



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TÍTULO:

**COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.**

AUTOR:

Loor Mera, David Alejandro

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

Ing. Hernández Barredo, Jaime Francisco

Guayaquil, Ecuador

2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **David Alejandro Loor Mera**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR (A)

Ing. Jaime Francisco, Hernández Barredo

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Stefany Esther, Alcívar Bastidas

Guayaquil, a los 22 días del mes de septiembre del año 2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **David Alejandro Loor Mera**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **Comportamiento lineal y no lineal del Edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**, previa a la obtención del Título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 22 días del mes de septiembre del año 2015

EL AUTOR

David Alejandro, Loor Mera



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **David Alejandro Loor Mera**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: Titulación **Comportamiento lineal y no lineal del edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 22 días del mes de septiembre del año 2015

EL AUTOR:

David Alejandro, Loor Mera

AGRADECIMIENTO

A Dios, el cual me ha dado las fuerzas necesarias para afrontar y vencer las dificultades que se han presentado en el trayecto de mi vida.

A mis padres, por su gran apoyo y amor.

Al Ing. Jaime Hernández, Tutor de este Trabajo de Grado, por su aporte en la elaboración de este documento y por su tiempo dedicado para la revisión del mismo.

Al Ing. Jorge Tola, Ing. Carlos Chon e Ing. Max Jurado por aportar con datos importantes para el desarrollo de este trabajo.

A mi hijo Mathias David y a mi esposa Carla, quienes son mi motivación principal para conseguir todas las metas trazadas.

A Alejandro Condo por su ayuda con el relevamiento estructural.

David Loor

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres Fernando y Anita.

David Loor

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
I.1 Generalidades.....	1
I.2 Justificación.....	2
I.3 Enfoque Metodológico.....	2
I.4 Alcance.....	3
I.5 Objetivos.....	3
CAPÍTULO 1 HISTORIA DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA	4
1.1 Introducción.....	4
1.2 Reseña histórica del Edificio de la Facultad de Ingeniería. (Moreno, 2002)6	
1.3 Trabajos de rehabilitación efectuados en el edificio.....	12
1.4 Métodos empleados para su construcción.....	15
1.5 Consideraciones de diseño, y códigos utilizados.....	17
1.6 Propiedades físicas de los materiales utilizados.....	18
CAPÍTULO 2 LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO	22
2.1 Introducción.....	22
2.2 Levantamiento topográfico.....	22
2.3 Métodos para obtener la Resistencia a compresión del hormigón. .	22
2.4 Método empleado para conocer el acero de los elementos de la estructura.....	28
2.5 Descripción del sistema de cimentación.....	33
2.6 Descripción del sistema de losas de piso.....	34
2.7 Escaner de las columnas y obtencion de los diámetros de varillas mediante el software PS 200 Hilti.....	54
2.8 Representación gráfica de las columnas con su armado.....	68
2.9 Secciones de estructura metálica.....	69
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS LINEAL - MODAL ESPECTRAL DEL EDIFICIO ...	70
3.1 Introducción.....	70
3.2 Elaboración del modelo estructural en el programa Etabs 2015.....	70
3.3 Normas y Códigos Utilizados.....	73
3.4 Materiales.....	74
3.5 Descripción General de la Estructura.....	74
3.6 Hipótesis del Modelo.....	75
3.7 Cargas Aplicadas.....	75
3.7.1 Carga Muerta (DL).....	75

3.7.2	Carga Viva (LL).	77
3.7.3	Carga Sísmica (EQ).	79
3.7.4	Combinaciones de Carga.	86
3.8	Resultados del Análisis Estructural.	87
3.8.1	Análisis Modal.	87
3.8.2	Revisión de Derivas Inelásticas.	87
3.8.3	Revisión de ajuste del cortante basal obtenido por el análisis dinámico.	90
3.8.4	Revisión de columnas de Planta Baja-1er Piso (400x400mm.)	91
3.8.5	Revisión de columnas de fachada. (300x400mm.)	94
3.8.6	Revisión de columnas de 1er Piso-2do Piso. (400x400mm.)	96
3.8.7	Revisión de columnas de 2do piso-Cubierta. (300x300mm.)	99
3.8.8	Diagramas de Fuerzas Internas.	101
CAPÍTULO 4 FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL		104
4.1	Introducción.	104
4.1.1	Curva de Capacidad.	105
4.1.1.1	Proceso para determinar la curva de capacidad.	105
4.1.2	Método de los coeficientes.	106
4.1.3	Método Espectro de Capacidad – Punto de desempeño.	109
4.2	Niveles de desempeño SEAOC 1995, Comité Vision 2000.	111
4.3	Diagramas Momento vs Curvatura de los elementos estructurales.	112
CAPÍTULO 5 ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL – PUSHOVER APLICADO AL EDIFICIO DE INGENIERÍA.		114
5.1	Introducción	114
5.2	Definición de rótulas plásticas en los nodos de la estructura.	114
5.2.1	Tipo de Modelo histerético utilizado para la definición de rótulas plásticas.	117
5.3	Asignación de rótulas plásticas en los nodos de la estructura.	118
5.4	Espectro de demanda utilizado.	120
5.5	Proceso del análisis Pushover en el software Etabs 2015.	120
5.5.1	Capacidad Lateral Disponible de la estructura (Curva de capacidad).	124
5.5.2	Resistencia y desplazamiento en la 1era rótula, en el punto de fluencia, y punto previo al colapso.	126
5.5.3	Sectorización de la curva de capacidad según Visión 2000.	127
5.5.4	Mecanismo de progresión de rótulas y colapso en la edificación. Sentido X.	128

5.5.5 Mecanismo de progresión de rótulas y colapso en la edificación. Sentido Y.	134
5.5.6 Capacidad sísmica o el punto de desempeño. (Método espectro de capacidad).	134
5.5.7 Determinación del desplazamiento demandado aplicando el método de los coeficientes ASCE 41-13 NSP.....	135
5.5.8 Comparación de resultados entre el Método Espectro de capacidad y Método de los coeficientes.....	143
5.5.9 Desplazamiento demandado calculado por el método de los coeficientes en la curva de capacidad “Pushover” – Nivel de desempeño.	145
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	147
BIBLIOGRAFÍA.....	149
ANEXOS.....	152
APÉNDICE A	152
FOTOS.....	152
APÉNDICE B	159
REVISIÓN DE COLUMNAS	159
APÉNDICE C	173
Cálculo de momentos y áreas de acero en losa.....	173
APÉNDICE D	193
Diagramas momento vs curvatura de vigas efectivas y columnas.	193
APÉNDICE E	226
Mecanismo de progresión de rótulas y colapso en la edificación - Sentido Y.....	226

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados tomas de esclerómetro.	26
Tabla 2 Peso de materiales (Nec15).....	76
Tabla 3 Cargas vivas (Nec15).....	77
Tabla 4 Clasificación de los perfiles de suelo (Nec15).	80
Tabla 5 Tipos de suelo y factores de sitio Fa (Nec15).....	81
Tabla 6 Tipos de suelo y factores de sitio Fd (Nec15).....	81
Tabla 7 Tipos de suelo y factores de sitio Fs (Nec15).....	81
Tabla 8 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura (Nec15).....	82
Tabla 9 Coeficiente de irregularidad en planta (Nec15).	83
Tabla 10 Coeficiente de irregularidad en elevación (Nec15).	83
Tabla 11 Coeficientes de diseño y factores para fuerzas sísmicas (ASCE-7-10).....	84
Tabla 12 Coordenadas espectrales.	85
Tabla 13 Combinaciones de cargas.....	87
Tabla 14 Periodos de la estructura con respecto a sus modos de vibración.....	87
Tabla 15 Límites permisibles de las derivas de piso.....	88
Tabla 16 Tabla de derivas en el edificio Eje 1 - Eje j.	89
Tabla 17 Tabla de derivas en el edificio Eje 2 - Eje j.	89
Tabla 18 Tabla de derivas en el edificio Eje 3 - Eje j.	89
Tabla 19 Tabla de derivas en el edificio Eje 4 - Eje j.	90
Tabla 20 Tabla de derivas en el edificio Eje 4 - Eje j.	90
Tabla 21 Revisión de relación entre el cortante estático y dinámico.....	91
Tabla 22 Cálculo de la longitud de la rótula plástica.	116
Tabla 23 Puntos notables de la curva de capacidad – Dirección X.....	127
Tabla 24 Puntos notables de la curva de capacidad – Dirección Y.....	127
Tabla 25 Comparación de los Métodos en ambas direcciones.....	144

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1 Vista aérea del Campus de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (1975).....	5
Figura 2 Vista aérea de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (1975).....	6
Figura 3 Mapa Geológico de Guayaquil (IIFIUC, 2005).....	8
Figura 4 Zonificación Geológica – UCSG - Formación Cayo.	8
Figura 5 Toma aérea del Edificio de la Facultad de Ingeniería (1974).	10
Figura 6 Edificio de la Facultad de Ingeniería (1973).....	10
Figura 7 Edificio de la Facultad de Ingeniería (2015).....	11
Figura 8 Edificio de la Facultad de Ingeniería (2015).....	11
Figura 9 Detalle de Pilotes Mega en cimentación del Edificio.	13
Figura 10 Sección transversal del Pilote Mega.	14
Figura 11 Pilote Mega - Vista longitudinal.....	14
Figura 12 Pilote Mega - Vista en planta.	15
Figura 13 Encofrado de Columnas.....	16
Figura 14 Encofrado tipo de vigas.....	17
Figura 15 Curva Esfuerzo-Deformación Esquemática (Bruneau, Uang y Whittaker, 1998).	18
Figura 16 Curva Esfuerzo-Deformación – Hormigón.	20
Figura 17 Curva Esfuerzo-Deformación – Energías de deformación.....	20
Figura 18 Máquina de compresión simple para hormigón.	23
Figura 19 Esclerómetro mecánico.....	23
Figura 20 Gráfica de correlación - Rebound Hammer	24
Figura 21 Gráficos de resistencia de columnas.	27
Figura 22 Ferroskan PS200 HILTI.....	32
Figura 23 Escaneo a columna exterior.	33
Figura 24 Detalle de armado de riostra.	33
Figura 25 Lectura del ferroskan vista mediante PS200 Software HILTI.- Losa nervada dos direcciones.	34
Figura 26 Lectura vista mediante PS200 Software HILTI.- Tomada en la losa a la cara de la columna.	34
Figura 27 Detalle esquemático de losa nervada con macizo.	35
Figura 28 Losa en dos direcciones apoyadas sobre columnas (a) Losa en dos direcciones con vigas; (b) Losa en dos direcciones sin vigas. (Nilson 1999).	35
Figura 29 Detección de armadura en losa zona central – Trazado de nervios.	36
Figura 30 Detección de armadura en losa zona esquinera – Trazado de nervios.....	37
Figura 31 Planta de armado de losa plana.	38
Figura 32 Planta – Vista de macizos.....	39
Figura 33 Planta del Edificio – Cortes eje x.....	40
Figura 34 Planta del Edificio – Cortes eje y.	46
Figura 35 Planta con ejes de referencia.....	54
Figura 36 Armado general de Columnas (planta baja a losa de 2do piso del Edificio).	68
Figura 37 Armado general de Columnas de Fachada.	69
Figura 38 Secciones de acero estructural.....	69

Figura 39 Modelo 3d – Edificio de Ingeniería 1973.	71
Figura 40 Modelo 3d – Edificio de Ingeniería actual.	71
Figura 41 Modelo 3d – Edificio de Ingeniería –Vista lateral.	72
Figura 42 Planta 1era Losa.	72
Figura 43 Planta 2da Losa.	73
Figura 44 Vista de losa de cubierta y cubierta metálica.	73
Figura 45 Carga viva asignada – 1era Losa.	78
Figura 46 Carga viva asignada – 2da Losa.	78
Figura 47 Carga viva asignada – Cubierta.	79
Figura 48 Espectro sísmico elástico de aceleraciones (Nec15).	82
Figura 49 Espectro sísmico elástico e inelástico de aceleraciones.	86
Figura 50 Ejes seleccionados para la revisión de derivas.	88
Figura 51 Diagrama de interacción uniaxial Eje X – Columna 400x400 Planta Baja-1er Piso.	92
Figura 52 Diagrama de interacción uniaxial Eje Y – Columna 400x400 Planta Baja-1er Piso.	92
Figura 53 Diagramas de interacción 3D – Columna 400x400 Planta Baja-1er Piso.	93
Figura 54 Diagrama de interacción uniaxial Eje X – Columna 300x400.	94
Figura 55 Diagrama de interacción uniaxial Eje Y – Columna 300x400.	95
Figura 56 Diagramas de interacción 3D – Columna 300x400.	96
Figura 57 Diagrama de interacción uniaxial Eje X – Columna 400x400 1er Piso-2do Piso.	97
Figura 58 Diagrama de interacción uniaxial Eje Y – Columna 400x400 1er Piso-2do Piso.	97
Figura 59 Diagramas de interacción 3D – Columna 400x400 1er Piso-2do Piso.	98
Figura 60 Diagrama de interacción uniaxial Eje X – 300x300 2do Piso- Cub.	99
Figura 61 Diagrama de interacción uniaxial Eje Y – 300x300 2do Piso- Cub.	100
Figura 62 Diagramas de interacción 3D – 300x300 2do Piso- Cub.	101
Figura 63 Diagrama de carga axial.	101
Figura 64 Diagrama de Momento flector 3-3.	102
Figura 65 Diagrama de Momento flector 2-2.	102
Figura 66 Diagrama de Cortante 2-2.	102
Figura 67 Diagrama de Cortante 3-3.	103
Figura 68 Diagrama de Momento Torsor.	103
Figura 69 Esquema de técnica del Pushover.	104
Figura 70 Curva idealizada Fuerza vs Desplazamiento.	106
Figura 71 Representación Bilineal de la Curva de capacidad.	109
Figura 72 Espectro de capacidad – Espectro de demanda.	110
Figura 73 Representación bilineal del espectro de capacidad por el Criterio de igualdad de energía disipada.	110
Figura 74 Espectro S_a vs T	111
Figura 75 Momento vs Curvatura – puntos relevantes.	112
Figura 76 Momento vs Curvatura – Sap2000 - ejemplo.	113
Figura 77 Diagrama idealizado - ejemplo.	113
Figura 78 Edificio de Ingeniería – vista de rótulas plásticas.	114
Figura 79 Sección de viga efectiva - ejemplo.	115

Figura 80 Cuadro de definición de rótulas en el programa Etabs 2015.....	115
Figura 81 Ingreso de valores obtenidos del cálculo del diagrama Momento Curvatura idealizada. (Ver APÉNDICE D).	115
Figura 82 Ingreso de los valores de Momentos SF y Curvaturas SF.....	116
Figura 83 Ingreso del valor de la longitud de la rótula plástica.....	116
Figura 84 Momento, curvatura y deflexión de un elemento de hormigón armado. (Priestley) (Priestley T. P.-M., 1992)	116
Figura 85 Definición del tipo de modelo histerético.....	117
Figura 86 Modelo Histerético Isotrópico para una carga cíclica incremental. (CSI, 2015)	118
Figura 87 Asignación de Rótulas.....	118
Figura 88 Asignación de Rótulas.....	119
Figura 89 Vista en planta de rótulas plásticas del edificio.....	119
Figura 90 Vista de Pórtico del edificio con rótulas plásticas.....	120
Figura 91 Definición de fuerzas laterales aplicadas al diafragma.....	121
Figura 92 Definición de casos de carga.....	121
Figura 93 Sismo en x – no lineal.....	122
Figura 94 Ubicación del punto de control de desplazamiento.....	122
Figura 95 Parámetros no lineales.....	123
Figura 96 Parámetros no lineales.....	123
Figura 97 Comparación Curvas de Capacidad – Dirección X.....	124
Figura 98 Criterio de áreas iguales para determinar la curva bilineal.....	125
Figura 99 Curva de Capacidad (DBF) obtenido con el software Etabs 2015 y representación bilineal – Dirección X.....	125
Figura 100 Curva de Capacidad (DBF) obtenido con el software Etabs 2015 y representación bilineal – Dirección Y.....	126
Figura 101 Curva de capacidad con cortantes y desplazamientos de puntos notables–Dirección X.....	126
Figura 102 Curva de capacidad con cortantes y desplazamientos de puntos notables–Dirección Y.....	127
Figura 103 Sectorización de la curva de capacidad según Comité Visión 2000 – Dirección X. (Pérez, 2013)	128
Figura 104 Paso 0– Formación de rótulas plásticas- X.....	128
Figura 105 Paso 1 – Formación de rótulas plásticas- X.....	129
Figura 106 Paso 2 – Formación de rótulas plásticas- X.....	129
Figura 107 Paso 3 – Formación de rótulas plásticas- X.....	130
Figura 108 Paso 4 – Formación de rótulas plásticas- X.....	130
Figura 109 Paso 5 – Formación de rótulas plásticas- X.....	131
Figura 110 Paso 6 – Formación de rótulas plásticas- X.....	131
Figura 111 Paso 7 – Formación de rótulas plásticas- X.....	132
Figura 112 Paso 8 – Formación de rótulas plásticas- X.....	132
Figura 113 Paso 9 – Formación de rótulas plásticas- X.....	132
Figura 114 Paso 10 – Formación de rótulas plásticas- X.....	133
Figura 115 Paso 11 – Formación de rótulas plásticas- X.....	133
Figura 116 Espectro de capacidad de la estructura – Dirección X.....	134
Figura 117 Espectro de capacidad de la estructura – Dirección Y.....	135
Figura 118 Parámetros para calcular el punto de desplazamiento demandado – Método de los coeficientes – Sentido X.....	135
Figura 119 Curva de capacidad – Método de los coeficientes – Sentido X.....	136

Figura 120 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico 1- Dirección X.....	136
Figura 121 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico 2- Dirección X.....	137
Figura 122 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico 3- Dirección X.....	137
Figura 123 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico 4- Dirección X.....	137
Figura 124 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico 5- Dirección X.....	138
Figura 125 Parámetros para calcular el punto de desplazamiento demandado – Método de los coeficientes – Sentido Y.....	138
Figura 126 Curva de capacidad – Método de los coeficientes – Sentido Y.....	139
Figura 127 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico A- Dirección Y.....	139
Figura 128 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico B- Dirección Y.....	140
Figura 129 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico C- Dirección Y.....	140
Figura 130 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico D- Dirección Y.....	140
Figura 131 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico E- Dirección Y.....	141
Figura 132 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico F- Dirección Y.....	141
Figura 133 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico G- Dirección Y.....	142
Figura 134 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico H- Dirección Y.....	142
Figura 135 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico I- Dirección Y.....	143
Figura 136 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico J- Dirección Y.....	143
Figura 137 Comparación de los Métodos – Sentido X.....	144
Figura 138 Comparación de los Métodos – Sentido Y.....	144
Figura 139 Curva de Capacidad – Dirección X.....	145
Figura 140 Curva de Capacidad – Dirección Y.....	146

RESUMEN

Una de las formas para evaluar el comportamiento de una edificación es a partir de un análisis estático no lineal, con el cual se aplicarán: el método de los coeficientes, a partir de la curva de capacidad la estructura obtenida por el análisis Pushover, y se calculó el desplazamiento demandado de la estructura; también a partir del método espectro de capacidad se obtuvo el punto de desempeño de la estructura.

El presente trabajo consta de 6 capítulos en los que se ha hecho un trabajo exhaustivo con la búsqueda de información, y toma de datos del Edificio de la Facultad de Ingeniería.

Se hizo un resumen de la historia del Edificio, y sus trabajos de rehabilitación en la cimentación efectuados en el año 1981.

También se realizó un levantamiento estructural para conocer las propiedades de los materiales, secciones y armado de los elementos estructurales, mediante equipos especializados, los cuales son datos relevantes para la realización del análisis inelástico.

Se analizó la estructura en su rango elástico y se revisan algunos criterios de resistencia y serviciabilidad.

La estructura ante el “Sismo Raro” del Nec15, entra en rango inelástico y su nivel de desempeño en la dirección “x” y “y” es prevención de colapso.

Palabras Claves: sismos, diseño, desempeño, pushover, capacidad, demanda.

INTRODUCCIÓN

I.1 Generalidades.

Mediante el análisis modal espectral el cual es un método utilizado en el rango elástico se buscará conocer si cumplen los elementos estructurales los requisitos mínimos de resistencia y de serviciabilidad que proponen los códigos vigentes, y en el rango inelástico se hará un análisis estático no lineal Pushover para conocer cuál será el desempeño sísmico de la estructura e indicar si presentará colapso.

El análisis Pushover consiste en aplicar una fuerza lateral incremental al modelo matemático, hasta alcanzar un valor de desplazamiento máximo en el último piso, o el colapso del edificio, y con esto se obtiene luego de varias iteraciones aumentando la carga lateral con su respectivo desplazamiento la curva de capacidad Cortante vs Desplazamiento. Además se puede observar donde se originan las rótulas plásticas.

El análisis no lineal se centra básicamente en los procedimientos conocidos como Espectro de capacidad mencionado en el ATC-40 (1996), y el método de los coeficientes como se describe en FEMA 273 (ATC / BSSC , 1997) y FEMA 356 (ASCE , 2000); ASCE/SEI 41-13.

Para estructuras altas no es muy recomendable el método no lineal Pushover, en nuestro caso es una estructura regular, la cual posee tres plantas, lo cual hace que sea un método aplicable.

Este análisis toma los múltiples grados de vibración de la estructura y los transforma en una estructura que vibra con un solo grado de libertad.

I.2 Justificación.

Debido a que se espera un gran evento sísmico de alta severidad en el territorio ecuatoriano, y Guayaquil será una de las ciudades más afectadas, será relevante conocer cuál va a ser el desempeño del edificio de Ingeniería, un análisis en el rango no lineal representará de una manera muy aproximada los daños que presentará y si tendrá riesgo de colapso.

La estructura nunca ha tenido una evaluación estructural de este tipo, por lo cual este trabajo es de mucha importancia, además se deberá tomar todos los cuidados necesarios para que el trabajo obtenga resultados acertados.

A partir de los datos obtenidos en este trabajo se puede seguir con otros trabajos de investigación en los cuales se deberá proponer las soluciones en caso de requerirlas en las zonas donde se necesita reforzar los elementos, o utilizar sistemas que atenúen las fuerzas sísmicas producidas por un movimiento telúrico, con lo cual el edificio logre un desempeño sísmico aceptable y principalmente lograr que la estructura sea estable para la seguridad de sus ocupantes.

I.3 Enfoque Metodológico.

La metodología consiste en hacer un levantamiento de la parte estructural para conocer las secciones y el armado de los elementos de la edificación ya que no existen los planos estructurales, se emplearán distintos métodos para conocer las características y resistencia de los materiales.

Luego se elaborará un modelo matemático a partir del levantamiento estructural realizado, el cuál incorporará los materiales, la geometría y las respectivas cargas que tiene el actual edificio.

Primero se realizará un análisis en el rango elástico, específicamente un análisis Modal espectral, con el cual se revisará resistencia y serviciabilidad utilizando la norma ecuatoriana de construcción 2015.

Se realizará un análisis estructural no-lineal del modelo del edificio, se hará un análisis Pushover, utilizando un sismo que simule de manera eficaz las propiedades sísmicas y las propiedades del suelo de la zona donde está ubicado el edificio.

I.4 Alcance.

El alcance de este trabajo de investigación es conocer el estado de la estructura tanto en su rango elástico como inelástico, se tomará en cuenta en la estructura existente sus respectivos asentamientos diferenciales en caso de tenerlos, que se han producido a lo largo de su tiempo de vida, considerando las características del suelo y los efectos sísmicos para llegar a conocer el daño que tendrá la estructura ante una sollicitación sísmica.

I.5 Objetivos.

En el presente documento se pretende lograr los siguientes objetivos:

- Realizar el levantamiento de la estructura lo más real posible para que los resultados sean muy representativos.
- Realizar el modelo estructural el cual represente de manera muy aproximada la estructura existente.
- Evaluar el comportamiento sísmico que se va a generar en la estructura.
- Hacer una evaluación estructural del edificio en el rango inelástico mediante un análisis Pushover.
- Indicar los daños que va a tener el edificio, si está apto para ser ocupado o si presentará colapso.
- Identificar zonas las cuales necesiten algún tipo de reforzamiento.

CAPÍTULO 1 HISTORIA DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

1.1 Introducción

La Universidad Católica de Santiago de Guayaquil fue fundada el 17 de mayo de 1962, a pedido de una junta la cual la presidía el arzobispo de Guayaquil Monseñor César Antonio Mosquera Corral, Dr. Leonidas Ortega Moreira y el Padre Joaquín Flor Vásconez, los cuales fueron las autoridades fundadoras. En ese entonces era presidente de la República el Dr. Carlos Julio Arosemena Monroy, mediante el acuerdo ejecutivo #936, aprobó el estatuto, y el ministerio de Educación Pública en la resolución #1158 autorizó su funcionamiento.

El 6 de Junio de 1963 se inició el primer período académico y la Universidad Católica contaba con las Facultades de Ciencias Sociales y Políticas, Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, Jurisprudencia y Ciencias Físicas y Matemáticas que tenía la carrera de Ingeniería Civil y Arquitectura.

La universidad dictaba sus clases en el edificio del colegio 20 de abril, de los padres jesuitas, el cual se ubicaba en la esquina de Eloy Alfaro y Manabí, en la cual funcionó hasta 1966.

En 1963 se creó la Escuela de Economía, perteneciente a la Facultad de Jurisprudencia. Luego el 18 de marzo de 1965 se aprobó la creación de la Facultad de Economía.

En el año 1965 se creó la Facultad de Arquitectura, la cual había pertenecido a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. En el año 1966 se inauguró el edificio principal en el campus de la Universidad Católica de Guayaquil, que se ubica en el Km. 1,5 de la avenida Carlos Julio Arosemena Tola.

