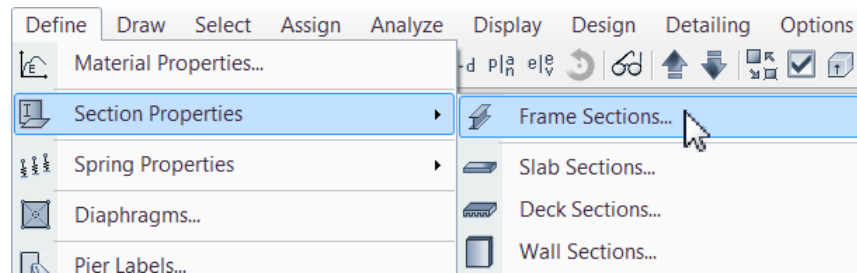
V3: 35x65 cm

V4: 25x30 cm

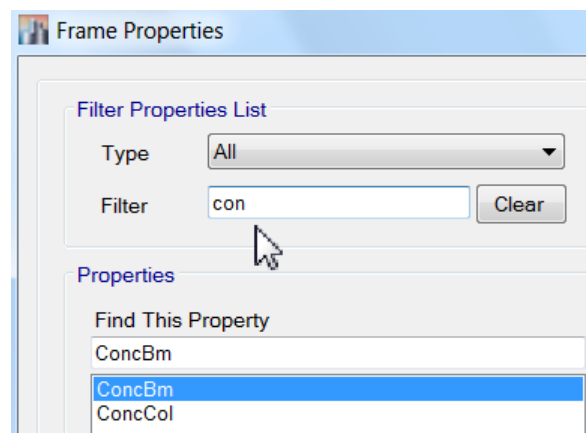
Columnas

C1: 40x40 cm

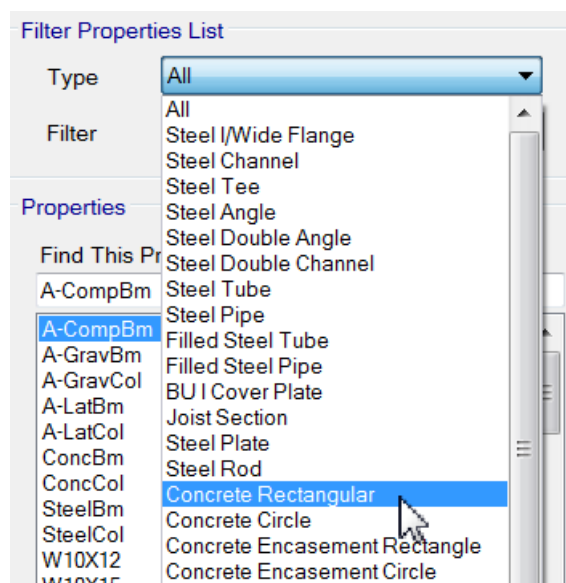
Para definir este tipo de secciones “Frame” seleccionar en el menú superior la ruta “Define/Section Properties/Frame Sections”



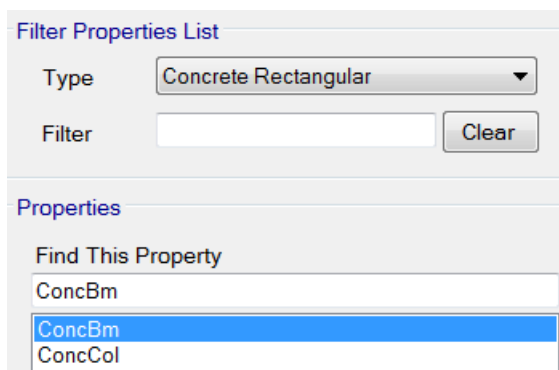
Para filtrar los diversos tipos de secciones que se presentan, en el campo “Filter” digitamos las iniciales de la palabra “concreto” para que sólo nos muestre las secciones de concreto de vigas y columnas.



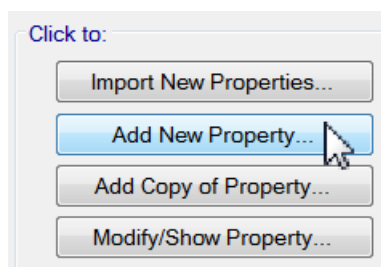
Otra forma es escoger en el campo “Type” la opción “Concrete Rectangular” para que nos muestre sólo los elementos de concreto de sección rectangular.



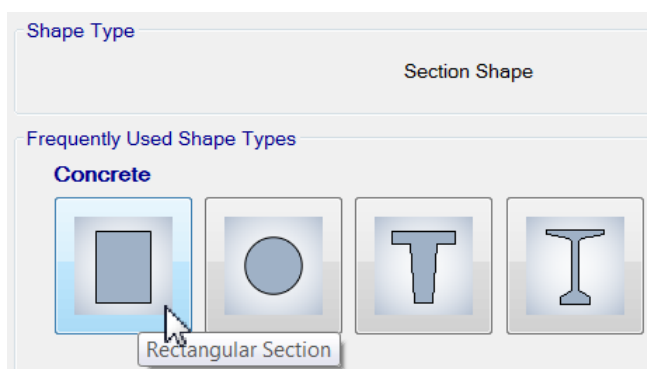
El resultado es el mismo que en el caso anterior.



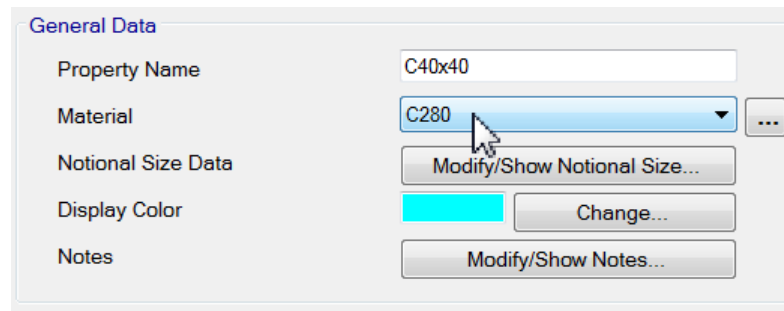
Por último, se puede crear o definir las secciones tipo “Frame” escogiendo la opción “Add New Property” en la zona derecha de la ventana “Frame Properties”



Para el presente caso, escoger el ícono correspondiente a la forma “Concrete Rectangular Section”



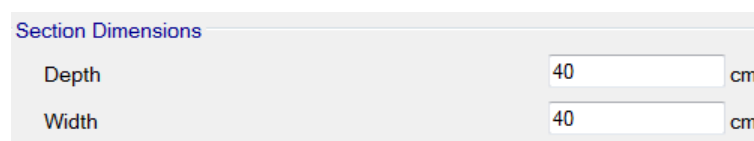
Comenzar con definir la columna C40x40 y escoger el material C280, que contiene las propiedades para un concreto $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$



General Data

Property Name	C40x40
Material	C280
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Display Color	Change...
Notes	Modify/Show Notes...

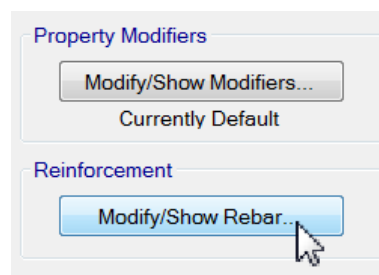
Indicar las dimensiones de la sección: “Depth” (altura o profundidad) y “Width” (base o ancho)



Section Dimensions

Depth	40	cm
Width	40	cm

En la ventana “Reinforcement” pulsar sobre el botón “Modify/Show Rebar” para modificar las propiedades del refuerzo de la sección creada.



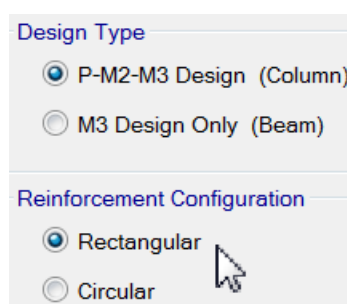
Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

Verificar que el tipo de diseño es para Columnas: “P-M2-M3 Design”; en el caso de vigas marcar el botón “M3 Design Only”. Verificar que el reforzamiento para los estribos es “Rectangular”; si la columna es circular marcar el botón “Circular”



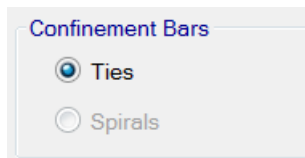
Design Type

☒ P-M2-M3 Design (Column)
☐ M3 Design Only (Beam)

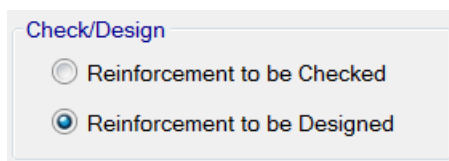
Reinforcement Configuration

☒ Rectangular
☐ Circular

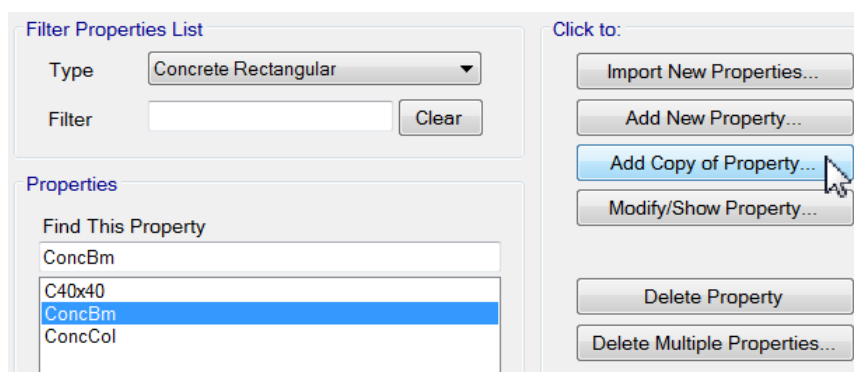
Verificar que las barras de confinamiento serán “Ties” (estribos) para elementos rectangulares. Para el caso de columnas circulares marcar la opción “Spirals” (espirales).



Si se requiere que el reforzamiento del acero sea diseñado por el programa, se deberá activar el botón “Reinforcement to be Designed”, y el resto de campos en la parte inferior se debe dejar por defecto. Si ya se tiene un pre-diseño del acero de las columnas y se desea que el programa verifique éste, se activará el otro botón “Reinforcement to be Checked”, y se deberán llenar los campos correspondientes al refuerzo longitudinal y transversal con los datos que se tienen.



Una vez definidas las secciones de las columnas, proceder a crear las secciones de las vigas, para lo cual se optará por seleccionar la sección por defecto “ConcBm” (viga de concreto) y generar una copia de sus propiedades para modificarlas.



Proceder a definir la viga 30x40 y escoger el material C210, que contiene las propiedades para un concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

General Data	
Property Name	V30x40
Material	C210
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Display Color	Change...
Notes	Modify/Show Notes...

Indicar las dimensiones de la sección: “Depth” (altura o profundidad) y “Width” (base o ancho)

Section Dimensions	
Depth	40 cm
Width	30 cm

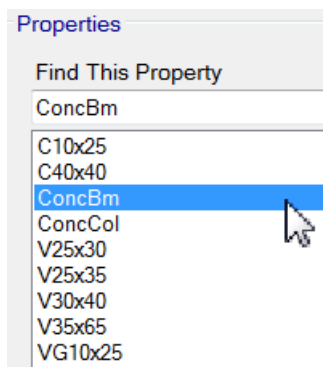
En la ventana “Reinforcement” pulsar sobre el botón “Modify/Show Rebar” para verificar las propiedades de la sección creada.

Property Modifiers	
Modify/Show Modifiers...	
Currently Default	
Reinforcement	
Modify/Show Rebar...	

Se verifica que el tipo de diseño es para Vigas: “M3 Design Only”.

Design Type	
☐	P-M2-M3 Design (Column)
☒	M3 Design Only (Beam)

Bajo el mismo procedimiento se definen el resto de secciones tipo “Frame”, inclusive la vigueta VG10x25.

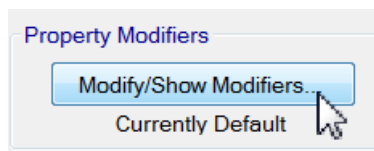


Mención particular requiere la vigueta VG10x25, en virtud que el ETABS no toma en cuenta la intersección entre las viguetas y la losa maciza superior, por lo que se estaría incrementando la masa y peso de este último elemento.

Si la vigueta tiene 25 cm de altura y la losa 5 cm, se estaría duplicando el espesor de la losa, por lo tanto el porcentaje de reducción de la vigueta para el cálculo de su masa y peso sería $(25-5)/25 = 80\%$.

La constante torsional también debe cambiarse, pues su aporte es casi nulo entre el sistema vigueta-loza superior.

Una vez definida la vigueta VG10x25, pulsar la opción “Modify/Show Modifiers”,



Seguidamente, cambiar los datos indicados según la muestra.

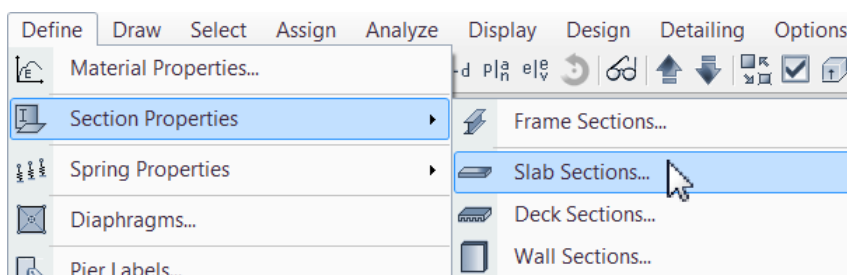
Property/Stiffness Modifiers for Analysis	
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	0
Moment of Inertia about 2 axis	1
Moment of Inertia about 3 axis	1
Mass	0.8
Weight	0.8

3.4.2. SLAB

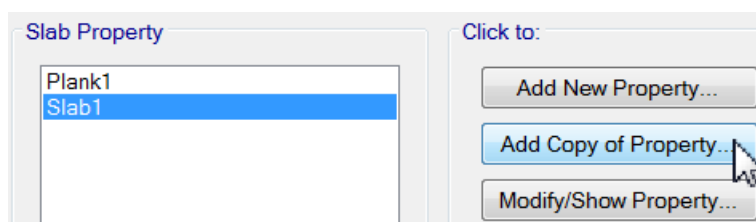
Losas

Espesor Losa: 5 cm

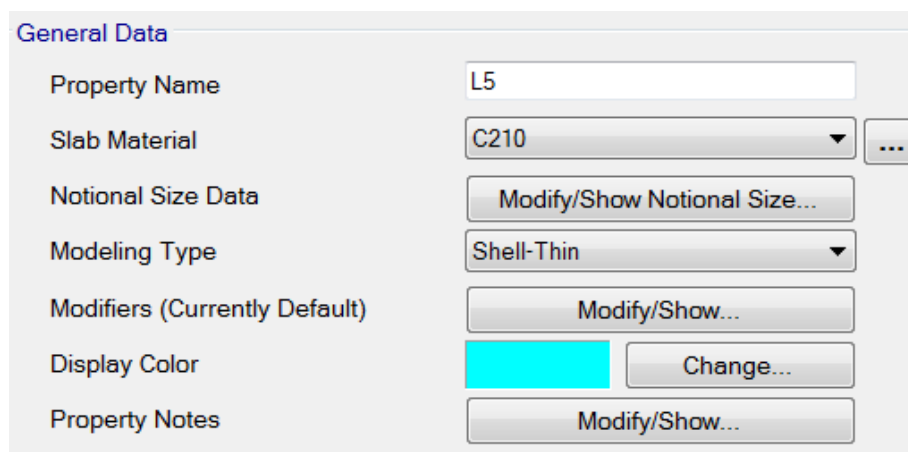
Para definir este tipo de secciones “Slab” seleccionar en el menú superior la ruta “Define/Section Properties/Slab Sections”



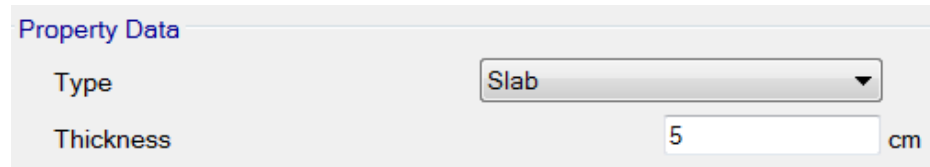
Escoger la propiedad “Slab1” (Losa1)



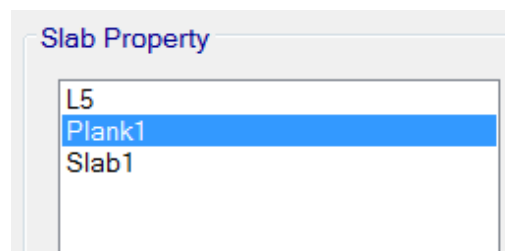
Proceder a definir la losa maciza superior denominada L5 y escoger el material C210, que contiene las propiedades para un concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Emplear como tipo de modelado la opción “Shell-Thin” para que no se considere en el análisis las deformadas por corte.



En el campo “Thickness” (espesor) ingresar 5 cm



Una vez definida la losa, se debe mostrar en el menú de materiales tipo “Slab”



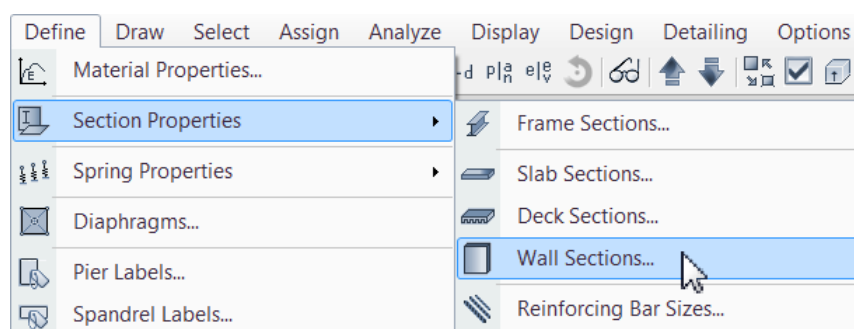
3.4.3. WALL

Muros de Corte

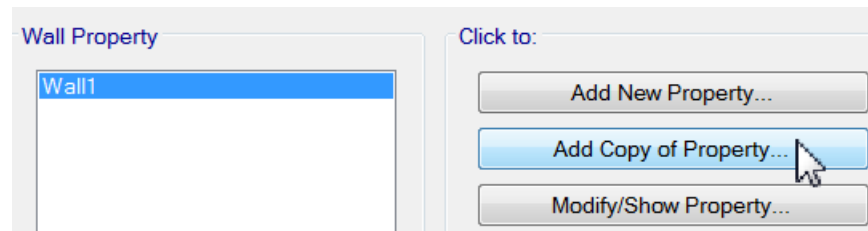
MX1: 20x70 cm (paralelo a la dirección X)

MY1: 20x70 cm (paralelo a la dirección Y)

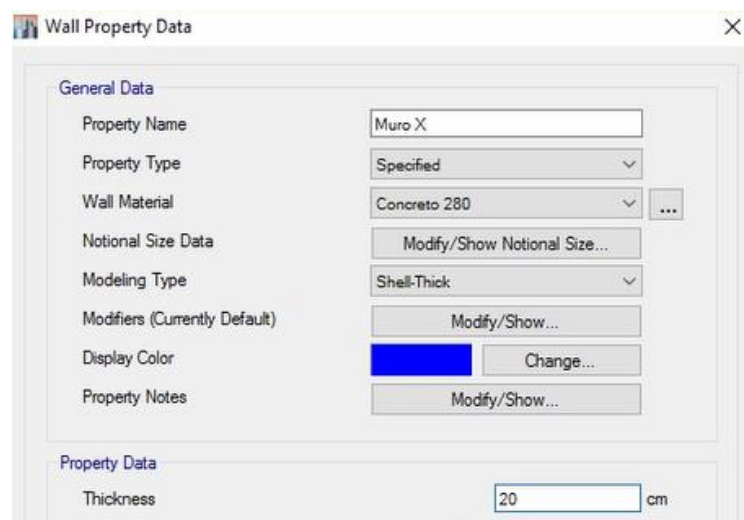
Para definir este tipo de secciones “Wall” seleccionar en el menú superior la ruta “Define/Section Properties/Wall Sections”



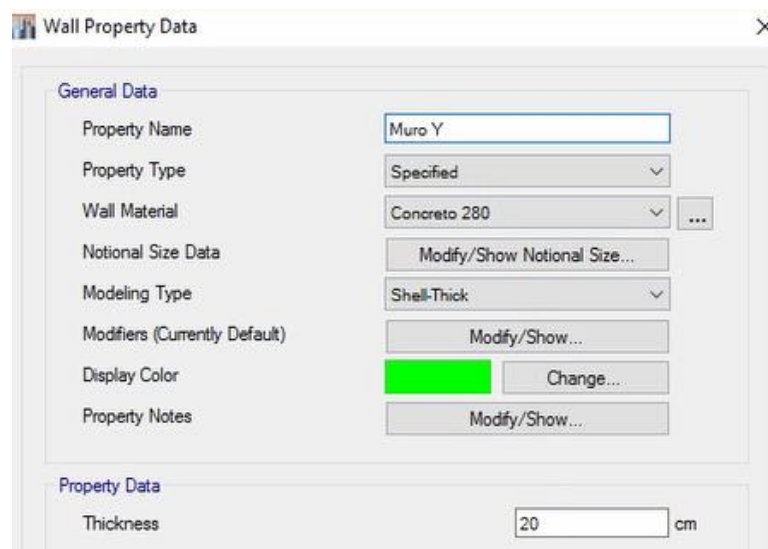
Escoger la propiedad “Wall1” (Muro1)



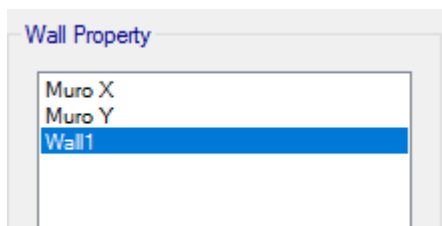
Proceder a definir el muro de corte en la dirección X, denominado “Muro X” y escoger el material C280. En el campo “Shell-Thick” ingresar 20 cm como espesor del muro.



De igual forma definir el muro de corte en la dirección Y.



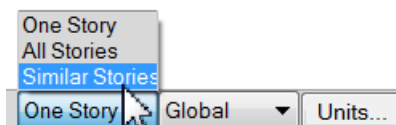
Una vez definidos los muros de corte en ambas direcciones, se deben mostrar en el menú de materiales tipo “Wall”



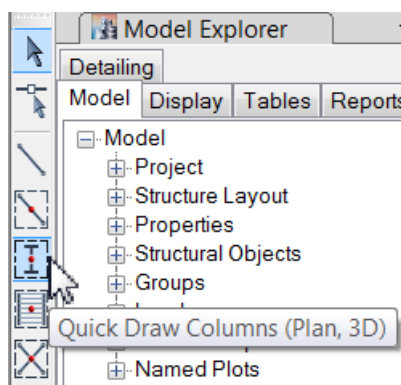
3.5. DIBUJO Y ASIGNACIÓN DE SECCIONES

3.5.1. COLUMNAS

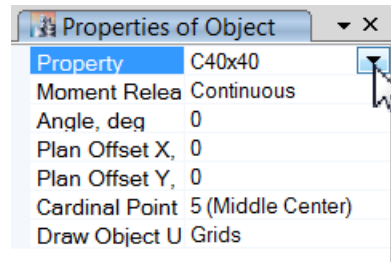
Para dibujar las columnas de una manera rápida en todos los niveles, activar la opción “Similar Stories” (pisos similares) ubicada en la parte inferior derecha de la pantalla.



En la barra izquierda de íconos, seleccionar el ícono “Quick Draw Columns”

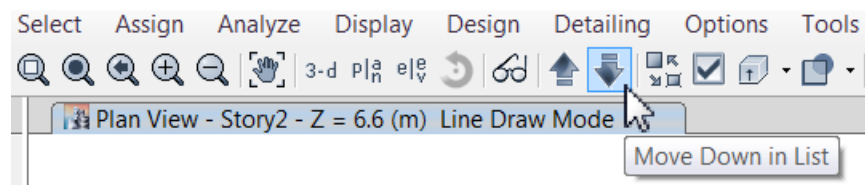


En la parte inferior izquierda, aparece un cuadro de propiedades del objeto, seleccionar en el campo “Property” el tipo de columna C40x40 a dibujar y asignar.



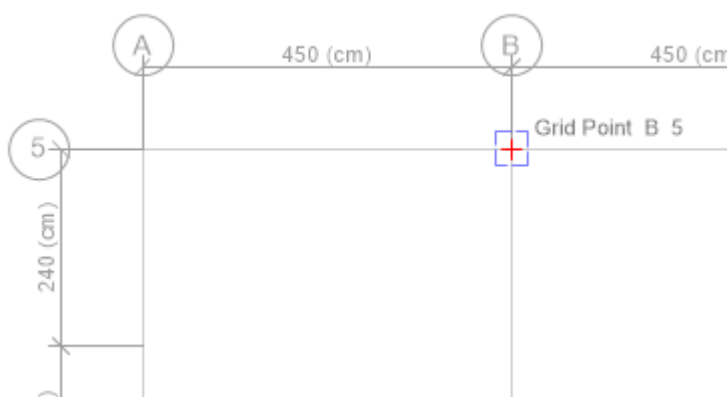
En la barra de menú superior emplear los íconos en forma de flecha para mover hacia arriba o hacia abajo el nivel o piso del modelo, verificando que se ubique en el último nivel.

Para tal efecto, verificar en la pestaña “Plan View”, el piso y altura de la edificación (Story 2, Z=6.6 m)

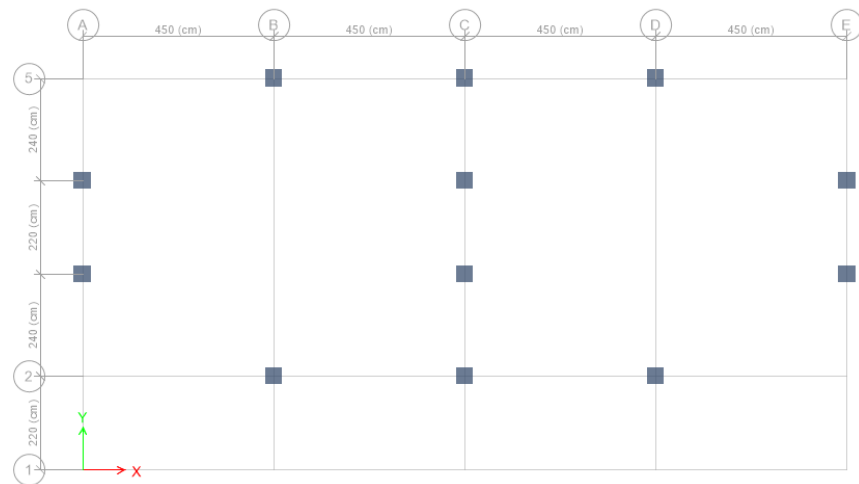


En esta ventana, aparecerá un cursor en forma de flecha vertical hacia arriba y un cuadrado pequeño simulando a la columna por dibujar.

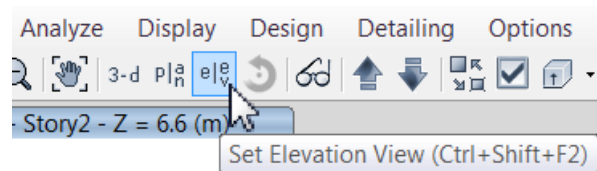
Ubicar el cursor sobre los nudos B5, C5, D5, A4, C4, E4, A3, C3, E3, B2, C2 y D2 e ir haciendo “click” en cada uno de ellos.



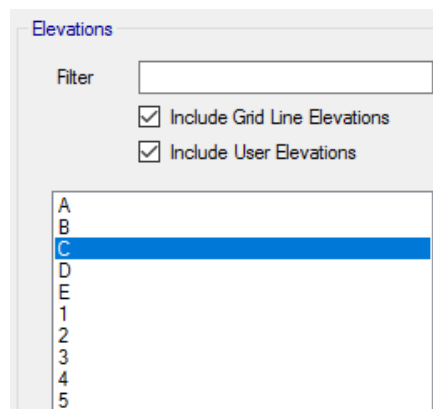
Una vez culminado el dibujo de las columnas, se presenta el plano de planta del último piso de esta forma:



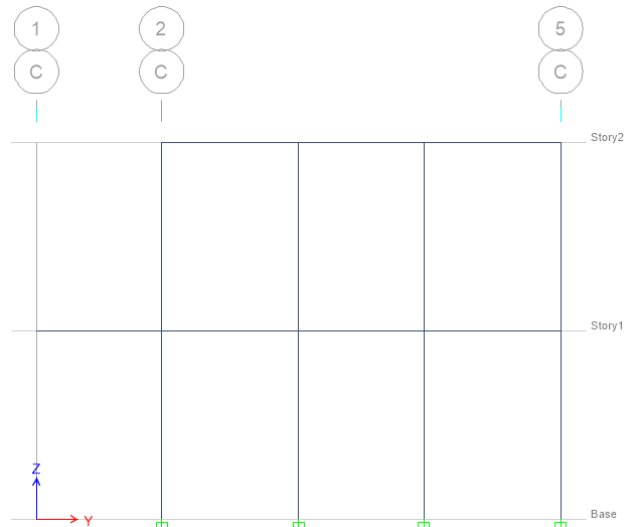
Para ver el plano de elevación del eje C, escoger el ícono “elev” ubicado en la barra de íconos superior.



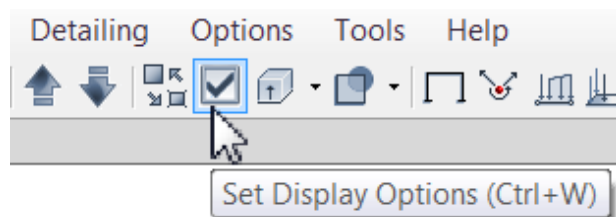
Para el presente caso, escoger el pórtico C.



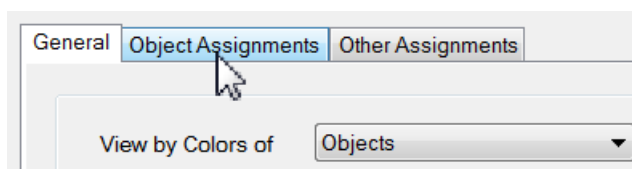
Se visualiza el plano de elevación del pórtico C.



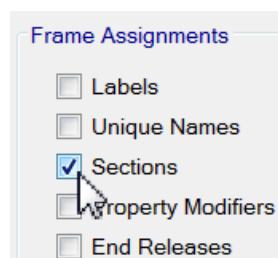
Para que se visualicen las secciones de los elementos tipo “Frame” seleccionar el ícono “check” ubicado en la barra de íconos superior.



Escoger la pestaña “Object Assignments”



Marcar la opción “Sections” en la vista “Frame Assignments” y pulsar “ok”



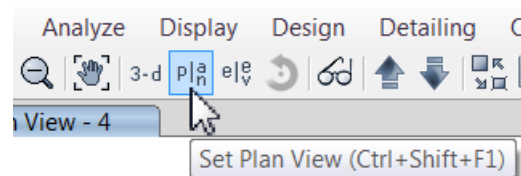
Ahora se visualiza el plano de elevación del pórtico C con indicación de las secciones de las columnas asignadas.



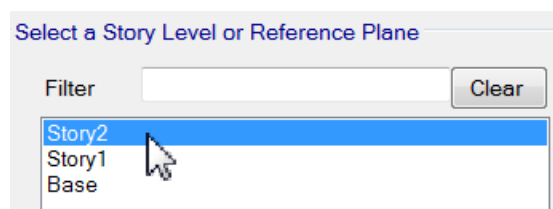
En la vista de la derecha, se muestra la vista 3D del modelo, con las columnas dibujadas.

3.5.2. MUROS DE CORTE

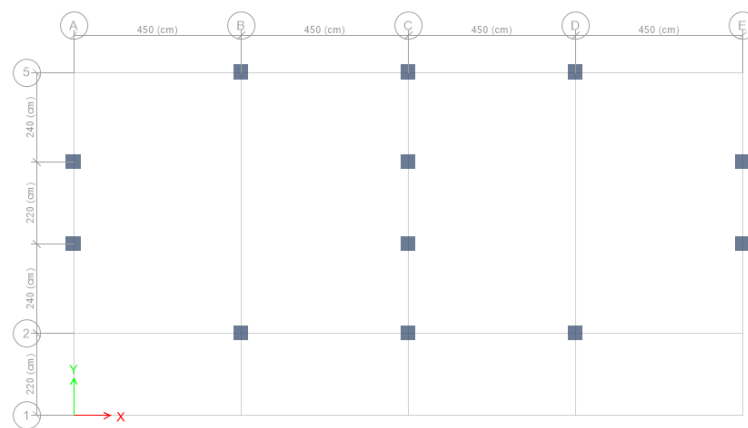
Antes de comenzar el dibujo de los muros de corte, posicionar nuevamente la vista del plano en planta del segundo nivel, para lo cual seleccionar el ícono “plan” ubicado en la barra de íconos superior.



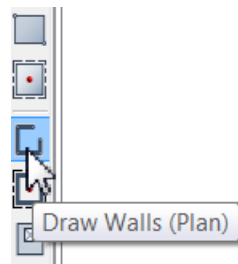
Para el presente caso, escoger la planta Story2 (segundo nivel)



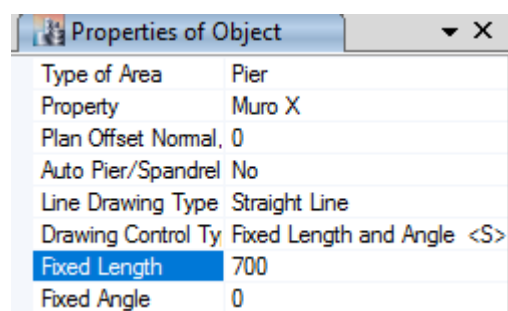
Se visualiza el plano de planta del segundo piso.



Para dibujar los muros de corte, se puede comenzar con la dirección X. En la barra izquierda de íconos, seleccionar el ícono “Draw Walls”

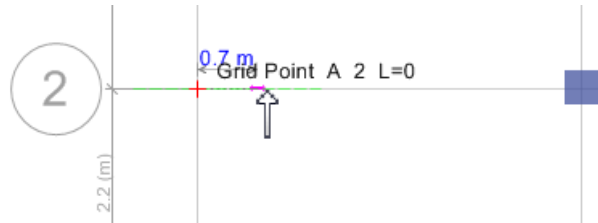


En la parte inferior izquierda, aparece un cuadro de propiedades del objeto, seleccionar los campos de acuerdo a lo indicado. Asignar una longitud de 70 cm y un ángulo de 0°

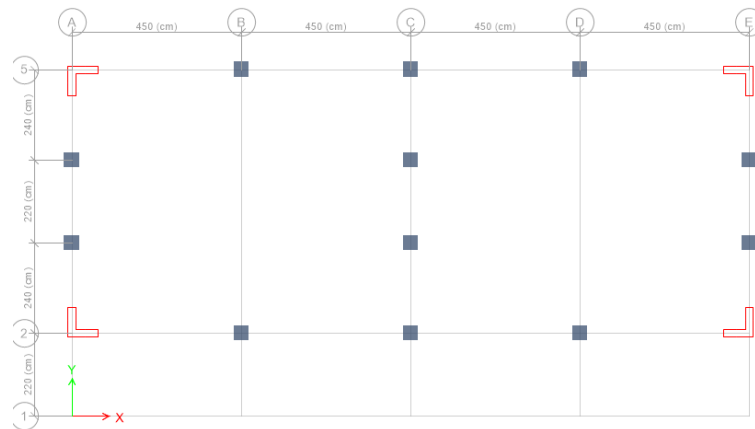


Según los campos “Fixed Length” y “Fixed Angle” el muro se dibujará hacia la derecha o izquierda (dependiendo del signo que se le asigne) y formando un ángulo con la horizontal (positivo en sentido antihorario). Comenzar indicando el punto de origen del muro de corte haciendo “click” en la coordenada A2.

