

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS LOAIZA,  
UNACH Y PLUS I, EN LOS PROGRAMAS ETABS, STAAD.PRO Y  
ROBOT CONSIDERANDO PARA EL DISEÑO LA NEC 2015.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
MENCIÓN ESTRUCTURAS**

**MARÍA JOSÉ ECHEVERRÍA LANDETA**

**majoc\_el@hotmail.com**

**BYRON GUSTAVO SUNTAXI SUNTAXI**

**byron\_s92@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. JORGE RICARDO VINTIMILLA JARAMILLO MSc.**

**jvintimillaj@gmail.com**

**Quito, abril 2016**

## DECLARACIÓN

Nosotros, MARÍA JOSÉ ECHEVERRÍA LANDETA y BYRON GUSTAVO SUNTAXI SUNTAXI, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**MARÍA JOSÉ  
ECHEVERRÍA LANDETA**

---

**BYRON GUSTAVO  
SUNTAXI SUNTAXI**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por MARÍA JOSÉ ECHEVERRÍA LANDETA y BYRON GUSTAVO SUNTAXI SUNTAXI, bajo mi supervisión.

---

**ING. JORGE VINTIMILLA MSc.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Extendemos un especial agradecimiento a quienes forman parte de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, autoridades, personal docente y administrativo, por su colaboración en la realización del presente proyecto.

A nuestros profesores, por todos los conocimientos impartidos a lo largo de la carrera, no solo en el aspecto académico, sino también por educarnos en valores que seguramente nos llevarán a ser buenos profesionales.

Al Ingeniero Jorge Vintimilla por colaborarnos y guiarnos con su experiencia como director del proyecto.

Finalmente a nuestros compañeros, amigos y futuros colegas.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, José y Luisa, por su apoyo incondicional, por creer en mí y animarme siempre a continuar con mis metas, por su amor y su esfuerzo por sacar adelante a nuestra familia. A mi hermana Elsita por estar siempre pendiente de mi bienestar, brindarme un buen ejemplo, por ser mi amiga y consejera.

**María José Echeverría**

## DEDICATORIA

A mis padres Gustavo y Lourdes, por haberme brindado su apoyo incondicional en mi formación académica, que gracias a sus enseñanzas, consejos y principios me he formado como una persona honesta y responsable. A mis hermanas Brigitte y Mariela, que han estado junto a mí en los momentos más difíciles, siempre brindándome su apoyo y cariño. A mi sobrino Fernando, que es la personita más importante y especial de mi vida, que con sus locuras y travesuras me llena de felicidad.

**Byron Gustavo Suntaxi**

## CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	II
CERTIFICACIÓN .....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA.....	V
CONTENIDO .....	VII
ÍNDICE DE CUADROS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVII
PRESENTACIÓN.....	XVII
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 OBJETIVOS .....	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.3 ALCANCE .....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	3
CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	4
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES .....	4
2.1.1 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO.....	4
2.1.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN .....	5
2.2 NORMAS Y CÓDIGOS PARA EL DISEÑO.....	6
2.2.1 NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC15 .....	6
2.2.1.1 ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO.....	7
2.2.1.2 COMBINACIONES DE DISEÑO POR ÚLTIMA RESISTENCIA (LRFD) .....	7
2.2.2 ESPECIFICACIÓN ANSI/AISC .....	8
2.2.2.1 ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN.....	9
2.2.2.2 ELEMENTOS SOMETIDOS A COMPRESIÓN .....	10
2.2.2.2.1 COLUMNAS DE SECCIÓN COMPUESTA .....	10
CAPÍTULO 3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROGRAMAS USADOS .....	14

3.1 ETABS 2015.....	14
3.2 STAAD.PRO V8i .....	15
3.3 ROBOT STRUCTURAL.....	17
CAPÍTULO 4 PRESENTACIÓN DE PROYECTOS Y PREDIMENSIONAMIENTO .....	19
4.1 EDIFICIO LOAIZA .....	19
4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	19
4.1.1.1 CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS.....	19
4.1.1.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES .....	21
4.1.1.3 DETERMINACIÓN DE CARGAS VERTICALES .....	22
4.1.1.4 CONSIDERACIONES Y PARÁMETROS PARA EL DISEÑO SÍSMICO.....	23
4.1.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	25
4.1.2.1 PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS .....	25
4.1.2.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGUETAS.....	26
4.1.2.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS PRINCIPALES.....	29
4.1.2.4 PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS .....	31
4.2 EDIFICIO UNACH .....	33
4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	33
4.2.1.1 CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS.....	33
4.2.1.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES .....	35
4.2.1.3 DETERMINACIÓN DE CARGAS VERTICALES .....	36
4.2.1.4 CONSIDERACIONES Y PARÁMETROS PARA EL DISEÑO SÍSMICO.....	37
4.2.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	38
4.2.2.1 PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS .....	38
4.2.2.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGUETAS.....	39
4.2.2.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS PRINCIPALES.....	41
4.3 EDIFICIO PLUS I .....	45
4.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	45
4.3.1.1 CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS.....	45
4.3.1.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES .....	49
4.3.1.3 DETERMINACIÓN DE CARGAS VERTICALES .....	50
4.3.1.4 CONSIDERACIONES Y PARÁMETROS PARA EL DISEÑO SÍSMICO.....	50
4.3.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	51
4.3.2.1 PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS .....	51



4.3.2.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGUETAS.....	52
4.3.2.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS PRINCIPALES.....	55
4.3.2.4 PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS .....	58
CAPÍTULO 5 MODELACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO .....	60
5.1 GENERACIÓN DEL MODELO.....	61
5.2 EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS.....	71
5.3 EJECUCIÓN DEL DISEÑO .....	72
5.4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	73
CAPÍTULO 6 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL .....	77
6.1 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL EDIFICIO LOAIZA.....	78
6.1.1 ESTRUCTURA GLOBAL.....	78
6.1.2 ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	83
6.2 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL EDIFICIO UNACH.....	90
6.2.1 ESTRUCTURA GLOBAL.....	90
6.2.2 ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	95
6.3 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL EDIFICIO PLUS I .....	102
6.3.1 ESTRUCTURA GLOBAL.....	102
6.3.2 ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	109
6.4 RESUMEN DE RESULTADOS .....	116
CAPÍTULO 7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PROGRAMAS ETABS, STAAD.PRO Y ROBOT STRUCTURAL.....	119
7.1 ETABS VERSIÓN 15.0.0.....	119
7.1.1 VENTAJAS.....	119
7.1.2 DESVENTAJAS .....	120
7.2 7.2 STAAD.PRO V8i .....	120
7.2.1 VENTAJAS.....	120
7.2.2 DESVENTAJAS .....	120
7.3 7.3 ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL 2015 .....	121
7.3.1 VENTAJAS.....	121
7.3.2 DESVENTAJAS .....	122
CAPÍTULO 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	123
8.1 CONCLUSIONES.....	123

8.2 RECOMENDACIONES .....	125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	127
ANEXOS .....	128
DEFINICIÓN DE SECCIÓN EQUIVALENTE PARA COLUMNA Y COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS .....	129

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 2.1 PUNTO DE FLUENCIA Y RESISTENCIA ÚLTIMA .....	5
CUADRO 2.2 RAZÓN ANCHO-ESPESOR: ELEMENTOS EN COMPRESIÓN DE MIEMBROS A FLEXIÓN .....	10
CUADRO 2.3 RAZONES ANCHO-ESPESOR LIMITES PARA ELEMENTOS DE ACERO COMPRIMIDOS EN MIEMBROS COMPUESTOS SUJETOS A FLEXION.....	11
CUADRO 4.1 USO Y DITRIBUCIÓN DE ESPACIOS DEL EDIFICIO LOAIZA.....	19
CUADRO 4.2 HIPÓTESIS DE CARGA DEL EDIFICIO LOAIZA .....	23
CUADRO 4.3 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO LOAIZA .....	24
CUADRO 4.4 CARGA SOBREPUESTA PARA DECK DEL EDIFICIO LOAIZA .....	25
CUADRO 4.5 PROPIEDADES DE LA PLACA COLABORANTE KUBILOSA .....	25
CUADRO 4.6 TABLA DE AYUDA PARA DISEÑO DE KUBILOSA .....	26
CUADRO 4.7 PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGUETA DEL EDIFICIO LOAIZA.....	27
CUADRO 4.8 PREDISEÑO DE LA VIGUETA DEL EDIFICIO LOAIZA.....	28
CUADRO 4.9 PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA DEL EDIFICIO LOAIZA .....	29
CUADRO 4.10 PREDISEÑO DE LA VIGA DEL EDIFICIO LOAIZA .....	30
CUADRO 4.11 PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA COLUMNA DEL EDIFICIO LOAIZA .....	31
CUADRO 4.12 PREDISEÑO DE LA COLUMNA DEL EDIFICIO LOAIZA .....	32
CUADRO 4.13 USO Y DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS DEL EDIFICIO UNACH.....	33
CUADRO 4.14 HIPÓTESIS DE CARGA DEL EDIFICIO UNACH.....	36
CUADRO 4.15 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO UNACH.....	37
CUADRO 4.16 CARGA SOBREPUESTA PARA DECK DEL EDIFICIO UNACH.....	38
CUADRO 4.17 PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGUETA DEL EDIFICIO UNACH.....	39
CUADRO 4.18 PREDISEÑO DE LA VIGUETA DEL EDIFICIO UNACH.....	40
CUADRO 4.19 PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA DEL EDIFICIO UNACH .....	42
CUADRO 4.20 PREDISEÑO DE LA VIGA DEL EDIFICIO UNACH .....	43

CUADRO 4.21 PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA COLUMNA DEL EDIFICIO UNACH .....	44
CUADRO 4.22 PREDISEÑO DE LA COLUMNA DEL EDIFICIO UNACH .....	44
CUADRO 4.23 USO Y DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS DEL EDIFICIO PLUS I .....	46
CUADRO 4.24 HIPÓTESIS DE CARGA DEL EDIFICIO PLUS I .....	50
CUADRO 4.25 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO PLUS I.....	50
CUADRO 4.26 CARGA SOBREPUESTA PARA DECK DEL EDIFICIO PLUS I.....	52
CUADRO 4.27 PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGUETA DEL EDIFICIO PLUS I .....	53
CUADRO 4.28 PREDISEÑO DE LA VIGUETA DEL EDIFICIO PLUS I .....	54
CUADRO 4.29 PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA DEL EDIFICIO PLUS I.....	56
CUADRO 4.30 PREDISEÑO DE LA VIGA DEL EDIFICIO PLUS I .....	57
CUADRO 4.31 PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA COLUMNA DEL EDIFICIO PLUS I.....	58
CUADRO 4.32 PREDISEÑO DE LA COLUMNA DEL EDIFICIO PLUS I.....	58
CUADRO 5.1 MODELACIÓN .....	61
CUADRO 5.2 ANÁLISIS .....	71
CUADRO 5.3 DISEÑO .....	72
CUADRO 5.4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	73
CUADRO 6.1 RESULTADOS GENERALES DEL EDIFICIO LOAIZA.....	78
CUADRO 6.2 RESULTADOS VIGUETA DEL 3er PISO, ENTRE EJES A – B Y EJES 2 – 3.....	83
CUADRO 6.3 RESULTADOS VIGA PRINCIPAL DEL 3er PISO, EJE B, ENTRE EJES 3 – 4 .....	85
CUADRO 6.4 RESULTADOS COLUMNA CENTRAL DEL 1er PISO, INTERSECCIÓN EJES E – 3.....	87
CUADRO 6.5 RESULTADOS GENERALES DEL EDIFICIO UNACH.....	90
CUADRO 6.6 RESULTADOS VIGUETA DEL 5to PISO, ENTRE EJES D – E Y EJES 3 – 4.....	95
CUADRO 6.7 RESULTADOS VIGA PRINCIPAL DEL 5to PISO, EJE B, ENTRE EJES 1 – 2 .....	97

CUADRO 6.8 RESULTADOS COLUMNA PERIMETRAL DEL 1er PISO, INTERSECCIÓN EJES B – 1.....	99
CUADRO 6.9 RESULTADOS GENERALES DEL EDIFICIO PLUS I .....	102
CUADRO 6.10 RESULTADOS VIGUETA DEL 9no PISO, ENTRE EJES C – C’ Y EJES 1 – 2’ .....	109
CUADRO 6.11 RESULTADOS VIGA PRINCIPAL DEL 9no PISO, ENTRE EJES D – E Y EJES 2 – 2’ .....	111
CUADRO 6.12 RESULTADOS COLUMNA CENTRAL DEL 5to PISO, INTERSECCIÓN EJES B – 2.....	113
CUADRO 6.13 RESUMEN DE RESULTADOS .....	116

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 COLUMNAS COMPUESTAS .....	11
FIGURA 4.1 PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL EDIFICIO LOAIZA .....	20
FIGURA 4.2 CORTE LONGITUDINAL DEL EDIFICIO LOAIZA.....	21
FIGURA 4.3 ESTRUCTURACIÓN LOSA DE ENTREPISO - EDIFICIO LOAIZA .....	22
FIGURA 4.4 DISPOSICIÓN DE VIGUETA DEL EDIFICIO LOAIZA .....	26
FIGURA 4.5 CARGA SOBRE LA VIGUETA DEL EDIFICIO LOAIZA.....	27
FIGURA 4.6 DISPOSICIÓN DE VIGA PRINCIPAL DEL EDIFICIO LOAIZA.....	29
FIGURA 4.7 CARGA SOBRE LA VIGA PRINCIPAL DEL EDIFICIO LOAIZA .....	30
FIGURA 4.8 PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL EDIFICIO UNACH .....	34
FIGURA 4.9 CORTE LONGITUDINAL DEL EDIFICIO UNACH.....	35
FIGURA 4.10 ESTRUCTURACIÓN LOSA DE ENTREPISO EDIFICIO UNACH .....	36
FIGURA 4.11 DISPOSICIÓN DE VIGUETA DEL EDIFICIO UNACH .....	39
FIGURA 4.12 CARGA SOBRE LA VIGUETA DEL EDIFICIO UNACH.....	40
FIGURA 4.13 DISPOSICIÓN DE VIGA PRINCIPAL DEL EDIFICIO UNACH.....	41
FIGURA 4.14 CARGA SOBRE LA VIGA PRINCIPAL DEL EDIFICIO UNACH .....	42
FIGURA 4.15 PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL EDIFICIO PLUS I.....	47
FIGURA 4.16 CORTE LONGITUDINAL DEL EDIFICIO PLUS I .....	48
FIGURA 4.17 ESTRUCTURACIÓN LOSA DE ENTREPISO DEL EDIFICIO PLUS I .....	49
FIGURA 4.18 DISPOSICIÓN DE VIGUETA DEL EDIFICIO PLUS I.....	52
FIGURA 4.19 CARGA SOBRE LA VIGUETA DEL EDIFICIO PLUS I .....	53
FIGURA 4.20 DISPOSICIÓN DE VIGA PRINCIPAL DEL EDIFICIO PLUS I .....	55
FIGURA 4.21 CARGA SOBRE LA VIGA PRINCIPAL DEL EDIFICIO PLUS I.....	56
FIGURA 6.1 CURVA FUERZA LATERAL VS DESPLAZAMIENTO MÁXIMO EN DIRECCIÓN X.....	117
FIGURA 6.2 CURVA FUERZA LATERAL VS DESPLAZAMIENTO MÁXIMO EN DIRECCIÓN Y .....	117
FIGURA 6.3 CURVA CORTE BASAL VS DESPLAZAMIENTO MÁXIMO EN DIRECCIÓN X.....	118
FIGURA 6.4 CURVA CORTE BASAL VS DESPLAZAMIENTO MÁXIMO EN DIRECCIÓN Y .....	118

## RESUMEN

El estudio comparativo de análisis y diseño se realiza para tres edificaciones de acero de sistema estructural dual, con pórticos y muros de corte. Los edificios en estudio son: edificio de departamentos LOAIZA, edificio destinado para el funcionamiento de la Facultad de Ciencias de la Educación Humanas y Tecnológicas de la UNACH y edificio de oficinas PLUS I.

Se comienza con la modelación de los edificios en el programa Etabs, para esto, es necesario realizar cálculos previos de predimensionamiento de losa Deck, viguetas, vigas y columnas representativas. De acuerdo a los requerimientos y especificaciones que presentan las normas de diseño NEC15 y ANSI/AISC360-10, se verifica entre otros parámetros, los modos de vibración, derivas máximas de piso, deflexiones, esfuerzos, etc., y se realiza un proceso de ajuste y optimización de los modelos.

Los programas de análisis y diseño de estructuras presentan variaciones en lo que respecta a su manejo y a la precisión de sus resultados, para establecer cuan significativas son estas diferencias se procede a modelar los edificios, tanto en el programa STAAD.Pro, como en Robot Structural, partiendo del diseño realizado en Etabs, es decir, se modelan los elementos con las mismas secciones, materiales, restricciones y demás condiciones consideradas.

Finalmente se comparan los resultados de las variables dependientes obtenidas para cada edificio, en los diferentes programas, como: peso de la edificación, períodos de vibración, corte basal, esfuerzos, deflexiones, etc., además se establecen ventajas y desventajas del uso de cada software.

## ABSTRACT

The comparative study of analysis and design is performed for three steel frame systems with structural walls. The buildings in study are: apartment building Loaiza, building intended for the operation of the Faculty of Human Sciences and Technology Education UNACH, and office building PLUS I.

It begins with the modeling of the buildings in the Etabs program, for this is necessary predimensioning previous calculations Deck slab, girders, beams and representative columns. According to the requirements and specifications presented NEC15 design standards and ANSI / AISC360-10, it's verified among other parameters, vibration modes, maximum floor drifts, deflections, efforts, etc., and a process is performed adjustment and optimization models.

Program analysis and design of structures vary in regard to handling and accuracy of their results, to establish how significant are these differences are necessary to model buildings, both STAAD.Pro program, and Robot Structural , based on the designed in Etabs, elements with the same sections, materials, restrictions and other conditions are modeled considered.

Finally, we compare the results of the dependent variables obtain from each building from each different program, such as weight of the building, vibration periods, basal cutting efforts, deflections, etc., and advantages and disadvantages of using established each software.



## PRESENTACIÓN

El presente proyecto se desarrolla en siete capítulos distribuidos de la siguiente manera:

En el primer capítulo se presenta de manera introductoria los antecedentes, objetivos, alcance y justificación de la realización del tema de investigación.

El segundo capítulo contiene los fundamentos teóricos para el desarrollo del análisis y diseño de edificios, basados en las normas NEC 15 y AISC 360-10. Además se expone las propiedades mecánicas de los materiales a utilizar.

El tercer capítulo presenta las características propias y fundamentos de los programas Etabs, Staad.Pro y Robot Structural.

En el cuarto capítulo se presenta la descripción arquitectónica y estructural de cada edificio, además las hipótesis de carga para cada caso, el análisis de parámetros sísmicos y el predimensionamiento de las secciones.

El quinto capítulo explica de forma sistemática el proceso seguido para la generación de los modelos en cada uno de los programas, incluyendo la ejecución del análisis, diseño y presentación de resultados.

La comparación de resultados obtenidos del análisis y diseño estructural de los edificios LOAIZA, UNACH y PLUS I, en los diferentes programas, se desarrolla en el sexto capítulo. Para facilitar dicha comparación, se presentan cuadros resumen para cada edificio, los cuales muestran la diferencia en porcentaje de los valores obtenidos con los programas STAAD.Pro y Robot Structural respecto al Etabs.

Terminado el proceso de modelación y análisis de los edificios, se establecen ventajas y desventajas propias de cada programa, como se indica en el séptimo capítulo.

Finalmente, en el octavo capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del análisis de resultados, seguidas de los anexos.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

Uno de los programas de análisis y diseño estructural más utilizados en la actualidad es el Etabs, sencillo y fácil de usar, desarrollado particularmente para modelar edificios, tanto modelos simples, como los más grandes y complejos, haciéndolo la herramienta predilecta para ingenieros estructurales. Sin embargo, en el mercado se dispone, para el mismo fin, una amplia variedad de programas, unos más conocidos que otros, por los ingenieros que trabajan con estructuras de edificios en nuestro país.

En el presente estudio se utilizará para el análisis y diseño de estructuras dos programas, además del reconocido Etabs, que son: STAAD.Pro y Robot Structural, atendiendo a la importancia de incursionar en el manejo de nuevas tecnologías y ser profesionistas competitivos en el campo de nuestra especialización.

STAAD.Pro, es un software estructural basado en la teoría de los Elementos Finitos con el cual se pueden realizar modelos de análisis, diseño, visualización y verificación. Este programa es capaz de analizar cualquier estructura expuesta a respuestas dinámicas, interacción suelo-estructura, o viento, sismo y cargas móviles. Además, fácilmente puede satisfacer los requerimientos de diseño y cargas, incluyendo códigos Americano, Europeo, Nórdico, Indio y Asiático; así como códigos especiales como AASHTO, ASCE 52, IBC, entre otros.

Robot Structural Analysis, es un programa aplicado a la ingeniería, con el fin de analizar y diseñar estructuras para edificaciones, obra civil, industria energética, edificación industrial, estructuras marinas, etc. Permite calcular una gran variedad de estructuras, desde una viga simplemente apoyada hasta el análisis dinámico de un modelo de elementos finitos de geometría compleja, este cálculo lo realiza de forma rápida y eficaz. El programa incluye múltiples normas internacionales de diseño incluyendo la normativas españolas, euro códigos, normas americanas, etc.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Comparar resultados y metodologías de los programas de análisis estructural Etabs, STAAD.Pro y Robot Structural, mediante la modelación de los edificios LOAIZA, UNACH y PLUS I.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar la interfaz de usuario de los programas a utilizar para el análisis estructural.
- Diseñar elementos estructurales típicos tales como vigas y columnas utilizando las normas NEC 15 y ANSI/AISC.
- Establecer ventajas y desventajas del uso de cada programa en el proceso de modelación de los tres edificios.

## **1.3 ALCANCE**

El análisis y diseño estructural es parte fundamental de la ingeniería civil, donde su principal objetivo es cumplir con requerimientos de seguridad, funcionalidad y serviciabilidad. Para satisfacer lo antes mencionado existen métodos de cálculo estructural que dependiendo de la geometría de la edificación se vuelven más complejos.

En la actualidad existen diferentes programas para el análisis de estructuras como edificaciones, que facilitan y agilitan el proceso de cálculo y a su vez presentan variaciones en lo que respecta a su manejo y a la precisión en los resultados que se obtienen, por tanto, resulta necesario establecer cuan significativos e influyentes son estas diferencias en el diseño de los elementos que conforman la estructura.

El estudio comparativo del análisis y diseño estructural se realizará para los edificios: LOAIZA, UNACH, y PLUS I, de cuatro, ocho y diez pisos, respectivamente, de estructura mixta (pórticos de acero más muros de corte),

regulares en altura; por medio de los programas especializados en el área de análisis y diseño estructural ETABS, STAAD.Pro y Robot Structural, con lo cual se busca resolver las incertidumbres en cuanto a la precisión e interpretación de resultados obtenidos, además de establecer capacidades y deficiencias que los paquetes computacionales poseen.

El análisis y diseño estructural de los edificios LOAIZA, UNACH y PLUS I, será realizado en base en los requerimientos y especificaciones que se menciona las normas ANSI/AISC y NEC 15, dentro de los cuales se contemplan requerimientos sísmicos, bases de cálculo, estados límites, etc.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

Con la realización del presente proyecto se busca analizar y comparar las metodologías que usan los programas para el diseño y cálculo estructural, Etabs, STAAD.Pro y Robot Structural, comparando los modelos realizados en cada uno, determinando ventajas y desventajas, además la precisión en los resultados que arrojan.

Por otro lado, este proyecto será un aporte para profesionales que se dedican al diseño estructural especialmente de edificios, pues se mostrará de manera didáctica el procedimiento para la modelación, análisis y diseño de edificios metálicos, el criterio utilizado en el dimensionamiento de los diferentes elementos estructurales como vigas, viguetas y columnas.

Se considera importante inducir a los profesionales y estudiantes de ingeniería al uso de otros programas de análisis, cálculo y diseño estructural, además de los tradicionalmente utilizados en nuestro medio. Parte de este proyecto se presentará como un manual, que servirá de guía para el manejo de la interfaz de los programas Etabs, Staad.Pro y Robot Structural, además con el proyecto se pretende desarrollar la capacidad del usuario en la interpretación resultados que cada programa exterioriza.

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

##### 2.1.1 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO

Entre las propiedades mecánicas más importantes del acero están:

- Módulo de elasticidad (E): El rango típico para todos los aceros (independientemente de la resistencia de fluencia) es de 193000 a 207000 MPa.

El valor del módulo de elasticidad que se considera para la modelación de los elementos estructurales en este caso es 2043000 Kg/ cm<sup>2</sup>.

- Módulo de cortante (G): El módulo de cortante de cualquier material elástico se calcula:

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \quad (2.1)$$

Donde  $\mu$  = coeficiente de Poisson que se toma como 0.3 para el acero.

$$G = \frac{2043000}{2 * (1 + 0,3)}$$

$$G = 785769 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

- Coeficiente de expansión térmica ( $\alpha$ ): El coeficiente de expansión térmica puede tomarse como:  $\alpha = 11.7 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$ , valor presentado por default en el programa Etabs.

- Punto de fluencia y resistencia última: En el Cuadro 2.1 se dan los puntos de fluencia de los varios grados de acero que interesan al ingeniero estructural.

Para el proyecto se usará acero A572Gr50, el cual se produce bajo la especificación ASTM A572.

**CUADRO 2.1 PUNTO DE FLUENCIA Y RESISTENCIA ÚLTIMA**

ASTM	Fy		Fu	
	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
A 36	250	2530	400 a 550	4080 a 5620
A 529	345	3515	485	4950
	380	3880	485	4950
A 242	320	3235	460	4710
	345	3515	485	4920
	290	2950	414	4220
A 572	345	3520	450	4570
	414	4220	515	5270
	450	4570	550	5620
A 992	345	3515	450 a 620	4570 a 6330
A 53	240	2460	414	4220
A 500	320	3235	430	4360
A 501	250	2530	400	4080
A 588	345	3515	483	4920
A 709	250	2550	400	4080
	345	3515	450	4590
	485	4950	585	5965
	690	7036	585	7750
	620	6322	690	7040
A 913	345 a 483	3515 a 4920	448 a 620	4570 a 6330

FUENTE: Elección del tipo de acero para estructuras

[http://www.gerdaucorsa.com.mx/articulos/Eleccion\\_del\\_Tipo\\_de\\_Acero\\_para\\_Estructuras.pdf](http://www.gerdaucorsa.com.mx/articulos/Eleccion_del_Tipo_de_Acero_para_Estructuras.pdf)

- Peso específico ( $\rho$ ): Peso por unidad de volumen, 7.849 T/m<sup>3</sup>.

### 2.1.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN

Módulo de elasticidad (E): E = esfuerzo / deformación es una medida de la rigidez, resistencia del hormigón a la deformación. El módulo de elasticidad del hormigón estructural normalmente varía entre  $1.4 \times 10^5$  y  $4.2 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>.

El valor del módulo de elasticidad que se considera para la modelación, por sugerencia del director del proyecto se calculará como se indica:

$$E = 13500 \sqrt{f'_c} \quad (2.2)$$

Donde  $f'_c$  = resistencia a compresión del hormigón es de 240 kg/cm<sup>2</sup>

$$E = 13500 * \sqrt{240}$$

$$E = 209141,1 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

- Módulo de cortante (G): El módulo de cortante se calcula con la ecuación 2.1

Donde  $\mu$  = coeficiente de Poisson que se toma como 0.2 para el hormigón

$$G = \frac{209141,1}{2 * (1 + 0,2)}$$

$$G = 87142,12 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

- Coeficiente de expansión térmica ( $\alpha$ ): El valor del coeficiente de expansión está entre  $0,8 - 1,2 \times 10^{-5}$  ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), en este caso se considera  $\alpha = 0,99 \times 10^{-5}$  ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), valor presentado por default en el programa Etabs.

## 2.2 NORMAS Y CÓDIGOS PARA EL DISEÑO

En el proceso de análisis y diseño de una edificación se debe verificar que los elementos estructurales, aplicación de cargas, combinación de cargas cumplan con normas y códigos vigentes en nuestro medio. El análisis estático se efectuará en base a la Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC 15, para el diseño de los diferentes elementos de acero se tomará como referencia la norma ANSI/AISC.

### 2.2.1 NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC15

La norma ecuatoriana de la construcción tiene como principal objetivo el proveer de seguridad y calidad a todo tipo de edificación que se construya en nuestro medio, para esto, dispone de requisitos que se encuentran distribuidos en 10 capítulos:

- Cargas (No sísmicas)
- Peligro sísmico y diseño sismo resistente
- Rehabilitación sísmica de estructuras
- Estructuras de hormigón armado

- Estructuras de mampostería estructural
- Geotecnia y cimentaciones
- Estructuras de acero
- Estructuras de madera
- Vidrio
- Viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5m

Para el presente proyecto se tomará en cuenta los capítulos referentes a Cargas (No sísmicas) NEC\_SE\_CG, Peligro Sísmico y Diseño Sismo Resistente NEC\_SE\_DS y Estructuras de Acero NEC\_SE\_AC.

#### **2.2.1.1 Análisis Sísmico Estático**

La Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, propone un capítulo dedicado al diseño sismo resistente, en él se encuentra el método DBF (diseño basado en fuerzas), el cual constituye un análisis sísmico obligatorio en todo tipo de estructuras.

Para el estudio se aplicarán fuerzas laterales, obtenidas mediante un procedimiento estático según lo estipulado en el capítulo Peligro Sísmico y Diseño Sismo Resistente NEC\_SE\_DS.

#### **2.2.1.2 Combinaciones de diseño por última resistencia (LRFD)**

Los valores de las cargas individuales (carga muerta, carga viva, sismo, etc.), se estiman primero según las indicaciones de la NEC 2015, estas cargas se denominan cargas de servicio o de trabajo. Una vez encontradas, se agrupan, y se escoge la combinación más desfavorable de cargas que pudiera ocurrir, al mismo tiempo para usarla durante el análisis y diseño.

Las combinaciones con el método LRFD, son grupos posibles de cargas de servicio, cada una se multiplica por un factor de carga, normalmente mayor de 1.0. La mayor combinación lineal resultante de las cargas de servicio en un grupo, se usa para calcular los momentos, los cortantes y otras fuerzas en la estructura ( $R_u$ ). Estos valores no deben ser mayores que las resistencias nominales ( $R_n$ ), de los miembros multiplicados por sus factores de reducción ( $\phi$ ).

$$\Phi R_n \geq R_u \quad (2.3)$$



Para edificios, como indica la NEC 2015, en base al ASCE 7 sección 2.3, los componentes de la estructura se diseñarán de acuerdo a las siguientes combinaciones:

$$U = 1.4D \quad (2.4)$$

$$U = 1.2D + 1.6L + 0.5 \text{ máx (Lr o S o R)} \quad (2.5)$$

$$U = 1.2D + 1.6 \text{ máx (Lr o S o R)} + \text{máx (L o 0.5W)} \quad (2.6)$$

$$U = 1.2D + 1.0W + L + 0.5 \text{ máx (L o S o R)} \quad (2.7)$$

$$U = 1.2D + 1.0E + L + 0.2S \quad (2.8)$$

$$U = 0.9D + 1.0W \quad (2.9)$$

$$U = 0.9D + 1.0E \quad (2.10)$$

Donde:

- D: Carga permanente
- E: Carga de sismo
- L: Sobrecarga (carga viva)
- Lr: Sobrecarga cubierta (carga viva)
- S: Carga de granizo
- W: Carga de viento
- R: Lluvia

### 2.2.2 ESPECIFICACIÓN ANSI/AISC

La especificación para edificios de acero (ANSI/AISC 360-10), se aplica al diseño de sistemas estructurales de acero o sistemas con acero estructural actuando en estructuras compuestas con hormigón armado. Esta especificación establece criterios en el diseño, fabricación y montaje de edificios de acero estructural y otras estructuras.

El código Seismic Provisions for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC341) deberá ser aplicado en el diseño de sistemas sismoresistentes de acero estructural o de acero estructural actuando en combinación con hormigón armado.<sup>1</sup>

### 2.2.2.1 Elementos sometidos a flexión

Según las disposiciones del ANSI/AISC 360, las secciones de acero se clasifican en compactas, no compactas y esbeltas. Los miembros de acero con secciones compactas pueden desarrollar su resistencia total sin fenómenos de inestabilidad local, por tanto, no es necesario revisar el estado límite de pandeo local.

Por el contrario, los miembros que tienen uno o más elementos no compactos, o elementos esbeltos, podrán presentar pandeo local, y su resistencia deberá evaluarse considerando este fenómeno.<sup>2</sup>

Una sección es compacta, cuando sus alas están continuamente conectadas al alma o las almas y la razón ancho/espesor de sus elementos comprimidos no exceden la razón  $\lambda_p$  del cuadro 2.2.

El cálculo de la resistencia nominal de flexión,  $M_n$ , para elementos con secciones compactas viene dado por:

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (2.11)$$

Donde:

F<sub>y</sub>: Tensión de fluencia mínima especificada del tipo de acero utilizado

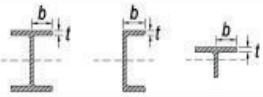
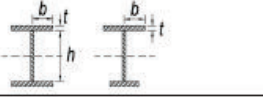




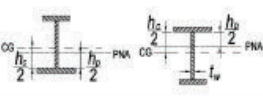

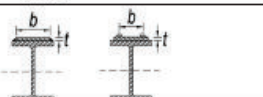


Z<sub>x</sub>: Módulo de sección plástico en torno al eje x

---

<sup>1</sup> Fuente: Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero

<sup>2</sup> FUENTE: Valencia Clement Gabriel, Estructuras de Acero Introducción al Diseño, 2006

**CUADRO 2.2 RAZÓN ANCHO-ESPESOR: ELEMENTOS EN COMPRESIÓN DE MIEMBROS A FLEXIÓN**

Caso	Descripción del elemento	Razón Ancho-Espesor	Razones Ancho-Espesor Límite		Ejemplos	
			$\lambda_p$ (compacta-no compacta)	$\lambda_r$ (esbelto-no esbelto)		
Elementos No-Atesados	10	Flexión en alas de perfiles I laminados, canales y tes.	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	Alas de secciones I soldadas con doble y simple simetría.	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ <sup>[a] [b]</sup>	
	12	Alas de ángulos simples	b/t	$0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	Alas de toda doble t y canal en torno a su eje más débil.	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	Almas de tes	d/t	$0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Elementos Atesados	15	Almas de doble T simétricas y canales.	$h/t_w$	$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16	Almas de secciones doble T con un solo eje de simetría.	$h_c/t_w$	$\frac{h_c \sqrt{E}}{h_w \sqrt{F_y}} \leq \lambda_p$ <sup>[c]</sup> $(0.54 \frac{M_p}{M_y} - 0.09)$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	17	Alas de secciones tubulares y secciones cajón de espesor uniforme.	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18	Alas de sobre planchas y planchas diafragma entre líneas de conectores y soldadura.	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19	Almas de tubos rectangulares y secciones cajón.	h/t	$2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	20	Tubos redondos.	D/t	$0.07 \frac{E}{F_y}$	$0.31 \frac{E}{F_y}$	

FUENTE:

Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero

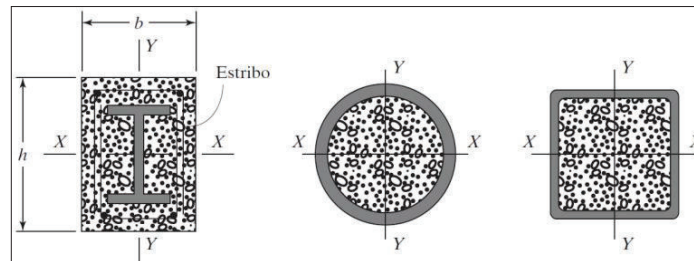
### 2.2.2.2 Elementos sometidos a compresión

#### 2.2.2.2.1 Columnas de sección compuesta

Las columnas compuestas se construyen con perfiles laminados o armados de acero, ahogados en hormigón o con hormigón colocado dentro de tubos o

tubulares de acero. Los miembros resultantes son capaces de soportar cargas considerablemente mayores que las columnas de hormigón reforzado de las mismas dimensiones

**FIGURA 2.1** COLUMNAS COMPUESTAS



FUENTE:

McCormac Jack C. – Csernak Stephen F., Diseño de Estructuras de Acero, 2012

Para miembros compuestos rellenos, el área transversal de la sección de acero deberá contener por lo menos un 1% del área total de sección compuesta.

Las secciones compuestas rellenas son clasificadas como compactas, no compactas y esbeltas. Para que una sección califique como compacta, la máxima razón ancho-espesor de sus elementos de acero sujetos a compresión no debe exceder la razón ancho-espesor límite,  $\lambda_p$ . Si la máxima razón ancho-espesor de uno o más de sus elementos de acero sujetos a compresión excede  $\lambda_p$ , pero no  $\lambda_r$ , la sección compuesta rellena no es compacta. Si la máxima razón ancho-espesor de cualquier elemento de acero sujeto a compresión excede  $\lambda_r$ , la sección es esbelta.

**CUADRO 2.3** RAZONES ANCHO-ESPESOR LIMITES PARA ELEMENTOS DE ACERO COMPRIMIDOS EN MIEMBROS COMPUESTOS SUJETOS A FLEXION

Descripción del Elemento	Razón Ancho-espesor	$\lambda_p$ Compacto/ No compacto	$\lambda_r$ No compacto/ Esbelto	Máximo Permitido
Alas de secciones tubulares rectangulares (HSS) y de cajón de espesor uniforme	$b/t$	$2.26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$3.00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
Almas de secciones tubulares rectangulares (HSS) y de cajón de espesor uniforme	$D/t$	$3.00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
Secciones tubulares (HSS) redondas	$D/t$	$\frac{0.09E}{F_y}$	$\frac{0.31E}{F_y}$	$\frac{0.31E}{F_y}$

FUENTE:

Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero

La resistencia de compresión disponible de miembros compuestos rellenos con doble simetría cargados axialmente deberá ser determinada para el estado límite de pandeo por flexión basado en Sección I2.1b del ASIC con las siguientes modificaciones:

Para secciones compactas:

$$P_{no} = P_p \quad (2.12)$$

$$P_p = F_y A_s + C_2 f'_c \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (2.13)$$

$C_2 = 0,85$  para secciones rectangulares y  $0,95$  para secciones circulares.

a) Cuando  $\frac{P_{no}}{P_e} \leq 2,25$

$$P_n = P_o \left[ 0,658 \left( \frac{P_{no}}{P_e} \right) \right] \quad (2.14)$$

b) Cuando  $\frac{P_{no}}{P_e} > 2,25$

$$P_n = 0,877 P_e \quad (2.15)$$

Donde:

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0,85 f'_c A_c \quad (2.16)$$

$$P_e = \frac{\pi^2 (EI_{eff})}{(KL)^2} \quad (2.17)$$

La rigidez efectiva de una sección compuesta rellena,  $EI_{eff}$ , para todas las secciones debe ser de:

$$EI_{eff} = E_s I_s + E_s I_{sr} + C_3 E_c I_c \quad (2.18)$$

$$C_3 = 0,6 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0,9 \quad (2.19)$$

Donde:

- $P_e$ : Carga crítica de pandeo elástico.
- $A_c$ : Área de hormigón.
- $A_s$ : Área de la sección de acero.
- $E_c$ : Módulo de elasticidad del hormigón.
- $E_s$ : Módulo de elasticidad del acero.
- $F_y$ : Tensión de fluencia mínima especificada de la sección de acero.
- $F_{ysr}$ : Tensión de fluencia mínima especificada de las barras de refuerzo.
- $I_c$ : Momento de inercia de la sección de hormigón sobre el eje neutro elástico de la sección compuesta.
- $I_s$ : Momento de inercia del perfil de acero sobre el eje neutro elástico de la sección compuesta.
- $I_{sr}$ : Momento de inercia de las barras de refuerzo sobre el eje neutro elástico de la sección compuesta.
- $K$ : Factor de longitud efectiva.
- $L$ : Longitud no arriostrada lateralmente del miembro.
- $f'_c$ : Resistencia a compresión especificada del hormigón.
- $C_3$ : Coeficiente para el cálculo de la rigidez efectiva de miembros compuestos rellenos en compresión.

## CAPÍTULO 3

### CARACTERÍSTICAS DE LOS PROGRAMAS USADOS

#### 3.1 ETABS 2015<sup>3</sup>

El innovador y revolucionario ETABS es un paquete de software para el análisis y diseño estructural de edificios, ofrece un modelado basado en objetos 3D y herramientas de visualización, posee un poder de análisis lineal y no lineal extraordinariamente rápido, capacidad de diseño para una amplia gama de materiales, informes, y dibujos esquemáticos que permiten a los usuarios comprender los resultados de análisis y diseño de forma rápida y fácil.

La creación de modelos es extremadamente fácil, integra comandos de dibujo intuitivos que permiten la rápida generación plantas. Dibujos formato CAD se pueden importar y convertir rápidamente en modelos de ETABS.

Posee la capacidad de diseñar estructuras de acero y hormigón donde se incluye vigas y columnas compuestas, vigas y columnas de acero y hormigón, muros de corte de hormigón y mampostería, así como la comprobación de la capacidad de las conexiones de acero y placas de base. Los resultados se pueden mostrar directamente en la estructura.

Además de lo antes mencionado presenta las siguientes funciones:

- Cálculo automático de coordenadas de centros de masas ( $X_m$ ,  $Y_m$ ).
- Cálculo automático de coordenadas de centros de rigideces ( $X_t$ ,  $Y_t$ ).
- Cálculo automático de fuerzas sísmicas, sus excentricidades y aplicación en el centro de masas.
- Cálculo automático de masas del edificio a partir de los casos de carga elegidos.

---

<sup>3</sup> FUENTE: Computers & Structures, Inc. (<http://www.csiespana.com>)

- Plantillas predefinidas de sistemas de losas planas, losas en una dirección, losas reticulares o con nervaduras y casetones, etc.
- Dibujo de planos de construcción en formato CAD, para estructuras de concreto y acero.
- Capacidad de análisis lineal y no lineal.
- Base de datos de secciones metálicas estándar para perfiles laminados, perfiles conformados en frío y perfiles de aluminio.
- Herramienta “Section Designer” para definición de secciones genéricas.
- Aplicación de cargas en forma puntual, lineal, trapezoidal y de superficie.
- Aplicación automática de cargas de viento y sismo para varias normativas.
- Aplicación de asentamiento de apoyo.
- Gravedad, presión y carga térmica.
- Geometría deformada y no deformada en 3D.

### **3.2 STAAD.PRO V8i<sup>4</sup>**

STAAD.Pro es un programa general con capacidad de analizar estructuras de gran complejidad en acero, hormigón, madera, aluminio y acero conformado en frío, además de realizar el diseño de las mismas en cualquier parte del mundo a través de más de 80 códigos internacionales. Tiene aplicaciones principalmente en el sector de la construcción con edificios comerciales, puentes, estructuras industriales, estructuras para plantas químicas, presas, muros de contención, cimentaciones, alcantarillas, etc.

---

<sup>4</sup> FUENTE: Zertuche Herrera Alfredo, Manual STAAD.Pro V8i, 2014



Diseña y analiza estructuras simples o complejas para una amplia gama de condiciones de carga, incluyendo los inducidos por la gravedad, tales como las cargas vivas y muertas, en combinación con cargas laterales incluyendo el viento y sismo.

Además, incorpora las funciones siguientes:

- Análisis estático, dinámico de estructuras de concreto, acero, aluminio, madera en puentes, edificios, torres, estadios, etc.
- Motores de análisis para llevar a cabo análisis elástico lineal y de PDelta.
- Análisis de elementos finitos, extracción de frecuencias y respuesta dinámica.
- Motores de diseño para la comprobación de código y optimización de los miembros de acero, aluminio y madera.
- Cálculo de refuerzo para vigas de hormigón, columnas, losas y muros de cortante.
- Herramientas para la generación del modelo gráfico, así como editor de texto basado en comandos para crear el modelo matemático.
- Herramientas de generación de resultado de la verificación e informe para examinar diafragmas de desplazamiento, momento de flexión y los diagramas de fuerza cortante, viga, placa y esfuerzos de contornos sólidos.
- Herramientas periféricas para actividades como la importación y exportación de datos desde y hacia otros formatos ampliamente aceptados, enlaces con otros programas populares para las áreas de nicho como el diseño de losas con hormigón armado y pretensado, diseño de cimentaciones, diseño de conexiones de acero, etc.
- Una biblioteca de funciones expuestas llamada OpenSTAAD que le permite al usuario acceder a funciones internas y rutinas del STAAD.Pro, así como sus comandos gráficos para acceder a la base de datos de STAAD y vincular

datos de entrada y salida a software de terceros escrito utilizando lenguajes como C, C++, VB, Java, etc. Por lo tanto, puede utilizarse OpenSTAAD para enlazar aplicaciones internas o de terceros con STAAD.Pro.

### 3.3 ROBOT STRUCTURAL<sup>5</sup>

El software Robot Structural Analysis Professional proporciona a los ingenieros de estructuras funciones avanzadas de análisis y simulación de construcción para estructuras grandes y complejas. El software ofrece un flujo de trabajo dinámico, lo que permite a los ingenieros realizar simulaciones y análisis de una gran variedad de estructuras.

Posee más de 60 bases de datos de materiales y secciones procedentes de todo el mundo, además de contar con una matriz de 70 códigos de diseño, los ingenieros de estructuras pueden trabajar con formas de sección específicas de cada país, unidades imperiales o métricas, así como con códigos de construcción específicos del país con el mismo modelo.

Aplica diferentes tipos de cargas por ejemplo, nodales, lineales o planas, a una estructura para los casos de carga definidos. Están disponibles definiciones manuales y automáticas de combinaciones de carga de acuerdo a muchas normas internacionales.