En 1967-1968 fue creado el Instituto de Educación Técnica para el Desarrollo, con las escuelas de Telecomunicaciones, Electricidad y Zootecnia; y la Facultad de Ciencias Médicas.

En 1970 se autorizó que entre en funcionamiento el Instituto de Artes aplicadas, lo que hoy es la carrera de Diseño de interiores.

En 1973 se incorporó la escuela de Enfermería en la Facultad de Ciencias Médicas.

En el año de 1985 se creó la Escuela de Ingeniería en Sistemas en la Facultad de Ingeniería. En el año 2003 se creó la Facultad de Especialidades Empresariales, y en el año 2005 se crea la Facultad de Artes y Humanidades. (Moreno, 2002)



Figura 1 Vista aérea del Campus de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (1975).



Figura 2 Vista aérea de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (1975).

1.2 Reseña histórica del Edificio de la Facultad de Ingeniería. (Moreno, 2002)

El 17 de mayo de 1962, la resolución ministerial que creó la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, incluía a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, integrada por las Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Sanitaria y Arquitectura. El primer decano de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas al Ingeniero Raúl Maruri Díaz (1962-1963).

El 6 de junio de 1962, se contó con la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, compuesta por las Escuelas de Ingeniería Civil y Arquitectura, que en 1965 se constituyó en unidad académica independiente.

Posteriormente, el Consejo Universitario del 26 de septiembre de 1977 aprobó el nuevo esquema estructural de la institución que contemplaba la identificación de facultades.

El 4 de mayo de 1981 el máximo organismo aprobó los lineamientos académicos de la creación de la Escuela de Sistemas Computacionales.

Desde 1973 la facultad cuenta con su edificio, al que en diversos períodos se han incorporado nuevos predios o remodelaciones de acuerdo a las exigencias académicas.

El lugar fue el primer basurero de la ciudad de Guayaquil, el segundo basurero se ubicó en el sector San Eduardo, donde en la actualidad es la ciudad deportiva Carlos Pérez Perazzo.

La Universidad Católica se asienta en la cordillera Chongón–Colonche, esta ocupa el cuadrante Noreste del área metropolitana de Guayaquil, y se desarrolla hacia el Oeste a partir de los cerros del Barrio San Pedro y Ciudadela bellavista, es una estructura homoclinal de rumbo Norte 110 que levanta rocas antiguas del Paleógeno y del Cretácico sometidas a procesos erosivos intensos. En este dominio están comprendidas las rocas de las formaciones Cayo y Guayaquil.

La formación Cayo comprende rocas de origen volcánico-clástico depositadas en ambiente marino, sobresaliendo a la formación Piñón e infrayaciendo a la formación Guayaquil. Las secuencias unitarias caracterizan a un depósito de abanico submarino (Formación Cayo) y llanura submarina (Formación Guayaquil).

(<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6740/7/CAPITULO%202.pdf>, s.f.)

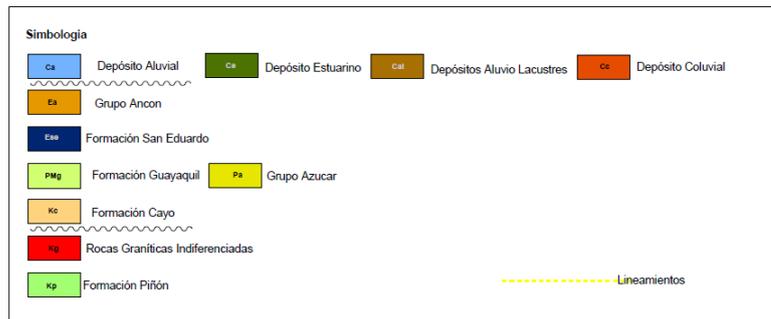
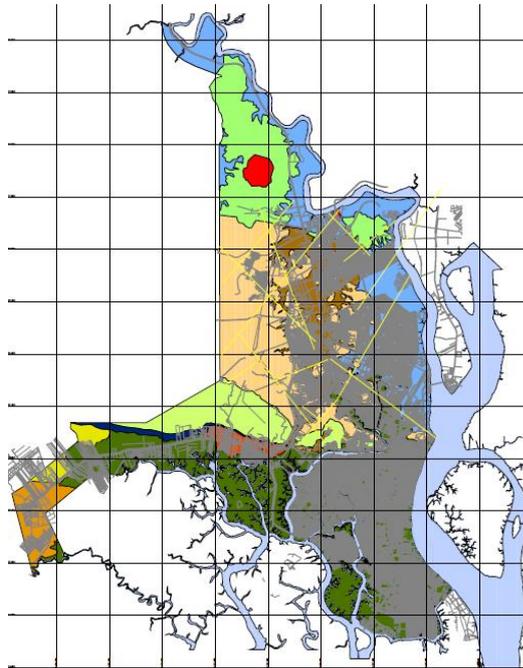


Figura 3 Mapa Geológico de Guayaquil (IIFIUC, 2005).



Figura 4 Zonificación Geológica – UCSG - Formación Cayo.

Cuando se construyó el edificio de la Facultad de Ingeniería ya estaban construidos el Edificio Principal, el Aula Magna y Medicina, estos edificios reposan sobre roca con lo cual no presentaron ninguna novedad. Por lo tanto para el diseño del Edificio de Ingeniería no se hicieron los estudios de suelos respectivos, encima de la basura había roca bien compactada por lo cual se asumió que todo el suelo era roca como era el caso de las facultades antes nombradas, lo cual no fue cierto; mediante los estudios de suelos se obtienen las características mecánicas y físicas del suelo, la profundidad del estrato rocoso, etc. Este es un estudio primordial, cuando se tiene incertidumbre sobre el terreno donde se va a asentar una edificación.

El diseño estructural del Edificio de la Facultad de Ingeniería lo realizó el Ing. Jorge Tola Miranda, y fue construida por el Ing. Carlos Ordoñez Beltrán quien fue un muy reconocido Ingeniero civil.

A medida que la basura se iba degradando el suelo se iba comprimiendo, con lo cual la estructura iba sufriendo asentamientos, por lo tanto cada vez el edificio se hundía y se buscó la forma de revertir la situación mediante trabajos en la cimentación y la colocación de columnas en la fachada para darle estabilidad.

La facultad hoy en día consta con salas de computación, Instituto de Investigación y Desarrollo, IIFIUC; laboratorio de suelos; laboratorio de hidráulica; laboratorio de estructuras y suelos; laboratorio de calidad de aguas y Centro de Investigación en Ingeniería estructural sismo resistente, CEINVES.



Figura 5 Toma aérea del Edificio de la Facultad de Ingeniería (1974).

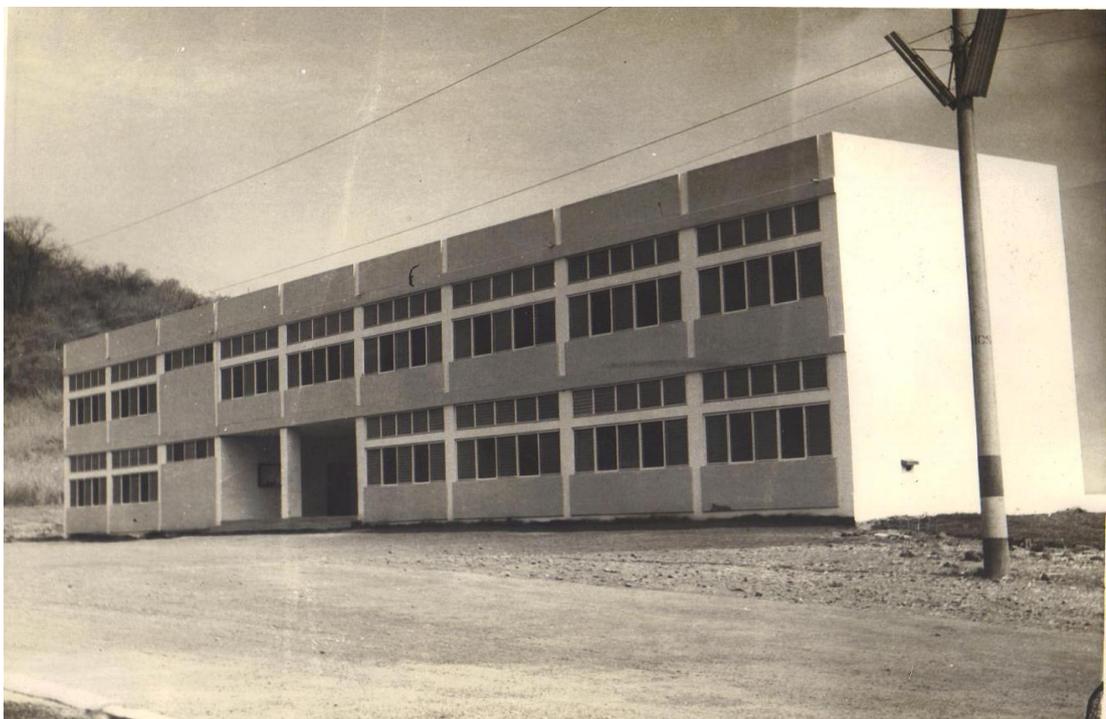


Figura 6 Edificio de la Facultad de Ingeniería (1973).



Figura 7 Edificio de la Facultad de Ingeniería (2015).



Figura 8 Edificio de la Facultad de Ingeniería (2015).

1.3 Trabajos de rehabilitación efectuados en el edificio.

En el año 1981 se empezó a buscar la forma de que no se produzcan más estos asentamientos los cuales ponían en riesgo la estructura, ya que algunos elementos estructurales iban a tomar mayores cargas debido a la redistribución de esfuerzos, lo cual originaría una zona de falla y un posible colapso de la edificación. La obra de rehabilitación fue realizada por la empresa Ciport S.A. a mediados del 1981 a cargo del ingeniero Rafael Miranda.

Se empezó a colocar pilotes tipo Mega por debajo del sistema de cimentación la cual está conformada por plintos aislados amarrados con riostras.

El pilote Mega está formado por la unión de elementos prefabricados en hormigón, que se encajan unos a otros; un entallo central permite su ensamblaje.

Estos pilotes fueron creados para hacer reparaciones bajo obras ya construidas, para el refuerzo de la cimentación, se necesita un equipo reducido, el hundimiento se lo realiza por medio de un gato hidráulico.

Una de sus principales ventajas es que se pueden ejecutar en espacios reducidos, su capacidad portante se la obtiene por lectura directa en el manómetro del gato.

Los pilotes Megas que se utilizaron eran cuadrados de base y ancho 30 centímetros y una altura 60 cm, eran introducidos uno por uno hasta llegar al estrato resistente.

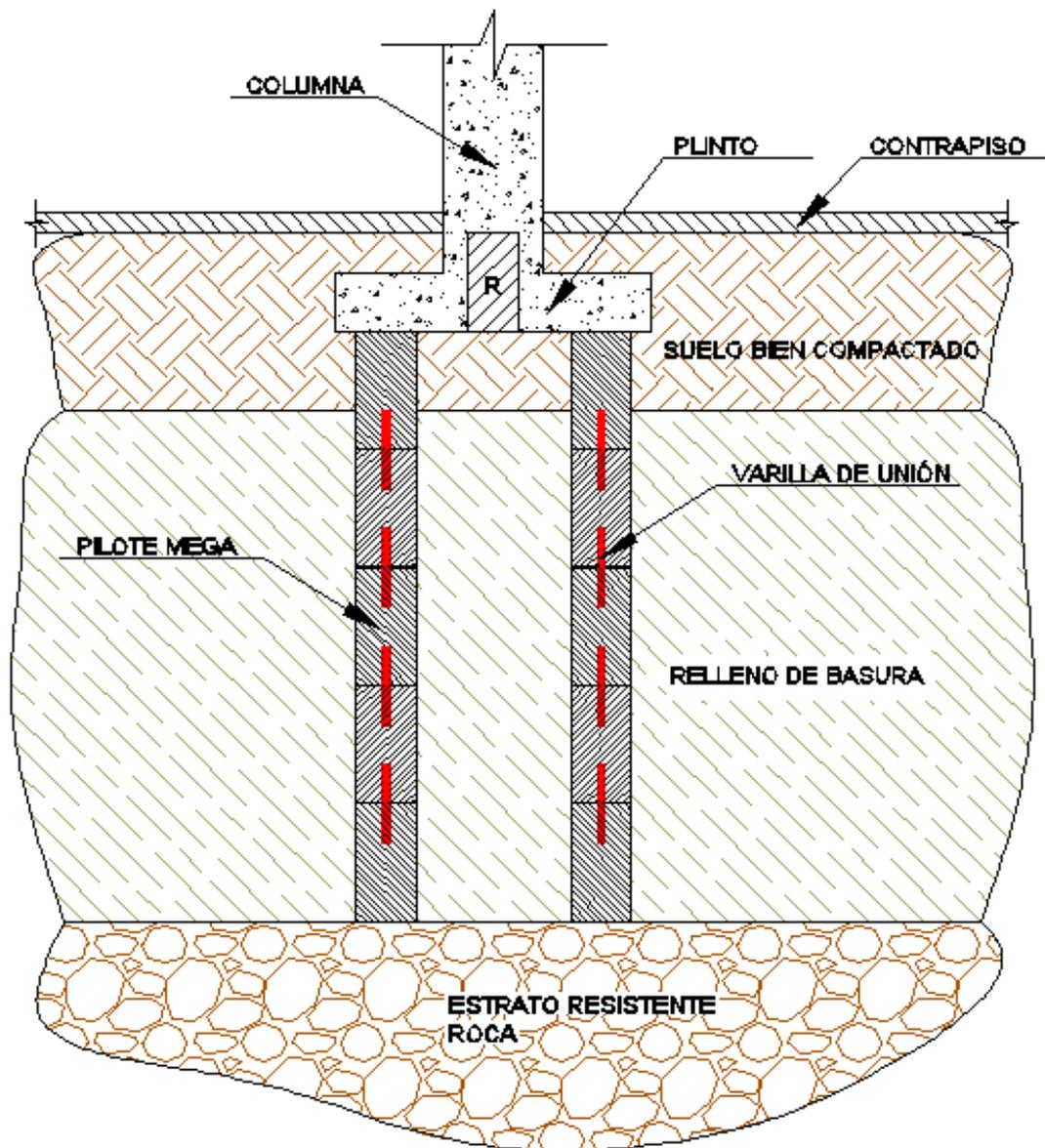


Figura 9 Detalle de Pilotes Mega en cimentación del Edificio.

Además de los pilotes se colocaron 10 columnas de 30x40 cm. en la fachada frontal del edificio, para darle mayor estabilidad, ya que el edificio presentaba volteo.

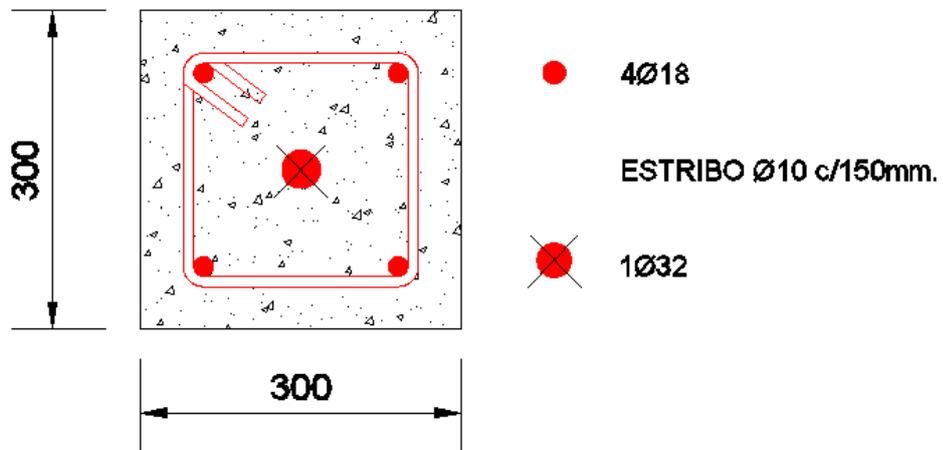


Figura 10 Sección transversal del Pilote Mega.

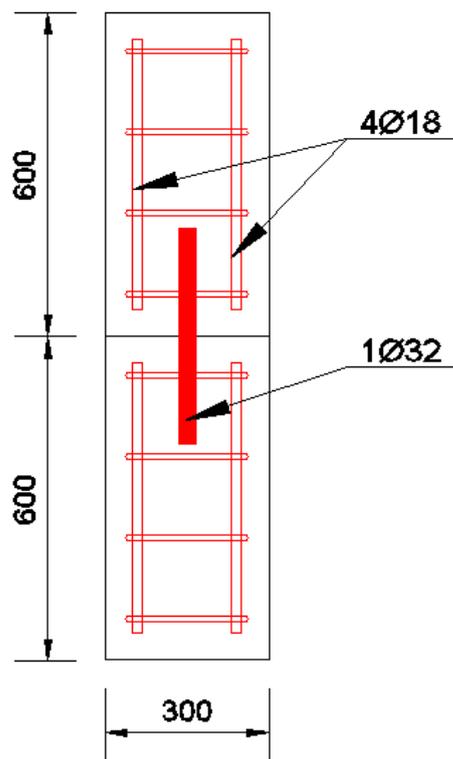


Figura 11 Pilote Mega - Vista longitudinal.

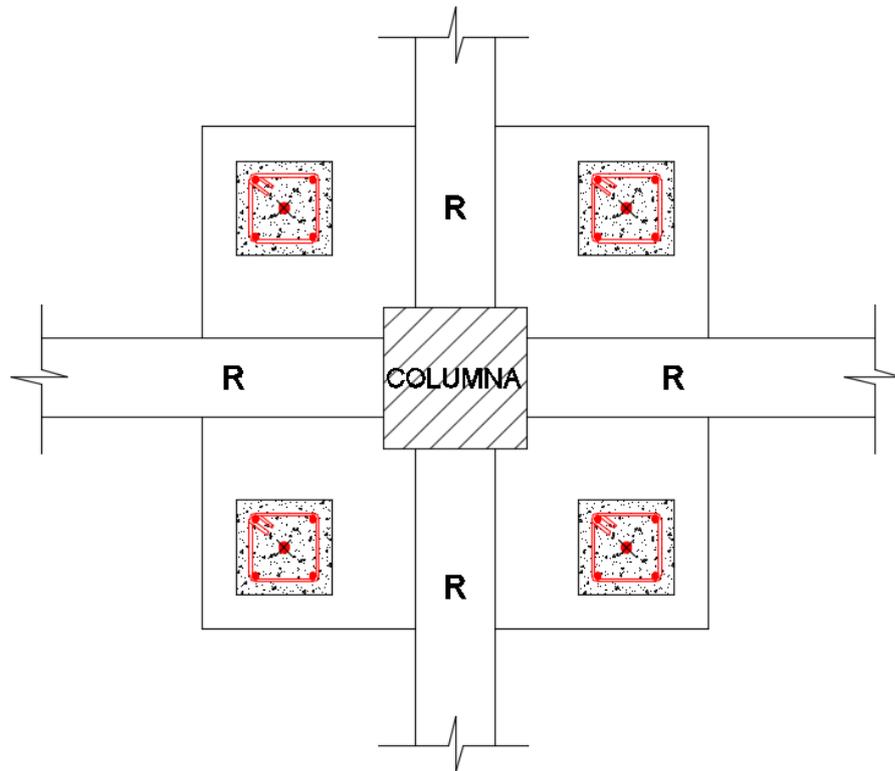


Figura 12 Pilote Mega - Vista en planta.

La fuerza de presión que se le daba a los pilotes mega para que vayan ingresando en el terreno no debía ser mayor que la carga muerta que bajaba por las columna, se debía tener mucho cuidado en eso, ya que al aplicar mayor fuerza iba a levantar el edificio y por ende se iban a esforzar los elementos estructurales lo cual produciría grietas y perdida de su resistencia. Una vez realizado estos reforzamientos a la cimentación del edificio logró estabilizarse con lo cual no presentó en los siguientes años asentamientos importantes los cuales iban a ser perjudiciales para la estructura.

1.4 Métodos empleados para su construcción.

Los Métodos empleados para la construcción del edificio fueron los convencionales, el hormigón fue hecho in situ con una concretera. Para fundir los elementos de los pisos superiores se utilizó sistemas de poleas comunes.

El curado del concreto se lo hizo por 7 días para lograr la resistencia requerida o de diseño, se lo realiza para que se mantenga el agua mínima que el hormigón necesita para fraguar, porque con el calor que se produce por las reacciones químicas el agua se evapora y para evitar fisuraciones.

Los encofrados utilizados fueron de madera, los cuales permiten elaborar una gran cantidad de formas de los elementos, estos se elaboraron en obra; para el encofrado de la losa se usaron soportes de madera (caña) como apuntalamientos.

Los elementos verticales se desencofraron a las 48 horas, si se desencofra antes de este tiempo el hormigón puede estar muy plástico y se deberá tener cuidado para no dañar la superficie.

Para desencofrar un elemento este debe alcanzar del 65 al 70% de la resistencia de diseño.

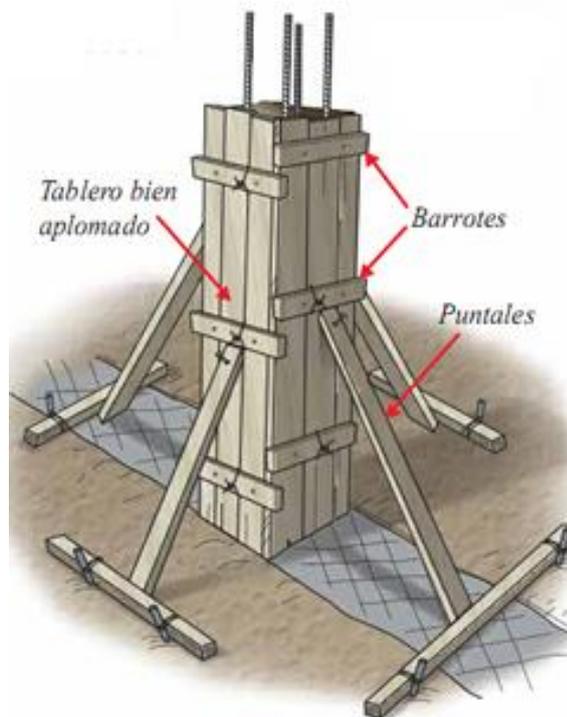


Figura 13 Encofrado de Columnas.

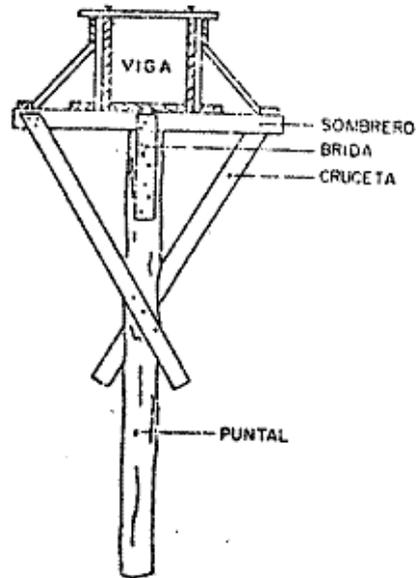


Figura 14 Encofrado tipo de vigas.

1.5 Consideraciones de diseño, y códigos utilizados.

-El edificio de Ingeniería para su diseño se basó en el código ACI 318-71.

-El diseño del edificio se lo hizo de hormigón con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm² y un acero con un esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm².

-Para hacer el análisis estructural del edificio se utilizó un programa de computadora llamado Disci y Calpo el cual hacía un análisis matricial.

-Se utilizó para su diseño una carga viva de 300 kg/m² para la primera losa y segunda losa y los factores de mayoración utilizados fueron 1.4 para la carga muerta y 1.7 para la carga viva.

$$W = 1.4D + 1.7L$$

-Para obtener la fuerza horizontal sísmica se consideró el 8% de la gravedad, el cual multiplicado por el peso del edificio nos da el cortante basal, y este es distribuido para cada piso del edificio.

- La cimentación se diseñó con una descarga aproximada de 15 Ton/m².
- El tamaño de las Riostras que amarran los plintos son de 250x500 milímetros.

1.6 Propiedades físicas de los materiales utilizados.

La resistencia de los elementos del edificio son similares a las utilizadas hoy en día, la resistencia a compresión del hormigón es 280 kg/cm².

El acero del edificio es grado 60, con lo cual los diseñadores debían usar los materiales disponibles en el mercado para conseguir reducir los costos de la edificación.

Acero de Refuerzo

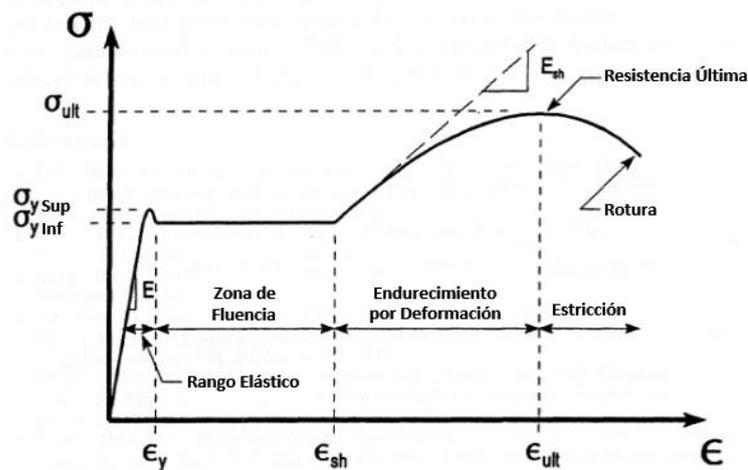


Figura 15 Curva Esfuerzo-Deformación Esquemática (Bruneau, Uang y Whittaker, 1998).

La zona elástica es la parte donde al dejar de aplicar la carga, el material regresa a su estado original sin ninguna deformación, en esta zona es aplicable la ley de Hooke.