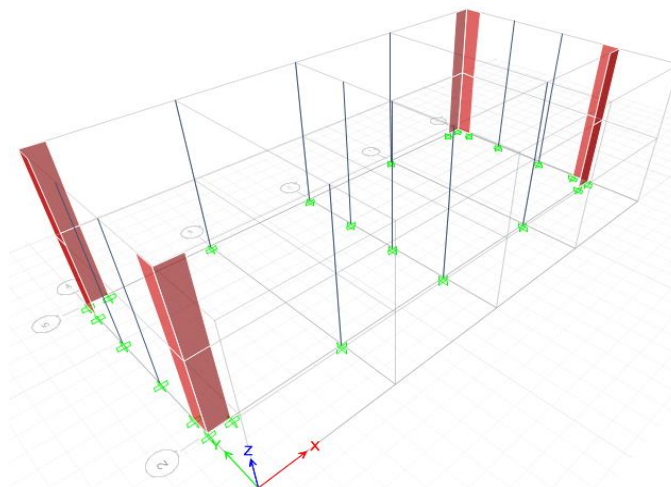
Luego, desplazar el cursor hacia la derecha en sentido horizontal; el programa marca y acota la longitud del muro de corte y espera que se indique el punto final del muro mediante un “click”



Culminado el dibujo de los muros de corte, se presentan en el plano de planta del último nivel.

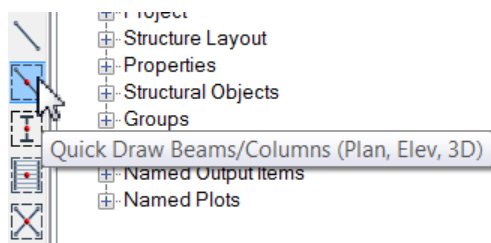


En la vista 3D se aprecia la disposición de los muros de corte.

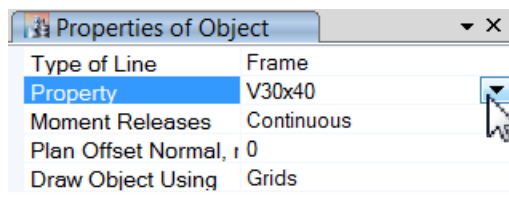


3.5.3. VIGAS

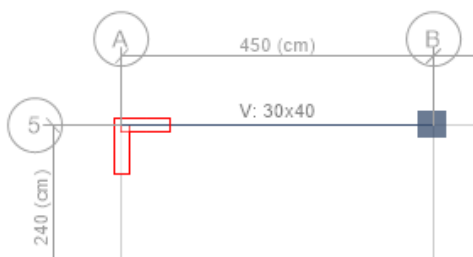
Seleccionar el ícono “Quick Draw Beams/Columns” en la barra de la izquierda de la pantalla.



En la parte inferior izquierda, aparece un cuadro de propiedades del objeto, seleccionar la viga continua V30x40.

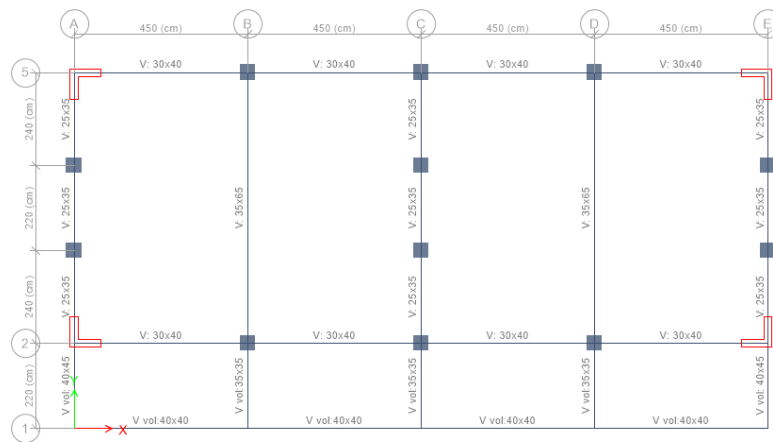


Seleccionar la viga correspondiente, acercando el cursor al eje donde se dibujará la V30x40 y hacer “click”

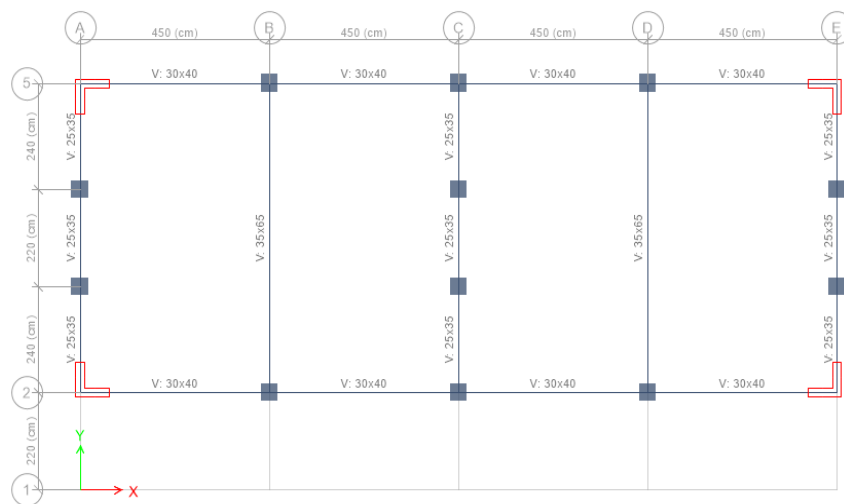


Proceder con el dibujo del resto de vigas de acuerdo a lo calculado y definido en el pre dimensionado.

Se muestra la distribución de vigas en el primer entrepiso.



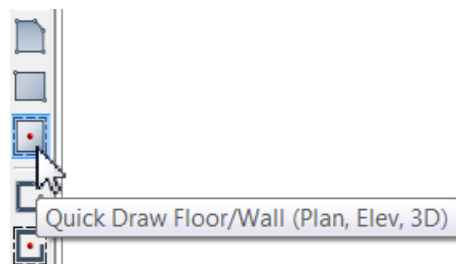
Se muestra la distribución de vigas en el segundo entrespacio (azotea).



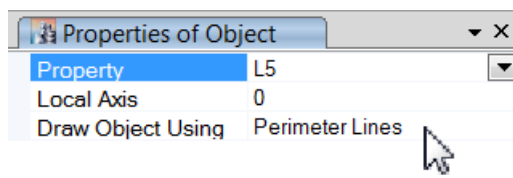
Para el dibujo de las viguetas se debe definir primero la losa maciza superior.

3.5.4. LOSAS

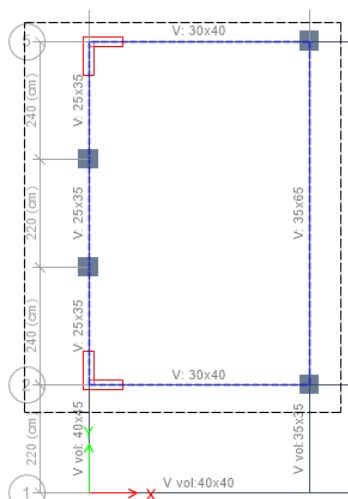
Seleccionar el ícono “Quick Draw Floor/Wall” en la barra de la izquierda de la pantalla.



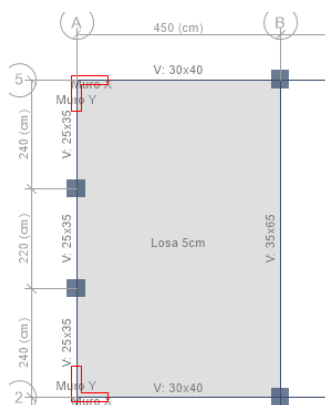
En la parte inferior izquierda, aparece un cuadro de propiedades del objeto, seleccionar la losa maciza L5 y modificar el modo de dibujo a “Perimeter Lines”, lo que significa que la losa se dibujará entre vigas perimetrales y no entre ejes de dibujo.



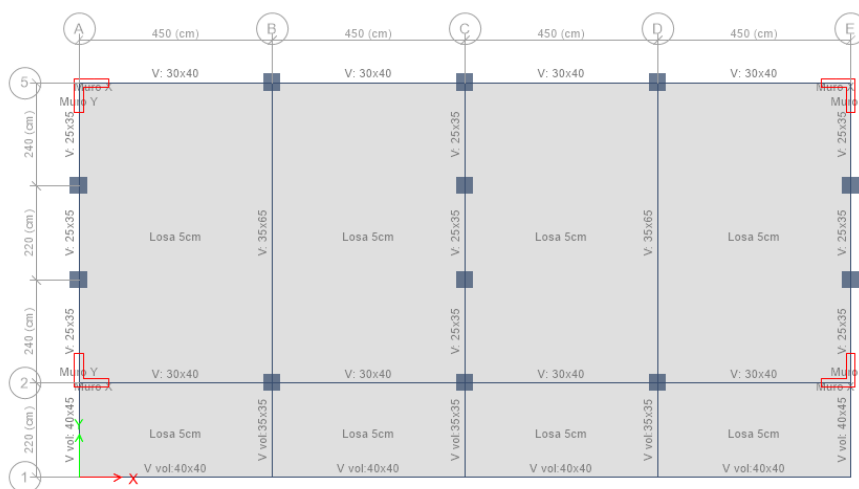
Seleccionar el origen superior izquierdo de la losa haciendo “click”, luego arrastrar el cursor sin soltar el botón izquierdo del mouse hasta la esquina inferior derecha y liberar el botón. La losa seleccionada se irá marcando en línea azul.



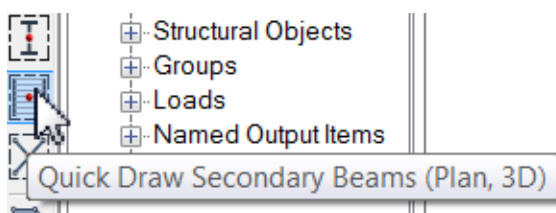
Una vez culminada la elección de la losa a dibujar, el programa le asigna una dirección de armado de la losa y sombrea el área seleccionada.



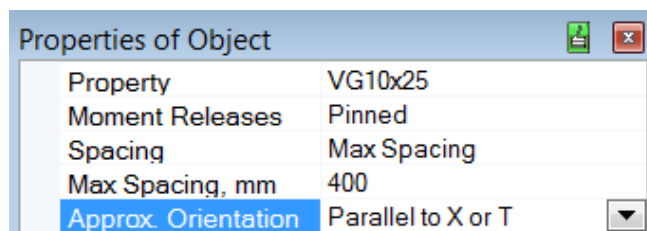
Proceder con el dibujo del resto de losas del módulo. Se muestran las losas L5 del primer entrepiso.



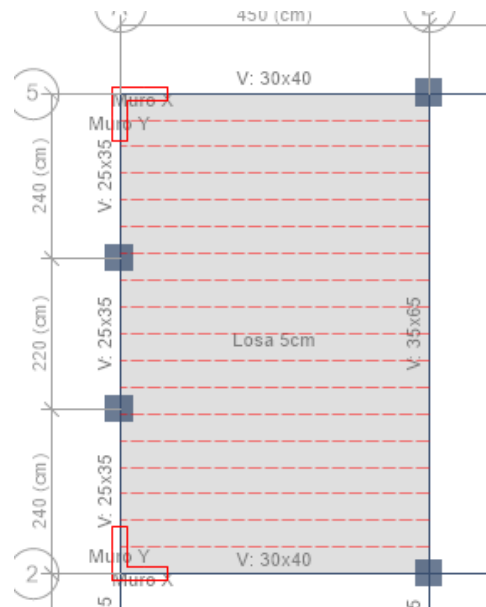
Para el dibujo de las viguetas, primero se debe ocultar el eje 3, y luego seleccionar el ícono “Quick Draw Secondary Beams” ubicado en la barra de menú de la izquierda.



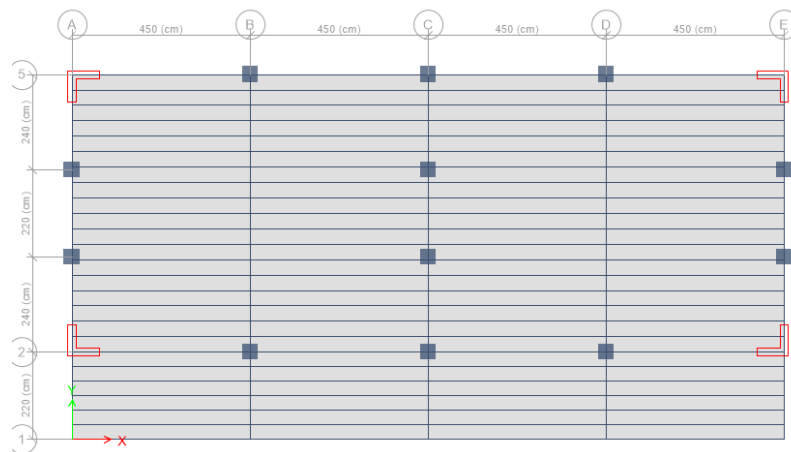
En la parte inferior izquierda, modificar las propiedades del objeto VG10x25, para lo cual se debe indicar que las viguetas estarán separadas una distancia máxima de 40 cm (Max Spacing) y que el techo se armará en forma paralela al eje X (Approx. Orientation)



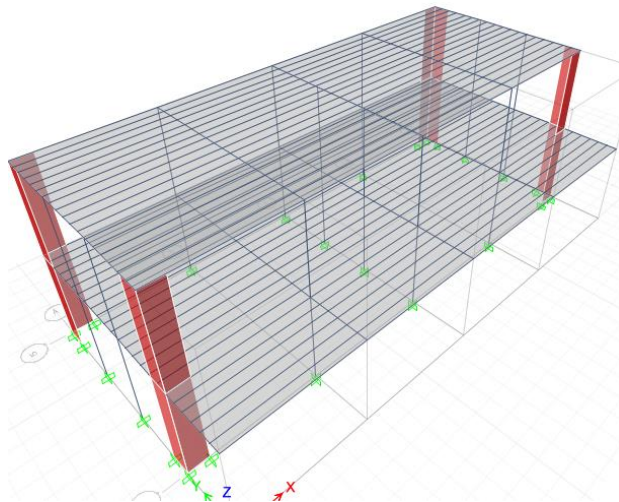
Al pasar el cursor por la losa seleccionada, el programa muestra las viguetas a dibujar, y si la dirección es la correcta, hacemos “click” en el área indicada.



Realizar esta operación para el resto de losas.



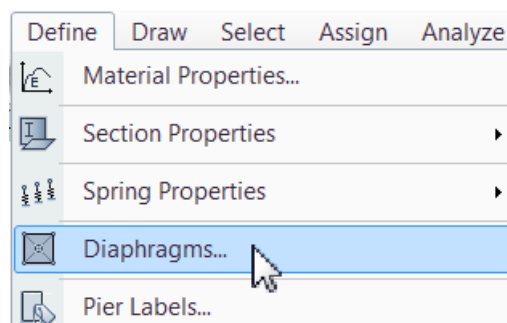
Una vez culminado el dibujo de las viguetas, la vista en 3D del modelo debe mostrarse así:



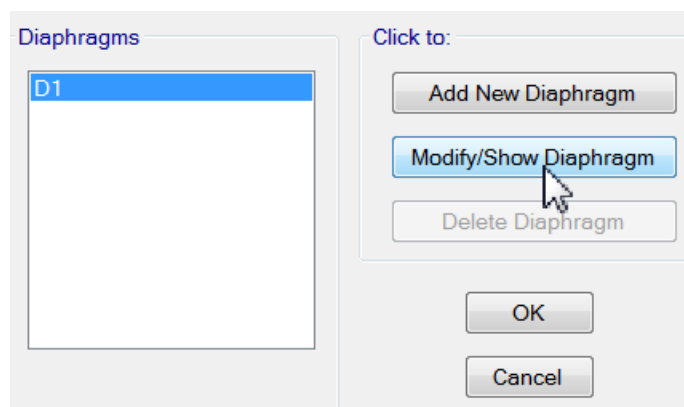
3.6. DIAFRAGMAS

De acuerdo al Art. 4 de la NTE E.030-2016, el modelo para el análisis de ha considerado una distribución espacial de masas y rigidez que son adecuadas para calcular los aspectos más significativos del comportamiento dinámico de la estructura, y se ha supuesto que los sistemas de pisos funcionan como diafragmas rígidos.

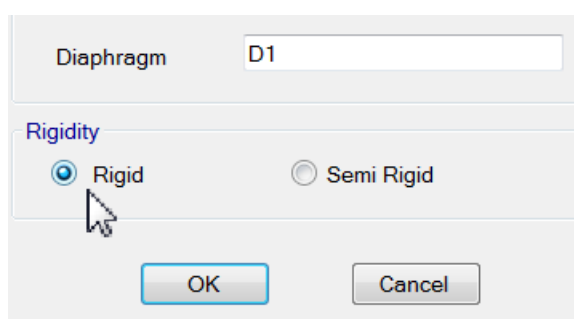
Ingresar a la ruta “Define/Diaphragms”



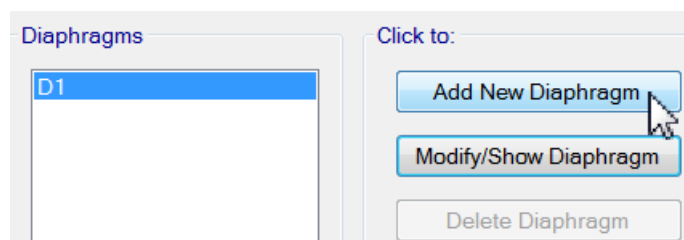
Determinar un diafragma por piso. Por defecto se tiene definido el diafragma D1, el cual se empleará para el primer nivel, por lo que se verificará su rigidez pulsando el botón “Modify/Show Diaphragm”



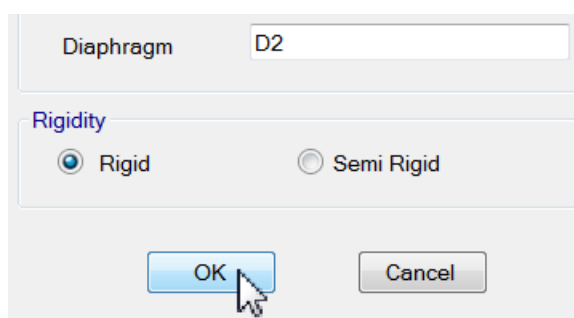
Marcar el botón “Rigid” para definir que el diafragma D1 es rígido.



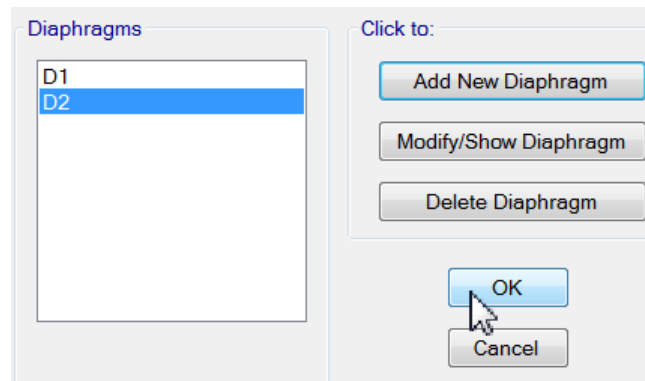
Definir el diafragma D2 para el segundo piso, pulsando el botón “Add New Diaphragm”



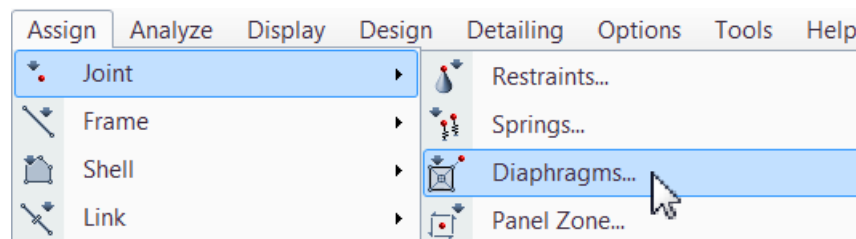
Nombrar el diafragma D2 y definirlo como rígido. Pulsar “ok”



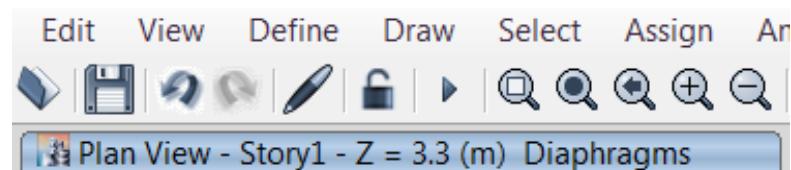
En la ventana principal deben aparecer ambos diafragmas.



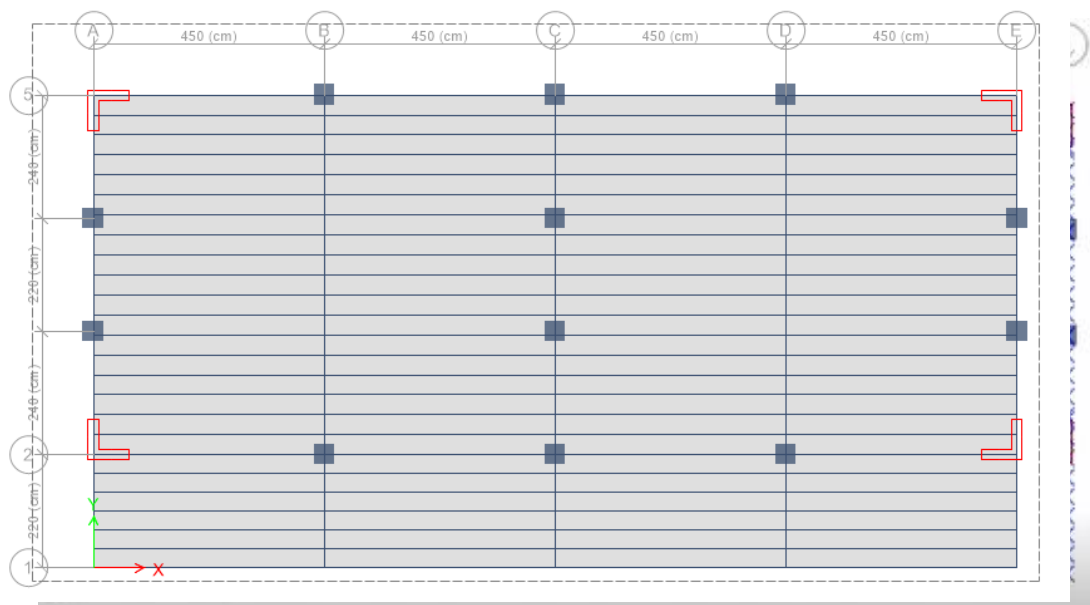
Una vez definidos los diafragmas, asignarlos a cada losa o entrepiso. Ingresar a la ruta “Assign/Joint/Diaphragms”



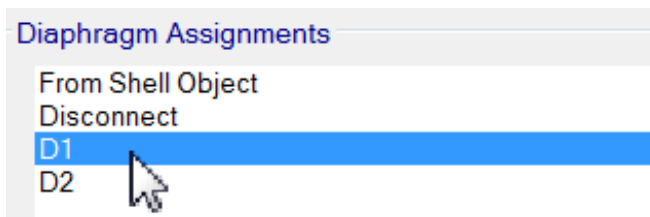
Para el primer piso, visualizar el plano de planta Story1



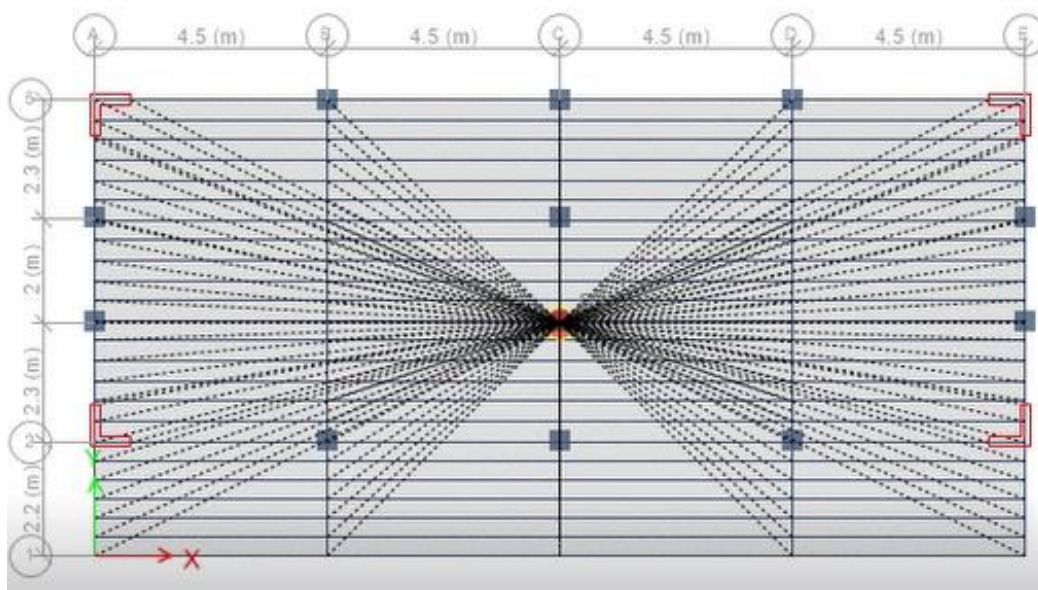
Seleccionar toda la losa.



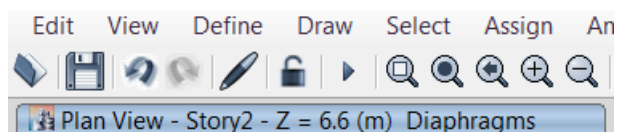
Indicar el tipo de diafragma por aplicar al primer piso y pulsar el botón “Apply”



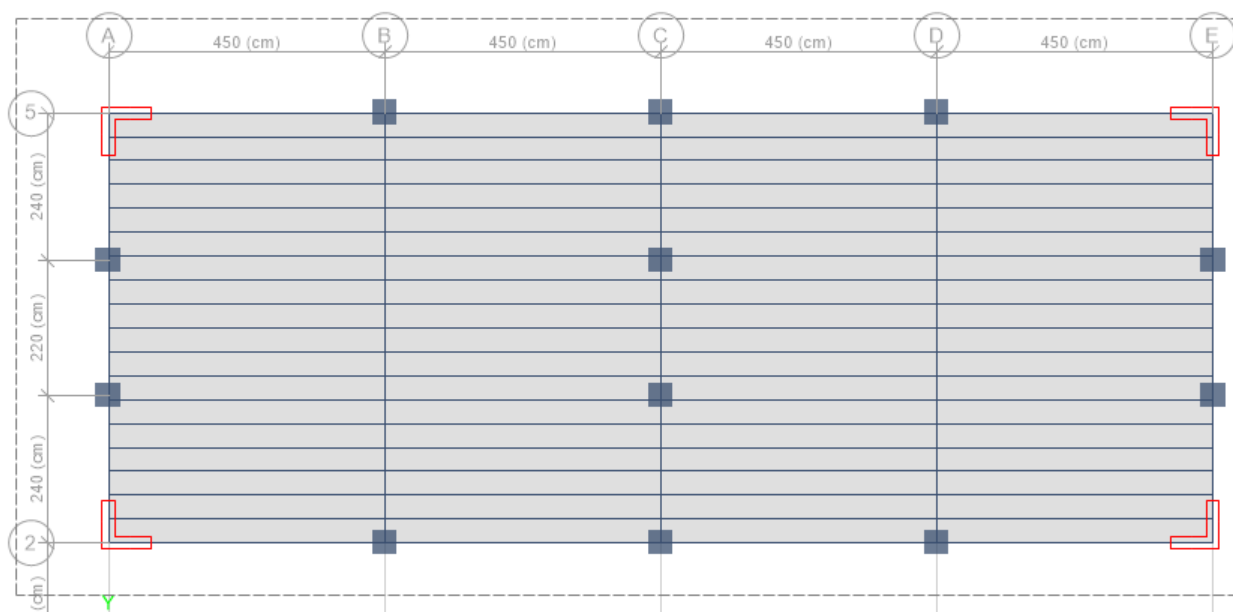
Se muestra la losa del primer piso con el diafragma D1 aplicado.



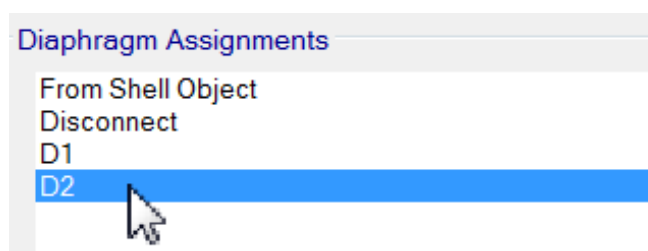
Para el segundo piso, visualizar el plano de planta Story2



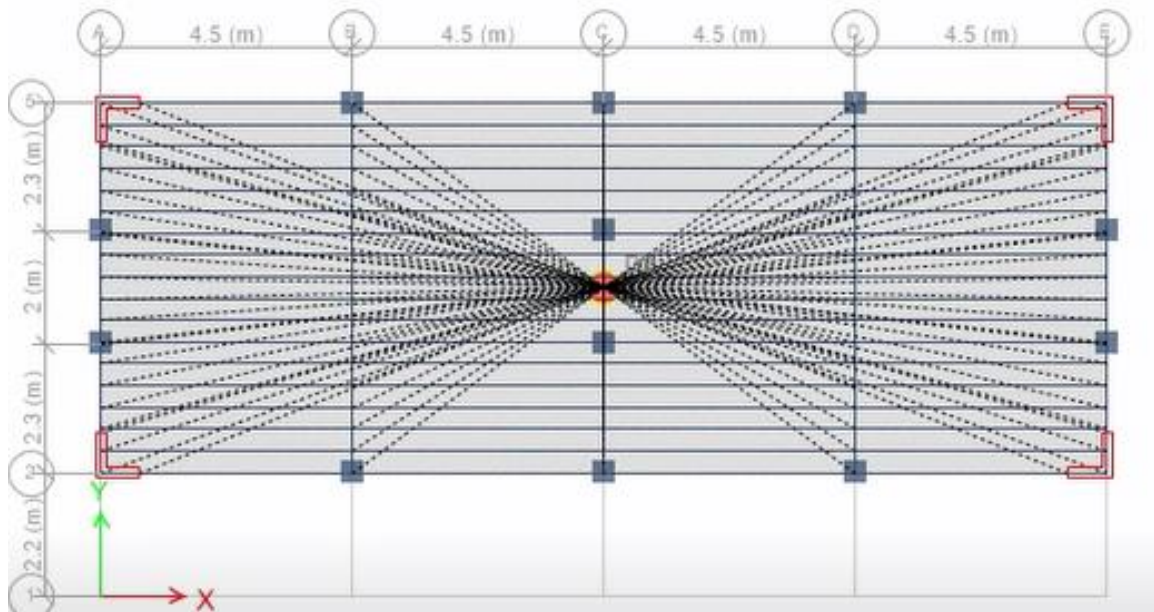
Seleccionar toda la losa.



Indicar el tipo de diafragma por aplicar al segundo piso y pulsar el botón “Apply”

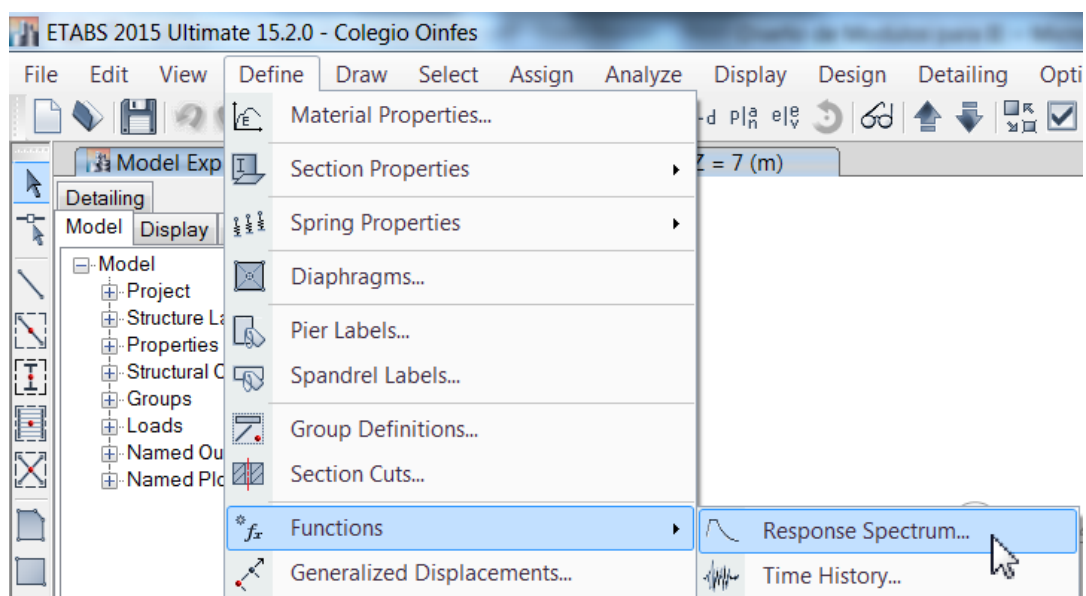


Se muestra la losa del primer piso con el diafragma D2 aplicado.