Ofrece también las siguientes facilidades:

- Análisis P-Delta.
- Elementos tipo catenarias con introducción de pretensado y postensado.
- Análisis plástico, posibilidad de modelar estados de plasticidad parcial y completa en las estructuras tipo pórtico 2D y 3D.
- Posibilidad de definir en la estructura rótulas plásticas con características dadas.

---

<sup>5</sup>FUENTE:

[http://www.2acad.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=649:robot-structural-analysis-en-detalle&catid=37:aec&Itemid=499](http://www.2acad.net/index.php?option=com_content&view=article&id=649:robot-structural-analysis-en-detalle&catid=37:aec&Itemid=499)

- Análisis sísmico contemplado por normas como UBC, EC8, NCSR, etc.
- Modelación de elementos finitos para losas, muros, tanques, formas de sólidos entre otros.
- Modelos de elementos finitos para placas, láminas, estructuras en tensión o en deformación plana, estructuras axisimétricas.
- Comando de extrusión, que posibilita crear formas 3D complejas basadas en una geometría 2D.
- Análisis de estructuras marinas.
- Análisis de estructuras tipo puente.
- Calculadora de cargas de viento para diversas normas internacionales.
- Diseño de elementos estructurales de madera y aluminio.
- Robot es multilingüe, pudiendo presentar nuestros proyectos hasta en 14 idiomas.

## CAPÍTULO 4

### PRESENTACIÓN DE LOS PROYECTOS Y PREDIMENSIONAMIENTO

#### 4.1 EDIFICIO LOAIZA

##### 4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

##### 4.1.1.1 Características Arquitectónicas

El proyecto Loaiza es un edificio de departamentos, formado por tres niveles con altura de entrepisos de 3.05 m y un subsuelo para parqueaderos de 3.50 m de altura, distribuidos como se detalla a continuación:

**CUADRO 4.1** USO Y DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS DEL EDIFICIO LOAIZA

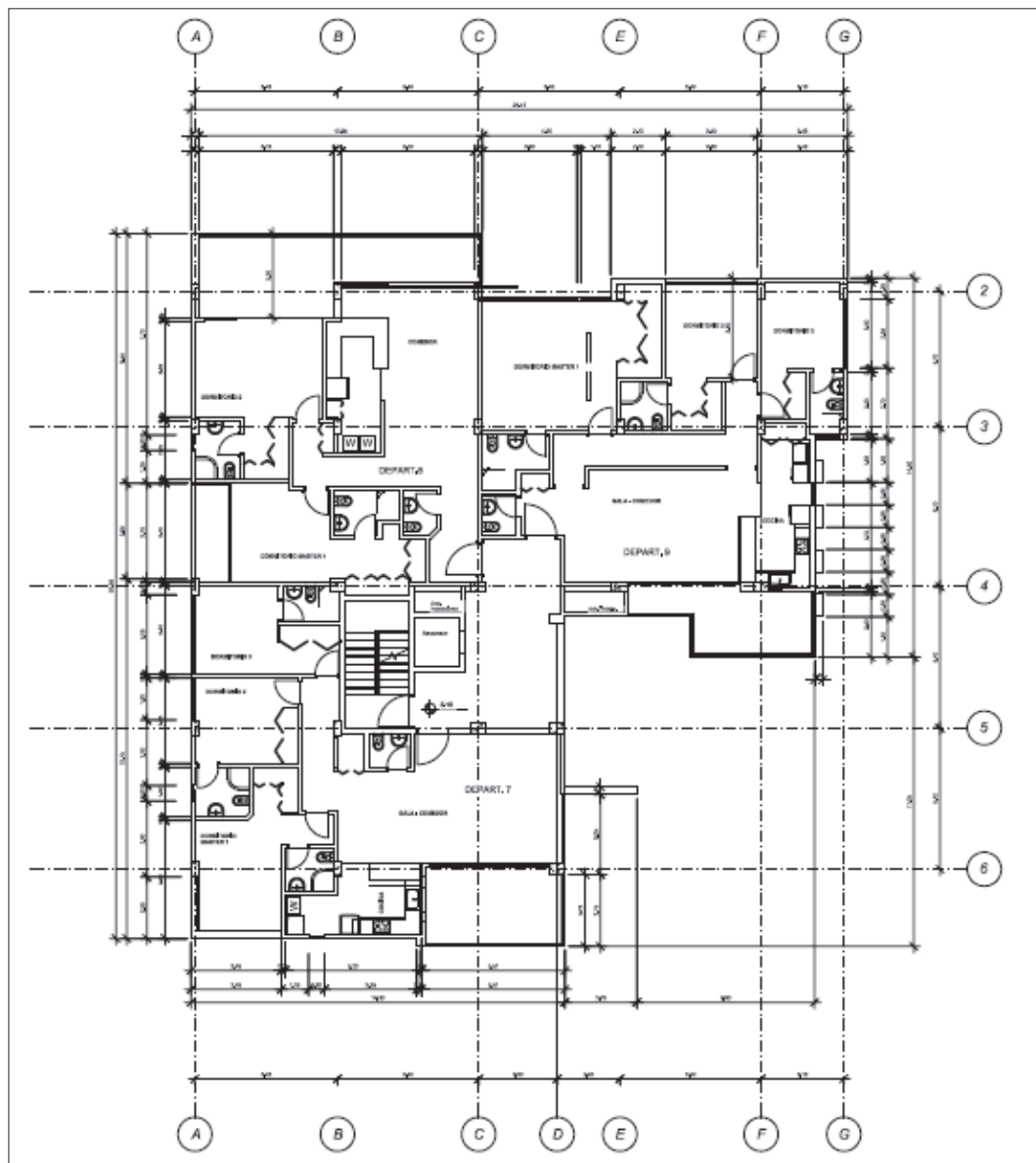
PISO / NIVEL	USO	ÁREA
Terraza Nivel + 9.15	Sala Comunal	533,65 m <sup>2</sup>
Segunda Planta Nivel + 6.10	Departamentos 7, 8, 9	516,88 m <sup>2</sup>
Primera Planta Nivel + 3.05	Departamentos 4, 5, 6	519,77 m <sup>2</sup>
Planta Baja Nivel + 0.00	Departamentos 1, 2, 3	777,87 m <sup>2</sup>
Subsuelo Nivel - 3.50	Parqueaderos	832,02 m <sup>2</sup>
<b>Área Total de Construcción</b>		<b>3180,19 m<sup>2</sup></b>

FUENTE: Planos arquitectónicos del edificio Loaiza

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

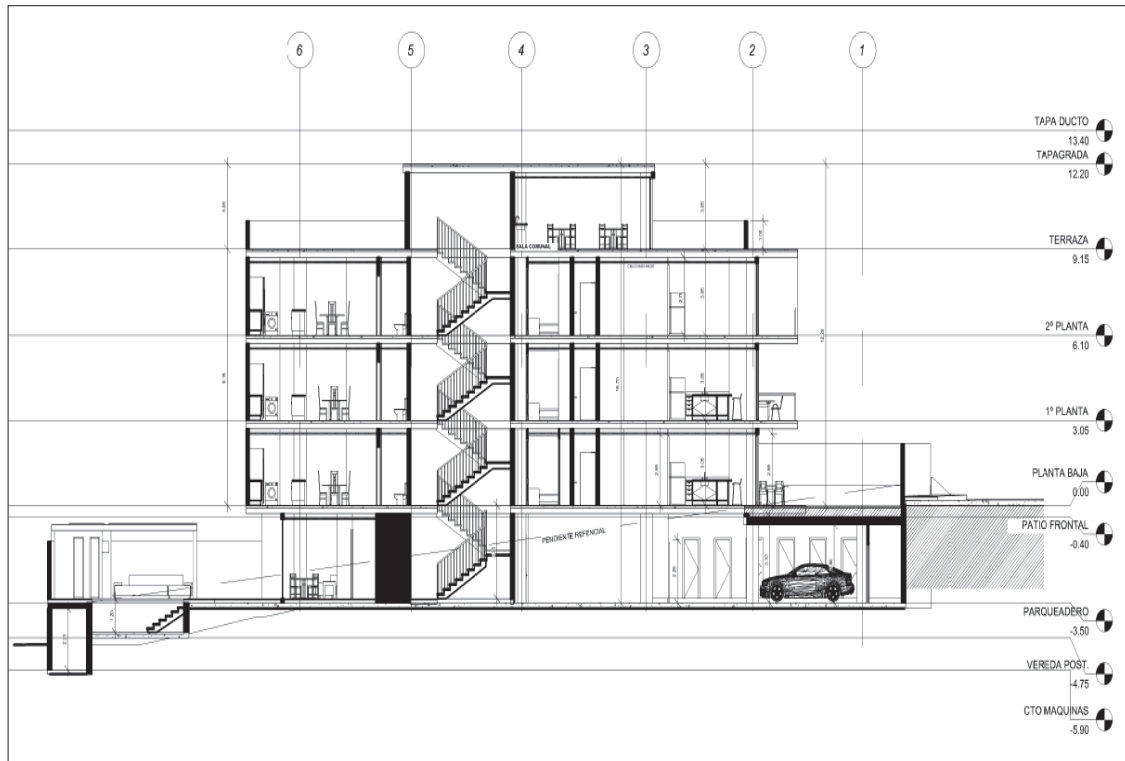
La planta tipo tiene forma de un polígono irregular como muestra la figura 4.1, en cada una se distribuyen tres departamentos y en la zona central se encuentran los ductos para instalaciones, ascensor y escaleras.

**FIGURA 4.1** PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL EDIFICIO LOAIZA



FUENTE: Planos arquitectónicos del edificio Loiza

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

**FIGURA 4.2 CORTE LONGITUDINAL DEL EDIFICIO LOAIZA**

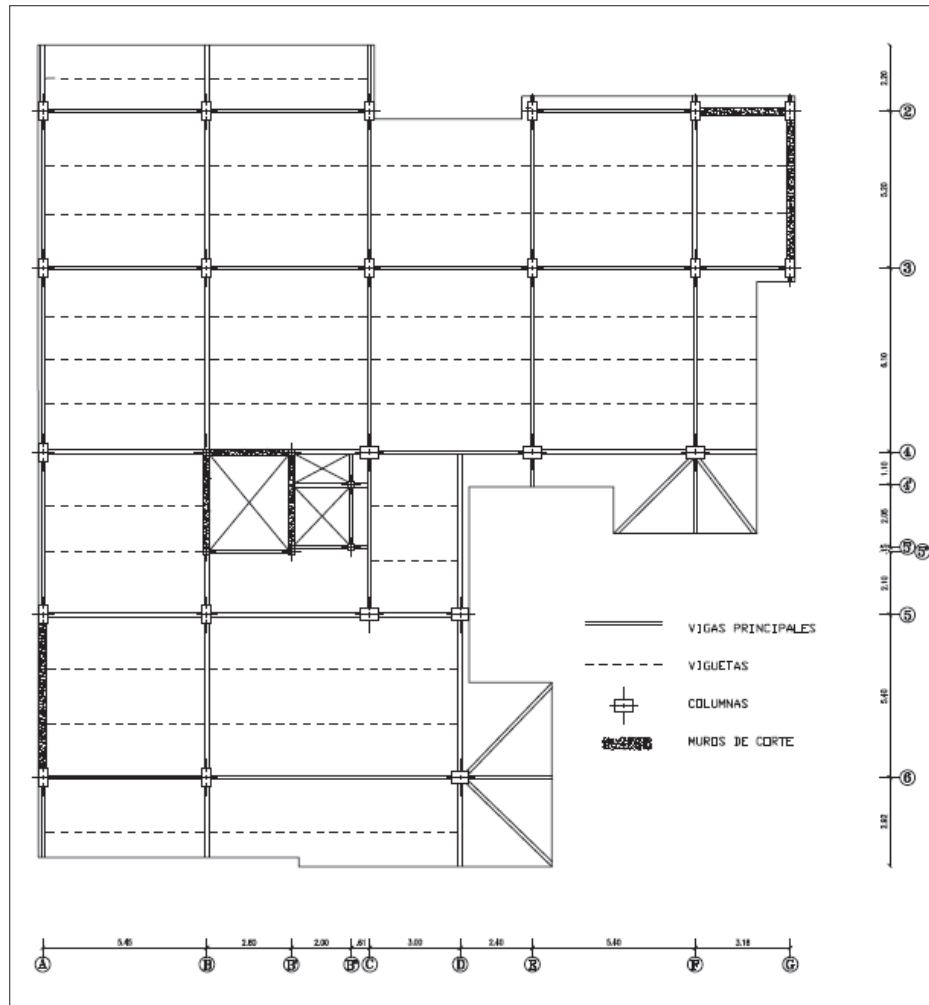
FUENTE: Planos arquitectónicos del edificio Loiza

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

#### 4.1.1.2 Características Estructurales

La estructura está formada por pórticos, unión de vigas y columnas de acero, las cuales serán perfiles armados con diferentes secciones, según los requerimientos. Las uniones estructurales son de tipo soldadas. Las losas de entrepiso y techo, son unidireccionales, a base de láminas metálicas Kubilosa, apoyadas sobre viguetas, con una separación máxima de 1.80 m. Existen muros de corte alrededor del ducto para las gradas.

**FIGURA 4.3** ESTRUCTURACIÓN LOSA DE ENTREPISO - EDIFICIO LOAIZA



FUENTE: Planos arquitectónicos del edificio Loaiza

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

#### 4.1.1.3 Determinación de cargas verticales

Las cargas de diseño se determinan considerando principalmente el uso y ocupación para el cual está destinado el edificio, su geometría, materiales, peso propio de elementos estructurales, etc., de acuerdo con estas características se usan los valores mínimos que propone la NEC-SE-CG en su sección 4, para los elementos no encontrados se usan las recomendaciones proporcionadas por el director del proyecto Ing. Jorge Vintimilla. Las cargas se presentan como fuerza por unidad de área.

**CUADRO 4.2 HIPÓTESIS DE CARGA DEL EDIFICIO LOAIZA**

<b>Carga Muerta WD</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Peso Total de la losa	173,17	Kg/m <sup>2</sup>
Peso del panel Kubilosa calibre 65	6,37	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de hormigón (5cm sobre la cresta)	166,80	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de paredes	200,00	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de recubrimientos, acabados y otros.	150,00	Kg/m <sup>2</sup>
Peso propio de la estructura (vigas, viguetas, columnas y muros)	Calculado automáticamente por el programa Etabs	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga Viva WL</b>		
Carga Viva (Residencia)	200,00	Kg/m <sup>2</sup>
Carga Viva (Losa inaccesible)	150,00	Kg/m <sup>2</sup>

FUENTES: Ficha técnica Kubilosa (s. f.)

Vintimilla J, Apuntes Estructuras de Acero II, 2014.

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CG (Cargas no sísmicas)

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

**4.1.1.4 Consideraciones y Parámetros para el Diseño Sísmico**

Ecuador se encuentra en una de las regiones de más alta peligrosidad sísmica, por lo cual la NEC 2015, propone un capítulo, para el análisis del peligro sísmico y diseño sismo resistente, como se indicó en la sección 2.2.1.1 del presente proyecto.

A continuación se indican los resultados de los parámetros de diseño sísmico calculados para el Edificio Loaiza, en concordancia con la NEC-SE-DS.



**CUADRO 4.3 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO LOAIZA**

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA UNIDAD	VALOR	OBSERVACIONES
Altura máxima	hn [ m ]	9,15	Desde el nivel + 0.00 hasta la última losa de entrepiso
Clasificación de Perfil de Suelo	-	Tipo D	Suelo rígido
Coefficiente de Región	$\eta$	2,48	Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
Factor de Zona Sísmica	Z	0,40	Amenaza sísmica alta
Coefficientes de Amplificación Dinámica	Fa	1,20	Coefficientes para perfil de suelo tipo D y zona sísmica V (Z=0.4)
	Fd	1,19	
	Fs	1,28	
Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico	Tc [ s ]	0,70	$Tc=0,55 F_s \frac{F_d}{F_a}$
Tipo de Arriostramiento	Ct	0,073	Estructura de acero con arriostramientos
	$\alpha$	0,75	
Período Fundamental de Vibración	T [ s ]	0,38	$T=Ct hn^\alpha$
Exponente de la Ecuación de Sa	r	1,00	Para tipo de suelo A, B, C o D
Aceleración Espectral	Sa (g)	1,19	$Sa= \eta Z F_a$ para $0 \leq T \leq T_c$
Factor de Importancia	I	1,00	Otras estructuras
Coefficiente de Configuración Estructural en Planta	$\phi_p$	0,90	Irregularidad en planta Tipo 2
Coefficiente de Configuración Estructural en Elevación	$\phi_e$	1,00	No cumple con ningún tipo de irregularidad
Factor de Reducción de Respuesta Estructural	R	7,00	Sistema estructural de acero tipo SPSW
Carga Reactiva	W [ T ]	1423,21	Carga muerta D
Coefficiente de corrección	k	1,000	Si $0.5 < T < 2,5$ ; $k+0,75+0,5T$ , si no; k=1
Corte Basal	V (%)	0,189	$V= \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_p \phi_E}$
	V [ T ]	268,92	$V= \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_p \phi_E} W$

FUENTE: NEC-SE-DS

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

## 4.1.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### 4.1.2.1 Predimensionamiento de losas

La losa tipo Deck se diseña para carga vertical de acuerdo a las dimensiones propias de la estructura, como indica la figura 4.3. Las cargas vivas y muertas utilizadas se definen en la hipótesis de carga indicada en el Cuadro 4.2.

**CUADRO 4.4 CARGA SOBREPUESTA PARA DECK DEL EDIFICIO LOAIZA**

CARGA SOBREPUESTA		
Descripción	Valor	Unidad
Carga Viva (Residencia)	200,00	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de paredes	200,00	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de recubrimientos, acabados y otros.	150,00	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga Sobreimpuesta Total</b>	<b>550,00</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

Definiendo la carga sobreimpuesta y considerando que la separación máxima entre apoyos serán de 1.80 m, según conviene por las luces que tiene nuestro edificio, suponemos una losa de 10 cm (5 cm de hormigón sobre la cresta), con placa colaborante de 0.65 mm de espesor.

**CUADRO 4.5 PROPIEDADES DE LA PLACA COLABORANTE KUBILOSA**

PROPIEDADES DEL PANEL					
Espesor mm	Peso kg/m <sup>2</sup>	Is (+) cm <sup>4</sup> /m	Is (-) cm <sup>4</sup> /m	Ss (+) cm <sup>3</sup> /m	Ss (-) cm <sup>3</sup> /m
0,65	6,37	29,3	28,86	9,61	14,54

FUENTES: Ficha técnica Kubilosa (s. f.)

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

Además, en base a los parámetros establecidos por el fabricante, presentados en el siguiente cuadro, se verifica que la sección tomada es suficiente para los requerimientos. La carga viva sobreimpuesta que puede resistir la sección es de 1478 kg/m<sup>2</sup>, mayor que la carga solicitada de 550 kg/m<sup>2</sup>.

**CUADRO 4.6** TABLA DE AYUDA PARA DISEÑO DE KUBILOSA

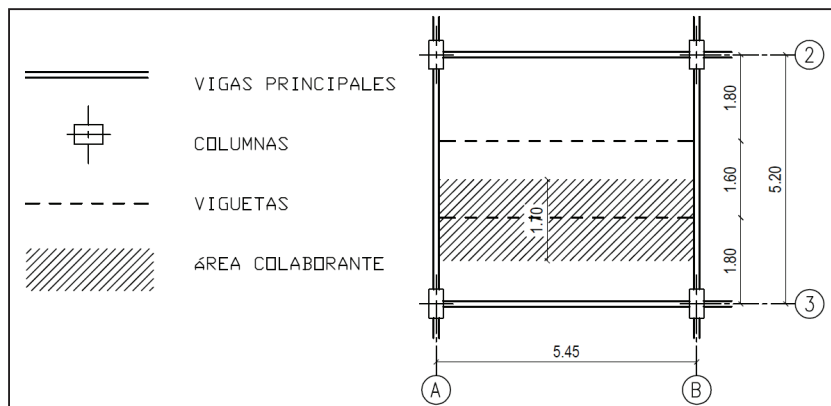
ESPESOR DE LOSA Cm	VOLUMEN DE HORMIGÓN m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	ESPESOR DE LA PLACA mm	MÁXIMA LUZ SIN APUNTALAR			CARGA SOBREPUESTA kg/m <sup>2</sup>			
			Condición de apoyo			Separación entre apoyos			
			1 Luz	2 luces	3 luces	1.6	1.8	2	2
5,00	0,07	0,65	1,58	2,10	1,94	1940	1487	1164	924

FUENTES: Ficha técnica Kubilosa (s. f.)

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

#### 4.1.2.2 Predimensionamiento de viguetas

Para el ejemplo se realiza el prediseño de la vigueta con mayor longitud y área tributaria, ubicada como se indica a continuación:

**FIGURA 4.4** DISPOSICIÓN DE VIGUETA DEL EDIFICIO LOAIZA

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

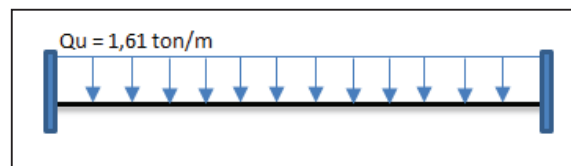
Para el prediseño se considera una vigueta empotrada en sus extremos, a lo largo de la cual actuará uniformemente una carga mayorada ( $Q_u$ ), se calcula el momento máximo en el extremo de la vigueta ( $M_u$ ), este valor debe ser menor a la resistencia de diseño en flexión,  $\phi_b M_n$ , la cual se obtiene a partir de las fórmulas que propone la Especificación ANSI/AISC 360-10, en su Capítulo E referido al Diseño de Miembros en Flexión.

**CUADRO 4.7** PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGUETA DEL EDIFICIO LOAIZA

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA UNIDAD	VALOR
Longitud de Vigueta	L [ m ]	5,45
Ancho Colaborante	a <sub>c</sub> [ m ]	1,7
Área tributaria	A <sub>t</sub> [ m <sup>2</sup> ]	9,27
Carga Muerta	W <sub>D</sub> [ kg/m <sup>2</sup> ]	523,17
Carga Viva	W <sub>L</sub> [ kg/m <sup>2</sup> ]	200,00
Carga Mayorada	W <sub>U</sub> [ T/m <sup>2</sup> ]	0,9478
Carga Uniformemente Distribuida	Q <sub>U</sub> [ T/m ]	1,61
Solicitación de Momento	M <sub>U</sub> [ T-m ]	3,99
Módulo Plástico para flexión	Z <sub>x</sub> [ cm <sup>3</sup> ]	125,90

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

**FIGURA 4.5** CARGA SOBRE LA VIGUETA DEL EDIFICIO LOAIZA



ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

El momento en el extremo de la viga viene dado por:

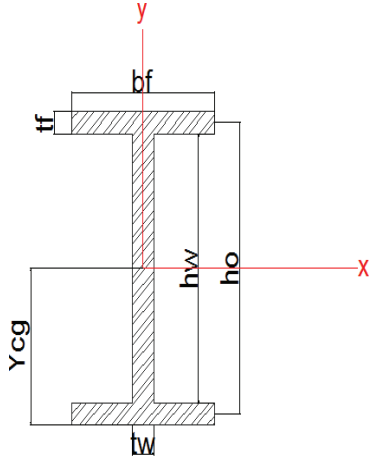
$$M_u = \frac{Q_u L^2}{12} \quad (4.1)$$

$$M_u = \frac{1.61 * 5.45^2}{12}$$

$$M_u = 3,99 \text{ [T-m]}$$

Con ayuda de una hoja programada en Excel, se comprueba que el alma y los patines de la sección propuesta sean compactos, con el objetivo de evitar el pandeo local en la sección. Además, se revisa que el momento solicitado sea menor al momento de diseño.

**CUADRO 4.8** PREDISEÑO DE LA VIGUETA DEL EDIFICIO LOAIZA

VIGUETA TIPO "I"		
Altura recomendada (L/20)	h [ cm ]	27,25
Base recomendada (h/4)	b [ cm ]	6,81
	<b>Dimensiones</b>	
	hw [ mm ]	<b>250</b>
	tw [ mm ]	<b>5</b>
	bf [ mm ]	<b>60</b>
	tf [ mm ]	<b>5</b>
	<b>Material</b>	
	E [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>2043000</b>
	Fy [ ksi ]	<b>50</b>
	Fy [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>3520</b>
	<b>Propiedades</b>	
A [ cm <sup>2</sup> ]	18,50	
Peso [ kg/m ]	14,52	
Ycg [ cm ]	13,00	
<b>Análisis de Esbeltez (AISC 360-10/Tabla B4.1b)</b>		
<b>Límites</b>	<b>Patín</b>	<b>Alma</b>
$\lambda$ (b/t ó h/t)	6,00	50,00
$\lambda_p$	9,16	90,59
$\lambda_r$	22,22	137,33
<b>Caso</b>	<b>COMPACTO</b>	<b>COMPACTO</b>
<b>Comprobación de Módulo de sección plástico entorno al eje X</b>		
Zxx necesario [ cm <sup>3</sup> ]	Zxx Disponible [ cm <sup>3</sup> ]	
125,90	154,63	
<b>Comprobación de Resistencia a Flexión</b>		
Solicitación de momento [ T-m ]	Momento nominal [ T-m ]	
3,99	5,44	
Factor de reducción de momento ( $\Phi$ )	Momento de diseño [ T-m ]	
0,90	4,90	
<b>SECCIÓN CUMPLE</b>		

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

Se cumple que el momento solicitado ( $M_u$ ) es menor al momento de diseño ( $\phi bM_n$ ).

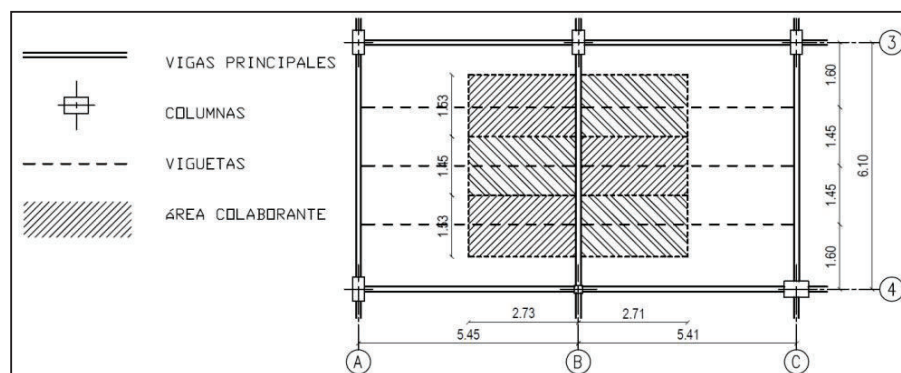
$$3,99 \text{ [T-m]} < 4,90 \text{ [T-m]}$$

### 4.1.2.3 Predimensionamiento de vigas principales

En el predimensionamiento de la viga principal se toma en consideración únicamente las cargas verticales que le transmiten las viguetas; éstas son cargas puntuales, las mismas que son consecuencia de una carga mayorada ( $W_U$  en  $T/m^2$ ), multiplicada por el área colaborante que cada vigueta toma.

Se obtiene una sollicitación de momento, la misma debe ser menor al momento de diseño, para esto se considera que la viga principal se encuentra empotrada en sus extremos. La disposición de viguetas y vigas principales se muestra a continuación:

**FIGURA 4.6** DISPOSICIÓN DE VIGA PRINCIPAL DEL EDIFICIO LOAIZA

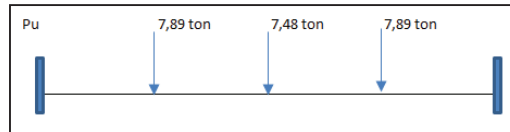


ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

**CUADRO 4.9** PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA DEL EDIFICIO LOAIZA

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA UNIDAD	VALOR
Longitud de Viga	$L$ [ m ]	6,1
Carga Muerta	$W_D$ [ $kg/m^2$ ]	523,17
Carga Viva	$W_L$ [ $kg/m^2$ ]	200,00
Carga Mayorada	$W_U$ [ $T/m^2$ ]	0,9478
Carga Puntual 1	$P_1$ [ T ]	7,89
Carga Puntual 2	$P_2$ [ T ]	7,48
Carga Puntual 3	$P_3$ [ T ]	7,89
Solicitación de Momento	$M_U$ [ T-m ]	15,02
Módulo Plástico para flexión	$Z_x$ [ $cm^3$ ]	474,16

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

**FIGURA 4.7** CARGA SOBRE LA VIGA PRINCIPAL DEL EDIFICIO LOAIZA

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

El momento en el extremo de la viga principal viene dado por:

$$M_u = \frac{P_{u2} L}{8} + \frac{P_{u1} a (L - a)}{L} \quad (4.2)$$

$$M_u = \frac{7.48 * 6.10}{8} + \frac{7.89 * 1.60 * (6.10 - 1.60)}{6.10}$$

$$M = 15,02 \text{ [T-m]}$$

Al igual que en el prediseño de viguetas, se comprueba que el alma y los patines de la viga sean compactos, para evitar el posible pandeo local en la sección, además se revisa que el momento solicitado sea menor que el momento de diseño.

**CUADRO 4.10** PREDISEÑO DE LA VIGA DEL EDIFICIO LOAIZA

VIGA TIPO "I"		
Altura recomendada (L/20)	h [ cm ]	30,50
Base recomendada (h/4)	b [ cm ]	7,63
	<b>Dimensiones</b>	
	hw [ mm ]	<b>350</b>
	tw [ mm ]	<b>5</b>
	bf [ mm ]	<b>150</b>
	tf [ mm ]	<b>10</b>
	<b>Material</b>	
	E [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>2043000</b>
	Fy [ ksi ]	<b>50</b>
	Fy [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>3520</b>
	<b>Propiedades</b>	
A [ cm <sup>2</sup> ]	47,50	
Peso [ kg/m ]	37,29	
Ycg [ cm ]	18,50	

**CUADRO 4.10 CONTINUACIÓN**

<b>Análisis de Esbeltez (AISC 360-10/Tabla B4.1b)</b>		
<b>Límites</b>	<b>Patín</b>	<b>Alma</b>
$\lambda$ (b/t ó h/t)	7,50	70,00
$\lambda_p$	9,16	90,59
<b>Caso</b>	<b>COMPACTO</b>	<b>COMPACTO</b>
<b>Comprobación de Módulo de sección plástico entorno al eje X</b>		
Zxx necesario [ cm <sup>3</sup> ]	Zxx Disponible [ cm <sup>3</sup> ]	
474,16	693,13	
<b>Comprobación de Resistencia a Flexión</b>		
Solicitación de momento [ T-m ]	Momento nominal [ T-m ]	
15,02	24,40	
Factor de reducción de momento ( $\Phi$ )	Momento de diseño [ T-m ]	
0,90	21,96	
<b>SECCIÓN CUMPLE</b>		

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

Se cumple que el momento solicitado ( $M_u$ ) es menor al momento de diseño ( $\phi_b M_n$ ).

$$15,02 \text{ [T-m]} < 21,96 \text{ [T-m]}$$

**4.1.2.4 Predimensionamiento de columnas**

Para el predimensionamiento se toma en consideración únicamente las cargas verticales que son transmitidas a la columna, esto es producto de una carga mayorada ( $W_U$  en T/m<sup>2</sup>), multiplicada por el área colaborante. Se obtiene una solicitación de carga la misma que debe ser menor a la resistencia de diseño por compresión.

**CUADRO 4.11 PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA COLUMNA DEL EDIFICIO LOAIZA**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SIMBOLOGÍA UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Área tributaria	$A_t$ [ m <sup>2</sup> ]	30,51
Carga Muerta	$W_D$ [ kg/m <sup>2</sup> ]	523,17
Carga Viva	$W_L$ [ kg/m <sup>2</sup> ]	200,00
Carga Mayorada	$W_U$ [ T/m <sup>2</sup> ]	0,9478
Número de Pisos	$N_{pisos}$	4
Solicitación de Carga	$P_u$ [ T-m ]	115,67

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

La carga axial que llega a la columna está dada por:



$$P_u = W_u * A_t * N_{pisos} \quad (4.3)$$

$$P_u = 0,947 * 30,51 * 4$$

$$P_u = 115,67 \text{ [T]}$$

**CUADRO 4.12** PREDISEÑO DE LA COLUMNA DEL EDIFICIO LOAIZA

COLUMNA RECTANGULAR RELLENA DE HORMIGÓN			
		Dimensiones	
		h [ mm ]	<b>250</b>
		b [ mm ]	<b>200</b>
		t [ mm ]	<b>5</b>
		L [ mm ]	<b>350</b>
		Material	
		Es [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>2043000</b>
		Ec [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>209141</b>
		Fy [ ksi ]	<b>50</b>
		Fy [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>3520</b>
f'c [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>240</b>		
Propiedades			
As [ cm <sup>2</sup> ]	44,00		
Ac [ cm <sup>2</sup> ]	456,00		
C2	0,85	C3	0,78
Ic <sub>xx</sub> [ cm <sup>4</sup> ]	21888	Ic <sub>yy</sub> [ cm <sup>4</sup> ]	13718
I <sub>sxx</sub> [ cm <sup>4</sup> ]	4154	I <sub>syy</sub> [ cm <sup>4</sup> ]	2949
Eleff <sub>x</sub> [ kg-cm <sup>2</sup> ]	1,20E+10	Eleff <sub>y</sub> [ kg-cm <sup>2</sup> ]	8,25E+09
Análisis de Esbeltez (AISC 360-10/Tabla I1.1b)			
Patín		Alma	
b/t	38	D/t	48
λ <sub>p</sub>	54	λ <sub>p</sub>	54
λ <sub>r</sub>	72	λ <sub>r</sub>	72
Max.Perm.	120	Max.Perm.	120
<b>Caso</b>	<b>COMPACTO</b>	<b>Caso</b>	<b>COMPACTO</b>
Para secciones compactas			
P <sub>p</sub> [ T ]	247,89	P <sub>no</sub> [ T ]	247,89

**CUADRO 4.12 CONTINUACIÓN**

<b>Comprobación de Resistencia por Compresión</b>	
Solicitud de carga [ T-m ]	Resistencia de compresión nominal [ T-m ]
115,67	212,07
Factor de reducción por compresión ( $\Phi_c$ )	Resistencia de diseño de compresión [ T-m ]
0,75	159,05
<b>SECCIÓN CUMPLE</b>	

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

Se cumple que la solicitud de carga ( $P_u$ ) es menor a la resistencia de diseño por compresión ( $\phi_c P_n$ ).

$$115,67 [T] < 159,05 [T]$$

**4.2 EDIFICIO UNACH****4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO****4.2.1.1 Características Arquitectónicas**

Edificio destinado para el funcionamiento de la Facultad de Ciencias de la Educación Humanas y Tecnológicas, de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). Cuenta con un subsuelo y ocho pisos, con una altura de entrepisos de 3.74m, distribuidos de la siguiente manera:

**CUADRO 4.13 USO Y DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS DEL EDIFICIO UNACH**

<b>PISO / NIVEL</b>	<b>USO</b>	<b>ÁREA</b>
Séptima Planta Nivel + 26.83	Última Losa de Entrepiso	793,73 m <sup>2</sup>
Sexta Planta Nivel + 23.09	Aulas	793,73 m <sup>2</sup>
Quinta Planta Nivel + 19.35	Aulas	800,42 m <sup>2</sup>
Cuarta Planta Nivel +15.61	Aulas	800,42 m <sup>2</sup>

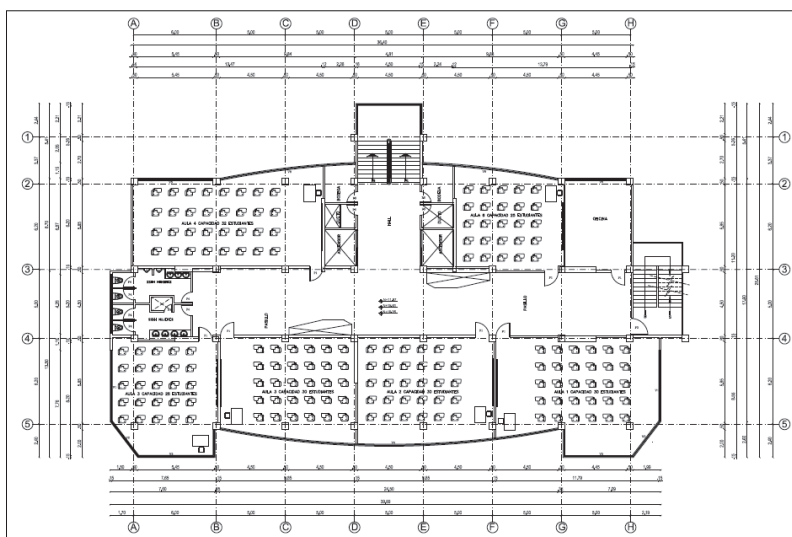
**CUADRO 4.13 CONTINUACIÓN**

Tercera Planta Nivel + 11.87	Aulas	800,42	m <sup>2</sup>
Segunda Planta Nivel + 8.13	Cubículos de profesores	800,42	m <sup>2</sup>
Primera Planta Nivel + 4.39	Biblioteca y cubículos de profesores	793,73	m <sup>2</sup>
Planta Baja Nivel + 0.65	Cafetería y cubículos de profesores	793,73	m <sup>2</sup>
Subsuelo Nivel - 3.09	Bodegas para libros	688,49	m <sup>2</sup>
<b>Área Total de Construcción</b>		<b>7065,09</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

FUENTE: Planos arquitectónicos del edificio UNACH

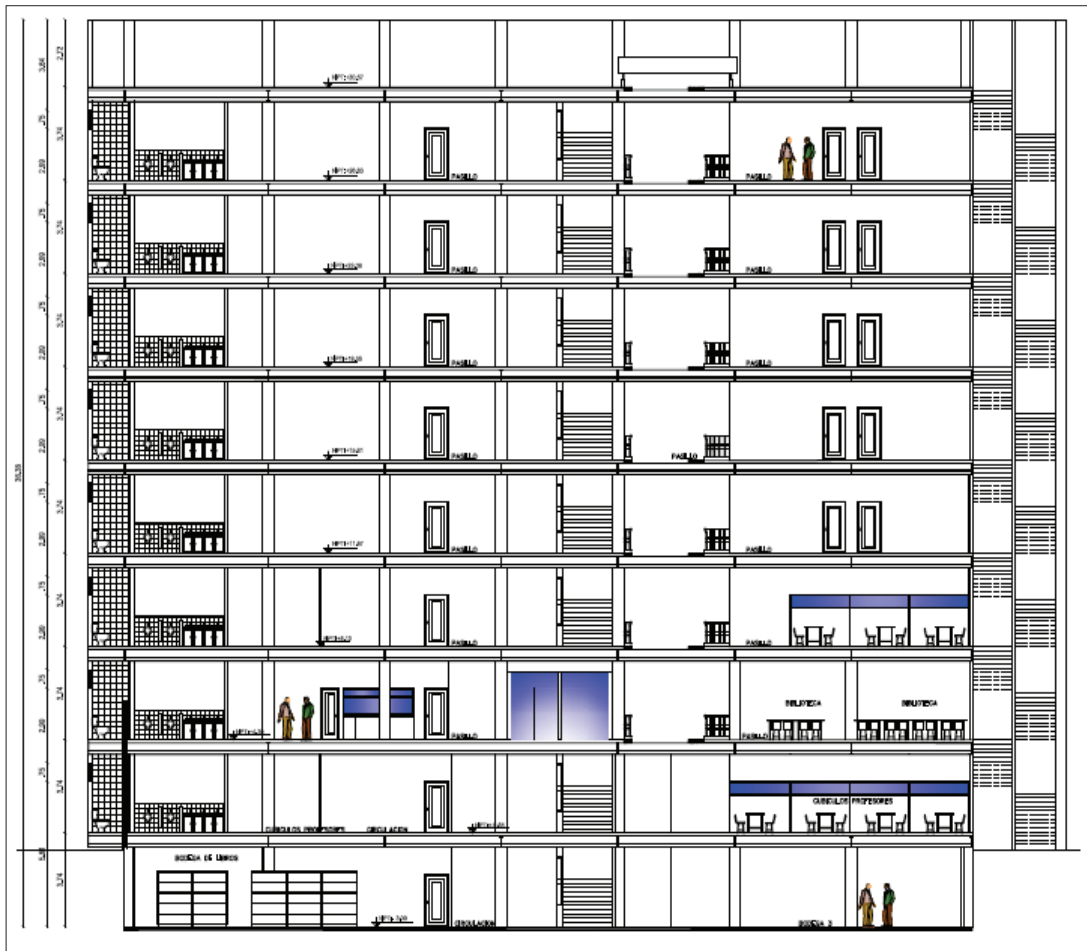
ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

La planta tipo tiene la forma de un polígono irregular de simetría simple, como muestra la figura 4.8. En cada planta existen ductos para instalaciones, para ascensores y escaleras.

**FIGURA 4.8 PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL EDIFICIO UNACH**

FUENTE: Planos arquitectónicos del edificio UNACH

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

**FIGURA 4.9** CORTE LONGITUDINAL DEL EDIFICIO UNACH

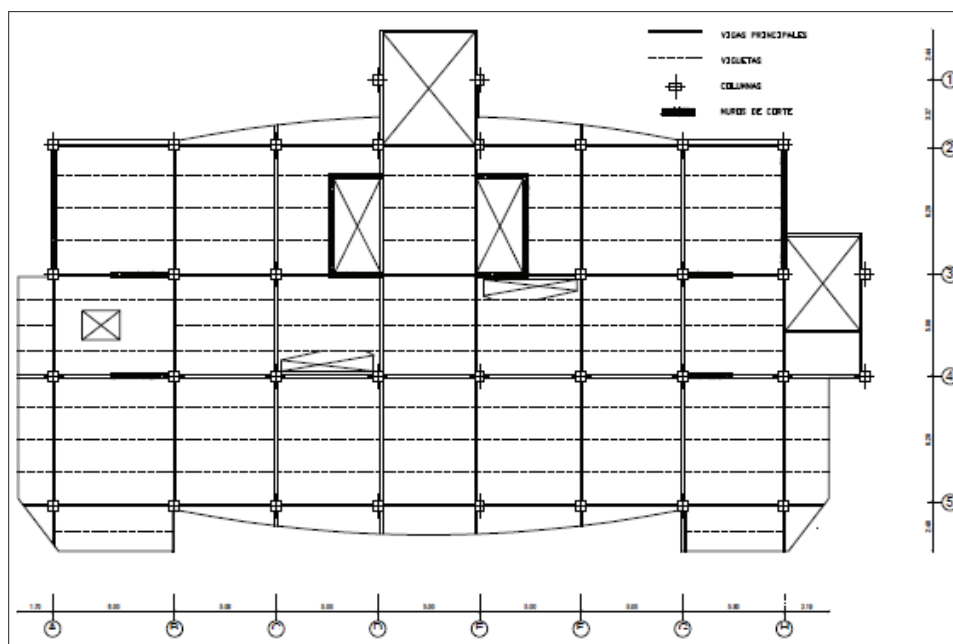
FUENTE: Planos arquitectónicos del edificio UNACH

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

#### 4.2.1.2 Características Estructurales

La estructura está formada por pórticos de perfiles metálicos armados con diferentes secciones, según los requerimientos. Las uniones estructurales son de tipo soldadas. Las losas de entepiso y techo, son unidireccionales, a base de láminas metálicas (Kubilosa), apoyadas sobre viguetas, cuya separación es de 1.60 m. Existen muros de corte para rigidizar la estructura en los sentidos que se necesiten.

**FIGURA 4.10** ESTRUCTURACIÓN LOSA DE ENTREPISO DEL EDIFICIO UNACH



FUENTE: Planos arquitectónicos del edificio UNACH

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

#### 4.2.1.3 Determinación de cargas verticales

Las cargas de diseño para el proyecto UNACH, determinadas con la ayuda de los valores tabulados en la NEC-SE-CG, tomando en cuenta la ocupación, sus características arquitectónicas y estructurales, se muestran a continuación:

**CUADRO 4.14** HIPÓTESIS DE CARGA DEL EDIFICIO UNACH

Carga Muerta WD		
Descripción	Valor	Unidad
Peso Total de la losa	173,17	Kg/m <sup>2</sup>
Peso del panel Kubilosa calibre 65	6,37	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de hormigón (5cm sobre la cresta)	166,80	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Peso de paredes	200,00	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de recubrimientos, acabados y otros.	150,00	Kg/m <sup>2</sup>
Peso propio de la estructura (vigas, viguetas y columnas)	Calculado automáticamente por el programa Etabs	Kg/m <sup>2</sup>

**CUADRO 4.14 CONTINUACIÓN**

Carga Viva WL		
Carga Viva (Aulas)	300,00	Kg/m <sup>2</sup>
Carga Viva (Oficinas)	250,00	Kg/m <sup>2</sup>
Carga Viva (Losas inaccesibles)	150,00	Kg/m <sup>2</sup>

FUENTES: Ficha técnica Kubilosa (s. f.)

Vintimilla J, Apuntes Estructuras de Acero II, 2014.

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CG (Cargas no sísmicas)

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suintaxi

**4.2.1.4 Consideraciones y Parámetros para el Diseño Sísmico**

A continuación se muestran los resultados de los parámetros de diseño sísmico, para el Edificio UNACH, obtenidos como propone la NEC 2015 en su capítulo para el análisis de “Peligro Sísmico y Diseño Sismo Resistente”.