Existe una relación de proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación unitaria, denominada módulo de elasticidad, o módulo de Young, la cual se la representa como E , dentro de este rango, todo esfuerzo σ y su respectiva deformación unitaria ε guardan la siguiente relación:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

El módulo de elasticidad del acero siempre va a ser el mismo, sin importar el tratamiento que se le dé o la resistencia del acero, se considera $E = 2\,030\,000 \text{ kg/cm}^2 = 200 \text{ GPa}$.

En la zona de fluencia se produce una meseta, la cual es caracterizada por un incremento de la deformación unitaria sin que haya un aumento en el esfuerzo. Cuando el elemento se plastifica en su totalidad entra en el rango llamado endurecimiento por deformación.

El endurecimiento por deformación es una zona donde el material vuelve a esforzarse para seguir deformándose, llegando al punto donde la tensión es la máxima, también se la llama resistencia última.

La zona de tensión post-máxima o estricción se encuentra entre la resistencia última del material y la rotura. En esta zona se observa como la probeta de ensayo presenta una reducción en su sección.

El acero de grado 60 (4200 kg/cm^2) posee 1.5 mayor resistencia que el de grado 40 (2800 kg/cm^2), pero a su vez es menos dúctil, lo cual lo hace más difícil su trabajabilidad ya que para doblarlo se necesita más esfuerzo por parte del trabajador, en la actualidad solo se produce acero 4200 kg/cm^2 ; dejando obsoleto al acero de grado 40 (40ksi). La densidad del acero es 7850 kg/m^3 .

Hormigón

El hormigón es un material compuesto por agregado fino y grueso, cemento – arena – piedra – agua, es muy eficiente para tomar las compresiones que se produzcan en una estructura, pero este necesita trabajar en conjunto con un material que tome las tensiones, por lo cual se utiliza el acero de refuerzo que

es un material que trabaja bien ante esfuerzos de tensión, conformando el hormigón armado.

El módulo de elasticidad del hormigón varía de acuerdo a la resistencia a la compresión que tengan. A mayor resistencia mayor es el módulo de elasticidad, se lo obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$E_c = 15000 \sqrt{f'_c}$$

Por lo tanto el módulo de elasticidad del hormigón utilizado en el edificio es 250998 kg/cm².

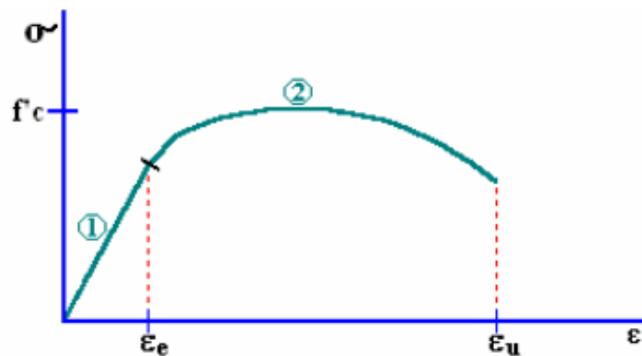


Figura 16 Curva Esfuerzo-Deformación – Hormigón.

En la gráfica se observa la deformación unitaria elástica máxima (ξ_e) y la deformación unitaria de rotura (ξ_u), la relación ξ_u/ξ_e se conoce como el índice de ductilidad por deformación. Estos índices varían para un hormigón de 280 kg/cm² entre 3.5 a 4.5.

Conocer esta relación de deformaciones, es un indicador para conocer la capacidad que tiene el hormigón para deformarse cuando ha excedido el límite donde el hormigón se comporta elásticamente.

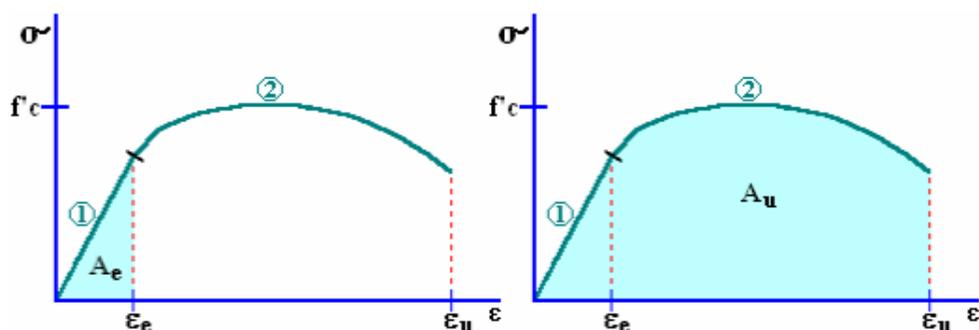


Figura 17 Curva Esfuerzo-Deformación – Energías de deformación.

Existe otra forma de medir su ductilidad, y es por medio de la relación entre el área de energía de deformación unitaria de rotura y el área de la energía de deformación unitaria máxima elástica. Este índice de ductilidad por energía de deformación varía entre 6 y 8 para el hormigón del edificio.

El hormigón con el cual fue diseñado el Edificio es de 280 kg/cm², además presenta confinamiento el cual aumenta la resistencia a la compresión y a la capacidad de deformación del hormigón, la densidad de un hormigón simple estándar varía entre 2000 kg/m³ y 2300 kg/m³.

El tipo de cemento que se utilizó fue portland Tipo I, el cual es para uso general, se lo utiliza cuando no se requiere cementos de conformación especial.

CAPÍTULO 2 LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO

2.1 Introducción

Este capítulo abarca el levantamiento de la Edificación en su parte estructural, ya que los planos estructurales no existen en la actualidad, partiendo de los planos arquitectónicos proporcionados por la Administración de la Universidad Católica, se emplearán distintos métodos con el objetivo de conocer las características y propiedades de los materiales que conforman el Edificio.

Se deberá obtener las medidas de las secciones de columnas y de la viga efectiva del sistema de losa placa plana; se utilizará cinta métrica y demás instrumentos de medición útiles.

Se deberá también conocer mediante esclerómetro y equipos como el ferroskan, la resistencia del hormigón y el acero existente, los diámetros de las varillas de acero de refuerzo en la franja de columna, franja central del sistema de losa placa plana y columnas, recubrimientos, espaciamiento de estribos, diámetro de varillas de estribos.

2.2 Levantamiento topográfico.

A partir de los planos arquitectónicos disponibles, se realizó una verificación de las distancias, entre columnas y alturas de pisos, mediante cinta y flexómetro, y se concluyó que los planos arquitectónicos tenían las distancias y elevaciones correctas.

2.3 Métodos para obtener la Resistencia a compresión del hormigón.

El método más eficaz para obtener la resistencia a compresión del hormigón es mediante la toma de núcleos en las columnas, este es considerado un método destructivo.

Estos núcleos deberán ser llevados a un laboratorio donde mediante la prueba de compresión simple, se determina su resistencia.



Figura 18 Máquina de compresión simple para hormigón.

En nuestro caso se optó por utilizar esclerómetro, el cual es un aparato no muy exacto, es recomendable utilizarlo en los elementos que no presenten enlucido, ya que con este el resultado será muy alejado a la realidad.



Figura 19 Esclerómetro mecánico.

Por fines de tiempo y de utilizar métodos no destructivos se lo empleó para verificar la resistencia si coincide de manera aproximada con la resistencia con la cual fue diseñada la edificación.

Ventajas:

- Es un ensayo no destructivo.
- Se puede utilizarlo horizontal o vertical.
- Es un ensayo económico.
- Se puede ensayar muchos elementos en un tiempo corto.

Desventajas:

- El aparato debe estar calibrado.
- Puede variar de acuerdo a la destreza del operario.
- Si presenta enlucido el elemento estructural los resultados son inciertos.

Se utilizó el esclerómetro en los elementos de hormigón y a continuación se muestra un resumen:

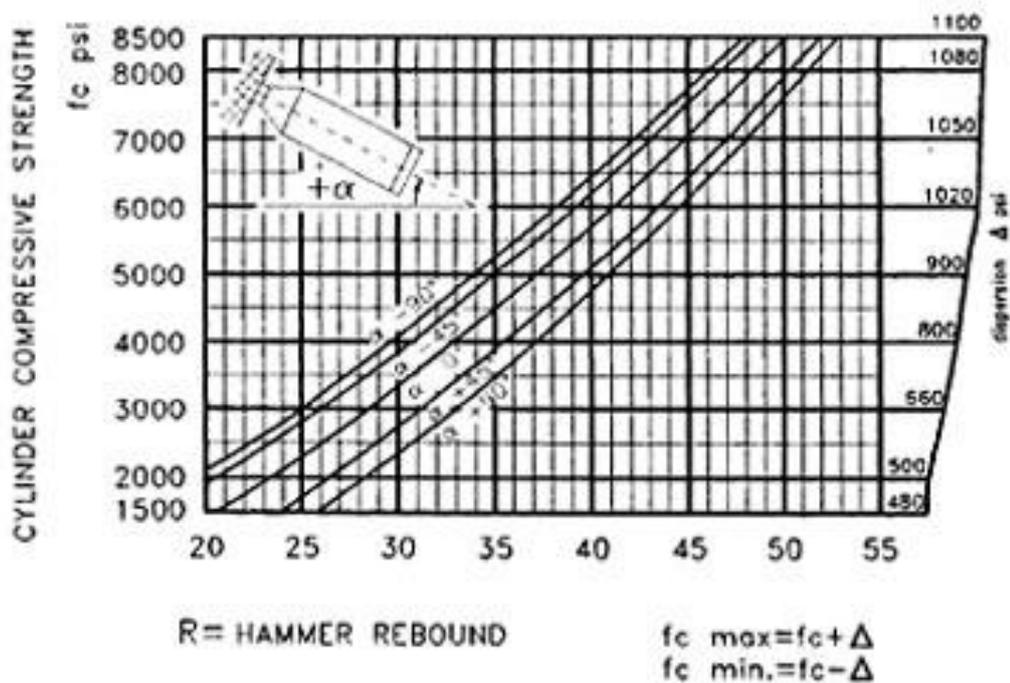


Figura 20 Gráfica de correlación - Rebound Hammer

COLUMNAS	LECTURAS DE REBOTE (HAMMER REBOUND)										
	CARA 1					CARA 2					
	1	2	1	2	Promedio	Ángulo α	fc psi (Curva)	Δ	fc max = $\frac{fc}{fc+\Delta}$	fc max = $\frac{fc}{fc+\Delta}$	
A1	35	32	38	41	37	0	4991	853	5844	4138	289.66
A2	45	44	42	36	42	0	6200	1035	7235	5165	361.55
A3	41	39	37	37	39	0	5400	960	6360	4440	310.8
A4	38	34	38	36	37	0	4991	853	5844	4138	289.66
A5	39	41	36	38	39	0	5400	960	6360	4440	310.8
B1	41	35	45	43	41	0	6000	1020	7020	4980	348.6
B2	34	30	35	37	34	0	4250	825	5075	3425	239.75
B3	36	35	38	37	37	0	4991	900	5891	4091	286.37
B4	39	34	35	36	36	0	4705	873	5578	3832	268.24
B5	45	49	45	35	44	0	6750	1072.5	7822.5	5677.5	397.425
C1	32	34	44	37	37	0	4991	900	5891	4091	286.37
C2	34	36	39	38	37	0	4991	900	5891	4091	286.37
C3	38	36	34	38	37	0	4991	900	5891	4091	286.37
C4	34	36	35	38	36	0	4705	873	5578	3832	268.24
C5	46	37	44	40	42	0	6200	1035	7235	5165	361.55
D1	39	38	40	41	40	0	5680	974	6654	4706	329.42
D2	34	36	39	42	38	0	5198	925	6123	4273	299.11
D3	36	36	41	39	38	0	5198	925	6123	4273	299.11
D4	37	35	38	40	38	0	5198	925	6123	4273	299.11
D5	42	46	42	41	43	0	6500	1035	7535	5465	382.55
E1	34	33	39	38	36	0	4705	873	5578	3832	268.24

E2	39	40	36	38	38	0	5198	925	6123	4273	299.11
E3	36	35	35	37	36	0	4705	873	5578	3832	268.24
E4	34	33	32	36	34	0	4250	825	5075	3425	239.75
E5	48	40	45	44	44	0	6750	1072.5	7822.5	5677.5	397.425
F1	38	34	36	39	37	0	4991	900	5891	4091	286.37
F2	39	35	38	34	37	0	4991	900	5891	4091	286.37
F3	40	34	35	35	36	0	4705	873	5578	3832	268.24
F4	43	39	39	38	40	0	5680	974	6654	4706	329.42
F5	44	50	36	35	41	0	6000	1020	7020	4980	348.6
G1	37	39	38	41	39	0	5400	960	6360	4440	310.8
G2	34	37	40	39	38	0	5198	925	6123	4273	299.11
G3	38	41	40	43	41	0	6000	1020	7020	4980	348.6
G4	41	39	39	40	40	0	5680	974	6654	4706	329.42
G5	42	43	43	44	43	0	6500	1035	7535	5465	382.55
H1	41	37	35	37	38	0	5198	925	6123	4273	299.11
H2	37	39	38	36	38	0	5198	925	6123	4273	299.11
H3	39	42	36	34	38	0	5198	925	6123	4273	299.11
H4	34	38	37	36	36	0	4705	873	5578	3832	268.24
H5	45	40	42	32	40	0	5680	974	6654	4706	329.42
I1	38	36	40	39	38	0	5198	925	6123	4273	299.11
I2	34	40	39	42	39	0	5400	960	6360	4440	310.8
I3	38	45	36	38	39	0	5400	960	6360	4440	310.8
I4	39	34	34	38	36	0	4705	873	5578	3832	268.24
I5	48	51	32	45	44	0	6750	1072.5	7822.5	5677.5	397.425
J1	38	39	43	41	40	0	5680	974	6654	4706	329.42
J2	41	37	37	39	39	0	5400	960	6360	4440	310.8
J3	44	40	46	42	43	0	6500	1035	7535	5465	382.55
J4	39	35	38	38	38	0	5198	925	6123	4273	299.11
J5	38	42	34	42	39	0	5400	960	6360	4440	310.8
Promedio General										317.905	

Tabla 1 Resultados tomas de esclerómetro.

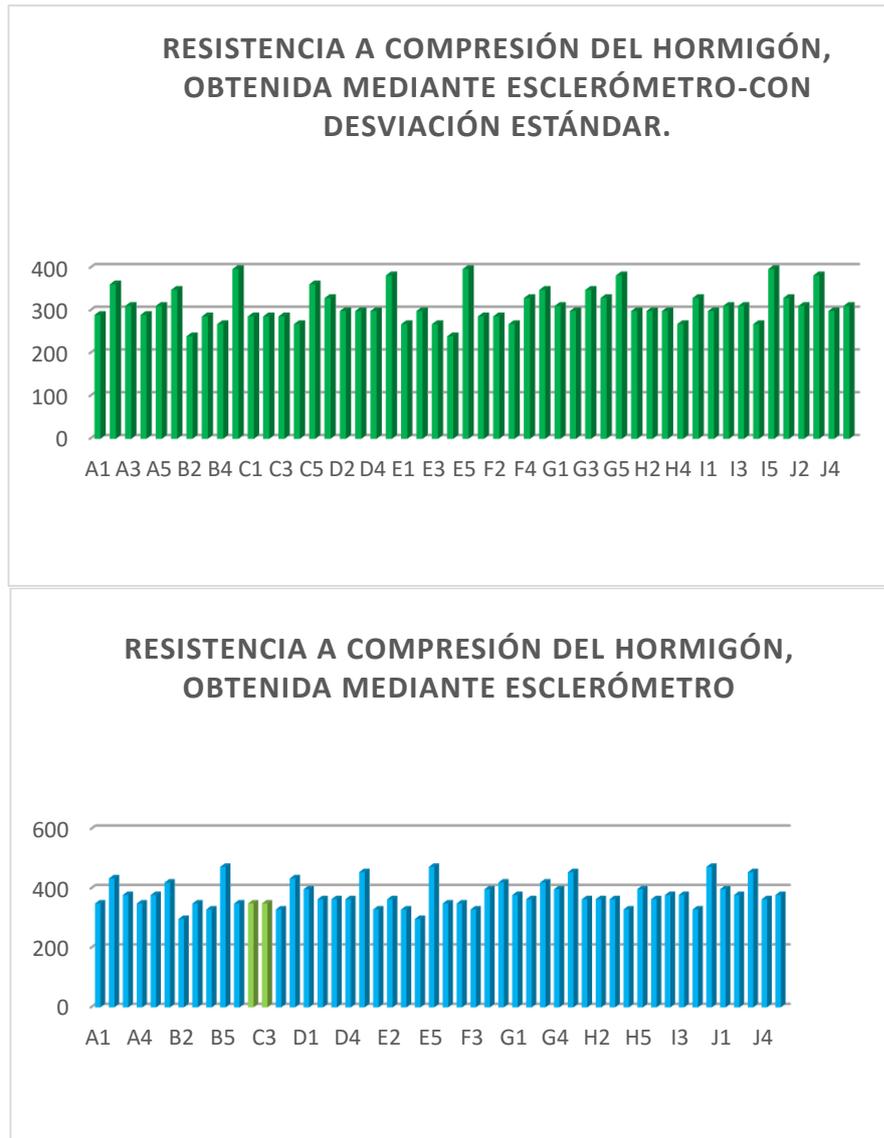


Figura 21 Gráficos de resistencia de columnas.

La tabla muestra las lecturas del robote que obtenemos con el esclerómetro, las cuales ingresan a la gráfica de correlación y este nos da el $f'c$ en psi, al cual hay que reducirlo por un factor Δ que se encuentra en la parte derecha de la gráfica y luego se la transforma a sistema MKS, para mejor visualización.

Se hizo un promedio general de todas las secciones de las columnas del edificio dando como resultado un $f'c=317.9$ kg/cm², aplicando la desviación estándar. Sin reducirla da 385 kg/cm²; pero los datos no son exactos porque las columnas tienen enlucido.

Se aplicó el esclerómetro para las columnas del 1er Piso - 2do Piso, las columnas presentan un enlucido con poco espesor y andan en un rango de 34-36; Lo que equivaldría en promedio un hormigón de $f'c = 313 \text{ kg/cm}^2$.

Se muestra en la figura 22 en color verde dos columnas de planta baja que no presentan enlucido. Tiene un número de rebotes igual a 37. Lo cual da una resistencia a compresión de 349 kg/cm^2 ; con desviación estándar es igual a 286.37 kg/cm^2 .

2.4 Método empleado para conocer el acero de los elementos de la estructura.

Para conocer el armado de los elementos, diámetro de varillas, número de varillas, espaciamiento entre varillas, recubrimiento, etc; se empleó un escáner y otros materiales útiles detallados a continuación:

Los equipos y materiales utilizados son los siguientes:

Escáner HILTI PS 200 Ferroscan

Monitor HILTI PS 200 Ferroscan

Cinta adhesiva

Retícula de referencia de 600 x 600 mm

Soporte de 700 x 700mm e=5mm

Flexómetro y/o cinta de medición

FUNCIONAMIENTO:

El principio de funcionamiento del sistema está basado en el desplazamiento directo del escáner sobre la superficie de la obra. Los datos se almacenan en el escáner hasta que puedan transferirse al monitor. El monitor se utiliza para almacenar grandes volúmenes de datos y poderlos visualizar, de modo inmediato in situ, también se lo puede utilizar para el análisis. (Hilti, 2003)

El software ofrece opciones de análisis avanzadas y la posibilidad de imprimir rápidamente informes completos así como el de archivar datos para lecturas o impresiones posteriores. Las dos opciones se usaron en el presente trabajo, tanto la rápida de detección como la de imágenes.

Descripción:

DETECCIÓN QUICKSCAN:

El escáner se desplaza por encima de la superficie en dirección vertical respecto a los aceros de armadura. La posición y la profundidad aproximada de los aceros de armadura se pueden definir y marcar sobre la superficie. (Hilti, 2003)

DETECCIÓN IMAGESCAN:

En las zonas de interés se fija una retícula de referencia mediante la cinta adhesiva suministrada. Tras seleccionar el modo IMAGESCAN en el escáner se exploran las filas y las columnas de la retícula según las funciones mostradas en la pantalla. Los datos se transfieren al monitor desde donde se puede visualizar la imagen. La posición de los aceros de armadura se puede relacionar con la superficie, se pueden determinar diámetros y profundidad. (Hilti, 2003)

Si se descarga los datos al software del PC se pueden evaluar al igual que en el monitor, pudiendo además registrarse y archivar una serie de puntos con la profundidad y diámetro. (Hilti, 2003)

El sistema HILITI Ferroskan asigna el diámetro correspondiente a cada varilla, siendo el mínimo diámetro de varilla #3 (10mm).

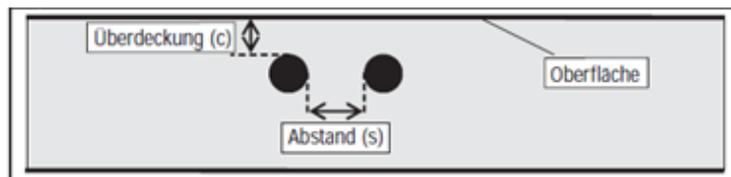
Se deben cumplir las siguientes condiciones para obtener valores de medición fiables:

- Superficie del hormigón lisa y plana.
- Aceros de armadura sin corrosión significativa.
- La armadura debe estar casi paralela respecto a la superficie.
- El hormigón no contiene áridos o componentes con propiedades magnéticas.

- Los aceros de armadura deben estar exactamente a $\pm 5^\circ$ en perpendicular respecto a la dirección de exploración.
- Los aceros de armadura no están soldados.
- Los aceros adyacentes tienen un diámetro similar.
- Los aceros adyacentes tienen la misma profundidad.
- No debe haber interferencias de campos magnéticos externos u objetos cercanos con propiedades magnéticas.
- Las ruedas del escáner están limpias de arena o cualquier tipo de suciedad similar
- Las 4 ruedas del escáner se dirigen al objeto que se pretende medir. (Hilti, 2003)

Zona de detección y medición, exactitud

La distancia mínima del acero debe ser de 36 mm para determinar la presencia de cada uno de los aceros o que la relación entre la distancia del acero y la cubierta (s:c) sea 1.5 :1, dependiendo de qué valor sea mayor. Para realizar una medición de profundidad es preciso que exista una profundidad mínima de 10 mm. (Hilti, 2003)



	Profundidad (mm)									
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	
Diámetro del hierro (ASTM)	#3	±3	±3	±4	±6	±8	0	0	X	X
	#4	±3	±3	±4	±6	±8	±12	0	X	X
	#5	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	0	X
	#6	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	0	X
	#7	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	0	X
	#8	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	0	X
	#9	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	0	X
	#10	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	0	X
	#11	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	±16	X

Cuadro de Tolerancia. Manual HILTI Ferroskan

El valor indica la exactitud de la medición de profundidad (tolerancia del valor efectivo) en milímetros.

0: La presencia de acero se puede determinar a esta profundidad, sin embargo no se puede calcular ninguna profundidad.

X: La presencia de acero no se puede determinar a esta profundidad.

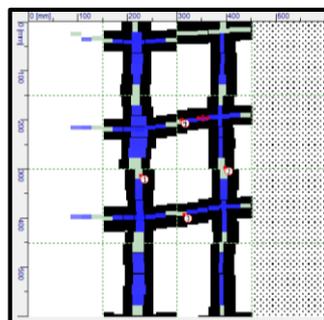
Exactitud de la definición del diámetro del acero

± 1 Diámetro normalizado cuando la relación entre la distancia del acero y la cubierta es \geq a 1.5 : 1. (Hilti, 2003)

Interpretación de colores de los resultados:

Los resultados entregados por el programa pueden ser considerados como una correcta medición o pueden ser considerados únicamente como guías para posterior verificación. Esto depende de los colores de confiabilidad de los resultados que muestra el software de HILTI Ferroskan:

- AZUL: indica la verificación de resultados por parte del software y muestra un Estado: Ok. La detección es buena. Los resultados pueden ser usados para medición. Se puede apreciar en la imagen ejemplar siguiente.
- LIMA: indica una inexactitud y el software muestra Estado: sin verificar. Esto se debe a que alguna zona está fuera del rango de medición del equipo o que las intersecciones de los barridos no coinciden perfectamente. Se puede apreciar en la imagen ejemplar siguiente.
- AMARILLO: indica varillas de acero detectadas fuera del rango válido para medición. Esto sucede cuando el programa calcula la profundidad para un determinado diámetro que se encuentra fuera del rango de medición de dicho diámetro de varilla. (Hilti, 2003)



Ejemplo para interpretación de colores

Motivos posibles cuando no se observan valores de profundidad ni diámetro

- Las barras de refuerzo están fuera del rango de medición por coberturas muy elevadas.
- Hay objetos de otros metales o con características magnéticas diferentes presentes en el escaneo.
- El punto de medición está demasiado cerca del borde de la zona escaneada y, por tanto, la información disponible para la determinación de los datos es insuficiente.
- Dos barras de refuerzo están situadas demasiado cerca la una de la otra.
- La evaluación de los resultados podría ser falseada por barras situadas asimétricamente. En ese caso no se indicarán valores.
- La barra de refuerzo tiene una forma poco habitual y no puede ser evaluada por el programa. Ej presencia de corrosión tiende a arrojar valores erróneos.
- La señal del escaneo ha sufrido interferencias debido a vibraciones, una superficie desigual u otras influencias. El programa no puede funcionar cuando esas interferencias son excesivas. (Hilti, 2003)



Figura 22 Ferroskan PS200 HILTI.



Figura 23 Escaneo a columna exterior.

2.5 Descripción del sistema de cimentación.

El sistema de cimentación consiste en plintos de sección cuadrada, amarrada por riostras, empotrados a 60 centímetros.

Luego de su asentamiento debido al terreno en que se sitúa el edificio se colocó como trabajo de rehabilitación 4 pilotes ubicados en los extremos, los cuales llegan hasta el estrato rocoso, mitigando el asentamiento de manera significativa.