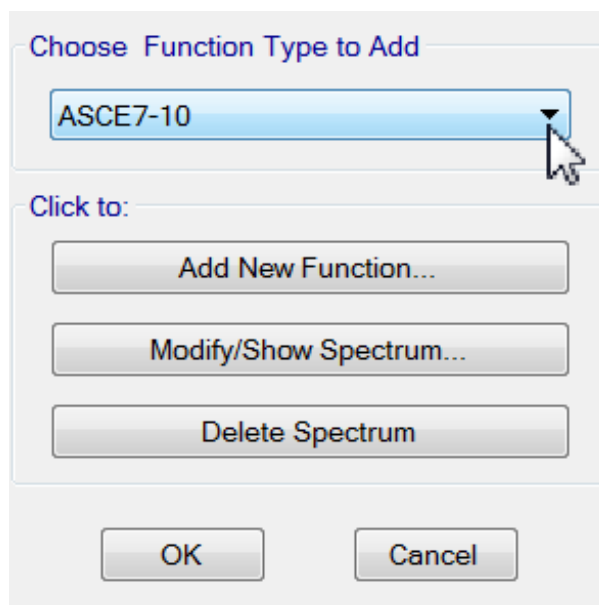


3.7. ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

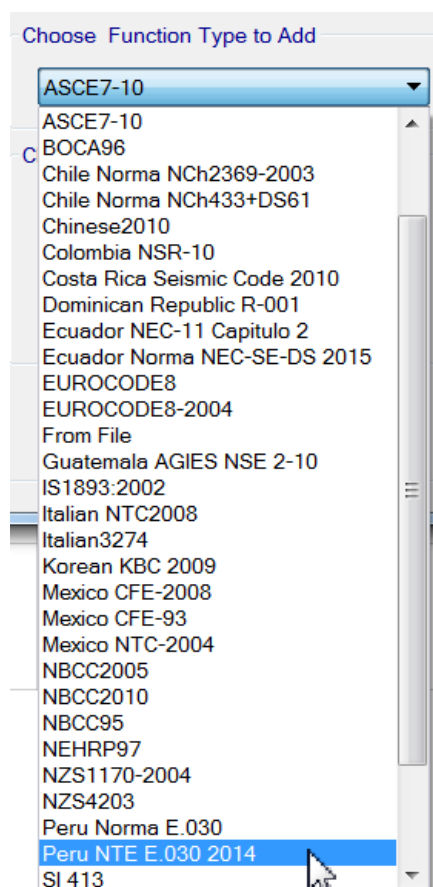
Considerando que el modelo estructural propuesto se ubica en la zona sísmica 3, con un perfil de suelo intermedio S_2 , una categoría de edificación A_2 y un sistema estructural dual donde no se permiten irregularidades en altura y en planta, se deberá definir la función Espectro de Respuesta. Para tal efecto ingresar a la ruta “Define/Functions/Response Spectrum”



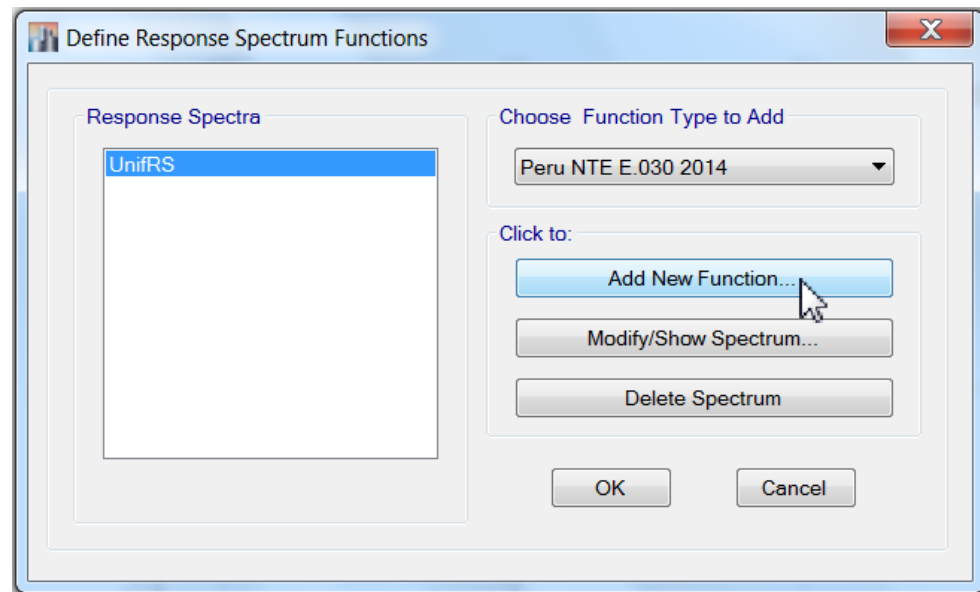
Desplazar el menú combo en la vista “Choose Function Type to Add”



En el menú desplegable, escoger la opción “Perú NTE E.030 2016”



Pulsar el botón “Add New Function” para agregar una nueva función Espectro de Respuesta con la norma NTE E.030 2014.

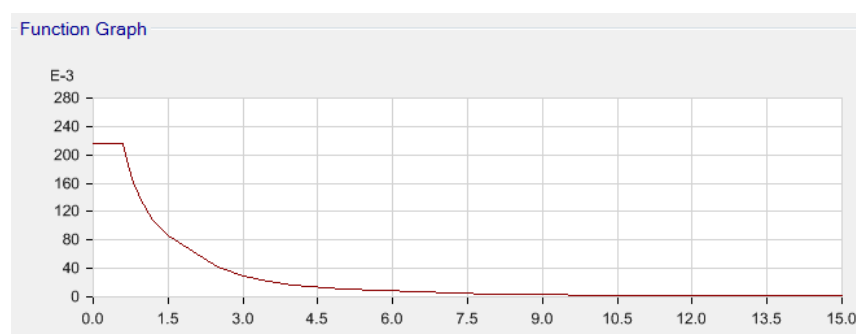


Ingresar los parámetros indicados en la ventana “Response Spectrum Function Definition – Peru NTE E.030 2014”

Parameters		Define Function	
Seismic Zone	Zone 3	Period	Acceleration
Occupation Category	A	0	0.2156
Soil Type	S2	0.1	0.2156
Irregularity Factor, I_a	1	0.2	0.2156
Irregularity Factor, I_p	1	0.3	0.2156
Basic Response Modification Factor, R_0	7	0.4	0.2156

Cuando en la dirección de análisis, la edificación presenta más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente R_0 que corresponda.

Con estos valores se procedió a confeccionar el espectro de sismo de diseño.

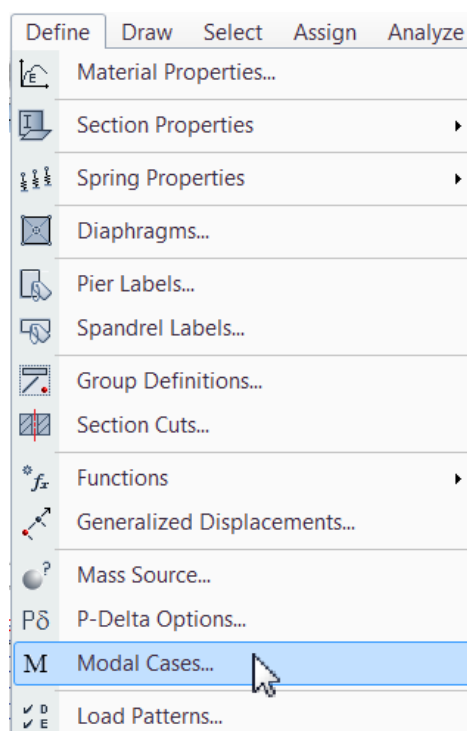


De acuerdo a la Norma E.030-2016 se deberá utilizar uno de los siguientes procedimientos: Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes, Análisis dinámico modal espectral.

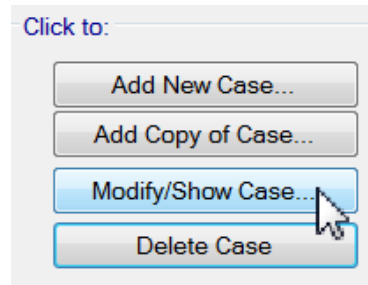
Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado según el numeral 4.5.3 para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

Una vez establecida la función Espectro de Respuesta, se debe proceder a definir los casos modales, para lo cual ingresar a la ruta “Define/Modal Cases”



Para el presente caso, modificar el análisis modal que por defecto incorpora ETABS. Pulsar el botón “Modify/Show Case”



ETABS ejecuta el análisis de Espectros de Respuesta usando el modo de vectores propio (Eigen) o el vector Ritz. La primera opción se recomienda para análisis de Espectro de Respuesta, y la segunda opción para análisis modal Tiempo-Historia.

General	
Modal Case Name	Modal
Modal Case SubType	Eigen
Exclude Objects in this Group	Not Applicable
Mass Source	MsSrc1

Considerando que los pisos de la edificación funcionan como diafragmas rígidos, se usará tres grados de libertad por piso, por lo que se obtienen 6 modos de vibración.

Other Parameters	
Maximum Number of Modes	6
Minimum Number of Modes	1
Frequency Shift (Center)	0 cyc/sec
Cutoff Frequency (Radius)	0 cyc/sec
Convergence Tolerance	1E-09
☒ Allow Auto Frequency Shifting	

3.8. PATRONES DE CARGA

La normativa que se debe usar para determinar las cargas que intervienen en un Análisis y Diseño Estructural, es la NTE E.020 de Cargas. El Art. 2 de la citada norma define:

Carga Muerta (CM): Peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo.

Carga Viva (CV): Peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación.

ETABS considera los siguientes tipos de carga:

Dead: Carga muerta de elementos estructurales (columnas, vigas, losas, etc.). Son típicamente cargas que el programa puede calcular por sí mismo sobre la base de la geometría (longitud, anchura, espesor) y propiedades de los materiales especificados (densidad).

Super Dead: Carga muerta de elementos no estructurales y que no pueden ser calculadas por el programa (tabiquería, acabados, etc.)

Live: Carga viva.

Reducible Live: Carga viva reducible.

Roof Live: Carga viva en techo o azotea.

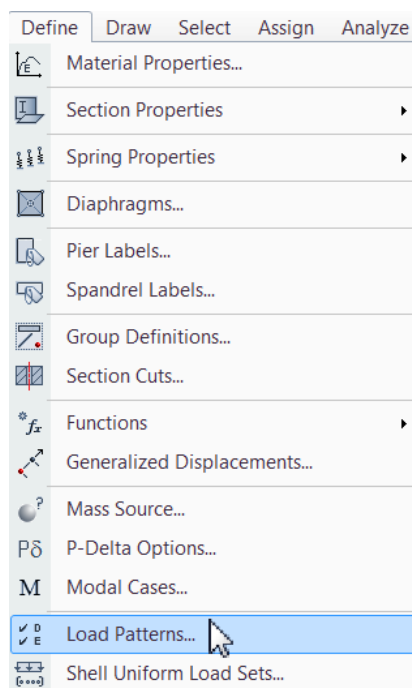
Seismic: Carga sísmica.

Wind: Carga por viento.

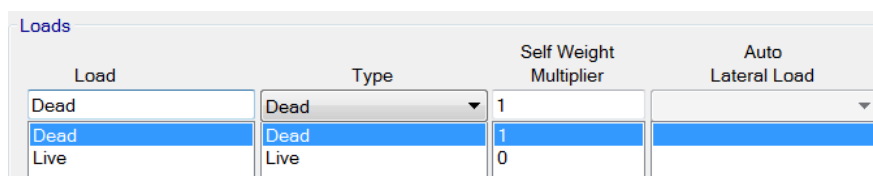
Snow: Carga por nieves.

Cabe destacar que en este acápite de “Load Patterns” sólo se definen los patrones de carga a emplear, no se calculan ni ingresan los valores para cada tipo, ni tampoco se realizan las combinaciones de carga normados.

Ingresar a la ruta “Define/Load Patterns”



Por defecto, ETABS muestra las cargas Dead y Live. En el campo “Load” se ingresa el nombre de la carga, en el campo “Type” se indica el tipo de carga aplicable, el valor 1 del campo “Self Weight Multiplier” indica que se considerará el peso de los elementos estructurales calculados por el programa.



Dead: Carga muerta, compuesta por el peso propio de los elementos estructurales, de acuerdo al Art. 3 de la NTE E.020. Tipo: Dead. Valor: 1

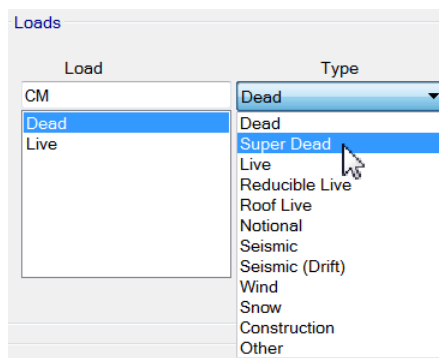
Live: Carga viva mínima repartida, de acuerdo a la Tabla 1 del Art. 6 de la NTE E.020. Tipo: Live.

Además de estas cargas Dead y Live, se necesitan las cargas CM y CV, que se definen para los siguientes casos:

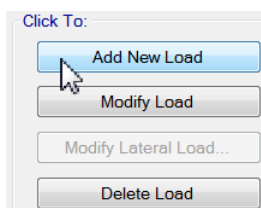
CM: Carga muerta, compuesta por el peso de los elementos no estructurales como equipos, tabiquería y acabados, de acuerdo a los Art. 4 y 5 de la NTE E.020. Tipo: Super Dead.

CV: Carga viva reducible, de acuerdo a los Art. 7 y 10 de la NTE E.020. Tipo: Reducible Live.

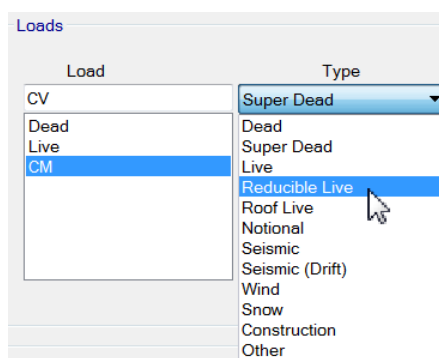
Ingresa en el campo “Load” el nombre de la carga, en el campo “Type” indicar el tipo de carga. Para la carga CM será:



Para que la carga CM quede adicionada al menú general de patrones de carga, pulsar “Add New Load”



Realizar el mismo procedimiento para la carga CV según los datos indicados:



De igual modo, para que la carga CV quede adicionada al menú general de patrones de carga, pulsar “Add New Load”

Hasta aquí los patrones de cargas definidos son los siguientes:

Loads		
Load	Type	Self Weight Multiplier
CV	Reducible Live	0
Dead	Dead	1
Live	Live	0
CM	Super Dead	0
CV	Reducible Live	0

3.9. FUENTE DE MASA

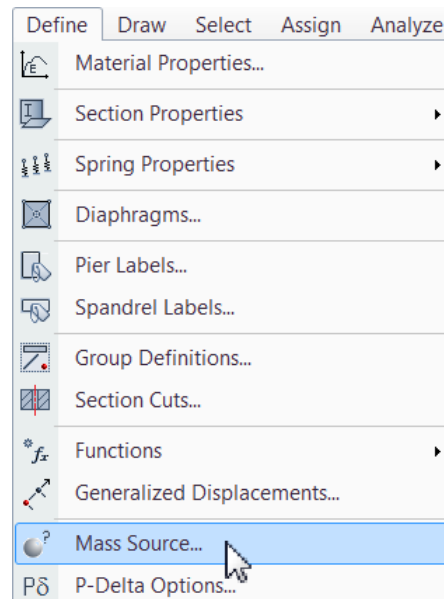
De acuerdo al Art. 4.3 de la NTE E.030-2016, el peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la Edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

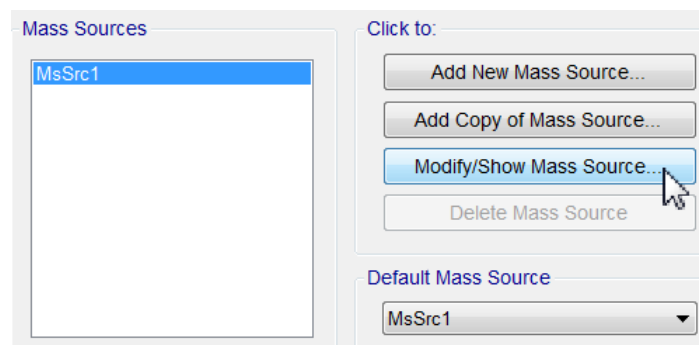
Para el presente caso, la edificación de categoría A y con cargas definidas en el acápite anterior, el peso se determinará así:

$$P = 100\% \text{ Dead} + 100\% \text{ CM} + 50\% \text{ Live} + 25\% \text{ CV}$$

Ingresa a la ruta “Define/Mass Source”



Emplear el tipo de fuente de masa por defecto “MsSrc1” y pulsar la opción “Modify/Show Mass Source”



Activar sólo el botón “Specified Load Patterns” para indicar que la fuente de masa de calculará en función al patrón de cargas definido anteriormente. Desactivar las opciones “Element Self Mass” y “Additional Mass” para no duplicar el peso propio de los elementos estructurales que contiene la carga Dead.

Mass Source Name: MsSrc1

Mass Source

☐ Element Self Mass

☐ Additional Mass

☒ Specified Load Patterns

☐ Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:

Aplicando el Art. 4.3 de la NTE E.030-2016, adicionamos la carga Dead al 100%

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Dead	1

Add
Modify
Delete

Mass Options

☒ Include Lateral Mass

☐ Include Vertical Mass

☒ Lump Lateral Mass at Story Levels

Adicionar la carga CM al 100%

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Dead	1

Add
Modify
Delete

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
CM	1
Dead	1
CM	1

Add
Modify
Delete

Adicionar la carga Live al 50%

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
CM	1
Dead	1
Live	1
CM	
CV	
SX-est	
SY-est	

Add Modify Delete

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Live	0.5
Dead	1
CM	1
Live	0.5

Add Modify Delete

Adicionar la carga CV al 25%

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Live	0.5
Dead	1
Live	1
CM	0.5
CV	
SX-est	
SY-est	

Add Modify Delete

Mass Multipliers for Load Patterns

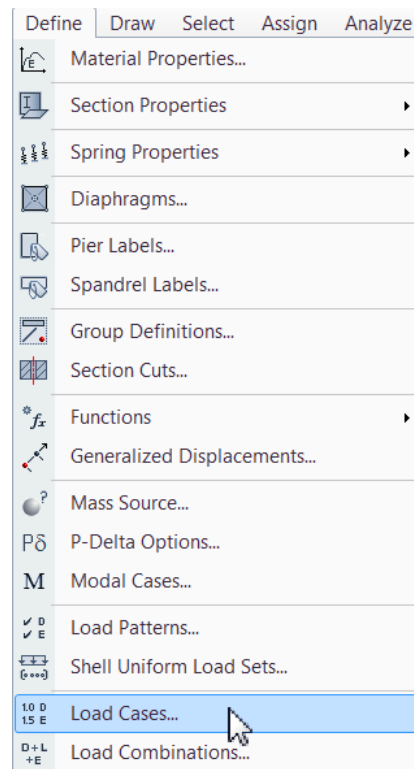
Load Pattern	Multiplier
CV	0.25
Dead	1
CM	1
Live	0.5
CV	0.25

Add Modify Delete

Se cumple: $P = 100\% \text{ Dead} + 100\% \text{ CM} + 50\% \text{ Live} + 25\% \text{ CV}$

3.10. CASOS DE CARGA

Ingresa a la ruta “Define/Load Cases”



A continuación ETABS muestra el patrón de cargas estáticas ingresado. Para el caso de Análisis Estático, las cargas de sismo son las mostradas, pero para Análisis Dinámico Modal Espectral, se deben crear las cargas del espectro de respuesta para las direcciones X e Y.

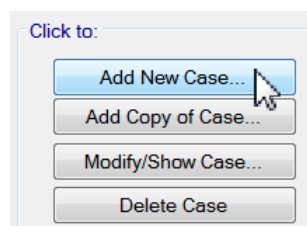
Load Cases

Load Case Name	Load Case Type
Dead	Linear Static
Live	Linear Static
CV	Linear Static
CM	Linear Static

Estos tipos de carga se ajustan a lo indicado en el Art. 4.6.3 de las NTE E.030-2016.

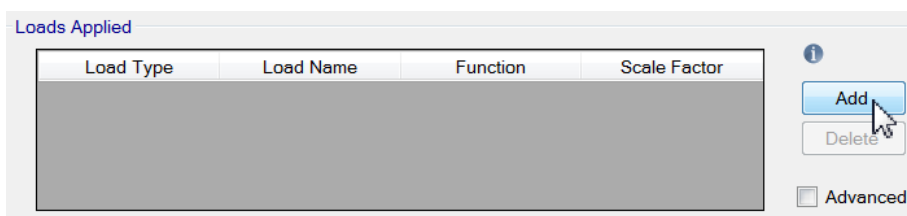
La respuesta máxima elástica esperada correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados podrá determinarse usando la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.

Pulsar el botón “Add New Case”



A continuación definir la carga SPECX de tipo Espectro de Respuesta.

En la ventana “Loads Applied” pulsar la opción “Add” para agregar una carga aplicada de SPECX



Para la dirección en X la carga aplicada será U1, la función E.030 y el factor de escala el valor de la aceleración de la gravedad.

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	E030	9806.65

☐ Advanced

De acuerdo al Art. 4.6.2 de las NTE E.030-2016, se indica que para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales. Por lo tanto, adicionar un registro para la dirección vertical U3 y un factor de escala igual a 2/3 del valor de la aceleración de la gravedad.

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	E030	9806.65
Acceleration	U3	E030	6537.77

En el campo “Diaphragm Eccentricity” modificar la excentricidad para los diafragmas de piso definidos.

Modal Damping: Constant at 0.05

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

Ingresa el valor 0.05

Default Eccentricity for Response Spectrum Analysis

Eccentricity Ratio (Applies to All Diaphragms Except those Overwritten Below)

A continuación definir la carga SPECY de tipo Espectro de Respuesta.

General

Load Case Name: Sism Dinam Y

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MSrc1)

En la ventana “Loads Applied” pulsar la opción “Add” para agregar una carga aplicada de SPECY

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
-----------	-----------	----------	--------------

Buttons: Add, Delete, Advanced (checkbox)

Para la dirección en Y la carga aplicada será U2, la función E.030 y el factor de escala el valor de la aceleración de la gravedad.

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	E030	9806.65

Buttons: Add, Delete, Advanced (checkbox)

De acuerdo al Art. 4.6.2 de las NTE E.030-2016, se indica que para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales. Por lo tanto, adicionar un registro para la dirección vertical U3 y un factor de escala igual a 2/3 del valor de la aceleración de la gravedad.

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	E030	9806.65
Acceleration	U3	E030	6537.77

En el campo “Diaphragm Eccentricity” modificar la excentricidad para los diafragmas de piso definidos.

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms [Modify/Show...]

Ingresa el valor 0.05

Default Eccentricity for Response Spectrum Analysis

Eccentricity Ratio (Applies to All Diaphragms Except those Overwritten Below)

Para ambos casos, se observa que el método de combinación modal es CQC (combinación cuadrática completa), como lo indica la norma vigente.

Other Parameters

Modal Load Case

Modal Combination Method

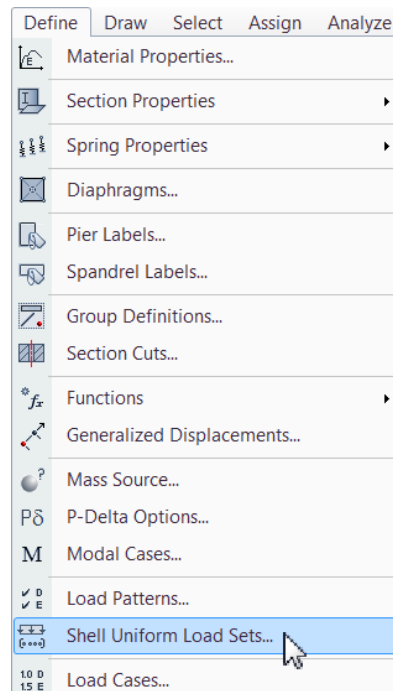
Los casos de carga definidos son:

Load Case Name	Load Case Type
Dead	Linear Static
Live	Linear Static
CM	Linear Static
CV	Linear Static
Sism Dinam X	Response Spectrum
Sism Dinam Y	Response Spectrum

Se opta por el Análisis Dinámico las cargas a usar son: Dead, Live, CM, CV, Sism Dinam X, Sism Dinam Y.

3.11. CARGAS UNIFORMES APLICADAS EN LOSAS

Para ingresar los valores de las diversas cargas uniformes que actúan sobre las losas de entresijos, corredor y azotea, seguir la ruta “Define/Shell Uniform Load Sets”



De acuerdo al tipo de cargas y a la Tabla 1 de la NTE E.020 Cargas, para el uso de Centros de Educación, se tienen los siguientes valores para la Carga Viva:

Aulas: 250 kg/m^2

Corredores: 400 kg/m^2

Azotea: 100 kg/m^2 , según Art. 7.1.a

En cuanto a la Carga Muerta se tiene:

Aulas: Acabados 100 kg/m^2

Tabiquería 60 kg/m^2

Corredores: Acabados 100 kg/m^2

Tabiquería 60 kg/m^2

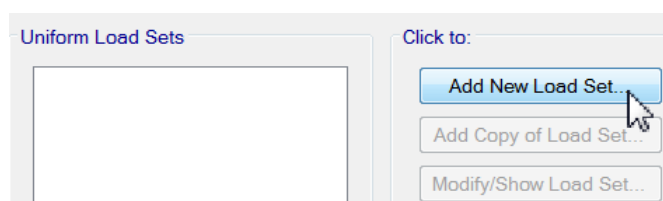
Azotea: Acabados 100 kg/m^2

Tipo de Carga	Live (kg/m ²)	CV (kg/m ²)	CM (kg/m ²)
Entrepisos	250	-	160
Corredores	400	-	160
Azotea	-	100	100

En la Carga Muerta no se ha considerado el peso propio, por cuanto se ha configurado que éste sea calculado por ETABS mediante la carga Dead.

Notar que la carga viva repartida Live se aplica en Entrepisos y Corredores, y la carga viva reducible CV se aplica sólo en la Azotea.

Pulsar la opción “Add New Load Set” para agregar nuevas cargas.



Ingresar los valores de las cargas, de acuerdo a la tabla elaborada líneas arriba.

Caso de carga: Entrepisos

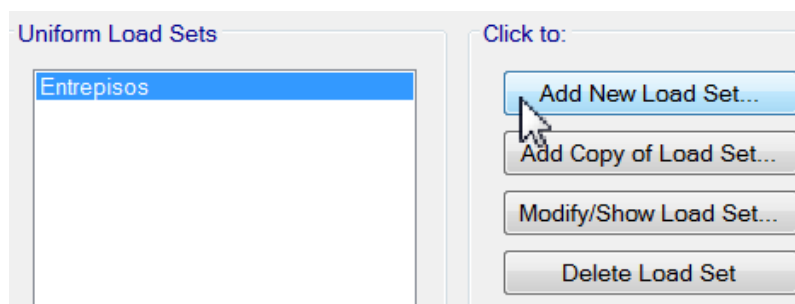
Uniform Load Set Name:

Load Set Loads

Load Pattern	Load Value (kgf/m ²)
Live	250
CM	160

Add Delete

Pulsar la opción “Add New Load Set” para agregar nuevas cargas.



Caso de carga: Corredor

Uniform Load Set Name: Corredor

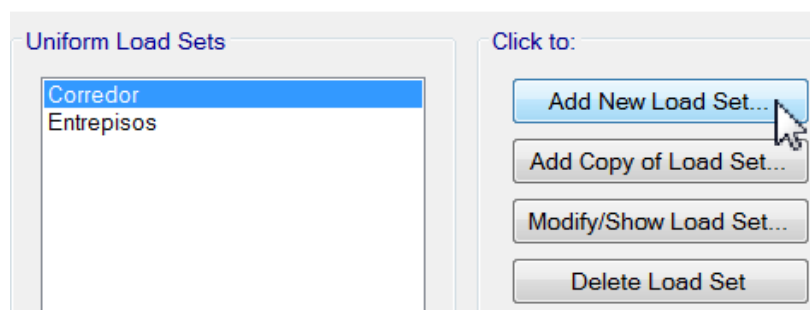
Load Set Loads

Load Pattern	Load Value (kgf/m ²)
Live	400
CM	160

Add

Delete

Pulsar la opción “Add New Load Set” para agregar nuevas cargas.



Caso de carga: Azotea

Uniform Load Set Name: Azotea

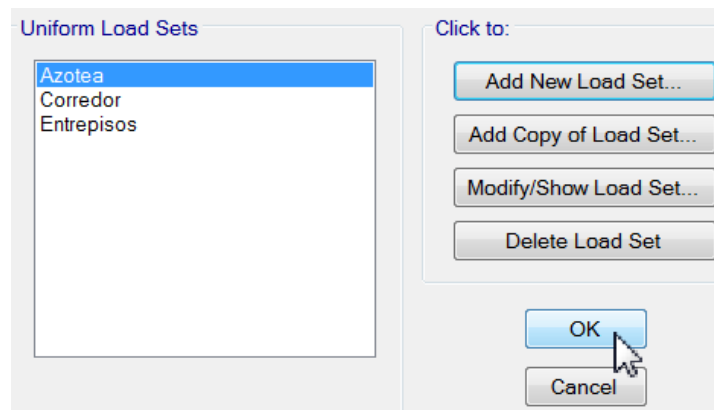
Load Set Loads

Load Pattern	Load Value (kgf/m ²)
CV	100
CM	100

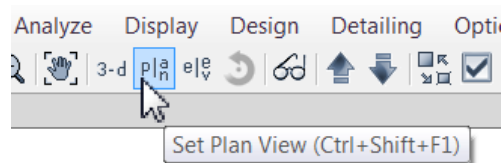
Add

Delete

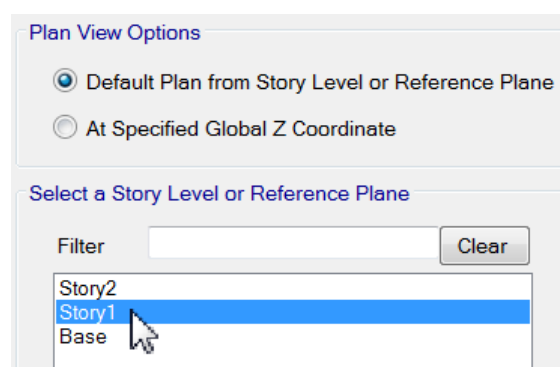
Pulsar “ok” al terminar de configurar los casos de carga.



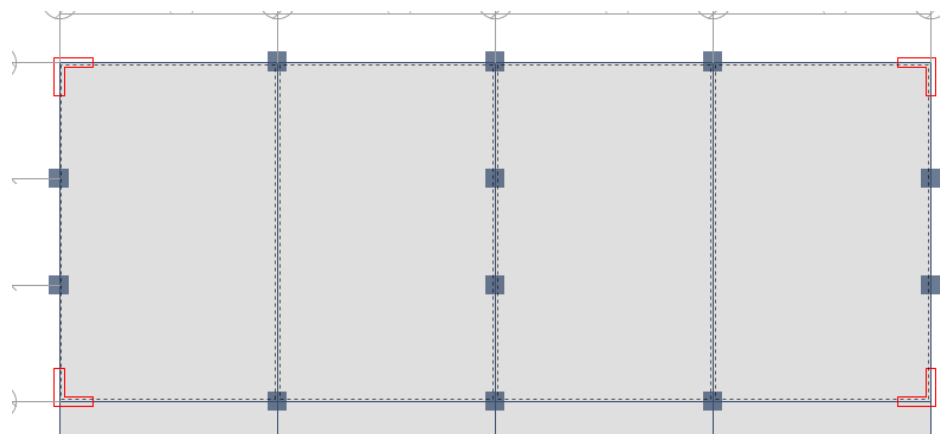
Una vez definidos los casos de carga, proceder a la asignación de éstas en las losas del modelo estructural, para ello seleccionar el ícono “Set Plan View” ubicado en el menú de barra superior.



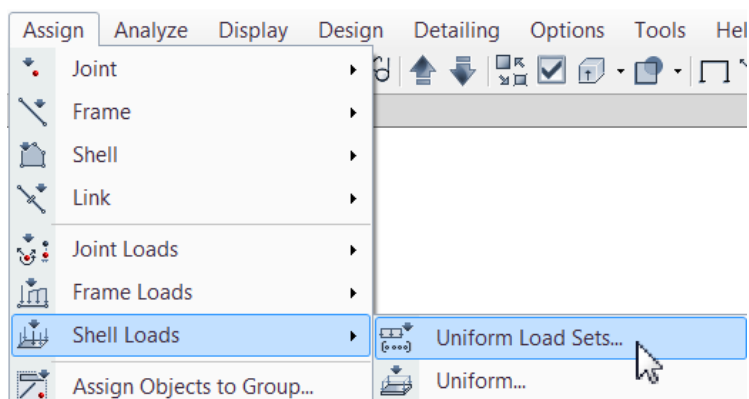
Seleccionar el primer piso “Story1” para asignarle las cargas respectivas.



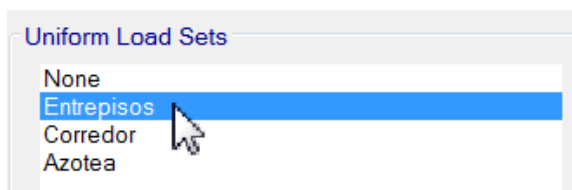
Hacer “click” solamente sobre las losas de las aulas.



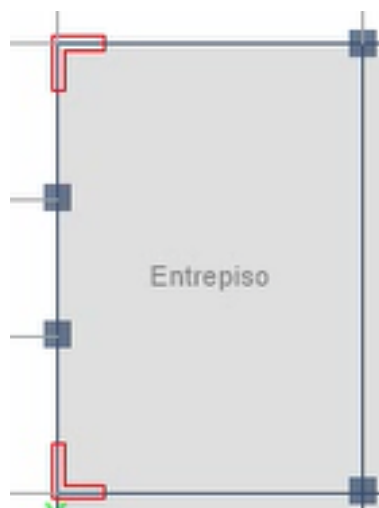
Ir a la ruta “Assign/Shell Loads/Uniform Load Sets”



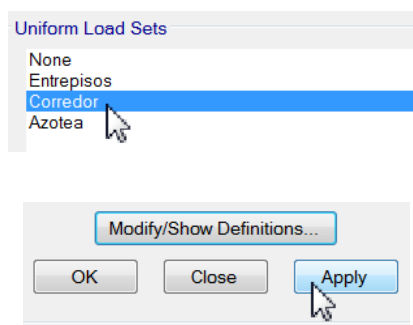
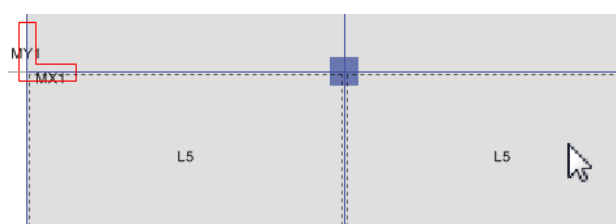
Ubicar la carga Entrepisos y pulsar el botón “Apply”



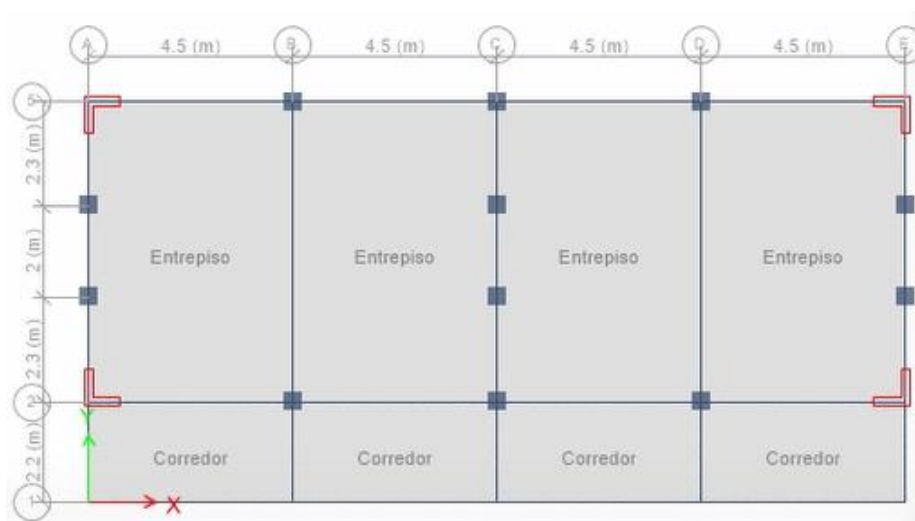
Se observa el nombre de la carga asignada Entrepisos se muestra en todas las losas seleccionadas anteriormente.