**CUADRO 4.15 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO UNACH**

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA UNIDAD	VALOR	OBSERVACIONES
Altura máxima	hn [ m ]	26,83	Desde el nivel + 0.00 hasta la última losa de entresuelo
Clasificación de Perfil de Suelo	-	Tipo D	Suelo rígido
Coefficiente de Región	$\eta$	2,48	Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
Factor de Zona Sísmica	Z	0,40	Amenaza sísmica alta
Coefficientes de Amplificación Dinámica	Fa	1,20	Coefficientes para perfil de suelo tipo D y zona sísmica V (Z=0.4)
	Fd	1,19	
	Fs	1,28	
Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico	Tc [ s ]	0,70	$T_c = 0,55 F_s \frac{F_d}{F_a}$
Tipo de Arriostramiento	Ct	0,073	Estructura de acero con arriostramientos
	$\alpha$	0,75	
Período Fundamental de Vibración	T [ s ]	0,86	$T = C_t h_n^\alpha$
Exponente de la Ecuación de Sa	r	1,00	Para tipo de suelo A, B, C o D
Aceleración Espectral	Sa (g)	0,97	$S_a = \eta Z F_a$ para $0 \leq T \leq T_c$
Factor de Importancia	I	1,00	Otras estructuras

**CUADRO 4.15 CONTINUACIÓN**

Coefficiente de Configuración Estructural en Planta	$\phi_p$	1,00	No cumple con ningún tipo de irregularidad
Coefficiente de Configuración Estructural en Elevación	$\phi_e$	1,00	No cumple con ningún tipo de irregularidad
Factor de Reducción de Respuesta Estructural	R	7,00	Sistema estructural de acero tipo SPSW
Carga Reactiva	W [ T ]	3750,78	Carga muerta D
Coefficiente de corrección	k	1,18	Si $0.5 < T < 2,5$ ; $k+0,75+0,5T$ , si no; $k=1$
Corte Basal	V (%)	0,138	$V = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_p \phi_E}$
	V [ T ]	517,45	$V = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_p \phi_E} W$

FUENTE: NEC-SE-DS

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

**4.2.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES****4.2.2.1 Predimensionamiento de losas**

La losa tipo Deck se diseña para carga vertical más crítica, de acuerdo los valores indicados en el siguiente cuadro:

**CUADRO 4.16 CARGA SOBREIMPUESTA PARA DECK DEL EDIFICIO UNACH**

<b>CARGA SOBREIMPUESTA</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Carga Viva (Aulas)	300,00	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de paredes	200,00	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de recubrimientos, acabados y otros.	150,00	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga Sobreimpuesta Total</b>	<b>650,00</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

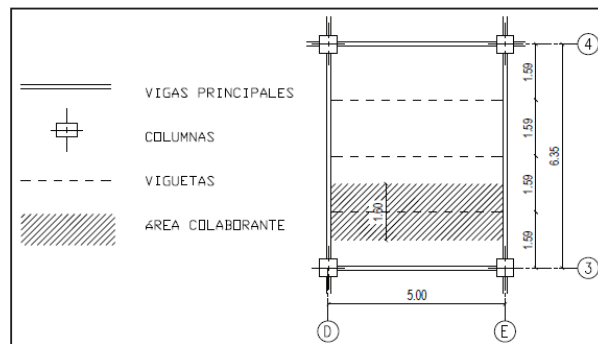
Conociendo el valor de carga sobreimpuesta a la que estará sometida la losa y las separaciones entre apoyos de 1.50 m y 1.70, se propone una losa de 10 cm (5 cm de hormigón sobre la cresta), con placa colaborante de 0.65 mm de espesor.

De acuerdo con la tabla de ayuda para el diseño propuesta por el fabricante es suficiente para resistir la solicitación de  $550 \text{ kg/m}^2$ , como se ve en el cuadro 4.6, la losa resiste hasta  $1940 \text{ Kg/m}^2$ , para separaciones entre apoyos de 1.60 m.

#### 4.2.2.2 Predimensionamiento de viguetas

Se toma para el ejemplo la vigueta representada a continuación:

**FIGURA 4.11** DISPOSICIÓN DE VIGUETA DEL EDIFICIO UNACH



ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

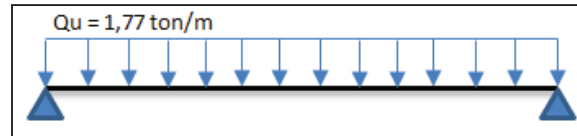
Debido a la falta de continuidad en los extremos de la vigueta seleccionada, se considera simplemente apoyada. El prediseño sigue el mismo procedimiento indicado en la sección 4.1.2.2.

**CUADRO 4.17** PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGUETA DEL EDIFICIO UNACH

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA UNIDAD	VALOR
Longitud de Vigueta	$L$ [ m ]	5,00
Ancho Colaborante	$a_c$ [ m ]	1,6
Área tributaria	$A_t$ [ $\text{m}^2$ ]	8,00
Carga Muerta	$W_D$ [ $\text{kg/m}^2$ ]	523,17
Carga Viva	$W_L$ [ $\text{kg/m}^2$ ]	300,00
Carga Mayorada	$W_U$ [ $\text{T/m}^2$ ]	1,1078
Carga Uniformemente Distribuida	$Q_U$ [ $\text{T/m}$ ]	1,77
Solicitación de Momento	$M_U$ [ $\text{T}\cdot\text{m}$ ]	5,54
Módulo Plástico para flexión	$Z_x$ [ $\text{cm}^3$ ]	174,86

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi



**FIGURA 4.12 CARGA SOBRE LA VIGUETA DEL EDIFICIO UNACH**

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

El momento en el centro de la viga viene dado por:

$$M_u = \frac{Q_u L^2}{8} \quad (4.4)$$

$$M_u = \frac{1.77 * 5.00^2}{8}$$

$$M_u = 5,54 \text{ [T-m]}$$

**CUADRO 4.18 PREDISEÑO DE LA VIGUETA DEL EDIFICIO UNACH**

VIGUETA TIPO "I"		
Altura recomendada (L/20)	h [ cm ]	25,00
Base recomendada (h/4)	b [ cm ]	6,25
	<b>Dimensiones</b>	
	hw [ mm ]	<b>300</b>
	tw [ mm ]	<b>5</b>
	bf [ mm ]	<b>70</b>
	tf [ mm ]	<b>5</b>
	<b>Material</b>	
	E [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>2043000</b>
	Fy [ ksi ]	<b>50</b>
	Fy [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>3520</b>
	<b>Propiedades</b>	
A [ cm <sup>2</sup> ]	22,00	
Peso [ kg/m ]	17,27	
Ycg [ cm ]	15,50	
<b>Análisis de Esbeltez (AISC 360-10/Tabla B4.1b)</b>		
<b>Límites</b>	<b>Patín</b>	<b>Alma</b>
$\lambda$ (b/t ó h/t)	7,00	60,00
$\lambda_p$	9,16	90,59
$\lambda_r$	21,23	137,33
<b>Caso</b>	<b>COMPACTO</b>	<b>COMPACTO</b>

**CUADRO 4.18 CONTINUACIÓN**

<b>Comprobación de Módulo de sección plástico entorno al eje X</b>	
Zxx necesario [ cm <sup>3</sup> ]	Zxx Disponible [ cm <sup>3</sup> ]
174,86	219,25
<b>Comprobación de Resistencia a Flexión</b>	
Solicitud de momento [ T-m ]	Momento nominal [ T-m ]
5,54	7,72
Factor de reducción de momento (Φ)	Momento de diseño [ T-m ]
0,90	6,95
<b>SECCIÓN CUMPLE</b>	

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

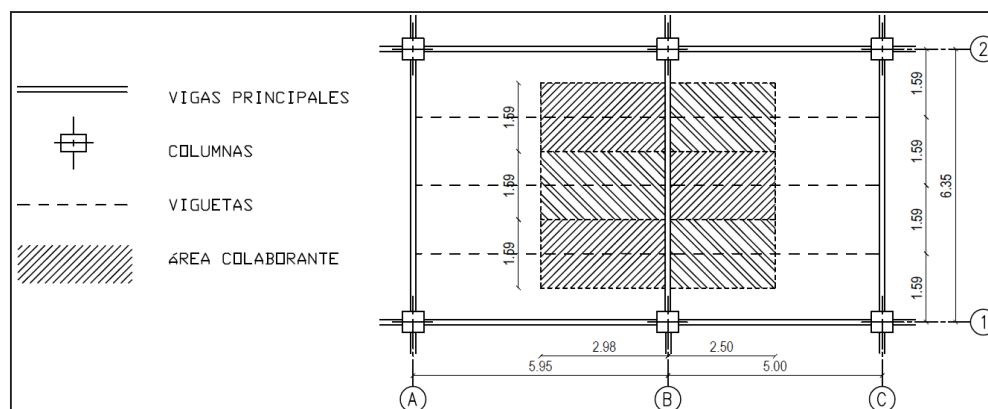
Se cumple que el momento solicitado ( $M_u$ ) es menor al momento de diseño ( $\phi bM_n$ ).

$$5,54 \text{ [T-m]} < 6,95 \text{ [T-m]}$$

**4.2.2.3 Predimensionamiento de vigas principales**

El proceso y consideraciones de predimensionamiento se explicaron en la sección 4.1.2.3.

La disposición de viguetas y vigas principales se muestra a continuación:

**FIGURA 4.13 DISPOSICIÓN DE VIGA PRINCIPAL DEL EDIFICIO UNACH**

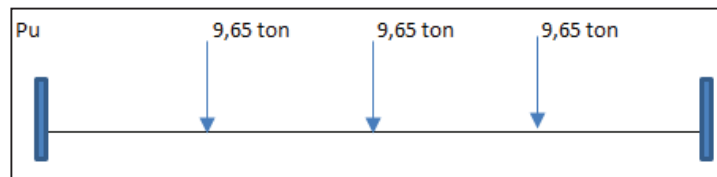
ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

**CUADRO 4.19** PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA DEL EDIFICIO UNACH

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA UNIDAD	VALOR
Longitud de Viga	L [ m ]	6,35
Carga Muerta	$W_D$ [ kg/m <sup>2</sup> ]	523,17
Carga Viva	$W_L$ [ kg/m <sup>2</sup> ]	300,00
Carga Mayorada	$W_U$ [ T/m <sup>2</sup> ]	1,1078
Carga Puntual 1	$P_1$ [ T ]	9,65
Carga Puntual 2	$P_2$ [ T ]	9,65
Carga Puntual 3	$P_3$ [ T ]	9,65
Solicitud de Momento	$M_U$ [ T-m ]	19,16
Módulo Plástico para flexión	$Z_x$ [ cm <sup>3</sup> ]	591,91

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

**FIGURA 4.14** CARGA SOBRE LA VIGA PRINCIPAL DEL EDIFICIO UNACH



ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

El momento en el extremo de la viga principal se calcula según la ecuación 4.2.

$$M_u = \frac{9.65 * 6.35}{8} + \frac{9.65 * 1.59 * (6.35 - 1.59)}{6.35}$$

$$M = 19,16 \text{ [T-m]}$$

**CUADRO 4.20** PREDISEÑO DE LA VIGA DEL EDIFICIO UNACH

VIGA TIPO "I"		
Altura recomendada (L/20)	h [ cm ]	31,75
Base recomendada (h/4)	b [ cm ]	7,94
	<b>Dimensiones</b>	
	hw [ mm ]	<b>350</b>
	tw [ mm ]	<b>5</b>
	bf [ mm ]	<b>150</b>
	tf [ mm ]	<b>12</b>
	<b>Material</b>	
	E [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>2043000</b>
	Fy [ ksi ]	<b>50</b>
	Fy [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>3520</b>
	<b>Propiedades</b>	
A [ cm <sup>2</sup> ]	53,50	
Peso [ kg/m ]	42,00	
Ycg [ cm ]	18,70	
<b>Análisis de Esbeltez (AISC 360-10/Tabla B4.1b)</b>		
<b>Límites</b>	<b>Patín</b>	<b>Alma</b>
$\lambda$ (b/t ó h/t)	6,25	70,00
$\lambda_p$	9,16	90,59
<b>Caso</b>	<b>COMPACTO</b>	<b>COMPACTO</b>
<b>Comprobación de Módulo de sección plástico entorno al eje X</b>		
Zxx necesario [ cm <sup>3</sup> ]	Zxx Disponible [ cm <sup>3</sup> ]	
604,85	804,73	
<b>Comprobación de Resistencia a Flexión</b>		
Solicitación de momento [ T-m ]	Momento nominal [ T-m ]	
19,16	28,32	
Factor de reducción de momento ( $\Phi$ )	Momento de diseño [ T-m ]	
0,90	25,49	
<b>SECCIÓN CUMPLE</b>		

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

Se cumple que el momento solicitado ( $M_u$ ) es menor al momento de diseño ( $\phi_b M_n$ ).

$$19,16 \text{ [T-m]} < 25,49 \text{ [T-m]}$$

#### 4.2.2.4 Predimensionamiento de columnas

El proceso de predimensionamiento es el mismo explicado en la sección 4.1.2.4.

**CUADRO 4.21** PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA COLUMNA DEL EDIFICIO UNACH

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA UNIDAD	VALOR
Área tributaria	$A_t$ [ m <sup>2</sup> ]	29,70
Carga Muerta	$W_D$ [ kg/m <sup>2</sup> ]	523,17
Carga Viva	$W_L$ [ kg/m <sup>2</sup> ]	300,00
Carga Mayorada	$W_U$ [ T/m <sup>2</sup> ]	1,1078
Número de Pisos	$N_{pisos}$	7,00
Solicitud de Carga	$P_u$ [ T-m ]	230,33

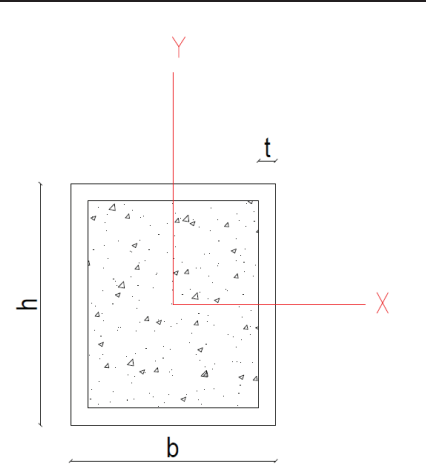
ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

La solicitud por carga axial de la columna se calculó con la ecuación 4.3.

$$P_u = 1,108 * 29,70 * 7$$

$$P_u = 230,33 \text{ [T]}$$

**CUADRO 4.22** PREDISEÑO DE LA COLUMNA DEL EDIFICIO UNACH

COLUMNA RECTANGULAR RELLENA DE HORMIGÓN		
	<b>Dimensiones</b>	
	h [ mm ]	<b>300</b>
	b [ mm ]	<b>300</b>
	t [ mm ]	<b>6</b>
	L [ mm ]	<b>374</b>
<b>Material</b>		
Es [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>2043000</b>	
Ec [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>209141</b>	
Fy [ ksi ]	<b>50</b>	
Fy [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>3520</b>	
f'c [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>240</b>	
<b>Propiedades</b>		
As [ cm <sup>2</sup> ]	70,56	
Ac [ cm <sup>2</sup> ]	829,44	

**CUADRO 4.22 CONTINUACIÓN**

C2	0,85	C3	0,76
Ic <sub>xx</sub> [ cm <sup>4</sup> ]	57331	Ic <sub>yy</sub> [ cm <sup>4</sup> ]	57331
I <sub>sxx</sub> [ cm <sup>4</sup> ]	10169	I <sub>syy</sub> [ cm <sup>4</sup> ]	10169
Eleff <sub>x</sub> [ kg-cm <sup>2</sup> ]	2,98E+10	Eleff <sub>y</sub> [ kg-cm <sup>2</sup> ]	2,98E+10
<b>Análisis de Esbeltez (AISC 360-10/Tabla I1.1b)</b>			
<b>Patín</b>		<b>Alma</b>	
b/t	48	D/t	48
λ <sub>p</sub>	54	λ <sub>p</sub>	54
λ <sub>r</sub>	72	λ <sub>r</sub>	72
Max.Perm.	120	Max.Perm.	120
<b>Caso</b>	<b>COMPACTO</b>	<b>Caso</b>	<b>COMPACTO</b>
<b>Para secciones compactas</b>			
P <sub>p</sub> (ton)	417,55	P <sub>no</sub> (ton)	417,55
<b>Comprobación de Resistencia por Compresión</b>			
Solicitud de carga [ T-m ]		Resistencia de compresión nominal [ T-m ]	
230,33		384,30	
Factor de reducción por compresión (Φ <sub>c</sub> )		Resistencia de diseño de compresión [ T-m ]	
0,75		288,23	
<b>SECCIÓN CUMPLE</b>			

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

Se cumple que la solicitud de carga (P<sub>u</sub>) es menor a la resistencia de diseño por compresión (φ<sub>c</sub>P<sub>n</sub>).

$$230,33 [T] < 288,23 [T]$$

## 4.3 EDIFICIO PLUS I

### 4.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

#### 4.3.1.1 Características Arquitectónicas

El proyecto Plus I es un edificio de oficinas que cuenta con diez plantas con altura de entrepiso de 3.10 m y cinco subsuelos para parqueaderos de 2.90 m de altura, distribuidos como se indica a continuación:

**CUADRO 4.23 USO Y DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS DEL EDIFICIO PLUS I**

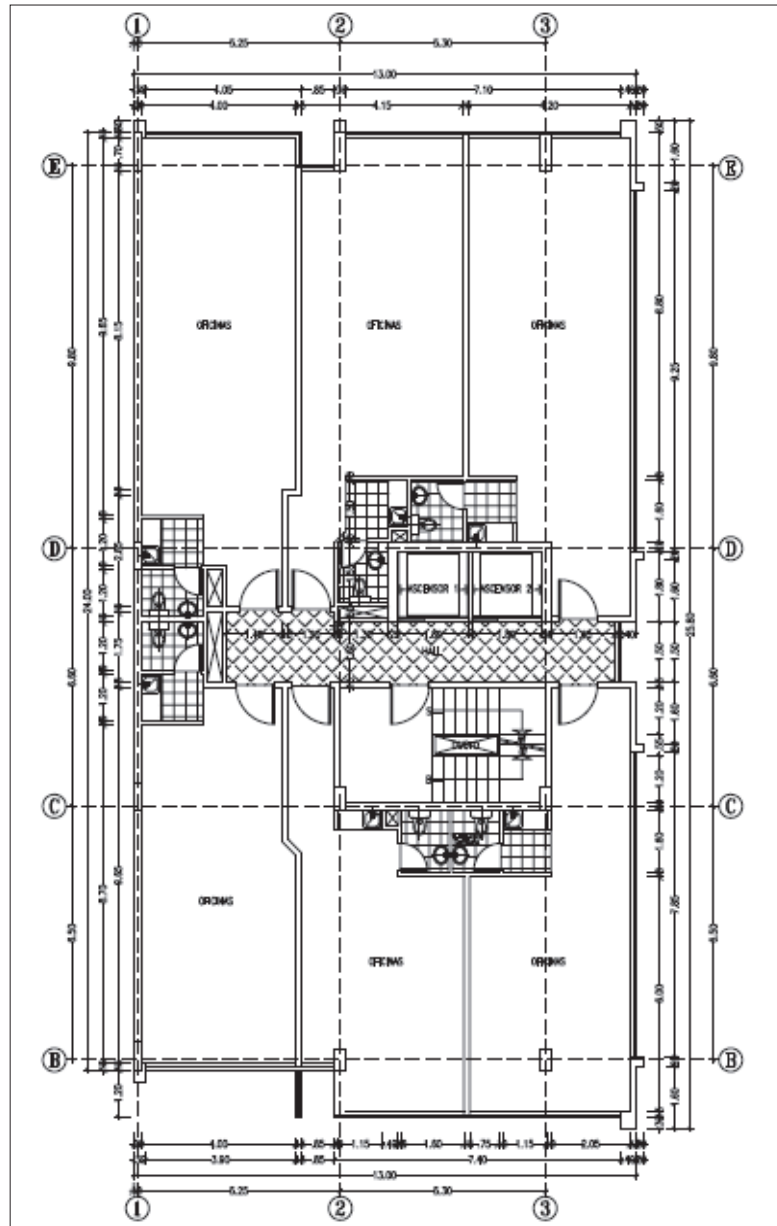
<b>PISO / NIVEL</b>	<b>USO</b>	<b>ÁREA</b>
Décima Planta Nivel + 31.00	Terraza Comunal	315,48 m <sup>2</sup>
Novena Planta Nivel + 27.90	Oficinas y sala comunal	315,48 m <sup>2</sup>
Octava Planta Nivel + 24.80	Oficinas	319,95 m <sup>2</sup>
Séptima Planta Nivel + 21.70	Oficinas	319,95 m <sup>2</sup>
Sexta Planta Nivel +18.60	Oficinas	319,95 m <sup>2</sup>
Quinta Planta Nivel + 15.50	Oficinas	319,95 m <sup>2</sup>
Cuarta Planta Nivel + 12.40	Oficinas	319,95 m <sup>2</sup>
Tercera Planta Nivel + 9.30	Oficinas	319,95 m <sup>2</sup>
Segunda Planta Nivel + 6.20	Oficinas	319,95 m <sup>2</sup>
Primera Planta Nivel + 3.10	Oficinas	266,70 m <sup>2</sup>
Planta Baja Nivel + 0.00	Local comercial y oficinas	326,20 m <sup>2</sup>
Subsuelo 1 Nivel - 2.90 - 3.75	Parqueaderos	512,00 m <sup>2</sup>
Subsuelo 2 Nivel - 5.80 - 6.65	Parqueaderos	512,00 m <sup>2</sup>
Subsuelo 3 Nivel - 8.70 - 9.55	Parqueaderos	512,00 m <sup>2</sup>
Subsuelo 4 Nivel - 11.60 - 12.45	Parqueaderos	512,00 m <sup>2</sup>
Subsuelo 5 Nivel - 14.50 - 15.35	Parqueaderos	512,00 m <sup>2</sup>
<b>Área Total de Construcción</b>		<b>6023,51 m<sup>2</sup></b>

FUENTE: Planos arquitectónicos del edificio PLUS I

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

La planta tipo tiene forma rectangular como se muestra en la figura 4.15, cuenta con cinco o seis oficinas por piso con sus respectivos servicios sanitarios. En la zona central se encuentran los ductos para ascensores, instalaciones y escaleras.

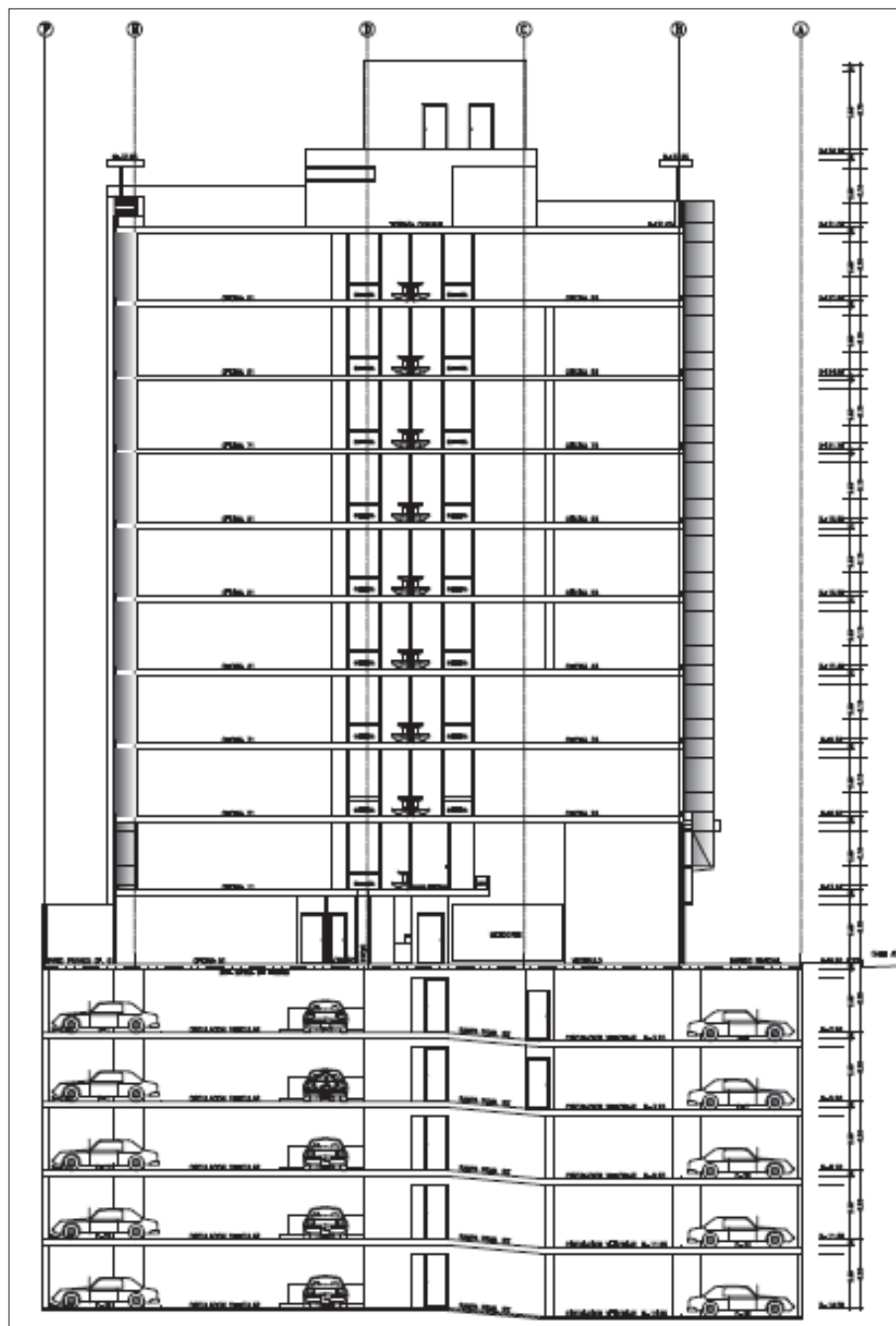
**FIGURA 4.15** PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL EDIFICIO PLUS I



FUENTE: Planos arquitectónicos del edificio PLUS I

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi



**FIGURA 4.16** CORTE LONGITUDINAL DEL EDIFICIO PLUS I

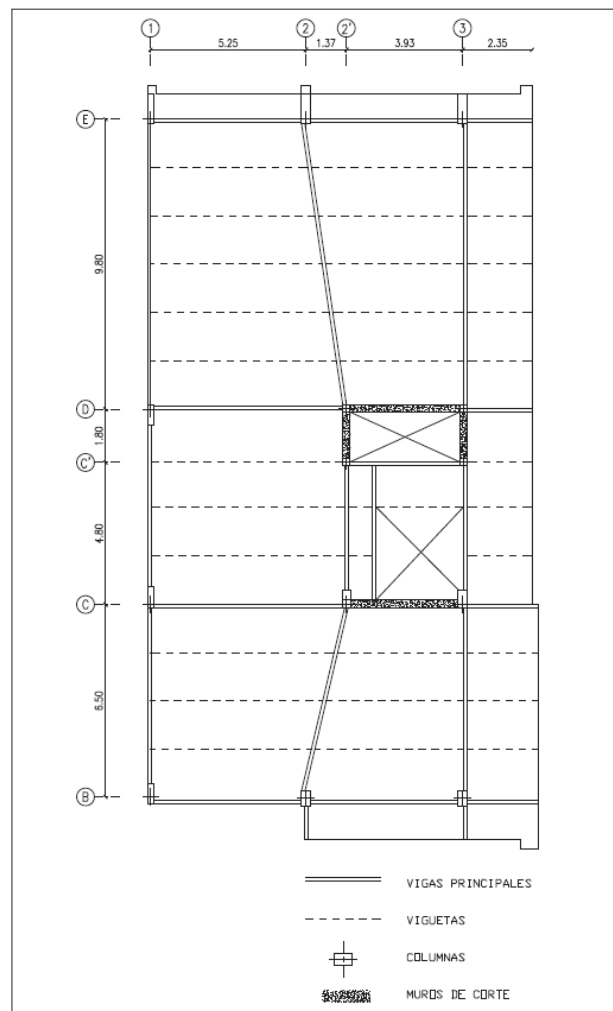
FUENTE: Planos arquitectónicos del edificio PLUS I

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

### 4.3.1.2 Características Estructurales

La estructura es aporticada, con elementos estructurales de acero de diferentes secciones, según los requerimientos. Las uniones estructurales son de tipo soldadas. Para las losas de entrepiso y techo, se usará Deck, un sistema de losa unidireccional formado por láminas de acero galvanizado acanaladas de forma trapezoidal, apoyadas sobre viguetas. Existen muros de corte necesarios para rigidizar la estructura, distribuidos como se muestra en la figura 4.17.

**FIGURA 4.17** ESTRUCTURACIÓN LOSA DE ENTREPISO DEL EDIFICIO PLUS I



FUENTE: Planos arquitectónicos del edificio PLUS I

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

### 4.3.1.3 Determinación de cargas verticales

Las cargas de diseño se determinan de manera similar a lo expuesto en la sección 4.1.1.3.

**CUADRO 4.24 HIPÓTESIS DE CARGA DEL EDIFICIO PLUS I**

Carga Muerta WD		
Descripción	Valor	Unidad
Peso Total de la losa	173,17	Kg/m <sup>2</sup>
Peso del panel Kubilosa calibre 65	6,37	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de hormigón (5cm sobre la cresta)	166,80	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Peso de paredes	200,00	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de recubrimientos, acabados y otros.	150,00	Kg/m <sup>2</sup>
Peso propio de la estructura (vigas, viguetas y columnas)	Calculado automáticamente por el programa Etabs	Kg/m <sup>2</sup>
Carga Viva WL		
Carga Viva (Oficinas)	250,00	Kg/m <sup>2</sup>
Carga Viva (Losa inaccesible)	150,00	Kg/m <sup>2</sup>

FUENTES: Ficha técnica Kubilosa (s. f.)

Vintimilla J, Apuntes Estructuras de Acero II, 2014.

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CG (Cargas no sísmicas)

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

### 4.3.1.4 Consideraciones y Parámetros para el Diseño Sísmico

A continuación se muestran los resultados de los parámetros de diseño sísmico, para el Edificio Plus I, obtenidos como lo propone la NEC-SE-DS.

**CUADRO 4.25 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO PLUS I**

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA UNIDAD	VALOR	OBSERVACIONES
Altura máxima	hn (m)	31,00	Desde el nivel + 0.00 hasta la última losa de entrepiso
Clasificación de Perfil de Suelo	-	Tipo D	Suelo rígido
Coefficiente de Región	η	2,48	Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
Factor de Zona Sísmica	Z	0,40	Amenaza sísmica alta

**CUADRO 4.25 CONTINUACIÓN**

Coeficientes de Amplificación Dinámica	Fa	1,20	Coeficientes para perfil de suelo tipo D y zona sísmica V (Z=0.4)
	Fd	1,19	
	Fs	1,28	
Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico	Tc (s)	0,70	$T_c = 0,55 F_s \frac{F_d}{F_a}$
Tipo de Arriostramiento	Ct	0,073	Estructura de acero con arriostramientos
	$\alpha$	0,75	
Período Fundamental de Vibración	T (s)	0,96	$T = C_t h n^\alpha$
Exponente de la Ecuación de Sa	r	1,00	Para tipo de suelo A, B, C o D
Aceleración Espectral	Sa (g)	0,87	$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$ para $T > T_c$
Factor de Importancia	I	1,00	Otras estructuras
Coeficiente de Configuración Estructural en Planta	$\phi_p$	1,00	No cumple con ningún tipo de irregularidad
Coeficiente de Configuración Estructural en Elevación	$\phi_e$	1,00	No cumple con ningún tipo de irregularidad
Factor de Reducción de Respuesta Estructural	R	7,00	Sistema estructural de acero tipo SPSW
Carga Reactiva	W [ T ]	2275,14	Carga muerta D
Coeficiente de corrección	k	1,23	Si $0.5 < T < 2,5$ ; $k + 0,75 + 0,5T$
Corte Basal	V (%)	0,124	$V = \frac{I S_a (T_a)}{R \phi_p \phi_E}$
	V [ T ]	281,64	$V = \frac{I S_a (T_a)}{R \phi_p \phi_E} W$

FUENTE: NEC-SE-DS

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

**4.3.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES****4.3.2.1 Predimensionamiento de losas**

La losa tipo Deck se diseña para carga vertical más crítica, como se indica más adelante.

**CUADRO 4.26 CARGA SOBREPUESTA PARA DECK DEL EDIFICIO PLUS I**

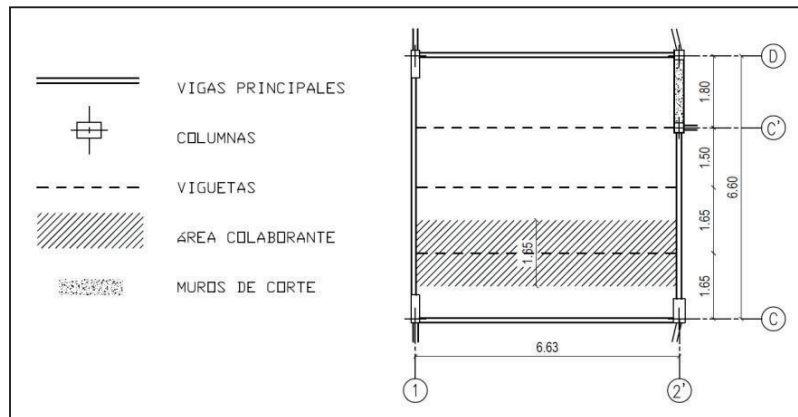
CARGA SOBREPUESTA		
Descripción	Valor	Unidad
Carga Viva (Oficinas)	250,00	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de paredes	200,00	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de recubrimientos, acabados y otros.	150,00	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga Sobreimpuesta Total</b>	<b>600,00</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

Considerando espaciamientos entre apoyos de 1.60 a 1.80 m, suponemos la misma sección de 10 cm (5 cm de hormigón sobre la cresta), con placa colaborante de 0.65mm de espesor, suficiente para resistir la sollicitación como se verifica en el cuadro 4.6, la sección es capaz de resistir hasta 1487 Kg/m<sup>2</sup>.

#### 4.3.2.2 Predimensionamiento de viguetas

Se toma para el ejemplo la vigueta ubicada como indica la figura mostrada a continuación:

**FIGURA 4.18 DISPOSICIÓN DE VIGUETA DEL EDIFICIO PLUS I**

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

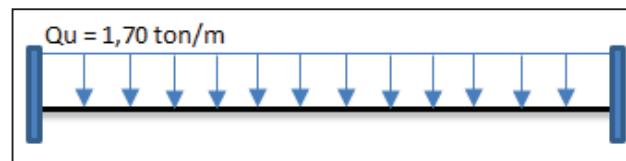
El procedimiento a seguir se indicó en la sección 4.1.2.2.

**CUADRO 4.27** PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGUETA DEL EDIFICIO PLUS I

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA UNIDAD	VALOR
Longitud de Vigueta	L [ m ]	6,63
Ancho Colaborante	a <sub>c</sub> [ m ]	1,65
Área tributaria	A <sub>t</sub> [ m <sup>2</sup> ]	10,94
Carga Muerta	W <sub>D</sub> [ kg/m <sup>2</sup> ]	523,17
Carga Viva	W <sub>L</sub> [ kg/m <sup>2</sup> ]	250,00
Carga Mayorada	W <sub>U</sub> [ T/m <sup>2</sup> ]	1,0278
Carga Uniformemente Distribuida	Q <sub>U</sub> [ T/m ]	1,70
Solicitación de Momento	M <sub>U</sub> [ T-m ]	6,21
Módulo Plástico para flexión	Z <sub>x</sub> [ cm <sup>3</sup> ]	196,11

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

**FIGURA 4.19** CARGA SOBRE LA VIGUETA DEL EDIFICIO PLUS I



ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

El momento en el extremo de la viga se calcula haciendo uso de la ecuación 4.1.

$$M_u = \frac{1.70 * 6.63^2}{12}$$

$$M_u = 6,21 \text{ [T-m]}$$

**CUADRO 4.28** PREDISEÑO DE LA VIGUETA DEL EDIFICIO PLUS I

VIGUETA TIPO "I"		
Altura recomendada (L/20)	h [ cm ]	33,15
Base recomendada (h/4)	b [ cm ]	8,29
	<b>Dimensiones</b>	
	hw [ mm ]	<b>330</b>
	tw [ mm ]	<b>4</b>
	bf [ mm ]	<b>80</b>
	tf [ mm ]	<b>6</b>
	<b>Material</b>	
	E [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>2043000</b>
	Fy [ ksi ]	<b>50</b>
	Fy [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>3520</b>
	<b>Propiedades</b>	
E [ kg/cm <sup>2</sup> ]	22,80	
Fy [ ksi ]	17,90	
Fy [ kg/cm <sup>2</sup> ]	17,10	
<b>Análisis de Esbeltez (AISC 360-10/Tabla B4.1b)</b>		
<b>Límites</b>	<b>Patín</b>	<b>Alma</b>
$\lambda$ (b/t ó h/t)	6,67	82,50
$\lambda_p$	9,16	90,59
$\lambda_r$	19,61	137,33
<b>Caso</b>	<b>COMPACTO</b>	<b>COMPACTO</b>
<b>Comprobación de Módulo de sección plástico entorno al eje X</b>		
Zxx necesario [ cm <sup>3</sup> ]	Zxx Disponible [ cm <sup>3</sup> ]	
196,11	270,18	
<b>Comprobación de Resistencia a Flexión</b>		
Solicitación de momento [ T-m ]	Momento nominal [ T-m ]	
6,21	9,51	
Factor de reducción de momento ( $\Phi$ )	Momento de diseño [ T-m ]	
0,90	8,56	
<b>SECCIÓN CUMPLE</b>		

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

Se cumple que el momento solicitado ( $M_u$ ) es menor al momento de diseño ( $\phi_b M_n$ ).

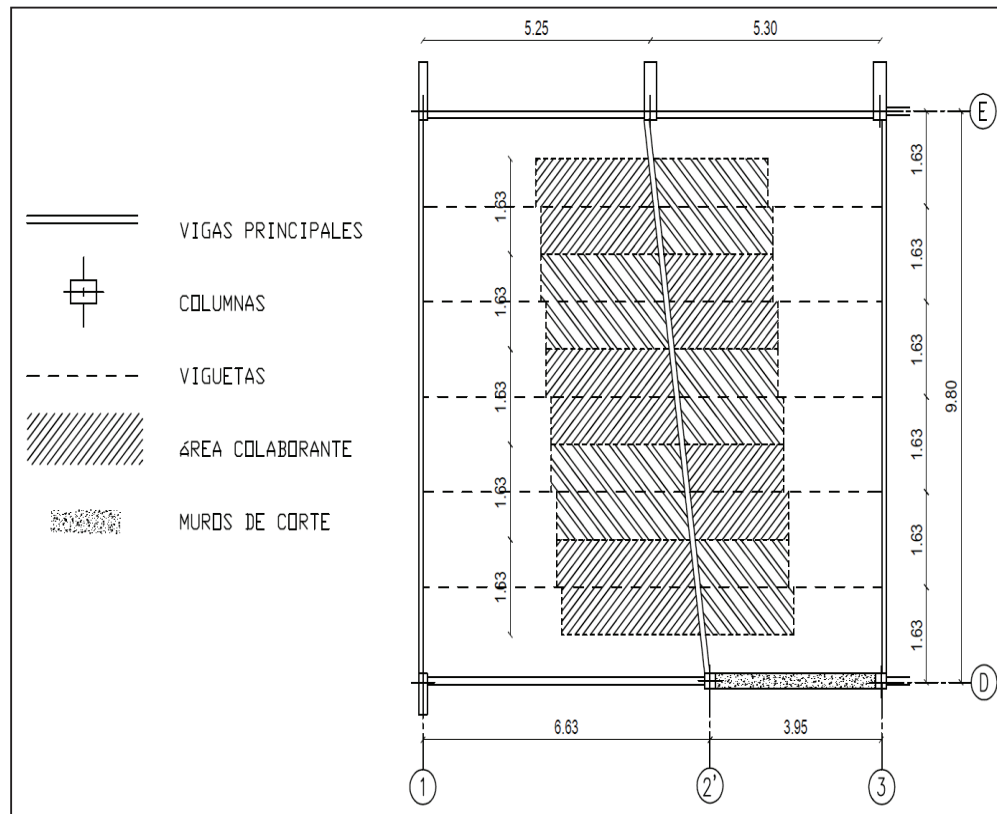
$$6,21 \text{ [T-m]} < 8,56 \text{ [T-m]}$$

### 4.3.2.3 Predimensionamiento de vigas principales

El proceso de predimensionamiento se explicó en la sección 4.1.2.3.

La disposición de viguetas y vigas principales se muestra a continuación:

**FIGURA 4.20** DISPOSICIÓN DE VIGA PRINCIPAL DEL EDIFICIO PLUS I



ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

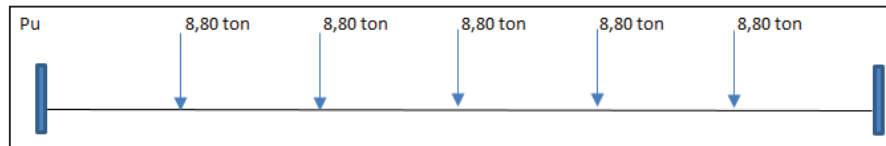


**CUADRO 4.29** PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA DEL EDIFICIO PLUS I

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA UNIDAD	VALOR
Longitud de Viga	L [ m ]	9,90
Carga Muerta	$W_D$ [ kg/m <sup>2</sup> ]	523,17
Carga Viva	$W_L$ [ kg/m <sup>2</sup> ]	250,00
Carga Mayorada	$W_U$ [ T/m <sup>2</sup> ]	1,0278
Carga Puntual 1	$P_1$ [ T ]	8,80
Carga Puntual 2	$P_2$ [ T ]	8,80
Carga Puntual 3	$P_3$ [ T ]	8,80
Carga Puntual 4	$P_4$ [ T ]	8,80
Carga Puntual 5	$P_5$ [ T ]	8,80
Solicitud de Momento	$M_U$ [ T-m ]	42,35
Módulo Plástico para flexión	$Z_x$ [ cm <sup>3</sup> ]	1336,93

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

**FIGURA 4.21** CARGA SOBRE LA VIGA PRINCIPAL DEL EDIFICIO PLUS I



ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

El momento en el extremo de la viga principal viene dado por:

$$M_u = \frac{P_u L}{8} + \frac{P_u a (L - a)}{L} + \frac{P_u 2a (L - 2a)}{L} \quad (4.5)$$

$$M_u = \frac{8,80 * 9,90}{8} + \frac{8,80 * 1,65 * (9,90 - 1,65)}{9,90}$$

$$+ \frac{8,80 * 2 * (1,65) * (9,90 - 2(1,65))}{9,90}$$

$$M = 42,35 \text{ [T-m]}$$

CUADRO 4.30 PREDISEÑO DE LA VIGA DEL EDIFICIO PLUS I

VIGA TIPO "I"		
Altura recomendada (L/20)	h [ cm ]	49,50
Base recomendada (h/4)	b [ cm ]	12,38
	<b>Dimensiones</b>	
	hw [ mm ]	<b>550</b>
	tw [ mm ]	<b>8</b>
	bf [ mm ]	<b>150</b>
	tf [ mm ]	<b>15</b>
	<b>Material</b>	
	E [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>2043000</b>
	Fy [ ksi ]	<b>50</b>
	Fy [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>3520</b>
	<b>Propiedades</b>	
A [ cm <sup>2</sup> ]	89,00	
Peso [ kg/m ]	69,87	
Ycg [ cm ]	29,00	
<b>Análisis de Esbeltez (AISC 360-10/Tabla B4.1b)</b>		
<b>Límites</b>	<b>Patín</b>	<b>Alma</b>
$\lambda$ (b/t ó h/t)	5,00	68,75
$\lambda_p$	9,16	90,59
<b>Caso</b>	<b>COMPACTO</b>	<b>COMPACTO</b>
<b>Comprobación de Módulo de sección plástico entorno al eje X</b>		
Zxx necesario [ cm <sup>3</sup> ]	Zxx Disponible [ cm <sup>3</sup> ]	
1336,93	1876,25	
<b>Comprobación de Resistencia a Flexión</b>		
Solicitación de momento [ T-m ]	Momento nominal [ T-m ]	
42,35	66,04	
Factor de reducción de momento ( $\Phi$ )	Momento de diseño [ T-m ]	
0,90	59,43	
<b>SECCIÓN CUMPLE</b>		

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

Se cumple que el momento solicitado ( $M_u$ ) es menor al momento de diseño ( $\phi_b M_n$ ).

$$42,35 \text{ [T-m]} < 59,43 \text{ [T-m]}$$

#### 4.3.2.4 Predimensionamiento de columnas

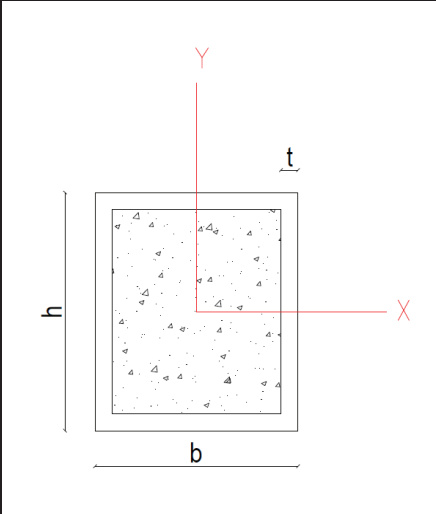
El proceso de predimensionamiento se explicó en la sección 4.1.2.4.