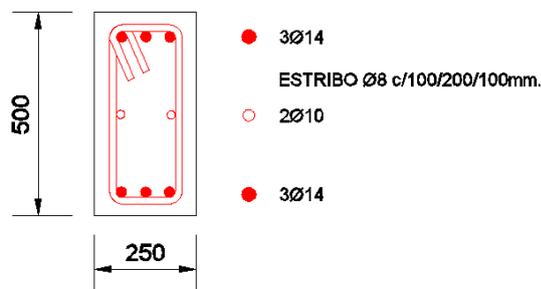


Figura 24 Detalle de armado de riostra.

2.6 Descripción del sistema de losas de piso.

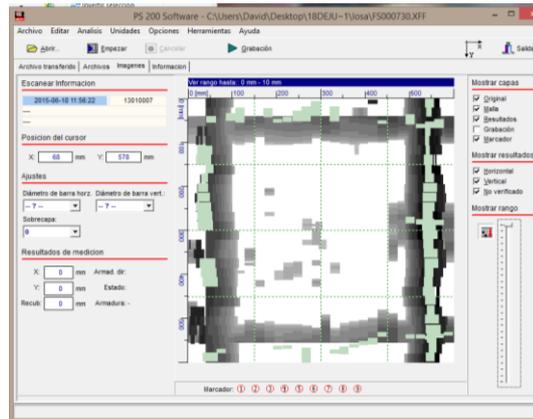


Figura 25 Lectura del ferrosacan vista mediante PS200 Software HILTI.- Losa nervada dos direcciones.

Se tomaron varias muestras en la losa del edificio con el ferrosacan, en la figura anterior se muestra el acero de los nervios separados 50 centímetros en ambas direcciones, con esto se comprobó su separación.

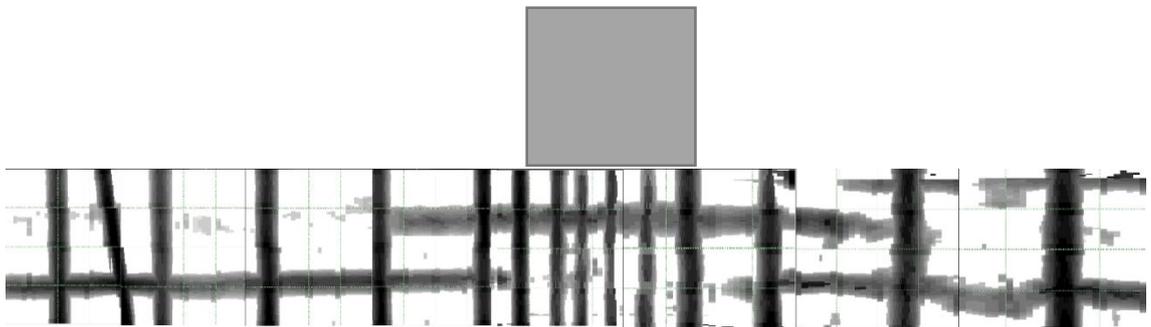


Figura 26 Lectura vista mediante PS200 Software HILTI.- Tomada en la losa a la cara de la columna.

El sistema de losa es placa plana, el edificio no tiene vigas, tiene doble nervio entre las columnas, posee una losa nervada en dos direcciones con cajonetas alivianadas.

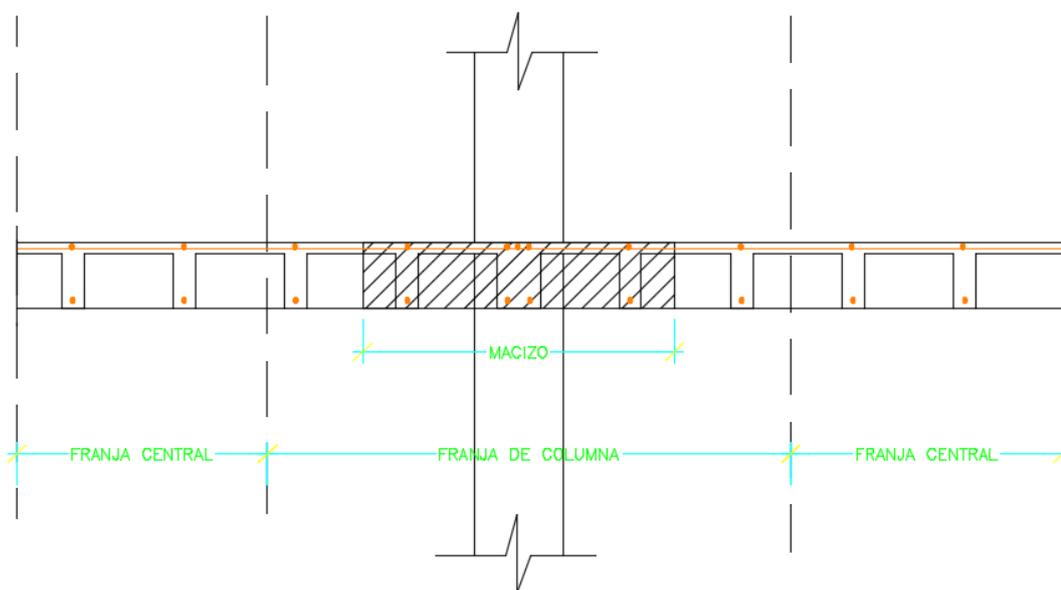


Figura 27 Detalle esquemático de losa nervada con macizo.

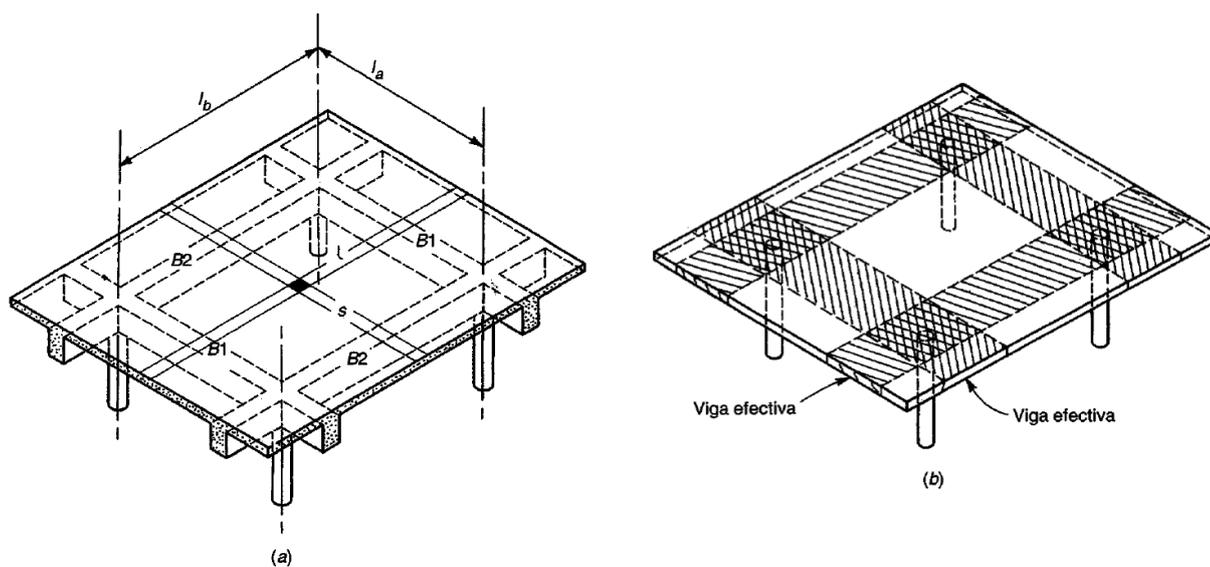


Figura 28 Losa en dos direcciones apoyadas sobre columnas (a) Losa en dos direcciones con vigas; (b) Losa en dos direcciones sin vigas. (Nilson 1999).

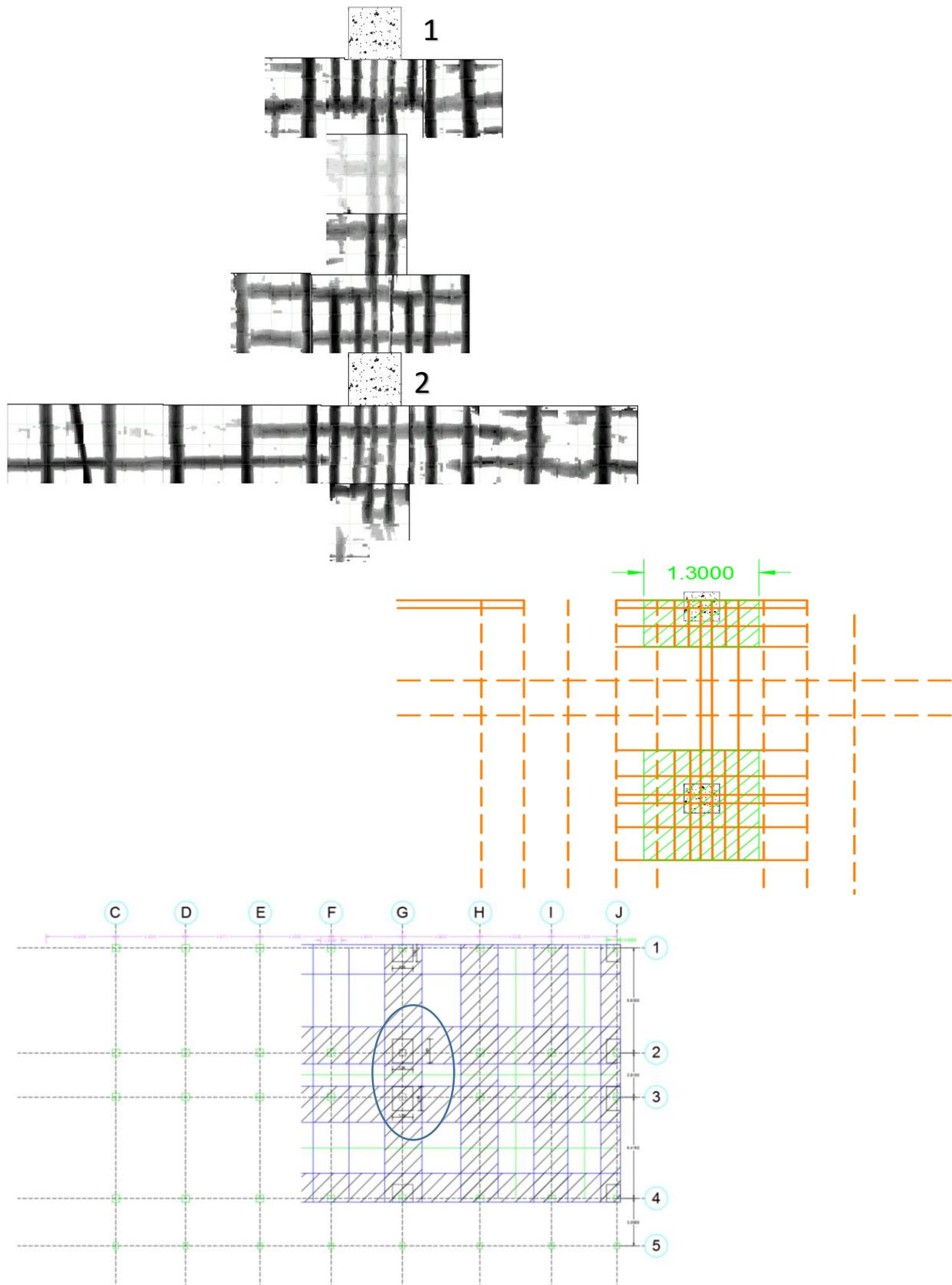


Figura 29 Detección de armadura en losa zona central – Trazado de nervios.

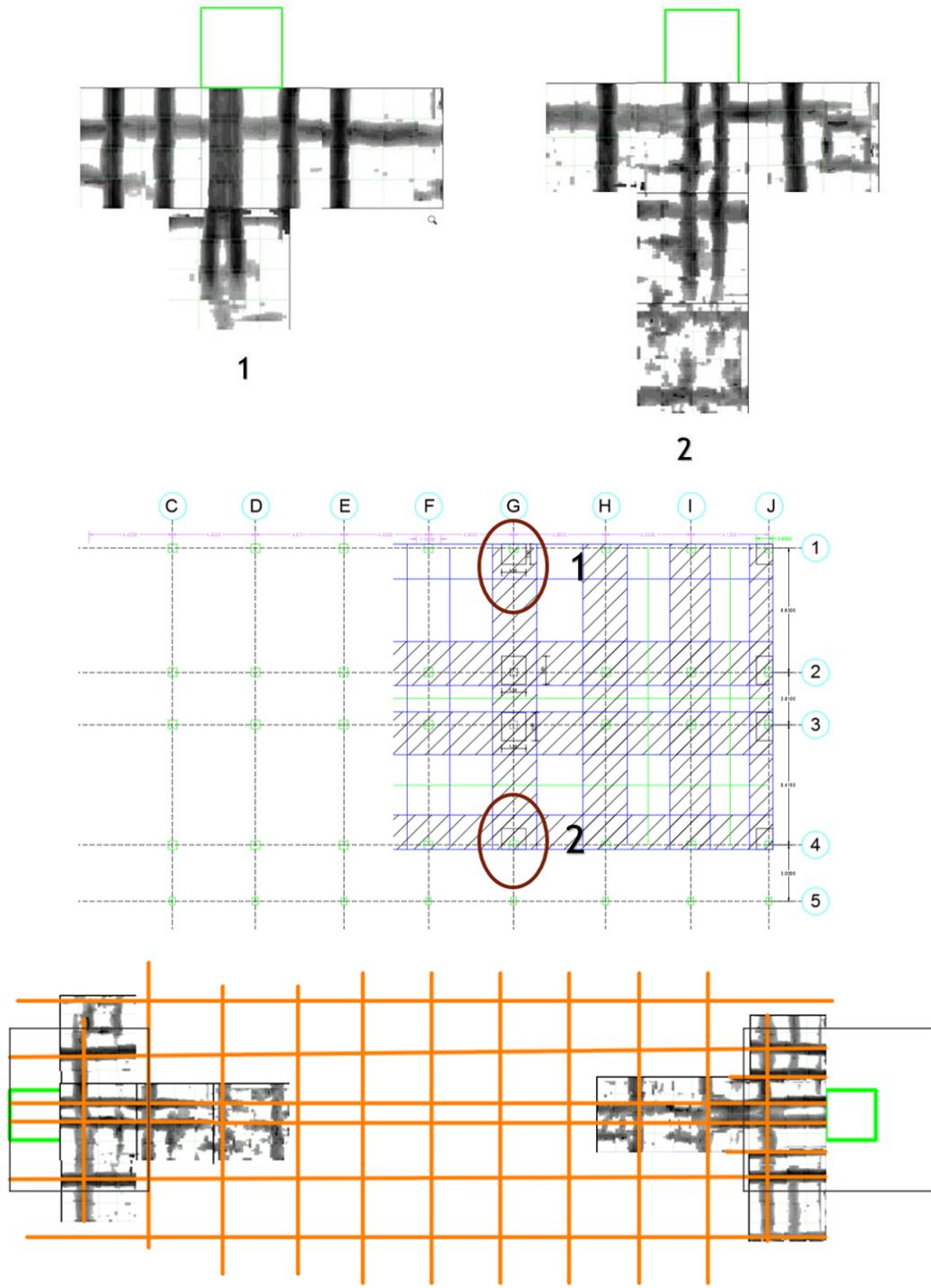


Figura 30 Detección de armadura en losa zona esquinera – Trazado de nervios.

ARMADO DE LOSA PLANA

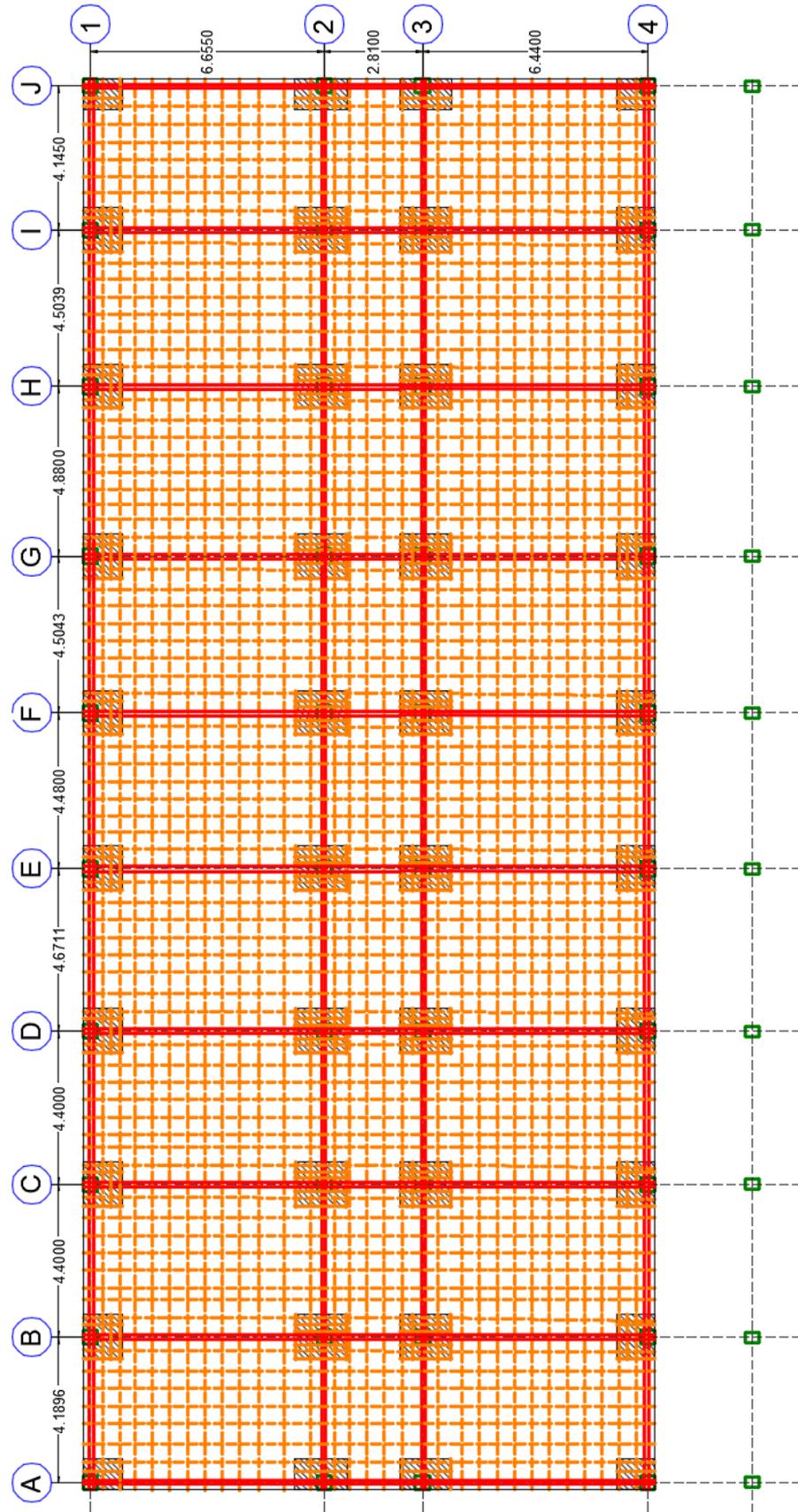


Figura 31 Planta de armado de losa plana.

PLANTA DE MACIZOS

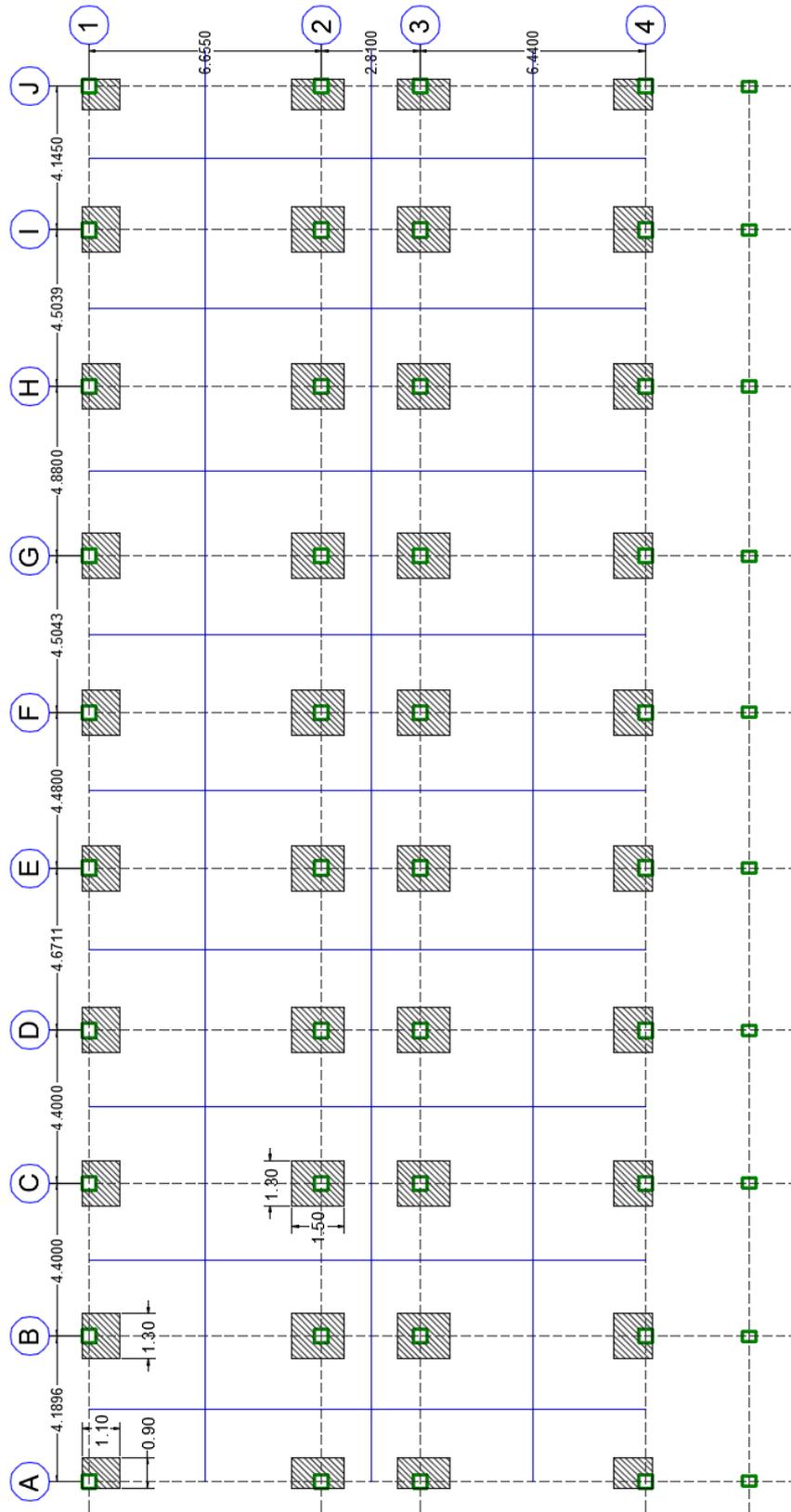
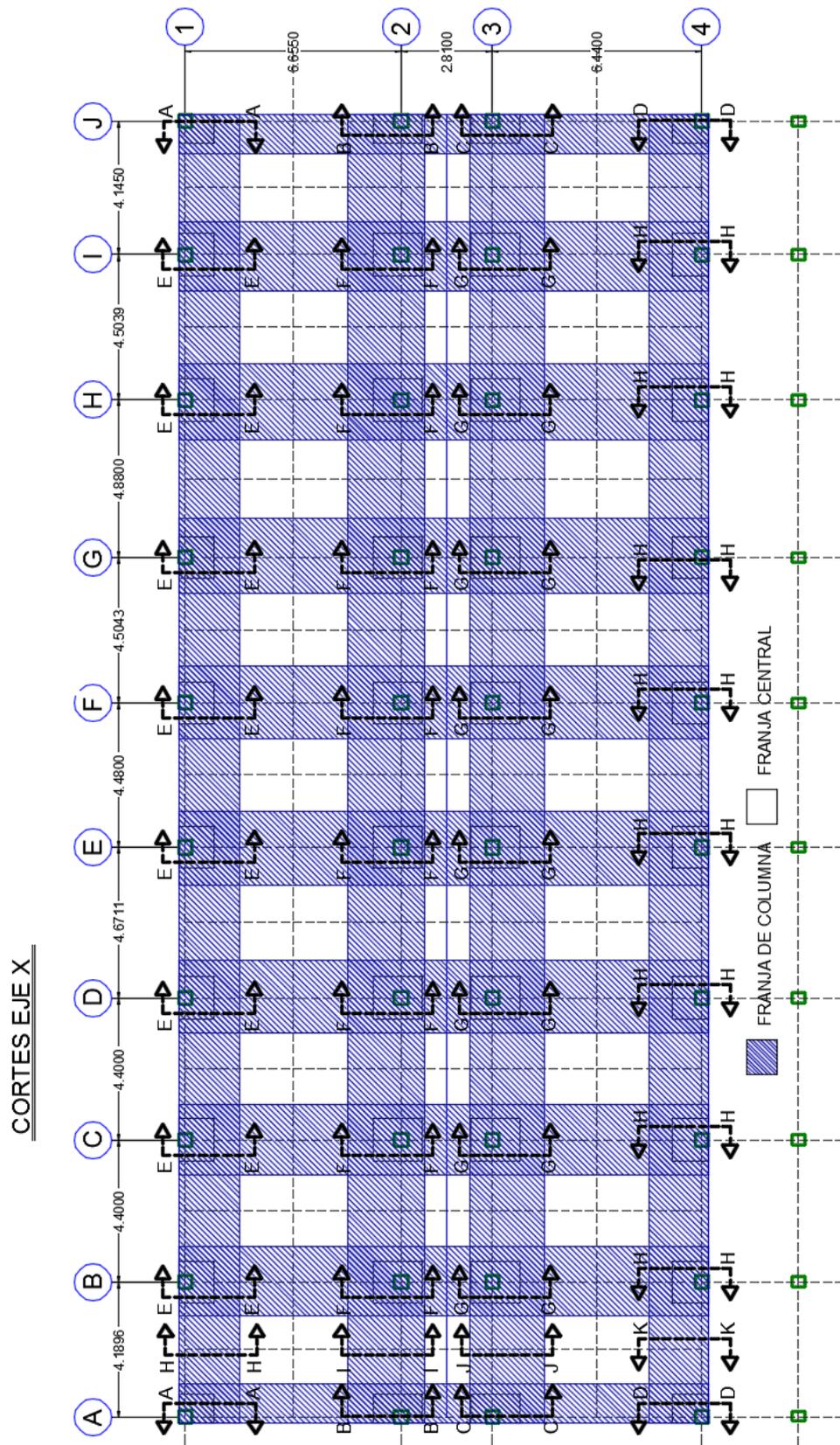
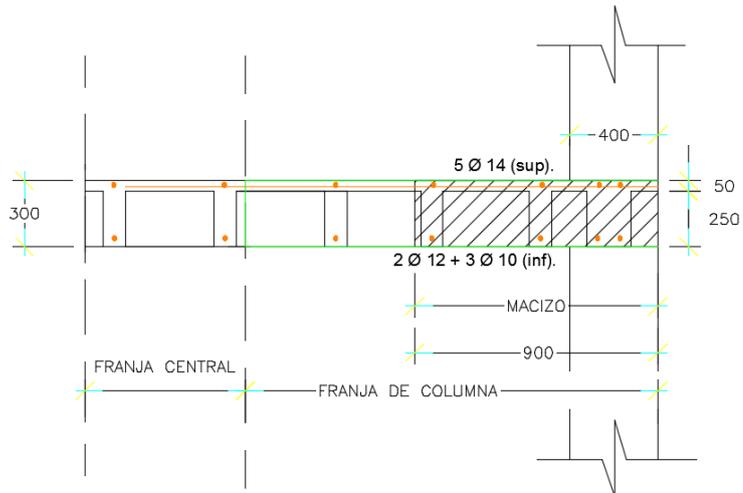


Figura 32 Planta – Vista de macizos.