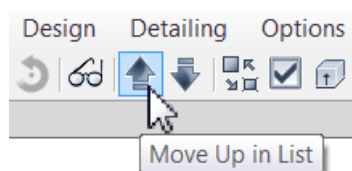
Ahora seleccionar todas las losas del corredor, y en el cuadro “Uniform Load Sets” ubicar la carga Corredor y pulsar el botón “Apply” y luego “ok”



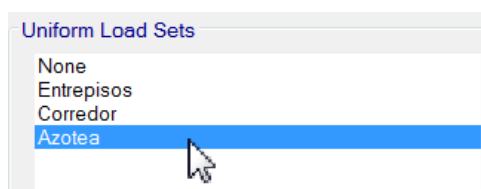
La losa del primer piso se muestra así:



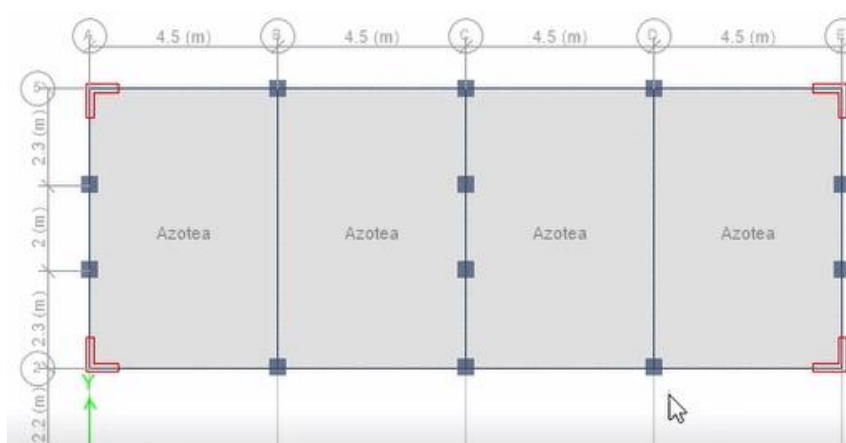
Ubicar el plano de planta del segundo piso, pulsando el ícono “Move Up in List”



Del mismo modo, seleccionar las losas de la Azotea y en el cuadro “Uniform Load Sets” ubicar la carga Azotea y pulsar el botón “Apply” y luego “ok”



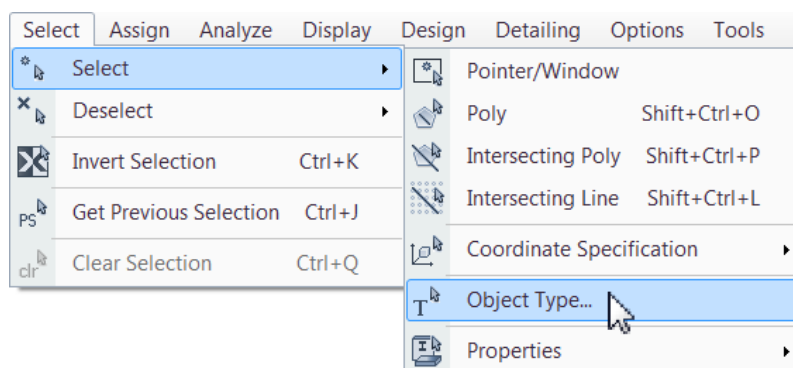
La losa del segundo piso se muestra así:



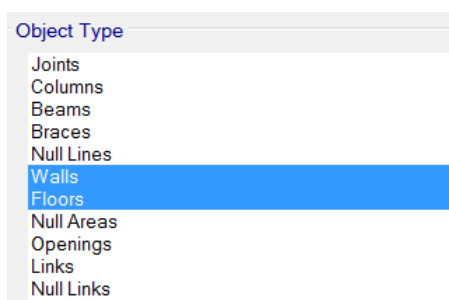
3.12. ENMALLADO

Una vez dibujados los muros de corte y las losas macizas de piso, éstos deben discretizarse o enmallarse en elementos menores para su análisis.

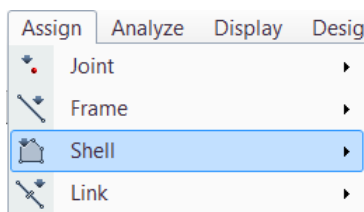
Seleccionar todos los muros de corte a través de la ruta “Select/Select/Object Type”

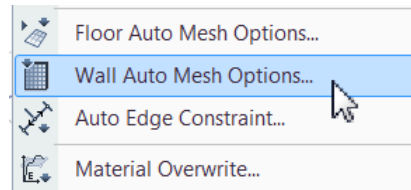


Ubicar el objeto “Walls” para los muros de corte y “Floors” para la losa maciza, y pulsar el botón “Select” y “Close”

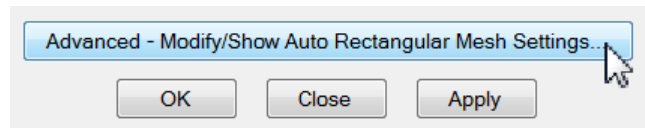


Para el enmallado del presente caso, ingresar a la ruta “Assign/Shell/Wall Auto Mesh Options”

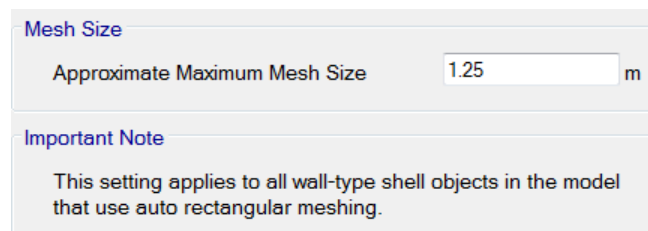




Seleccionar el botón “Advanced – Modify/Show Auto Rectangular Mesh Settings”



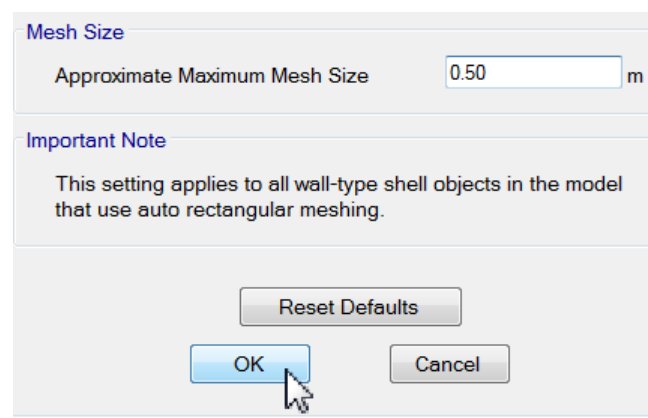
A continuación se presenta la siguiente ventana.



En la vista “Mesh Size” se indica que el tamaño máximo de la malla que por defecto configura ETABS es de 1.25 m, lo cual deberá cambiar por 0.50 m para un análisis más preciso.

Asimismo, se muestra una nota que advierte que esta configuración aplica a todos los muros que emplean la opción automallado rectangular.

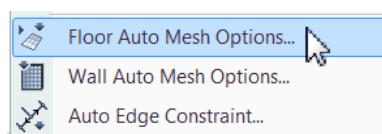
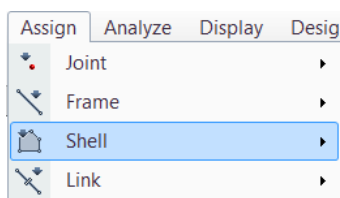
Una vez realizados los cambios, pulsar “ok”



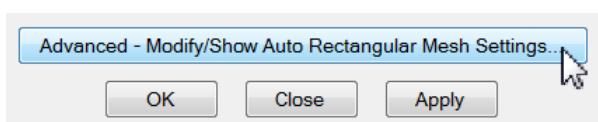
Para que las modificaciones del tamaño de mallado se apliquen, cambiar a la opción “Auto Rectangular Mesh” y pulsar “ok”



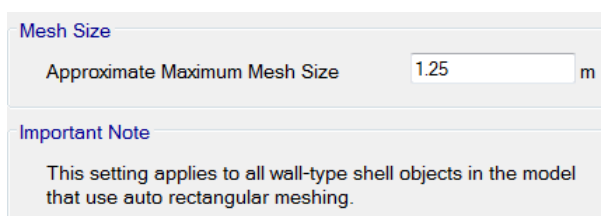
De igual manera realizar el enmallado para la losa maciza. Ingresar a la ruta “Assign/Shell/Floor Auto Mesh Options”



Seleccionar el botón “Advanced – Modify/Show Auto Rectangular Mesh Settings”

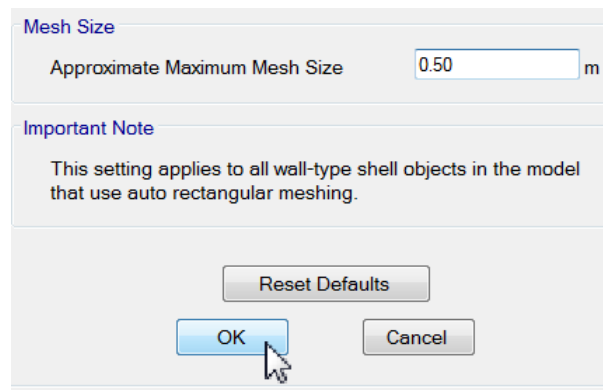


A continuación se presenta la siguiente ventana.

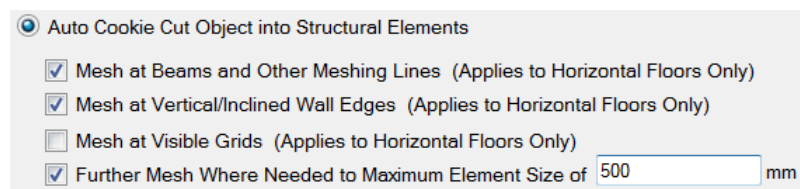


En la vista “Mesh Size” se indica que el tamaño máximo de la malla que por defecto configura ETABS es de 1.25 m, lo cual deberá cambiar por 0.50 m para un análisis más preciso.

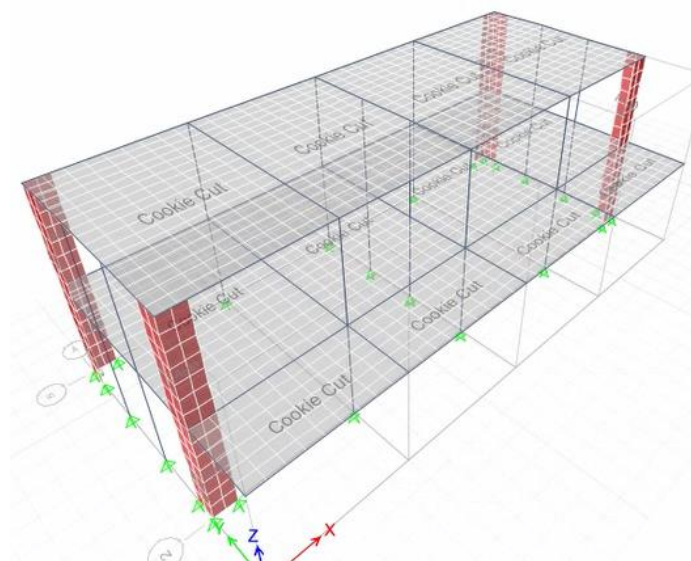
Una vez realizados los cambios, pulsar “ok”



Para que las modificaciones del tamaño de mallado se apliquen, cambiar a la opción “Auto Rectangular Mesh” y pulsar “ok”

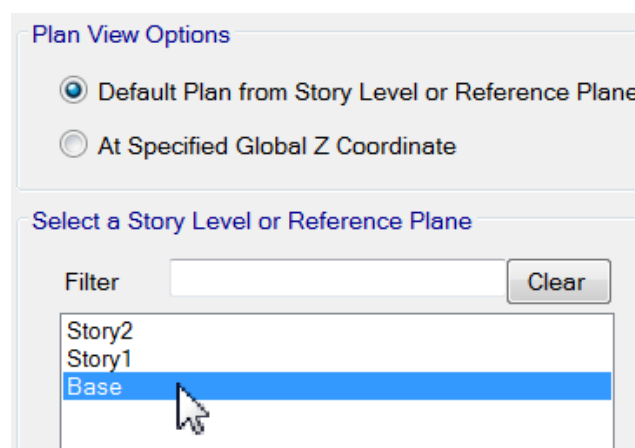
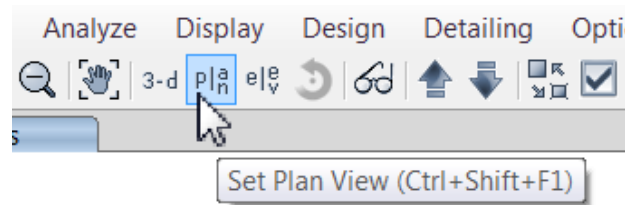


En la vista 3D se observa que los muros de corte aparecen con un texto “Auto”, que significa que éstos se encuentran discretizados en el modo “Auto Rectangular Mesh”; y las losas macizas aparecen con el texto “Cookie Cut” que significa que éstos se enmallan en el modo “Auto Cookie Cut Object into Structural Elements”. Observar la cuadrícula en cada elemento.

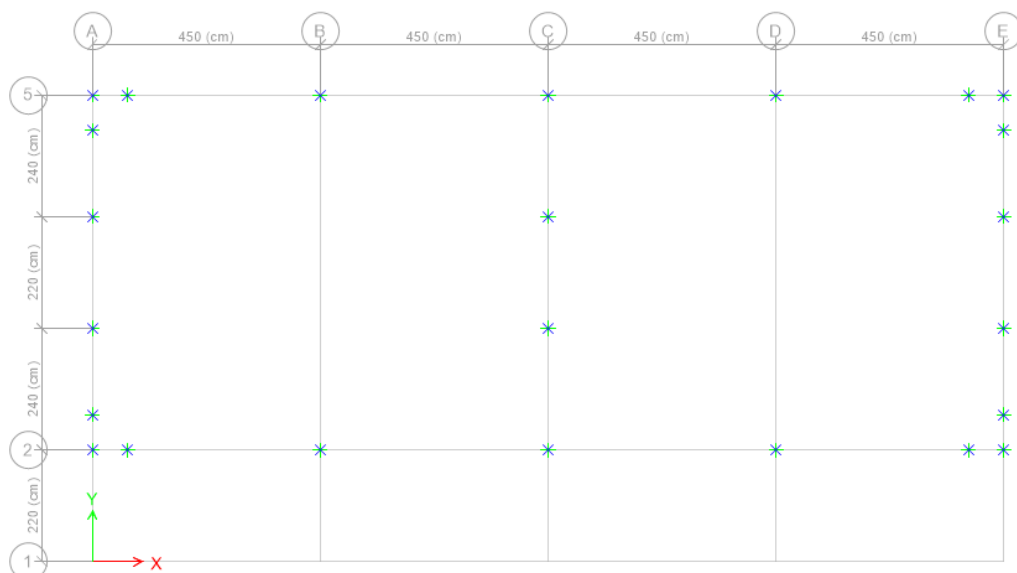


3.13. ASIGNAR RESTRICCIONES

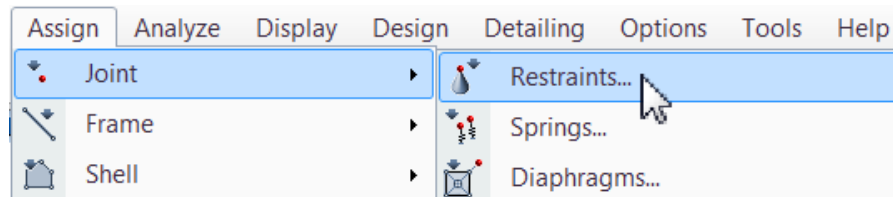
Una vez dibujadas las columnas y discretizados los muros de corte, seleccionar el plano de planta de la Base.



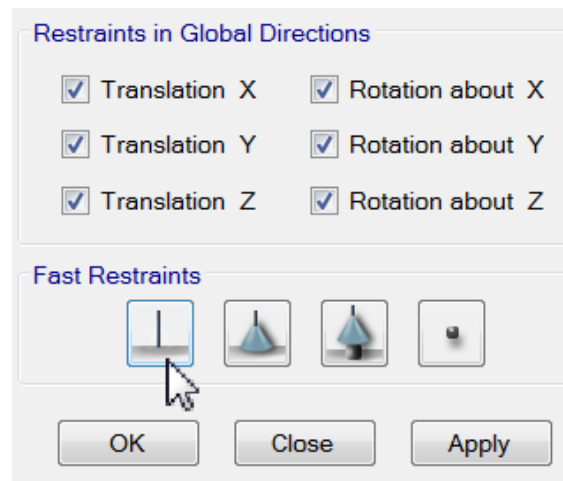
Seleccionar todos los nudos de las columnas y muros de corte.



Ingresa a la ruta “Assign/Joint/Restrains”



Pulsar el primer ícono que representa empotramiento, para asignar a los nudos seleccionados restricciones de traslación y rotación en los tres ejes globales.



3.14. COMBINACIONES DE CARGA

De acuerdo al Art. 9.2 de la NTE E.060 Concreto, la resistencia requerida para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) será como mínimo:

$$U = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de sismo (CS), la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1.25 (\text{CM} + \text{CV}) \pm \text{CS}$$

$$U = 0.9 \text{ CM} \pm \text{CS}$$

Si se opta por el Análisis Estático, las combinaciones son:

$$U_1 = 1.4 (\text{Dead} + \text{CM}) + 1.7 (\text{Live} + \text{CV})$$

$$U_{2,3} = 1.25 (\text{Dead} + \text{CM}) + 1.25 (\text{Live} + \text{CV}) \pm \text{SX-est}$$

$$U_{4,5} = 1.25 (\text{Dead} + \text{CM}) + 1.25 (\text{Live} + \text{CV}) \pm \text{SY-est}$$

$$U_{6,7} = 0.9 (\text{Dead} + \text{CM}) \pm \text{SX-est}$$

$$U_{8,9} = 0.9 (\text{Dead} + \text{CM}) \pm \text{SY-est}$$

Para el Análisis Dinámico, las combinaciones son:

$$U_1 = 1.4 (\text{Dead} + \text{CM}) + 1.7 (\text{Live} + \text{CV})$$

$$U_2 = 1.25 (\text{Dead} + \text{CM}) + 1.25 (\text{Live} + \text{CV}) + \text{SPECX}$$

$$U_3 = 1.25 (\text{Dead} + \text{CM}) + 1.25 (\text{Live} + \text{CV}) + \text{SPECY}$$

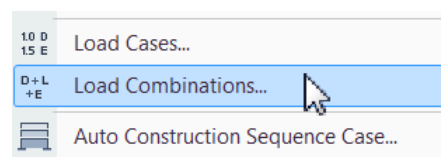
$$U_4 = 0.9 (\text{Dead} + \text{CM}) + \text{SPECX}$$

$$U_5 = 0.9 (\text{Dead} + \text{CM}) + \text{SPECY}$$

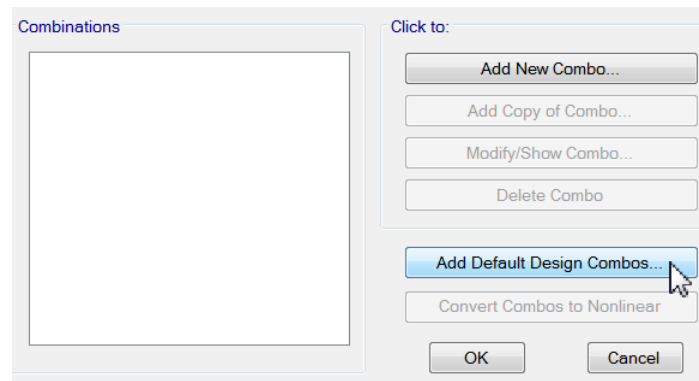
En ambos casos, se adicionará la combinación envolvente:

$$ENV = \sum_n^1 U_i$$

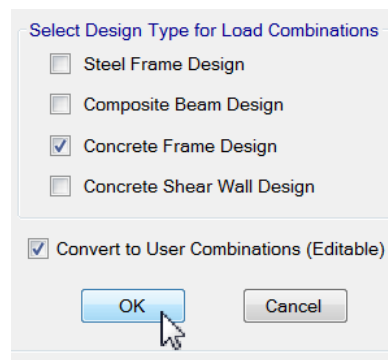
Ir a la ruta “Define/Load Combinations”



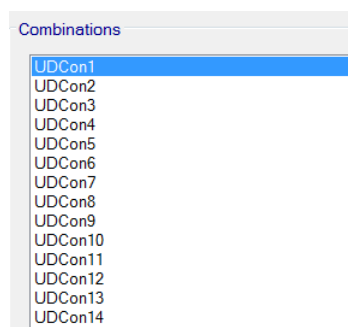
Para agregar combinaciones de carga por defecto se puede pulsar la opción “Add Default Design Combos” o “Add New Combo”. Usar la primera opción para apreciar su contenido.



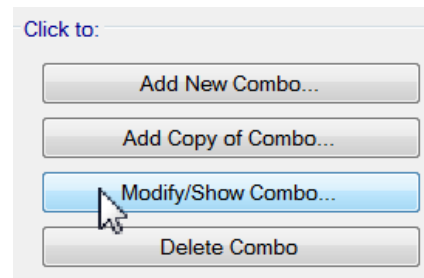
Seleccionar “Concrete Frame Design” para indicar que ETABS presente las combinaciones de carga para diseño de elementos tipo frame (columnas, vigas); activar la opción “Convert to User Combinations” para modificar estas combinaciones.



A continuación se muestran 14 combinaciones de carga por defecto.



Seleccionar cada combinación, una a una, y pulsar el botón “Modify/Show Combo” para ver su composición.



UDCon1 = 1.4 (Dead+CM)

General Data

Load Combination Name: UDCon1

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1.4
CM	1.4

Add Delete

UDCon2 = 1.2 (Dead+CM) + 1.6 (Live+CV)

General Data

Load Combination Name: UDCon2

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1.2
Live	1.6
CM	1.2
CV	1.6

Add Delete

Y así sucesivamente. Se observa que estas combinaciones se ajustan a lo indicado en el Código ACI 318S-14; pero se necesita lo establecido en las Normas Peruanas, por lo que se descarta esta opción.

Emplear la opción “Add New Combo”

Combinations

Click to:

Add New Combo...

Add Copy of Combo...

Modify/Show Combo...

Delete Combo

Add Default Design Combos...

Convert Combos to Nonlinear

$$U_1 = 1.4 (\text{Dead} + \text{CM}) + 1.7 (\text{Live} + \text{CV})$$

General Data

Load Combination Name

Comb1

Combination Type

Linear Add

Notes

Modify/Show Notes...

Auto Combination

No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1.4
CM	1.4
Live	1.7
CV	1.7

Add

Delete

$$U_2 = 1.25 (\text{Dead} + \text{CM}) + 1.25 (\text{Live} + \text{CV}) + \text{SPECX}$$

General Data

Load Combination Name

Comb2

Combination Type

Linear Add

Notes

Modify/Show Notes...

Auto Combination

No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1.25
CM	1.25
Live	1.25
CV	1.25
SPECX	1

Add

Delete

$$U_3 = 1.25 (\text{Dead} + \text{CM}) + 1.25 (\text{Live} + \text{CV}) + \text{SPECY}$$

General Data

Load Combination Name: Comb3

Combination Type: Linear Add

Notes: [Modify/Show Notes...](#)

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1.25
CM	1.25
Live	1.25
CV	1.25
SPECY	1

[Add](#) [Delete](#)

$$U_4 = 0.9 (\text{Dead} + \text{CM}) + \text{SPECX}$$

General Data

Load Combination Name: Comb4

Combination Type: Linear Add

Notes: [Modify/Show Notes...](#)

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	0.9
CM	0.9
SPECX	1

[Add](#) [Delete](#)

$$U_5 = 0.9 (\text{Dead} + \text{CM}) + \text{SPECY}$$

General Data

Load Combination Name: Comb5

Combination Type: Linear Add

Notes: [Modify/Show Notes...](#)

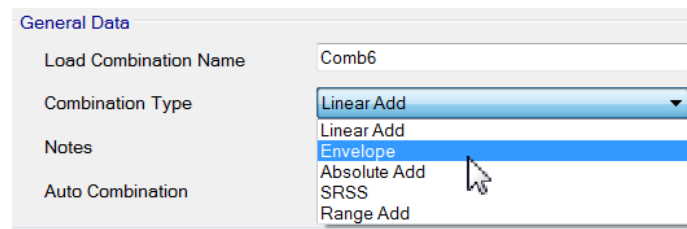
Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

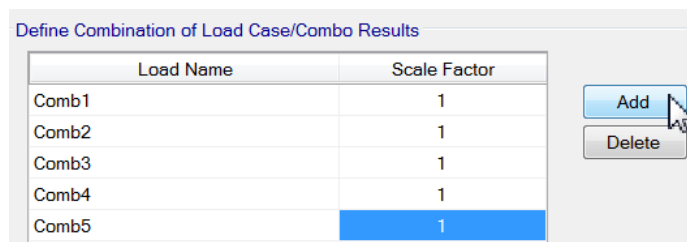
Load Name	Scale Factor
Dead	0.9
CM	0.9
SPECY	1

[Add](#) [Delete](#)

Ahora ingresar la combinación envolvente:

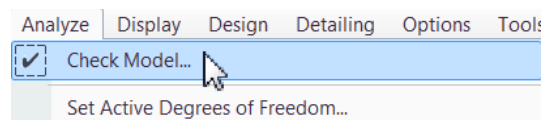


$$\text{ENV} = \text{Comb1} + \text{Comb2} + \text{Comb3} + \text{Comb4} + \text{Comb5}$$

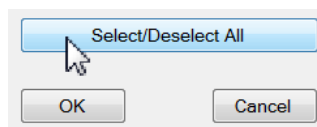


3.15. ANÁLISIS DEL MODELO

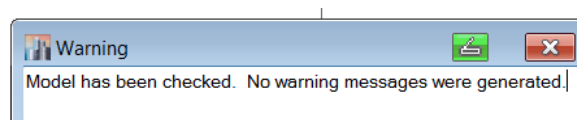
Antes de proceder a ejecutar el análisis estructural, primero se debe verificar la consistencia del modelo. Ingresar a la ruta “Analyze/Check Model”



Seleccionar todas las opciones de verificación y pulsar “ok”

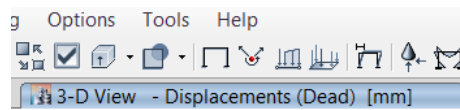


Si el modelo no contiene errores, se muestra la siguiente ventana.

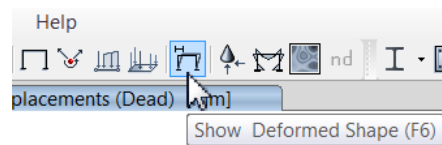


Por lo tanto, ir a la ruta “Analyze/ Run Analysis”

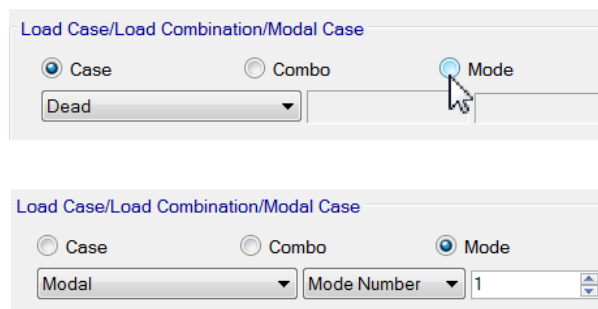
Una vez culminado el análisis interno, se muestra por defecto una ventana de los desplazamientos por carga Dead.



Ir al ícono “Show Deformed Shape” o pulsar la tecla F6 para modificar la visualización de resultados gráficos.



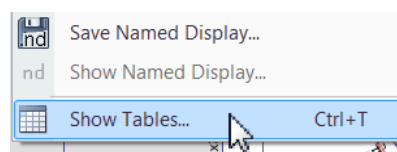
Seleccionar el botón “Mode” y pulsar “ok” para que ETABS visualice los resultados del análisis modal.



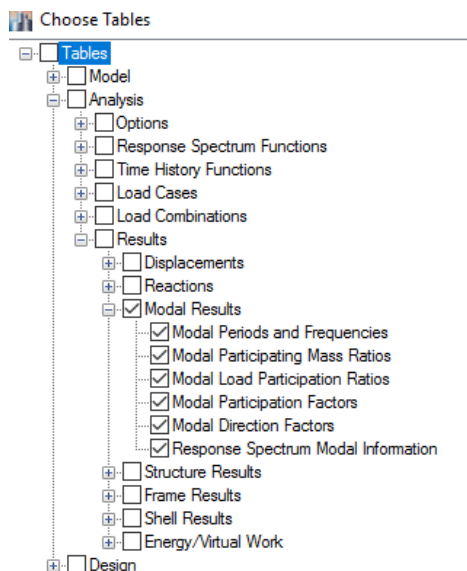
En la barra inferior derecha pulsar la opción “Start Animation” para visualizar animadamente el efecto del análisis en el modo 1. Pulsar el botón “>>” para continuar los siguientes modos.



En la ruta “Display/Show Tables” se procede a visualizar los resultados en forma de tablas o cuadros, para su análisis.



Desplegar el árbol de la opción “Analysis”, “Results”, y activar la tabla “Modal Results”



A continuación se muestra la tabla “Modal Load Participating Ratios” en la ventana inferior.

VERIFICACION DE PARTICIPACION MODAL					CUMPLE
Modal Load Participation Ratios					
1 de 3 Reload Apply					
	Case	Item Type	Item	Static %	Dynamic %
▶	Modal	Acceleration	UX	100	98.6
	Modal	Acceleration	UY	100	98.62
	Modal	Acceleration	UZ	0	0

De acuerdo al Art. 4.6.1 Modos de Vibración, de las NTE E.030-2016, los periodos naturales y modos de vibración podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas. En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

En la tabla mostrada se observa que en el caso modal 5, la sumatoria de las masas en ambas direcciones ha superado el 90% establecido en las normas vigentes.

Modal Participating Mass Ratios								
5 de 6 Reload Apply								
	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
	Modal	1	0.235	0.8273	0	0	0.8273	0
	Modal	2	0.202	0	0.8556	0	0.8273	0.8556
	Modal	3	0.147	0.0003	0	0	0.8277	0.8556
	Modal	4	0.071	0.157	0	0	0.9847	0.8556
►	Modal	5	0.066	0	0.1305	0	0.9847	0.9862
	Modal	6	0.045	0.0014	0	0	0.986	0.9862

El campo “Sum UX” presenta el valor 98.47% y el campo “Sum UY” el 98.62%. Para el período 0.066, el valor de la aceleración es $C_b = 0.2156$ (del gráfico de la función)

A continuación se realizara la verificación de Desplazamientos laterales de acuerdo al Artículo 5.1 Determinación de Desplazamientos laterales, de las NTE E.030-2016, para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularan multiplicando por $0.75 R$ los resultados obtenidos del análisis lineal y estático con las solicitaciones sísmicas reducidas.

Por lo tanto se creara una combinación en la opción “Define/Load Combination” con los factores de las NTE E.030-2016.

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: Desplazamientos 0.75*R

Combination Type: Envelope

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

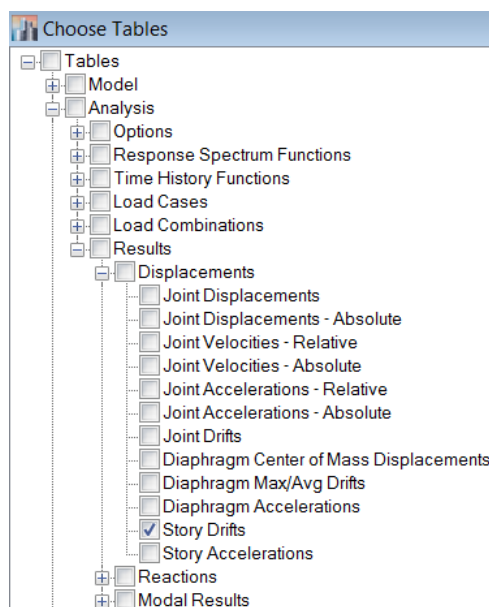
Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Sism Din X	5.25
Sism Din Y	0.75

Add Delete

OK Cancel

A continuación desplegar el árbol de la opción “Analysis”, “Results”, “Displacements” y activar la tabla “Story Drifts”



De acuerdo al Art. 5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Permisibles, de la NTE E.030-2016, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el numeral 5.1, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11.

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial serán establecidos por el diseñador, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta Tabla.

Filtrar la combinación Desplazamientos 0,75 R antes definida

VERIFICACION DE DESPLAZAMIENTOS LATERALES. -							
DIRECCION X. -		CUMPLE SON <0.007					
TABLE: Story Drifts							
Story	d Case/Co	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Story2	Desplazami	X	0.003089	19	18	2.2	6.6
Story1	Desplazami	X	0.002288	20	17.3	2.2	3.3
DIRECCION Y. -		CUMPLE SON <0.007					
TABLE: Story Drifts							
Story	d Case/Co	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Story2	Desplazami	Y	0.002254	24	18	2.9	6.6
Story1	Desplazami	Y	0.001969	23	0	2.9	3.3

Se aprecia que tanto para la dirección X como para la dirección Y son menores que 0,007 que se indica en la Tabla N° 11, de la NTE E.030-2016.

A continuación se realizara la Verificación de la Fuerza Cortante Mínima en la Base. Para el cual utilizaremos el método “User Coefficient” en Etabs, crearemos una hoja de cálculo con los factores como: zona “Z”, suelo “S”, periodo “T”, etc.

VERIFICACION DE LA FUERZA CORTANTE MINIMA EN LA BAS EN LA NORMA E030 4.6.1 Fuerza Cortante Mínima							
CORTANTE POR METODOS DINAMICOS >= 0.80*CORTANTE POR METODOS ESTATICOS							
ANALISIS SISMICO ESTATICO							
V=(ZUCS/R)*PESO							
DIRECCION X				DIRECCION Y			
Z	0.35			Z	0.35		
U	1.5			U	1.5		
S	1.15			S	1.15		
T=	0.235			T=	0.202		
Tp	0.6			Tp	0.6		
TL	2			TL	2		
T<Tp	C	2.5		C	2.5		
	R0	7		R0	7		
	Ia	1		Ia	1		
	Ip	1		Ip	1		
	R	7		R	7		

El factor Periodo “T” se obtendrá de la tabla “Modal Participating Mass Ratios”

Modal Participating Mass Ratios					
1 de 6 Reload Apply					
Case	Mode	Period sec	UX	UY	
Modal	1	0.235	0.8281	0	
Modal	2	0.202	0	0.8565	
Modal	3	0.147	0.0006	0	
Modal	4	0.071	0.156	0	
Modal	5	0.067	0	0.1299	
Modal	6	0.046	0.0016	0	

De esta manera obtendremos el coeficiente “C” y “K”, para el Etabs.

Etabs	METODO DE COEFICIENTES	Etabs	METODO DE COEFICIENTES
	V=COEFICIENTE*PESO		V=COEFICIENTE*PESO
	COEFICIENTE=ZUCS/R		COEFICIENTE=ZUCS/R
	COEFICIE 0.21563		COEFICIE 0.21563
	K= 1		K= 1

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
b) Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

Para lo que se creara los Patrones de Carga de “Sism Est X” y “Sism Est Y”, en “Define/Load Patterns” de tipo “Seismic”, con sus respectivos coeficientes.