**CUADRO 4.31** PARÁMETROS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA COLUMNA DEL EDIFICIO PLUS I

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA UNIDAD	VALOR
Área tributaria - Pisos 1:10	$A_t$ [ m <sup>2</sup> ]	17,14
Área tributaria - Subsuelos	$A_t$ [ m <sup>2</sup> ]	30,73
Carga Muerta	$W_D$ [ kg/m <sup>2</sup> ]	523,17
Carga Viva	$W_L$ [ kg/m <sup>2</sup> ]	250,00
Carga Mayorada	$W_U$ [ T/m <sup>2</sup> ]	1,0278
Número de Pisos	$N_{pisos}$	10,00
Número de Pisos	$N_{pisos}$	5,00
Solicitud de Carga	$P_u$ [ T-m ]	334,11

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Sntaxi

**CUADRO 4.32** PREDISEÑO DE LA COLUMNA DEL EDIFICIO PLUS I

COLUMNA RECTANGULAR RELLENA DE HORMIGÓN			
		<b>Dimensiones</b>	
		h [ mm ]	<b>300</b>
		b [ mm ]	<b>300</b>
		t [ mm ]	<b>8</b>
		L [ mm ]	<b>255</b>
		<b>Material</b>	
		$E_s$ [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>2043000</b>
		$E_c$ [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>209141</b>
		$F_y$ [ ksi ]	<b>50</b>
		$F_y$ [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>3520</b>
		$f'_c$ [ kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>240</b>
		<b>Propiedades</b>	
$A_s$ [ cm <sup>2</sup> ]	93,44		
$A_c$ [ cm <sup>2</sup> ]	806,56		
C2	0,85	C3	0,81
$I_{cxx}$ [ cm <sup>4</sup> ]	54212	$I_{cyy}$ [ cm <sup>4</sup> ]	54212
$I_{sxx}$ [ cm <sup>4</sup> ]	13288	$I_{syy}$ [ cm <sup>4</sup> ]	13288
$E_{leffx}$ [ kg-cm <sup>2</sup> ]	3,63E+10	$E_{leffy}$ [ kg-cm <sup>2</sup> ]	3,63E+10

**CUADRO 4.32 CONTINUACIÓN**

<b>Análisis de Esbeltez (AISC 360-10/Tabla I1.1b)</b>			
<b>Patín</b>		<b>Alma</b>	
b/t	35,5	D/t	35,5
$\lambda_p$	54	$\lambda_p$	54
$\lambda_r$	72	$\lambda_r$	72
Max.Perm.	120	Max.Perm.	120
<b>Caso</b>	<b>COMPACTO</b>	<b>Caso</b>	<b>COMPACTO</b>
<b>Para secciones compactas</b>			
Pp (ton)	493,42	Pno (ton)	493,42
<b>Comprobación de Resistencia por Compresión</b>			
Solicitud de carga [ T-m ]		Resistencia de compresión nominal [ T-m ]	
334,11		475,27	
Factor de reducción por compresión ( $\Phi_c$ )		Resistencia de diseño de compresión [ T-m ]	
0,75		356,45	
<b>SECCIÓN CUMPLE</b>			

ELABORACIÓN: María José Echeverría, Byron Suntaxi

Se cumple que la solicitud de carga ( $P_u$ ) es menor a la resistencia de diseño por compresión ( $\phi_c P_n$ ).

$$334,11 \text{ [T]} < 356,45 \text{ [T]}$$

## CAPÍTULO 5

### MODELACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO



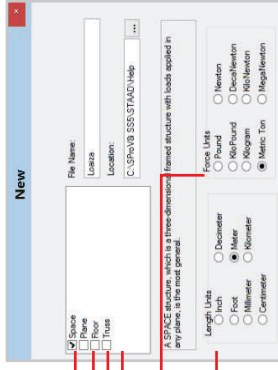
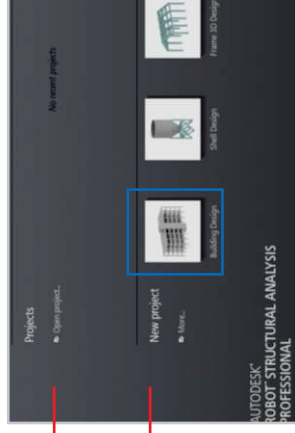
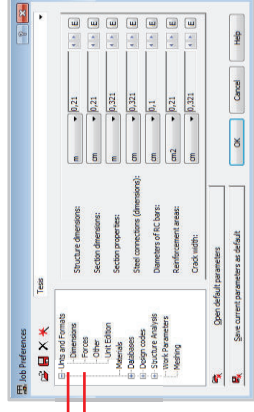

En el presente capítulo se explica de manera general, el proceso para generar los modelos en cada uno de los programas, incluyendo el análisis, diseño y presentación de resultados.

Como nomenclatura en la descripción, se muestra con letra cursiva y negrita, los textos que corresponden a menús, comandos y ventanas que van apareciendo en el desarrollo, el signo slash (/) indica secuencia.

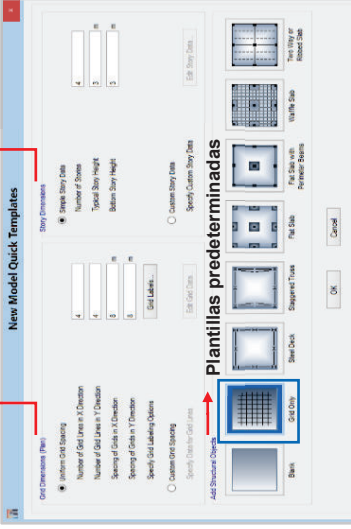
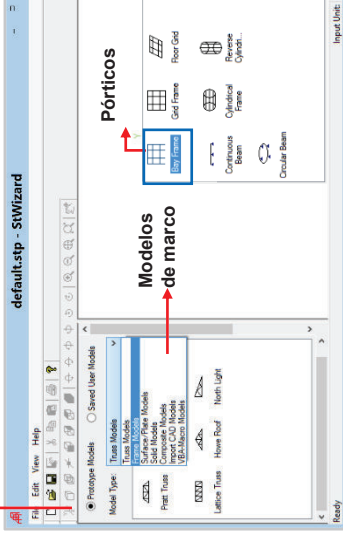
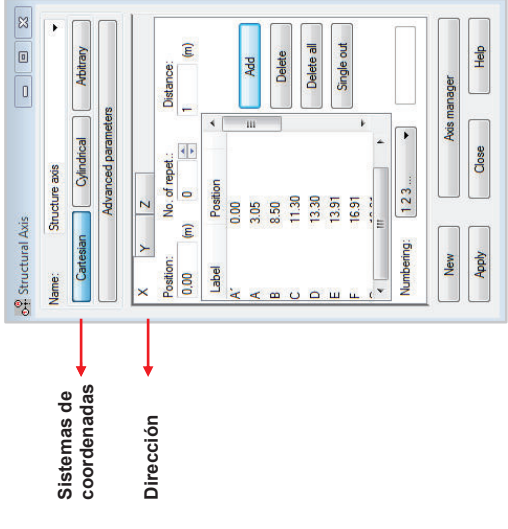
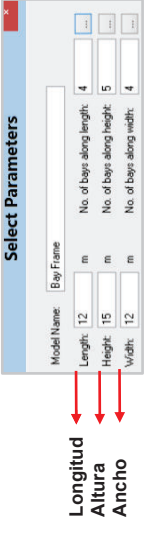
Además, se usan capturas de pantalla para ilustrar y explicar las ventanas que despliegan los programas y mediante flechas se señalan los iconos que se describen en las mismas.

# 5.1 GENERACIÓN DEL MODELO

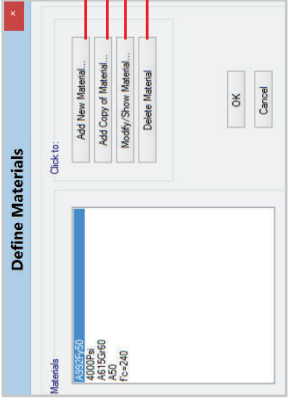
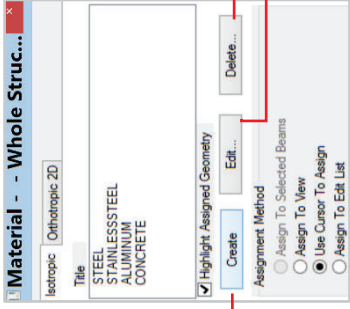
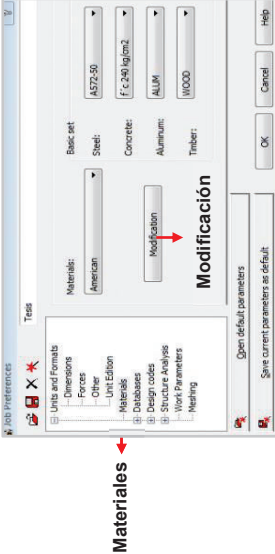
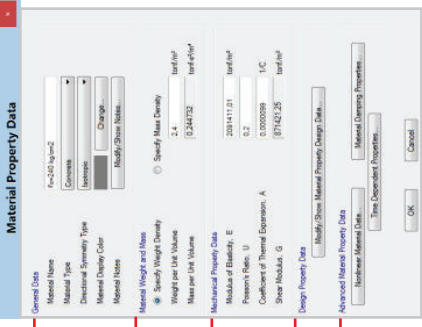
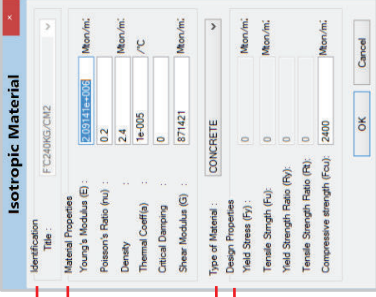
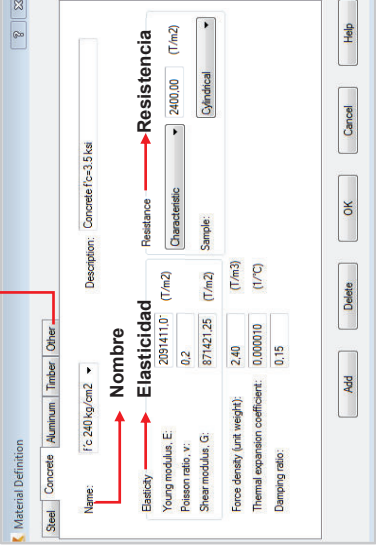
## CUADRO 5.1 MODELACIÓN

INICIO DE UN NUEVO MODELO		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>El programa nos da la opción de iniciar un nuevo modelo o abrir un modelo existente.</p>  <p>Nuevo modelo Abrir modelo</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>La pantalla de inicio muestra tareas del proyecto, como crear un nuevo modelo o abrir un archivo existente, seleccionamos la opción .</p>  <p>Nuevo modelo Abrir modelo</p> <p>Se despliega una ventana, en la cual se definen las preferencias de trabajo:</p>  <p>Espacial Plano Parrilla Armadura Unidades de Fuerza Unidades de longitud</p> <p>Escogemos <b>Space</b>, configuramos unidades como se indica, clic en siguiente y <b>Open Structure Wizard</b>.</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Existe la opción de abrir un proyecto existente o crear un nuevo seleccionando <b>New Project</b>, esta segunda, permite escoger el tipo de proyecto, para la modelación de edificios seleccionamos <b>Building Design</b>.</p>  <p>Abrir proyecto Nuevo proyecto</p> <p>Para configurar las preferencias de trabajo, en la pantalla principal seguimos la ruta <b>Tools / Job Preferences</b>.</p>  <p>Dimensiones Fuerzas</p>
<p>Para iniciar un nuevo modelo, seleccionamos <b>New Model</b>, se despliega la ventana:</p>  <p>Ajustes guardados Ajustes de un archivo Ajustes con los valores establecidos abajo</p> <p>Elegimos la opción <b>Use Built-in Settings</b>, con la configuración mostrada.</p>		

## CUADRO 5.1 CONTINUACIÓN

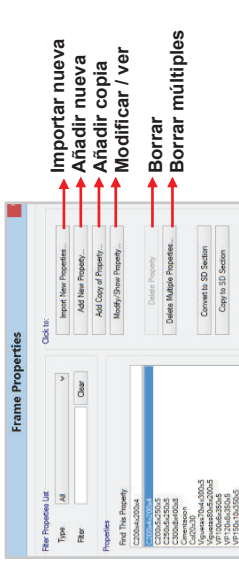
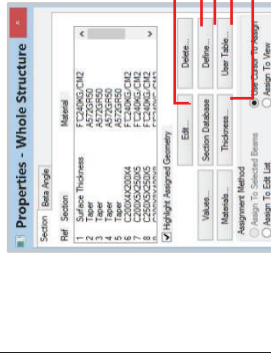
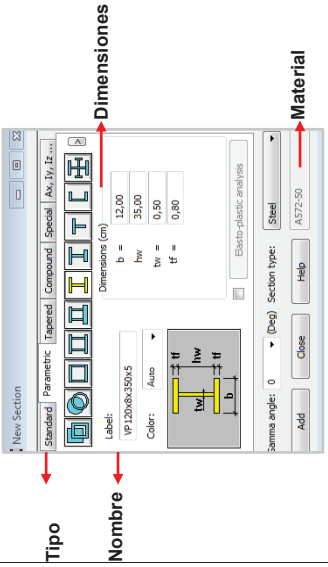
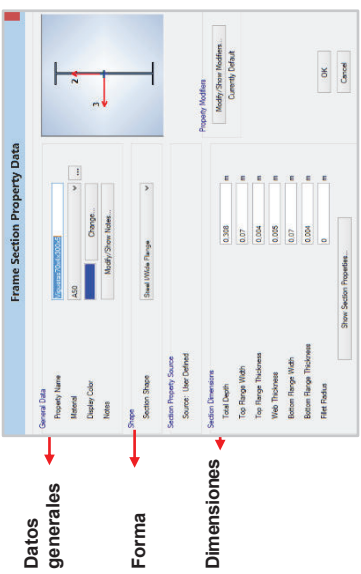
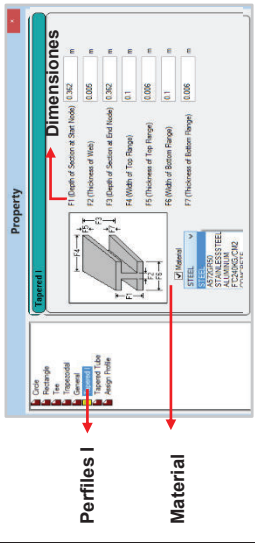
DEFINICIÓN DE LA CUADRÍCULA		
<b>ETABS Versión 15.0.0</b>	<b>STAAD.Pro V8i</b>	<b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b>
<p>Establecidos los ajustes, se despliega la siguiente ventana, seleccionamos la opción <b>Grid Only</b> y personalizamos las dimensiones de la cuadrícula en <b>Grid Dimensions (Plan)</b> y <b>Story Dimensions</b>.</p>  <p style="text-align: center;">Dimensiones en planta → Dimensiones de Piso →</p>	<p>Una vez iniciado el nuevo modelo, aparece una ventana que permite escoger plantillas predeterminadas, y modificarlas posteriormente según nuestro requerimiento.</p>  <p style="text-align: center;">Modelos de marco → Modelos prototipo →</p>	<p>Definimos la cuadrícula seleccionando el menú <b>Geometry / Axis Definition</b>, se despliega un cuadro de diálogo en el cual podemos ingresar las coordenadas en diferentes sistemas: cartesiano, cilíndrico o arbitrario.</p> <p>En este caso ingresamos las coordenadas en la opción <b>Cartesian</b>, las distancias y nombres de los ejes en planta se ingresan en X, Y, para definir las alturas en Z, o en el menú <b>Geometry / Stories</b>.</p>  <p style="text-align: center;">Sistemas de coordenadas → Dirección →</p>
<p>Las opciones, <b>Custom Grid Spacing</b> (espaciado de la cuadrícula personalizada) y <b>Custom Story Data</b> (alturas de piso personalizadas), permiten definir configuraciones particulares de las líneas de referencia, necesarias para formar un espacio de trabajo ideal.</p>	<p>Seleccionamos <b>Frame Models / Bay Frame</b>, configuramos las dimensiones en longitud, ancho y altura del edificio.</p>  <p style="text-align: center;">Longitud → Altura → Ancho →</p>	<p>La cuadrícula definida se debe exportar desde el editor a la interface del programa mediante el menú <b>File / Merge Model with STAAD.Pro Model</b>, indicando las coordenadas de origen que tendrá el modelo.</p>

## CUADRO 5.1 CONTINUACIÓN

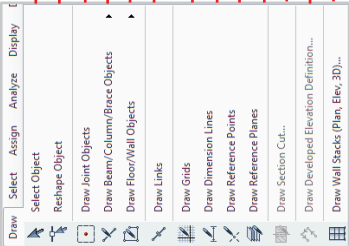
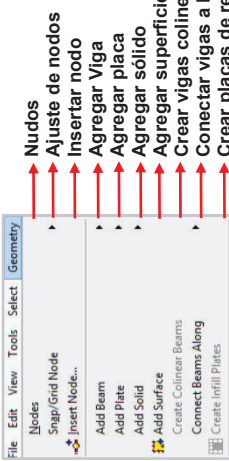
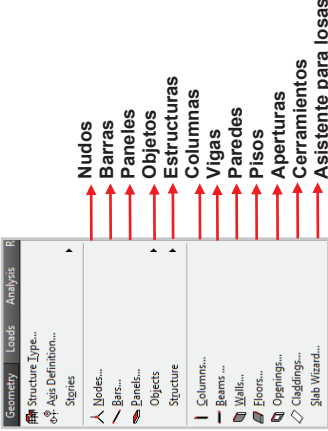
DEFINICIÓN DE MATERIALES		ROBOT STRUCTURAL 2015
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Definimos concreto de <math>f'c</math> 240 kg/cm<sup>2</sup> y acero A572 grado 50, siguiendo la ruta <b>Define / Material Properties</b>, se despliega la siguiente ventana:</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Los materiales se definen desde la pestaña <b>Modeling</b>, seleccionamos la opción <b>General / Material</b>, se despliega la ventana:</p>	<p>Mediante el comando <b>Tools / Job Preferences</b>, definimos los materiales, seleccionando la opción <b>Materials</b>.</p>
 <p><b>Añadir nuevo</b> <b>Añadir copia</b> <b>Modificar / Ver</b> <b>Borrar</b></p>	 <p><b>Crear</b> <b>Borrar</b> <b>Editar</b></p>	 <p><b>Materiales</b></p> <p><b>Modificación</b></p>
<p>Escogemos la opción <b>Add New Material</b>, el tipo de material y el grado, editamos sus propiedades en la ventana <b>Material Property Data</b>.</p>	<p>Seleccionamos la opción <b>Create</b>, aparece una nueva ventana, <b>Isotropic Material</b>, donde ingresamos las propiedades.</p>	<p>Escogemos el comando <b>Modificación</b>, se despliega un cuadro de diálogo donde ingresamos las propiedades que corresponda a cada tipo de material.</p>
 <p><b>Datos generales</b> <b>Peso y masa por unidad de volumen</b> <b>Propiedades mecánicas</b> <b>Propiedades de diseño</b> <b>Propiedades avanzadas</b></p>	 <p><b>Identificación</b> <b>Propiedades</b> <b>Tipo de material</b> <b>Propiedades de diseño</b></p>	 <p><b>Nombre</b> <b>Elasticidad</b> <b>Resistencia</b> <b>Tipo de material</b></p>



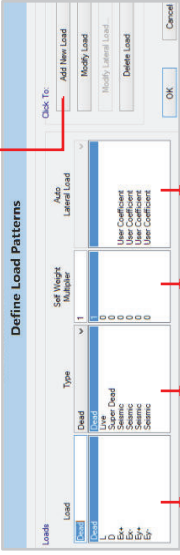
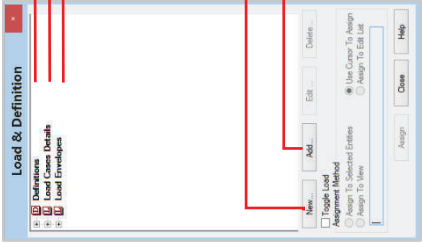


## CUADRO 5.1 CONTINUACIÓN

DEFINICIÓN DE SECCIONES		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Creamos las secciones, seleccionando el menú <b>Define / Section Properties</b>, las vigas principales, secundarias y columnas, con la opción <b>Frame Sections</b>, se despliega la ventana:</p> 	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Las secciones se definen desde la pestaña <b>Modeling</b>, seleccionando la opción <b>General / Property</b>, con lo cual se abre la ventana:</p> 	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>La definición de secciones se realiza desde el menú <b>Geometry / Properties / Sections / New</b>. Se despliega la ventana <b>New Section</b>, para definir las vigas y viguetas utilizamos la opción <b>Parametric</b>, las columnas equivalentes en acero se crean ingresando sus propiedades en tipo <b>Ax, Iy, Iz</b>, obtenidas como se indica en ANEXOS.</p> 
<p>Seleccionando <b>Add New Property</b>, se despliegan ventanas para editar las propiedades.</p> 	<p>Las vigas principales y secundarias, se crean con el comando <b>Define / Tapered I</b>, editamos sus propiedades en la ventana:</p> 	<p>Los muros, se definen desde la ruta <b>Geometry / Properties / Thickness / New</b>, ingresamos el material y el espesor en la ventana <b>New Thickness</b>.</p> <p>El programa no permite definir las propiedades de la cubierta tipo Deck, al igual que en el programa anterior, se considerará como una carga permanente.</p>
<p>Seguimos el mismo procedimiento para cubiertas, con la opción <b>Deck Sections</b> y muros, mediante <b>Wall Section</b>.</p>	<p>Las columnas se definen con el comando <b>User Table / Prismatic</b>, donde indicamos sus propiedades obtenidas como se indica en los ANEXOS. Los muros, con la opción <b>Thickness / Surface Thickness</b>. No se pueden definir las propiedades de la losa Deck, en su lugar, consideramos su peso como carga permanente.</p>	<p>Los muros, se definen desde la ruta <b>Geometry / Properties / Thickness / New</b>, ingresamos el material y el espesor en la ventana <b>New Thickness</b>.</p> <p>El programa no permite definir las propiedades de la cubierta tipo Deck, al igual que en el programa anterior, se considerará como una carga permanente.</p>


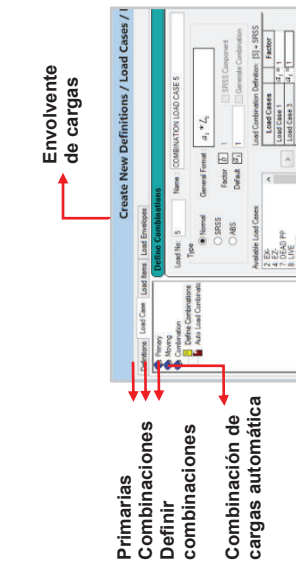


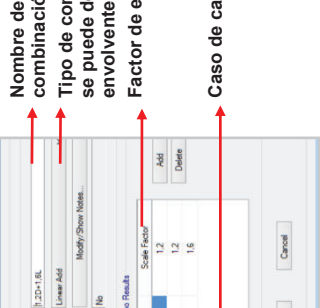
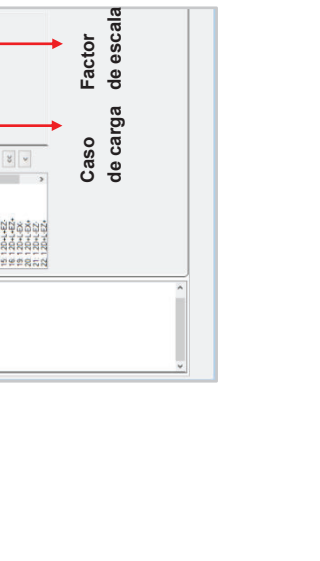
## CUADRO 5.1 CONTINUACIÓN

TRAZADO DE ELEMENTOS		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>El trazado de vigas principales, secundarias y columnas se realizan siguiendo la <b>ruta Draw / Draw Beam/Column/Brace Objects</b>. Las cubiertas y muros con la opción <b>Draw Floor/Wall Objects</b>, del mismo menú.</p> <p>Usando como referencia la cuadrícula definida inicialmente, se pueden dibujar elementos tipo línea, seleccionando el punto de inicio y arrastrando el puntero hasta el punto final de la misma o dibujar superficies, seleccionando sus vértices.</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Los elementos estructurales se pueden generar desde el menú <b>Geometry</b>, para el caso de vigas principales, secundarias y columnas, escogemos la opción <b>Add Beam</b>, para elementos superficie, usamos el comando <b>Add Surface</b>.</p> <p>El trazado de elementos se realiza punteando sobre los nodos de la cuadrícula de referencia definida.</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>El trazado de elementos se realiza desde el menú <b>Geometry</b>, o desde la barra de herramientas de dibujo que incorpora el programa, para el caso de vigas principales, secundarias y columnas, seleccionamos la opción <b>Bars</b> o de manera más específica las opciones <b>Beams</b> y <b>Columns</b>, según corresponda. Para los muros, usamos el comando <b>Walls</b>, además es necesario trazar las superficies de los entrepisos, con el comando <b>Claddings</b>, para especificar la dirección en que se distribuirán las cargas que actúan sobre la losa.</p> <p>De manera similar a los programas anteriores, los elementos se trazan punteando sobre los nodos de la cuadrícula de referencia definida.</p>
		

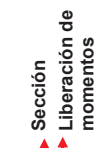
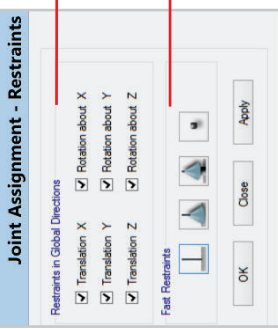
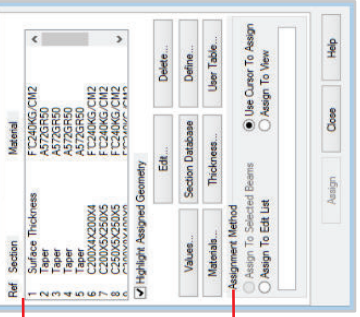

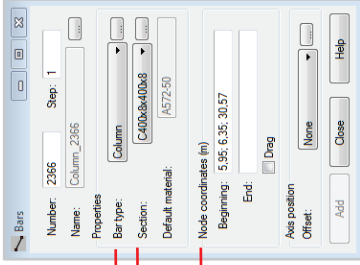
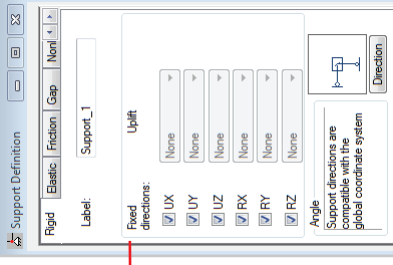
## CUADRO 5.1 CONTINUACIÓN

DEFINICIÓN DE CASOS DE CARGA	
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>En el menú <b>Define / Load Patterns</b>, podemos definir cargas gravitacionales y laterales. Se añaden patrones de carga seleccionando la opción <b>Add New Load</b>.</p> <p><b>Añadir nueva carga</b></p>  <p><b>Carga (Nombre)</b></p> <p><b>Tipo</b></p> <p><b>Multiplicador</b></p> <p><b>carga lateral</b></p> <p><b>del peso propio</b></p> <p><b>automática</b></p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Los sistemas de carga se definen desde la pestaña <b>Modeling</b>, seleccionando la opción <b>General / Load &amp; Definition</b>, se despliega una ventana en la cual escogemos <b>Load Cases Details / Add</b> para agregar los casos de carga primarios y combinaciones.</p>  <p><b>Patrones de carga</b></p> <p><b>Casos de carga</b></p> <p><b>Envolventes de carga</b></p> <p><b>Nuevo</b></p> <p><b>Agregar</b></p>
<p>La generación de cargas estáticas laterales causadas por el sismo, se puede realizar en base a códigos internacionales incorporados, en nuestro caso, seleccionamos <b>User Coefficient</b>, para definirlas mediante un coeficiente obtenido aplicando la NEC 15.</p> <p><b>Dirección y excentricidades</b></p>  <p><b>Factores</b></p> <p><b>Rango de pisos</b></p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Seleccionando el menú <b>Loads / Load Types</b>, se despliega una ventana en la cual se definen las cargas gravitacionales y laterales necesarias para el análisis.</p> <p>Robot Structural incorpora códigos internacionales para la generación automática de cargas estáticas laterales causadas por el sismo, pero ningún código Ecuatoriano, por esta razón las fuerzas sísmicas se aplicarán manualmente en el centro de masa de cada piso.</p>  <p><b>Número</b></p> <p><b>Naturaleza</b></p> <p><b>Nombre</b></p> <p><b>Agregar</b></p> <p><b>Modificar</b></p>
<p>Para definir las cargas estáticas laterales causadas por el sismo, el programa incorpora algunos códigos internacionales, no incluye ningún código Ecuatoriano, ni la opción de introducir coeficientes calculados con la NEC 15, por lo cual se prefiere introducir directamente las fuerzas sísmicas de manera puntual en los nudos que representan el centro de masa de cada piso.</p> <p>Automáticamente se crean los casos de carga, los mismos se pueden revisar en el menú <b>Define / Load Cases</b>.</p>	<p>Para definir las cargas estáticas laterales causadas por el sismo, el programa incorpora algunos códigos internacionales, no incluye ningún código Ecuatoriano, ni la opción de introducir coeficientes calculados con la NEC 15, por lo cual se prefiere introducir directamente las fuerzas sísmicas de manera puntual en los nudos que representan el centro de masa de cada piso.</p>

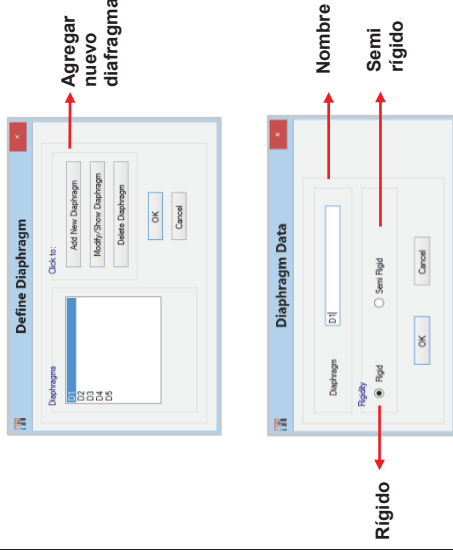
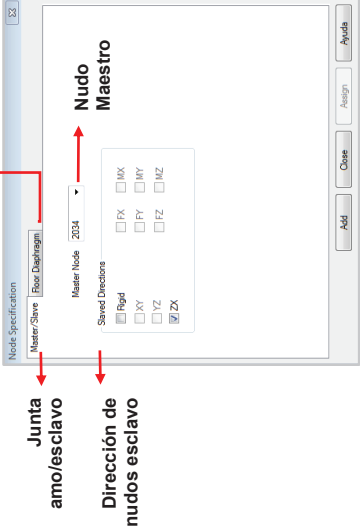
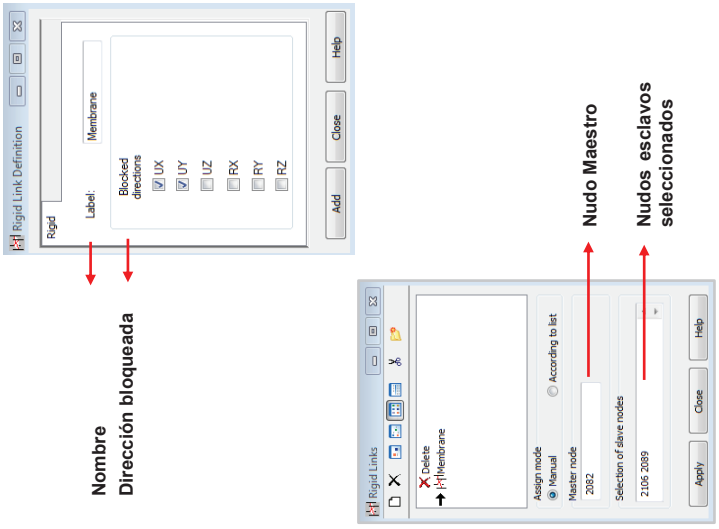
# CUADRO 5.1 CONTINUACIÓN

DEFINICIÓN DE COMBINACIONES DE CARGA	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>En el menú <b>Define / Load Combinations</b>, podemos combinar los casos de carga definidos anteriormente, de acuerdo a la norma utilizada para el diseño, en nuestro caso AISC-LRFD, seleccionando el comando <b>Add New Combo</b>, además el programa tiene la opción de añadir combinaciones de carga predefinidas, para el diseño de elementos en acero y concreto, mediante la opción <b>Add Default Design Combos</b>.</p> 	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Al igual que los casos de carga, las combinaciones de los mismos se definen desde la pestaña <b>Modeling</b>, siguiendo la ruta <b>General / Load &amp; Definition / New / Load Cases / Combination</b>. El programa permite generar automáticamente combinaciones de carga, seleccionando el código de diseño en acero o concreto, mediante el comando <b>Auto Load Combination</b>, además se crean envolventes de carga en la pestaña <b>Load Envelopes</b>.</p> 
	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Para crear combinaciones de carga seleccionamos el menú <b>Loads / Manual Combinations</b>, se despliegan las ventanas que se indican a continuación:</p> 
 <p>Además, es posible generar automáticamente combinaciones de carga, acorde a los diferentes códigos para acero y concreto, siguiendo la ruta <b>Loads / Automatic Combinations</b>, el programa no permite crear envolventes de carga.</p>	


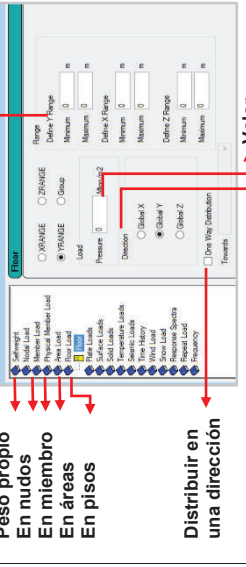
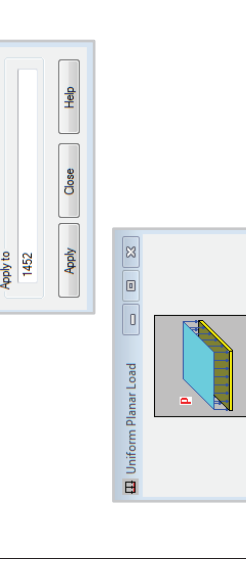
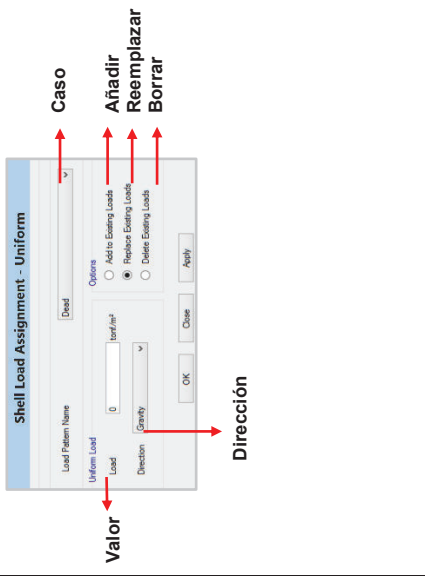
# CUADRO 5.1 CONTINUACIÓN

ASIGNACIÓN DE PROPIEDADES A LOS ELEMENTOS Y APOYOS ESTRUCTURALES		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p>Cuando se dibujan los elementos, sean líneas o superficies, el programa despliega una ventana, donde permite elegir previamente las propiedades con que se crearán.</p>  <p>Además, una vez trazados los elementos tipo línea, se puede cambiar sus propiedades desde el menú <b>Assign / Frame / Section Property</b>, para los elementos tipo superficie se sigue la ruta <b>Assign / Shell/Deck o Wall Section</b>.</p> <p>Desde el menú <b>Assign</b>, se asignan los apoyos estructurales, seleccionando los nudos de la base y aplicando el comando <b>Joint / Restraints</b>, con lo cual aparece una ventana que permite personalizar las restricciones.</p>  <p><b>Restricciones en direcciones globales</b></p> <p><b>Restricciones rápidas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Empotramiento</li> <li>✓ Apoyo Simple</li> <li>✓ Rodillo</li> </ul>	<p>Seleccionando la pestaña <b>Modeling / General / Property</b>, se despliega una ventana, en la cual aparecen las secciones creadas anteriormente, seleccionamos la que se desea asignar y se activa en la parte inferior los métodos de asignación.</p>  <p><b>Secciones disponibles</b></p> <p><b>Métodos de asignación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ A vigas seleccionadas</li> <li>✓ A una lista</li> <li>✓ Usar cursor</li> <li>✓ A vista</li> </ul> <p>Las restricciones que tendrán los apoyos de la base se definen en la pestaña <b>Modeling, Create</b>, siguiendo la ruta: <b>General / Support / Create</b>, una vez creados, se asignan de manera similar a las secciones.</p>  <p><b>Tipos de restricciones</b></p>	<p>En la misma ventana que utilizamos para dibujar los elementos, se tiene la opción de escoger previamente la sección con que se realizará el trazado.</p>  <p><b>Tipo de barra</b></p> <p><b>Sección</b></p> <p><b>Coordenadas</b></p> <p>Las restricciones de los apoyos de la base se definen siguiendo la ruta: <b>Geometry / Supports / New</b>.</p>  <p><b>Dirección Fija</b></p>

## CUADRO 5.1 CONTINUACIÓN

ASIGNACIÓN DE DIAFRAGMAS HORIZONTALES			
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Las losas de entrepiso presentan mayor rigidez en su plano, que fuera de él, por lo tanto se idealiza como un cuerpo infinitamente rígido, para representar esa idealización es necesario asignar diafragmas horizontales, lo cual se hará desde el menú <b>Define / Diaphragms / Add New Diaphragm / Rigid</b>.</p>		<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Los diafragmas horizontales se definen mediante el menú <b>Command's</b>, seleccionando la opción <b>Master / Slave Joints / Add</b>, se despliega la ventana:</p> 	<p>Seleccionamos el diafragma creado para el nudo maestro del piso y le asignamos a los demás nudos (esclavos) con cualquiera de los métodos de asignación que permite el programa.</p>
<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>La definición de diafragmas horizontales se realiza desde el menú <b>Geometry / Additional Attributes / Rigid Links / New</b>.</p>		<p>Una vez definido el diafragma, seleccionamos un nudo maestro y los nudos que se esclavizarán a él, para cada piso.</p>	

## CUADRO 5.1 CONTINUACIÓN

ASIGNACIÓN DE CARGAS		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Las cargas pueden asignarse a nudos, elementos líneas y superficies. En nuestro caso no tenemos cargas puntuales específicas en nudos ni en elementos tipo línea, solamente la carga uniforme que se aplicará en las superficies de cubiertas y que será repartida automáticamente por el programa a los demás elementos estructurales. La asignación de la carga uniformemente repartida se realiza mediante el menú <b>Assign / Shell Loads / Uniform</b>.</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Los casos de carga creados aparecen en la ventana que se despliega siguiendo la ruta <b>Modeling / General / Load &amp; Definition</b>, bajo la opción <b>Load Cases Details</b>. Seleccionamos la carga que se desea asignar y escogemos la opción <b>Add</b>, se abre un cuadro de diálogo que permite asignar cargas a nudos, miembros, áreas, pisos, etc., en nuestros modelos asignaremos carga de piso mediante el comando <b>Floor Load</b>.</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>La aplicación de cargas se realizará a los elementos superficie de piso, mediante el menú <b>Loads / Load Definition / Surface</b>.</p>
		
		

FUENTE:

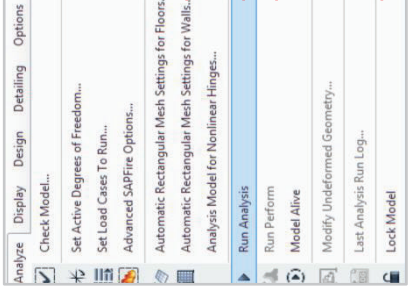


ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

ELABORACIÓN:

María José Echeverría, Byron Suintaxi

## 5.2 EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS

### CUADRO 5.2 ANÁLISIS

ANÁLISIS DEL MODELO		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>El programa permite revisar el modelo y establecer ciertos parámetros como los grados de libertad activos del edificio, los casos de carga para correr, antes de ejecutar el análisis desde el menú <b>Analyze / Run Analysis</b>.</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Antes de ejecutar el análisis y para evitar inconsistencias en el modelo, usamos los comandos del menú <b>Tools</b>, donde podemos revisar que no existan nudos o elementos duplicados o desconectados.</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>La definición del tipo de análisis deseado y sus parámetros, así como la verificación de inconsistencias en el modelo, se realizan desde el menú <b>Analysis</b>, el análisis estructural se ejecuta con el comando <b>Calculations</b>.</p>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Revisar el modelo</li> <li>→ Establecer grados de libertad</li> <li>→ Establecer casos de carga</li> <li>→ Opciones avanzadas SAPFire</li> <li>→ Ajuste divisiones de pisos</li> <li>→ Ajuste divisiones de muros</li> <li>→ Análisis bisagras no lineales</li> <li>→ Ejecutar el análisis</li> <li>→ Modificar deformada</li> <li>→ Ejecutar último análisis</li> <li>→ Bloquear modelo</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Revisar estructuras múltiples</li> <li>→ Revisar duplicados</li> <li>→ Nudos Huérfanos</li> <li>→ Revisar miembros de longitud cero</li> <li>→ Revisar miembros colineales superpuestos</li> </ul> <p>El programa presenta varias opciones de análisis, que se ecogen en la pestaña <b>Modeling / Analysis / Print Commands</b>, establecidos los parámetros, procedemos a la ejecución mediante el menú <b>Analyze / Run Analysis</b>.</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Tipos de análisis</li> <li>→ Cálculos</li> <li>→ Preparar resultados</li> <li>→ Guardar combinaciones sísmicas</li> <li>→ Reinicio de cálculos</li> <li>→ Mensajes de cálculo</li> <li>→ Verificación</li> <li>→ Mallado</li> <li>→ Generación modelo computacional</li> <li>→ Método directo de análisis</li> </ul>

FUENTE:

ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

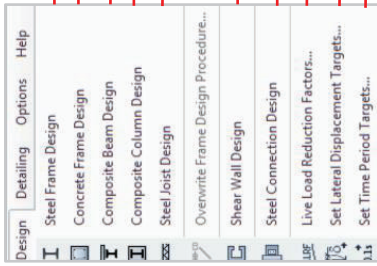

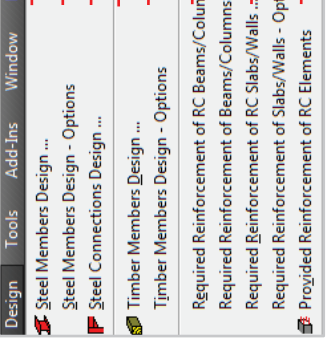
ELABORACIÓN:

María José Echeverría, Byron Suintaxi



## 5.3 EJECUCIÓN DEL DISEÑO

### CUADRO 5.3 DISEÑO

DISEÑO ESTRUCTURAL		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>El diseño se ejecuta en el menú <b>Design</b>, para las vigas y viguetas con la opción <b>Steel Frame Design</b> y para las columnas el comando <b>Steel Composite Column Design</b>, cada opción permite hacer ajustes antes de efectuar el diseño, como escoger el código de diseño, el nivel de diseño (condición mismo resistente), las combinaciones de carga, etc.</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>La ejecución del diseño de elementos estructurales se realiza desde la pestaña <b>Modeling / Design / Steel</b>, el programa permite definir códigos y parámetros de diseño en acero y concreto, no permite el diseño de secciones compuestas.</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>El programa incorpora una herramienta para el diseño en acero, concreto y madera, en el menú <b>Design</b>, además permite definir los parámetros de cada diseño, no existe la opción para diseño de secciones compuestas.</p>
 <p>Design    Detailing    Options    Help</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Steel Frame Design</li> <li>Concrete Frame Design</li> <li>Composite Beam Design</li> <li>Composite Column Design</li> <li>Steel Joist Design</li> <li>Overwrite Frame Design Procedure...</li> <li>Shear Wall Design</li> <li>Steel Connection Design</li> <li>Live Load Reduction Factors...</li> <li>Set Lateral Displacement Targets...</li> <li>Set Time Period Targets...</li> </ul> <p> <span>→</span> Diseño elementos en acero  <span>→</span> Diseño elementos en concreto  <span>→</span> Diseño viga compuesta  <span>→</span> Diseño columna compuesta  <span>→</span> Diseño vigueta de acero  <span>→</span> Diseño muro de corte  <span>→</span> Diseño conexión de acero  <span>→</span> Factor reducción carga viva  <span>→</span> Establecer límites desplazamiento lateral  <span>→</span> Establecer límites períodos         </p>	 <p>Steel Design - Whole St...</p> <p>Current Code: AISC 360-10</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>STAAD SPACE DEFINITION</li> <li>INPUT WIDTHS</li> <li>UNIT METER/TON</li> <li>JOINT COORDINATES</li> <li>MEMBER INCIDENCES</li> <li>MEMBER PROPERTIES</li> <li>SURFACE INCIDENCE</li> <li>START USER TABLE</li> <li>DEFINE MATERIAL START</li> <li>SURFACE PROPERTY</li> <li>MEMBER PROPERTY AMERICAN</li> <li>MEMBER PROPERTY AMERICAN</li> <li>MEMBER PROPERTY AMERICAN</li> <li>CONSTANTS</li> <li>Highlight Assigned Geometry</li> <li>Toggle Assign</li> <li>Select Parameters</li> <li>Define Parameters</li> <li>Commands</li> <li>Assignment Method</li> <li>Assign To Selected Beams</li> <li>Assign To View</li> <li>Use Cursor To Assign</li> <li>Assign To Edit List</li> <li>Select Group/Deck</li> </ul> <p> <span>→</span> Códigos de diseño  <span>→</span> Seleccionar parámetros  <span>→</span> Definir parámetros  <span>→</span> Comandos         </p>	 <p>Design    Tools    Add-Ins    Window</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Steel Members Design ...</li> <li>Steel Members Design - Options</li> <li>Steel Connections Design ...</li> <li>Timber Members Design ...</li> <li>Timber Members Design - Options</li> <li>Required Reinforcement of RC Beams/Columns</li> <li>Required Reinforcement of Beams/Columns</li> <li>Required Reinforcement of RC Slabs/Walls ...</li> <li>Required Reinforcement of Slabs/Walls - Opt</li> <li>Provided Reinforcement of RC Elements</li> </ul> <p> <span>→</span> Diseño en acero  <span>→</span> Opciones (acero)  <span>→</span> Diseño conexiones  <span>→</span> Diseño en madera  <span>→</span> Opciones (madera)  <span>→</span> Refuerzo requerido Vigas / columnas  <span>→</span> Refuerzo requerido Losas / muros  <span>→</span> Refuerzo previsto         </p>