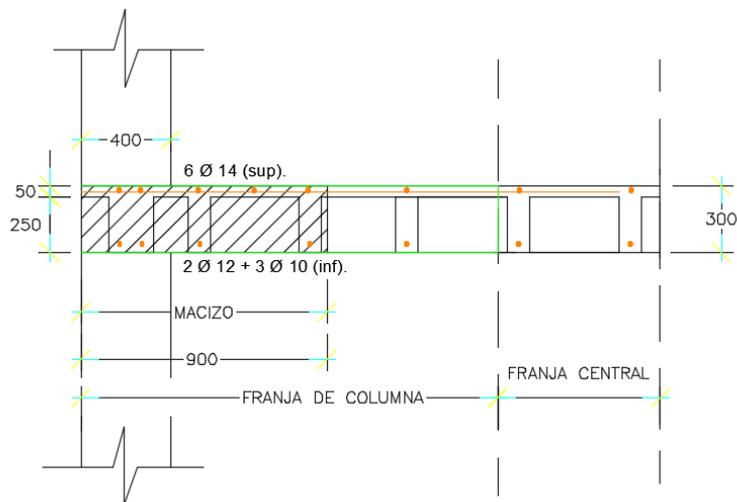


DIRECCIÓN X	FRANJA DE COLUMNA - Y	LONGITUD DEL MACIZO - Y
EJE 1	1.6638	1.1000
EJE 2	2.3663	1.5000
EJE 3	2.3125	1.5000
EJE 4	1.6050	1.1000

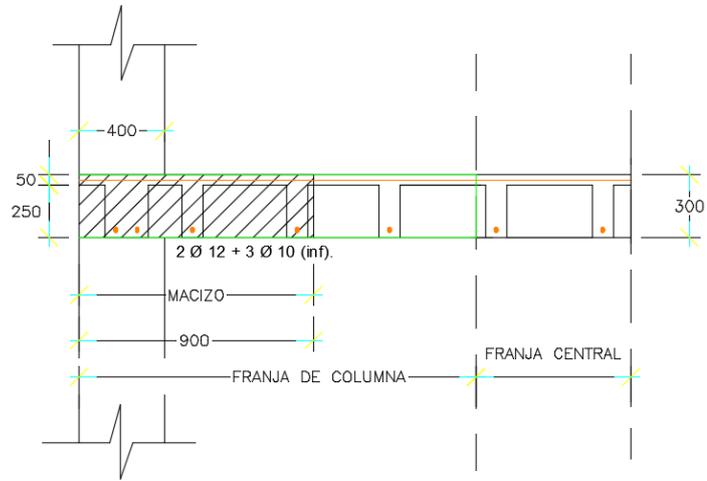
EJE - 1
CORTE TIPO A-A



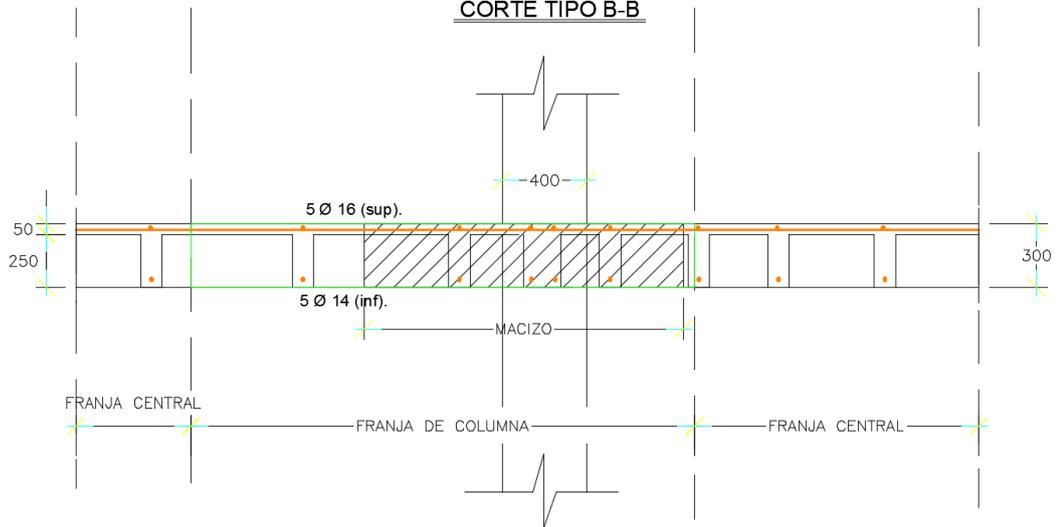
EJE - 1
CORTE TIPO E-E



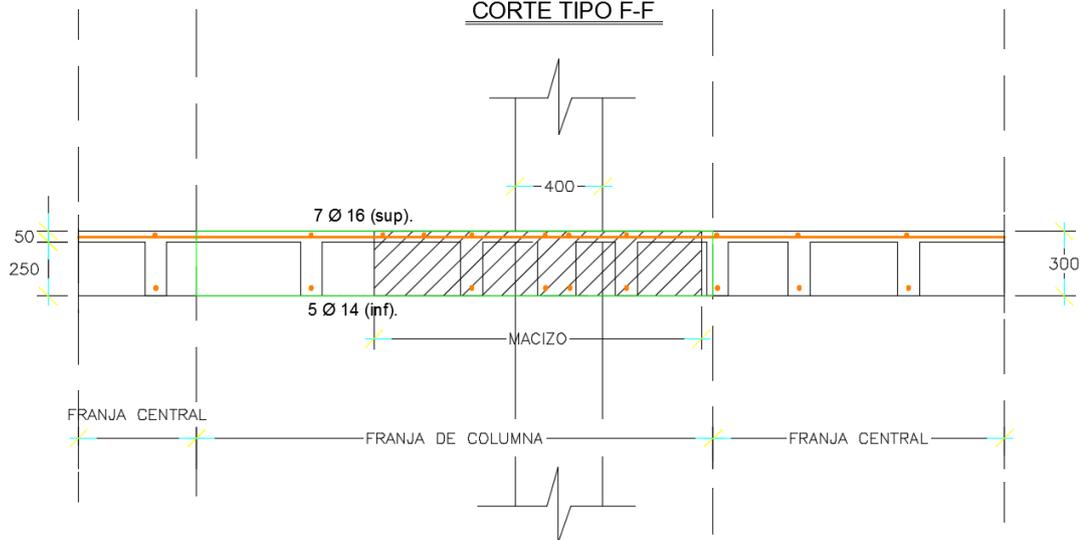
EJE - 1
CORTE TIPO H-H



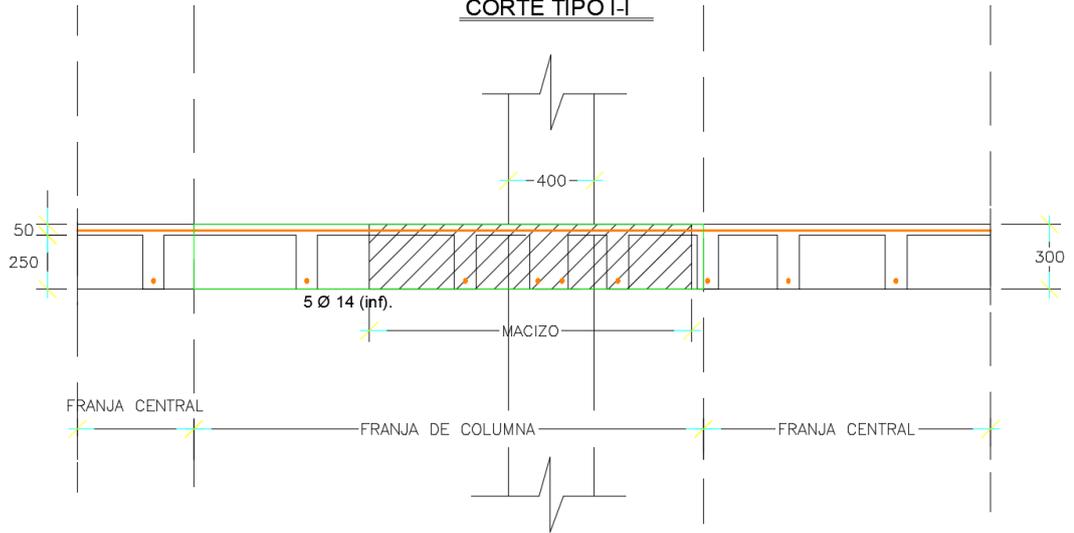
EJE - 2
CORTE TIPO B-B



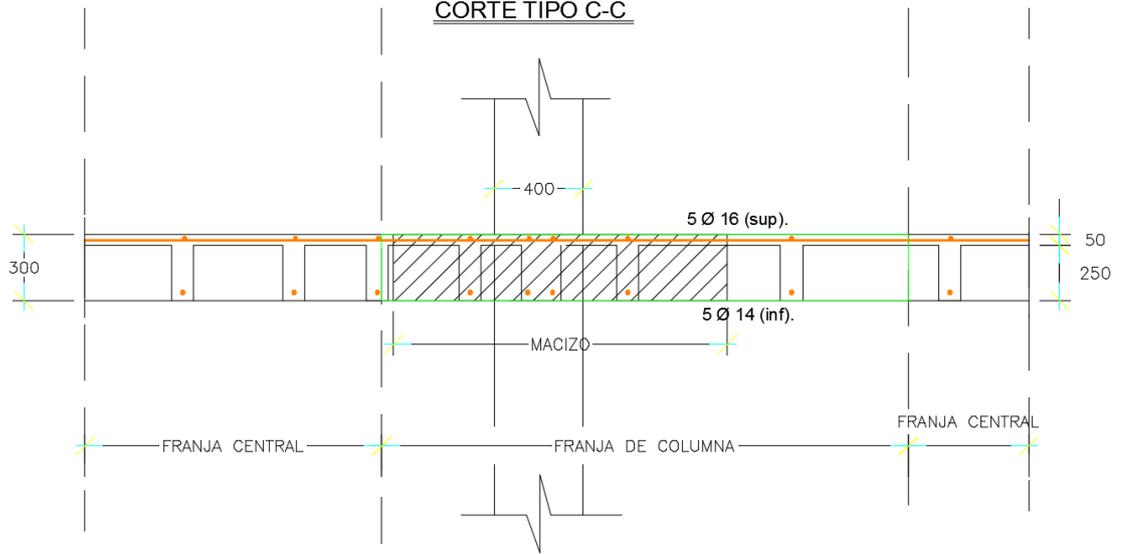
EJE - 2
CORTE TIPO F-F



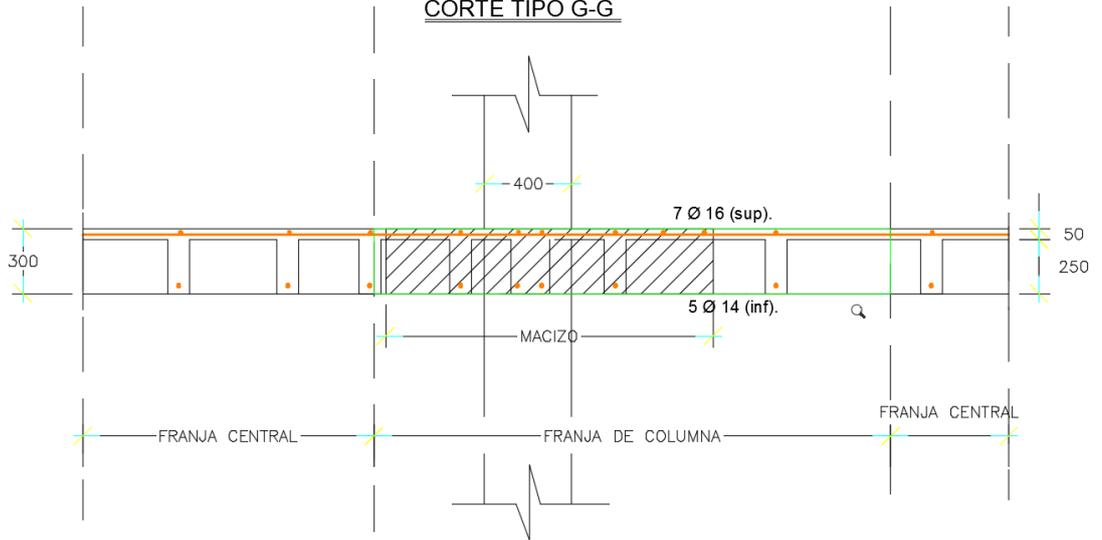
EJE - 2
CORTE TIPO I-I



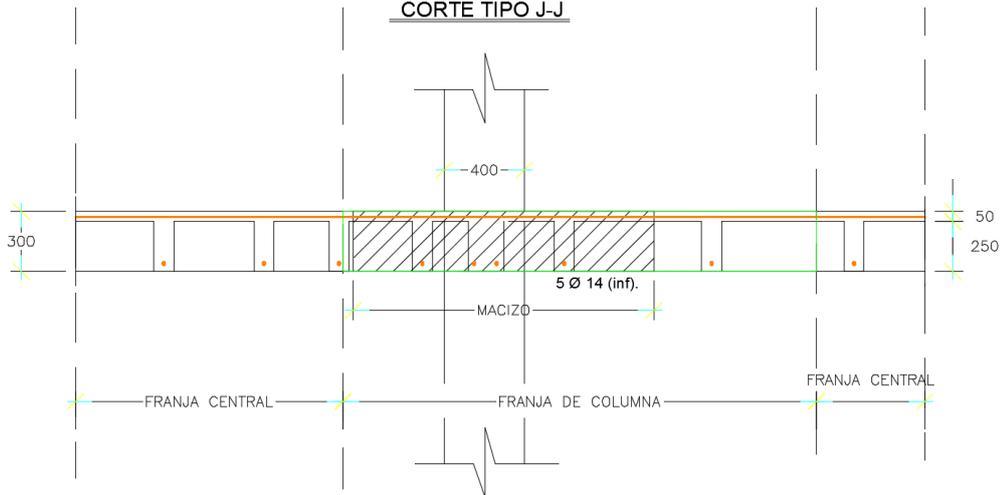
EJE - 3
CORTE TIPO C-C



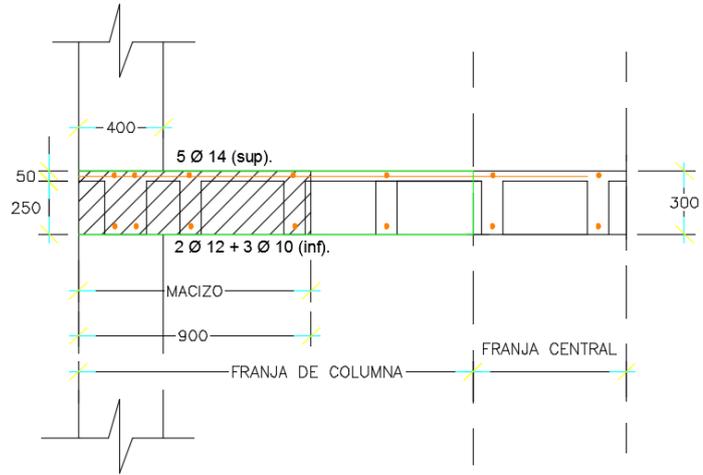
EJE - 3
CORTE TIPO G-G



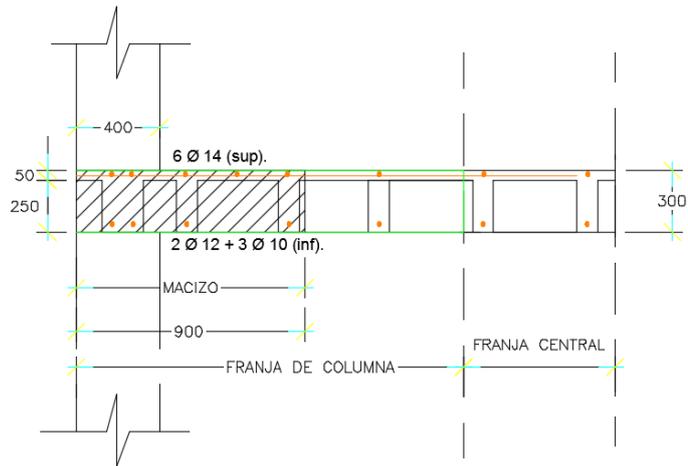
EJE - 3
CORTE TIPO J-J



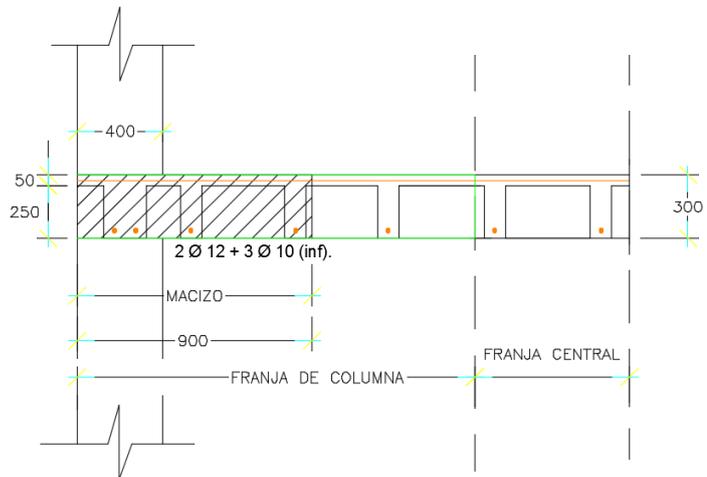
EJE - 4
CORTE TIPO D-D



EJE - 4
CORTE TIPO H-H



EJE - 4
CORTE TIPO H-H



CORTES EJE Y

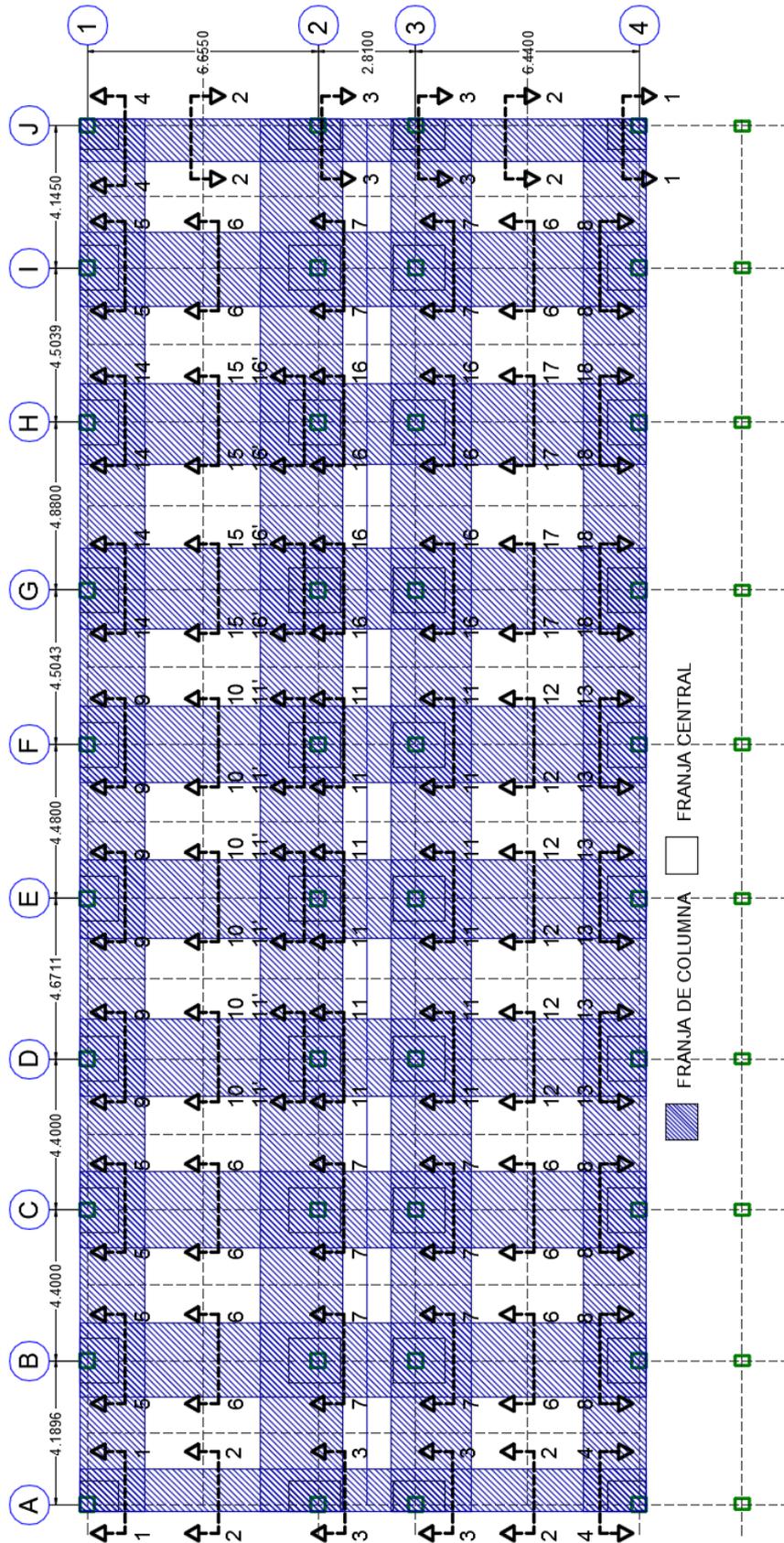
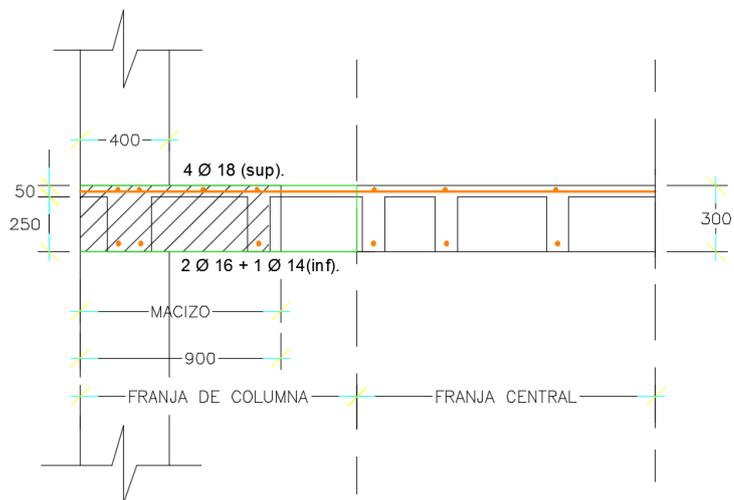


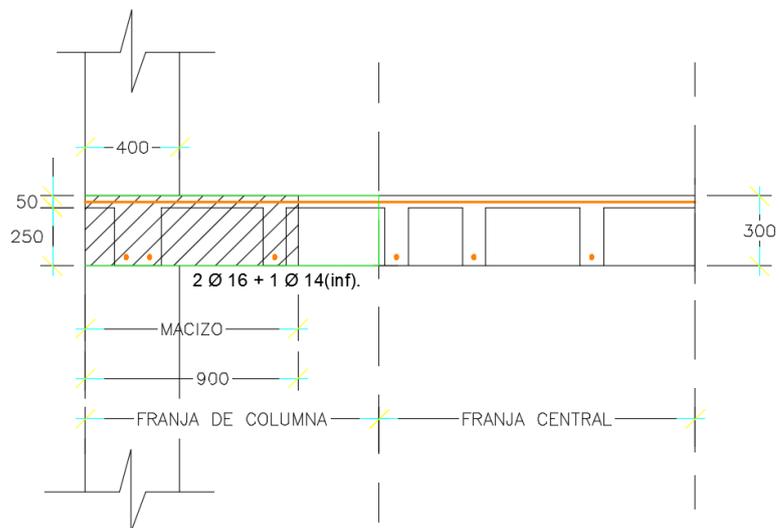
Figura 34 Planta del Edificio – Cortes eje y.