Define Load Patterns			
Loads			
Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
Sism Est X	Seismic	0	User Coefficient
Dead	Dead	1	
Live	Live	0	
CM	Super Dead	0	
CV	Reducible Live	0	
Sism Est X	Seismic	0	User Coefficient
Sism Est Y	Seismic	0	User Coefficient

En Direccion X se procederá a modificar “Modify Lateral Load”

Seismic Load Pattern - User Defined		×
Direction and Eccentricity ☒ X Dir ☐ Y Dir ☒ X Dir + Eccentricity ☐ Y Dir + Eccentricity ☒ X Dir - Eccentricity ☐ Y Dir - Eccentricity Ecc. Ratio (All Diaph.) 0.05 Overwrite Eccentricities Overwrite...		
Factors Base Shear Coefficient, C 0.21563 Building Height Exp., K 1		
Story Range Top Story Story2 Bottom Story Base		
OK Cancel		

En Direccion Y se procederá a modificar “Modify Lateral Load”

Al analizar el diseño en la tabla “Results” “Reactions” “Base Reactions”

Base Reactions			
1 de 8 Reload Apply			
	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf
►	Sism Dinam X Max	33.5529	0
	Sism Dinam Y Max	0	34.48
	Sism Est X 1	-47.9548	0
	Sism Est X 2	-47.9548	0
	Sism Est X 3	-47.9548	0
	Sism Est Y 1	0	-47.9548
	Sism Est Y 2	0	-47.9548
	Sism Est Y 3	0	-47.9548

DIRECCION X			DIRECCION Y		
VxE=	47.96	TN	VxE=	47.96	TN
0.80VxE=	38.37	TN	0.80VxE=	38.368	TN
VxD=	33.55	TN	VxD=	34.48	TN
FACTOR DE CORRECCION			FACTOR DE CORRECCION		
FC=	1.14		FC=	1.11	

Según se indica en el Artículo 4.6.4 Fuerza Cortante Mínima, de la NTE E.030-2016, que para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entepiso de edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado según el numeral 4.5.3 para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

Para el presente caso, se trata de una estructura regular. Se configurarán los resultados para el primer entepiso.

En el diseño no cumple con el 80% del Cortante Estático en “X” e “Y” especificado por lo que se calcula un Factor de Corrección para escalar proporcionalmente las cargas dinámicas espectrales y ejecutar nuevamente el análisis.

Se escalara multiplicado en “Sism Din X” por el factor de corrección 1.14 y “Sism Din Y” por el factor de corrección 1.11, respectivamente.

Load Case Data

General

Load Case Name: Sism Din X

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Design... Notes...

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Norma E.030	11.1796
Acceleration	U3	Norma E.030	6.5378*1.14

Add Delete

☐ Advanced

Load Case Data

General

Load Case Name: Sism Din Y

Load Case Type: Response Spectrum

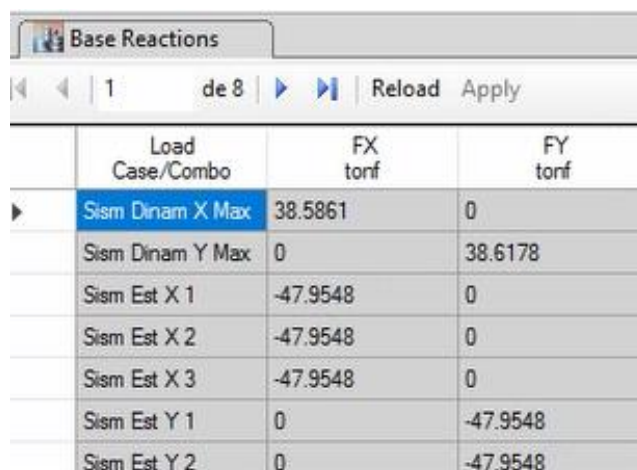
Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Norma E.030	10.8854
Acceleration	U3	Norma E.030	6.5378*1.11

Al Analizar nuevamente el diseño obtendremos que cumplen con el 80% del Cortante Estático en “X” e “Y” especificado en el Artículo 4.6.4, de la NTE E.030-2016.

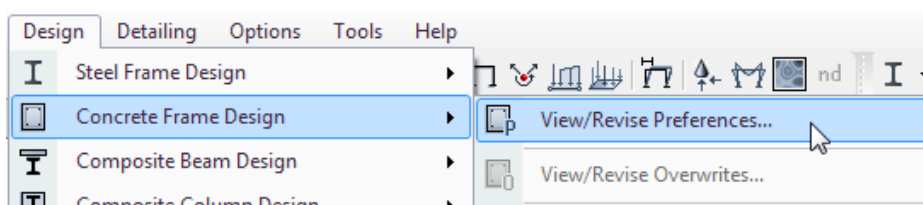


	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf
▶	Sism Dinam X Max	38.5861	0
	Sism Dinam Y Max	0	38.6178
	Sism Est X 1	-47.9548	0
	Sism Est X 2	-47.9548	0
	Sism Est X 3	-47.9548	0
	Sism Est Y 1	0	-47.9548
	Sism Est Y 2	0	-47.9548

Una vez culminado el análisis, se procede al diseño en concreto de los elementos estructurales.

3.16. DISEÑO EN CONCRETO

Confirmar el código de diseño en concreto a emplear en los pórticos. Ingresar a la ruta “Design/Concrete Frame Design/View-Revise Preferences”



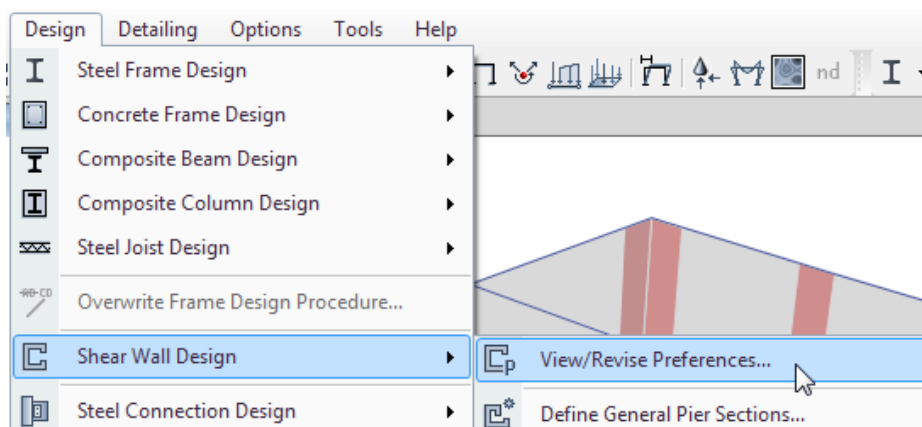
A continuación se presentan los parámetros de diseño en concreto para el Código ACI 318-08 al cual se le realizaron algunos cambios menores para que guarden relación con la norma peruana NTE E.060.

	Item	Value
01	Design Code	ACI 318-08
02	Multi-Response Case Design	Step-by-Step - All
03	Number of Interaction Curves	24
04	Number of Interaction Points	11
05	Consider Minimum Eccentricity?	Yes
06	Seismic Design Category	D
07	Design System Rho	1
08	Design System Sds	0.5
09	Phi (Tension Controlled)	0.9
10	Phi (Compression Controlled Tied)	0.70
11	Phi (Compression Controlled Spiral)	0.75
12	Phi (Shear and/or Torsion)	0.85
13	Phi (Shear Seismic)	0.6
14	Phi (Joint Shear)	0.85
15	Pattern Live Load Factor	0.75
► 16	Utilization Factor Limit	1

Para el presente caso se modifican los parámetros de compresión, corte y torsión, de acuerdo a lo indicado.

Si se desea modificar ciertos parámetros o cambiar de norma de diseño, basta con digitar los valores a emplear en los campos respectivos o seleccionar un nuevo código, desplegando el menú en el ítem 1 Design Code.

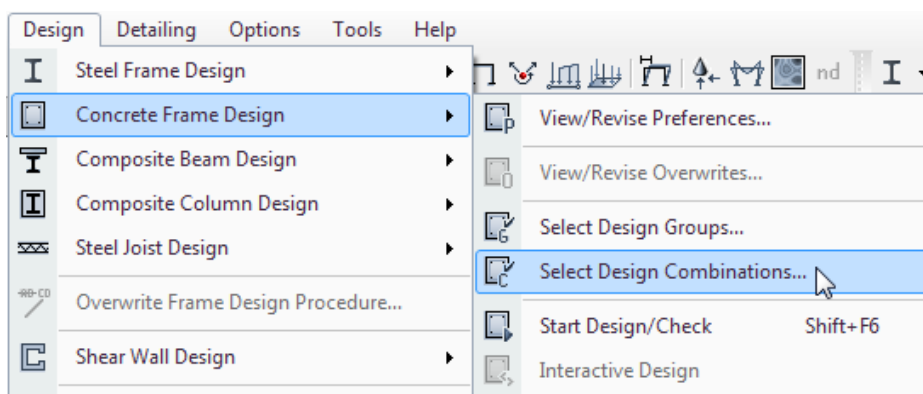
Del mismo modo confirmar el código de diseño en concreto a emplear para los muros de corte. Ingresar a la ruta “Design/Shear Wall Design/View-Revise Preferences”



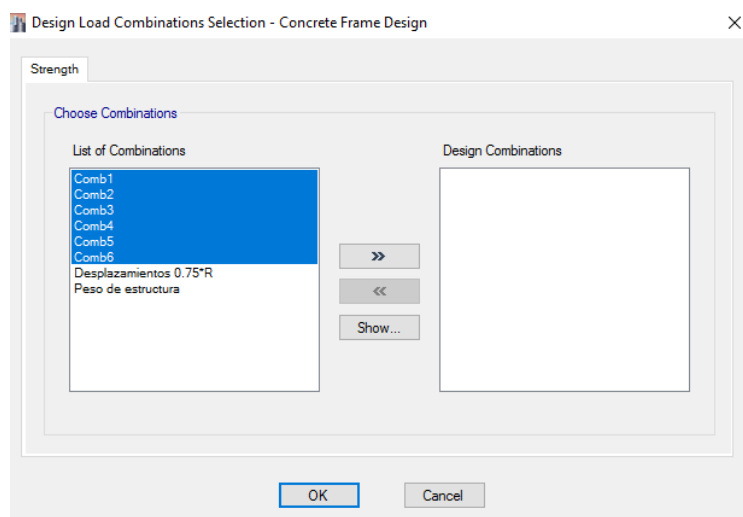
A continuación se presentan los parámetros de diseño en concreto para muros de corte adaptados a la norma peruana NTE E.060.

	Item	Value
01	Design Code	ACI 318-08
02	Multi-Response Case Design	Envelopes - All
03	Rebar Material	A615Gr60
04	Rebar Shear Material	A615Gr60
05	Design System Rho	1
06	Design System Sds	0.5
07	Importance Factor	1
08	System Cd	5.5
09	Phi (Tension Controlled)	0.9
10	Phi (Compression Controlled)	0.70
11	Phi (Shear and/or Torsion)	0.85
12	Phi (Shear Seismic)	0.6
13	Pmax Factor	0.8
14	Number of Curves	24
15	Number of Points	11
16	Edge Design PT-Max	0.06
17	Edge Design PC-Max	0.04
18	Section Design ID-Max	0.04

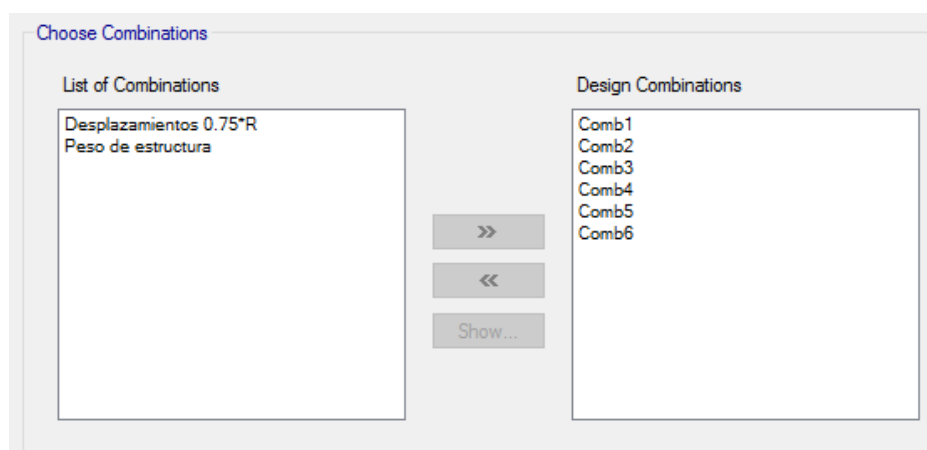
A continuación proceder a seleccionar las combinaciones de carga para el diseño en concreto en general (tanto para Frame como Shear Wall). Seguir la ruta “Concrete Frame Design/Select Design Combinations” y “Shear Wall Design/Select Design Combinations”



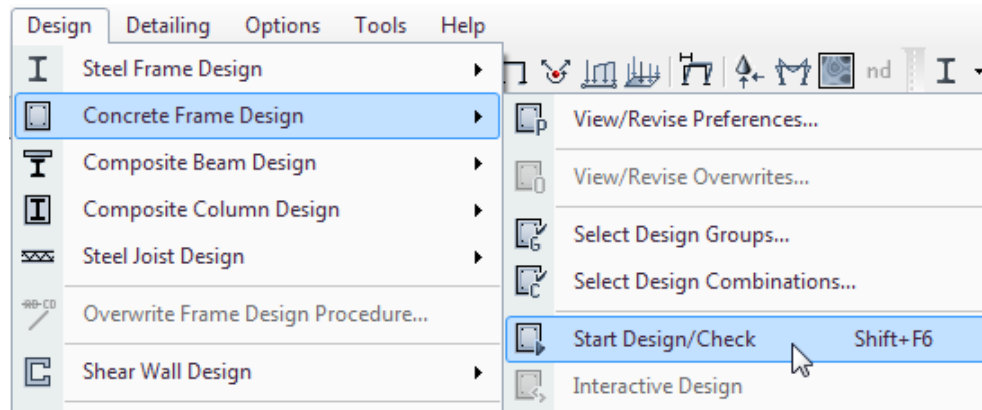
Se muestran dos cuadros: En el lado izquierdo la lista de las combinaciones de carga existentes, y en la derecha las combinaciones de carga seleccionadas para el diseño en concreto.



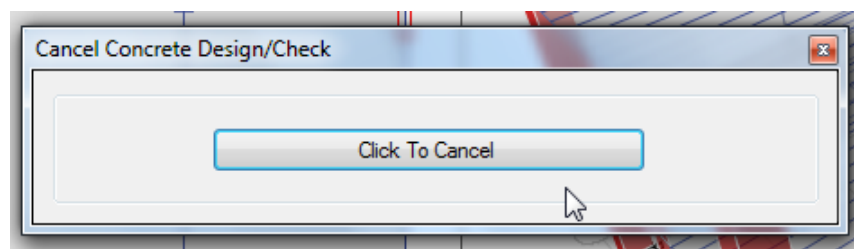
Seleccionar las 6 combinaciones del lado izquierdo y pulsar el botón >> para proceder a incorporarlas en la lista del lado derecho.



Proceder a ejecutar el diseño, en la ruta “Design/Concrete Frame Design/Star Design-Check” o pulsando la combinación de teclas “Shift+F6”



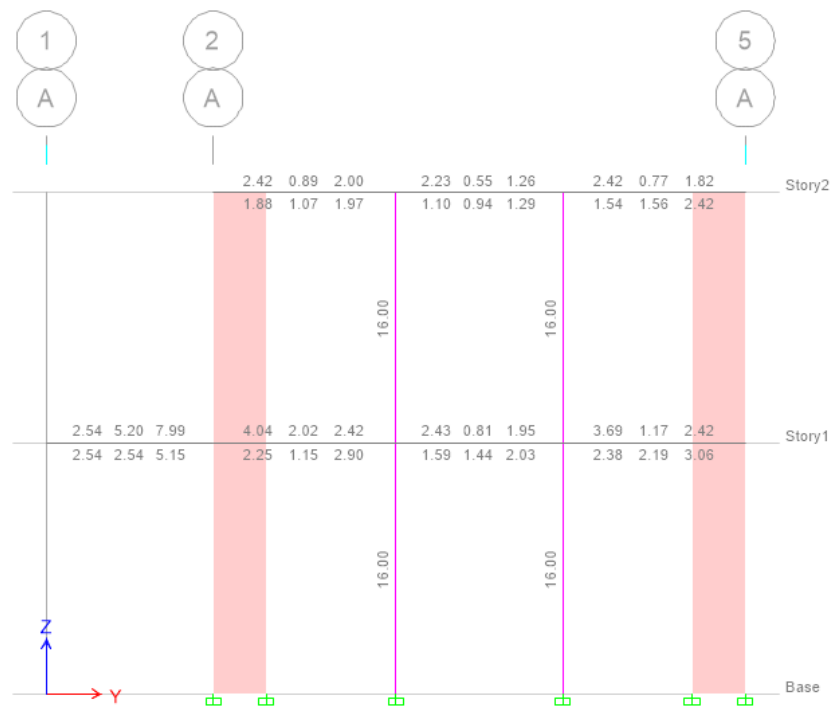
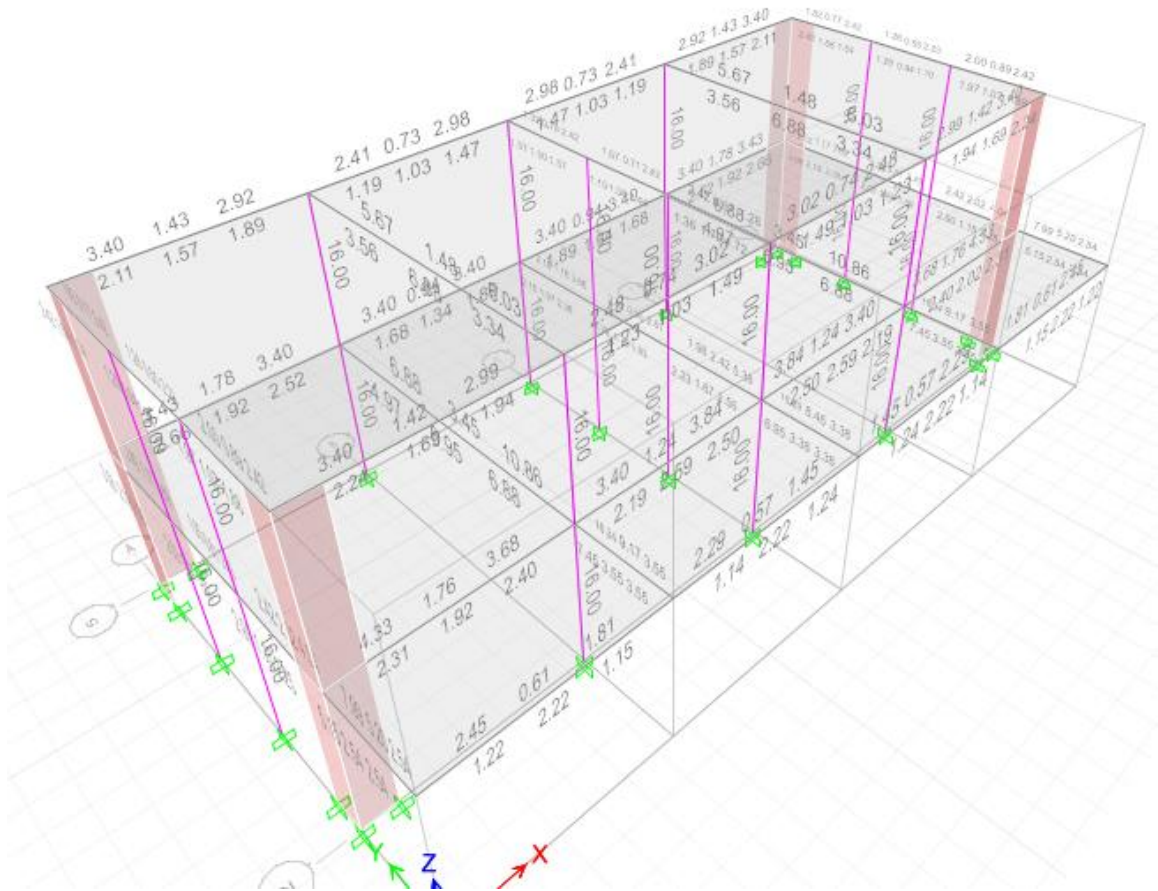
A continuación se muestra una ventana que indica que el diseño y verificación en concreto se está ejecutando.

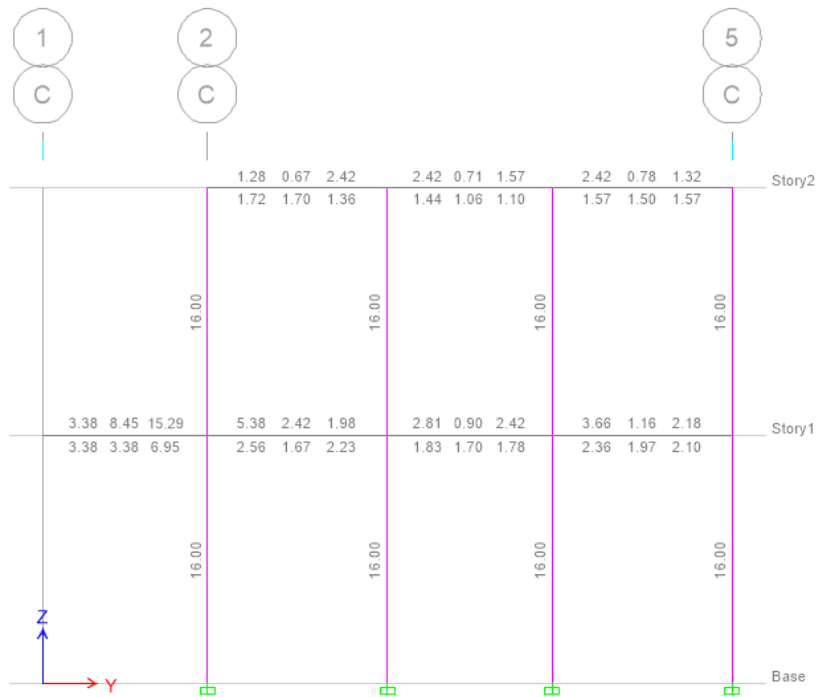
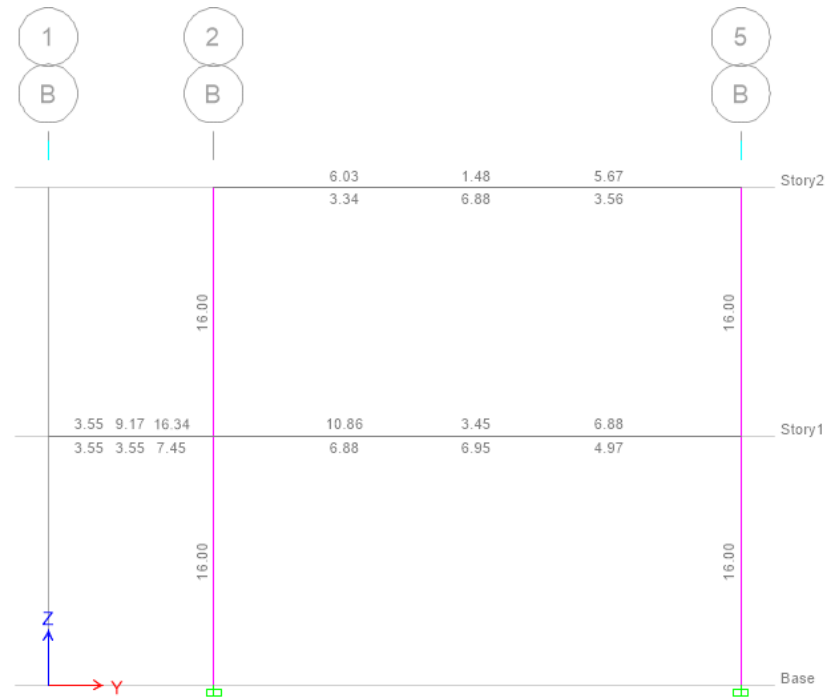


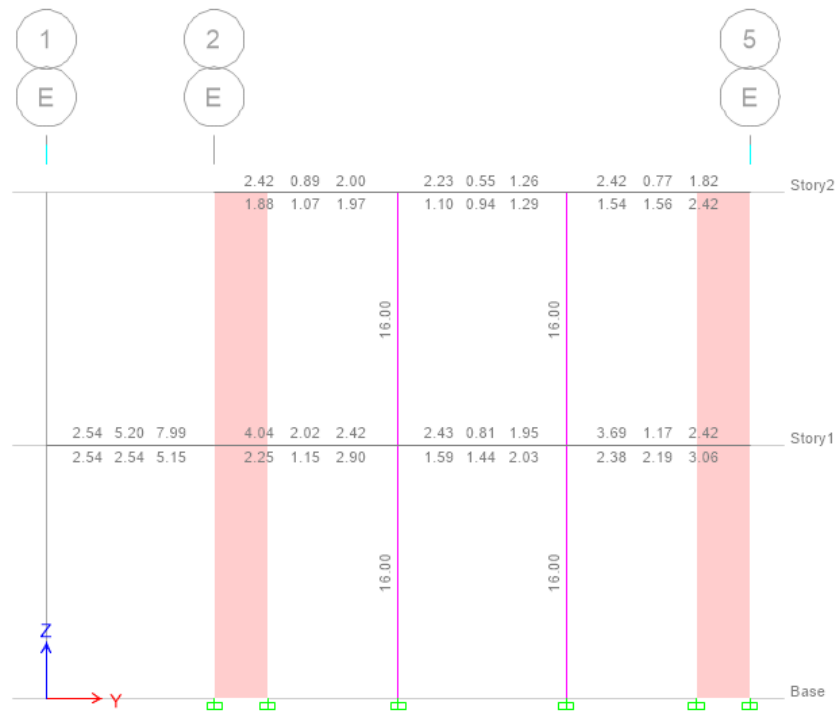
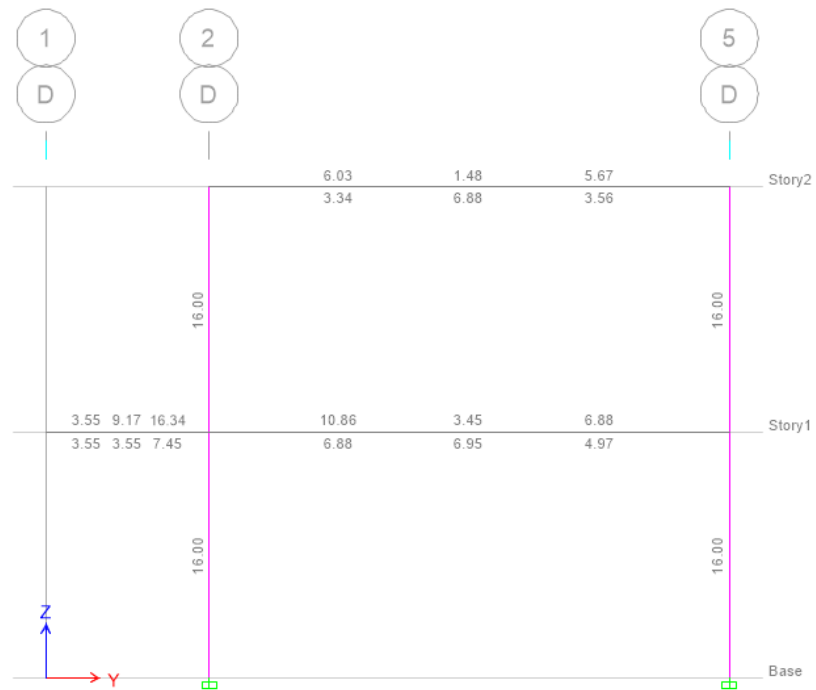
Para el diseño de los muros de corte realizar el mismo procedimiento, pero en la ruta “Design/Shear Wall Design/Star Design-Check” o pulsando la combinación de teclas “Shift+F10”

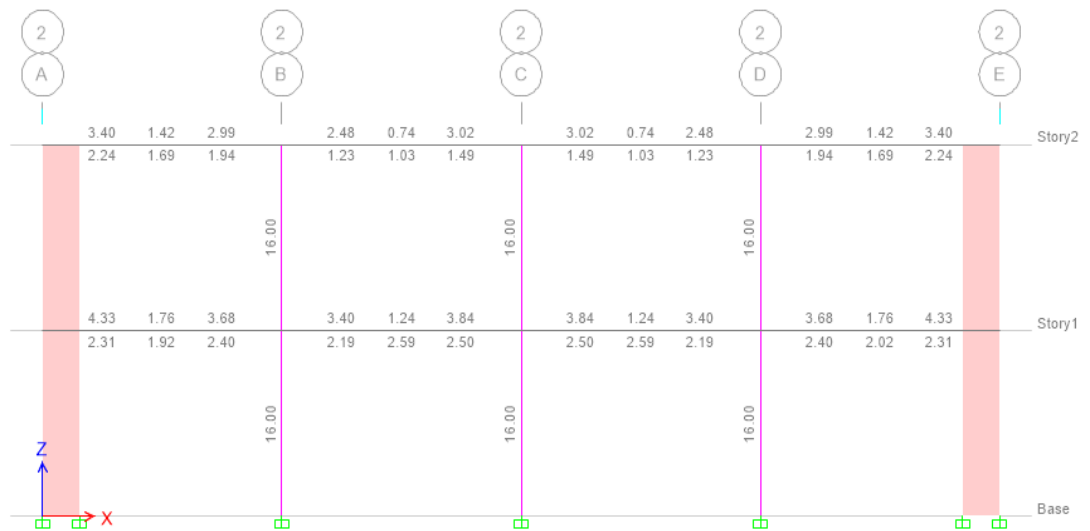
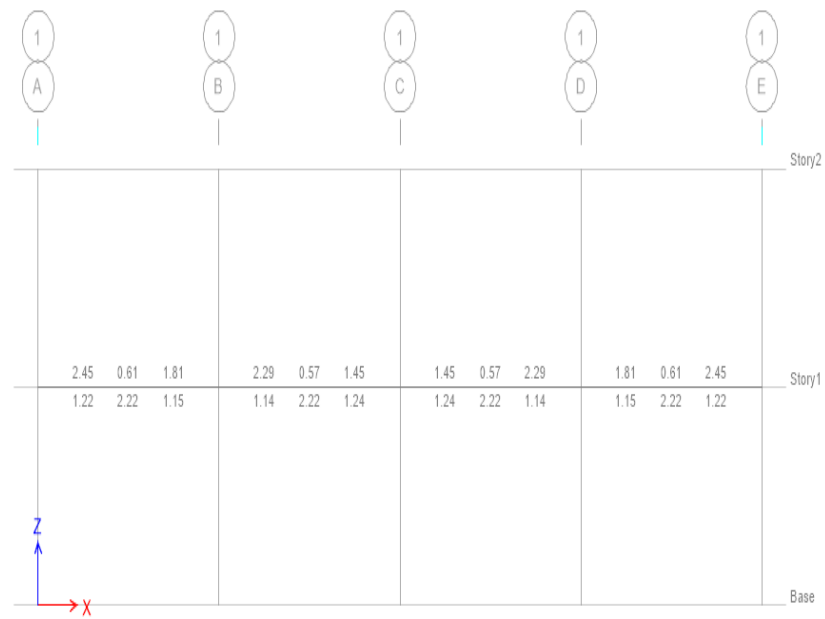
Una vez ejecutado el modelo, se visualiza la forma cómo el programa entrega los datos del refuerzo: en las columnas se aprecia un solo valor, y en las vigas se muestran valores que se aprecian a continuación.

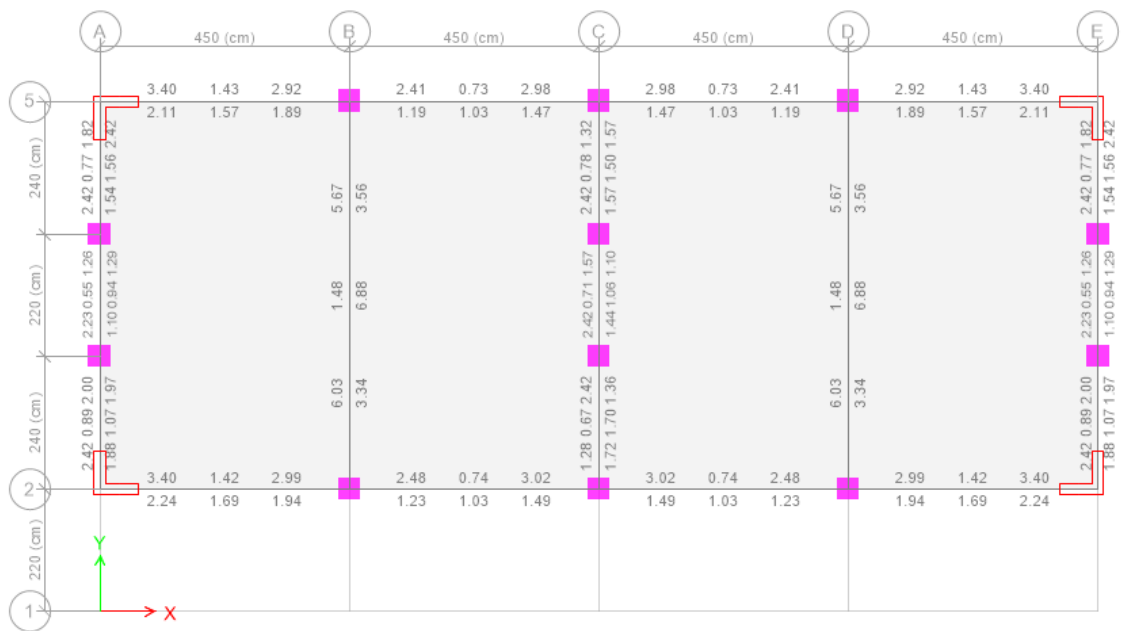
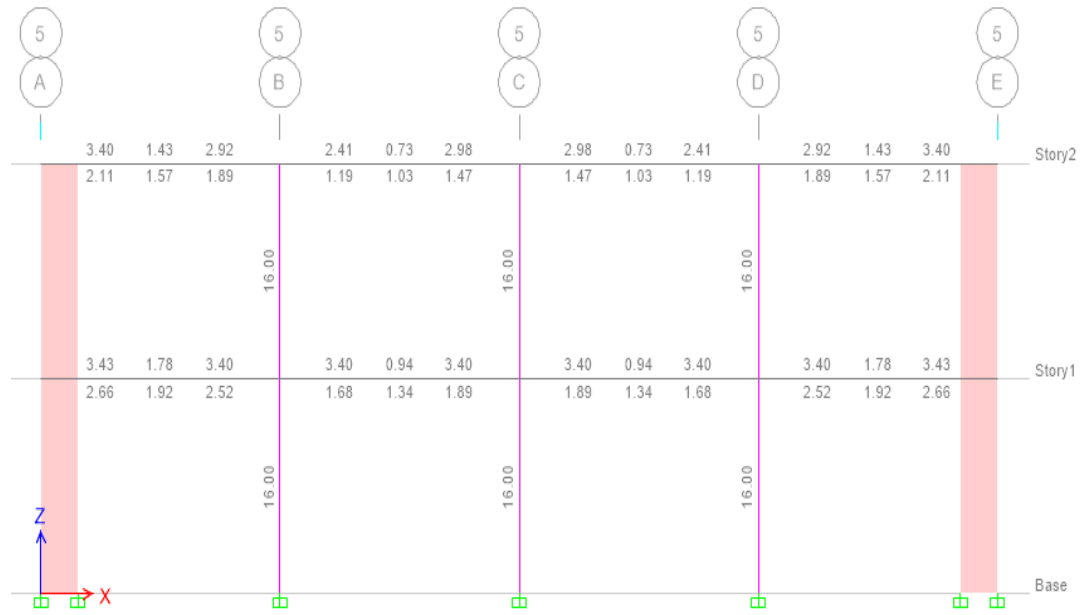
El color negro es indicativo de una sección viga o elemento inclinado modelado como viga que cumple con todas las condiciones de diseño, el color violeta es una elemento diseñado como columna que cumple con todas las condiciones de diseño, el color rojo en ambos tipos indica que no se cumple con uno o más condiciones de diseño.