FUENTE:



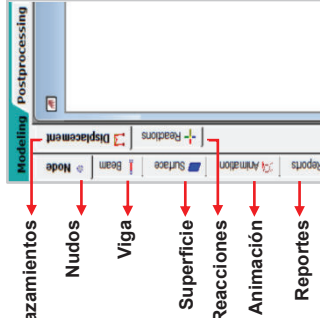

ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

ELABORACIÓN:

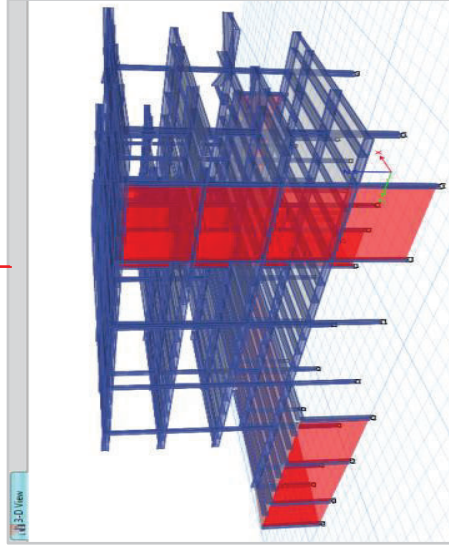
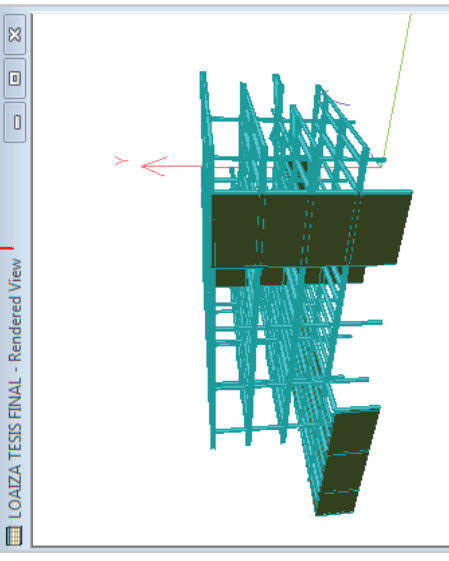
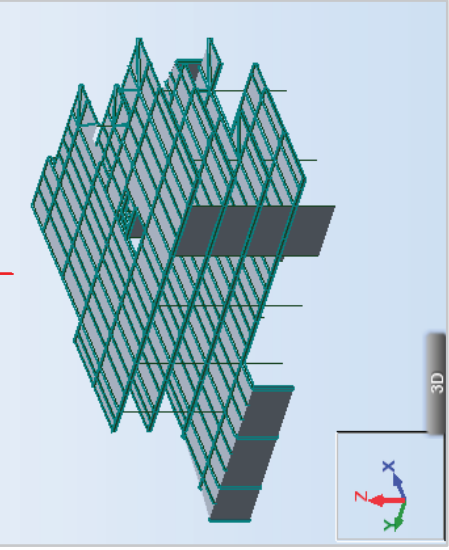
María José Echeverría, Byron Suintaxi

## 5.4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

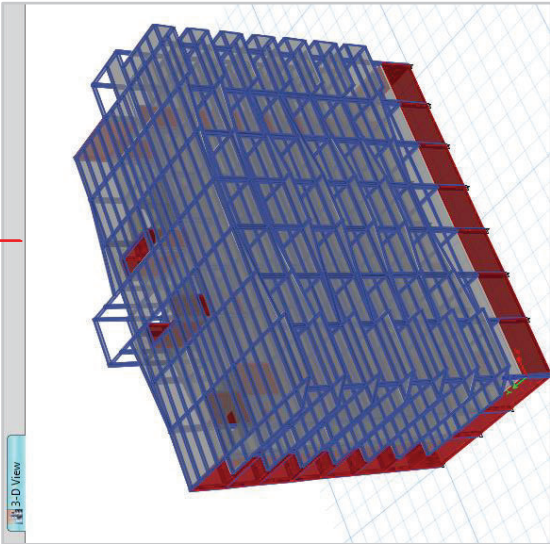
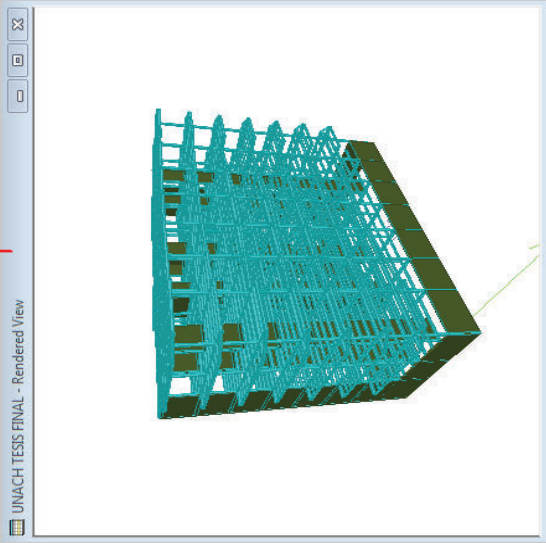
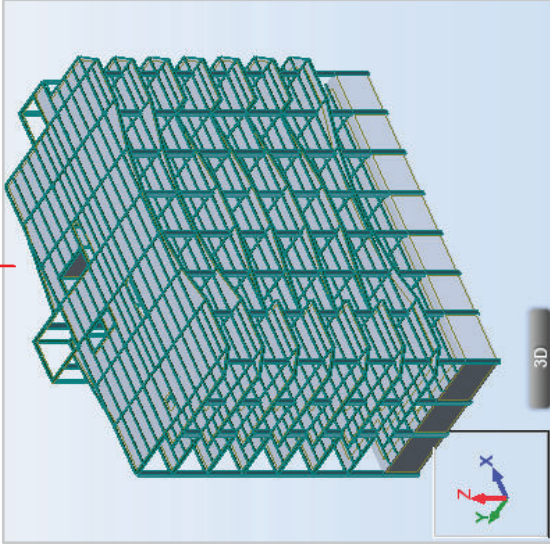
### CUADRO 5.4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

GENERACIÓN DE REPORTES DE ANÁLISIS		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Una vez ejecutado el análisis, los resultados del mismo pueden visualizarse en las opciones que presenta el menú <b>Display</b>, de manera gráfica, a través de diagramas de esfuerzos en elementos y deformadas o en tablas.</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Ver modelo sin deformada</li> <li>→ Ver cargas asignadas</li> <li>→ Ver deformada del modelo</li> <li>→ Mostrar fuerzas y diagramas</li> <li>→ Chequeo rendimiento de pantalla</li> <li>→ Ver diagrama de trabajo virtual</li> <li>→ Componentes energía acumulada</li> <li>→ Ver gráficas de la respuesta</li> <li>→ Ver curvas del espectro sísmico</li> <li>→ Graficar funciones</li> <li>→ Histéresis rápida</li> <li>→ Ver curvas de pushover</li> <li>→ Resultados de la rótula</li> <li>→ Guardar el nombre mostrado</li> <li>→ Ver nombre mostrado</li> <li>→ Ver tablas (Datos de entrada y de salida)</li> </ul> <p>Los resultados de la ejecución del diseño se visualizan en el menú <b>Design / Display Design Info</b>, según el tipo de elemento.</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Durante el proceso de análisis, se despliega la ventana mostrada, cuando finaliza, se debe escoger entre las opciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Ver archivo de salida</li> <li>→ Modo post procesamiento</li> <li>→ Modo modelado</li> </ul> <p>Con la opción <b>View Output File</b>, se abre el archivo de salida con resultados numéricos.</p>  <p>La opción <b>Go to Post Processing Mode</b>, activa la pestaña <b>Postprocessing</b> y pestañas de diseño.</p>  <p><b>Stay in Modelling Mode</b>, permite permanecer en el modo generación del modelo.</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Los resultados del análisis estructural se pueden visualizar de forma gráfica o por tablas, desde el menú <b>Results</b>.</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Congelar resultados</li> <li>→ Propiedades</li> <li>→ Diagramas de barras</li> <li>→ Mapas en barras</li> <li>→ Mapas</li> <li>→ Recortes de panel</li> <li>→ Reacciones</li> <li>→ Desplazamientos</li> <li>→ Deflexiones</li> <li>→ Fuerzas</li> <li>→ Esfuerzos</li> <li>→ Resultados de placas y cubiertas</li> <li>→ Pisos</li> <li>→ Muros de los núcleos</li> <li>→ Diagramas para edificios</li> <li>→ Análisis detallado</li> <li>→ Análisis global</li> <li>→ Avanzado</li> <li>→ Análisis de esfuerzos</li> </ul> <p>Inmediatamente después de ejecutar el diseño, el programa despliega tablas con los resultados del mismo.</p>

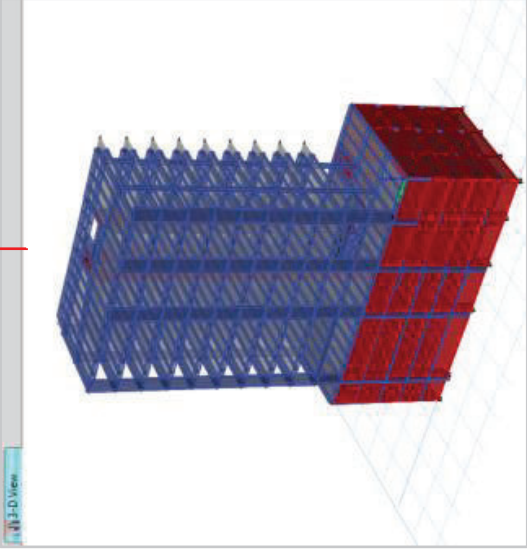
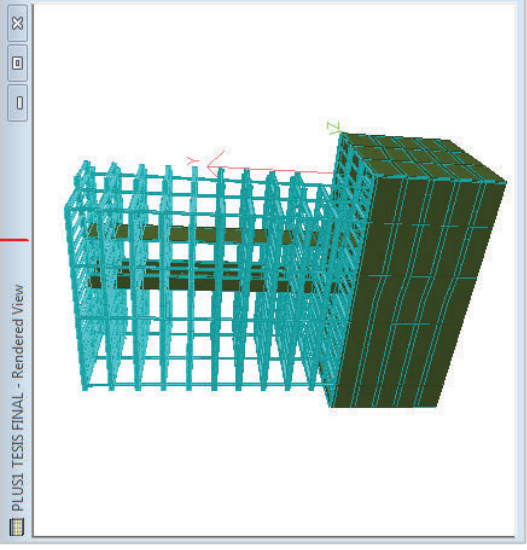
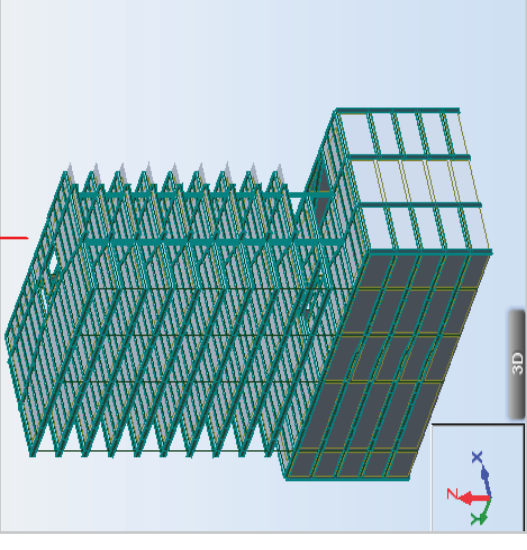
**CUADRO 5.4 CONTINUACIÓN**

MODELO FINAL EDIFICIO LOAIZA		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p>
 <p>Modelo Final Vista 3D</p>	 <p>Modelo Final Vista Reproducida</p>	 <p>Modelo Final Vista 3D</p>

**CUADRO 5.4 CONTINUACIÓN**

MODELO FINAL EDIFICIO UNACH		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
 <p>Modelo Final Vista 3D</p>	 <p>Modelo Final Vista Reproducida</p>	 <p>Modelo Final Vista 3D</p>

**CUADRO 5.4 CONTINUACIÓN**

<b>MODELO FINAL EDIFICIO PLUS I</b>		
<b>ETABS Versión 15.0.0</b>	<b>STAAD.Pro V8i</b>	<b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b>
 <p>Modelo Final Vista 3D</p>	 <p>Modelo Final Vista Reproducida</p>	 <p>Modelo Final Vista 3D</p>

FUENTE:

ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

ELABORACIÓN:

María José Echeverría, Byron Suintaxi

## **CAPÍTULO 6**

### **COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL**

El objetivo principal del proyecto es la comparación de resultados obtenidos del análisis y diseño estructural de los tres edificios en estudio, en los programas ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i y Robot Structural Analysis Professional 2015, dicha comparación se desarrolla en este capítulo.

Del análisis de las estructuras, se revisa aspectos relevantes como: peso, carga reactiva, cortante basal, períodos fundamentales de vibración, para el caso de sismo se comparan desplazamientos máximos de piso y derivas, tomando como referencia la orientación de los ejes principales dada en el programa Etabs.

Así también, se considera elementos estructurales representativos de cada edificio, de los mismos se revisa los diagramas de esfuerzos obtenidos para la envolvente de combinaciones de carga, se compara los valores máximos, las deflexiones en vigas y viguetas para el caso de carga viva y los desplazamientos en columnas causados por la fuerza lateral sísmica, además, su diseño en cada programa.

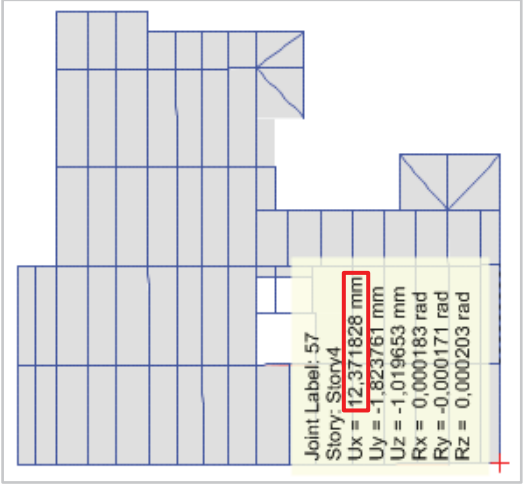
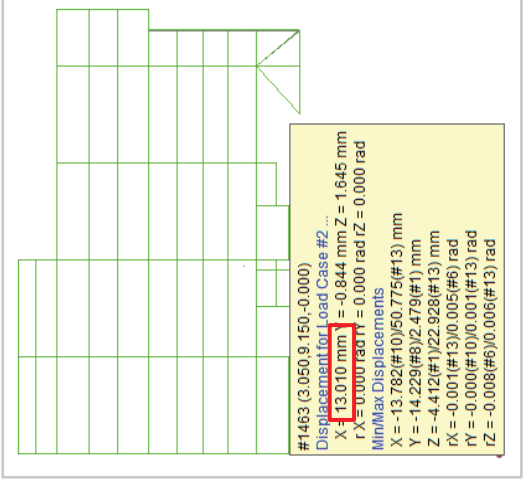
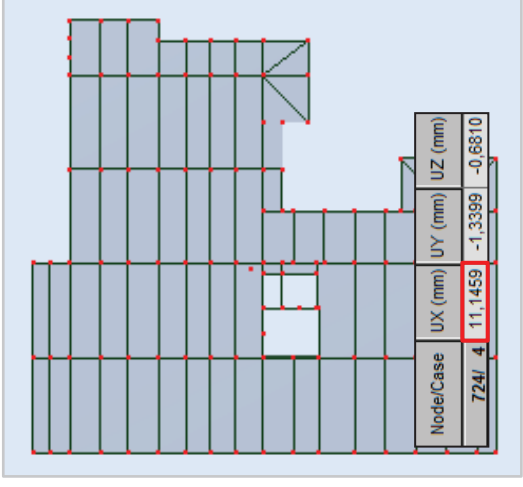
## 6.1 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL EDIFICIO LOAIZA

### 6.1.1 ESTRUCTURA GLOBAL

#### CUADRO 6.1 RESULTADOS GENERALES DEL EDIFICIO LOAIZA

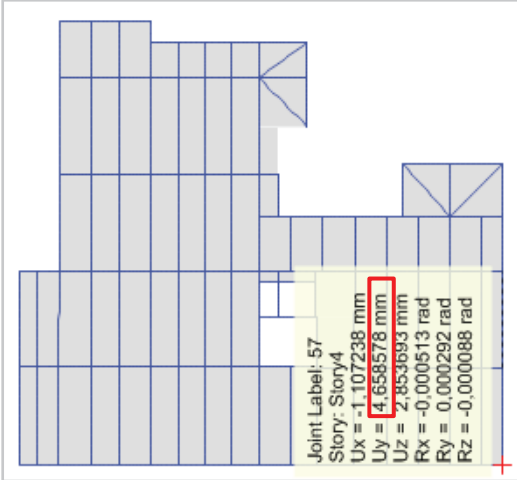
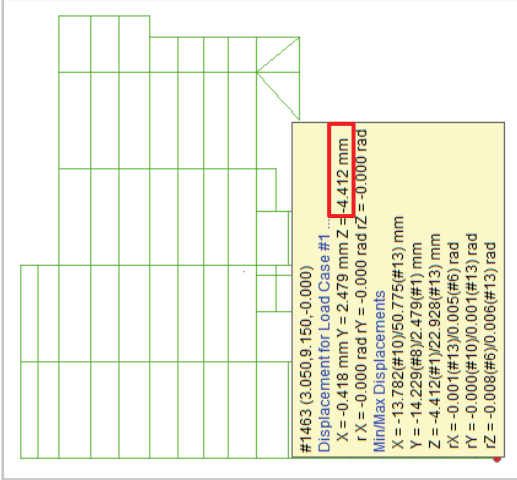
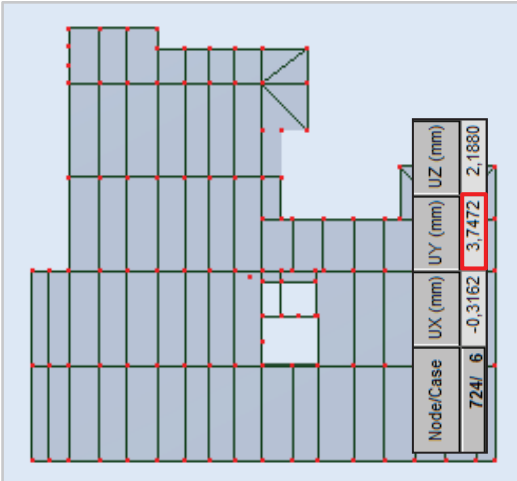
DESCARGAS A NIVEL BASE																																																																																																																										
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015																																																																																																																								
<p>Peso de la estructura = 1508,95 [ T ] Carga Reactiva = 1423,21 [ T ] Cortante Basal = 268,99 [ T ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Case/Combo</th> <th>FX tonf</th> <th>FY tonf</th> <th>FZ tonf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1508,9532</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Top Story</th> <th>Bottom Story</th> <th>C</th> <th>K</th> <th>Weight Used tonf</th> <th>Base Shear tonf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Story4</td> <td>Base</td> <td>0,189</td> <td>1</td> <td>1423,2115</td> <td>268,987</td> </tr> </tbody> </table>	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	Peso	0	0	1508,9532	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf	Story4	Base	0,189	1	1423,2115	268,987	<p>Peso de la estructura = 1497,84 [ T ] Carga Reactiva = 1423,21 [ T ] Cortante Basal = 268,99 [ T ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>L/C</th> <th>FX (Mton)</th> <th>FY (Mton)</th> <th>FZ (Mton)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1EZ</td> <td>0,000</td> <td>0,000</td> <td>-268,987</td> </tr> <tr> <td>1EZ</td> <td>-0,000</td> <td>-0,000</td> <td>268,987</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Difference</td> <td>-0,000</td> <td>-0,000</td> </tr> <tr> <td>2EX</td> <td>268,987</td> <td>0,000</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>2EX</td> <td>-268,987</td> <td>-0,000</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Difference</td> <td>-0,000</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>3PESO</td> <td>0,000</td> <td>-1,49E+3</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>3PESO</td> <td>0,000</td> <td>1,49E+3</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Difference</td> <td>-0,000</td> <td>0,000</td> </tr> </tbody> </table>	L/C	FX (Mton)	FY (Mton)	FZ (Mton)	1EZ	0,000	0,000	-268,987	1EZ	-0,000	-0,000	268,987		Difference	-0,000	-0,000	2EX	268,987	0,000	0,000	2EX	-268,987	-0,000	0,000		Difference	-0,000	0,000	3PESO	0,000	-1,49E+3	0,000	3PESO	0,000	1,49E+3	0,000		Difference	-0,000	0,000	<p>Peso de la estructura = 1522,25 [ T ] Carga Reactiva = 1423,21 [ T ] Cortante Basal = 268,99 [ T ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Case/Node</th> <th>FX (T)</th> <th>FY (T)</th> <th>FZ (T)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Case 25 (C)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of val.</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>1522,25</td> </tr> <tr> <td>Sum of reac.</td> <td>0,00</td> <td>-0,00</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Case 4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ex</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of val.</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of reac.</td> <td>-268,99</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sum of forc.</td> <td>268,99</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Case 6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ey</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of val.</td> <td>0,0</td> <td>-268,99</td> <td>-0,00</td> </tr> <tr> <td>Sum of reac.</td> <td>-0,00</td> <td>268,99</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of forc.</td> <td>0,0</td> <td>268,99</td> <td>0,0</td> </tr> </tbody> </table>	Case/Node	FX (T)	FY (T)	FZ (T)	Case 25 (C)				Peso	0,0	0,0	0,0	Sum of val.	0,0	0,0	1522,25	Sum of reac.	0,00	-0,00	0,0	Case 4				Ex	0,0	0,0	0,0	Sum of val.	0,0	0,0	0,0	Sum of reac.	-268,99	0,00	0,00	Sum of forc.	268,99	0,0	0,0	Case 6				Ey	0,0	0,0	0,0	Sum of val.	0,0	-268,99	-0,00	Sum of reac.	-0,00	268,99	0,0	Sum of forc.	0,0	268,99	0,0
Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf																																																																																																																							
Peso	0	0	1508,9532																																																																																																																							
Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf																																																																																																																					
Story4	Base	0,189	1	1423,2115	268,987																																																																																																																					
L/C	FX (Mton)	FY (Mton)	FZ (Mton)																																																																																																																							
1EZ	0,000	0,000	-268,987																																																																																																																							
1EZ	-0,000	-0,000	268,987																																																																																																																							
	Difference	-0,000	-0,000																																																																																																																							
2EX	268,987	0,000	0,000																																																																																																																							
2EX	-268,987	-0,000	0,000																																																																																																																							
	Difference	-0,000	0,000																																																																																																																							
3PESO	0,000	-1,49E+3	0,000																																																																																																																							
3PESO	0,000	1,49E+3	0,000																																																																																																																							
	Difference	-0,000	0,000																																																																																																																							
Case/Node	FX (T)	FY (T)	FZ (T)																																																																																																																							
Case 25 (C)																																																																																																																										
Peso	0,0	0,0	0,0																																																																																																																							
Sum of val.	0,0	0,0	1522,25																																																																																																																							
Sum of reac.	0,00	-0,00	0,0																																																																																																																							
Case 4																																																																																																																										
Ex	0,0	0,0	0,0																																																																																																																							
Sum of val.	0,0	0,0	0,0																																																																																																																							
Sum of reac.	-268,99	0,00	0,00																																																																																																																							
Sum of forc.	268,99	0,0	0,0																																																																																																																							
Case 6																																																																																																																										
Ey	0,0	0,0	0,0																																																																																																																							
Sum of val.	0,0	-268,99	-0,00																																																																																																																							
Sum of reac.	-0,00	268,99	0,0																																																																																																																							
Sum of forc.	0,0	268,99	0,0																																																																																																																							
PERÍODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN																																																																																																																										
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015																																																																																																																								
<p>Período fundamental = 0,33 [ s ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Case</th> <th>Mode</th> <th>Period sec</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modal</td> <td>1</td> <td>0,327</td> </tr> </tbody> </table>	Case	Mode	Period sec	Modal	1	0,327	<p>Período fundamental = 0,35 [ s ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>MODE</th> <th>FREQUENCY (CYCLES/SEC)</th> <th>PERIOD (SEC)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2,827</td> <td>0,35374</td> </tr> </tbody> </table>	MODE	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)	1	2,827	0,35374	<p>Período fundamental = 0,32 [ s ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Case/Mode</th> <th>Frequency (Hz)</th> <th>Period (sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>28/ 1</td> <td>3,13</td> <td>0,32</td> </tr> </tbody> </table>	Case/Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)	28/ 1	3,13	0,32																																																																																																						
Case	Mode	Period sec																																																																																																																								
Modal	1	0,327																																																																																																																								
MODE	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)																																																																																																																								
1	2,827	0,35374																																																																																																																								
Case/Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)																																																																																																																								
28/ 1	3,13	0,32																																																																																																																								

**CUADRO 6.1 CONTINUACIÓN**

DESPLAZAMIENTO MÁXIMO DEL ÚLTIMO PISO EN DIRECCIÓN X (SISMO EN X)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p>Despl. Max = 12.37 [ mm ]</p> 	<p>Despl. Max = 13,01 [ mm ]</p> 	<p>Despl. Max = 11,15 [ mm ]</p> 



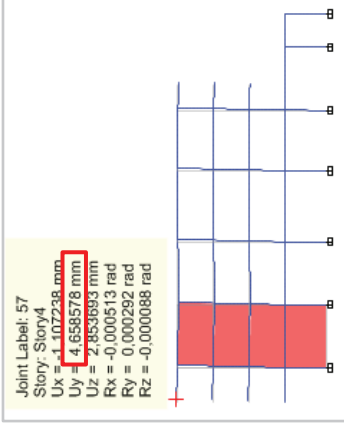
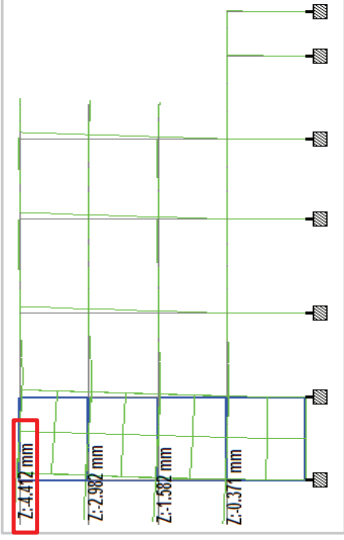
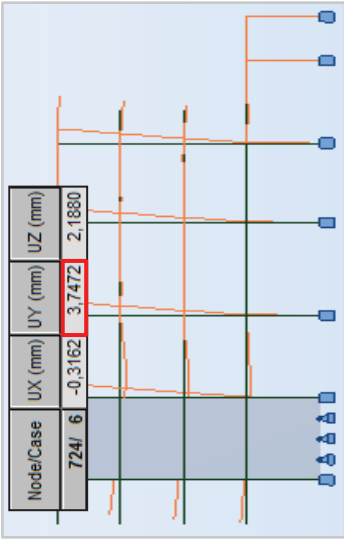
### CUADRO 6.1 CONTINUACIÓN

DESPLAZAMIENTO MÁXIMO DEL ÚLTIMO PISO EN DIRECCIÓN Y (SISMO EN Y)										
<p>ETABS Versión 15.0.0</p> <p>Despl. Max = 4.66 [ mm ]</p>  <p>Joint Label: 57            Story: Story4            Ux = -1.107238 mm            Uy = 4.658578 mm            Uz = 2.853693 mm            Rx = -0.000513 rad            Ry = 0.000292 rad            Rz = -0.000088 rad</p>	<p>STAAD.Pro V8i</p> <p>Despl. Max = 4.41 [ mm ]</p>  <p>#1463 (3.050,9,150,-0.000)            Displacement for Load Case #1            X = -0.418 mm Y = 2.479 mm Z = -4.412 mm            r X = -0.000 rad r Y = -0.000 rad r Z = -0.000 rad            Min/Max Displacements            X = -13.782(#10)/50.775(#13) mm            Y = -14.229(#8)/2.479(#1) mm            Z = -4.412(#1)/22.928(#13) mm            rX = -0.001(#13)/0.005(#6) rad            rY = -0.000(#10)/0.001(#13) rad            rZ = -0.008(#6)/0.008(#13) rad</p>	<p>ROBOT STRUCTURAL 2015</p> <p>Despl. Max = 3,75 [ mm ]</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Node/Case</th> <th>UX (mm)</th> <th>UY (mm)</th> <th>UZ (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>724/ 6</td> <td>-0,3162</td> <td>3,7472</td> <td>2,1880</td> </tr> </tbody> </table>	Node/Case	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)	724/ 6	-0,3162	3,7472	2,1880
Node/Case	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)							
724/ 6	-0,3162	3,7472	2,1880							

### CUADRO 6.1 CONTINUACIÓN

ETABS Versión 15.0.0		STAAD.Pro V8i		ROBOT STRUCTURAL 2015																																																																																								
DERIVAS DE PISO EN PÓRICO "6"- DIRECCIÓN X (SISMO EN X)		DERIVAS DE PISO EN PÓRICO "6"- DIRECCIÓN X (SISMO EN X)		DERIVAS DE PISO EN PÓRICO "6"- DIRECCIÓN X (SISMO EN X)																																																																																								
Deriva máxima inelástica = 0,00688	Deriva máxima inelástica = 0,00699	Deriva máxima inelástica = 0,00613																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Piso</th> <th>Despl. Max en X [ mm ]</th> <th>Altura de piso [ m ]</th> <th><math>\Delta E</math></th> <th><math>\Delta M</math> <math>R \cdot \Delta E^{0,75}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cuarto</td> <td>11,78</td> <td>3,05</td> <td>0,00130</td> <td>0,00682</td> </tr> <tr> <td>Tercero</td> <td>7,82</td> <td>3,05</td> <td>0,00131</td> <td>0,00688</td> </tr> <tr> <td>Segundo</td> <td>3,82</td> <td>3,05</td> <td>0,00105</td> <td>0,00553</td> </tr> <tr> <td>Primero</td> <td>0,61</td> <td>3,50</td> <td>0,00017</td> <td>0,00091</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b></td> </tr> </tbody> </table>	Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R \cdot \Delta E^{0,75}$	Cuarto	11,78	3,05	0,00130	0,00682	Tercero	7,82	3,05	0,00131	0,00688	Segundo	3,82	3,05	0,00105	0,00553	Primero	0,61	3,50	0,00017	0,00091	<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Piso</th> <th>Despl. Max en X [ mm ]</th> <th>Altura de piso [ m ]</th> <th><math>\Delta E</math></th> <th><math>\Delta M</math> <math>R \cdot \Delta E^{0,75}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cuarto</td> <td>12,45</td> <td>3,05</td> <td>0,00130</td> <td>0,00681</td> </tr> <tr> <td>Tercero</td> <td>8,49</td> <td>3,05</td> <td>0,00133</td> <td>0,00699</td> </tr> <tr> <td>Segundo</td> <td>4,43</td> <td>3,05</td> <td>0,00117</td> <td>0,00614</td> </tr> <tr> <td>Primero</td> <td>0,86</td> <td>3,50</td> <td>0,00025</td> <td>0,00130</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b></td> </tr> </tbody> </table>	Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R \cdot \Delta E^{0,75}$	Cuarto	12,45	3,05	0,00130	0,00681	Tercero	8,49	3,05	0,00133	0,00699	Segundo	4,43	3,05	0,00117	0,00614	Primero	0,86	3,50	0,00025	0,00130	<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Piso</th> <th>Despl. Max en X [ mm ]</th> <th>Altura de piso [ m ]</th> <th><math>\Delta E</math></th> <th><math>\Delta M</math> <math>R \cdot \Delta E^{0,75}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cuarto</td> <td>10,67</td> <td>3,05</td> <td>0,00113</td> <td>0,00592</td> </tr> <tr> <td>Tercero</td> <td>7,23</td> <td>3,05</td> <td>0,00117</td> <td>0,00613</td> </tr> <tr> <td>Segundo</td> <td>3,67</td> <td>3,05</td> <td>0,00102</td> <td>0,00533</td> </tr> <tr> <td>Primero</td> <td>0,57</td> <td>3,50</td> <td>0,00016</td> <td>0,00086</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b></td> </tr> </tbody> </table>	Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R \cdot \Delta E^{0,75}$	Cuarto	10,67	3,05	0,00113	0,00592	Tercero	7,23	3,05	0,00117	0,00613	Segundo	3,67	3,05	0,00102	0,00533	Primero	0,57	3,50	0,00016	0,00086	<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>				
Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R \cdot \Delta E^{0,75}$																																																																																								
Cuarto	11,78	3,05	0,00130	0,00682																																																																																								
Tercero	7,82	3,05	0,00131	0,00688																																																																																								
Segundo	3,82	3,05	0,00105	0,00553																																																																																								
Primero	0,61	3,50	0,00017	0,00091																																																																																								
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																																																																												
Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R \cdot \Delta E^{0,75}$																																																																																								
Cuarto	12,45	3,05	0,00130	0,00681																																																																																								
Tercero	8,49	3,05	0,00133	0,00699																																																																																								
Segundo	4,43	3,05	0,00117	0,00614																																																																																								
Primero	0,86	3,50	0,00025	0,00130																																																																																								
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																																																																												
Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R \cdot \Delta E^{0,75}$																																																																																								
Cuarto	10,67	3,05	0,00113	0,00592																																																																																								
Tercero	7,23	3,05	0,00117	0,00613																																																																																								
Segundo	3,67	3,05	0,00102	0,00533																																																																																								
Primero	0,57	3,50	0,00016	0,00086																																																																																								
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																																																																												

## CUADRO 6.1 CONTINUACIÓN

DERIVAS DE PISO EN PÓRICO "A"- DIRECCIÓN Y (SISMO EN Y)																																																													
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Deriva máxima inelástica = 0,00277</p>  <p>Joint Label: 57 Story: Story4 UX = -1.107238 mm UY = 4.658578 mm UZ = 2.853693 mm Rx = -0.000513 rad Ry = 0.000292 rad Rz = -0.000088 rad</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Deriva máxima inelástica = 0,00246</p>  <p>Z:4.417 mm Z:2.982 mm Z:1.582 mm Z:0.371 mm</p>																																																												
<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Deriva máxima inelástica = 0,00214</p>  <p>Node/Case 724/ 6 UX (mm) -0,3162 UY (mm) 3,7472 UZ (mm) 2,1880</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Piso</th> <th>Despl. Max en Y [ mm ]</th> <th>Altura de piso [ m ]</th> <th><math>\Delta E</math></th> <th><math>\Delta M</math> <math>R^{\Delta E \cdot 0,75}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cuarto</td> <td>4,41</td> <td>3,05</td> <td>0,00047</td> <td>0,00246</td> </tr> <tr> <td>Tercero</td> <td>2,98</td> <td>3,05</td> <td>0,00046</td> <td>0,00241</td> </tr> <tr> <td>Segundo</td> <td>1,58</td> <td>3,05</td> <td>0,00040</td> <td>0,00208</td> </tr> <tr> <td>Primero</td> <td>0,37</td> <td>3,50</td> <td>0,00011</td> <td>0,00056</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b></td> </tr> </tbody> </table>	Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0,75}$	Cuarto	4,41	3,05	0,00047	0,00246	Tercero	2,98	3,05	0,00046	0,00241	Segundo	1,58	3,05	0,00040	0,00208	Primero	0,37	3,50	0,00011	0,00056	<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																		
Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0,75}$																																																									
Cuarto	4,41	3,05	0,00047	0,00246																																																									
Tercero	2,98	3,05	0,00046	0,00241																																																									
Segundo	1,58	3,05	0,00040	0,00208																																																									
Primero	0,37	3,50	0,00011	0,00056																																																									
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Piso</th> <th>Despl. Max en Y [ mm ]</th> <th>Altura de piso [ m ]</th> <th><math>\Delta E</math></th> <th><math>\Delta M</math> <math>R^{\Delta E \cdot 0,75}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cuarto</td> <td>4,66</td> <td>3,05</td> <td>0,00053</td> <td>0,00277</td> </tr> <tr> <td>Tercero</td> <td>3,05</td> <td>3,05</td> <td>0,00051</td> <td>0,00266</td> </tr> <tr> <td>Segundo</td> <td>1,50</td> <td>3,05</td> <td>0,00040</td> <td>0,00208</td> </tr> <tr> <td>Primero</td> <td>0,30</td> <td>3,50</td> <td>0,00008</td> <td>0,00044</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b></td> </tr> </tbody> </table>	Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0,75}$	Cuarto	4,66	3,05	0,00053	0,00277	Tercero	3,05	3,05	0,00051	0,00266	Segundo	1,50	3,05	0,00040	0,00208	Primero	0,30	3,50	0,00008	0,00044	<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Piso</th> <th>Despl. Max en Y [ mm ]</th> <th>Altura de piso [ m ]</th> <th><math>\Delta E</math></th> <th><math>\Delta M</math> <math>R^{\Delta E \cdot 0,75}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cuarto</td> <td>3,75</td> <td>3,05</td> <td>0,00041</td> <td>0,00214</td> </tr> <tr> <td>Tercero</td> <td>2,50</td> <td>3,05</td> <td>0,00040</td> <td>0,00212</td> </tr> <tr> <td>Segundo</td> <td>1,27</td> <td>3,05</td> <td>0,00033</td> <td>0,00173</td> </tr> <tr> <td>Primero</td> <td>0,27</td> <td>3,50</td> <td>0,00008</td> <td>0,00041</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b></td> </tr> </tbody> </table>	Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0,75}$	Cuarto	3,75	3,05	0,00041	0,00214	Tercero	2,50	3,05	0,00040	0,00212	Segundo	1,27	3,05	0,00033	0,00173	Primero	0,27	3,50	0,00008	0,00041	<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>				
Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0,75}$																																																									
Cuarto	4,66	3,05	0,00053	0,00277																																																									
Tercero	3,05	3,05	0,00051	0,00266																																																									
Segundo	1,50	3,05	0,00040	0,00208																																																									
Primero	0,30	3,50	0,00008	0,00044																																																									
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																																													
Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0,75}$																																																									
Cuarto	3,75	3,05	0,00041	0,00214																																																									
Tercero	2,50	3,05	0,00040	0,00212																																																									
Segundo	1,27	3,05	0,00033	0,00173																																																									
Primero	0,27	3,50	0,00008	0,00041																																																									
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																																													

FUENTE:

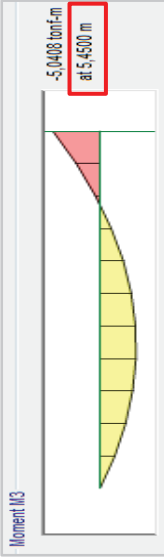
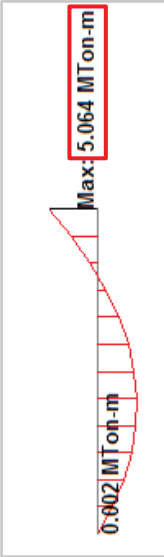
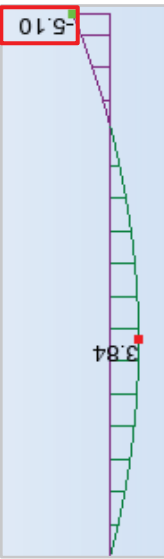
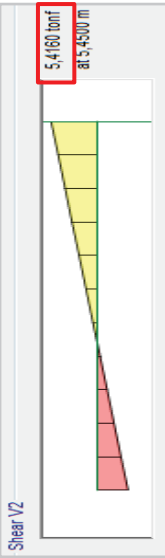
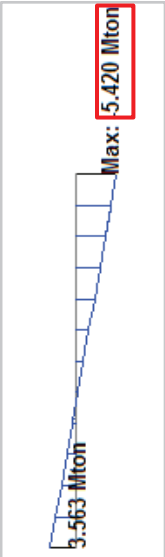
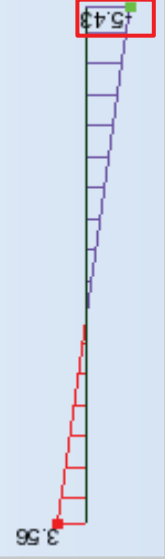
ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

ELABORACIÓN:

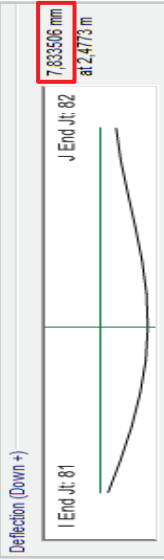
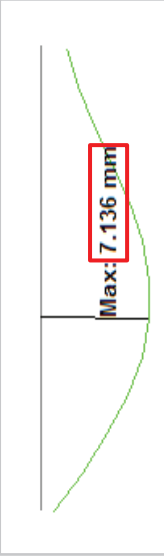
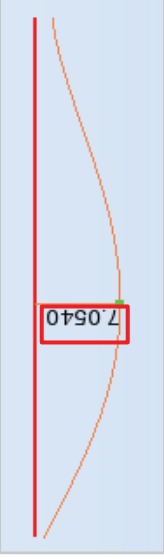
María José Echeverría, Byron Suintaxi

### 6.1.2 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

**CUADRO 6.2 RESULTADOS VIGUETA DEL 3<sup>er</sup> PISO, ENTRE EJES A – B Y EJES 2 – 3**

MOMENTO FLEXIONANTE (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Mmax = 5,04 [ T-m ]</p>  <p>Moment M3 -5,0408 tonf-m at 5,4500 m</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Mmax = 5,06 [ T-m ]</p>  <p>Max: 5,064 MTon-m 0,902 MTon-m</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Mmax = 5,10 [ T-m ]</p>  <p>-5,10</p>
FUERZA CORTANTE (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Vmax = 5,42 [ T ]</p>  <p>Shear V2 5,4160 tonf at 5,4500 m</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Vmax = 5,42 [ T ]</p>  <p>3,563 Mton Max: -5,420 Mton</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Vmax = 5,43 [ T ]</p>  <p>5,43</p>

**CUADRO 6.2 CONTINUACIÓN**

DEFLEXIÓN (CARGA VIVA: L)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
$\delta_{max} = 7,83 \text{ [ mm ]}$ 	$\delta_{max} = 7,14 \text{ [ mm ]}$ 	$\delta_{max} = 7,05 \text{ [ mm ]}$ 

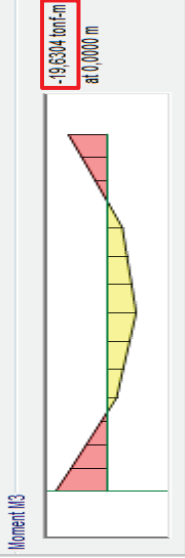
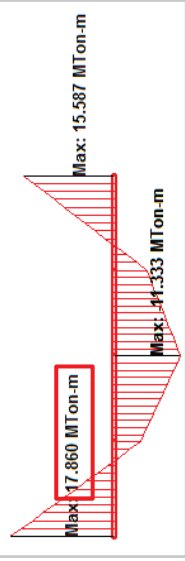

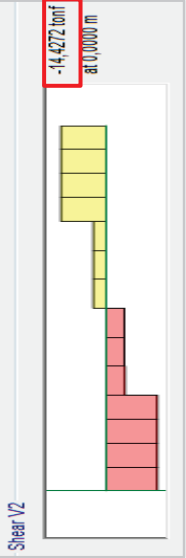
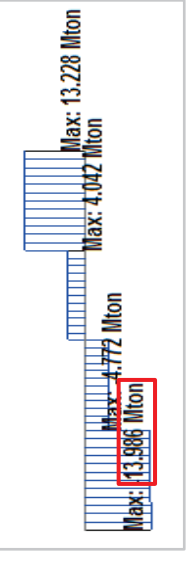
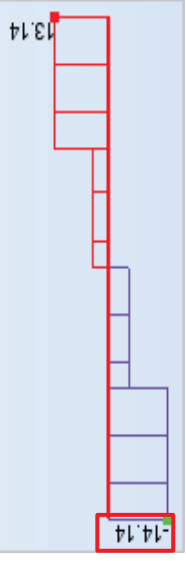
FUENTE:

ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

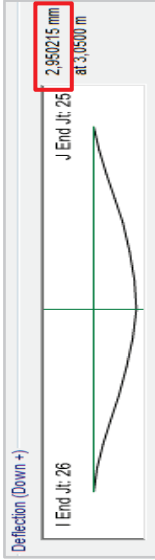
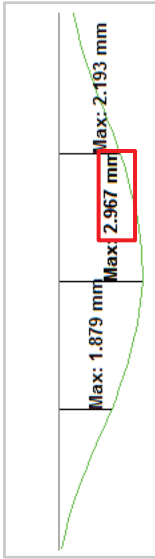
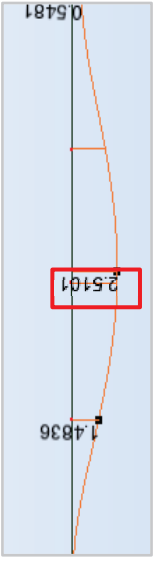
ELABORACIÓN:

María José Echeverría, Byron Suintaxi

**CUADRO 6.3 RESULTADOS VIGA PRINCIPAL DEL 3<sup>er</sup> PISO, EJE B, ENTRE EJES 3 – 4**

MOMENTO FLEXIONANTE (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Mmax = 19,63 [ T-m ]</p>  <p>Moment M3</p> <p>-19,6304 tonf-m at 0,0000 m</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Mmax = 17,86 [ T-m ]</p>  <p>Max: 17,860 MTon-m</p> <p>Max: 15,587 MTon-m</p> <p>Max: 11,333 MTon-m</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Mmax = 18,40 [ T-m ]</p>  <p>18,40</p>
FUERZA CORTANTE (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Vmax = 14,43 [ T ]</p>  <p>Shear V2</p> <p>-14,4272 tonf at 0,0000 m</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Vmax = 13,99 [ T ]</p>  <p>Max: 13,986 Mton</p> <p>Max: 4,772 Mton</p> <p>Max: 4,042 Mton</p> <p>Max: 13,228 Mton</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Vmax = 14,14 [ T ]</p>  <p>14,14</p>