DIRECCIÓN Y	LONGITUD DE FRANJA DE COLUMNA - X (m).	LONGITUD DE MACIZO - X (m).
EJE A	1.2474	0.9000
EJE B	2.1474	1.3000
EJE C	2.2000	1.3000
EJE D	2.2678	1.3000
EJE E	2.2878	1.3000
EJE F	2.2461	1.3000
EJE G	2.3461	1.3000
EJE H	2.3460	1.3000
EJE I	2.1622	1.3000
EJE J	1.2363	0.9000

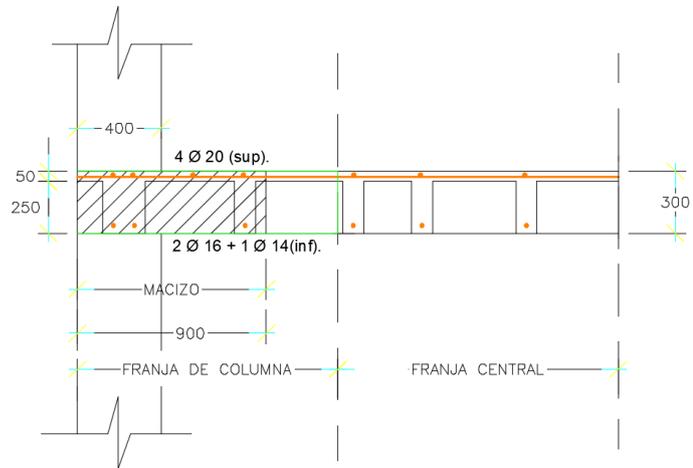
EJE - A-J
CORTE TIPO 1-1



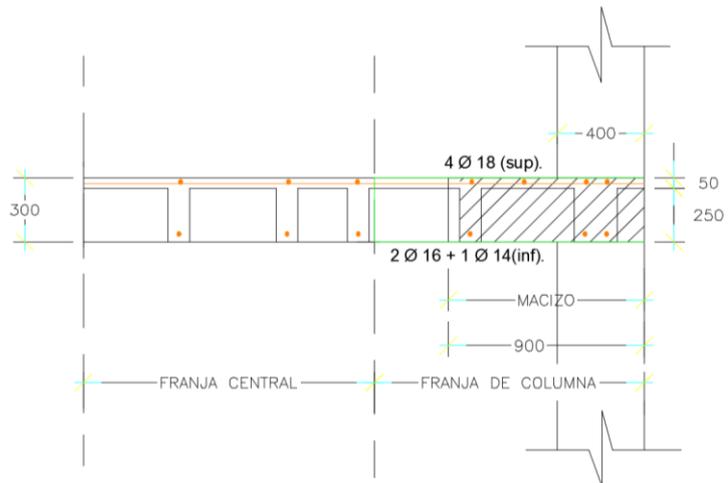
EJE - A-J
CORTE TIPO 2-2



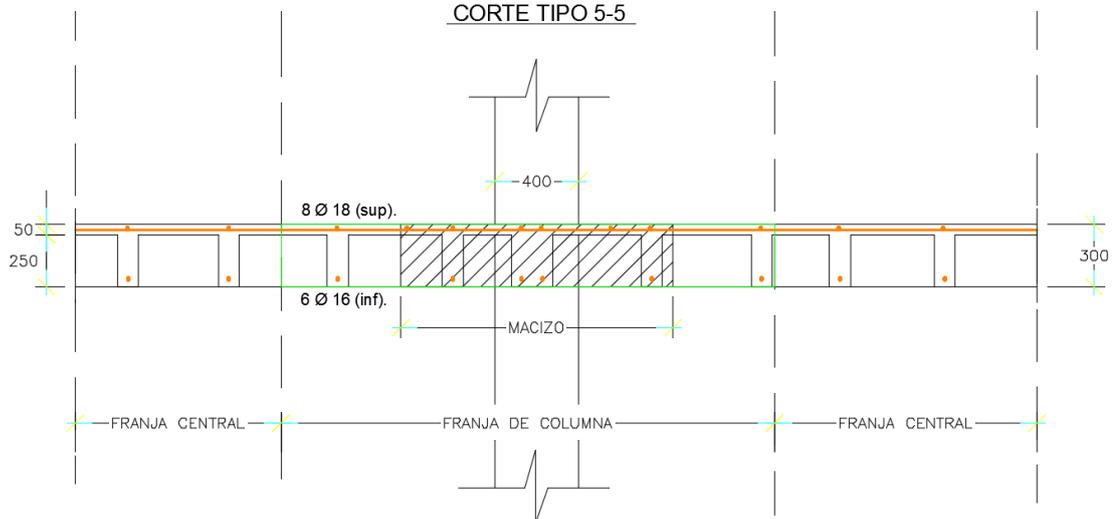
EJE - A-J
CORTE TIPO 3-3



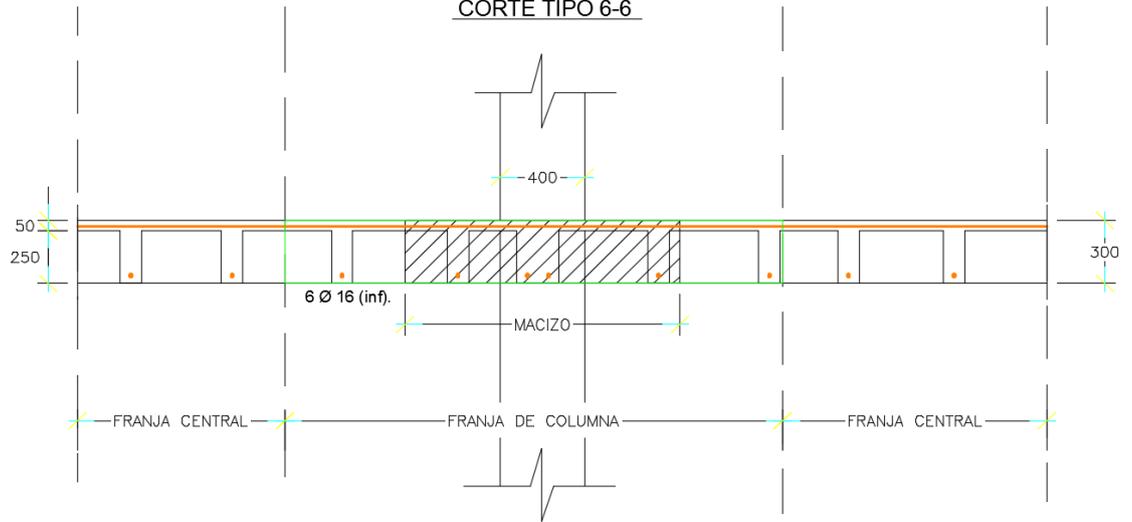
EJE - A-J
CORTE TIPO 4-4



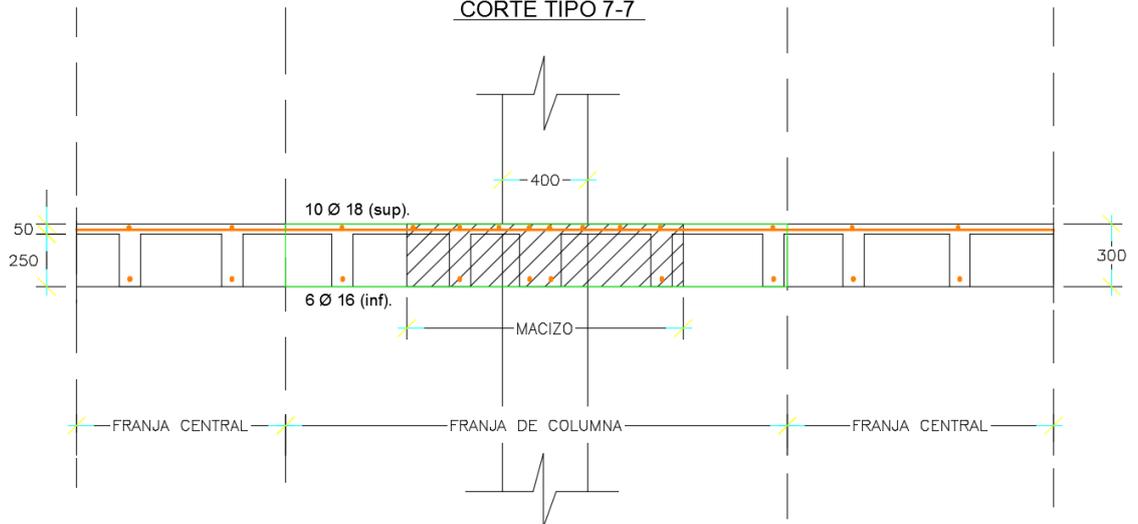
EJE - B-C-I
CORTE TIPO 5-5



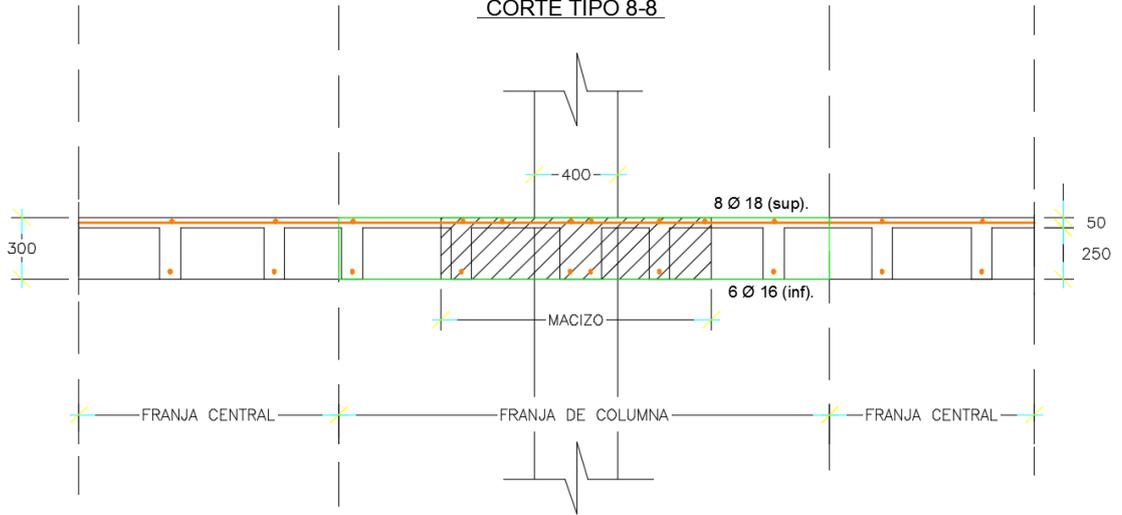
EJE - B-C
CORTE TIPO 6-6



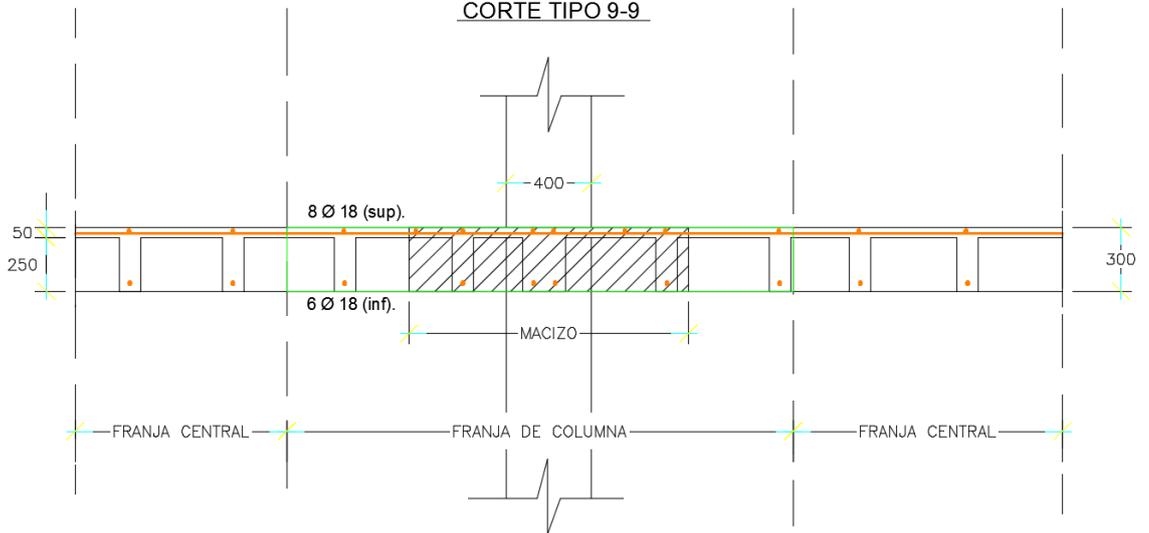
EJE - B-C
CORTE TIPO 7-7



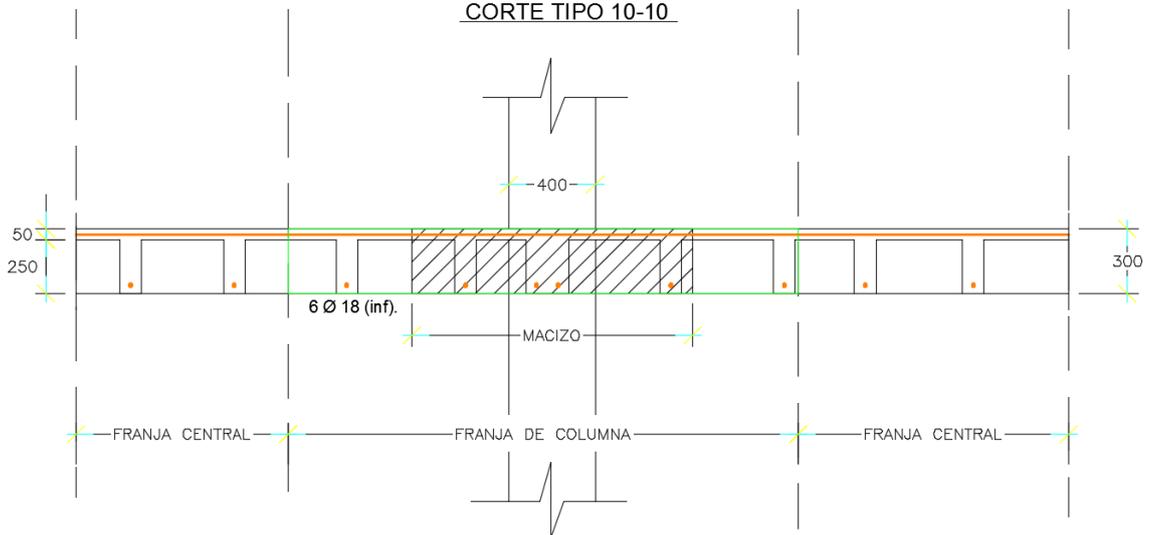
EJE - B-C
CORTE TIPO 8-8



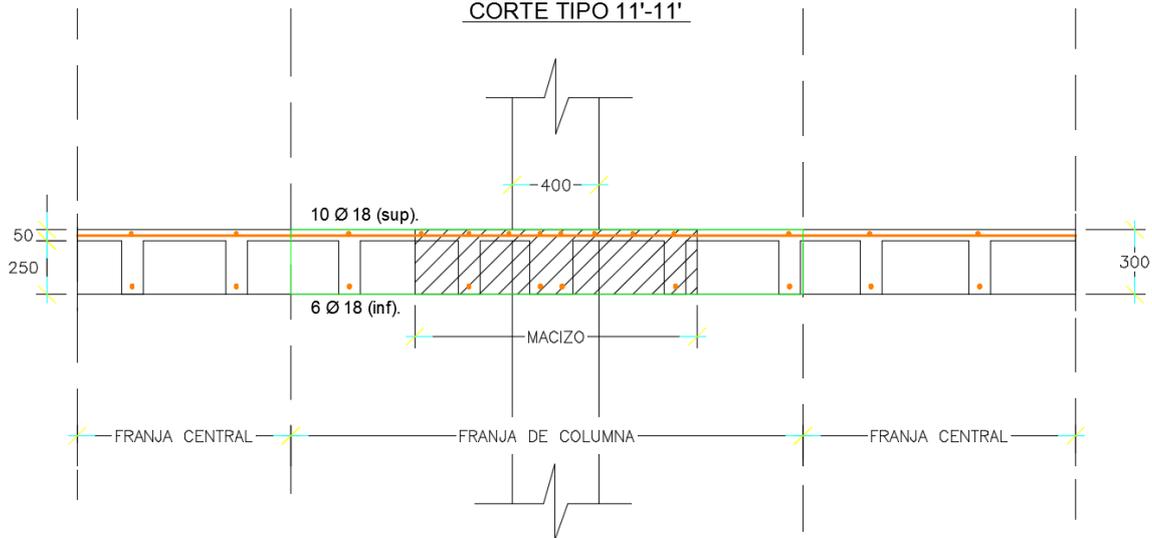
EJE - D-E-F
CORTE TIPO 9-9



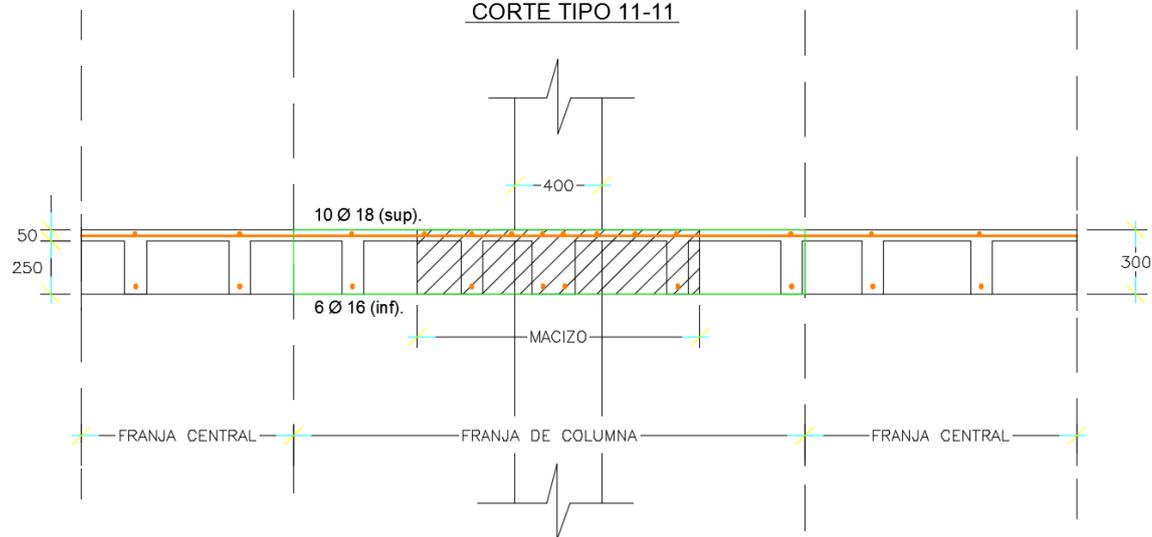
EJE - D-E-F
CORTE TIPO 10-10



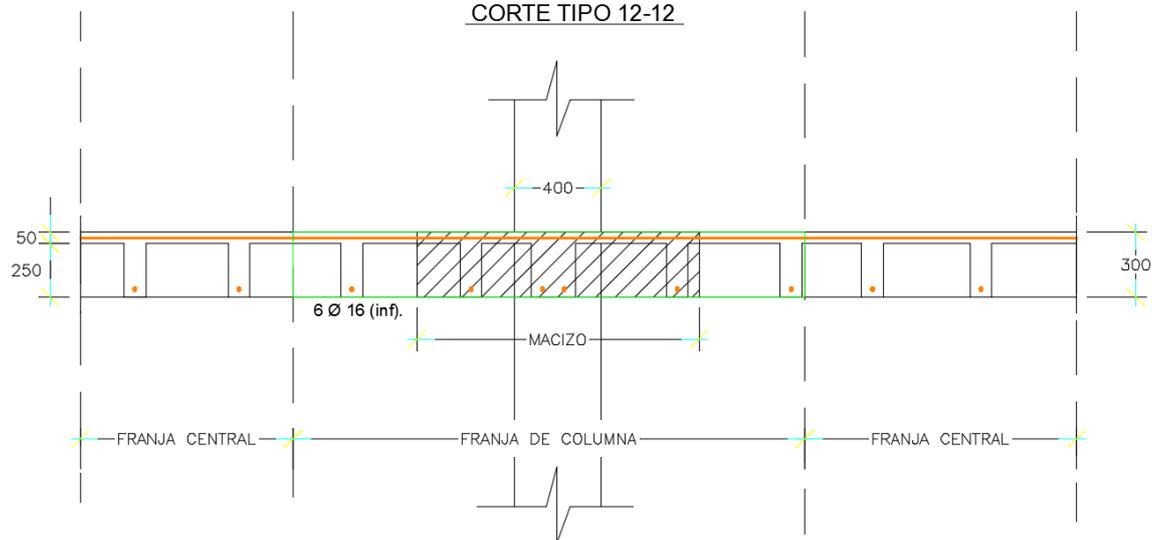
EJE - D-E-F
CORTE TIPO 11'-11'