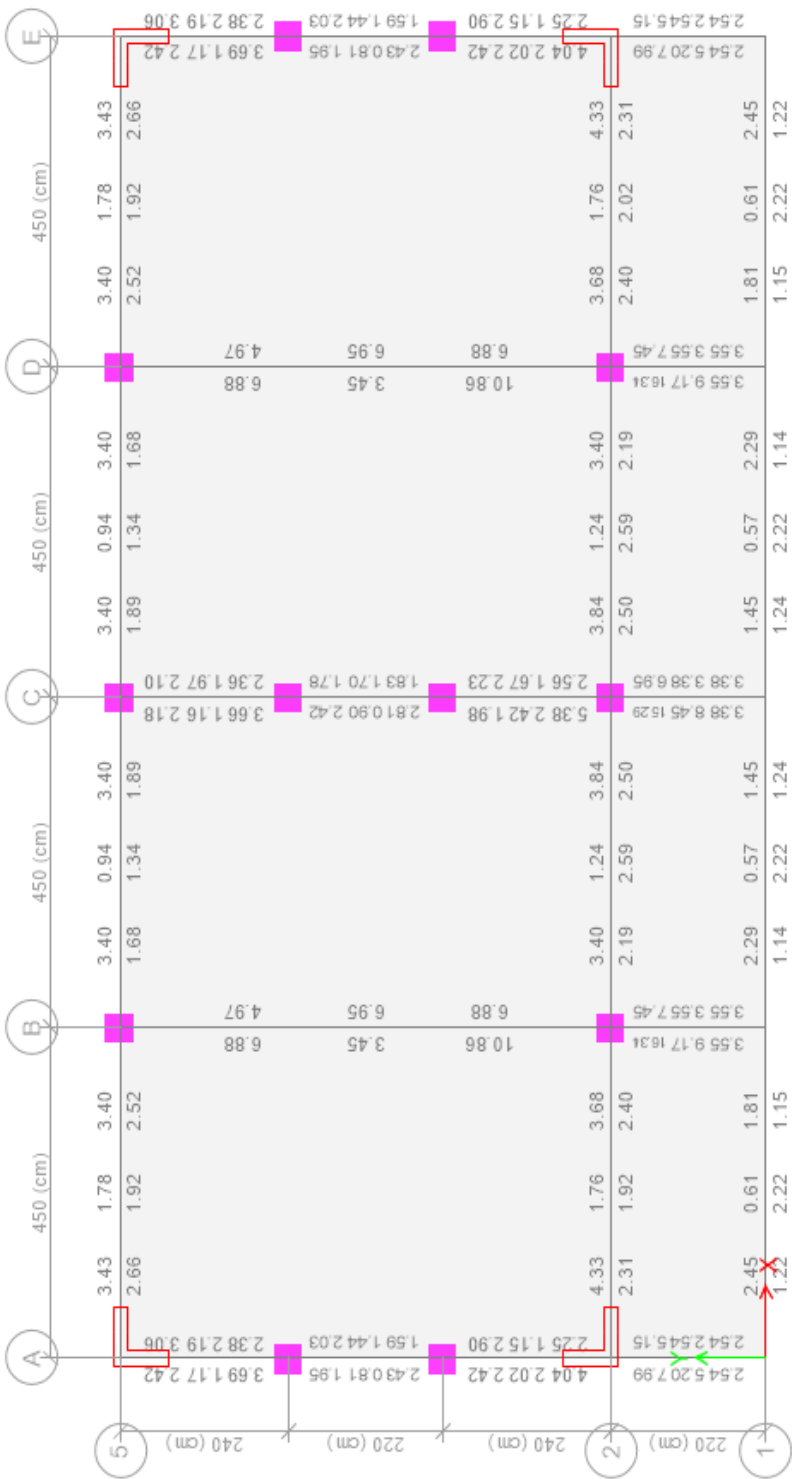












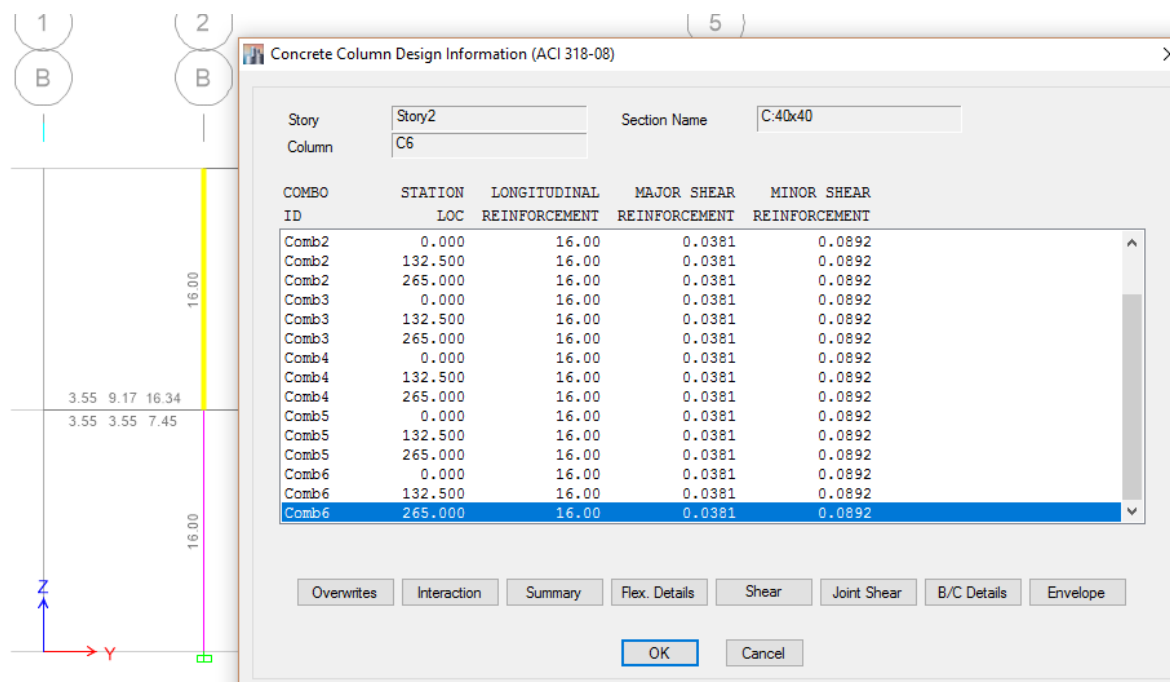
CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El modelo estructural propuesto cumple con lo especificado en las Normas Técnicas Peruanas de Edificación. Los resultados se pueden observar en el Reporte Resumen estandarizado del ETABS (Summary Report) que se presenta en el Anexo 01.

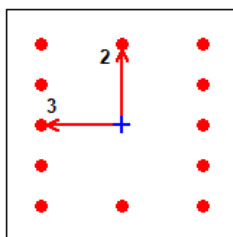
Se procede a visualizar los pórticos uno a uno, y para ejemplo se pulsa click derecho sobre la columna del segundo piso del pórtico del eje B. Se muestra en color amarillo el elemento en mención. Se muestra un cuadro de Información de Diseño de la columna.



Los diversos resultados se muestran a continuación:

ETABS 2015 Concrete Frame Design

ACI 318-08 Column Section Design



Column Element Details (Summary)

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (cm)	LLRF	Type
Story2	C8	27	C:40x40	Comb6	265	330	0.837	Sway Special

Section Properties

b (cm)	h (cm)	dc (cm)	Cover (Torsion) (cm)
40	40	6	2.73

Material Properties

E_c (kgf/cm ²)	f'_c (kgf/cm ²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (kgf/cm ²)	f_{ys} (kgf/cm ²)
251165.34	280	1	4218.42	4218.42

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_{CTied}	$\Phi_{CSpiral}$	Φ_{Vns}	Φ_{Vs}	Φ_{Vjoint}
0.9	0.7	0.75	0.85	0.6	0.85

Axial Force and Biaxial Moment Design For P_u , M_{u2} , M_{u3}

Design P_u kgf	Design M_{u2} kgf-cm	Design M_{u3} kgf-cm	Minimum M2 kgf-cm	Minimum M3 kgf-cm	Rebar Area cm ²	Rebar % %
6451.81	164872.58	-313416.83	17574.74	17574.74	16	1

Axial Force and Biaxial Moment Factors

	C_m Factor Unitless	δ_{ns} Factor Unitless	δ_s Factor Unitless	K Factor Unitless	Effective Length cm
Major Bend(M3)	1	1.002864	1	1	265
Minor Bend(M2)	1	1.002864	1	1	265

Shear Design for V_{u2} , V_{u3}

	Shear V_u kgf	Shear ΦV_c kgf	Shear ΦV_s kgf	Shear ΦV_p kgf	Rebar A_v /s cm ² /cm
Major, V_{u2}	4646.23	0	4646.23	4646.23	0.0381
Minor, V_{u3}	10875.15	0	10875.15	10875.15	0.0892

Joint Shear Check/Design

	Joint Shear Force kgf	Shear $V_{u,Top}$ kgf	Shear $V_{u,Tot}$ kgf	Shear ϕV_c kgf	Joint Area cm ²	Shear Ratio Unitless
Major Shear, V_{u2}	0	0	23305.11	90512.46	1600	0.257
Minor Shear, V_{u3}	0	0	31783.89	90512.46	1600	0.351

(6/5) Beam/Column Capacity Ratio

Major Ratio	Minor Ratio
0.623	1.46

Del mismo modo se pulsa click derecho sobre la viga

Concrete Beam Design Information (ACI 318-08)

Story: Story1
Beam: B23
Section Name: V vol:35x35

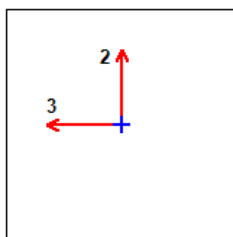
COMBO ID	STATION LOC	TOP STEEL	BOTTOM STEEL	SHEAR STEEL
Comb5	183.333	5.36	1.94	0.1504
Comb5	183.333	5.36	1.94	0.1531
Comb5	200.000	6.18	3.38	0.1535
Comb6	0.000	0.00	2.52	0.1014
Comb6	36.667	3.55	3.55	0.1028
Comb6	36.667	3.55	3.55	0.1086
Comb6	73.333	3.55	3.55	0.1101
Comb6	73.333	3.55	3.55	0.1216
Comb6	110.000	5.32	3.55	0.1230
Comb6	110.000	5.34	3.55	0.1362
Comb6	146.667	9.14	3.55	0.1376
Comb6	146.667	9.17	3.55	0.1495
Comb6	183.333	14.07	3.55	0.1509
Comb6	183.333	14.08	3.55	0.1590
Comb6	200.000	16.34	7.45	0.1597

Overwrites Summary Flex. Details Shear Envelope

OK Cancel

ETABS 2015 Concrete Frame Design

ACI 318-08 Beam Section Design



Beam Element Details (Summary)

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (cm)	LLRF	Type
Story1	B24	84	V vol:35x35	Comb6	200	220	1	Sway Special

Section Properties

b (cm)	h (cm)	b _f (cm)	d _s (cm)	d _{ct} (cm)	d _{cb} (cm)
35	35	35	0	6	6

Material Properties

E _c (kgf/cm ²)	f' _c (kgf/cm ²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (kgf/cm ²)	f _{ys} (kgf/cm ²)
217515.56	210	1	4218.42	4218.42

Design Code Parameters

Φ _T	Φ _{CTied}	Φ _{CSpiral}	Φ _{Vns}	Φ _{Vs}	Φ _{Vjoint}
0.9	0.7	0.75	0.85	0.6	0.85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{u3}

	Design -Moment kgf-cm	Design +Moment kgf-cm	-Moment Rebar cm ²	+Moment Rebar cm ²	Minimum Rebar cm ²	Required Rebar cm ²
Top (+2 Axis)	-1498319.08		16.34	0	3.38	16.34
Bottom (-2 Axis)		749159.54	4.36	7.45	3.38	7.45

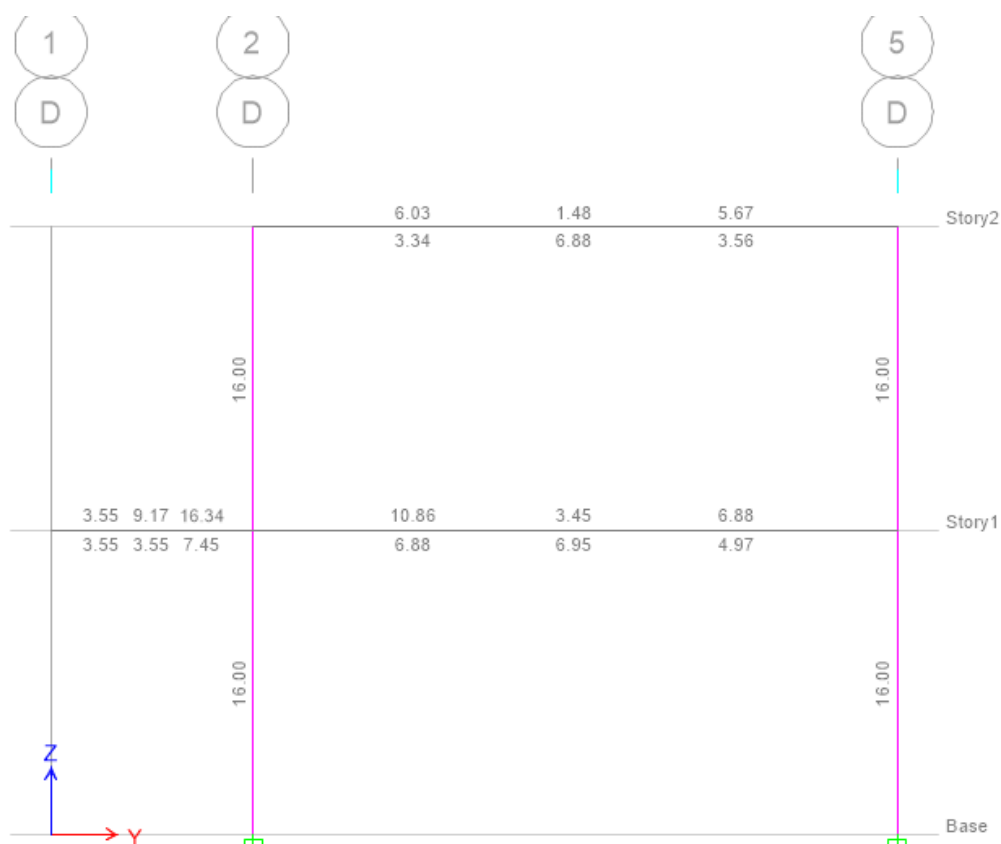
Shear Force and Reinforcement for Shear, V_{u2}

Shear V _{u2} kgf	Shear ΦV _c kgf	Shear ΦV _s kgf	Shear V _p kgf	Rebar A _v /S cm ² /cm
23236.85	6630.16	16606.69	11378.73	0.1597

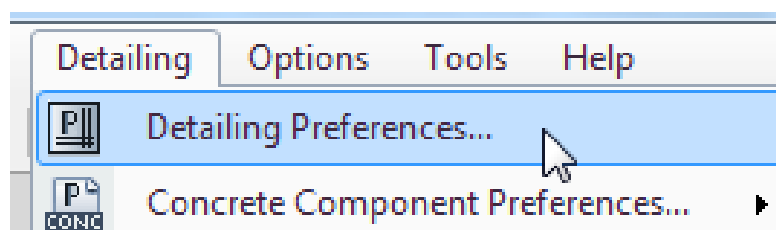
Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u

Φ*T _u kgf-cm	T _{cr} kgf-cm	Area A _o cm ²	Perimeter, p _h cm	Rebar A _t /s cm ² /cm	Rebar A _t cm ²
79616.91	34771.54	579.5	104.44	0.0192	3.58

Las áreas de acero para cada elemento se muestran de la siguiente manera (se toma de referencia vista del eje D):



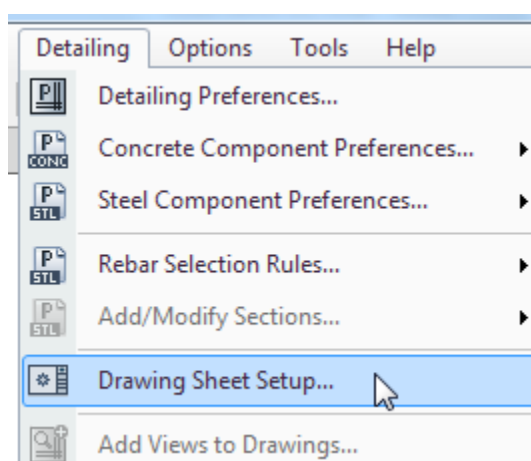
Para el caso de detallado de planos, seguir la Ruta:



Cambiar los parámetros:

The dialog box is divided into two main sections. The left section, titled 'Standards', contains a 'Units' dropdown set to 'Metric'. Below it, the 'Dimension Units' section includes dropdowns for 'Length' (Meter), 'Section and Thickness' (Centimeter), 'Rebar Spacing' (Centimeter), and 'Force' (Ton). A 'Modify/Show Format...' button is at the bottom of this section. The right section, titled 'Material Quantity Units', contains dropdowns for 'Rebar Length' (Centimeter), 'Slab Area' (Sq cm), 'Concrete Volume' (Cu cm), and 'Rebar Weight' (Kilogram).

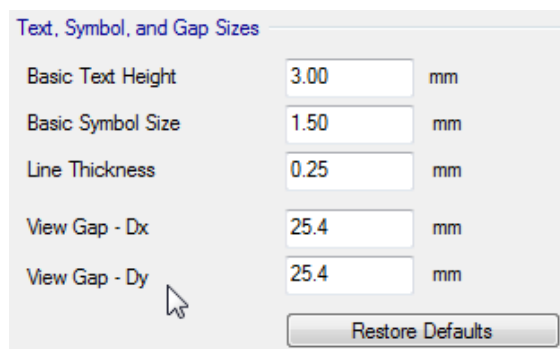
En la siguiente opción se configura el tamaño de las hojas de dibujo o planos:



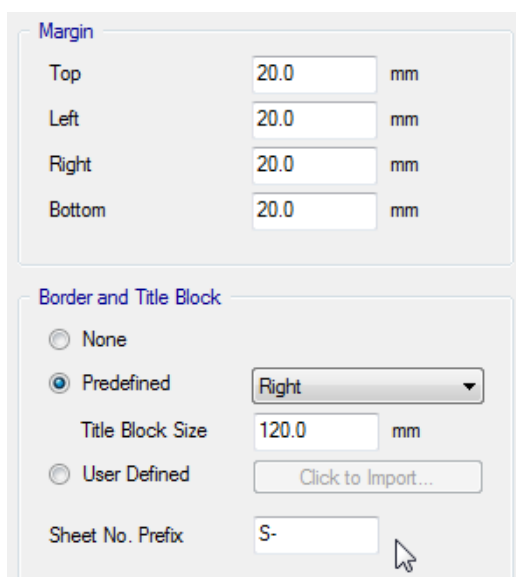
Escala, unidades y tamaño del dibujo.

The dialog box is titled 'Drawing Units and Size'. It has two main sections. The first section, 'Drawing Units and Size', includes dropdowns for 'Sheet Type' (Metric (ISO)) and 'Sheet Size' (A1), and input fields for 'Sheet Width' (839.3 mm) and 'Sheet Height' (592.8 mm). The second section, 'Overall Drawing Scale', includes a 'Drawing Scale Type' dropdown set to 'Metric', and dropdowns for various drawing types: 'Floor Plan' (1:50), 'Floor Section' (1:25), 'Beam/Column Elevation' (1:50), 'Beam/Column Section' (1:25), 'Wall Plan/Section' (1:1), and 'Wall Elevation' (1:1).

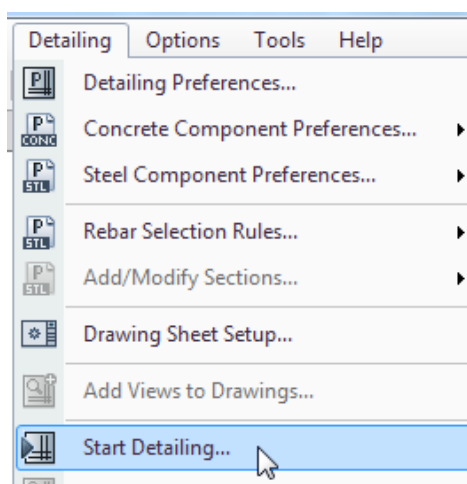
Tamaño de textos y símbolos en el dibujo de planos



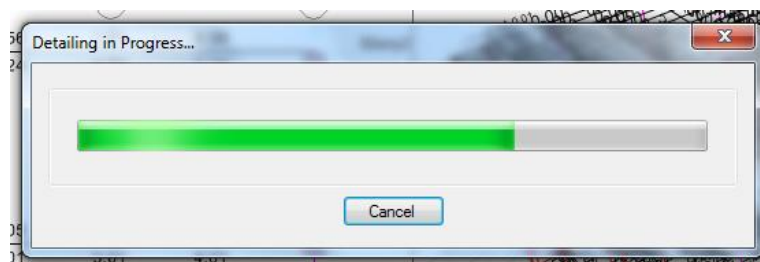
Bordes del marco del título y márgenes de los planos



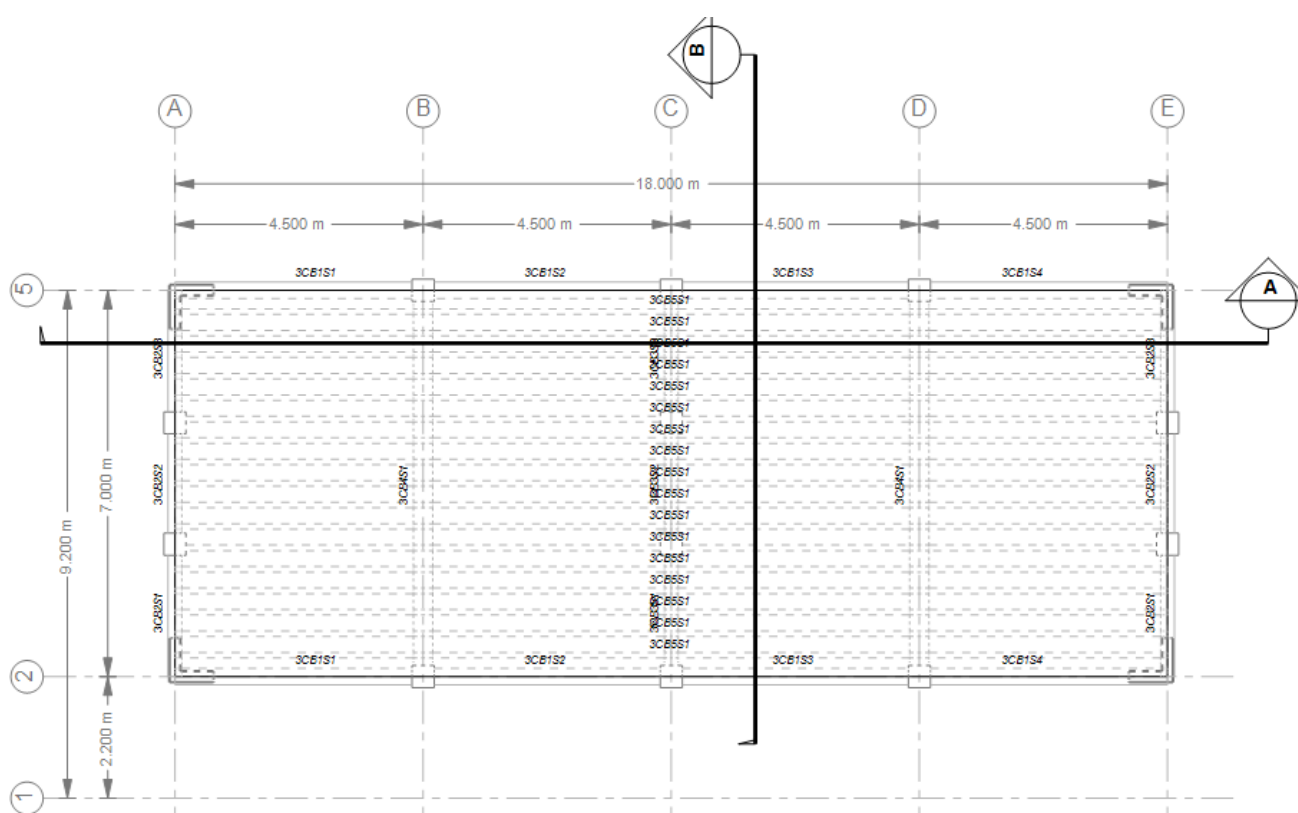
Proceder a la elaboración de planos:



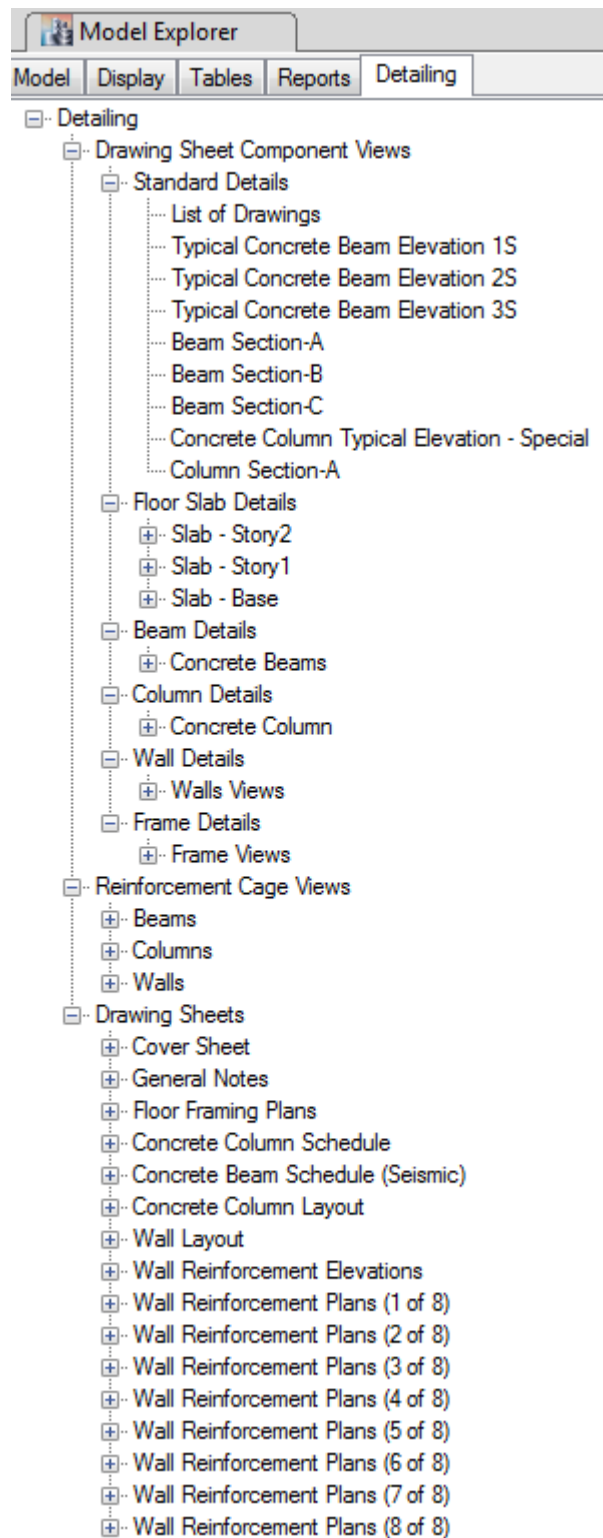
Elaboración en progreso.



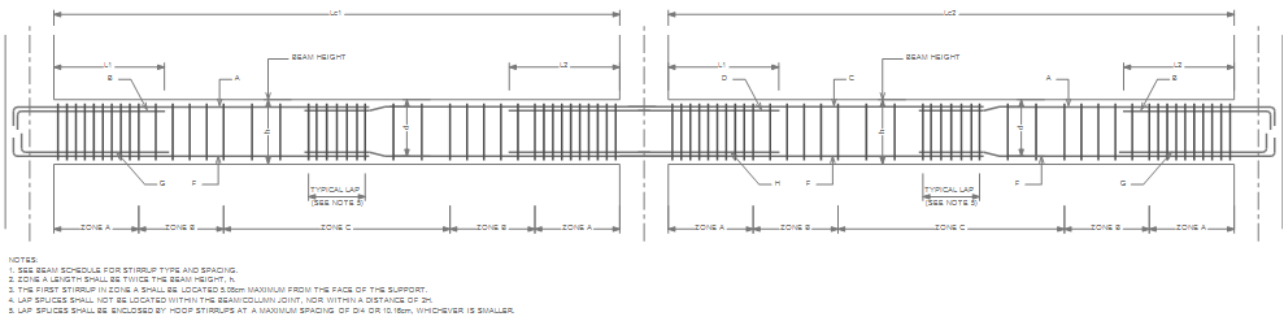
Plano de Planta piso 2 (por defecto), imágenes de planos o Detailing proporcionados por software ETABS ubicados en ANEXO N° 02



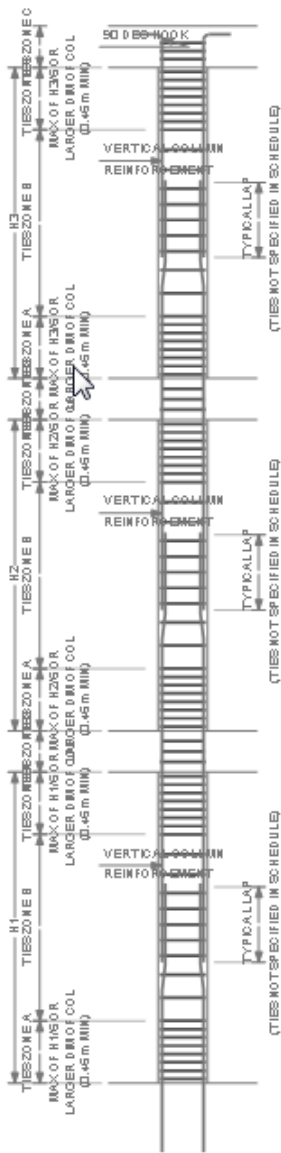
Detalle de los múltiples planos de diseño:



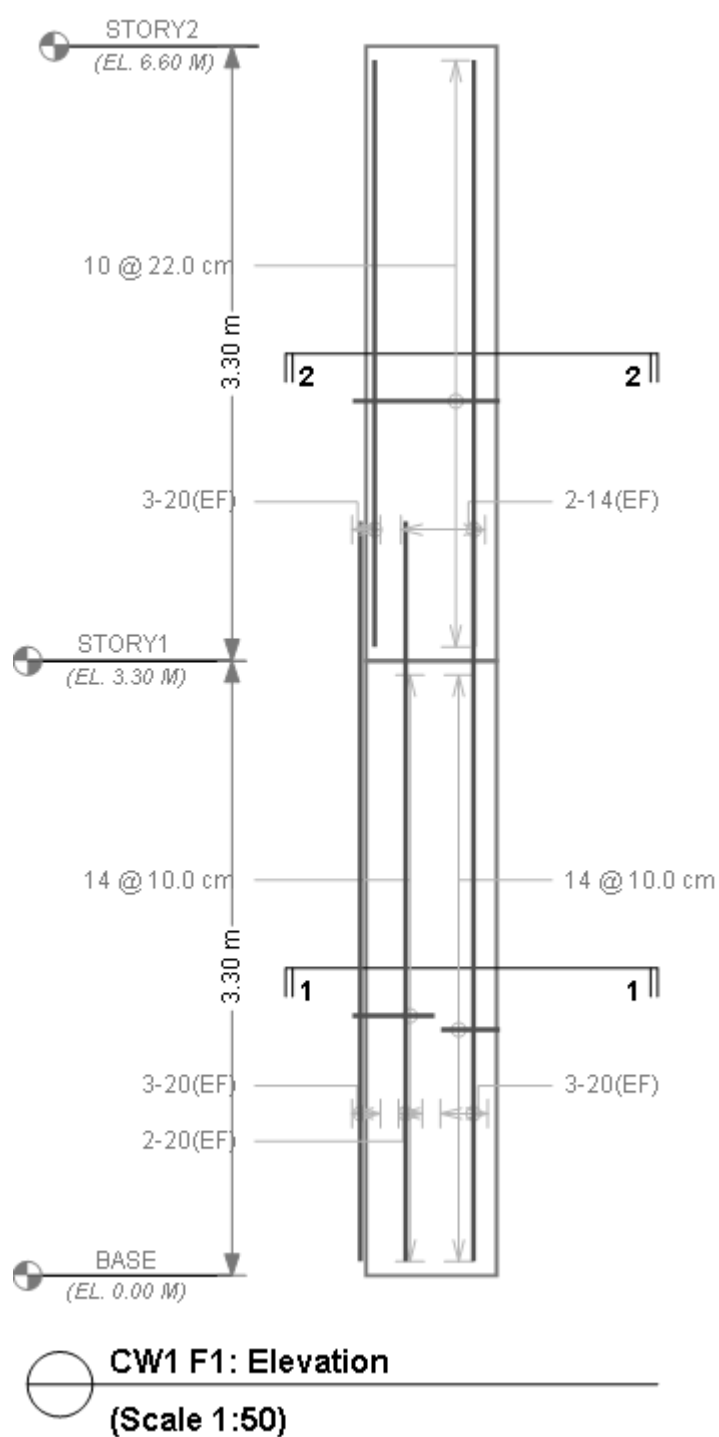
Detalle de vigas y columnas típicas:

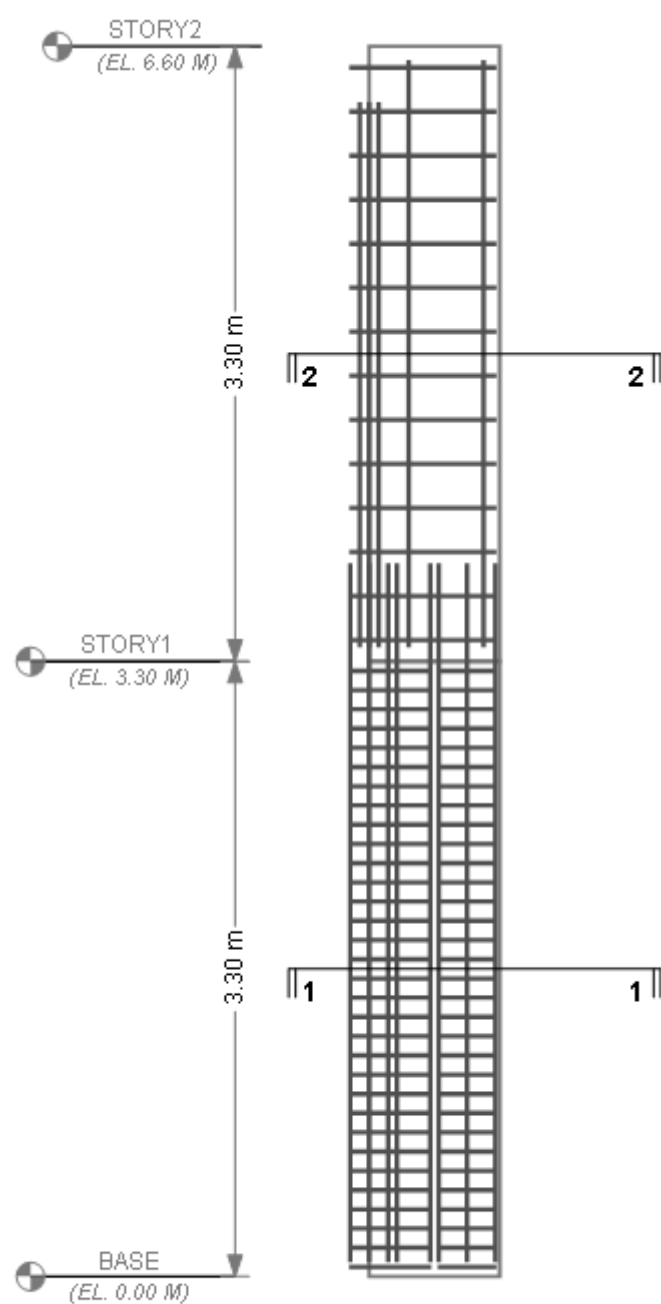


Typical Concrete Beam Elevation 2S



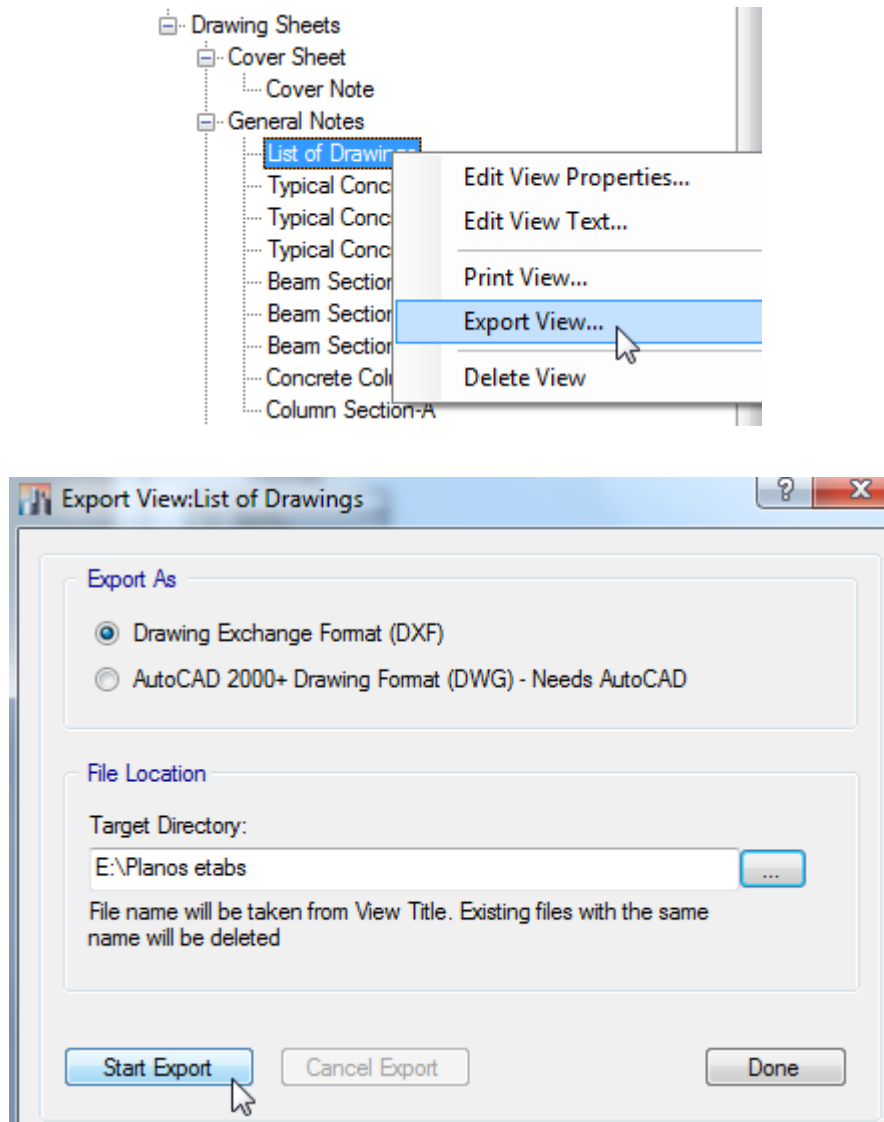
Muros de corte:





○ CW1 F1: Elevation - All Bars
(Scale 1:50)

Para el reporte de planos, ingresar a la ruta “Drawing Sheets”; de acuerdo al tamaño del plano se muestran las opciones de detalles de cada uno, para exportarlos hacia autocad, escoger “Export View”



De los planos se puede analizar que su presentación se encuentra en idioma inglés, y que los formatos utilizados obedecen a un estándar normalizado global, presentándose números, letras y secciones o zonas para un mayor entendimiento, clasificación muy poco empleada en nuestro medio, por lo que se sugiere tomar estos resultados como referenciales para la elaboración de los planos finales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. “Existen actualmente alrededor de 41000 centros educativos en el país construidos en diferentes épocas, con diferente arquitectura, material y sistema estructural. El 48% de los edificios escolares son construcciones de tierra y sólo el 37% son de concreto armado y albañilería. Las construcciones de madera representan el 8%” (Astorga & Aguilar, 2006).
2. En la zona peruana de mayor sismicidad (departamentos de la costa y algunas provincias de la sierra) las construcciones predominantes son las de concreto armado, albañilería y tierra, correspondiendo el 50% a las de tierra.
3. El programa de Etabs es eficiente para análisis y diseño estructural, como se comprobó en el modelo realizado. Este programa es una herramienta de gran ayuda, pero se debe entender que cualquier error, se reflejará en los resultados, por lo tanto no se debe ver como un programa de introducir datos.
4. Es importante tomarse el tiempo necesario para plasmar en papel, la geometría (planta y elevaciones) y distribución de cargas, con criterios propios, es decir introducir información en las dimensionales que siempre uno trabaja, esto evita muchos errores. El monitorear el proceso, es decir chequeos constantes en las diferentes fases del Análisis y diseño estructural. (geometría, cargas gravitacionales, estáticas y dinámicas.) genera confianza y certeza en el uso del programa.
5. El software Etabs, está bien idealizado, que muchas veces se cree que realizan los cálculos y diseños con solo pulsar un botón, siendo esto un concepto erróneo. Por ningún motivo se elimina el criterio del ingeniero estructural, como quedó demostrado en el análisis y diseño estructural, simplemente estos programas facilitan los procesos de análisis y diseños.

6. Las diferencias de datos finales están dentro del rango del 1% al 5% máximo, y se consideran bien, considerando que al final la cantidad de refuerzo siempre es mayor a la requerida, esto debido a que siempre se colocan varillas completas.
7. Al usar un programa de cómputo se reduce el tiempo de creación del modelo y se pueden realizar modificaciones muy rápidamente. Sin embargo, la veracidad de los resultados está en función de un modelo que se aproxime al comportamiento de la estructura real.
8. Nuestras normas de diseño en concreto E.060 no están contempladas dentro del programa ETABS, pero es posible obtener los mismos resultados que se obtendrían al diseñar con ésta si se selecciona para el diseño el código ACI 318-08 y se modifican algunos parámetros para adecuar este código a nuestra norma vigente.
9. El modelo estructural planteado de la investigación realizada se puede concluir que muchos de los daños de importancia en Centros educativos, han sido consecuencia de deficientes o inexistentes estudios de suelos, mala calidad de los materiales, inadecuado diseño arquitectónico y estructural, deficiencia en los sistemas constructivos y supervisión de las obras. Debido al hecho que los sismos no pueden evitarse, se deben tomar todas las medidas pertinentes para evitar al máximo la pérdida de vidas y minimizar los daños materiales.
10. En el modelo planteado se está considerando resistencia en ambas direcciones, puesto que el modelo anterior de OINFE se puede apreciar que fuerzas resistentes están en una sola dirección.
11. Al implementar muros de corte en el nuevo modelo estructural, cumpliendo con la simetría (ambas direcciones), con códigos y normas de construcción vigentes (2016), la reducción de daño sísmico en la estructura es favorable ya que la inercia y estabilidad de los muros de corte proporciona un mejor rendimiento, rigidez, además de prevenir daños por corte.
12. El fin alternativo que se planteó de servir como refugio en caso de desastres naturales como sismos, el nuevo modelo planteado tiene la capacidad estructural y funcionalidad para cumplir con lo propuesto.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda antes de usar estos programas de Etabs u otro programa, realizar un curso básico-intermedio, para entender el uso, y como aplica los diferentes parámetros de códigos estructurales que se usan en estos análisis y diseños.
2. El usuario debe poseer una base suficiente sobre estructuras, es decir que le guste la rama estructural, para entender cuándo se pueden cambiar parámetros aplicados a determinada estructura. Debe iniciar con modelos típicos y un solo nivel, para ir entendiendo de una mejor forma cómo trabajan los programas, y cómo todo proceso de ingeniería, siguiendo con modelos más complejos, esto va generando confianza y habilidad para su uso.
3. A los profesionales que se inician en estos programas, usarlos solo para análisis estructural, esto va proporcionando confiabilidad en el uso, además los análisis son relativamente más fáciles y lógicos de determinar si están bien. Cuando ya se tenga la suficiente confiabilidad y sobre todo, en tener un mejor dominio de los programas, proceder con la fase de Diseño estructural, previsto en los programas.
4. Además de salvar vidas, sostener economías y minimizar el daño a los estudiantes, docentes y personal escolar, la construcción de instituciones educativas más seguras es urgente porque: Pueden minimizar el trastorno de las actividades educativas y así darnos espacio para el aprendizaje y el desarrollo saludable de los niños; Pueden ser centros de actividades comunitarias y constituir una infraestructura social decisiva para combatir la pobreza, el analfabetismo y un mundo libre de enfermedades; Pueden ser centros comunitarios para coordinar la respuesta y los trabajos de recuperación después de un desastre; Pueden servir como refugios de emergencia, para proteger no sólo a la población escolar sino a la comunidad a la que sirve.
5. La presente Tesis no pretende ser una respuesta modelo. Por lo tanto, deben adaptarse al contexto local y usarse como plataforma para planificar y llevar a la práctica una respuesta apropiada a la necesidad de construir instituciones educativas más seguras.

6. Utilizar el software ETABS en los cursos del área de estructuras y concreto en la facultad y, así, poder darle una nueva perspectiva a los estudiantes y darles a conocer uno de los programas de estructuras que existen.
7. Implementar y aplicar esta herramienta (ETABS u otra) para el estudio y mejor aprendizaje, fácil y práctico en los cursos profesionales de estructuras y concreto.
8. El diseño estructural es de vital importancia para la construcción de edificaciones por lo que se debe tomar en cuenta en todo tipo de proyectos para poder corregir problemas, fallas, o el deficiente desempeño de la estructura ante los fenómenos naturales, es recomendable realizar un diseño sísmo resistente con las pautas mencionadas en esta tesis.
9. El fin alternativo mencionado de servir como refugio en casos de desastres naturales es sumamente importante porque se puede salvar vidas y evitar la tasa de mortalidad por fenómenos naturales.

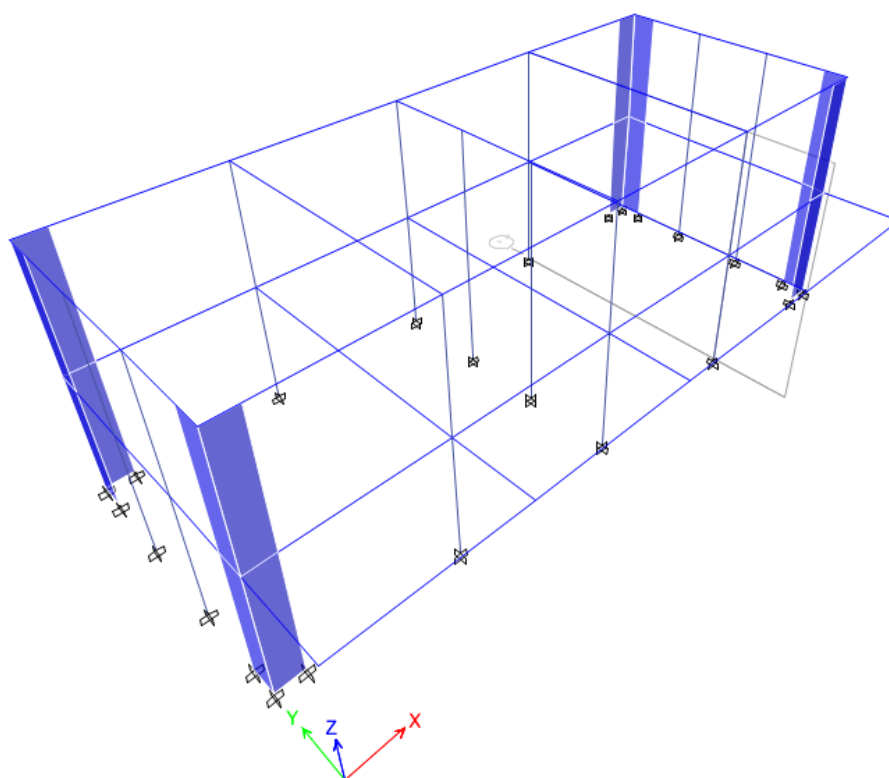
FUENTES DE INFORMACIÓN

BIBLIOGRÁFICAS

1. BID-FUNDACIÓN IDEA. 2014. Aprendizaje en las Escuelas del Siglo XXI. Análisis comparativo de los modelos de planificación y gestión de infraestructura escolar de 12 países de América Latina y el Caribe.
2. ASTORGA MENDIZABAL & AGUILAR VELEZ. 2006. Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas. Lima. Perú. PUCP.
3. MEDINA M., JORGE O. 2005. El problema sísmico y la arquitectura Sismo resistente. Venezuela. Universidad Los Andes.
4. BID, MEdPyD, DGODT, MINERD. 2013. Guía Técnica para la construcción de escuelas seguras y modelos prototipos. Rep. Dominicana.
5. RUBIÑOS M., ALVARO. 2009. Propuesta de Reconstrucción Post-Terremoto de viviendas de adobe reforzado. Lima. Perú. PUCP.
6. D. MURIA-VILA, L. FUENTES y R. GONZALEZ. 2000. Incertidumbre en la estimación de las frecuencias naturales de vibración de edificios de la ciudad de México. México. UNAM.
7. ISDR, INEE & THE WORLD BANK. 2009. Notas de Orientación para la construcción de escuelas más seguras. Washington. EEUU.
8. BENÍTEZ V. ARTURO, CAMPOS R. HÉCTOR, ORTEGA R. JONATHAN. 2005. Guía para el diseño estructural de edificios utilizando modelos tridimensionales. El Salvador. Universidad de El Salvador.
9. PASINO GIANFRANCO OTAZZI. 2004. Apuntes del Curso Concreto Armado 1. Cuarta edición. Lima. Perú: PUCP.
10. COMPUTERS AND STRUCTURES, INC. Manual de Referencias de Análisis – Programa ETABS 2015. California: CSI.
11. MUÑOZ, A. 1999. Ingeniería Antisísmica. Lima: Fondo Editorial PUCP.
12. SAN BARTOLOMÉ, A. 1999. Análisis de Edificios, 2da Edición. Lima: Fondo Editorial PUCP.
13. HARMSSEN. 2002. Diseño de Estructuras de Concreto. 3ra Edición, Fondo Editorial, 2002

ANEXO N° 01

ETABS® 2015
Integrated Building Design Software



Summary Report

Model File: IE Comprovado con Norma, Revision 0
01/05/2016

1 Structure Data

This chapter provides model geometry information, including items such as story levels, point coordinates, and element connectivity.

1.1 Story Data

Table 1.1 - Story Data

Name	Height cm	Elevation cm	Master Story	Similar To	Splice Story
Story2	330	660	Yes	None	No
Story1	330	330	No	Story2	No
Base	0	0	No	None	No

2 Loads

This chapter provides loading information as applied to the model.

2.1 Load Patterns

Table 2.1 - Load Patterns

Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Load
Dead	Dead	1	
Live	Live	0	
CM	Superimposed Dead	0	
CV	Reducible Live	0	
Sism Est X	Seismic	0	User Coefficient
Sism Est Y	Seismic	0	User Coefficient

2.2 Functions

2.2.1 Response Spectrum Functions

Table 2.2 - Response Spectrum Function - User

Name	Period sec	Acceleration	Damping %
Norma E.030	0	0.2156	5
Norma E.030	0.1	0.2156	
Norma E.030	0.2	0.2156	
Norma E.030	0.3	0.2156	
Norma E.030	0.4	0.2156	
Norma E.030	0.5	0.2156	
Norma E.030	0.6	0.2156	
Norma E.030	0.7	0.1848	
Norma E.030	0.8	0.1617	
Norma E.030	0.9	0.1437	
Norma E.030	1	0.1294	
Norma E.030	1.2	0.1078	

Name	Period sec	Accelerati on	Damping %
Norma E.030	1.5	0.0862	
Norma E.030	1.7	0.0761	
Norma E.030	2	0.0647	
Norma E.030	2.5	0.0414	
Norma E.030	3	0.0287	
Norma E.030	3.5	0.0211	
Norma E.030	4	0.0162	
Norma E.030	5	0.0103	
Norma E.030	8	0.004043	
Norma E.030	11	0.002138	
Norma E.030	15	0.00115	

2.3 Load Cases

Table 2.3 - Load Cases - Summary

Name	Type
Dead	Linear Static
Live	Linear Static
CM	Linear Static
CV	Linear Static
Sism Dinam X	Response Spectrum
Sism Dinam Y	Response Spectrum
Sism Est X	Linear Static
Sism Est Y	Linear Static
~TorsionSism Dinam X	Linear Static
~TorsionSism Dinam Y	Linear Static

3 Analysis Results

This chapter provides analysis results.

3.1 Structure Results

Table 3.1 - Base Reactions

Load Case/Combo	FX kgf	FY kgf	FZ kgf	MX kgf-cm	MY kgf-cm	MZ kgf-cm	X cm	Y cm	Z cm
Dead	0	0	167898.12	85904899.19	-151108308	0	0	0	0
Live	0	0	47340	19697400	-42606000	0	0	0	0
CM	0	0	39096	19370160	-35186400	0	0	0	0
CV	0	0	12600	7182000	-11340000	0	0	0	0
Sism Dinam X Max	39165.21	0.000214	0	0.01	19654716.1	20249859.46	0	0	0
Sism Dinam Y Max	0.0001846	39201.25	0	19497154.02	0.01	36475600.24	0	0	0
Sism Est X 1	-48637.9	0	0	0	-23986266	25138600.2	0	0	0

Load Case/Combo	FX kgf	FY kgf	FZ kgf	MX kgf-cm	MY kgf-cm	MZ kgf-cm	X cm	Y cm	Z cm
Sism Est X 2	-48637.9	0	0	0	-23986266	25796507.05	0	0	0
Sism Est X 3	-48637.9	0	0	0	-23986266	24480693.36	0	0	0
Sism Est Y 1	0	-48637.9	0	23986266.39	0.0002078	-43774108	0	0	0
Sism Est Y 2	0	-48637.9	0	23986266.39	0.0002191	-45254347	0	0	0
Sism Est Y 3	0	-48637.9	0	23986266.39	0.0001964	-42293869	0	0	0
Desplazamientos 0.75*R Max	205617.36	205806.54	0	102360059	103187260	297808663	0	0	0
Desplazamientos 0.75*R Min	-205617.36	-205806.54	0	-102360059	-103187260	-297808663	0	0	0
Peso de estructura	0	0	233814.12	116919259	-210432708	0	0	0	0
Comb1	0	0	391689.77	193080063	-352520791	0	0	0	0
Comb2 Max	39165.21	0.0002141	333667.65	165193074	-280646168	20249859.46	0	0	0
Comb2 Min	-39165.21	-0.0002139	333667.65	165193074	-319955601	-20249859	0	0	0
Comb3 Max	0.0001846	39201.25	333667.65	184690228	-300300885	36475600.24	0	0	0
Comb3 Min	-0.0001846	-39201.25	333667.65	145695920	-300300885	-36475600	0	0	0
Comb4 Max	39165.21	0.0002141	186294.71	94747553.28	-148010521	20249859.46	0	0	0
Comb4 Min	-39165.21	-0.000214	186294.71	94747553.26	-187319953	-20249859	0	0	0
Comb5 Max	0.0001846	39201.25	186294.71	114244707	-167665237	36475600.24	0	0	0
Comb5 Min	-0.0001846	-39201.25	186294.71	75250399.26	-167665237	-36475600	0	0	0
Comb6 Max	39165.21	39201.25	391689.77	193080063	-148010521	36475600.24	0	0	0
Comb6 Min	-39165.21	-39201.25	186294.71	75250399.26	-352520791	-36475600	0	0	0

Table 3.2 - Centers of Mass and Rigidity

Story	Diaphragm	Mass X kgf-s ² /cm	Mass Y kgf-s ² /cm	XCM cm	YCM cm	Cumulati ve X kgf-s ² /cm	Cumulati ve Y kgf-s ² /cm	XCCM cm	YCCM cm	XCR cm	YCR cm
Story1	D1	48.1659	48.1659	900	448.176	48.1659	48.1659	900	448.176		
Story2	D2	28.8849	28.8849	900	570	28.8849	28.8849	900	570		

Table 3.3 - Diaphragm Center of Mass Displacements

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX cm	UY cm	RZ rad	Point	X cm	Y cm	Z cm
Story2	D2	Dead	-6.001E-10	-0.0423	0	1	900	570	660
Story2	D2	Live	-3.288E-10	-0.0251	0	1	900	570	660
Story2	D2	CM	-3.154E-10	-0.01	0	1	900	570	660
Story2	D2	CV	-1.146E-10	-4.367E-05	0	1	900	570	660
Story2	D2	Sism Dinam X Max	0.3779	9.84E-12	1.8E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Sism Dinam Y Max	0.0001	0.2713	1.2E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Sism Est X 1	0.4565	1.148E-12	8E-06	1	900	570	660
Story2	D2	Sism Est X 2	0.4565	1.129E-12	2E-06	1	900	570	660
Story2	D2	Sism Est X 3	0.4564	1.167E-12	1.4E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Sism Est Y 1	1.142E-12	0.3323	0	1	900	570	660
Story2	D2	Sism Est Y 2	-0.0002	0.3323	1.4E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Sism Est Y 3	0.0002	0.3323	-1.4E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Desplazamientos 0.75*R Max	1.9844	1.4244	0.000158	1	900	570	660

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX cm	UY cm	RZ rad	Point	X cm	Y cm	Z cm
Story2	D2	Desplazamientos 0.75*R Min	-1.9844	-1.4244	-0.000158	1	900	570	660
Story2	D2	Peso de estructura	-1.109E-09	-0.0649	0	1	900	570	660
Story2	D2	Comb1	-2.035E-09	-0.1159	0	1	900	570	660
Story2	D2	Comb2 Max	0.3779	-0.0968	1.8E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Comb2 Min	-0.3779	-0.0968	-1.8E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Comb3 Max	0.0001	0.1745	1.2E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Comb3 Min	-0.0001	-0.3681	-1.2E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Comb4 Max	0.3779	-0.0471	1.8E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Comb4 Min	-0.3779	-0.0471	-1.8E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Comb5 Max	0.0001	0.2242	1.2E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Comb5 Min	-0.0001	-0.3184	-1.2E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Comb6 Max	0.3779	0.2242	1.8E-05	1	900	570	660
Story2	D2	Comb6 Min	-0.3779	-0.3681	-1.8E-05	1	900	570	660
Story1	D1	Dead	-1.826E-10	-0.0186	0	2	900	448.176	330
Story1	D1	Live	-1.412E-10	-0.011	0	2	900	448.176	330
Story1	D1	CM	-1.058E-10	-0.0044	0	2	900	448.176	330
Story1	D1	CV	-1.953E-11	-1.93E-05	0	2	900	448.176	330
Story1	D1	Sism Dinam X Max	0.1621	4.851E-11	1E-05	2	900	448.176	330
Story1	D1	Sism Dinam Y Max	0.0006	0.1273	5E-06	2	900	448.176	330
Story1	D1	Sism Est X 1	0.198	0	6E-06	2	900	448.176	330
Story1	D1	Sism Est X 2	0.1977	0	3E-06	2	900	448.176	330
Story1	D1	Sism Est X 3	0.1983	0	9E-06	2	900	448.176	330
Story1	D1	Sism Est Y 1	0	0.1569	0	2	900	448.176	330
Story1	D1	Sism Est Y 2	0.0007	0.1569	6E-06	2	900	448.176	330
Story1	D1	Sism Est Y 3	-0.0007	0.1569	-6E-06	2	900	448.176	330
Story1	D1	Desplazamientos 0.75*R Max	0.8542	0.6685	7.7E-05	2	900	448.176	330
Story1	D1	Desplazamientos 0.75*R Min	-0.8542	-0.6685	-7.7E-05	2	900	448.176	330
Story1	D1	Peso de estructura	-3.639E-10	-0.0286	0	2	900	448.176	330
Story1	D1	Comb1	-6.769E-10	-0.051	0	2	900	448.176	330
Story1	D1	Comb2 Max	0.1621	-0.0426	1E-05	2	900	448.176	330
Story1	D1	Comb2 Min	-0.1621	-0.0426	-1E-05	2	900	448.176	330
Story1	D1	Comb3 Max	0.0006	0.0847	5E-06	2	900	448.176	330
Story1	D1	Comb3 Min	-0.0006	-0.1699	-5E-06	2	900	448.176	330
Story1	D1	Comb4 Max	0.1621	-0.0207	1E-05	2	900	448.176	330
Story1	D1	Comb4 Min	-0.1621	-0.0207	-1E-05	2	900	448.176	330
Story1	D1	Comb5 Max	0.0006	0.1066	5E-06	2	900	448.176	330
Story1	D1	Comb5 Min	-0.0006	-0.1481	-5E-06	2	900	448.176	330
Story1	D1	Comb6 Max	0.1621	0.1066	1E-05	2	900	448.176	330
Story1	D1	Comb6 Min	-0.1621	-0.1699	-1E-05	2	900	448.176	330

Table 3.4 - Diaphragm Accelerations

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX cm/sec ²	UY cm/sec ²	UZ cm/sec ²	RX rad/sec ²	RY rad/sec ²	RZ rad/sec ²
Story2	D2	Sism Dinam X Max	283.258	30.237	36.188	0.131	0.818	0.034
Story2	D2	Sism Dinam Y Max	0	267.965	24.987	0.607	0.034	0
Story1	D1	Sism Dinam X Max	147.542	13.492	22.411	0.047	0.496	0.015
Story1	D1	Sism Dinam Y Max	0	144.581	104.864	0.455	0.049	0

Table 3.5 - Response Spectrum Modal Information

Response Spectrum Case	Modal case	Mode	Period sec	Damping Ratio	U1 Acceleration cm/sec ²	U2 Acceleration cm/sec ²	U3 Acceleration cm/sec ²	U1 Amplitude cm	U2 Amplitude cm	U3 Amplitude cm
Sism Dinam X	Modal	1	0.235	0.1	201.281	0	134.188	-3.8427	0	0
Sism Dinam X	Modal	2	0.202	0.1	201.282	0	134.189	2.556E-11	0	0
Sism Dinam X	Modal	3	0.147	0.1	201.285	0	134.191	-0.04	0	0
Sism Dinam X	Modal	4	0.071	0.1	201.279	0	134.186	-0.1535	0	0
Sism Dinam X	Modal	5	0.067	0.1	201.28	0	134.187	-7.127E-11	0	0
Sism Dinam X	Modal	6	0.046	0.1	201.283	0	134.189	0.0064	0	0
Sism Dinam Y	Modal	1	0.235	0.1	0	196.03	130.686	0	-4.807E-11	0
Sism Dinam Y	Modal	2	0.202	0.1	0	196.031	130.687	0	-2.8299	0
Sism Dinam Y	Modal	3	0.147	0.1	0	196.034	130.689	0	7.869E-12	0
Sism Dinam Y	Modal	4	0.071	0.1	0	196.028	130.685	0	-4.892E-11	0
Sism Dinam Y	Modal	5	0.067	0.1	0	196.029	130.685	0	0.1199	0
Sism Dinam Y	Modal	6	0.046	0.1	0	196.032	130.687	0	4.266E-11	0

3.2 Story Results

Table 3.6 - Story Drifts

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X cm	Y cm	Z cm
Story2	Dead	Y	7.2E-05	24	1800	290	660
Story2	Live	Y	4.3E-05	24	1800	290	660
Story2	CM	Y	1.7E-05	24	1800	290	660
Story2	CV	Y	7.384E-08	24	1800	290	660
Story2	Sism Dinam X Max	X	0.000668	19	1800	220	660
Story2	Sism Dinam Y Max	Y	0.000458	23	0	290	660
Story2	Sism Est X 1	X	0.000788	19	1800	220	660
Story2	Sism Est X 2	X	0.000787	17	1800	920	660
Story2	Sism Est X 3	X	0.000791	19	1800	220	660
Story2	Sism Est Y 1	Y	0.000532	24	1800	290	660
Story2	Sism Est Y 2	Y	0.000554	24	1800	290	660
Story2	Sism Est Y 3	Y	0.000554	23	0	290	660
Story2	Desplazamientos 0.75*R Max	X	0.003544	19	1800	220	660
Story2	Desplazamientos 0.75*R Max	Y	0.002545	23	0	290	660
Story2	Desplazamientos 0.75*R Min	X	0.003544	19	1800	220	660
Story2	Desplazamientos 0.75*R Min	Y	0.002545	23	0	290	660
Story2	Peso de estructura	Y	0.00011	24	1800	290	660
Story2	Comb1	Y	0.000197	24	1800	290	660
Story2	Comb2 Max	X	0.000668	19	1800	220	660
Story2	Comb2 Max	Y	0.000164	7	900	220	660
Story2	Comb2 Min	X	0.000668	19	1800	220	660
Story2	Comb2 Min	Y	0.000191	24	1800	290	660
Story2	Comb3 Max	Y	0.000294	23	0	290	660
Story2	Comb3 Min	Y	0.000622	24	1800	290	660
Story2	Comb4 Max	X	0.000668	19	1800	220	660

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X cm	Y cm	Z cm
Story2	Comb4 Max	Y	8E-05	7	900	220	660
Story2	Comb4 Min	X	0.000668	19	1800	220	660
Story2	Comb4 Min	Y	0.000106	24	1800	290	660
Story2	Comb5 Max	Y	0.000378	23	0	290	660
Story2	Comb5 Min	Y	0.000538	24	1800	290	660
Story2	Comb6 Max	X	0.000668	19	1800	220	660
Story2	Comb6 Max	Y	0.000378	23	0	290	660
Story2	Comb6 Min	X	0.000668	19	1800	220	660
Story2	Comb6 Min	Y	0.000622	24	1800	290	660
Story1	Dead	Y	5.7E-05	24	1800	290	330
Story1	Live	Y	3.3E-05	24	1800	290	330
Story1	CM	Y	1.3E-05	24	1800	290	330
Story1	CV	Y	5.849E-08	24	1800	290	330
Story1	Sism Dinam X Max	X	0.000498	20	1730	220	330
Story1	Sism Dinam Y Max	Y	0.0004	24	1800	290	330
Story1	Sism Est X 1	X	0.000604	20	1730	220	330
Story1	Sism Est X 2	X	0.000601	20	1730	220	330
Story1	Sism Est X 3	X	0.000607	20	1730	220	330
Story1	Sism Est Y 1	Y	0.000475	24	1800	290	330
Story1	Sism Est Y 2	Y	0.000492	24	1800	290	330
Story1	Sism Est Y 3	Y	0.000492	23	0	290	330
Story1	Desplazamientos 0.75*R Max	X	0.00264	20	1730	220	330
Story1	Desplazamientos 0.75*R Max	Y	0.002235	23	0	290	330
Story1	Desplazamientos 0.75*R Min	X	0.00264	20	1730	220	330
Story1	Desplazamientos 0.75*R Min	Y	0.002235	23	0	290	330
Story1	Peso de estructura	Y	8.7E-05	24	1800	290	330
Story1	Comb1	Y	0.000155	24	1800	290	330
Story1	Comb2 Max	X	0.000498	20	1730	220	330
Story1	Comb2 Max	Y	0.000129	7	900	220	330
Story1	Comb2 Min	X	0.000498	20	1730	220	330
Story1	Comb2 Min	Y	0.000155	23	0	290	330
Story1	Comb3 Max	Y	0.000271	23	0	290	330
Story1	Comb3 Min	Y	0.000529	24	1800	290	330
Story1	Comb4 Max	X	0.000498	20	1730	220	330
Story1	Comb4 Max	Y	6.3E-05	7	900	220	330
Story1	Comb4 Min	X	0.000498	20	1730	220	330
Story1	Comb4 Min	Y	8.9E-05	23	0	290	330
Story1	Comb5 Max	Y	0.000337	24	1800	290	330
Story1	Comb5 Min	Y	0.000463	24	1800	290	330
Story1	Comb6 Max	X	0.000498	20	1730	220	330
Story1	Comb6 Max	Y	0.000337	24	1800	290	330
Story1	Comb6 Min	X	0.000498	20	1730	220	330
Story1	Comb6 Min	Y	0.000529	24	1800	290	330

Table 3.7 - Story Forces

Story	Load Case/Combo	Location	P kgf	VX kgf	VY kgf	T kgf-cm	MX kgf-cm	MY kgf-cm
Story2	Dead	Top	50051.99	0	0	0	28529632.46	-45046788
Story2	Dead	Bottom	74156.57	0	0	0	42269246.07	-66740915
Story2	Live	Top	0	0	0	0	0	0
Story2	Live	Bottom	0	0	0	0	0	0

Story	Load Case/Combo	Location	P kgf	VX kgf	VY kgf	T kgf-cm	MX kgf-cm	MY kgf-cm
Story2	CM	Top	12600	0	0	0	7182000	-11340000
Story2	CM	Bottom	12600	0	0	0	7182000	-11340000
Story2	CV	Top	12600	0	0	0	7182000	-11340000
Story2	CV	Bottom	12600	0	0	0	7182000	-11340000
Story2	Sism Dinam X Max	Top	0	20989.88	0	11851919.62	0	0
Story2	Sism Dinam X Max	Bottom	0	22413.24	5.717E-05	12618597.89	0.01	7190266.63
Story2	Sism Dinam Y Max	Top	0	0	20251	18903168.46	0	0
Story2	Sism Dinam Y Max	Bottom	0	0	21692.97	20200938.24	6946547.41	0.01
Story2	Sism Est X 1	Top	0	-23445.21	0	13363767.95	0	5.628E-05
Story2	Sism Est X 1	Bottom	0	-25855.41	0	14737584.49	0	-8134602.03
Story2	Sism Est X 2	Top	0	-23445.21	0	13677685.79	0	5.689E-05
Story2	Sism Est X 2	Bottom	0	-25855.41	0	15051502.32	0	-8134602.03
Story2	Sism Est X 3	Top	0	-23445.21	0	13049850.12	0	5.532E-05
Story2	Sism Est X 3	Bottom	0	-25855.41	0	14423666.66	0	-8134602.03
Story2	Sism Est Y 1	Top	0	0	-23445.21	-21100686	0	0
Story2	Sism Est Y 1	Bottom	0	0	-25855.41	-23269870	8134602.03	0
Story2	Sism Est Y 2	Top	0	0	-23445.21	-21907904	0	0
Story2	Sism Est Y 2	Bottom	0	0	-25855.41	-24077088	8134602.03	0
Story2	Sism Est Y 3	Top	0	0	-23445.21	-20293469	0	0
Story2	Sism Est Y 3	Bottom	0	0	-25855.41	-22462653	8134602.03	0
Story2	Desplazamientos 0.75*R Max	Top	0	110196.89	106317.78	161464212	0.0002167	0.0002499
Story2	Desplazamientos 0.75*R Max	Bottom	0	117669.49	113888.1	172302565	36469373.97	37748899.87
Story2	Desplazamientos 0.75*R Min	Top	0	-110196.89	-106317.78	-161464212	-0.0002167	-0.0002499
Story2	Desplazamientos 0.75*R Min	Bottom	0	-117669.49	-113888.1	-172302565	-36469374	-37748900
Story2	Peso de estructura	Top	65801.99	0	0	0	37507132.46	-59221788
Story2	Peso de estructura	Bottom	89906.57	0	0	0	51246746.07	-80915915
Story2	Comb1	Top	109132.78	0	0	0	62205685.44	-98219503
Story2	Comb1	Bottom	142879.2	0	0	0	81441144.5	-128591281
Story2	Comb2 Max	Top	94064.98	20989.88	0	11851919.62	53617040.57	-84658485
Story2	Comb2 Max	Bottom	124195.72	22413.24	5.722E-05	12618597.89	70791557.6	-104585877

Table 3.8 - Story Stiffness

Story	Load Case	Shear X kgf	Drift X cm	Stiffness X kgf/cm	Shear Y kgf	Drift Y cm	Stiffness Y kgf/cm
Story2	Sism Dinam X	22413.24	0.2189	102396.36	5.717E-05	0.0044	0
Story1	Sism Dinam X	39165.21	0.1618	241998.65	0.000214	0.0043	0
Story2	Sism Est X 1	25855.41	0.2592	99737.72	0	0.001	0
Story1	Sism Est X 1	48637.9	0.1972	246590.14	0	0.0027	0

Story1	Sism Est X ₁	48637.9	0.1972	246590.14	0	0.0027	0
Story2	Sism Est X ₂	25855.41	0.2593	99721.67	0	0.0005	0
Story1	Sism Est X ₂	48637.9	0.1973	246556.89	0	0.0015	0
Story2	Sism Est X ₃	25855.41	0.2592	99752.5	0	0.0025	0
Story1	Sism Est X ₃	48637.9	0.1972	246623.39	0	0.0039	0
Story2	Sism Est Y ₁	0	4.928E-06	0	25855.41	0.1755	147343.43
Story1	Sism Est Y ₁	0	0	0	48637.9	0.1569	310068.26
Story2	Sism Est Y ₂	0	0.0015	0	25855.41	0.1755	147361.35
Story1	Sism Est Y ₂	0	0.0014	0	48637.9	0.1569	310068.26
Story2	Sism Est Y ₃	0	0.0015	0	25855.41	0.1755	147361.35
Story1	Sism Est Y ₃	0	0.0014	0	48637.9	0.1569	310068.26

3.3 Modal Results

Table 3.9 - Modal Periods and Frequencies

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	Circular Frequency rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
Modal	1	0.235	4.258	26.7561	715.888
Modal	2	0.202	4.938	31.0293	962.817
Modal	3	0.147	6.791	42.6661	1820.3928
Modal	4	0.071	14.037	88.1997	7779.1869
Modal	5	0.067	14.975	94.0926	8853.4137
Modal	6	0.046	21.897	137.5838	18929.2895

Table 3.10 - Modal Participating Mass Ratios (Part 1 of 2)

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	1	0.235	0.8281	0	0	0.8281	0	0
Modal	2	0.202	0	0.8565	0	0.8281	0.8565	0
Modal	3	0.147	0.0006	0	0	0.8287	0.8565	0
Modal	4	0.071	0.156	0	0	0.9847	0.8565	0
Modal	5	0.067	0	0.1299	0	0.9847	0.9864	0
Modal	6	0.046	0.0016	0	0	0.9862	0.9864	0

Table 3.10 - Modal Participating Mass Ratios (Part 2 of 2)

Case	Mode	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	0	0.2486	0.0001	0	0.2486	0.0001
Modal	2	0.2162	0	0	0.2162	0.2486	0.0001
Modal	3	0	0.0091	0.8221	0.2162	0.2576	0.8222
Modal	4	0	0.6674	0.0004	0.2162	0.9251	0.8225
Modal	5	0.7148	0	0	0.931	0.9251	0.8225

Case	Mode	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	6	0	0.0056	0.1485	0.931	0.9307	0.971

Table 3.11 - Modal Load Participation Ratios

Case	Item Type	Item	Static %	Dynamic %
Modal	Acceleration	UX	100	98.62
Modal	Acceleration	UY	100	98.64
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Table 3.12 - Modal Direction Factors

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	RZ
Modal	1	0.235	1	0	0	0
Modal	2	0.202	0	1	0	0
Modal	3	0.147	0.012	0	0	0.988
Modal	4	0.071	0.981	0	0	0.019
Modal	5	0.067	0	1	0	0
Modal	6	0.046	0.008	0	0	0.992

ANEXO N° 02

Cover Sheet (Cover Note)

ETABS 2015

SCHEMATIC DESIGN DRAWINGS

THESE DRAWINGS HAVE BEEN AUTOMATICALLY GENERATED FROM INFORMATION THAT IS BASED ONLY ON CALCULATED STRENGTH REQUIREMENTS. THE DRAWING SHEETS ARE A REPRESENTATION OF THE DESIGN OUTPUT IN A SCHEMATIC FORM AND ARE NOT FOR CONSTRUCTION. ALL DETAILS SHOULD BE REVIEWED FOR COMPLIANCE WITH LOCAL DETAILING CODES AND OTHER REQUIREMENTS.