### CUADRO 6.3 CONTINUACIÓN

DEFLEXIÓN (CARGA VIVA: L)																																												
<b>ETABS Versión 15.0.0</b> $\delta_{max} = 2,95$ [ mm ] 	<b>STAAD.Pro V8i</b> $\delta_{max} = 2,97$ [ mm ] 	<b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b> $\delta_{max} = 2,51$ [ mm ] 																																										
DISEÑO POR EL MÉTODO LRFD (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)																																												
<b>ETABS Versión 15.0.0</b> Demanda/capacidad = 0,90 $\mu = 19,63$ [ T-m ] $\phi M_n = 21,95$ [ T-m ] $D/C \text{ Ratio} = 0,894 = \frac{(P_u/2P_c) + (M_{u33}/M_{c33}) + (M_{u22}/M_{c22})}{0 + 0,894 + 0}$ Moments and Capacities <table border="1"> <tr> <td><math>M_u</math> Moment (tonf-m)</td> <td><math>\phi M_n</math> Capacity (tonf-m)</td> </tr> <tr> <td>Major Bending: 19,6304</td> <td>21,9582</td> </tr> <tr> <td>Minor Bending: 0</td> <td>3,6333</td> </tr> </table>	$M_u$ Moment (tonf-m)	$\phi M_n$ Capacity (tonf-m)	Major Bending: 19,6304	21,9582	Minor Bending: 0	3,6333	<b>STAAD.Pro V8i</b> Demanda/capacidad = 0,81 $\mu = 129,17$ kip feet = 17,86 [ T-m ] $\phi M_n = 158,8$ kip feet = 21,95 [ T-m ] $D/C \text{ Ratio} = 0,8133616 = \frac{158,8}{196,3} + \frac{0}{0,894} + \frac{0}{3,6333}$ DESIGN STRENGTH (KIP. FEET) <table border="1"> <tr> <td>PIC</td> <td>249.5</td> <td>PHI</td> <td>331.8</td> </tr> <tr> <td>MNZ</td> <td>158.8</td> <td>MNY</td> <td>26.3</td> </tr> <tr> <td>VNZ</td> <td>83.8</td> <td>VNY</td> <td>65.6</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>0</td> <td>I</td> <td>0</td> </tr> </table> Critical load (KIP. FEET) <table border="1"> <tr> <td>Load</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Locatio</td> <td>5.249134</td> </tr> <tr> <td>FX</td> <td>0.000000</td> </tr> <tr> <td>MY</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>MZ</td> <td>129.1761</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>Code</td> <td>Result</td> <td>Ratio</td> <td>Critical</td> <td>KLR</td> </tr> <tr> <td>360-10 L</td> <td>PASS</td> <td>0.8133616</td> <td>Eq. H1-1b</td> <td>46.47806</td> </tr> </table>	PIC	249.5	PHI	331.8	MNZ	158.8	MNY	26.3	VNZ	83.8	VNY	65.6	I	0	I	0	Load	6	Locatio	5.249134	FX	0.000000	MY	0	MZ	129.1761	Code	Result	Ratio	Critical	KLR	360-10 L	PASS	0.8133616	Eq. H1-1b	46.47806	<b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b> Demanda/capacidad = 0,84 $\mu = 18,40$ [ T-m ] $\phi M_n = 21,96$ [ T-m ] ESFUERZOS INTERNOS: RESISTENCIAS DE DIMENSIONAMIENTO $T_r = 0,00 \text{ T}^* \text{m}$ $P_r = 0,00 \text{ T}$ $M_{ry} = -18,40 \text{ T}^* \text{m}$ $M_{rz} = -0,00 \text{ T}^* \text{m}$ $F_{ic}^* P_n = 24,07 \text{ T}$ $F_{ib}^* M_{ny} = 21,96 \text{ T}^* \text{m}$ $F_{ib}^* V_{ny} = 57,02 \text{ T}$ $F_{ib}^* M_{nz} = 3,63 \text{ T}^* \text{m}$ $F_{ib}^* V_{nz} = 29,77 \text{ T}$ RESULTADOS $P_r / (2^* F_{ic}^* P_n) + M_{ry} / (F_{ib}^* M_{ny}) + M_{rz} / (F_{ib}^* M_{nz}) = 0,84 < 1,00$
$M_u$ Moment (tonf-m)	$\phi M_n$ Capacity (tonf-m)																																											
Major Bending: 19,6304	21,9582																																											
Minor Bending: 0	3,6333																																											
PIC	249.5	PHI	331.8																																									
MNZ	158.8	MNY	26.3																																									
VNZ	83.8	VNY	65.6																																									
I	0	I	0																																									
Load	6																																											
Locatio	5.249134																																											
FX	0.000000																																											
MY	0																																											
MZ	129.1761																																											
Code	Result	Ratio	Critical	KLR																																								
360-10 L	PASS	0.8133616	Eq. H1-1b	46.47806																																								

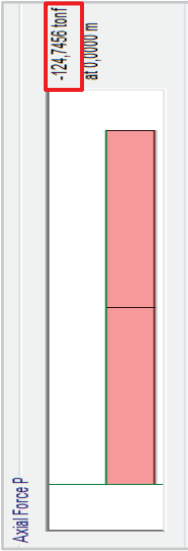
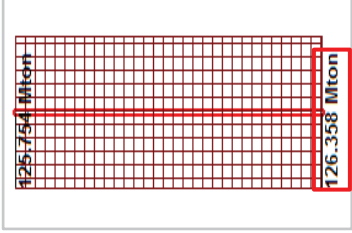
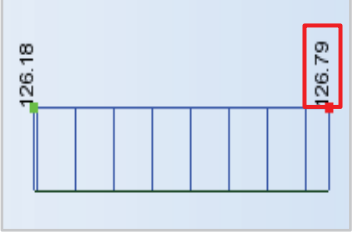
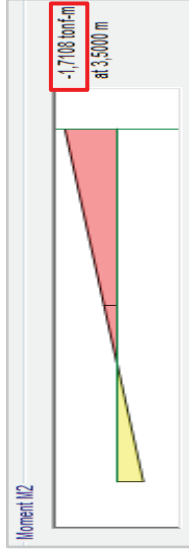
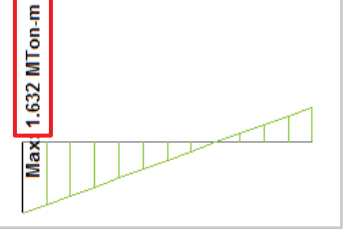

FUENTE:

ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

ELABORACIÓN:

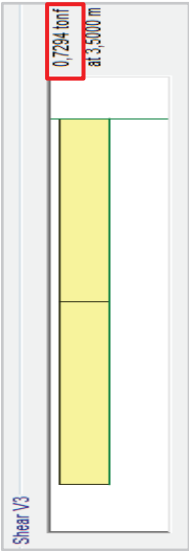
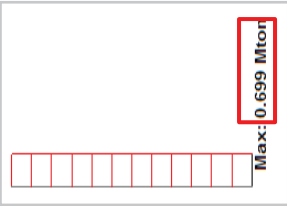
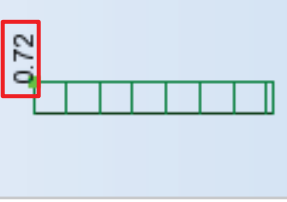
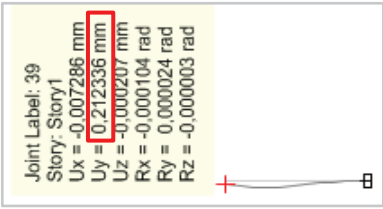

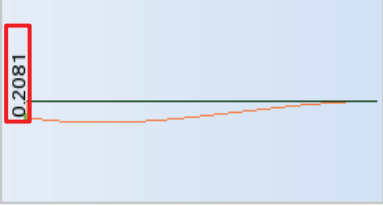
María José Echeverría, Byron Suintaxi

**CUADRO 6.4 RESULTADOS COLUMNA CENTRAL DEL 1<sup>er</sup> PISO, INTERSECCIÓN EJES E – 3**

FUERZA AXIAL (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p>Amax = 124,75 [ T ]</p>  <p>Axial Force P</p> <p>-124,756 tonf at 3,500 m</p>	<p>Amax = 126,36 [ T ]</p>  <p>126,358 Mton</p>	<p>Amax = 126,79 [ T ]</p>  <p>126,79</p>
MOMENTO FLEXIONANTE (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p>Mmax = 1,71 [ T-m ]</p>  <p>Moment M2</p> <p>-1,7108 tonf-m at 3,500 m</p>	<p>Mmax = 1,63 [ T-m ]</p>  <p>Max 1,632 Mton-m</p>	<p>Mmax = 1,68 [ T-m ]</p>  <p>1,68</p>



### CUADRO 6.4 CONTINUACIÓN

FUERZA CORTANTE (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p><math>V_{max} = 0,73</math> [ T ]</p>  <p>Shear V3 0.7294 tonf at: 3.5000 m</p>	<p><math>V_{max} = 0,70</math> [ T ]</p>  <p>Max: 0.699 Mton</p>	<p><math>V_{max} = 0,72</math> [ T ]</p>  <p>0.72</p>
DEFLEXIÓN (SISMO Y)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p><math>\delta_{max} = 0,21</math> [ mm ]</p>  <p>Joint Label: 39 Story: Story1 Ux = -0.007286 mm Uy = 0.212336 mm Uz = -0.000207 mm Rx = -0.000104 rad Ry = 0.000024 rad Rz = -0.000003 rad</p>	<p><math>\delta_{max} = 0,28</math> [ mm ]</p>  <p>Max 0.283 mm</p>	<p><math>\delta_{max} = 0,21</math> [ mm ]</p>  <p>0.2081</p>

**CUADRO 6.4 CONTINUACIÓN**

DISEÑO POR EL MÉTODO LRFD (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)																					
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015																			
<p>Demanda/capacidad = 0,93</p> <p><math>M_u = 1,71</math> [ T-m ]</p> <p><math>\phi M_n = 13,55</math> [ T-m ]</p> <p><math>P_u = 124,14</math> [ T ]</p> <p><math>\phi P_n = 152,50</math> [ T ]</p>	No diseña columnas compuestas	No diseña columnas compuestas																			
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1a)</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>D/C Ratio =</b></td> <td style="text-align: center;"><math>(P_u/P_n) + (8/9)(M_{u33}/M_{n33}) + (8/9)(M_{u22}/M_{n22})</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,931 =</td> <td style="text-align: center;">0,814 + 0,004 + 0,112</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><b>Axial Force and Capacities</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b><math>P_u</math> Force (tonf)</b></td> <td style="text-align: center;"><b><math>\phi P_n</math> Capacity (tonf)</b></td> <td style="text-align: center;"><b><math>\phi P_n</math> Capacity (tonf)</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">124,1409</td> <td style="text-align: center;">152,5007</td> <td style="text-align: center;">139,392</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><b>Moments and Capacities</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b><math>M_u</math> Moment (tonf-m)</b></td> <td style="text-align: center;"><b><math>\phi M_n</math> Capacity (tonf-m)</b></td> <td style="text-align: center;"><b><math>\phi M_n</math> (No LTB) (tonf-m)</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,0766</td> <td style="text-align: center;">15,4935</td> <td style="text-align: center;">15,4935</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1,7108</td> <td style="text-align: center;">13,5575</td> <td></td> </tr> </table> </div>			<b>D/C Ratio =</b>	$(P_u/P_n) + (8/9)(M_{u33}/M_{n33}) + (8/9)(M_{u22}/M_{n22})$	0,931 =	0,814 + 0,004 + 0,112	<b><math>P_u</math> Force (tonf)</b>	<b><math>\phi P_n</math> Capacity (tonf)</b>	<b><math>\phi P_n</math> Capacity (tonf)</b>	124,1409	152,5007	139,392	<b><math>M_u</math> Moment (tonf-m)</b>	<b><math>\phi M_n</math> Capacity (tonf-m)</b>	<b><math>\phi M_n</math> (No LTB) (tonf-m)</b>	0,0766	15,4935	15,4935	1,7108	13,5575	
<b>D/C Ratio =</b>	$(P_u/P_n) + (8/9)(M_{u33}/M_{n33}) + (8/9)(M_{u22}/M_{n22})$																				
0,931 =	0,814 + 0,004 + 0,112																				
<b><math>P_u</math> Force (tonf)</b>	<b><math>\phi P_n</math> Capacity (tonf)</b>	<b><math>\phi P_n</math> Capacity (tonf)</b>																			
124,1409	152,5007	139,392																			
<b><math>M_u</math> Moment (tonf-m)</b>	<b><math>\phi M_n</math> Capacity (tonf-m)</b>	<b><math>\phi M_n</math> (No LTB) (tonf-m)</b>																			
0,0766	15,4935	15,4935																			
1,7108	13,5575																				

FUENTE:

ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

ELABORACIÓN:

María José Echeverría, Byron Suintaxi

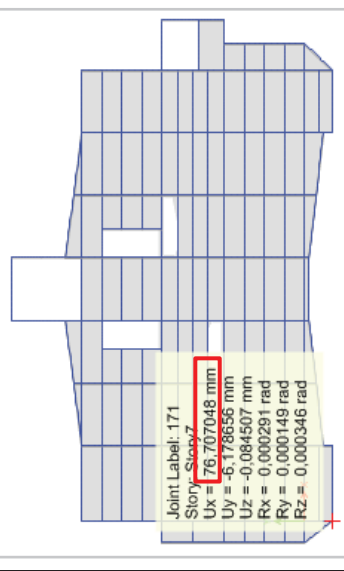
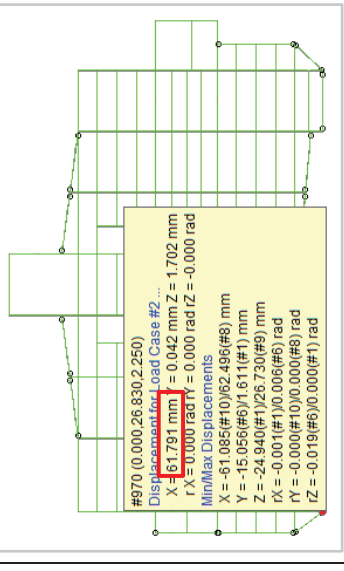
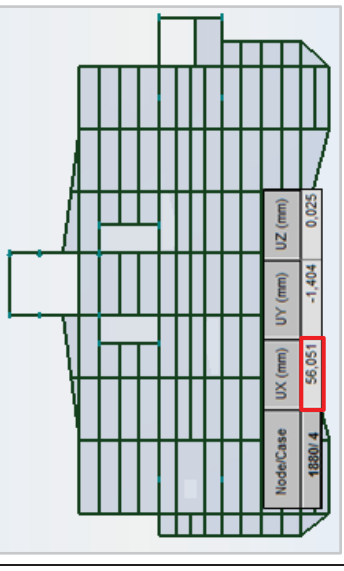
## 6.2 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL EDIFICIO UNACH

### 6.2.1 ESTRUCTURA GLOBAL

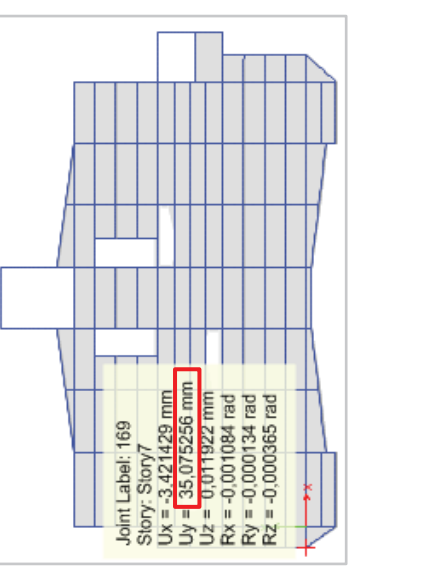
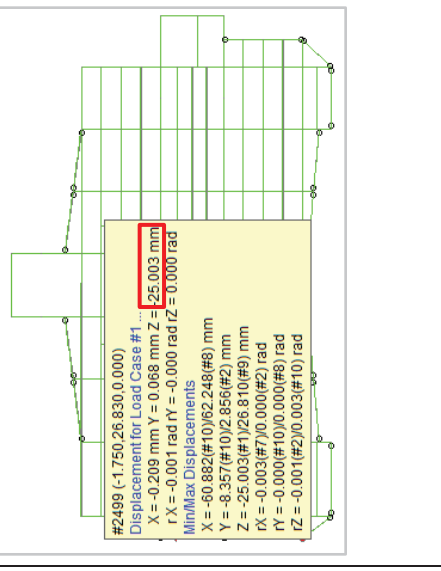
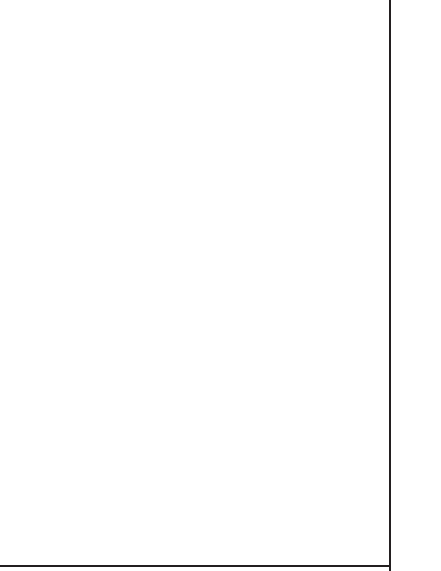
#### CUADRO 6.5 RESULTADOS GENERALES DEL EDIFICIO UNACH

DESCARGAS A NIVEL BASE																																																																																																										
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015																																																																																																								
<p>Peso de la estructura = 4469,87 [ T ] Carga Reactiva = 3750,78 [ T ] Cortante Basal = 517,61 [ T ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Case/Combo</th> <th>FX tonf</th> <th>FY tonf</th> <th>FZ tonf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4469,8704</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Top Story</th> <th>Bottom Story</th> <th>C</th> <th>K</th> <th>Weight Used tonf</th> <th>Base Shear tonf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Story8</td> <td>Story1</td> <td>0,138</td> <td>1,18</td> <td>3750,7752</td> <td>517,607</td> </tr> </tbody> </table>	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	Peso	0	0	4469,8704	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf	Story8	Story1	0,138	1,18	3750,7752	517,607	<p>Peso de la estructura = 4664,62 [ T ] Carga Reactiva = 3750,78 [ T ] Cortante Basal = 517,61 [ T ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>L/C</th> <th>FX (Mton)</th> <th>FY (Mton)</th> <th>FZ (Mton)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1:EZ</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>-517.607</td> </tr> <tr> <td>1:EZ</td> <td>Reactions</td> <td>0.000</td> <td>-0.000</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Difference</td> <td>0.000</td> <td>-0.000</td> </tr> <tr> <td>2:EX</td> <td>Loads</td> <td>517.607</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>2:EX</td> <td>Reactions</td> <td>-517.607</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Difference</td> <td>-0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>3:PESO</td> <td>Loads</td> <td>0.000</td> <td>-4.66E+3</td> </tr> <tr> <td>3:PESO</td> <td>Reactions</td> <td>0.000</td> <td>4.66E+3</td> </tr> </tbody> </table>	L/C	FX (Mton)	FY (Mton)	FZ (Mton)	1:EZ	0.000	0.000	-517.607	1:EZ	Reactions	0.000	-0.000		Difference	0.000	-0.000	2:EX	Loads	517.607	0.000	2:EX	Reactions	-517.607	0.000		Difference	-0.000	0.000	3:PESO	Loads	0.000	-4.66E+3	3:PESO	Reactions	0.000	4.66E+3	<p>Peso de la estructura = 4501.13 [ T ] Carga Reactiva = 3750,78 [ T ] Cortante Basal = 517,61 [ T ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Node/Case</th> <th>FX (T)</th> <th>FY (T)</th> <th>FZ (T)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Case 22 (C)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sum of val.</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of reac.</td> <td>0,00</td> <td>-0,00</td> <td>4501,13</td> </tr> <tr> <td>Case 4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sum of val.</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of reac.</td> <td>-517,60</td> <td>-0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sum of forc.</td> <td>517,61</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Case 6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sum of val.</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of reac.</td> <td>0,00</td> <td>-517,61</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sum of forc.</td> <td>0,0</td> <td>517,61</td> <td>0,0</td> </tr> </tbody> </table>	Node/Case	FX (T)	FY (T)	FZ (T)	Case 22 (C)				Sum of val.	0,0	0,0	0,0	Sum of reac.	0,00	-0,00	4501,13	Case 4				Sum of val.	0,0	0,0	0,0	Sum of reac.	-517,60	-0,00	0,00	Sum of forc.	517,61	0,0	0,0	Case 6				Sum of val.	0,0	0,0	0,0	Sum of reac.	0,00	-517,61	0,00	Sum of forc.	0,0	517,61	0,0
Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf																																																																																																							
Peso	0	0	4469,8704																																																																																																							
Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf																																																																																																					
Story8	Story1	0,138	1,18	3750,7752	517,607																																																																																																					
L/C	FX (Mton)	FY (Mton)	FZ (Mton)																																																																																																							
1:EZ	0.000	0.000	-517.607																																																																																																							
1:EZ	Reactions	0.000	-0.000																																																																																																							
	Difference	0.000	-0.000																																																																																																							
2:EX	Loads	517.607	0.000																																																																																																							
2:EX	Reactions	-517.607	0.000																																																																																																							
	Difference	-0.000	0.000																																																																																																							
3:PESO	Loads	0.000	-4.66E+3																																																																																																							
3:PESO	Reactions	0.000	4.66E+3																																																																																																							
Node/Case	FX (T)	FY (T)	FZ (T)																																																																																																							
Case 22 (C)																																																																																																										
Sum of val.	0,0	0,0	0,0																																																																																																							
Sum of reac.	0,00	-0,00	4501,13																																																																																																							
Case 4																																																																																																										
Sum of val.	0,0	0,0	0,0																																																																																																							
Sum of reac.	-517,60	-0,00	0,00																																																																																																							
Sum of forc.	517,61	0,0	0,0																																																																																																							
Case 6																																																																																																										
Sum of val.	0,0	0,0	0,0																																																																																																							
Sum of reac.	0,00	-517,61	0,00																																																																																																							
Sum of forc.	0,0	517,61	0,0																																																																																																							
PERÍODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN																																																																																																										
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015																																																																																																								
<p>Período fundamental = 1,05 [ s ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Case</th> <th>Mode</th> <th>Period sec</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modal</td> <td>1</td> <td>1,054</td> </tr> </tbody> </table>	Case	Mode	Period sec	Modal	1	1,054	<p>Período fundamental = 0,92 [ s ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>MODE</th> <th>FREQUENCY (CYCLES/SEC)</th> <th>PERIOD (SEC)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1.086</td> <td>0.92049</td> </tr> </tbody> </table>	MODE	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)	1	1.086	0.92049	<p>Período fundamental = 0,92 [ s ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Case/Mode</th> <th>Frequency (Hz)</th> <th>Period (sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>21/ 1</td> <td>1,08</td> <td>0,92</td> </tr> </tbody> </table>	Case/Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)	21/ 1	1,08	0,92																																																																																						
Case	Mode	Period sec																																																																																																								
Modal	1	1,054																																																																																																								
MODE	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)																																																																																																								
1	1.086	0.92049																																																																																																								
Case/Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)																																																																																																								
21/ 1	1,08	0,92																																																																																																								

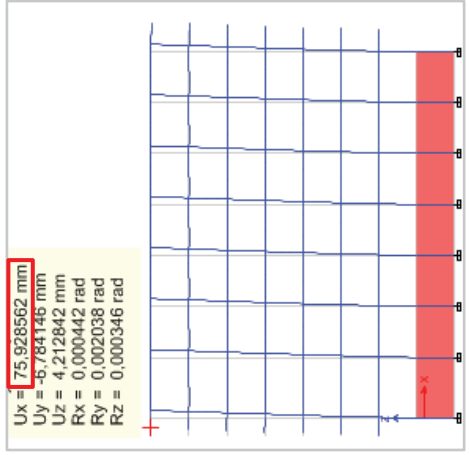
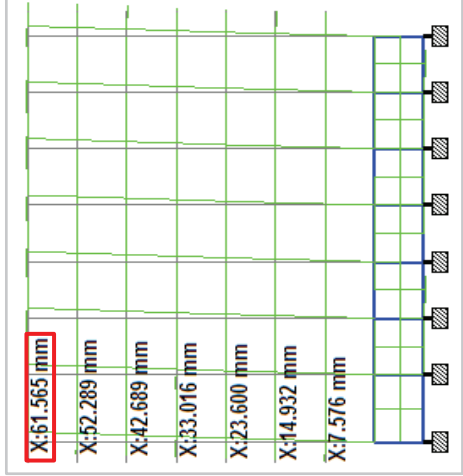
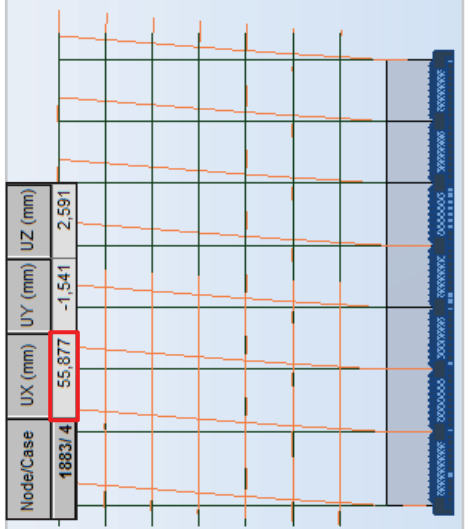
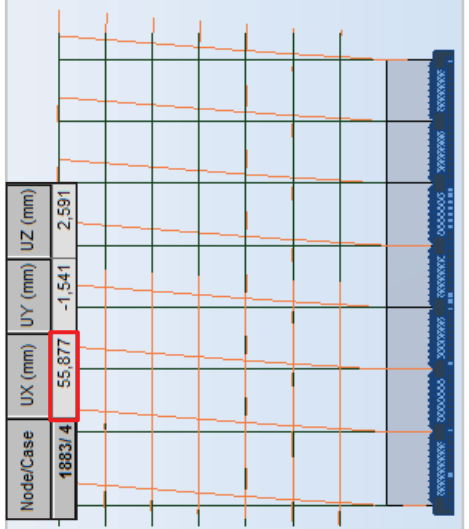
### CUADRO 6.5 CONTINUACIÓN

DESPLAZAMIENTO MÁXIMO DEL ÚLTIMO PISO EN DIRECCIÓN X (SISMO EN X)		
<p>ETABS Versión 15.0.0</p> <p>Despl. Max = 76,71 [ mm ]</p> 	<p>STAAD.Pro V8i</p> <p>Despl. Max = 61,79 [ mm ]</p> 	<p>ROBOT STRUCTURAL 2015</p> <p>Despl. Max = 56,05 [ mm ]</p> 

## CUADRO 6.5 CONTINUACIÓN

DESPLAZAMIENTO MÁXIMO DEL ÚLTIMO PISO EN DIRECCIÓN Y (SISMO EN Y)		
<p>ETABS Versión 15.0.0</p> <p>Despl. Max = 35,08 [ mm ]</p>  <p>Joint Label: 169            Story: Story7            Ux = -3.421429 mm            Uy = 35,075256 mm            Uz = 0,011922 mm            Rx = -0,001084 rad            Ry = -0,000134 rad            Rz = -0,0000365 rad</p>	<p>STAAD.Pro V8i</p> <p>Despl. Max = 25,00 [ mm ]</p>  <p>#2499 (-1,750,26,830,0,000)            Displacement for Load Case #1            X = -0,209 mm Y = 0,068 mm Z = 25,003 mm            r X = -0,001 rad rY = -0,000 rad rZ = 0,0000 rad            Min/Max Displacements            X = -60,882(#10)/62,248(#8) mm            Y = -8,357(#10)/2,856(#2) mm            Z = -25,003(#1)/26,810(#9) mm            rX = -0,003(#7)/0,000(#2) rad            rY = -0,000(#10)/0,000(#8) rad            rZ = -0,001(#2)/0,003(#10) rad</p>	<p>ROBOT STRUCTURAL 2015</p> <p>Despl. Max = 23,53 [ mm ]</p>  <p>Node/Case 1883/ 6            UX (mm) -0,248            UY (mm) 23,528            UZ (mm) 0,066</p>

## CUADRO 6.5 CONTINUACIÓN

DERIVAS DE PISO EN PÓRICO "1"- DIRECCIÓN X (SISMO EN X)																																																																																											
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Deriva máxima inelástica = 0,01735</p> 	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Deriva máxima inelástica = 0,01358</p> 																																																																																										
<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Deriva máxima inelástica = 0,01240</p> 	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Deriva máxima inelástica = 0,01240</p> 																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Piso</th> <th>Despl. Max en X [ mm ]</th> <th>Altura de piso [ m ]</th> <th><math>\Delta E</math></th> <th><math>\Delta M</math> <math>R^{\Delta E \cdot 0.75}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Séptimo</td> <td>75,93</td> <td>3,74</td> <td>0,00319</td> <td>0,01675</td> </tr> <tr> <td>Sexto</td> <td>64,00</td> <td>3,74</td> <td>0,00328</td> <td>0,01722</td> </tr> <tr> <td>Quinto</td> <td>51,73</td> <td>3,74</td> <td>0,00330</td> <td>0,01735</td> </tr> <tr> <td>Cuarto</td> <td>39,37</td> <td>3,74</td> <td>0,00320</td> <td>0,01681</td> </tr> <tr> <td>Tercero</td> <td>27,40</td> <td>3,74</td> <td>0,00291</td> <td>0,01529</td> </tr> <tr> <td>Segundo</td> <td>16,51</td> <td>3,74</td> <td>0,00239</td> <td>0,01255</td> </tr> <tr> <td>Primero</td> <td>7,57</td> <td>3,74</td> <td>0,00202</td> <td>0,01062</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b></td> </tr> </tbody> </table>	Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0.75}$	Séptimo	75,93	3,74	0,00319	0,01675	Sexto	64,00	3,74	0,00328	0,01722	Quinto	51,73	3,74	0,00330	0,01735	Cuarto	39,37	3,74	0,00320	0,01681	Tercero	27,40	3,74	0,00291	0,01529	Segundo	16,51	3,74	0,00239	0,01255	Primero	7,57	3,74	0,00202	0,01062	<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Piso</th> <th>Despl. Max en X [ mm ]</th> <th>Altura de piso [ m ]</th> <th><math>\Delta E</math></th> <th><math>\Delta M</math> <math>R^{\Delta E \cdot 0.75}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Séptimo</td> <td>61,57</td> <td>3,74</td> <td>0,00248</td> <td>0,01302</td> </tr> <tr> <td>Sexto</td> <td>52,29</td> <td>3,74</td> <td>0,00257</td> <td>0,01348</td> </tr> <tr> <td>Quinto</td> <td>42,69</td> <td>3,74</td> <td>0,00259</td> <td>0,01358</td> </tr> <tr> <td>Cuarto</td> <td>33,02</td> <td>3,74</td> <td>0,00252</td> <td>0,01322</td> </tr> <tr> <td>Tercero</td> <td>23,60</td> <td>3,74</td> <td>0,00232</td> <td>0,01217</td> </tr> <tr> <td>Segundo</td> <td>14,93</td> <td>3,74</td> <td>0,00197</td> <td>0,01033</td> </tr> <tr> <td>Primero</td> <td>7,58</td> <td>3,74</td> <td>0,00203</td> <td>0,01063</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b></td> </tr> </tbody> </table>	Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0.75}$	Séptimo	61,57	3,74	0,00248	0,01302	Sexto	52,29	3,74	0,00257	0,01348	Quinto	42,69	3,74	0,00259	0,01358	Cuarto	33,02	3,74	0,00252	0,01322	Tercero	23,60	3,74	0,00232	0,01217	Segundo	14,93	3,74	0,00197	0,01033	Primero	7,58	3,74	0,00203	0,01063	<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>				
Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0.75}$																																																																																							
Séptimo	75,93	3,74	0,00319	0,01675																																																																																							
Sexto	64,00	3,74	0,00328	0,01722																																																																																							
Quinto	51,73	3,74	0,00330	0,01735																																																																																							
Cuarto	39,37	3,74	0,00320	0,01681																																																																																							
Tercero	27,40	3,74	0,00291	0,01529																																																																																							
Segundo	16,51	3,74	0,00239	0,01255																																																																																							
Primero	7,57	3,74	0,00202	0,01062																																																																																							
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																																																																											
Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0.75}$																																																																																							
Séptimo	61,57	3,74	0,00248	0,01302																																																																																							
Sexto	52,29	3,74	0,00257	0,01348																																																																																							
Quinto	42,69	3,74	0,00259	0,01358																																																																																							
Cuarto	33,02	3,74	0,00252	0,01322																																																																																							
Tercero	23,60	3,74	0,00232	0,01217																																																																																							
Segundo	14,93	3,74	0,00197	0,01033																																																																																							
Primero	7,58	3,74	0,00203	0,01063																																																																																							
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Piso</th> <th>Despl. Max en X [ mm ]</th> <th>Altura de piso [ m ]</th> <th><math>\Delta E</math></th> <th><math>\Delta M</math> <math>R^{\Delta E \cdot 0.75}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Séptimo</td> <td>55,88</td> <td>3,74</td> <td>0,00226</td> <td>0,01187</td> </tr> <tr> <td>Sexto</td> <td>47,42</td> <td>3,74</td> <td>0,00234</td> <td>0,01228</td> </tr> <tr> <td>Quinto</td> <td>38,67</td> <td>3,74</td> <td>0,00236</td> <td>0,01240</td> </tr> <tr> <td>Cuarto</td> <td>29,84</td> <td>3,74</td> <td>0,00230</td> <td>0,01207</td> </tr> <tr> <td>Tercero</td> <td>21,24</td> <td>3,74</td> <td>0,00211</td> <td>0,01110</td> </tr> <tr> <td>Segundo</td> <td>13,33</td> <td>3,74</td> <td>0,00178</td> <td>0,00935</td> </tr> <tr> <td>Primero</td> <td>6,67</td> <td>3,74</td> <td>0,00178</td> <td>0,00936</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b></td> </tr> </tbody> </table>	Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0.75}$	Séptimo	55,88	3,74	0,00226	0,01187	Sexto	47,42	3,74	0,00234	0,01228	Quinto	38,67	3,74	0,00236	0,01240	Cuarto	29,84	3,74	0,00230	0,01207	Tercero	21,24	3,74	0,00211	0,01110	Segundo	13,33	3,74	0,00178	0,00935	Primero	6,67	3,74	0,00178	0,00936	<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Piso</th> <th>Despl. Max en X [ mm ]</th> <th>Altura de piso [ m ]</th> <th><math>\Delta E</math></th> <th><math>\Delta M</math> <math>R^{\Delta E \cdot 0.75}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Séptimo</td> <td>55,88</td> <td>3,74</td> <td>0,00226</td> <td>0,01187</td> </tr> <tr> <td>Sexto</td> <td>47,42</td> <td>3,74</td> <td>0,00234</td> <td>0,01228</td> </tr> <tr> <td>Quinto</td> <td>38,67</td> <td>3,74</td> <td>0,00236</td> <td>0,01240</td> </tr> <tr> <td>Cuarto</td> <td>29,84</td> <td>3,74</td> <td>0,00230</td> <td>0,01207</td> </tr> <tr> <td>Tercero</td> <td>21,24</td> <td>3,74</td> <td>0,00211</td> <td>0,01110</td> </tr> <tr> <td>Segundo</td> <td>13,33</td> <td>3,74</td> <td>0,00178</td> <td>0,00935</td> </tr> <tr> <td>Primero</td> <td>6,67</td> <td>3,74</td> <td>0,00178</td> <td>0,00936</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b></td> </tr> </tbody> </table>	Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0.75}$	Séptimo	55,88	3,74	0,00226	0,01187	Sexto	47,42	3,74	0,00234	0,01228	Quinto	38,67	3,74	0,00236	0,01240	Cuarto	29,84	3,74	0,00230	0,01207	Tercero	21,24	3,74	0,00211	0,01110	Segundo	13,33	3,74	0,00178	0,00935	Primero	6,67	3,74	0,00178	0,00936	<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>				
Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0.75}$																																																																																							
Séptimo	55,88	3,74	0,00226	0,01187																																																																																							
Sexto	47,42	3,74	0,00234	0,01228																																																																																							
Quinto	38,67	3,74	0,00236	0,01240																																																																																							
Cuarto	29,84	3,74	0,00230	0,01207																																																																																							
Tercero	21,24	3,74	0,00211	0,01110																																																																																							
Segundo	13,33	3,74	0,00178	0,00935																																																																																							
Primero	6,67	3,74	0,00178	0,00936																																																																																							
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																																																																											
Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0.75}$																																																																																							
Séptimo	55,88	3,74	0,00226	0,01187																																																																																							
Sexto	47,42	3,74	0,00234	0,01228																																																																																							
Quinto	38,67	3,74	0,00236	0,01240																																																																																							
Cuarto	29,84	3,74	0,00230	0,01207																																																																																							
Tercero	21,24	3,74	0,00211	0,01110																																																																																							
Segundo	13,33	3,74	0,00178	0,00935																																																																																							
Primero	6,67	3,74	0,00178	0,00936																																																																																							
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																																																																											

## CUADRO 6.5 CONTINUACIÓN

ETABS Versión 15.0.0		STAAD.Pro V8i		ROBOT STRUCTURAL 2015																																																																																																																																					
DERIVAS DE PISO EN PÓRICO "A"- DIRECCIÓN Y (SISMO EN Y)																																																																																																																																									
Deriva máxima inelástica = 0,00819 <p> <math>U_x = 4,243505 \text{ mm}</math>  <math>U_y = 34,435863 \text{ mm}</math>  <math>U_z = 2,648048 \text{ mm}</math>  <math>R_x = -0,001073 \text{ rad}</math>  <math>R_y = 0,000002 \text{ rad}</math>  <math>R_z = -0,000365 \text{ rad}</math> </p>		Deriva máxima inelástica = 0,00573 <p> <math>Z: 24,940 \text{ mm}</math>  <math>Z: 21,003 \text{ mm}</math>  <math>Z: 16,990 \text{ mm}</math>  <math>Z: 13,010 \text{ mm}</math>  <math>Z: 9,208 \text{ mm}</math>  <math>Z: 5,769 \text{ mm}</math>  <math>Z: 2,907 \text{ mm}</math> </p>		Deriva máxima inelástica = 0,00535 <p> <table border="1"> <tr> <th>Node/Case</th> <th>UX (mm)</th> <th>UY (mm)</th> <th>UZ (mm)</th> </tr> <tr> <td>1880/6</td> <td>-0,326</td> <td>23,466</td> <td>1,515</td> </tr> </table> </p>		Node/Case	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)	1880/6	-0,326	23,466	1,515																																																																																																																												
Node/Case	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)																																																																																																																																						
1880/6	-0,326	23,466	1,515																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Piso</th> <th>Despl. Max en Y [ mm ]</th> <th>Altura de piso [ m ]</th> <th><math>\Delta E</math></th> <th><math>\frac{\Delta M}{R \cdot \Delta E^{0,75}}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Séptimo</td> <td>34,44</td> <td>3,74</td> <td>0,00154</td> <td>0,00811</td> </tr> <tr> <td>Sexto</td> <td>28,66</td> <td>3,74</td> <td>0,00156</td> <td>0,00819</td> </tr> <tr> <td>Quinto</td> <td>22,83</td> <td>3,74</td> <td>0,00153</td> <td>0,00804</td> </tr> <tr> <td>Cuarto</td> <td>17,10</td> <td>3,74</td> <td>0,00144</td> <td>0,00757</td> </tr> <tr> <td>Tercero</td> <td>11,70</td> <td>3,74</td> <td>0,00127</td> <td>0,00668</td> </tr> <tr> <td>Segundo</td> <td>6,94</td> <td>3,74</td> <td>0,00101</td> <td>0,00532</td> </tr> <tr> <td>Primero</td> <td>3,16</td> <td>3,74</td> <td>0,00084</td> <td>0,00443</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b></td> </tr> </tbody> </table>	Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\frac{\Delta M}{R \cdot \Delta E^{0,75}}$	Séptimo	34,44	3,74	0,00154	0,00811	Sexto	28,66	3,74	0,00156	0,00819	Quinto	22,83	3,74	0,00153	0,00804	Cuarto	17,10	3,74	0,00144	0,00757	Tercero	11,70	3,74	0,00127	0,00668	Segundo	6,94	3,74	0,00101	0,00532	Primero	3,16	3,74	0,00084	0,00443	<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Piso</th> <th>Despl. Max en Y [ mm ]</th> <th>Altura de piso [ m ]</th> <th><math>\Delta E</math></th> <th><math>\frac{\Delta M}{R \cdot \Delta E^{0,75}}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Séptimo</td> <td>24,94</td> <td>3,74</td> <td>0,00105</td> <td>0,00553</td> </tr> <tr> <td>Sexto</td> <td>21,00</td> <td>3,74</td> <td>0,00107</td> <td>0,00563</td> </tr> <tr> <td>Quinto</td> <td>16,99</td> <td>3,74</td> <td>0,00106</td> <td>0,00559</td> </tr> <tr> <td>Cuarto</td> <td>13,01</td> <td>3,74</td> <td>0,00102</td> <td>0,00534</td> </tr> <tr> <td>Tercero</td> <td>9,21</td> <td>3,74</td> <td>0,00092</td> <td>0,00483</td> </tr> <tr> <td>Segundo</td> <td>5,77</td> <td>3,74</td> <td>0,00077</td> <td>0,00402</td> </tr> <tr> <td>Primero</td> <td>2,91</td> <td>3,74</td> <td>0,00078</td> <td>0,00408</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b></td> </tr> </tbody> </table>	Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\frac{\Delta M}{R \cdot \Delta E^{0,75}}$	Séptimo	24,94	3,74	0,00105	0,00553	Sexto	21,00	3,74	0,00107	0,00563	Quinto	16,99	3,74	0,00106	0,00559	Cuarto	13,01	3,74	0,00102	0,00534	Tercero	9,21	3,74	0,00092	0,00483	Segundo	5,77	3,74	0,00077	0,00402	Primero	2,91	3,74	0,00078	0,00408	<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Piso</th> <th>Despl. Max en Y [ mm ]</th> <th>Altura de piso [ m ]</th> <th><math>\Delta E</math></th> <th><math>\frac{\Delta M}{R \cdot \Delta E^{0,75}}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Séptimo</td> <td>23,47</td> <td>3,74</td> <td>0,00100</td> <td>0,00524</td> </tr> <tr> <td>Sexto</td> <td>19,73</td> <td>3,74</td> <td>0,00102</td> <td>0,00535</td> </tr> <tr> <td>Quinto</td> <td>15,92</td> <td>3,74</td> <td>0,00101</td> <td>0,00531</td> </tr> <tr> <td>Cuarto</td> <td>12,14</td> <td>3,74</td> <td>0,00096</td> <td>0,00506</td> </tr> <tr> <td>Tercero</td> <td>8,54</td> <td>3,74</td> <td>0,00087</td> <td>0,00455</td> </tr> <tr> <td>Segundo</td> <td>5,30</td> <td>3,74</td> <td>0,00072</td> <td>0,00376</td> </tr> <tr> <td>Primero</td> <td>2,62</td> <td>3,74</td> <td>0,00070</td> <td>0,00368</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b></td> </tr> </tbody> </table>	Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\frac{\Delta M}{R \cdot \Delta E^{0,75}}$	Séptimo	23,47	3,74	0,00100	0,00524	Sexto	19,73	3,74	0,00102	0,00535	Quinto	15,92	3,74	0,00101	0,00531	Cuarto	12,14	3,74	0,00096	0,00506	Tercero	8,54	3,74	0,00087	0,00455	Segundo	5,30	3,74	0,00072	0,00376	Primero	2,62	3,74	0,00070	0,00368	<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>				
Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\frac{\Delta M}{R \cdot \Delta E^{0,75}}$																																																																																																																																					
Séptimo	34,44	3,74	0,00154	0,00811																																																																																																																																					
Sexto	28,66	3,74	0,00156	0,00819																																																																																																																																					
Quinto	22,83	3,74	0,00153	0,00804																																																																																																																																					
Cuarto	17,10	3,74	0,00144	0,00757																																																																																																																																					
Tercero	11,70	3,74	0,00127	0,00668																																																																																																																																					
Segundo	6,94	3,74	0,00101	0,00532																																																																																																																																					
Primero	3,16	3,74	0,00084	0,00443																																																																																																																																					
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																																																																																																																									
Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\frac{\Delta M}{R \cdot \Delta E^{0,75}}$																																																																																																																																					
Séptimo	24,94	3,74	0,00105	0,00553																																																																																																																																					
Sexto	21,00	3,74	0,00107	0,00563																																																																																																																																					
Quinto	16,99	3,74	0,00106	0,00559																																																																																																																																					
Cuarto	13,01	3,74	0,00102	0,00534																																																																																																																																					
Tercero	9,21	3,74	0,00092	0,00483																																																																																																																																					
Segundo	5,77	3,74	0,00077	0,00402																																																																																																																																					
Primero	2,91	3,74	0,00078	0,00408																																																																																																																																					
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																																																																																																																									
Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\frac{\Delta M}{R \cdot \Delta E^{0,75}}$																																																																																																																																					
Séptimo	23,47	3,74	0,00100	0,00524																																																																																																																																					
Sexto	19,73	3,74	0,00102	0,00535																																																																																																																																					
Quinto	15,92	3,74	0,00101	0,00531																																																																																																																																					
Cuarto	12,14	3,74	0,00096	0,00506																																																																																																																																					
Tercero	8,54	3,74	0,00087	0,00455																																																																																																																																					
Segundo	5,30	3,74	0,00072	0,00376																																																																																																																																					
Primero	2,62	3,74	0,00070	0,00368																																																																																																																																					
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>																																																																																																																																									

FUENTE:

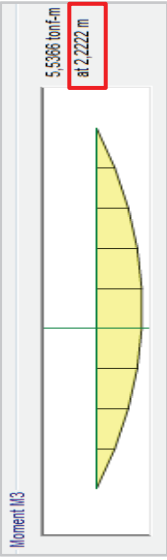
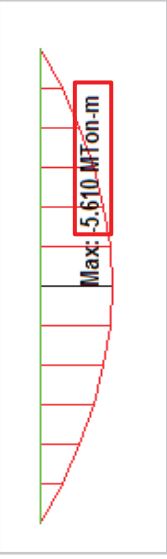
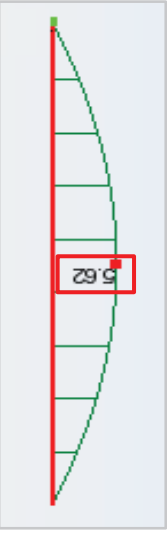
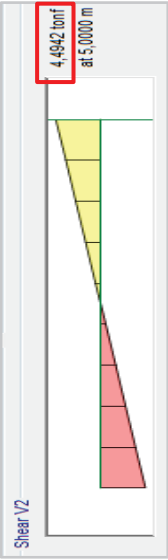
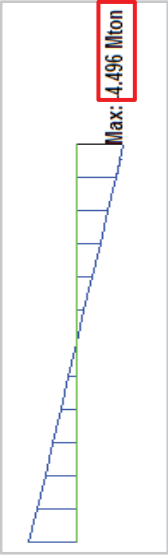
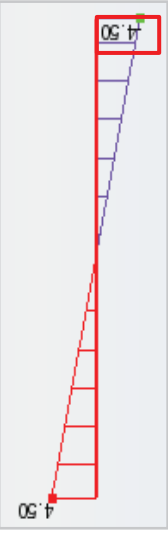
ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

ELABORACIÓN:

María José Echeverría, Byron Suintaxi

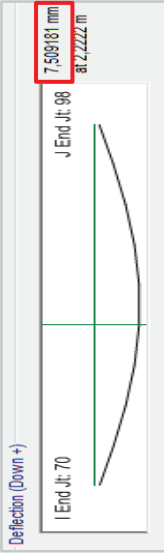
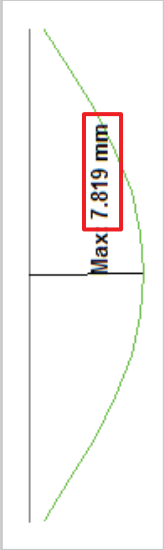
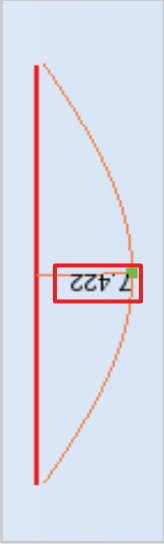
### 6.2.2 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

**CUADRO 6.6 RESULTADOS VIGUETA DEL 5<sup>to</sup> PISO, ENTRE EJES D – E Y EJES 3 – 4**

MOMENTO FLEXIONANTE (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Mmax = 5,54 [ T-m ]</p>  <p>Moment M3 5,5386 tonf-m at 2,2222 m</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Mmax = 5,61 [ T-m ]</p>  <p>Max: 5,610 Mton-m</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Mmax = 5,62 [ T-m ]</p> 
FUERZA CORTANTE (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Vmax = 4,49 [ T ]</p>  <p>Shear V2 4,4942 tonf at 5,0000 m</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Vmax = 4,50 [ T ]</p>  <p>Max: 4,496 Mton</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Vmax = 4,50 [ T ]</p> 



**CUADRO 6.6 CONTINUACIÓN**

DEFLEXIÓN (CARGA VIVA: L)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
$\delta_{max} = 7,51$ [ mm ] 	$\delta_{max} = 7,82$ [ mm ] 	$\delta_{max} = 7,42$ [ mm ] 

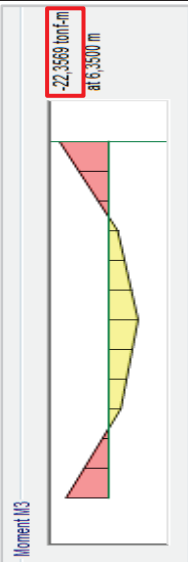
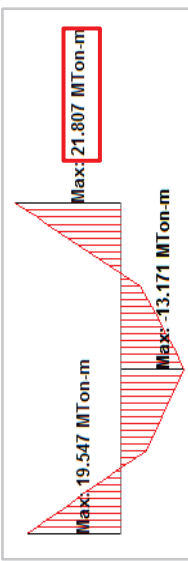
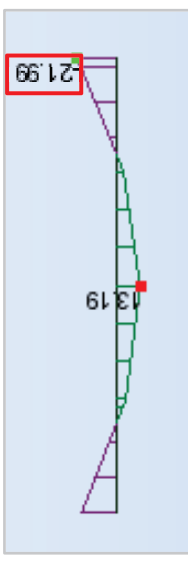
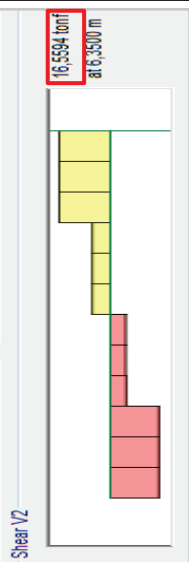
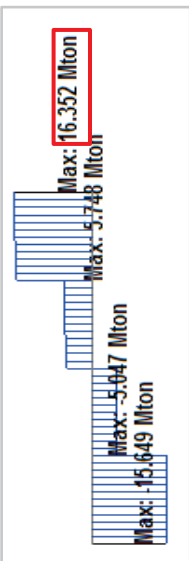
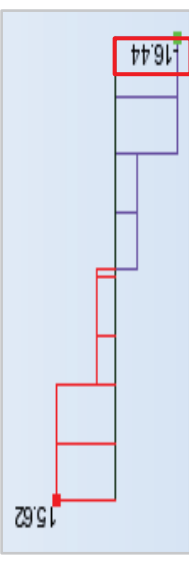
FUENTE:

ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

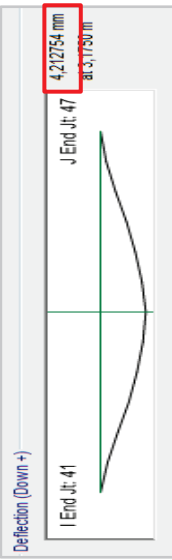
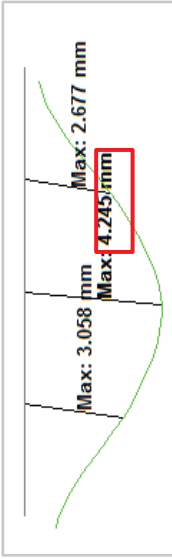
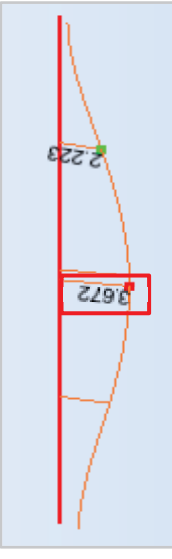
ELABORACIÓN:

María José Echeverría, Byron Suintaxi

**CUADRO 6.7 RESULTADOS VIGA PRINCIPAL DEL 5<sup>o</sup> PISO, EJE B, ENTRE EJES 1 – 2**

MOMENTO FLEXIONANTE (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Mmax = 22,36 [ T-m ]</p>  <p>Moment M3 Max: 22,366 tonf-m at 6,300 m</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Mmax = 21,81 [ T-m ]</p>  <p>Max: 19,547 MTon-m Max: 13,171 MTon-m Max: 21,807 MTon-m</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Mmax = 21,99 [ T-m ]</p>  <p>Max: 21,99</p>
FUERZA CORTANTE (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Vmax = 16,56 [ T ]</p>  <p>Shear V2 Max: 16,5594 tonf at 6,300 m</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Vmax = 16,35 [ T ]</p>  <p>Max: 15,649 Mton Max: 5,647 Mton Max: 16,352 Mton Max: 5,748 Mton</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Vmax = 16,44 [ T ]</p>  <p>Max: 15,62 Max: 16,44</p>

**CUADRO 6.7 CONTINUACIÓN**

DEFLEXIÓN (CARGA VIVA: L)																																																														
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p><math>\delta_{max} = 4,21 \text{ [ mm ]}</math></p> 	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p><math>\delta_{max} = 4,25 \text{ [ mm ]}</math></p> 	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p><math>\delta_{max} = 3,67 \text{ [ mm ]}</math></p> 																																																												
DISEÑO POR EL MÉTODO LRFD (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)																																																														
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Demanda/capacidad = 0,88  <math>\mu_u = 22,36 \text{ [ T-m ]}</math>  <math>\phi M_n = 25,49 \text{ [ T-m ]}</math></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1b)</b></p> <table border="1"> <tr> <td>D/C Ratio =</td> <td><math>(P_u/2P_c) + (M_{u33}/M_{c33}) + (M_{u22}/M_{c22})</math></td> </tr> <tr> <td>0,877 =</td> <td><math>0 + 0,877 + 0</math></td> </tr> </table> <p><b>Moments and Capacities</b></p> <table border="1"> <tr> <td><math>M_u</math> Moment (tonf-m)</td> <td><math>\phi M_c</math> Capacity (tonf-m)</td> </tr> <tr> <td>22,3569</td> <td>25,4937</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>4,3461</td> </tr> </table> </div>	D/C Ratio =	$(P_u/2P_c) + (M_{u33}/M_{c33}) + (M_{u22}/M_{c22})$	0,877 =	$0 + 0,877 + 0$	$M_u$ Moment (tonf-m)	$\phi M_c$ Capacity (tonf-m)	22,3569	25,4937	0	4,3461	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Demanda/capacidad = 0,86  <math>\mu_u = 157,72 \text{ kip feet} = 21,80 \text{ [ T-m ]}</math>  <math>\phi M_n = 184,40 \text{ kip feet} = 25,49 \text{ [ T-m ]}</math></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>DESIGN STRENGTH (KIP . FEET)</b></p> <table border="1"> <tr> <td>PNC</td> <td>288</td> <td>PNT</td> <td>373.7</td> </tr> <tr> <td>MNZ</td> <td>184.4</td> <td>MNY</td> <td>31.4</td> </tr> <tr> <td>VNZ</td> <td>100.6</td> <td>VNY</td> <td>66.3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td>0</td> </tr> </table> <p><b>Critical load (KIP, FEET)</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Load</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Loc(1)</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>FX</td> <td>0.000000 T</td> </tr> <tr> <td>MY</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>MZ</td> <td>157.7256</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>Code</td> <td>Result</td> <td>Ratio</td> <td>Critical</td> <td>KLR</td> </tr> <tr> <td>360-10 L</td> <td>PASS</td> <td>0.853987</td> <td>Eq. H1-1b</td> <td>44.72307</td> </tr> </table> </div>	PNC	288	PNT	373.7	MNZ	184.4	MNY	31.4	VNZ	100.6	VNY	66.3		0		0	Load	6	Loc(1)	0	FX	0.000000 T	MY	0	MZ	157.7256	Code	Result	Ratio	Critical	KLR	360-10 L	PASS	0.853987	Eq. H1-1b	44.72307	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Demanda/capacidad = 0,86  <math>\mu_u = 21,99 \text{ [ T-m ]}</math>  <math>\phi M_n = 25,49 \text{ [ T-m ]}</math></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>ESFUERZOS INTERNOS: RESISTENCIAS DE DIMENSIONAMIENTO</b></p> <table border="1"> <tr> <td><math>T_r = -0,00 \text{ T}^*m</math></td> <td><math>F_{ly}^*P_{nty} = 169,49 \text{ T}</math></td> <td><math>F_{ly}^*V_{ny} = 68,43 \text{ T}</math></td> </tr> <tr> <td><math>P_r = -0,00 \text{ T}</math></td> <td><math>F_{ib}^*M_{ny} = 25,49 \text{ T}^*m</math></td> <td><math>F_{ly}^*V_{nz} = 30,09 \text{ T}</math></td> </tr> <tr> <td><math>M_{ry} = -21,99 \text{ T}^*m</math></td> <td><math>F_{ib}^*M_{nz} = 4,35 \text{ T}^*m</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>M_{rz} = -0,00 \text{ T}^*m</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p><b>RESULTADOS</b></p> <table border="1"> <tr> <td><math>P_r / (2 * F_{ly}^*P_{nty}) + M_{ry} / (F_{ib}^*M_{ny}) + M_{rz} / (F_{ib}^*M_{nz}) = 0,86</math></td> <td><math>1,00</math></td> </tr> </table> </div>	$T_r = -0,00 \text{ T}^*m$	$F_{ly}^*P_{nty} = 169,49 \text{ T}$	$F_{ly}^*V_{ny} = 68,43 \text{ T}$	$P_r = -0,00 \text{ T}$	$F_{ib}^*M_{ny} = 25,49 \text{ T}^*m$	$F_{ly}^*V_{nz} = 30,09 \text{ T}$	$M_{ry} = -21,99 \text{ T}^*m$	$F_{ib}^*M_{nz} = 4,35 \text{ T}^*m$		$M_{rz} = -0,00 \text{ T}^*m$			$P_r / (2 * F_{ly}^*P_{nty}) + M_{ry} / (F_{ib}^*M_{ny}) + M_{rz} / (F_{ib}^*M_{nz}) = 0,86$	$1,00$
D/C Ratio =	$(P_u/2P_c) + (M_{u33}/M_{c33}) + (M_{u22}/M_{c22})$																																																													
0,877 =	$0 + 0,877 + 0$																																																													
$M_u$ Moment (tonf-m)	$\phi M_c$ Capacity (tonf-m)																																																													
22,3569	25,4937																																																													
0	4,3461																																																													
PNC	288	PNT	373.7																																																											
MNZ	184.4	MNY	31.4																																																											
VNZ	100.6	VNY	66.3																																																											
	0		0																																																											
Load	6																																																													
Loc(1)	0																																																													
FX	0.000000 T																																																													
MY	0																																																													
MZ	157.7256																																																													
Code	Result	Ratio	Critical	KLR																																																										
360-10 L	PASS	0.853987	Eq. H1-1b	44.72307																																																										
$T_r = -0,00 \text{ T}^*m$	$F_{ly}^*P_{nty} = 169,49 \text{ T}$	$F_{ly}^*V_{ny} = 68,43 \text{ T}$																																																												
$P_r = -0,00 \text{ T}$	$F_{ib}^*M_{ny} = 25,49 \text{ T}^*m$	$F_{ly}^*V_{nz} = 30,09 \text{ T}$																																																												
$M_{ry} = -21,99 \text{ T}^*m$	$F_{ib}^*M_{nz} = 4,35 \text{ T}^*m$																																																													
$M_{rz} = -0,00 \text{ T}^*m$																																																														
$P_r / (2 * F_{ly}^*P_{nty}) + M_{ry} / (F_{ib}^*M_{ny}) + M_{rz} / (F_{ib}^*M_{nz}) = 0,86$	$1,00$																																																													

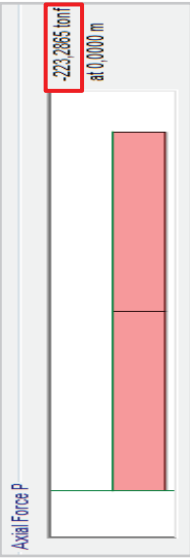
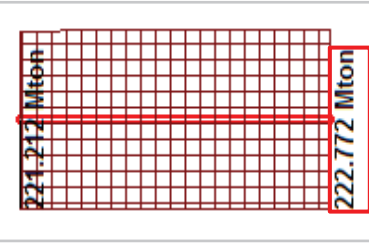
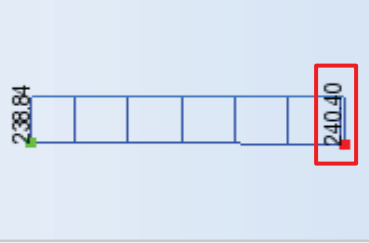
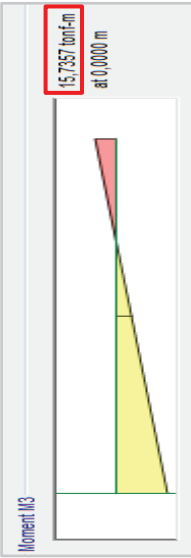
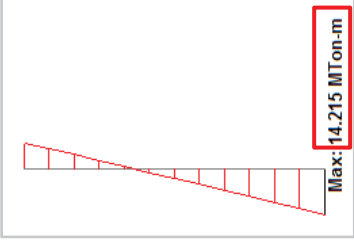
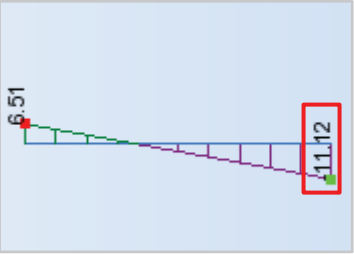
FUENTE:

ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

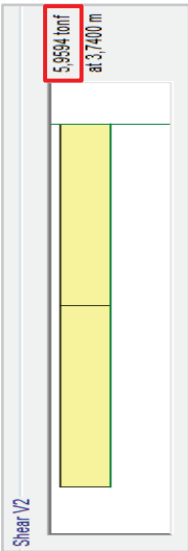
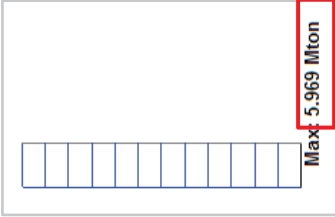
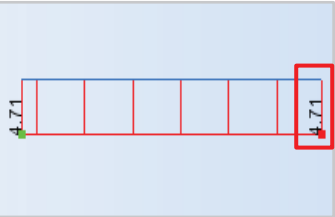
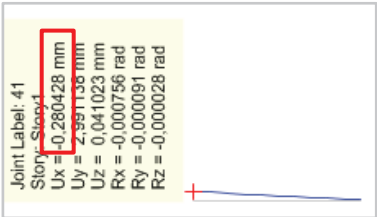
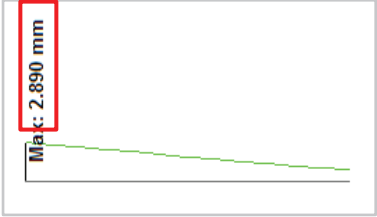
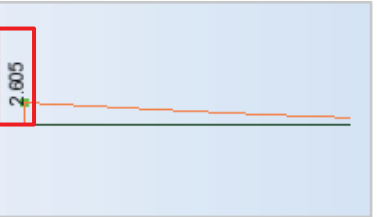
ELABORACIÓN:

María José Echeverría, Byron Suintaxi

**CUADRO 6.8 RESULTADOS COLUMNA PERIMETRAL DEL 1<sup>er</sup> PISO, INTERSECCIÓN EJES B – 1**

FUERZA AXIAL (ENVOLVENTE: 1.2D + 1.6L)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p>Amax = 223,29 [ T ]</p>  <p>Axial Force P</p>	<p>Amax = 222,77 [ T ]</p> 	<p>Amax = 240,40 [ T ]</p> 
MOMENTO FLEXIONANTE (ENVOLVENTE 1.2D + L + EX)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p>Mmax = 15,74 [ T-m ]</p>  <p>Moment M3</p>	<p>Mmax = 14,22 [ T-m ]</p> 	<p>Mmax = 11,12 [ T-m ]</p> 

### CUADRO 6.8 CONTINUACIÓN

FUERZA CORTANTE (ENVOLVENTE 1.2D + L + EX)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p>Vmax = 5,96 [ T ]</p>  <p>Shear V2 5.9594 tonf at 3,7400 m</p>	<p>Vmax = 5,97 [ T ]</p>  <p>Max: 5.969 Mton</p>	<p>Vmax = 4,71 [ T ]</p>  <p>4.71</p>
DEFLEXIÓN (SISMO Y)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p>δmax = 2,99 [ mm ]</p>  <p>Joint Label: 41 Story: Stoop4 Ux = -0,280428 mm Uy = -2,991128 mm Uz = 0,041023 mm Rx = -0,000756 rad Ry = -0,000091 rad Rz = -0,000028 rad</p>	<p>δmax = 2,89 [ mm ]</p>  <p>Max: 2.890 mm</p>	<p>δmax = 2,61 [ mm ]</p>  <p>2.605</p>

**CUADRO 6.8 CONTINUACIÓN**

DISEÑO POR EL MÉTODO LRFD (ENVOLVENTE: 1.2D + L + EX)																							
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015																					
<p>Demanda/capacidad = 0,83  <math>\mu_u = 15,74</math> [ T-m ]  <math>\phi M_n = 54,84</math> [ T-m ]  <math>P_u = 188,75</math> [ T ]  <math>\phi P_n = 413,23</math> [ T ]</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1a)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><math>D/C \text{ Ratio} =</math></td> <td style="width: 50%;"><math>(P_u/P_n) + (8/9)(M_{u33}/M_{n33}) + (8/9)(M_{u22}/M_{n22})</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,827 =</td> <td style="text-align: center;">0,457 + 0,255 + 0,115</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Axial Force and Capacities</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"><math>P_u</math> Force (tonf)</td> <td style="width: 33%;"><math>\phi P_n</math> Capacity (tonf)</td> <td style="width: 33%;"><math>\phi P_n</math> Capacity (tonf)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">188,7476</td> <td style="text-align: center;">413,2347</td> <td style="text-align: center;">346,7059</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Moments and Capacities</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"><math>M_u</math> Moment (tonf-m)</td> <td style="width: 33%;"><math>\phi M_n</math> Capacity (tonf-m)</td> <td style="width: 33%;"><math>\phi M_n</math> (No LTB) (tonf-m)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">15,7357</td> <td style="text-align: center;">54,8397</td> <td style="text-align: center;">54,8397</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5,9711</td> <td style="text-align: center;">46,1721</td> <td></td> </tr> </table> </div>			$D/C \text{ Ratio} =$	$(P_u/P_n) + (8/9)(M_{u33}/M_{n33}) + (8/9)(M_{u22}/M_{n22})$	0,827 =	0,457 + 0,255 + 0,115	$P_u$ Force (tonf)	$\phi P_n$ Capacity (tonf)	$\phi P_n$ Capacity (tonf)	188,7476	413,2347	346,7059	$M_u$ Moment (tonf-m)	$\phi M_n$ Capacity (tonf-m)	$\phi M_n$ (No LTB) (tonf-m)	15,7357	54,8397	54,8397	5,9711	46,1721		No diseña columnas compuestas	No diseña columnas compuestas
$D/C \text{ Ratio} =$	$(P_u/P_n) + (8/9)(M_{u33}/M_{n33}) + (8/9)(M_{u22}/M_{n22})$																						
0,827 =	0,457 + 0,255 + 0,115																						
$P_u$ Force (tonf)	$\phi P_n$ Capacity (tonf)	$\phi P_n$ Capacity (tonf)																					
188,7476	413,2347	346,7059																					
$M_u$ Moment (tonf-m)	$\phi M_n$ Capacity (tonf-m)	$\phi M_n$ (No LTB) (tonf-m)																					
15,7357	54,8397	54,8397																					
5,9711	46,1721																						

FUENTE:

ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

ELABORACIÓN:

María José Echeverría, Byron Suintaxi


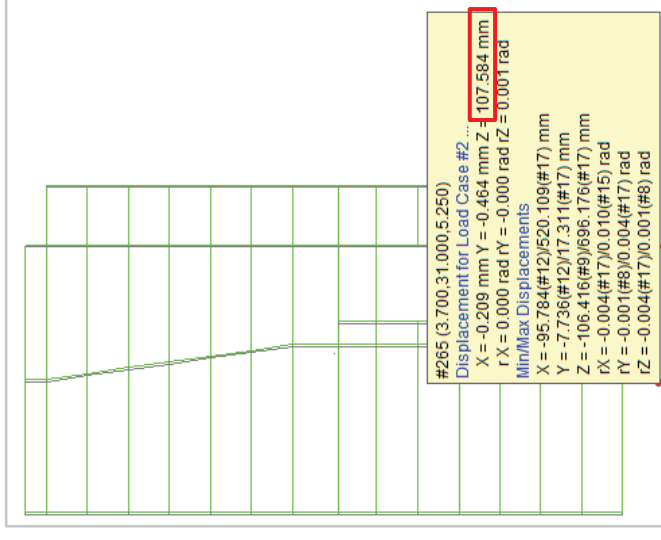
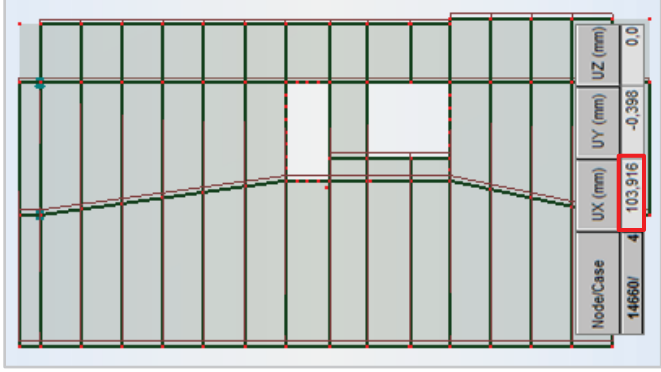
## 6.3 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL EDIFICIO PLUS I

### 6.3.1 ESTRUCTURA GLOBAL

#### CUADRO 6.9 RESULTADOS GENERALES DEL EDIFICIO PLUS I

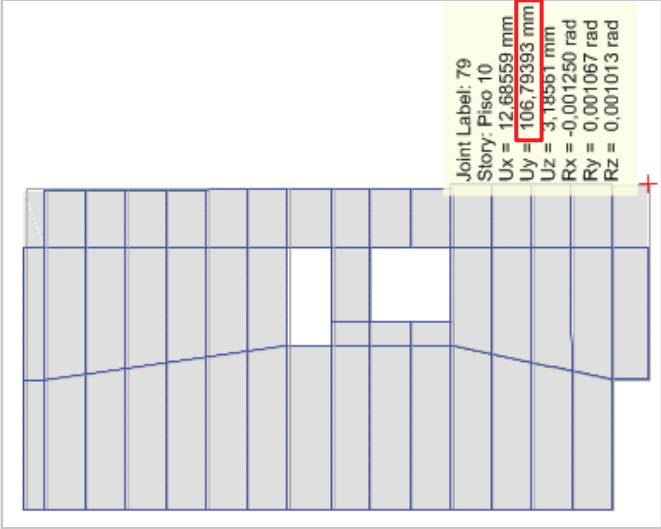
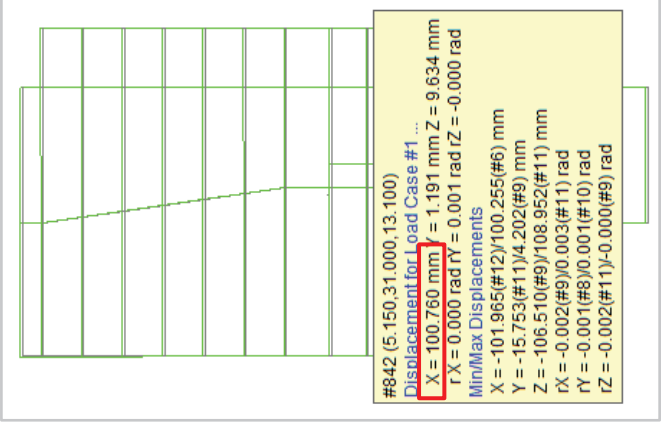
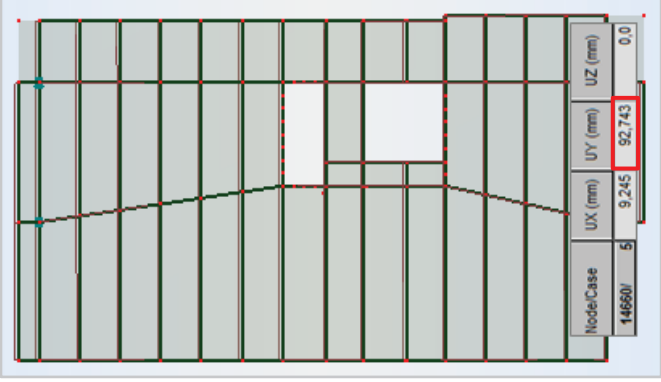
DESCARGAS A NIVEL BASE																																																																																																														
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015																																																																																																												
<p>Peso de la estructura = 4844,61 [ T ] Carga Reactiva = 2275,14 [ T ] Cortante Basal = 282,11 [ T ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Case/Combo</th> <th>FX tonf</th> <th>FY tonf</th> <th>FZ tonf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4844,6137</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Top Story</th> <th>Bottom Story</th> <th>C</th> <th>K</th> <th>Weight Used tonf</th> <th>Base Shear tonf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Story15</td> <td>Story5</td> <td>0,124</td> <td>1,23</td> <td>2275,1445</td> <td>282,1179</td> </tr> </tbody> </table>	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	Peso	0	0	4844,6137	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf	Story15	Story5	0,124	1,23	2275,1445	282,1179	<p>Peso de la estructura = 4681,74 [ T ] Carga Reactiva = 2275,14 [ T ] Cortante Basal = 282,11 [ T ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>LC</th> <th>FX (Mton)</th> <th>FY (Mton)</th> <th>FZ (Mton)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1:EX</td> <td>282.110</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>1:EX</td> <td>Reactions</td> <td>-282.110</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Difference</td> <td>0.000</td> <td>-0.000</td> </tr> <tr> <td>2:EZ</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>282.110</td> </tr> <tr> <td>2:EZ</td> <td>Reactions</td> <td>-0.000</td> <td>-282.110</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Difference</td> <td>-0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>3:PESO</td> <td>0.000</td> <td>-4.68E+3</td> <td>-0.000</td> </tr> <tr> <td>3:PESO</td> <td>Reactions</td> <td>-0.000</td> <td>4.68E+3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Difference</td> <td>-0.000</td> <td>0.000</td> </tr> </tbody> </table>	LC	FX (Mton)	FY (Mton)	FZ (Mton)	1:EX	282.110	0.000	0.000	1:EX	Reactions	-282.110	0.000		Difference	0.000	-0.000	2:EZ	0.000	0.000	282.110	2:EZ	Reactions	-0.000	-282.110		Difference	-0.000	0.000	3:PESO	0.000	-4.68E+3	-0.000	3:PESO	Reactions	-0.000	4.68E+3		Difference	-0.000	0.000	<p>Peso de la estructura = 4555,42 [ T ] Carga Reactiva = 2275,14 [ T ] Cortante Basal = 282,11 [ T ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Node/Case</th> <th>FX (T)</th> <th>FY (T)</th> <th>FZ (T)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Case 4</td> <td>SismoX</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of val.</td> <td></td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of reac.</td> <td></td> <td>-282,11</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sum of forc.</td> <td></td> <td>282,11</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Case 5</td> <td>SismoY</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of val.</td> <td></td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of reac.</td> <td></td> <td>-0,00</td> <td>-282,11</td> </tr> <tr> <td>Sum of forc.</td> <td></td> <td>0,0</td> <td>282,11</td> </tr> <tr> <td>Case 20 (C)</td> <td>Peso</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of val.</td> <td></td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sum of reac.</td> <td></td> <td>-0,00</td> <td>4555,42</td> </tr> </tbody> </table>	Node/Case	FX (T)	FY (T)	FZ (T)	Case 4	SismoX	0,0	0,0	Sum of val.		0,0	0,0	Sum of reac.		-282,11	0,00	Sum of forc.		282,11	0,0	Case 5	SismoY	0,0	0,0	Sum of val.		0,0	0,0	Sum of reac.		-0,00	-282,11	Sum of forc.		0,0	282,11	Case 20 (C)	Peso	0,0	0,0	Sum of val.		0,0	0,0	Sum of reac.		-0,00	4555,42
Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf																																																																																																											
Peso	0	0	4844,6137																																																																																																											
Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf																																																																																																									
Story15	Story5	0,124	1,23	2275,1445	282,1179																																																																																																									
LC	FX (Mton)	FY (Mton)	FZ (Mton)																																																																																																											
1:EX	282.110	0.000	0.000																																																																																																											
1:EX	Reactions	-282.110	0.000																																																																																																											
	Difference	0.000	-0.000																																																																																																											
2:EZ	0.000	0.000	282.110																																																																																																											
2:EZ	Reactions	-0.000	-282.110																																																																																																											
	Difference	-0.000	0.000																																																																																																											
3:PESO	0.000	-4.68E+3	-0.000																																																																																																											
3:PESO	Reactions	-0.000	4.68E+3																																																																																																											
	Difference	-0.000	0.000																																																																																																											
Node/Case	FX (T)	FY (T)	FZ (T)																																																																																																											
Case 4	SismoX	0,0	0,0																																																																																																											
Sum of val.		0,0	0,0																																																																																																											
Sum of reac.		-282,11	0,00																																																																																																											
Sum of forc.		282,11	0,0																																																																																																											
Case 5	SismoY	0,0	0,0																																																																																																											
Sum of val.		0,0	0,0																																																																																																											
Sum of reac.		-0,00	-282,11																																																																																																											
Sum of forc.		0,0	282,11																																																																																																											
Case 20 (C)	Peso	0,0	0,0																																																																																																											
Sum of val.		0,0	0,0																																																																																																											
Sum of reac.		-0,00	4555,42																																																																																																											
PERÍODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN																																																																																																														
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015																																																																																																												
<p>Período fundamental= 1,31 [ s ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Case</th> <th>Mode</th> <th>Period sec</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modal</td> <td>1</td> <td>1,306</td> </tr> </tbody> </table>	Case	Mode	Period sec	Modal	1	1,306	<p>Período fundamental = 1,37 [ s ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>MODE</th> <th>FREQUENCY (CYCLES/SEC)</th> <th>PERIOD (SEC)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.731</td> <td>1.36709</td> </tr> </tbody> </table>	MODE	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)	1	0.731	1.36709	<p>Período fundamental = 1,38 [ s ]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Case/Mode</th> <th>Frequency (Hz)</th> <th>Period (sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>19/ 1</td> <td>0,72</td> <td>1,38</td> </tr> </tbody> </table>	Case/Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)	19/ 1	0,72	1,38																																																																																										
Case	Mode	Period sec																																																																																																												
Modal	1	1,306																																																																																																												
MODE	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)																																																																																																												
1	0.731	1.36709																																																																																																												
Case/Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)																																																																																																												
19/ 1	0,72	1,38																																																																																																												

### CUADRO 6.9 CONTINUACIÓN

DESPLAZAMIENTO MÁXIMO DEL ÚLTIMO PISO EN DIRECCIÓN X (SISMO EN X)		
<p>ETABS Versión 15.0.0</p> <p>Despl. Max = 110,04 [ mm ]</p>  <p>Joint Label: 79 Story: Piso.10 Ux = 110.03933 mm Uy = 9.73353 mm Uz = -10.04127 mm Rx = -0.001000 rad Ry = 0.003560 rad Rz = 0.001447 rad</p>	<p>STAAD.Pro V8i</p> <p>Despl. Max en último piso = 107,58 [ mm ]</p>  <p>#265 (3.700,31.000,5.250) Displacement for Load Case #2... X = -0.209 mm Y = -0.464 mm Z = 107.584 mm rX = 0.000 rad rY = -0.000 rad rZ = 0.001 rad Min/Max Displacements X = -95.784(#12)/520.109(#17) mm Y = -7.736(#12)/17.311(#17) mm Z = -106.416(#9)/696.176(#17) mm rX = -0.004(#17)/0.010(#15) rad rY = -0.001(#8)/0.004(#17) rad rZ = -0.004(#17)/0.001(#8) rad</p>	<p>ROBOT STRUCTURAL 2015</p> <p>Despl. Max en último piso = 103,92 [ mm ]</p>  <p>Node/Case 14660/4 UX (mm) 103.916 UY (mm) -0.396 UZ (mm) 0.0</p>



### CUADRO 6.9 CONTINUACIÓN

DESPLAZAMIENTO MÁXIMO DEL ÚLTIMO PISO EN DIRECCIÓN Y (SISMO EN Y)		
<p>ETABS Versión 15.0.0</p> <p>Despl. Max en último piso = 106,79 [ mm ]</p> 	<p>STAAD.Pro V8i</p> <p>Despl. Max en último piso = 100,76 [ mm ]</p> 	<p>ROBOT STRUCTURAL 2015</p> <p>Despl. Max en último piso = 92,74 [ mm ]</p> 

### CUADRO 6.9 CONTINUACIÓN

DERIVAS DE PISO EN PÓRICO "B"- DIRECCIÓN X (SISMO EN X)									
<b>ETABS Versión 15.0.0</b> Deriva máxima inelástica = 0,01944	<b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b> Deriva máxima inelástica = 0,01559								
<b>STAAD.Pro V8i</b> Deriva máxima inelástica = 0,01620	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Node/Case</th> <th>UX (mm)</th> <th>UY (mm)</th> <th>UZ (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>291 / 4</td> <td>103,906</td> <td>-0,483</td> <td>0,625</td> </tr> </tbody> </table>	Node/Case	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)	291 / 4	103,906	-0,483	0,625
Node/Case	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)						
291 / 4	103,906	-0,483	0,625						
<b>ETABS Versión 15.0.0</b> Deriva máxima inelástica = 0,01944 Story: Piso.10 Ux = 107,94108 mm Uy = -9,22310 mm Uz = 1,02463 mm Rx = 0,000288 rad Ry = 0,002853 rad Rz = 0,001447 rad									

**CUADRO 6.9 CONTINUACIÓN**

DERIVAS DE PISO EN PÓRTICO "B"- DIRECCIÓN X (SISMO EN X)									
ETABS Versión 15.0.0			STAAD.Pro V8i			ROBOT STRUCTURAL 2015			
Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M_{R \cdot \Delta E^{0.75}}$	Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M_{R \cdot \Delta E^{0.75}}$
Décimo	107,94	3,10	0,00351	0,01841	Décimo	107,62	3,10	0,00297	0,01562
Noveno	97,07	3,10	0,00360	0,01888	Noveno	98,39	3,10	0,00304	0,01598
Octavo	85,92	3,10	0,00366	0,01924	Octavo	88,96	3,10	0,00307	0,01611
Séptimo	74,56	3,10	0,00370	0,01944	Séptimo	79,44	3,10	0,00309	0,01620
Sexto	63,08	3,10	0,00368	0,01934	Sexto	69,88	3,10	0,00308	0,01614
Quinto	51,66	3,10	0,00359	0,01883	Quinto	60,34	3,10	0,00303	0,01589
Cuarto	40,54	3,10	0,00339	0,01780	Cuarto	50,96	3,10	0,00293	0,01541
Tercero	30,03	3,10	0,00307	0,01613	Tercero	41,86	3,10	0,00279	0,01463
Segundo	20,51	3,10	0,00265	0,01389	Segundo	33,22	3,10	0,00260	0,01365
Primero	12,31	3,10	0,00276	0,01447	Primero	25,16	3,10	0,00267	0,01403
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>					<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>				
Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M_{R \cdot \Delta E^{0.75}}$	Piso	Despl. Max en X [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M_{R \cdot \Delta E^{0.75}}$
Décimo	103,91	3,10	0,00286	0,01500	Décimo	103,91	3,10	0,00286	0,01500
Noveno	95,05	3,10	0,00292	0,01535	Noveno	95,05	3,10	0,00292	0,01535
Octavo	85,99	3,10	0,00295	0,01548	Octavo	85,99	3,10	0,00295	0,01548
Séptimo	76,84	3,10	0,00297	0,01559	Séptimo	76,84	3,10	0,00297	0,01559
Sexto	67,64	3,10	0,00296	0,01555	Sexto	67,64	3,10	0,00296	0,01555
Quinto	58,46	3,10	0,00292	0,01534	Quinto	58,46	3,10	0,00292	0,01534
Cuarto	49,40	3,10	0,00284	0,01490	Cuarto	49,40	3,10	0,00284	0,01490
Tercero	40,60	3,10	0,00270	0,01418	Tercero	40,60	3,10	0,00270	0,01418
Segundo	32,23	3,10	0,00253	0,01328	Segundo	32,23	3,10	0,00253	0,01328
Primero	24,39	3,10	0,00243	0,01276	Primero	24,39	3,10	0,00243	0,01276
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>					<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>				

### CUADRO 6.9 CONTINUACIÓN

DERIVAS DE PISO EN PÓRICO "3"- DIRECCIÓN Y (SISMO EN Y)									
<b>ETABS Versión 15.0.0</b> Deriva máxima inelástica = 0,02086	<b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b> Deriva máxima inelástica = 0,01695								
<b>STAAD.Pro V8i</b> Deriva máxima inelástica = 0,01847	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Node/Case</th> <th>UX (mm)</th> <th>UY (mm)</th> <th>UZ (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>471/ 5</td> <td>9,245</td> <td>90,849</td> <td>3,199</td> </tr> </tbody> </table>	Node/Case	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)	471/ 5	9,245	90,849	3,199
Node/Case	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)						
471/ 5	9,245	90,849	3,199						
Story: Piso 10 Ux = 11,21612 mm Uy = 104,20969 mm Uz = 2,14816 mm Rx = -0,001932 rad Ry = 0,000085 rad Rz = 0,001013 rad									

## CUADRO 6.9 CONTINUACIÓN

DERIVAS DE PISO EN PÓRTICO "3". DIRECCIÓN Y (SISMO EN Y)									
ETABS Versión 15.0.0			STAAD.Pro V8i			ROBOT STRUCTURAL 2015			
Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0.75}$	Piso	Despl. Max en Y [ mm ]	Altura de piso [ m ]	$\Delta E$	$\Delta M$ $R^{\Delta E \cdot 0.75}$
Décimo	104,21	3,10	0,00294	0,01543	Décimo	98,58	3,10	0,00260	0,01364
Noveno	95,10	3,10	0,00320	0,01679	Noveno	90,53	3,10	0,00284	0,01490
Octavo	85,18	3,10	0,00349	0,01831	Octavo	81,73	3,10	0,00309	0,01620
Séptimo	74,37	3,10	0,00375	0,01969	Séptimo	72,16	3,10	0,00331	0,01737
Sexto	62,74	3,10	0,00393	0,02063	Sexto	61,91	3,10	0,00346	0,01819
Quinto	50,56	3,10	0,00397	0,02086	Quinto	51,17	3,10	0,00352	0,01847
Cuarto	38,24	3,10	0,00383	0,02013	Cuarto	40,26	3,10	0,00343	0,01802
Tercero	26,35	3,10	0,00346	0,01816	Tercero	29,63	3,10	0,00317	0,01665
Segundo	15,63	3,10	0,00280	0,01469	Segundo	19,80	3,10	0,00269	0,01412
Primero	6,95	3,10	0,00199	0,01044	Primero	11,46	3,10	0,00195	0,01023
<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>					<b><math>\Delta M</math> máxima permisible NEC15 = 0,02</b>				

FUENTE:

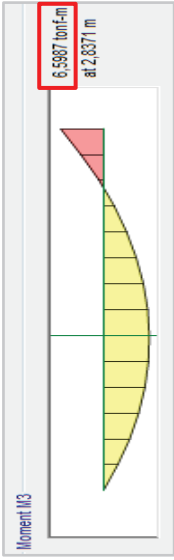
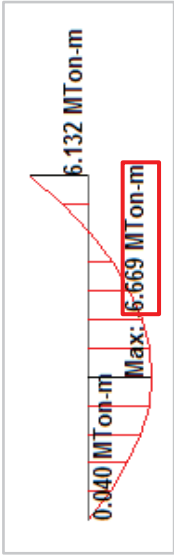
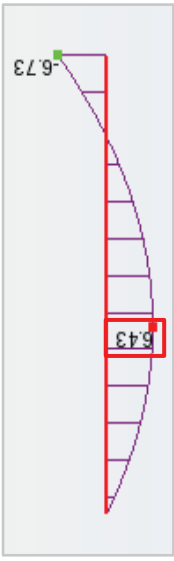
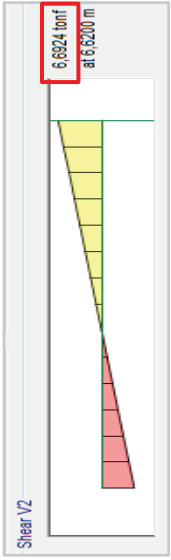

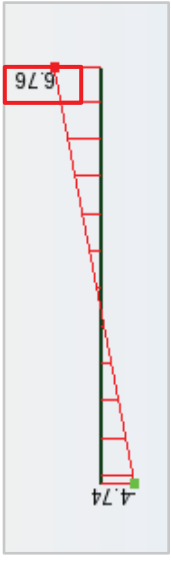
ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

ELABORACIÓN:

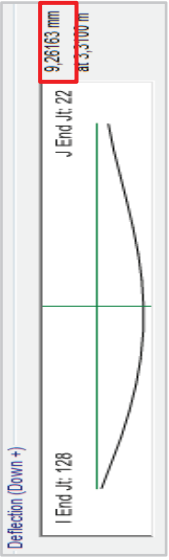
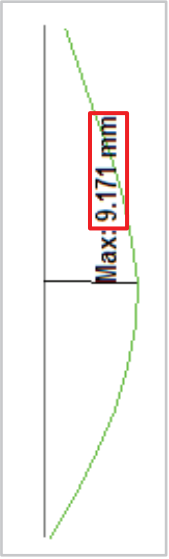
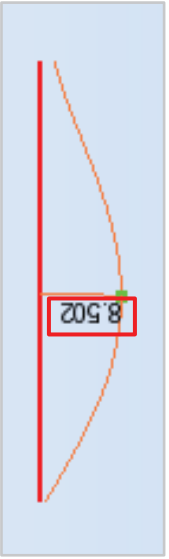
María José Echeverría, Byron Suintaxi

### 6.3.2 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

**CUADRO 6.10 RESULTADOS VIGUETA DEL 9<sup>no</sup> PISO, ENTRE EJES C – C' Y EJES 1 – 2'**

MOMENTO FLEXIONANTE (ENVOLVENTE: 1.2D +1.6L)		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Mmax = 6,60 [ T-m ]</p>  <p>6,597 tonf-m at 2,837 m</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Mmax = 6,67 [ T-m ]</p>  <p>6,132 MTon-m Max: 6,669 MTon-m</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Mmax = 6,43 [ T-m ]</p>  <p>6,43 6,73</p>
FUERZA CORTANTE (ENVOLVENTE: 1.2D +1.6L)		
<p><b>ETABS Versión 15.0.0</b></p> <p>Vmax = 6,69 [ T ]</p>  <p>6,624 tonf at 6,200 m</p>	<p><b>STAAD.Pro V8i</b></p> <p>Vmax = 6,67 [ T ]</p>  <p>4,827 mton Max: -6,668 Mton</p>	<p><b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b></p> <p>Vmax = 6,76 [ T ]</p>  <p>4,74 -6,76</p>