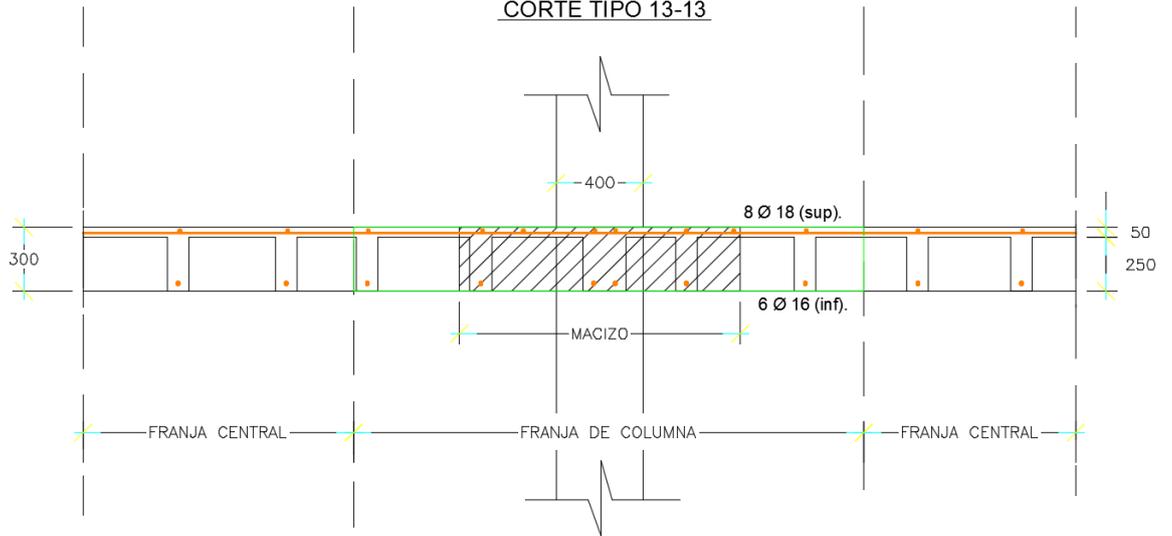
EJE - D-E-F
CORTE TIPO 11-11



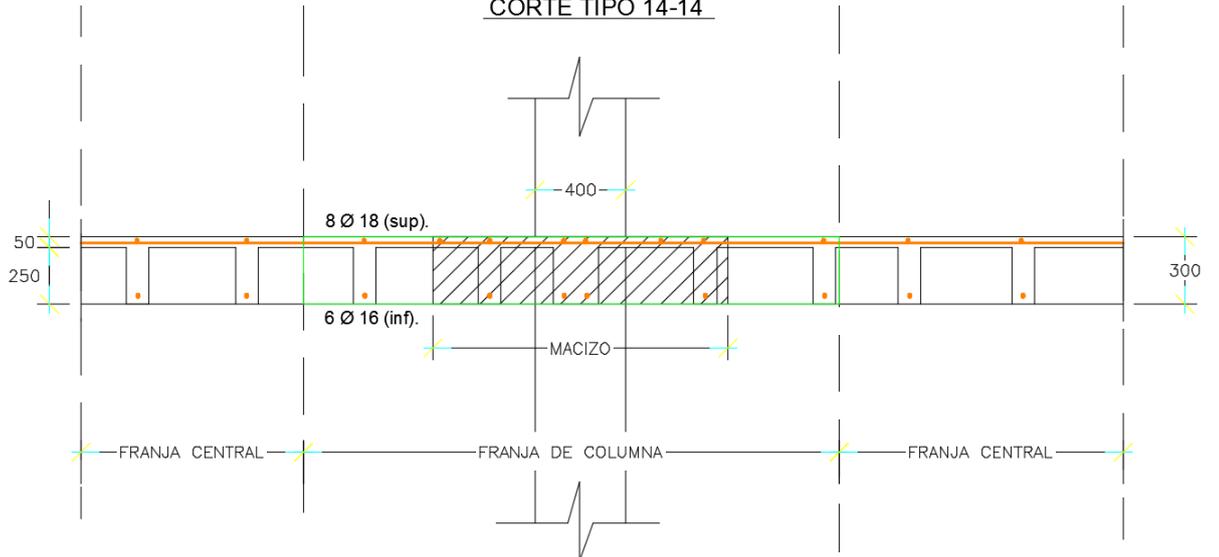
EJE - D-E-F
CORTE TIPO 12-12



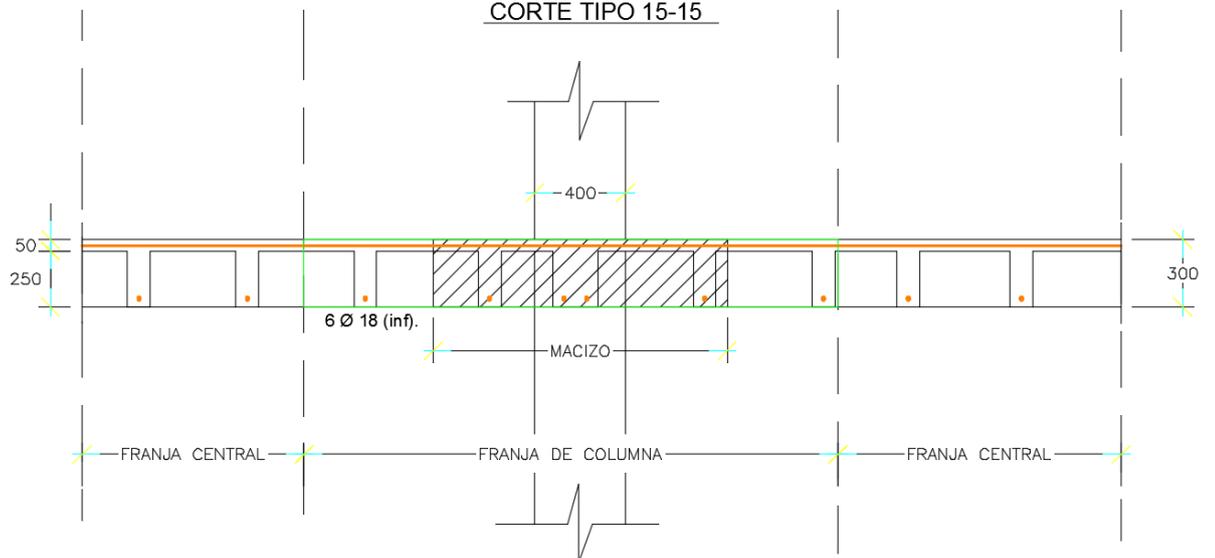
EJE - D-E-F
CORTE TIPO 13-13



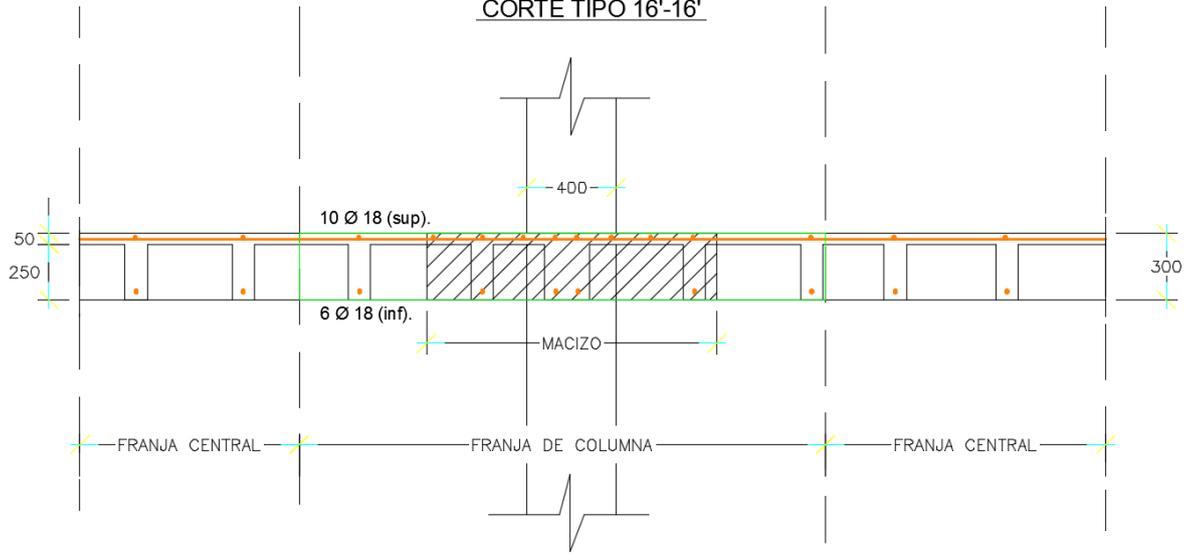
EJE - G-H
CORTE TIPO 14-14



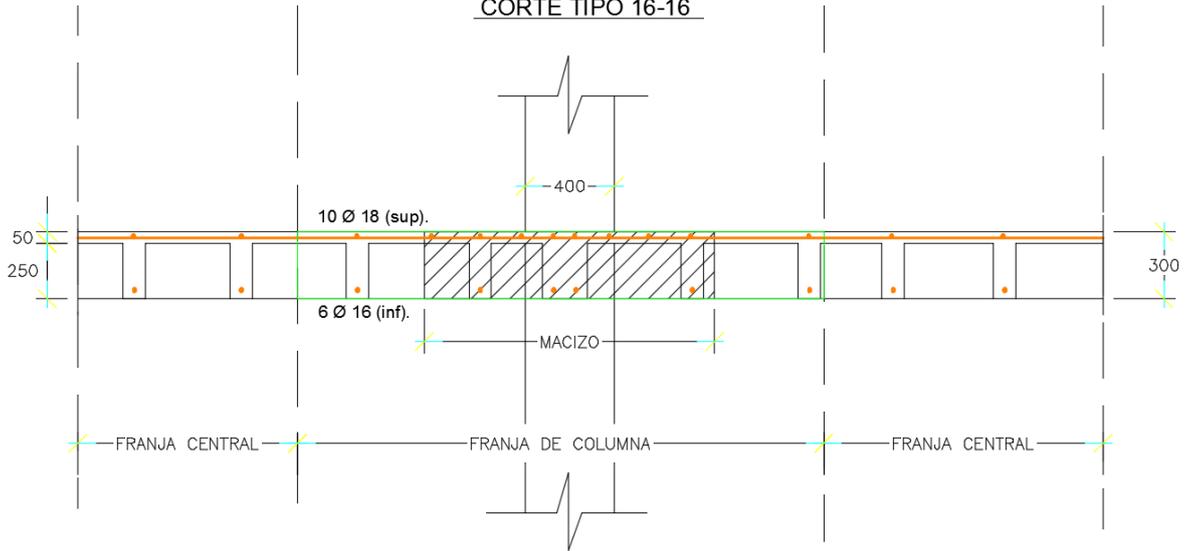
EJE - G-H
CORTE TIPO 15-15



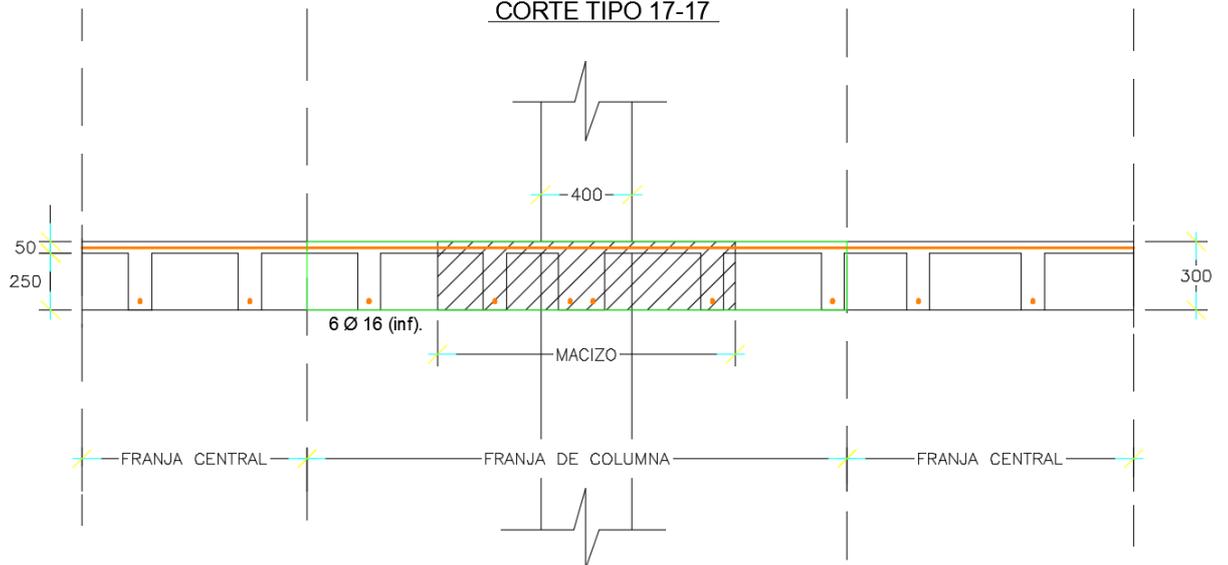
EJE - G-H
CORTE TIPO 16'-16'

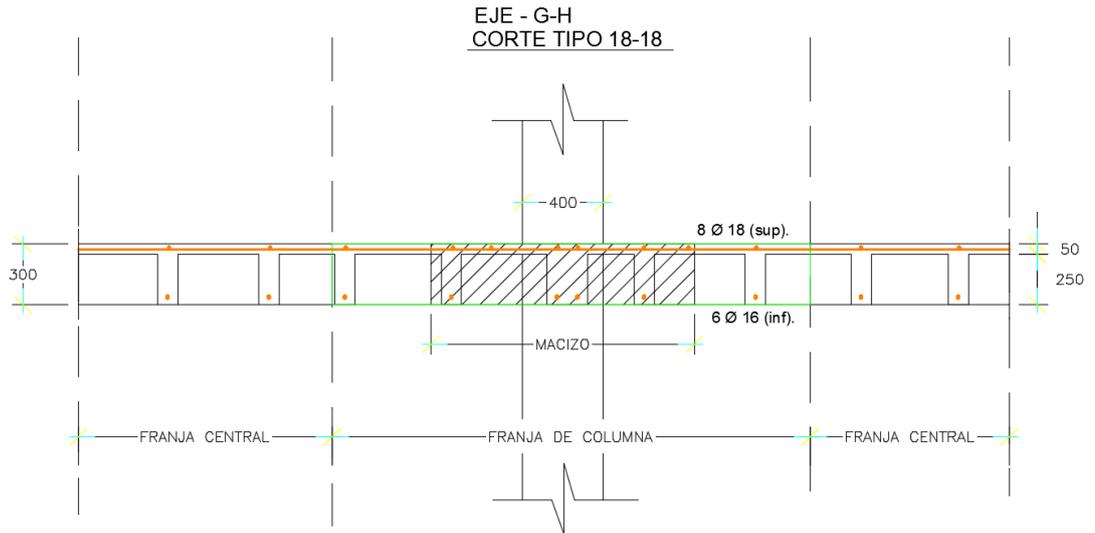


EJE - G-H
CORTE TIPO 16-16



EJE - G-H
CORTE TIPO 17-17





2.7 Escaner de las columnas y obtencion de los diámetros de varillas mediante el software PS 200 Hilti.

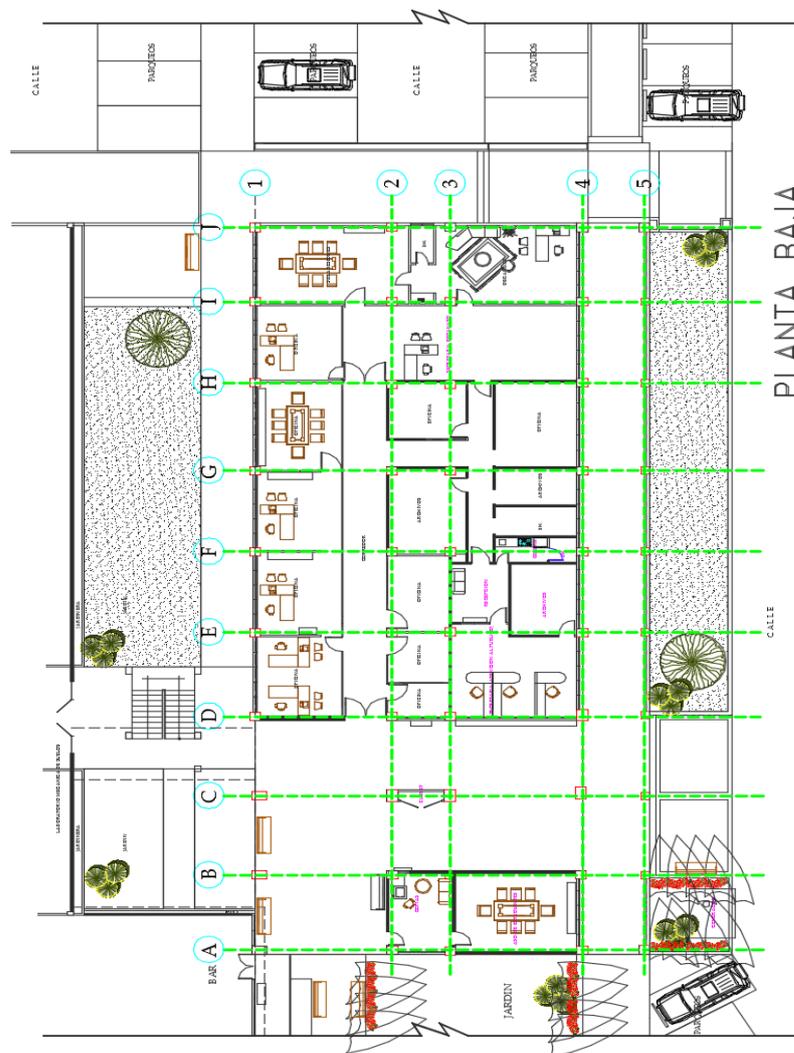
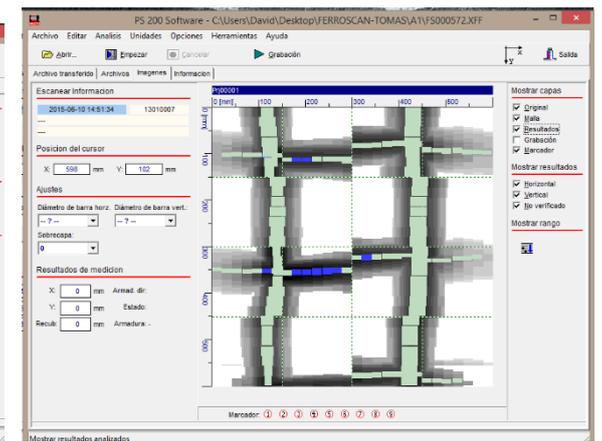
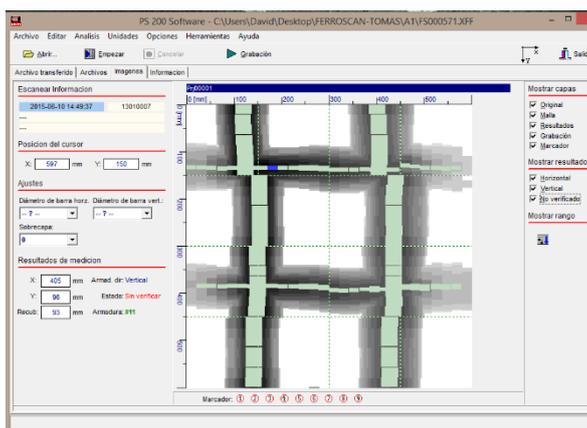
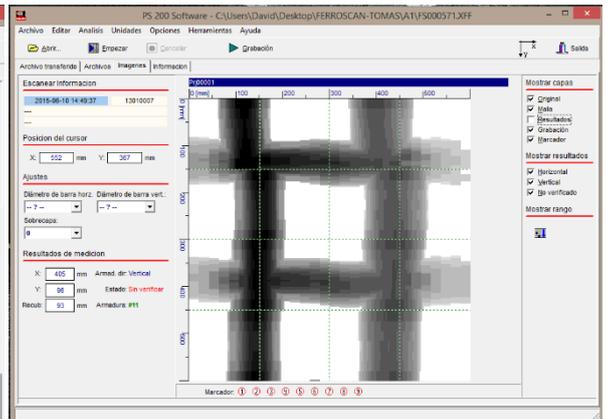
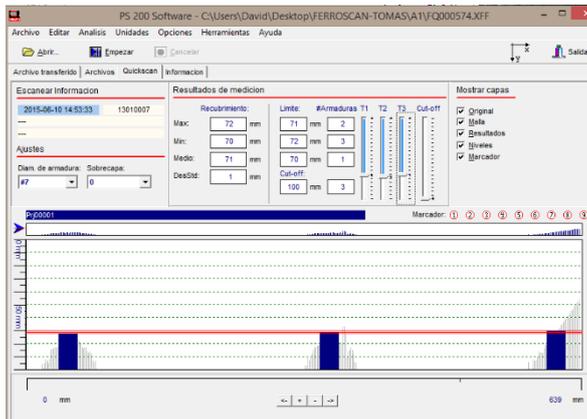
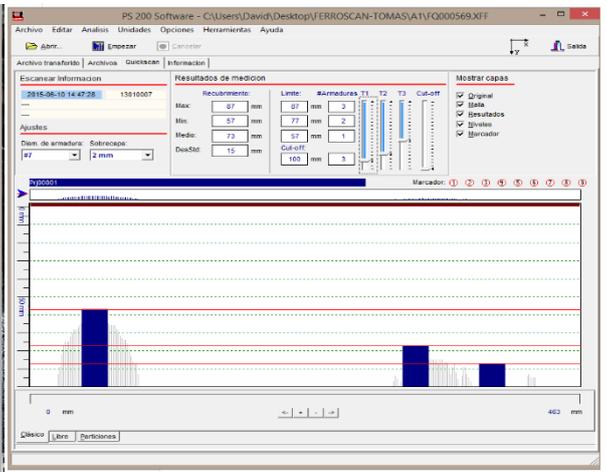
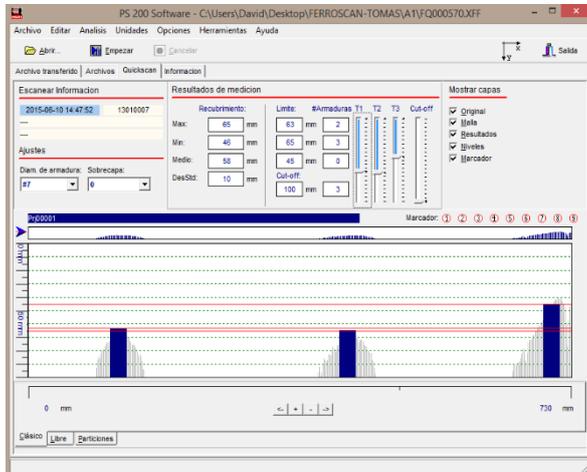
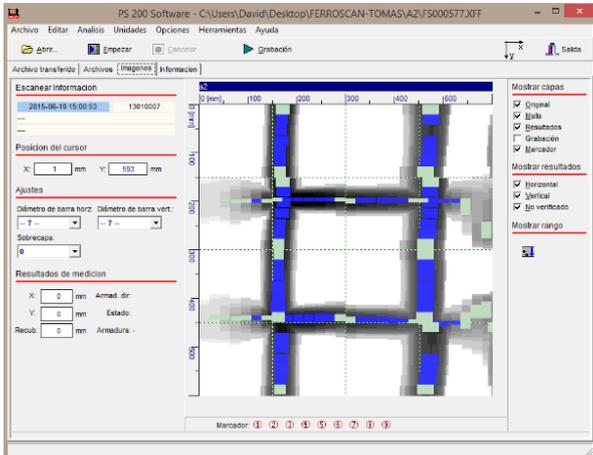
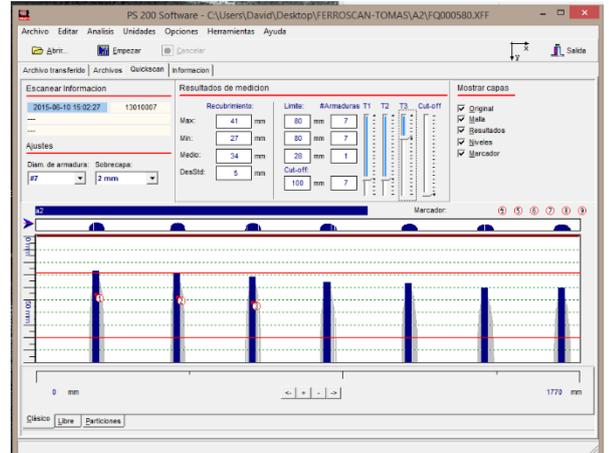
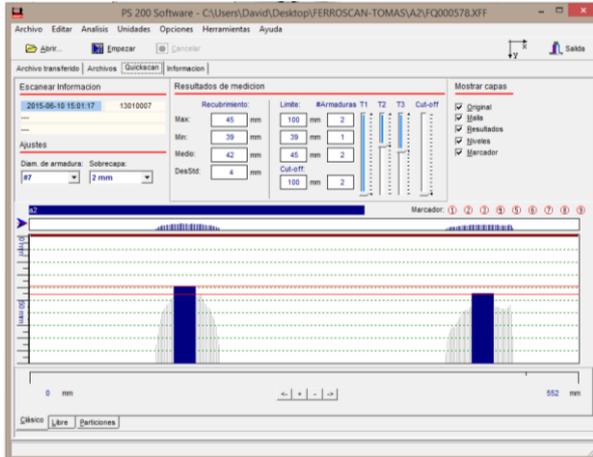


Figura 35 Planta con ejes de referencia.

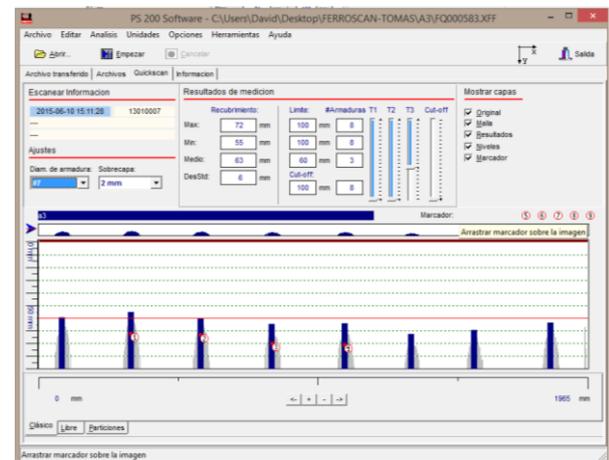
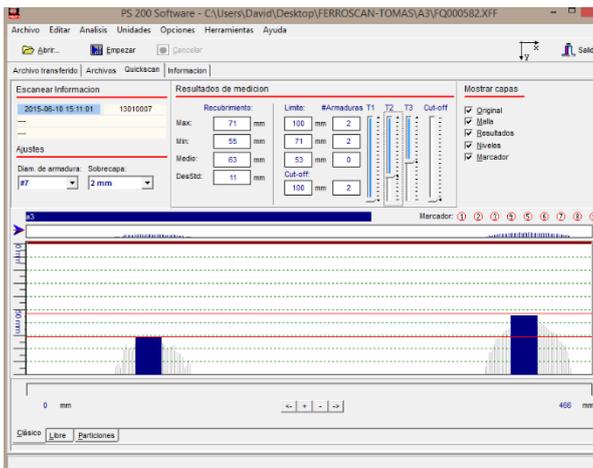
COLUMNA A-1

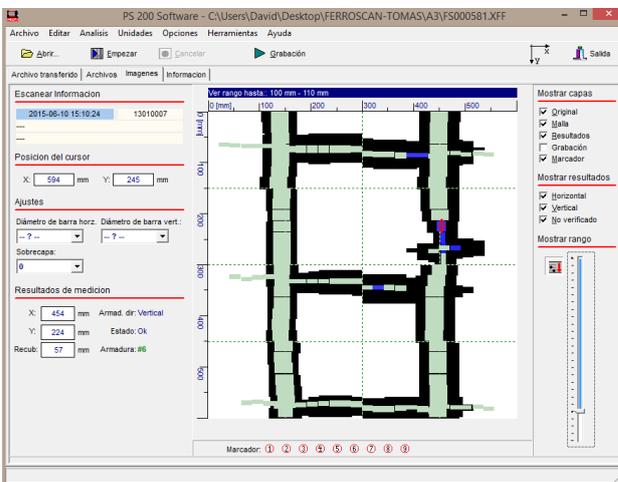
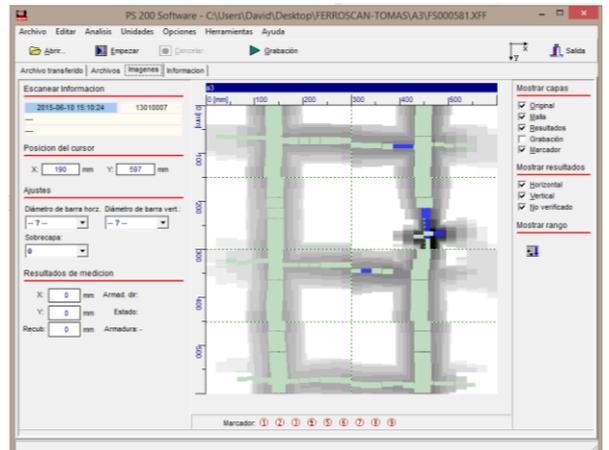
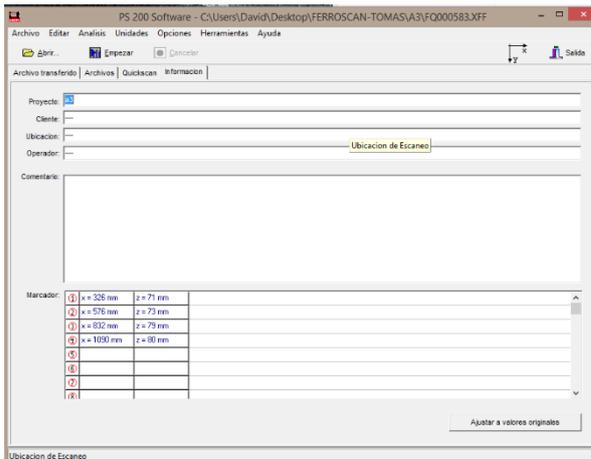