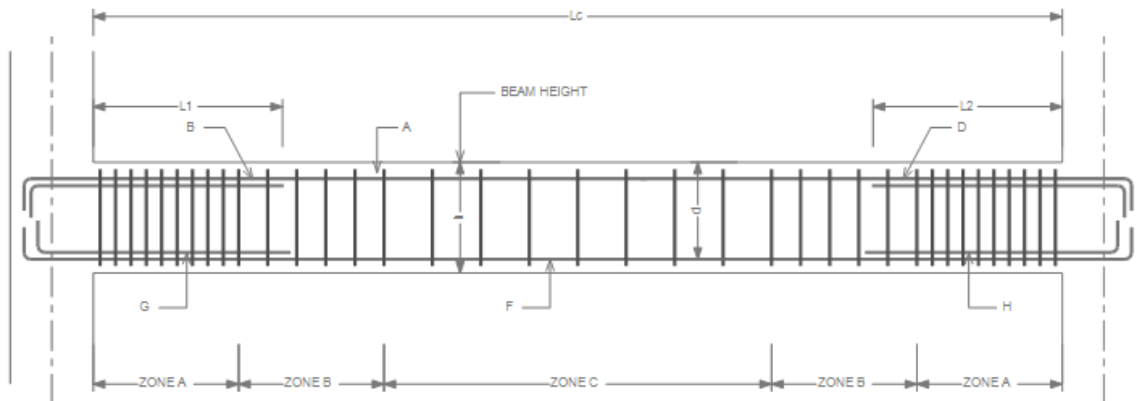
THE INFORMATION ON THESE DRAWINGS MUST BE CHECKED BY A QUALIFIED AND EXPERIENCED ENGINEER. THE ENGINEER MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS AND TAKE PROFESSIONAL RESPONSIBILITY FOR THE FINAL INFORMATION THAT IS PRESENTED.

CONSIDERABLE TIME, EFFORT AND EXPENSE HAVE GONE INTO THE DEVELOPMENT AND TESTING OF THIS SOFTWARE. HOWEVER, THE USER ACCEPTS AND UNDERSTANDS THAT NO WARRANTY IS EXPRESSED OR IMPLIED BY THE DEVELOPERS OR THE DISTRIBUTORS ON THE ACCURACY OR THE RELIABILITY OF THIS PRODUCT.

General Notes – 1*List of Drawings***LIST OF DRAWINGS**

SHEET NO.	SHEET TITLE
S-00	COVER SHEET
S-01	GENERAL NOTES
S-02	FLOOR FRAMING PLANS
S-03	CONCRETE COLUMN SCHEDULE
S-04	CONCRETE BEAM SCHEDULE (SEISMIC)
S-05	CONCRETE COLUMN LAYOUT
S-06	WALL LAYOUT
S-07	WALL REINFORCEMENT ELEVATIONS
S-08	WALL REINFORCEMENT PLANS (1 OF 7)
S-09	WALL REINFORCEMENT PLANS (2 OF 7)
S-10	WALL REINFORCEMENT PLANS (3 OF 7)
S-11	WALL REINFORCEMENT PLANS (4 OF 7)
S-12	WALL REINFORCEMENT PLANS (5 OF 7)
S-13	WALL REINFORCEMENT PLANS (6 OF 7)
S-14	WALL REINFORCEMENT PLANS (7 OF 7)

Typical Concrete Beam Elevation 1S

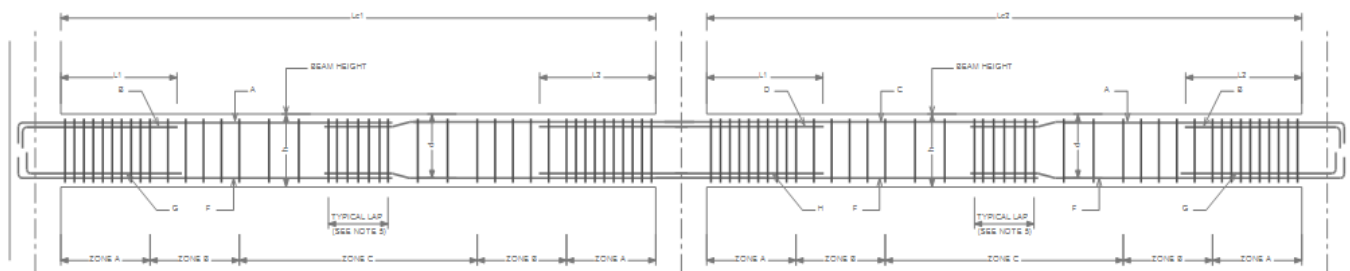


NOTES:

1. SEE BEAM SCHEDULE FOR STIRRUP TYPE AND SPACING.
2. ZONE A LENGTH SHALL BE TWICE THE BEAM HEIGHT, h .
3. THE FIRST STIRRUP IN ZONE A SHALL BE LOCATED 5.08cm MAXIMUM FROM THE FACE OF THE SUPPORT.
4. LAP SPICES SHALL NOT BE LOCATED WITHIN THE BEAM/COLUMN JOINT, NOR WITHIN A DISTANCE OF $2h$.
5. LAP SPICES SHALL BE ENCLOSED BY HOOP STIRRUPS AT A MAXIMUM SPACING OF $D/4$ OR 10.16cm, WHICHEVER IS SMALLER.

Typical Concrete Beam Elevation 1S

Typical Concrete Beam Elevation 2S

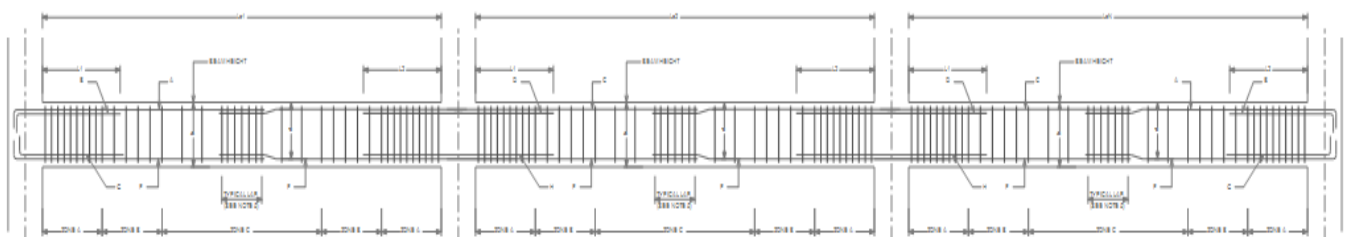


NOTES:

1. SEE BEAM SCHEDULE FOR STIRRUP TYPE AND SPACING.
2. ZONE A LENGTH SHALL BE TWICE THE BEAM HEIGHT, h .
3. THE FIRST STIRRUP IN ZONE A SHALL BE LOCATED 5.08cm MAXIMUM FROM THE FACE OF THE SUPPORT.
4. LAP SPICES SHALL NOT BE LOCATED WITHIN THE BEAM/COLUMN JOINT, NOR WITHIN A DISTANCE OF $2h$.
5. LAP SPICES SHALL BE ENCLOSED BY HOOP STIRRUPS AT A MAXIMUM SPACING OF $D/4$ OR 10.16cm, WHICHEVER IS SMALLER.

Typical Concrete Beam Elevation 2S

Typical Concrete Beam Elevation 3S

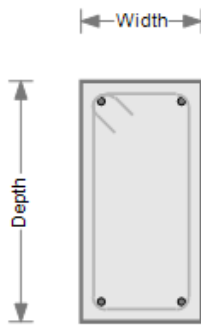


NOTES:

1. SEE BEAM SCHEDULE FOR STIRRUP TYPE AND SPACING.
2. ZONE A LENGTH SHALL BE TWICE THE BEAM HEIGHT, h .
3. THE FIRST STIRRUP IN ZONE A SHALL BE LOCATED 5.08cm MAXIMUM FROM THE FACE OF THE SUPPORT.
4. LAP SPICES SHALL NOT BE LOCATED WITHIN THE BEAM/COLUMN JOINT, NOR WITHIN A DISTANCE OF $2h$.
5. LAP SPICES SHALL BE ENCLOSED BY HOOP STIRRUPS AT A MAXIMUM SPACING OF $D/4$ OR 10.16cm, WHICHEVER IS SMALLER.

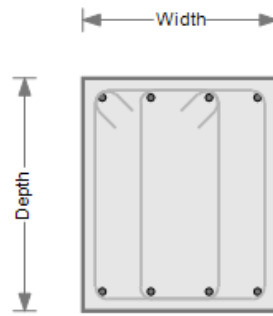
Typical Concrete Beam Elevation 3S

Beam Section-A



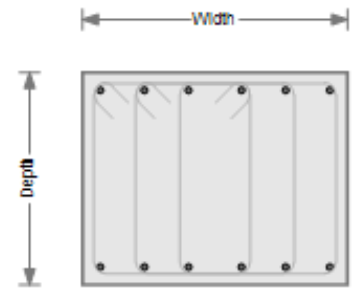
Beam Section-A

Beam Section-B



Beam Section-B

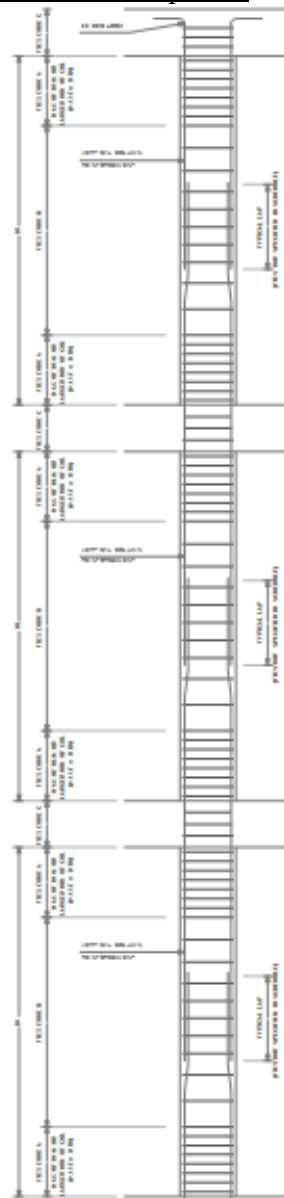
Beam Section-C



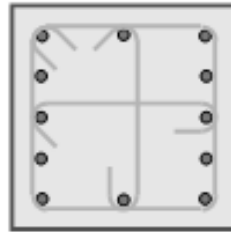
Beam Section-C

General Notes - 2

Concrete Column Typical Elevation – Special



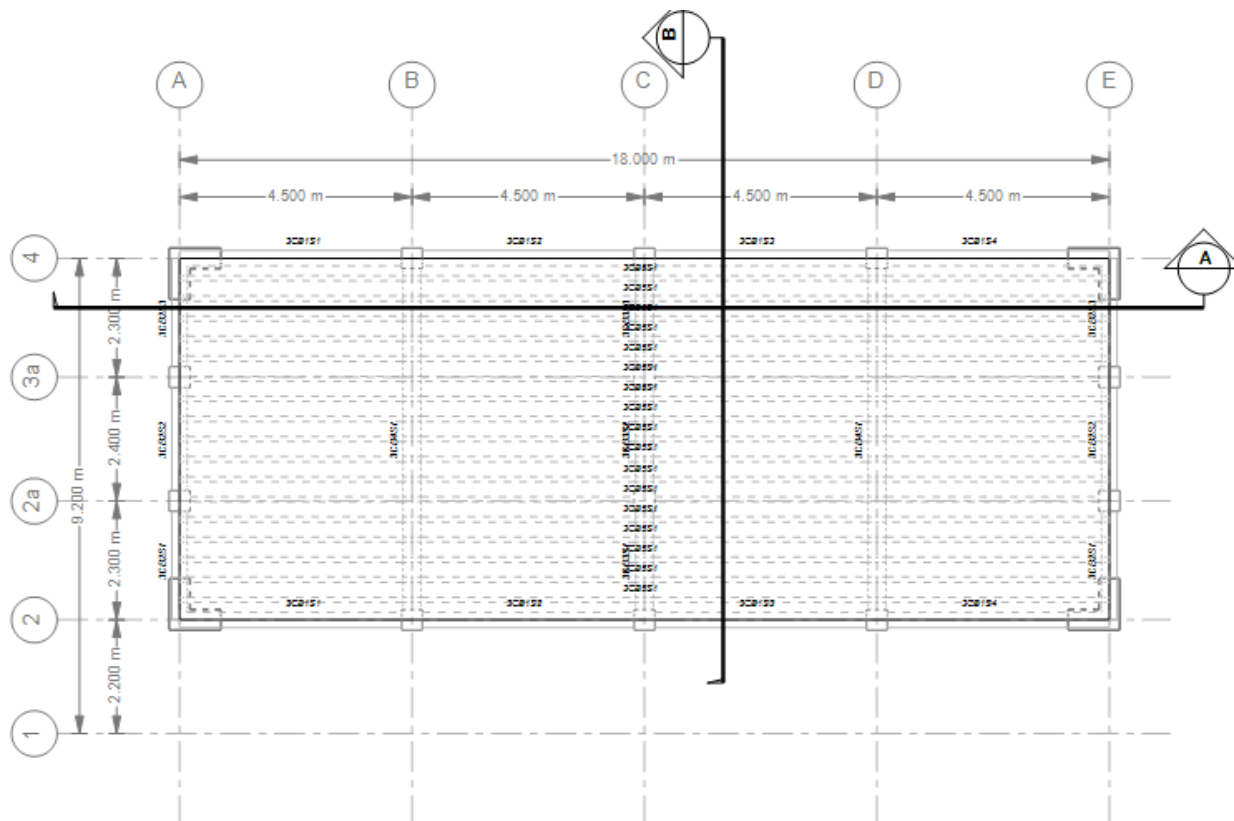
Column Section-A



Column Section-A

Floor Framing Plans

Floor Framing Plan - Story2 (EL. 6.600 m)



Floor Framing Plan - Story2 (EL. 6.600 m)
(Scale 1:100)

Concrete Column Schedule

Concrete Column Schedule

Concrete Column Schedule																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
CC1										CC2										CC3										CC4										CC5										CC6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	COLUMN SIZE					SECTION					REINFORCING					TIES ZONE-A					TIES ZONE-B					TIES ZONE-C					COLUMN SIZE					SECTION					REINFORCING					TIES ZONE-A					TIES ZONE-B					TIES ZONE-C																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

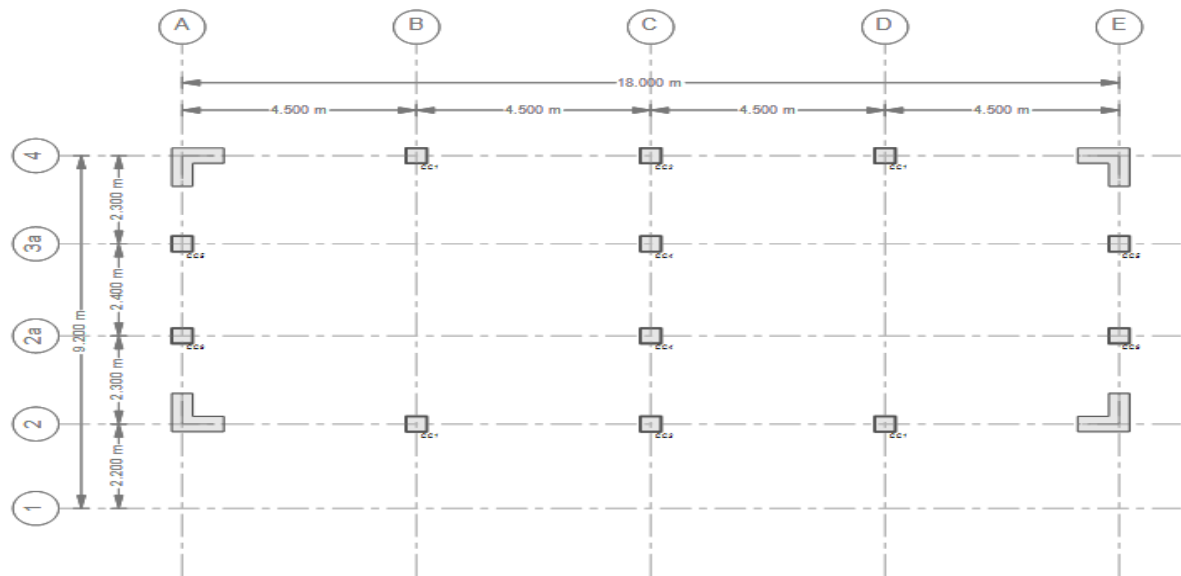
Concrete Beam Schedule (Seismic)

Concrete Beam Rebar Table (Seismic)

CONCRETE BEAM REBAR TABLE (SEISMIC)																		
BEAM ID	SPAN NO.	SPAN LENGTH (M) (LC)	SECTION SIZE		LONGITUDINAL BARS								L1	L2	SUPPORTS			TYPICAL ELEVATIONS
			WIDTH	DEPTH	A	B	C	D	E	F	G	H			ZONE A	ZONE B	ZONE C	
SCB1	1	9.800 M	300 CM	300 CM	3-20 (17.2)	3-20	-	-	-	6-20 (10.2)	1-20 (1.9)	-	0.875 M	-	6-10 #120 CM TYPES (0.10)	-	10 #120 CM TYPES (0.24)	ELEVATION 39
	2	4.100 M	300 CM	300 CM	-	-	3-20 (17.2)	3-20	3-20 (17.2)	-	3-20 (17.2)	-	1.025 M	-	6-10 #120 CM TYPES (0.05)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	3	4.100 M	300 CM	300 CM	-	-	3-20 (17.2)	3-20	3-20 (17.2)	1-20 (1.9)	3-20 (17.2)	-	1.025 M	-	6-10 #120 CM TYPES (0.05)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	4	9.800 M	300 CM	300 CM	3-20 (17.2)	3-20	3-20 (17.2)	3-20	3-20 (17.2)	3-20 (17.2)	1-20 (1.9)	0.875 M	0.875 M	6-10 #120 CM TYPES (0.10)	-	10 #120 CM TYPES (0.24)	ELEVATION 39	
SCB2	1	2.000 M	300 CM	300 CM	3-14 (8.1)	3-14	-	-	-	6-20 (10.2)	-	-	0.025 M	-	7-10 #120 CM TYPES (0.14)	-	10 #120 CM TYPES (0.19)	ELEVATION 39
	2	2.000 M	300 CM	300 CM	-	-	3-20 (17.2)	1-20	6-14 (8.1)	-	1-20 (1.9)	-	0.000 M	-	6-10 #120 CM TYPES (0.07)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	3	2.000 M	300 CM	300 CM	3-14 (8.1)	3-14	3-20 (17.2)	1-20	6-20 (10.2)	-	-	0.025 M	0.025 M	7-10 #120 CM TYPES (0.14)	-	10 #120 CM TYPES (0.19)	ELEVATION 39	
SCB3	1	1.800 M	320 CM	600 CM	3-20 (17.2)	1-20	-	-	-	3-20 (17.2)	-	-	0.475 M	-	6-10 #120 CM TYPES (0.10)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	2	2.000 M	320 CM	600 CM	-	-	3-20 (17.2)	3-20	6-14 (8.1)	-	1-20 (1.9)	-	0.000 M	-	6-10 #120 CM TYPES (0.04)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	3	1.800 M	320 CM	600 CM	3-20 (17.2)	1-20	3-20 (17.2)	1-20	6-14 (8.1)	1-20 (1.9)	1-20 (1.9)	0.475 M	0.475 M	6-10 #120 CM TYPES (0.04)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39	
SCB4	1	9.800 M	320 CM	600 CM	3-20 (17.2)	1-20	3-20 (17.2)	1-20	3-20 (17.2)	-	-	1.600 M	1.600 M	6-10 #120 CM TYPES (0.04)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39	
SCB5	1	14.000 M	100 CM	250 CM	3-14 (8.1)	3-14	3-14 (8.1)	-	-	6-14 (8.1)	-	-	4.000 M	-	3-10 #120 CM TYPES (0.07)	-	10 #120 CM TYPES (0.07)	ELEVATION 39
SCB6	1	3.800 M	300 CM	300 CM	6-20 (11.2)	3-20	-	-	-	6-20 (11.2)	3-20 (17.2)	-	0.875 M	-	3-10 #120 CM TYPES (0.14)	-	10 #120 CM TYPES (0.11)	ELEVATION 39
	2	4.100 M	300 CM	300 CM	-	-	3-20 (17.2)	3-20	3-20 (17.2)	-	1-20 (1.9)	-	1.025 M	-	6-10 #120 CM TYPES (0.04)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	3	4.100 M	300 CM	300 CM	-	-	3-20 (17.2)	3-20	3-20 (17.2)	-	-	-	1.025 M	-	6-10 #120 CM TYPES (0.07)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	4	9.800 M	300 CM	300 CM	6-20 (11.2)	3-20	3-20 (17.2)	3-20	3-20 (17.2)	3-20 (17.2)	1-20 (1.9)	0.875 M	0.875 M	3-10 #120 CM TYPES (0.14)	-	10 #120 CM TYPES (0.11)	ELEVATION 39	
SCB7	1	2.000 M	320 CM	600 CM	3-20 (17.2)	-	-	-	-	3-20 (17.2)	-	-	-	-	6-10 #120 CM TYPES (0.05)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	2	9.800 M	320 CM	600 CM	3-20 (17.2)	3-20	6-20 (11.2)	3-20	3-20 (17.2)	1-20 (1.9)	1-20 (1.9)	1.600 M	1.600 M	6-10 #120 CM TYPES (0.04)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39	
	3	2.000 M	320 CM	600 CM	-	-	3-20 (17.2)	3-20	6-14 (8.1)	-	-	-	-	-	6-10 #120 CM TYPES (0.05)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
SCB8	1	2.000 M	320 CM	600 CM	-	-	3-20 (17.2)	3-20	6-14 (8.1)	-	-	-	-	-	6-10 #120 CM TYPES (0.05)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	2	1.800 M	320 CM	600 CM	-	-	3-20 (17.2)	3-20	6-14 (8.1)	-	1-20 (1.9)	-	0.475 M	-	6-10 #120 CM TYPES (0.14)	-	10 #120 CM TYPES (0.11)	ELEVATION 39
	3	2.000 M	320 CM	600 CM	-	-	3-20 (17.2)	3-20	6-14 (8.1)	-	3-20 (17.2)	-	0.000 M	-	6-10 #120 CM TYPES (0.04)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	4	1.800 M	320 CM	600 CM	3-20 (17.2)	3-20	3-20 (17.2)	1-20	6-14 (8.1)	3-20 (17.2)	1-20 (1.9)	0.475 M	0.475 M	6-10 #120 CM TYPES (0.11)	-	10 #120 CM TYPES (0.11)	ELEVATION 39	
SCB9	1	4.000 M	400 CM	720 CM	3-14 (8.1)	3-14	-	-	-	6-20 (24.1)	-	-	1.075 M	-	10-12 #120 CM TYPES (0.24)	17-12 #120 CM TYPES (0.24)	10 #120 CM TYPES (0.17)	ELEVATION 39
	2	2.000 M	400 CM	720 CM	-	-	3-20 (17.2)	3-20	6-14 (8.1)	-	1-20 (1.9)	-	0.000 M	-	3-10 #120 CM TYPES (0.04)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	3	2.000 M	400 CM	720 CM	3-20 (17.2)	3-20	3-20 (17.2)	-	-	6-20 (24.1)	-	-	0.025 M	-	10-12 #120 CM TYPES (0.24)	-	14 #120 CM TYPES (0.34)	ELEVATION 39
SCB10	1	4.000 M	300 CM	300 CM	3-20 (17.2)	-	-	-	-	6-14 (8.1)	-	-	-	-	3-10 #120 CM TYPES (0.04)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	2	4.000 M	300 CM	300 CM	-	-	3-14 (8.1)	-	-	6-14 (8.1)	-	-	-	-	3-10 #120 CM TYPES (0.04)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	3	4.000 M	300 CM	300 CM	-	-	3-14 (8.1)	-	-	6-14 (8.1)	-	-	-	-	3-10 #120 CM TYPES (0.04)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
	4	4.000 M	300 CM	300 CM	3-20 (17.2)	-	3-14 (8.1)	-	-	6-14 (8.1)	-	-	-	-	3-10 #120 CM TYPES (0.04)	-	10 #120 CM TYPES (0.04)	ELEVATION 39
SCB11	1	17.000 M	100 CM	250 CM	3-14 (8.1)	3-14	3-14 (8.1)	-	-	6-14 (11.1)	-	-	4.000 M	-	3-10 #120 CM TYPES (0.07)	-	10 #120 CM TYPES (0.07)	ELEVATION 39

Concrete Column Layout

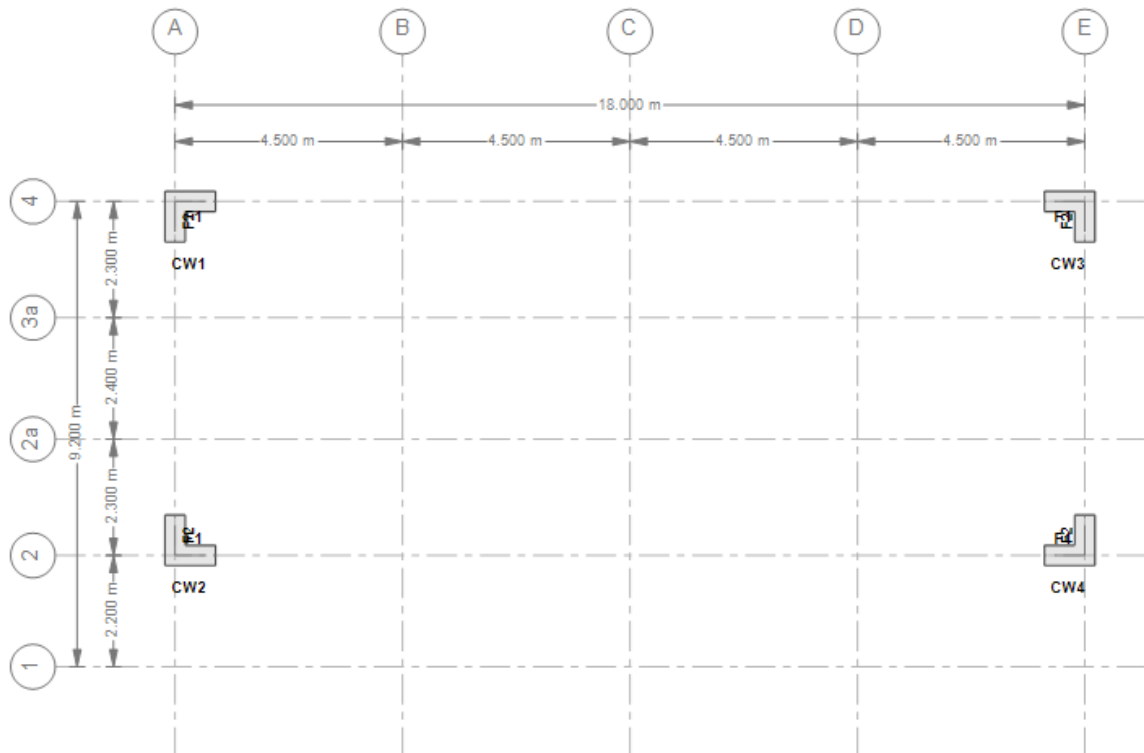
Concrete Column Layout - Base (EL. 0.000 m)



Concrete Column Layout - Base (EL. 0.000 m)
(Scale 1:100)

Wall Layout

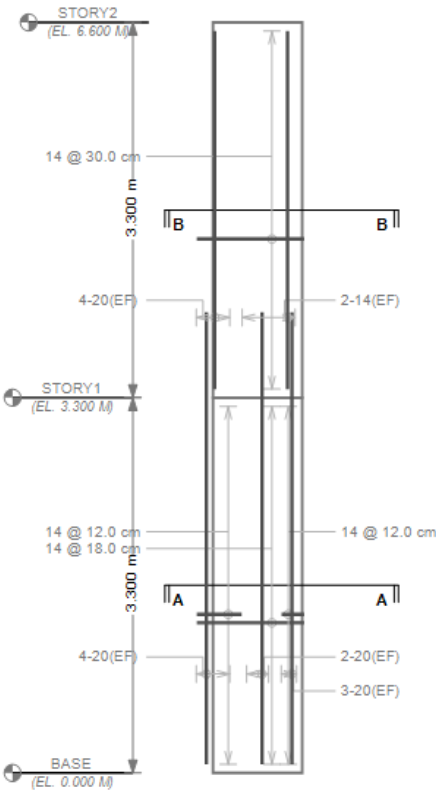
Wall Layout - Base (EL. 0.000 m)



Wall Layout - Base (EL. 0.000 m)
(Scale 1:100)

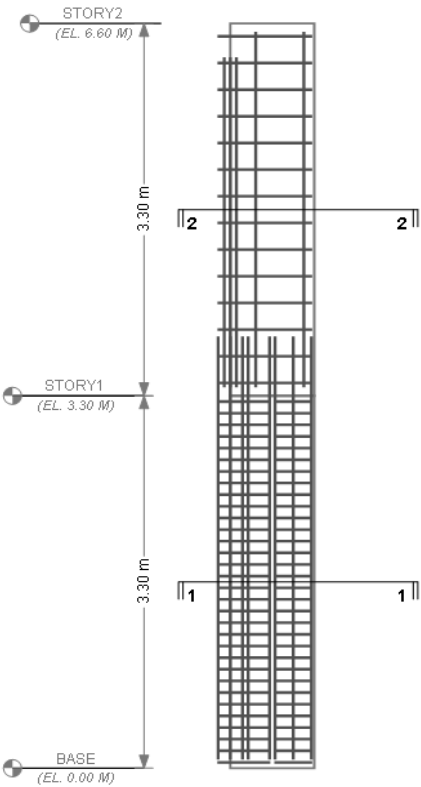
Wall Reinforcement Elevations

CW1 F1: Elevation



CW1 F1: Elevation

CW1 F1: Elevation – All Bars



CW1 F1: Elevation - All Bars
(Scale 1:50)

Wall Reinforcement Plans (1 of 4)

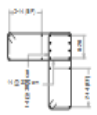
CW1 Section: A



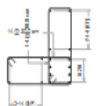
⊖ CW1 Section A
(Scale 1:50)



CW1 Section: B



⊖ CW1 Section B
(Scale 1:50)



Wall Reinforcement Plans (2 of 4)

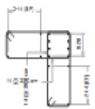
CW2 Section: A



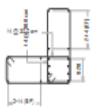
CW2 Section: A
(Scale 1:50)



CW2 Section: B



CW2 Section: B
(Scale 1:50)



CW3 Section: D
(Scale 1:50)

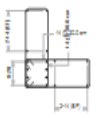
Wall Reinforcement Plans (4 of 4)

CW4 Section: A



CW4 Section: A
(Scale 1:50)

CW4 Section: B



CW4 Section: B
(Scale 1:50)