### CUADRO 6.10 CONTINUACIÓN

DEFLEXIÓN (CARGA VIVA: L)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
$\delta_{max} = 9,26$ [ mm ] 	$\delta_{max} = 9,17$ [ mm ] 	$\delta_{max} = 8,50$ [ mm ] 

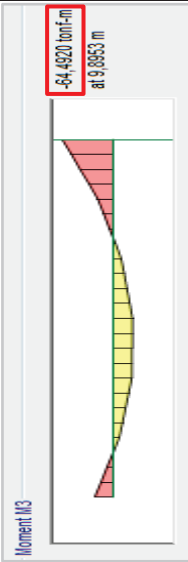
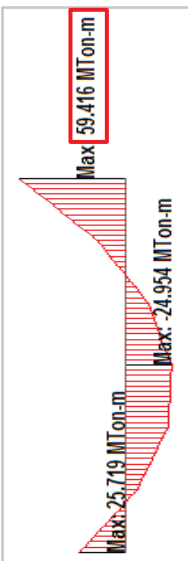
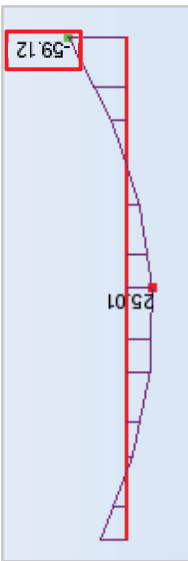
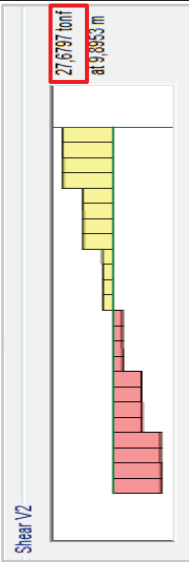
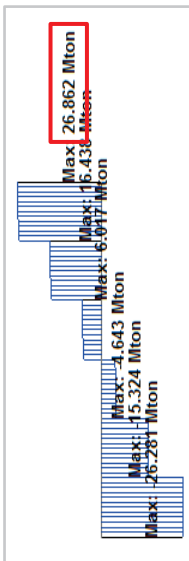
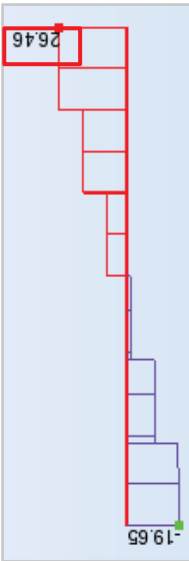
FUENTE:

ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

ELABORACIÓN:

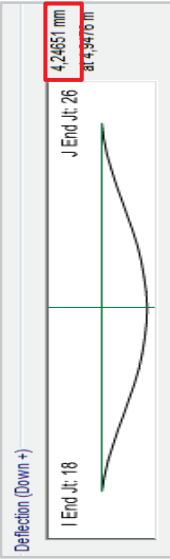
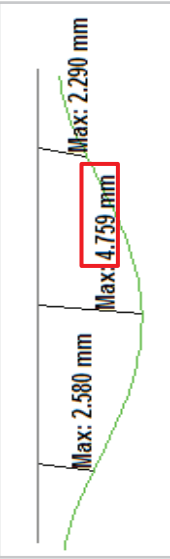
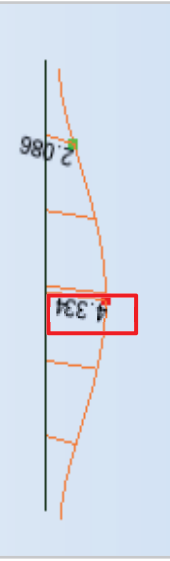
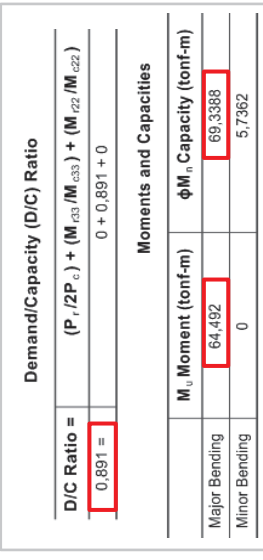
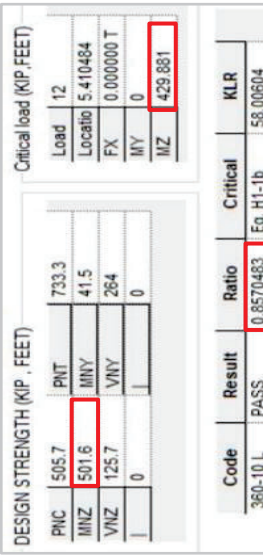
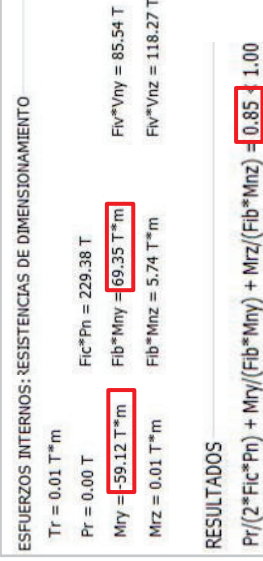
María José Echeverría, Byron Suintaxi

**CUADRO 6.11 RESULTADOS VIGA PRINCIPAL DEL 9º PISO, ENTRE EJES D – E Y EJES 2 – 2´**

MOMENTO FLEXIONANTE (ENVOLVENTE: 1.2D + L - EY)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p>Mmax = 64,49 [ T-m ]</p>  <p>Moment M3 -64,4920 tonf-m at 9,8953 m</p>	<p>Mmax = 59,42 [ T-m ]</p>  <p>Max: 59,416 Mton-m Max: -24,954 Mton-m Max: 25,719 Mton-m</p>	<p>Mmax = 59,12 [ T-m ]</p>  <p>25,01 -59,12</p>
FUERZA CORTANTE (ENVOLVENTE: 1.2D +1.6L)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p>Vmax = 27,68 [ T ]</p>  <p>Shear V2 27,6797 tonf at 9,8953 m</p>	<p>Vmax = 26,82 [ T ]</p>  <p>Max: 26,862 Mton Max: 15,436 Mton Max: 6,017 Mton Max: 1,643 Mton Max: 15,324 Mton Max: -26,281 Mton</p>	<p>Vmax = 26,46 [ T ]</p>  <p>26,46 -19,65</p>



### CUADRO 6.11 CONTINUACIÓN

DEFLEXIÓN (CARGA VIVA: L)		
<b>ETABS Versión 15.0.0</b> $\delta_{max} = 4,25$ [ mm ] 	<b>STAAD.Pro V8i</b> $\delta_{max} = 4,76$ [ mm ] 	<b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b> $\delta_{max} = 4,33$ [ mm ] 
DISEÑO POR EL MÉTODO LRFD (ENVOLVENTE: 1.2D + L - EY)		
<b>ETABS Versión 15.0.0</b> Demanda/capacidad = 0,89 $M_u = 64,49$ [ T-m ] $\phi M_n = 69,34$ [ T-m ] 	<b>STAAD.Pro V8i</b> Demanda/capacidad = 0,86 $M_u = 429,88$ kip feet = 59,42 [ T-m ] $\phi M_n = 501,6$ kip feet = 69,34 [ T-m ] 	<b>ROBOT STRUCTURAL 2015</b> Demanda/capacidad = 0,85 $M_u = 59,12$ [ T-m ] $\phi M_n = 69,35$ [ T-m ] 

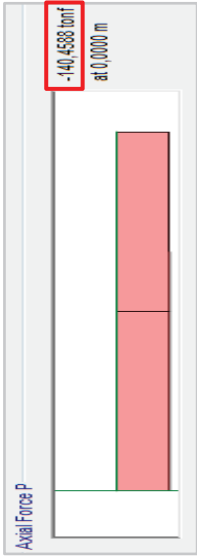

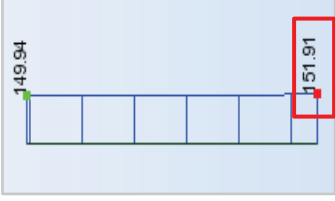

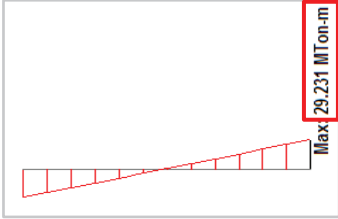

FUENTE:

ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

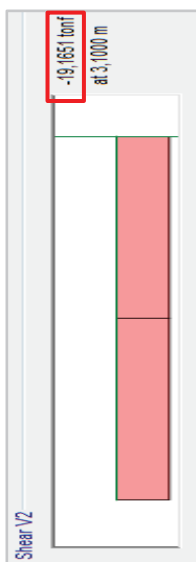
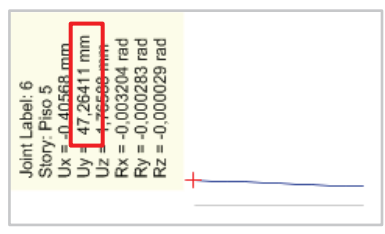
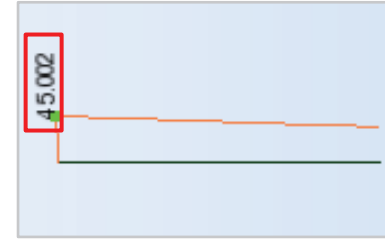
ELABORACIÓN:

María José Echeverría, Byron Suintaxi

**CUADRO 6.12 RESULTADOS COLUMNA CENTRAL DEL 5<sup>to</sup> PISO, INTERSECCIÓN EJES B – 2**

FUERZA AXIAL (ENVOLVENTE: 1.2D + L - EY)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p>Amax = 140,46 [ T ]</p> 	<p>Amax = 153,24 [ T ]</p> 	<p>Amax = 151,91 [ T ]</p> 
MOMENTO FLEXIONANTE (ENVOLVENTE 1.2D + L - EX)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p>Mmax = 30,60 [ T-m ]</p> 	<p>Mmax = 29,23 [ T-m ]</p> 	<p>Mmax = 30,66 [ T-m ]</p> 

### CUADRO 6.12 CONTINUACIÓN

FUERZA CORTANTE (ENVOLVENTE 1.2D + L - EX)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p><math>V_{max} = 19,17 [T]</math></p>  <p>Shear V2 -19,165 tonf at 3,1000 m</p>	<p><math>V_{max} = 18,61 [T]</math></p>  <p>Max: 18.611 Mton</p>	<p><math>V_{max} = 19,60 [T]</math></p>  <p>19.60</p>
DEFLEXIÓN (SISMO Y)		
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i	ROBOT STRUCTURAL 2015
<p><math>\delta_{max} = 47,26 [mm]</math></p>  <p>Joint Label: 6 Story: Piso 5 Ux = -0.40568 mm Uy = 47,26411 mm Uz = -76599 mm Rx = -0.003204 rad Ry = -0.000283 rad Rz = -0.000029 rad</p>	<p><math>\delta_{max} = 47,97 [mm]</math></p>  <p>Max: 47.967 mm</p>	<p><math>\delta_{max} = 45,00 [mm]</math></p>  <p>45.0002</p>

### CUADRO 6.12 CONTINUACIÓN

DISEÑO POR EL MÉTODO LRFD (ENVOLVENTE: 1.2D + L+ EX)		ROBOT STRUCTURAL 2015																															
ETABS Versión 15.0.0	STAAD.Pro V8i																																
<p>Demanda/capacidad = 0,46</p> <p><math>M_u = 11,90</math> [ T-m ]</p> <p><math>\phi M_n = 124,74</math> [ T-m ]</p> <p><math>P_u = 138,49</math> [ T ]</p> <p><math>\phi P_n = 669,47</math> [ T ]</p>	<p>No diseña columnas compuestas</p>	<p>No diseña columnas compuestas</p>																															
<table border="1"> <tr> <td colspan="2"> <math display="block">D/C \text{ Ratio} = \frac{(P_u/P_c) + (8/9)(M_{u33}/M_{c33}) + (8/9)(M_{u22}/M_{c22})}{0.207 + 0.085 + 0.169}</math> </td> </tr> <tr> <td>0,461 =</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Axial Force and Capacities</b></td> </tr> <tr> <td><math>P_u</math> Force (tonf)</td> <td><math>\phi P_n</math> Capacity (tonf)</td> </tr> <tr> <td>138,495</td> <td>669,4651</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>\phi P_n</math> Capacity (tonf)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>557,568</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Moments and Capacities</b></td> </tr> <tr> <td><math>M_u</math> Moment (tonf-m)</td> <td><math>\phi M_n</math> Capacity (tonf-m)</td> <td><math>\phi M_n</math> (No LTB) (tonf-m)</td> </tr> <tr> <td>11,9027</td> <td>124,7443</td> <td>124,7443</td> </tr> <tr> <td>15,786</td> <td>82,9267</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Major Bending</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Minor Bending</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			$D/C \text{ Ratio} = \frac{(P_u/P_c) + (8/9)(M_{u33}/M_{c33}) + (8/9)(M_{u22}/M_{c22})}{0.207 + 0.085 + 0.169}$		0,461 =		<b>Axial Force and Capacities</b>		$P_u$ Force (tonf)	$\phi P_n$ Capacity (tonf)	138,495	669,4651		$\phi P_n$ Capacity (tonf)		557,568	<b>Moments and Capacities</b>		$M_u$ Moment (tonf-m)	$\phi M_n$ Capacity (tonf-m)	$\phi M_n$ (No LTB) (tonf-m)	11,9027	124,7443	124,7443	15,786	82,9267		Major Bending			Minor Bending		
$D/C \text{ Ratio} = \frac{(P_u/P_c) + (8/9)(M_{u33}/M_{c33}) + (8/9)(M_{u22}/M_{c22})}{0.207 + 0.085 + 0.169}$																																	
0,461 =																																	
<b>Axial Force and Capacities</b>																																	
$P_u$ Force (tonf)	$\phi P_n$ Capacity (tonf)																																
138,495	669,4651																																
	$\phi P_n$ Capacity (tonf)																																
	557,568																																
<b>Moments and Capacities</b>																																	
$M_u$ Moment (tonf-m)	$\phi M_n$ Capacity (tonf-m)	$\phi M_n$ (No LTB) (tonf-m)																															
11,9027	124,7443	124,7443																															
15,786	82,9267																																
Major Bending																																	
Minor Bending																																	

FUENTE:

ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

ELABORACIÓN:

María José Echeverría, Byron Suintaxi

## 6.4 RESUMEN DE RESULTADOS

El siguiente cuadro resumen muestra la diferencia en porcentaje de los valores obtenidos para los parámetros más importantes de los edificios estudiados, en los programas STAAD.Pro y Robot Structural respecto al Etabs.

**CUADRO 6.13 RESUMEN DE RESULTADOS**

Parámetro	Unidad	LOAIZA			UNACH			PLUS I		
		ETABS	STAAD.Pro V8i	Robot Structural	ETABS	STAAD.Pro V8i	Robot Structural	ETABS	STAAD.Pro V8i	Robot Structural
<b>Descargas a nivel base</b>										
Peso de la estructura	T	1508,95	1497,84 0,74%	1522,25 0,88%	4469,87	4664,62 4,36%	4501,13 0,70%	4844,61	4681,74 3,36%	4555,42 5,97%
<b>Periodo de vibración</b>										
Primer Modo	s	0,33	0,35 6,06%	0,32 3,03%	1,05	0,92 12,38%	0,92 12,38%	1,31	1,37 4,58%	1,38 5,34%
<b>Despl. Max del último piso</b>										
En dirección X	mm	12,77	13,01 1,88%	11,15 12,69%	76,71	61,79 19,45%	56,05 26,93%	110,04	107,58 2,24%	103,92 5,56%
En dirección Y	mm	4,66	4,41 5,36%	3,75 19,53%	35,08	25,00 28,73%	23,53 32,92%	106,79	100,76 5,65%	92,74 13,16%
<b>Deriva Max inelástica</b>										
En dirección X	-	0,00688	0,00699 1,60%	0,00613 10,90%	0,01735	0,01358 21,73%	0,0124 28,53%	0,01944	0,01620 16,67%	0,01559 19,80%
En dirección Y	-	0,00277	0,00246 11,19%	0,00214 22,74%	0,00819	0,00573 30,04%	0,00535 34,68%	0,02086	0,01847 11,46%	0,01695 18,74%
<b>Vigueta</b>										
Momento flexionante	T-m	5,04	5,06 0,40%	5,10 1,19%	5,54	5,61 1,26%	5,62 1,44%	6,6	6,67 1,06%	6,43 2,58%
Deflexión	mm	7,83	7,14 8,81%	7,05 9,96%	7,51	7,82 4,13%	7,42 1,20%	9,26	9,17 0,97%	8,5 8,21%
<b>Viga</b>										
Momento flexionante	T-m	19,63	17,86 9,02%	18,40 6,27%	22,36	21,81 2,46%	21,99 1,65%	64,49	59,42 7,86%	59,12 8,33%
Deflexión	mm	2,95	2,97 0,68%	2,51 14,92%	4,21	4,25 0,95%	3,67 12,83%	4,25	4,76 12,00%	4,33 1,88%
Diseño (Demanda/Capacidad)	-	0,90	0,81 10,00%	0,84 6,67%	0,88	0,86 2,27%	0,86 2,27%	0,89	0,86 3,37%	0,85 4,49%
<b>Columna</b>										
Fuerza axial	T	124,75	126,36 1,29%	126,79 1,64%	223,29	222,77 0,23%	240,40 7,66%	140,46	153,24 9,10%	151,91 8,15%
Deflexión	mm	0,21	0,28 33,33%	0,21 0,00%	2,99	2,89 3,34%	2,61 12,71%	47,26	47,97 1,50%	45,00 4,78%
Diseño (Demanda/Capacidad)	-	0,93	No diseña columnas compuestas	No diseña columnas compuestas	0,83	No diseña columnas compuestas	No diseña columnas compuestas	0,46	No diseña columnas compuestas	No diseña columnas compuestas

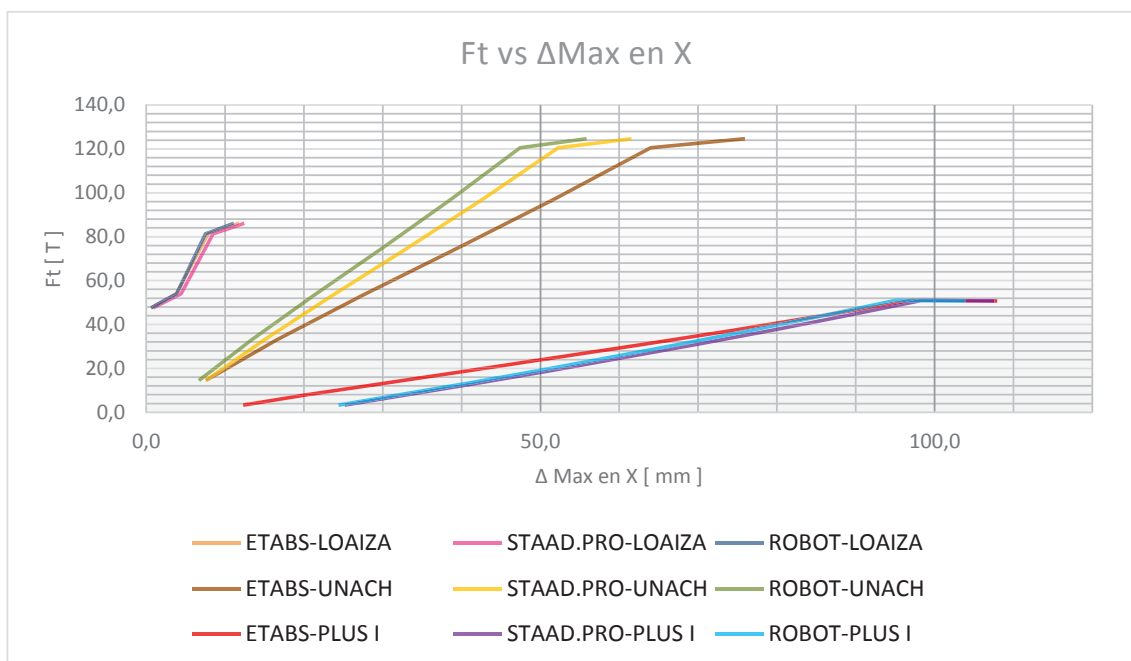
FUENTE:

ETABS Versión 15.0.0, STAAD.Pro V8i, Robot Structural Analysis Professional 2015

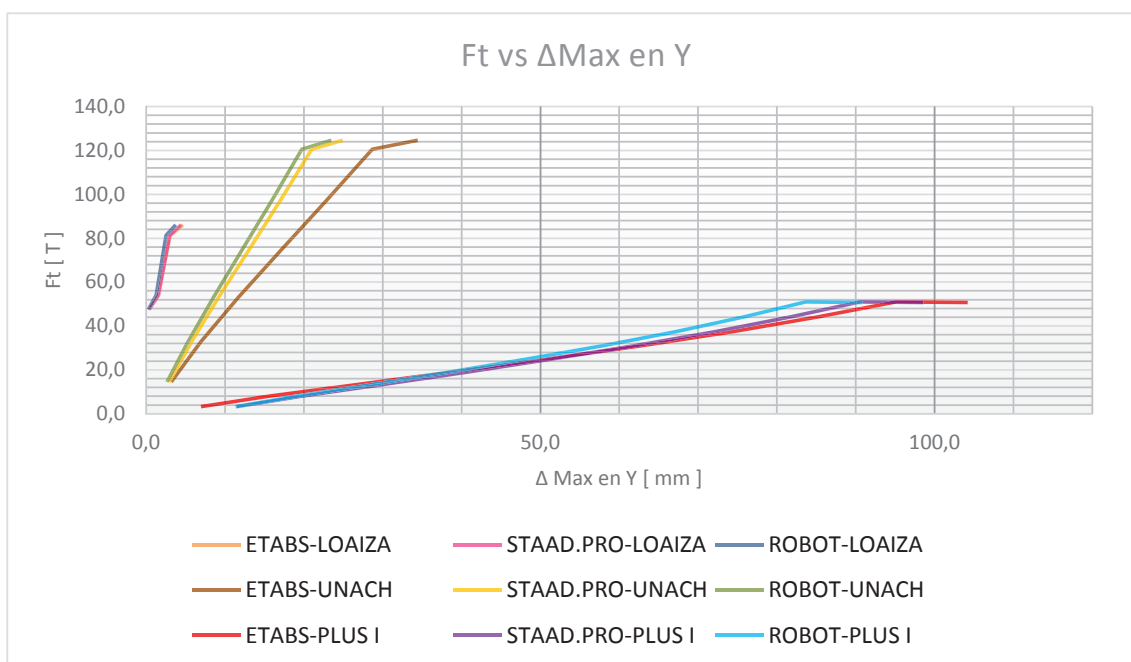
ELABORACIÓN:

María José Echeverría, Byron Suntaxi

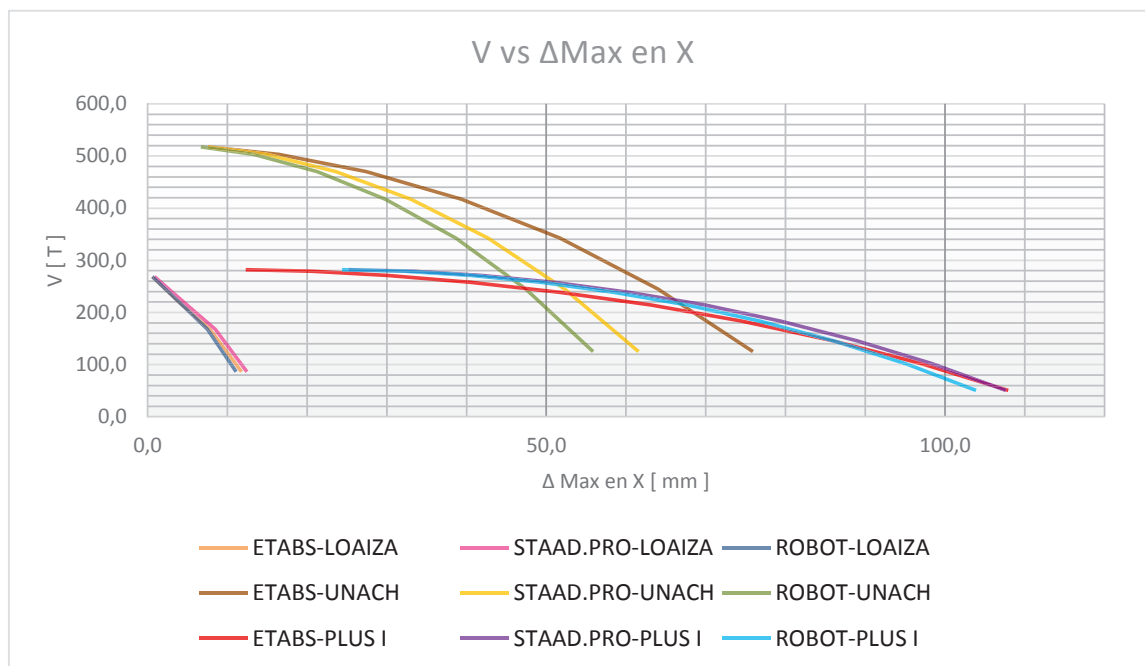
**FIGURA 6.1** CURVA FUERZA LATERAL Vs DESPLAZAMIENTO MÁXIMO EN DIRECCIÓN X



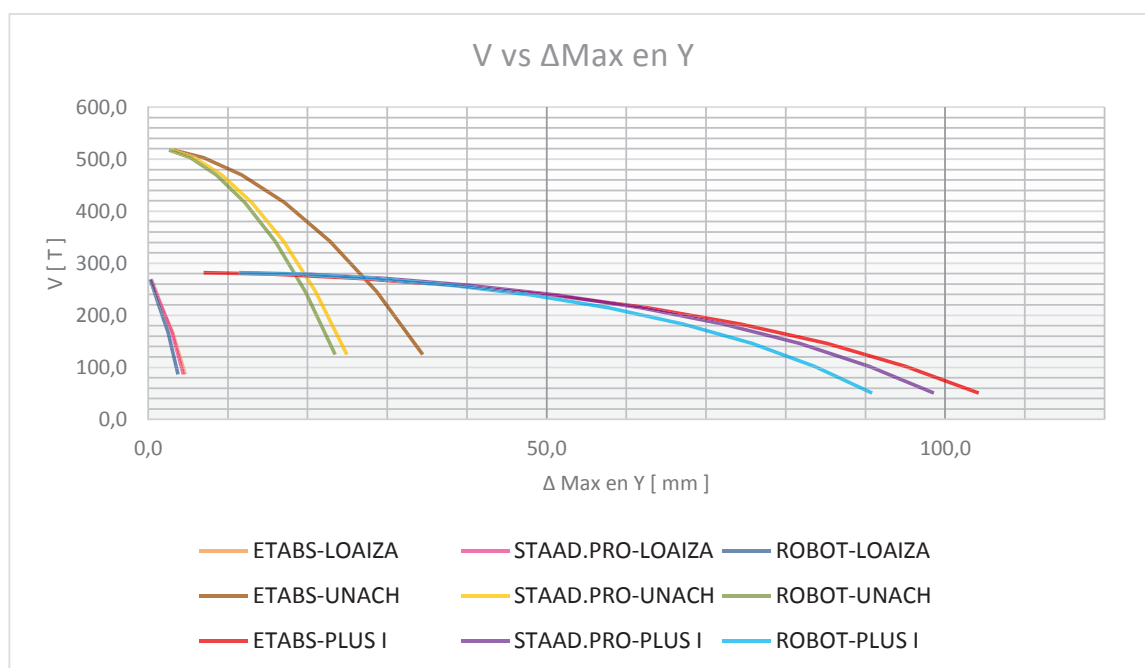
**FIGURA 6.2** CURVA FUERZA LATERAL Vs DESPLAZAMIENTO MÁXIMO EN DIRECCIÓN Y



**FIGURA 6.3** CURVA CORTE BASAL Vs DESPLAZAMIENTO MÁXIMO EN DIRECCIÓN X



**FIGURA 6.4** CURVA CORTE BASAL Vs DESPLAZAMIENTO MÁXIMO EN DIRECCIÓN Y



## CAPÍTULO 7

### VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PROGRAMAS ETABS, STAAD.PRO Y ROBOT STRUCTURAL

#### 7.1 ETABS VERSIÓN 15.0.0

##### 7.1.1 VENTAJAS

- Integra una amplia base de datos de tipos de materiales como: acero, hormigón, aluminio, etc., así también, de perfiles de acero estándar usados en diferentes regiones del mundo.
- Permite definir secciones compuestas en acero y hormigón.
- Posibilita definir las propiedades geométricas y mecánicas de la lámina Deck y del hormigón sobre ella.
- Durante el trazado de elementos, sean líneas o superficies, el programa despliega una ventana, donde permite elegir previamente las propiedades con que se crearán.
- El cortante basal del edificio puede calcularse ingresando directamente los coeficientes: C (porcentaje de cortante basal) y k (coeficiente de corrección), obtenidos con la NEC15.
- Se puede representar las aberturas existentes en la losa, como ductos para ascensores, escaleras e instalaciones.
- Realiza el diseño de elementos de sección compuesta como columnas y vigas, este último únicamente para momento positivo.



### 7.1.2 DESVENTAJAS

- No incorpora la norma ecuatoriana de la construcción para el análisis sísmico estático lineal.
- No permite el diseño de vigas compuestas para momento negativo.
- Para el caso de esfuerzos negativos, el programa no considera los valores absolutos para mostrarlos como esfuerzos máximos.

## 7.2 7.2 STAAD.PRO V8I

### 7.2.1 VENTAJAS

- Permite asignar la carga de piso directamente a vigas y viguetas que se encuentren en la misma coordenada en elevación, sin la necesidad de agregar previamente una superficie.
- Cuenta con la herramienta *Edit Input Command File* que permite al usuario acceder al archivo que contiene los datos con los que se generó el modelo, como material, secciones, cargas, etc., pudiendo modificarlos rápidamente en caso de necesitarlo.
- Durante el modelado STAAD.Pro cuenta con una interfaz similar al Excel, donde permite agregar nudos y elementos especificando las coordenadas o nudos de inicio y final, según corresponda.

### 7.2.2 DESVENTAJAS

- Su limitada base de datos de materiales incorpora un solo tipo para acero, concreto y aluminio, cuyas características no se ajustan a los comúnmente usados en nuestro medio.
- No es posible definir secciones compuestas de acero y hormigón, para representar las columnas compuestas es necesario usar una sección equivalente en acero con la misma rigidez y peso que la sección original, el procedimiento se muestra en ANEXOS.

- No faculta definir a detalle las dimensiones de la lámina Deck indicadas en el catálogo provisto por el fabricante.
- Los elementos estructurales como vigas, columnas y muros se trazan sin propiedades, estas se deben asignar posteriormente al proceso.
- Para el análisis sísmico estático no incluye el código ecuatoriano de la construcción, ni la opción de introducir coeficientes calculados con la NEC 15.
- No permite representar aberturas existentes en las losas.
- No permite el diseño de elementos de sección compuesta.
- No existe la posibilidad de definir el nivel del suelo, impidiendo que el programa reconozca los subsuelos de la edificación.
- No cuenta con los requerimientos sísmicos que provee el AISC 341-10.
- No considera la unión e interacción de elementos muro - viga.

### **7.3 7.3 ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL 2015**

#### **7.3.1 VENTAJAS**

- Contiene una extensa base de datos de materiales para acero, hormigón, aluminio y madera, además, perfiles de acero usados en diferentes regiones del mundo.
- Existe la opción de escoger previamente la sección y material con que se realizará el trazado de los elementos estructurales.
- Permite representar las aberturas que existen en las losas.

### 7.3.2 DESVENTAJAS

- No es posible definir secciones compuestas de acero y hormigón, para representar las columnas compuestas es necesario usar una sección equivalente en acero con la misma rigidez y peso que la sección original, el procedimiento se muestra en ANEXOS.
- No permite definir a detalle las propiedades de la cubierta tipo Deck.
- No incorpora el código ecuatoriano de la construcción para el análisis sísmico.
- No permite definir envolventes de combinaciones de carga.
- No permite el diseño de elementos de sección compuesta.

## CAPÍTULO 8

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1 CONCLUSIONES

Finalizando el estudio en el cual se llevó acabo el modelado, análisis, diseño y comparación de resultados para los edificios Loaiza, UNACH y Plus I, en los programas Etabs, STAAD.Pro y Robot Structural, se exponen las siguientes conclusiones:

- Uno de los parámetros a comparar fue el peso total de la estructura, se obtiene que la variación entre un programa y otro para los tres edificios es mínima, menos del 1% para el edificio Loaiza, presentando su mayor diferencia en el edificio Plus I entre el programa Etabs y Robot Structural con un margen de error del 5,97%.

Las consideraciones que tienen como consecuencia los diferentes valores de este parámetro en los programas utilizados son: la utilización de una carga de piso que reemplaza el peso propio de la losa Deck; en Etabs las propiedades geométricas como mecánicas de la losa Deck fueron fácilmente definidas, tanto para STAAD.Pro como Robot Structural esto no es posible, por otro lado, el programa STAAD.Pro no considera los ductos en la losa, por tanto en estos se genera una carga adicional, además influye la manera como los programas distribuyen el peso de la estructura y las cargas aplicadas.

- La carga reactiva y el cortante basal no presentan variaciones para un mismo edificio en los diferentes programas, esto debido a que la aplicación de fuerzas laterales se dio de forma manual, los programas no intervinieron en su cálculo ni distribución.
- Con respecto al período fundamental del edificio, cuyo valor depende únicamente de las propiedades intrínsecas o propias de la estructura, como masa y rigidez del edificio, la mayor diferencia se presentó para el edificio UNACH, con un 12,38% del Staad.Pro y Robot Structural, respecto al Etabs, la diferencia entre los valores son consecuencia de la forma en cada programa considera las variables mencionadas.

La rigidez es diferente debido a que los programas STAAD.Pro y Robot Structural no permiten crear columnas de sección compuesta, por tanto se definieron secciones prismáticas equivalentes en acero como se indica en ANEXOS, con similar rigidez y peso, a pesar de ello, la rigidez no es exactamente igual a la de las secciones compuestas definidas en el Etabs, aunque la diferencia es mínima como se comprueba en el anexo, influye de manera considerable conforme aumenta la altura del edificio, por otro lado, al no definir las secciones de la losa Deck en STAAD.Pro y Robot Structural, se reduce la rigidez de los edificios respecto a los modelados en Etabs, donde si fue posible definir las losas.

La masa presenta variaciones por las mismas consideraciones que se mencionaron respecto al peso total de la estructura.

- La mayor diferencia de desplazamientos máximos y derivas máximas inelásticas se presentó para el edificio UNACH con un 34,68% en derivas debido al sismo en dirección “Y”, entre el programa Robot Structural y Etabs, y se debe a la rigidez del piso que cada programa considera; diferente para cada uno, también a las secciones equivalentes usadas, a la modelación o no de las losas Deck y la consideración de una rigidez mayor para los subsuelos respecto al resto del edificio, la cual solo se da en el programa Etabs.

Otro aspecto que influye en la variación de desplazamientos y derivas, es la excentricidad accidental considerada en la distribución horizontal del cortante; el programa Etabs permite definir el valor de excentricidad de  $\pm 5\%$ , conforme a la NEC15, en STAAD.Pro y Robot Structural la definición de excentricidad no fue posible y las fuerzas laterales fueron aplicadas directamente en el centro de masa de cada nivel.

- Los valores de esfuerzos en los elementos estructurales horizontales presentan variaciones mínimas, no así en las columnas, presentando su mayor variación en el edificio UNACH, de 29,35% para momento flexionante obtenido en Robot Structural respecto al Etabs, debido a la forma en que cada programa distribuye la carga, a las secciones equivalentes usadas para columnas en los programas STAAD.Pro y Robot Structural, la definición de la torsión accidental, razones explicadas anteriormente.
- La comparación de los resultados del diseño de elementos solo fue posible para las secciones de acero en vigas principales, puesto que viguetas y

columnas son secciones compuestas y los programas Staad.Pro y Robot Structural no permiten diseñar este tipo de secciones.

En la comparación de diseño de vigas, la de capacidad de los elementos es exactamente la misma en los tres programas, debido a que usan el mismo código AISC 360-10, la relación demanda / capacidad o ratio, varía de manera insignificante y esa pequeña variación se da por los distintos valores de demanda que cada programa presenta.

- Los resultados del estudio realizado, deberían ser los mismos, considerando que los programas se basan en métodos de análisis como por ejemplo el de la rigidez, a pesar de ello, si los resultados varían de un programa a otro, es porque existen parámetros, consideraciones, condiciones de entorno, limitaciones, herramientas, etc., propios de cada paquete.

## 8.2 RECOMENDACIONES

Una vez concluida la investigación se plantean las siguientes recomendaciones:

- La elección del software para análisis y diseño de una estructura, debe realizarse considerando el conocimiento y manejo que se tenga del mismo, además de las necesidades del usuario, pues no todos los programas cuentan con las mismas herramientas, códigos de análisis y diseño, como ocurre con los programas usados para el proyecto, ninguno de ellos integra la Norma Ecuatoriana de la Construcción para el análisis sísmico estático, a pesar de ello el programa Etabs, permite ingresar manualmente los coeficientes calculados con la misma, por otro lado, el STAAD.Pro, no cuenta con el código de diseño AISC 341-10, por lo cual no se puede verificar que la estructura cumpla con requerimientos sísmicos.
- La variación de los resultados de derivas y desplazamientos de piso, período fundamental del edificio, se presentan por el parámetro rigidez, el cual se ve afectado al no modelar las losas Deck en todos los programas, se recomienda por esta razón, modelarlas siempre que sea posible, y si no, considerar una sección equivalente con las mismas propiedades mecánicas.
- Realizar un buen predimensionamiento de elementos estructurales, para reducir el número de modificaciones que se harán a los modelos en el futuro,

mientras más cercano sea el prediseño al diseño final menor cantidad de correcciones serán necesarias.

- Interpretar los resultados con criterio ingenieril, no asumirlos como ciertos sin un previo análisis.
- Para la modelación de edificios se recomienda considerar nudos rígidos, de esta manera se reducen los valores de fuerzas internas en los elementos, se pueden reducir las secciones de los elementos, lograr un diseño óptimo.
- Se recomienda considerar a las vigas y viguetas como elementos continuos, no simplemente apoyados, así se reducen sus fuerzas internas, se pueden reducir las secciones y con ello los costos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

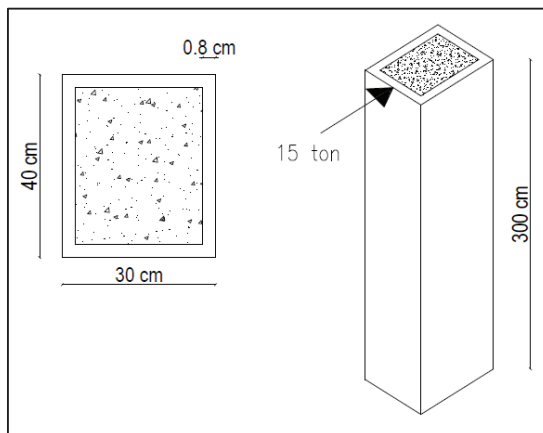
- American Institute of Steel Construction, (2010), Specification for Structural Steel Buildings. Chicago, Illinois.
- Argüelles R, Arriaga F, Argüelles J, José Atienza, (2005), Estructuras de Acero. Cálculo. 2da Edición, Madrid, Bellisco.
- Armenta J, Mendoza E y A Ramírez, (2007), Análisis Comparativo (Staad Pro 2006 vs Etabs V.9.0) de superestructura para diseño de edificios de 8 niveles con columnas de sección compuesta y traveses metálicas ubicado en la zona IIIa según RCDF 2004. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco, México D.F.
- Buen López O., (2004), Diseño de Estructuras de Acero Construcción Compuesta. México D.F., Fundación ICA.
- Carabela J, (2013), Comparación de la modelación, análisis y diseño de estructuras entre los programas Sap2000, Etabs, Staad.Pro Y Robot, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Guerra M, (2015), Diseño sísmico resistente de edificios de acero utilizando ETABS y NEC 2015, Quito, Ecuador.
- Kubiec - Conduit, (s.f.), Catalogo "Kubilos". Quito, Ecuador.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción, (2015).
- Tisalema M, (2004), Diseño estructural de un edificio de 15 pisos de estructuras metálicas con aplicación del programa SAP 2000 aplicando el método LRFD. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Zertuche A, Rafael Hernández, (2014), Manual de Staad.Pro V8i, Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo, Tamaulipas, México.



## **ANEXOS**

## DEFINICIÓN DE SECCIÓN EQUIVALENTE PARA COLUMNA Y COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

Ejemplo de cálculo:



Dimensiones de la sección:

h: 40 cm                                      e: 0.8 cm  
b: 30 cm                                        L: 300 cm

Propiedades de los materiales:

$E_s = 2043000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$                        $\gamma_h = 2.40 \text{ [T/m}^3\text{]}$   
 $E_c = 209141 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$                        $\gamma_s = 7.82 \text{ [T/m}^3\text{]}$

Cálculo del área de acero y hormigón:

$$A_s = 40 \times 0.8 \times 2 + (30 - 2 \times 0.8) \times 0.8 \times 2$$

$$A_s = 109.4 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_c = (40 - 2 \times 0.8) \times (30 - 2 \times 0.8)$$

$$A_c = 1090.6 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Definición de momentos de inercia para el perfil metálico y sección de hormigón:

$$I_{sx} = \frac{30 \times 40^3}{12} - \frac{(30 - 2 \times 0.8)(40 - 2 \times 0.8)^3}{12}$$

$$I_{sx} = 25992 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$I_{sy} = \frac{40 \times 30^3}{12} - \frac{(40 - 2 \times 0.8)(30 - 2 \times 0.8)^3}{12}$$

$$I_{sy} = 16700 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$I_{cx} = \frac{(30 - 2 \times 0.8)(40 - 2 \times 0.8)^3}{12}$$

$$I_{cx} = 134008 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$I_{cy} = \frac{(40 - 2 \times 0.8)(30 - 2 \times 0.8)^3}{12}$$

$$I_{cy} = 73300 \text{ [cm}^4\text{]}$$

Coeficiente  $C_3$ , para el cálculo de la rigidez efectiva de miembros compuestos rellenos en compresión:

$$C_3 = 0.6 + 2 \times \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.9$$

$$C_3 = 0.6 + 2 \times \left( \frac{109.4}{109.4 + 1090.6} \right) \leq 0.9$$

$$C_3 = 0.782$$

La rigidez efectiva de una sección compuesta,  $EI_{eff}$ , debe ser:

$$EI_{eff} = E_s I_s + E_s I_{sr} + C_3 E_c I_c$$

$$EI_{effxx} = 2043000 \times 25992 + 0.782 \times 209141 \times 134008 = 7.50 \text{ E}+10 \text{ [Kg} \cdot \text{cm}^2\text{]}$$

$$EI_{effyy} = 2043000 \times 16700 + 0.782 \times 209141 \times 73300 = 4.61 \text{ E}+10 \text{ [Kg} \cdot \text{cm}^2\text{]}$$

La inercia efectiva viene dado por:

$$I_{\text{effxx}} = \frac{EI_{\text{effxx}}}{E_s}$$

$$I_{\text{effxx}} = \frac{7.50 E + 10}{2043000}$$

$$I_{\text{effxx}} = 36725 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$I_{\text{effyy}} = \frac{EI_{\text{effyy}}}{E_s}$$

$$I_{\text{effxx}} = \frac{4.61 E + 10}{2043000}$$

$$I_{\text{effyy}} = 22571 \text{ [cm}^4\text{]}$$

Se definirá un área equivalente en acero, la misma que tendrá el mismo peso por metro de longitud que la sección compuesta:

$$A_{\text{eqv}} = \frac{P_{\text{sección compuesta}}}{\gamma_s}$$

$$A_{\text{eqv}} = \frac{\gamma_h A_c 1\text{m} + \gamma_s A_s 1\text{m}}{\gamma_s}$$

$$A_{\text{eqv}} = \frac{0.00240 \times 1090.6 + 0.00785 \times 109.4}{0.00785}$$

$$A_{\text{eqv}} = 443 \text{ [cm}^2\text{]}$$

La ecuación para determinar el desplazamiento en el extremo de la columna debido a la aplicación de una carga puntual viene dada por:

$$\Delta = \frac{PL^3}{3EI}$$

$$\Delta = \frac{15000 \times 300^3}{3 \times 7.50 E + 10}$$

$$\Delta = 1.8 \text{ [cm]}$$

Desplazamiento de la columna calculado por Etabs

$$\Delta = 1.69 \text{ [cm]}$$

Desplazamiento de la columna calculado por Staad.Pro

$$\Delta = 1.79 \text{ [cm]}$$

Desplazamiento de la columna calculado por Robot Structural

$$\Delta = 1.79 \text{ [cm]}$$

DESPLAZAMIENTO	CÁLCULO MANUAL	ETABS	STAAD.PRO	ROBOT STRUCTURAL
$\Delta$ (mm)	18,0	16,9	17,9	17,9

**Nota:** En los programas STAAD.Pro y Robot Structural, no es posible la definición de columnas de sección compuesta, por lo cual se procede a crear columnas equivalentes en acero de sección prismática, indicando en los programas sus propiedades mecánicas, con el fin de obtener resultados muy similares al ETABS, donde definir secciones compuestas es posible.