COLUMNA A-2

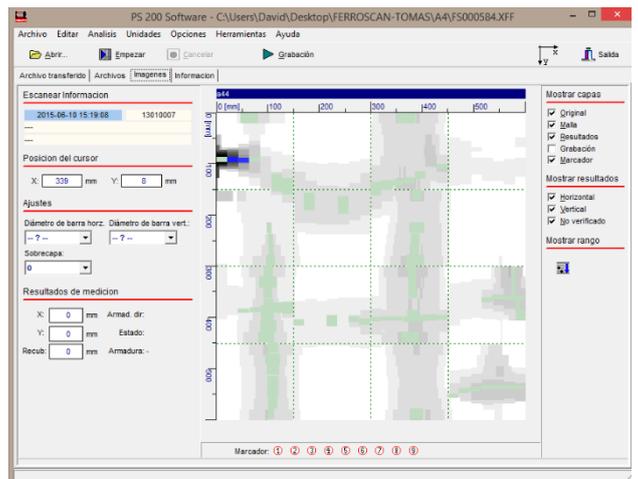
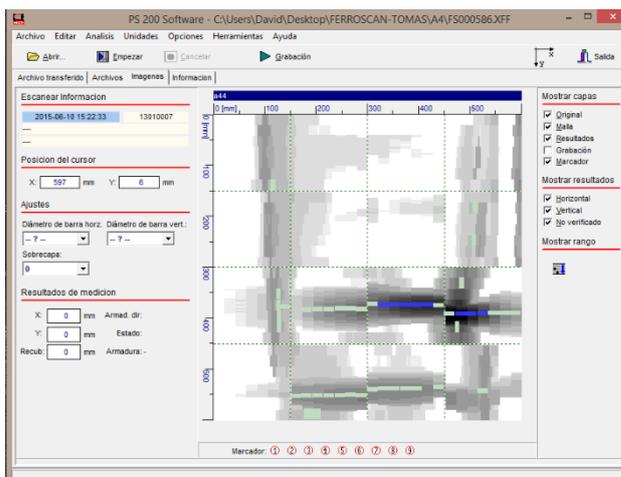


COLUMNA A-3



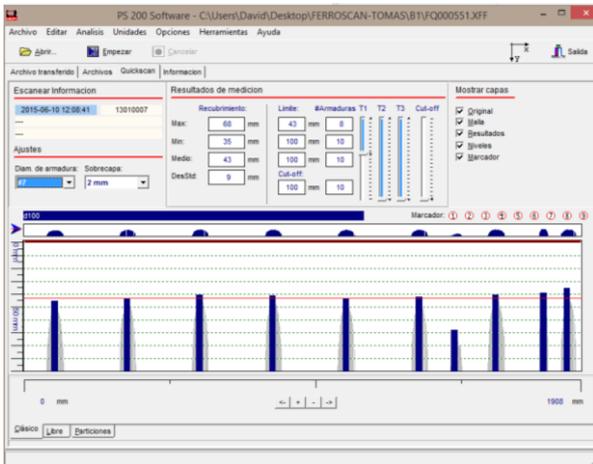
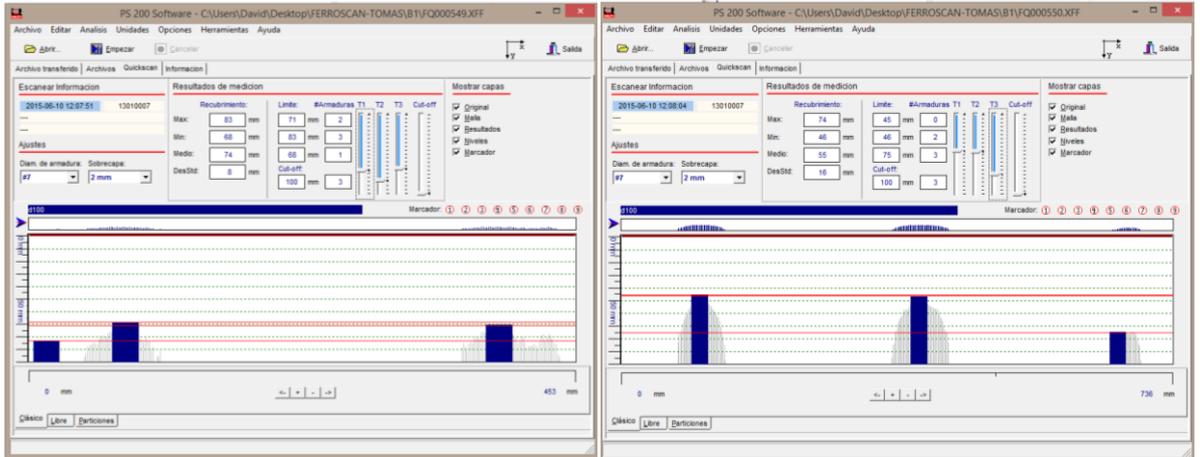


COLUMNA A-4



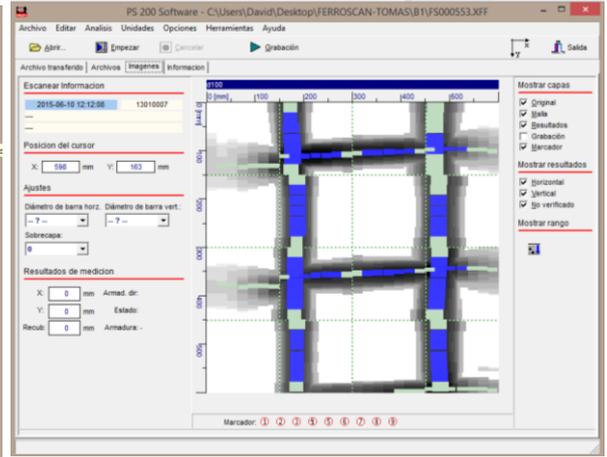
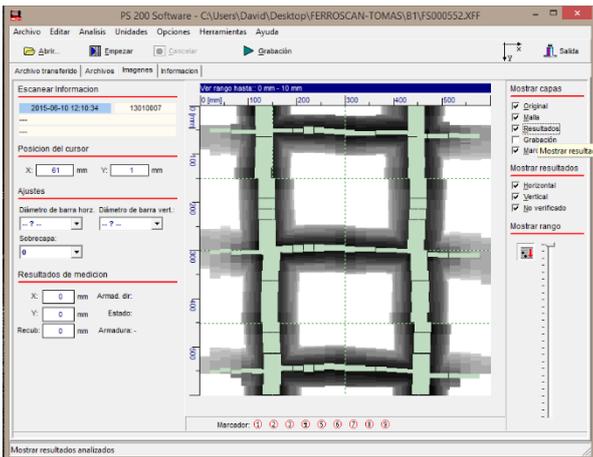
ESTRIBO $\Phi 10$ c/150mm.
NO SE OBSERVA MUY CLARO EL ACERO.

COLUMNA B-1

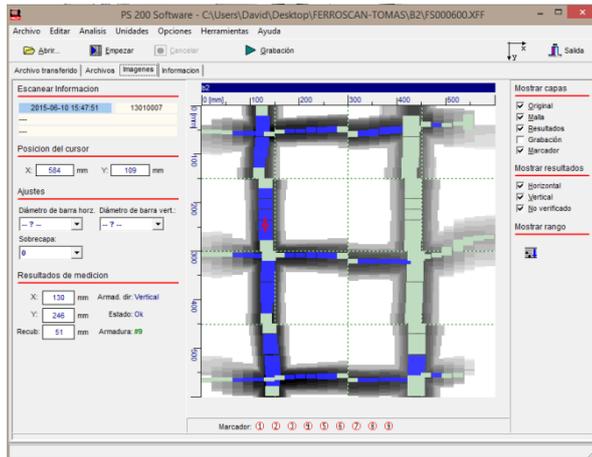
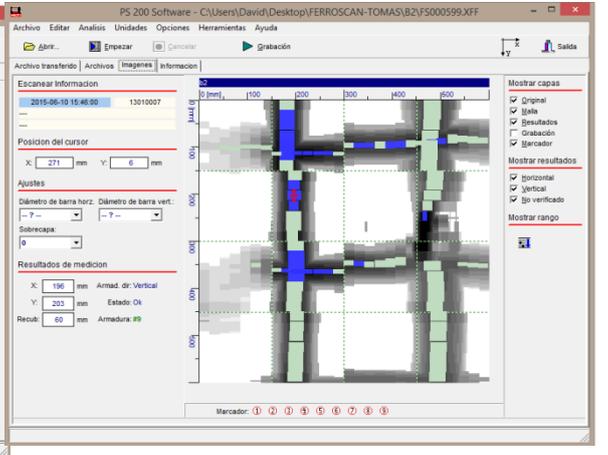
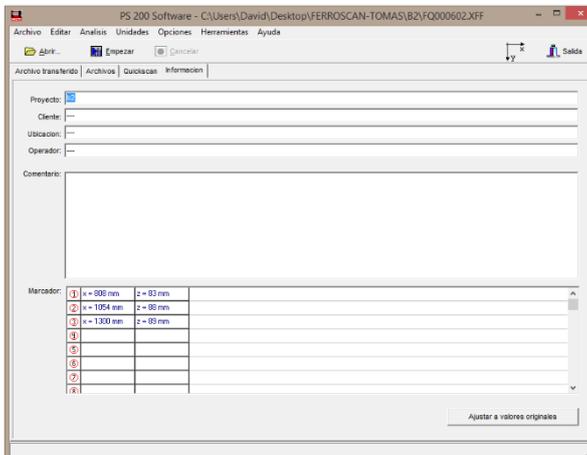
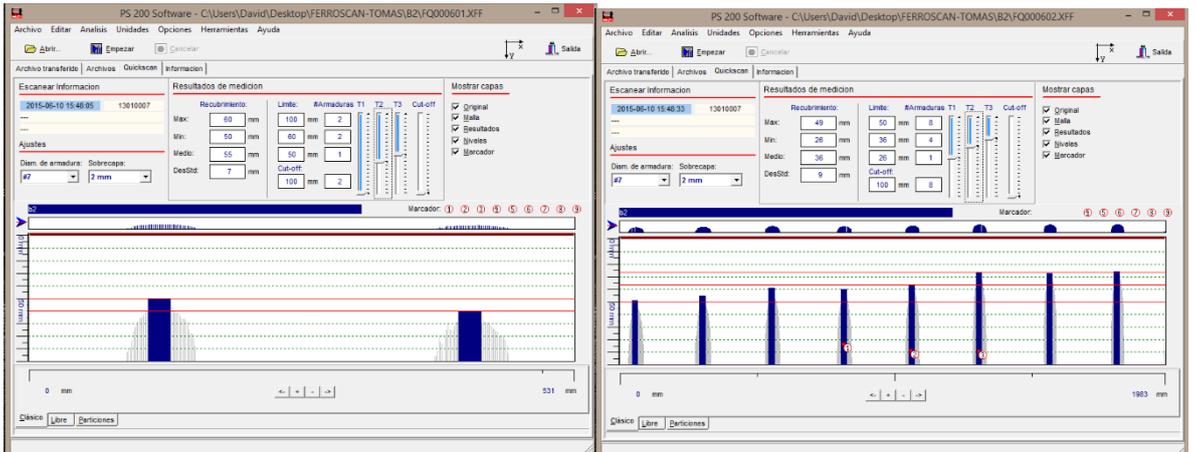


Screenshot of the PS 200 Software interface showing a data table for column B-1. The table contains 8 rows of measurement data:

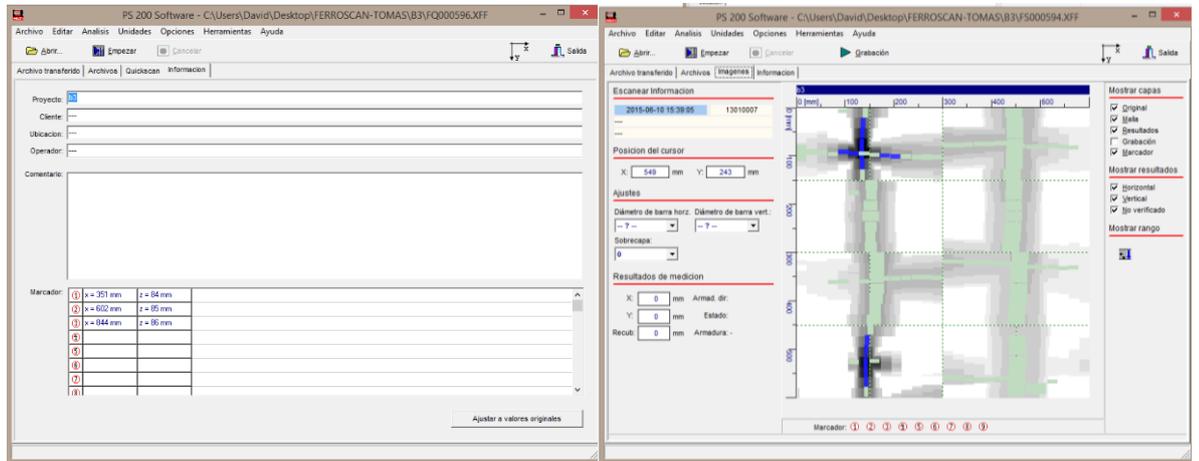
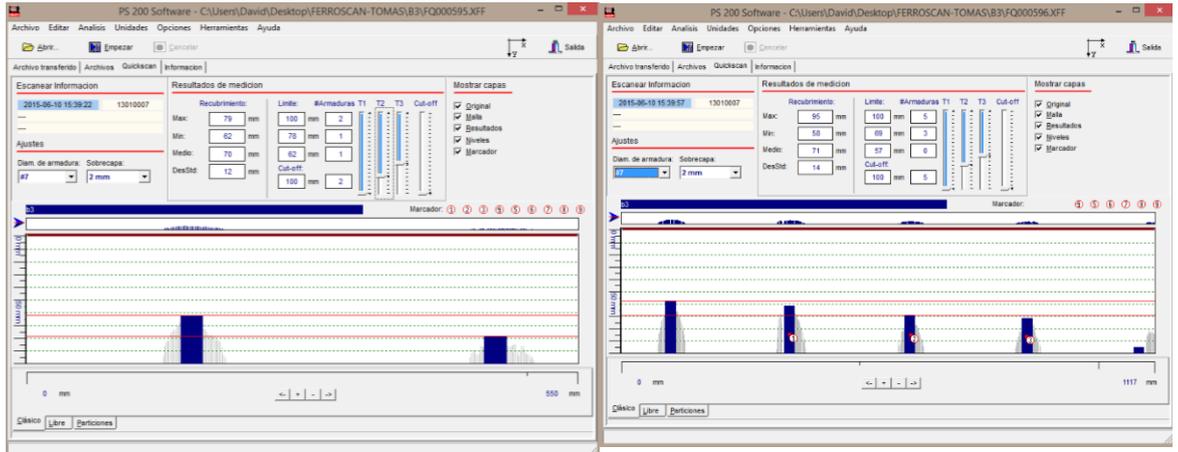
Operador de Escaner	Proyecto:	Cliente:	Ubicacion:	Comentarios:
Operador de Escaner				
1	x=594 mm	z=81 mm		
2	x=547 mm	z=75 mm		
3	x=1102 mm	z=62 mm		
4				
5				
6				
7				
8				



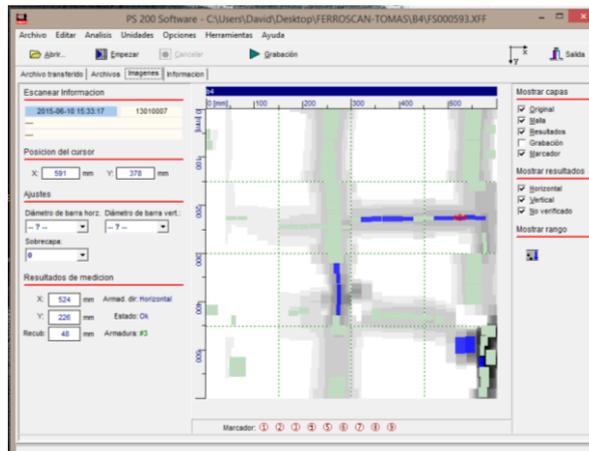
COLUMNA B-2

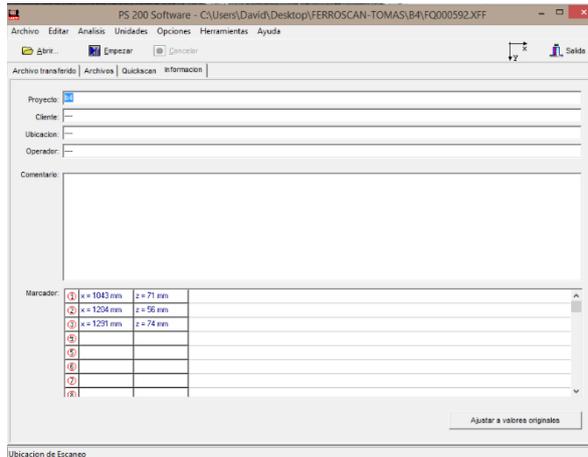
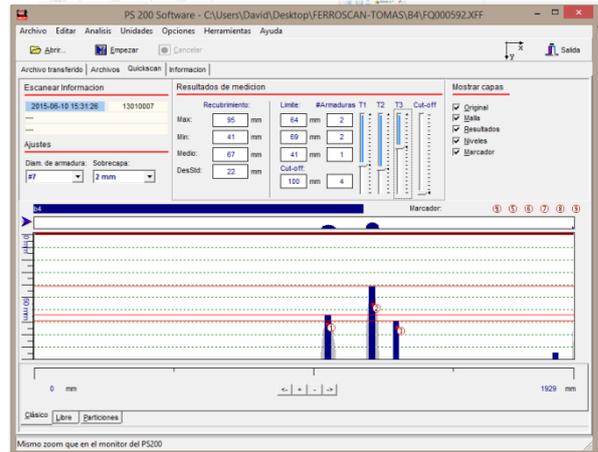
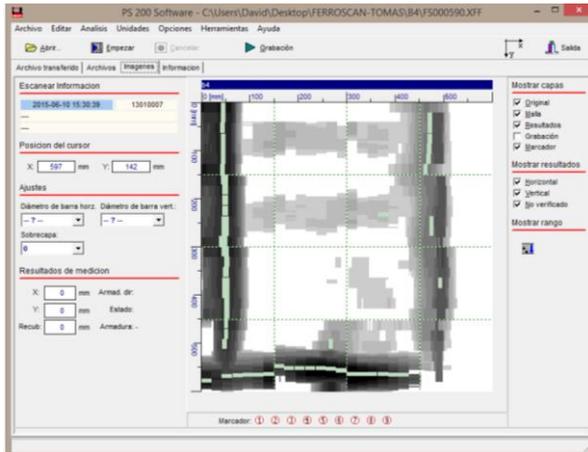


COLUMN B-3

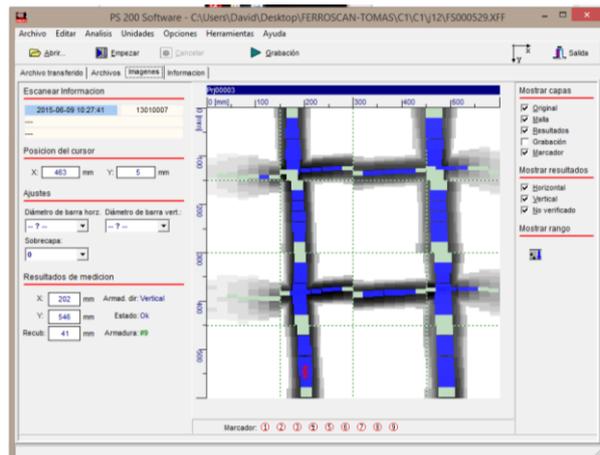
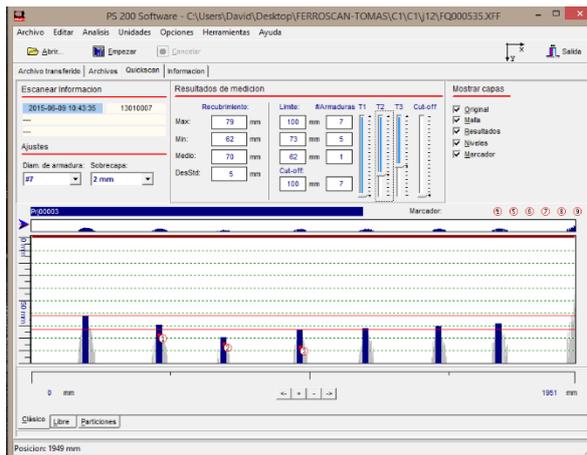


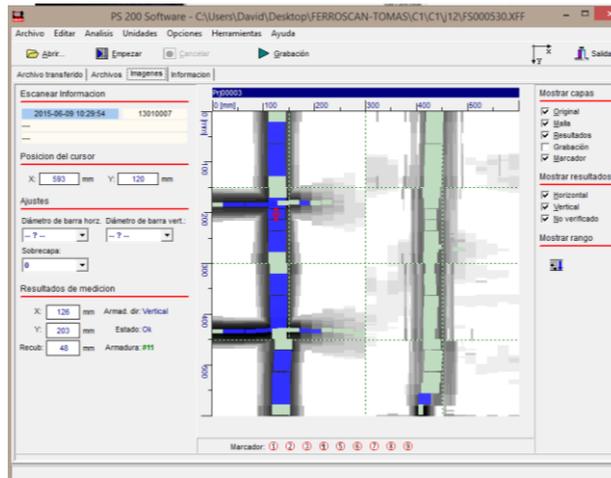
COLUMN B-4





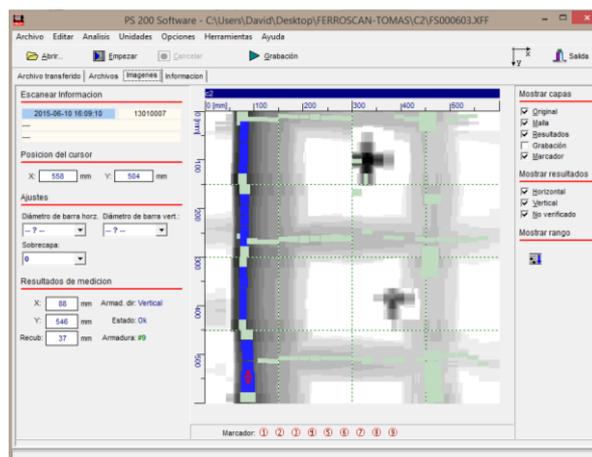
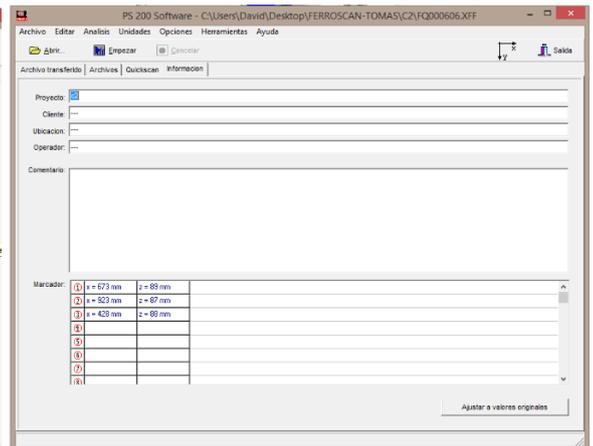
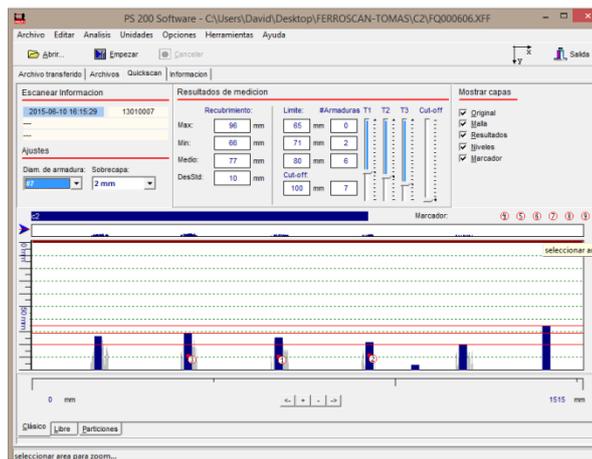
COLUMNA C-1



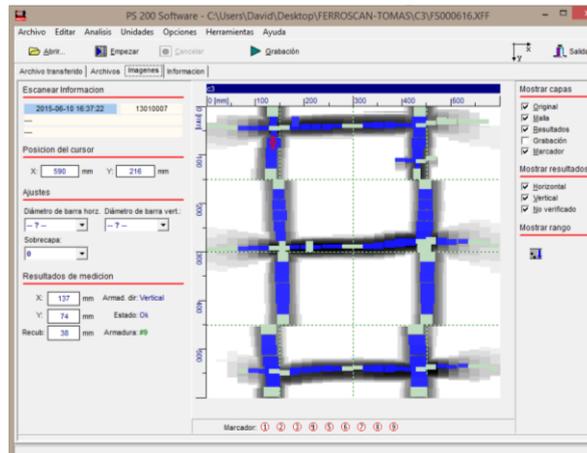
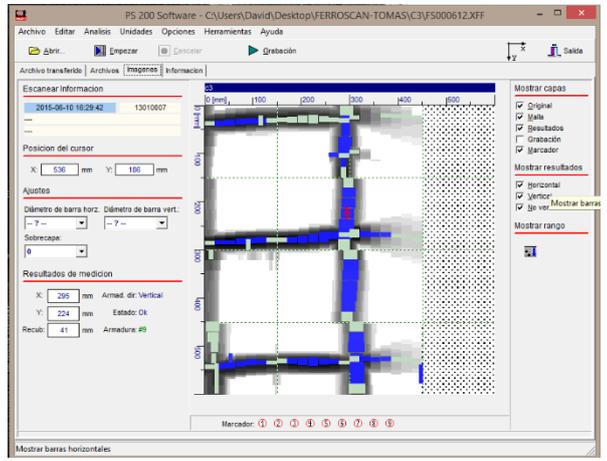
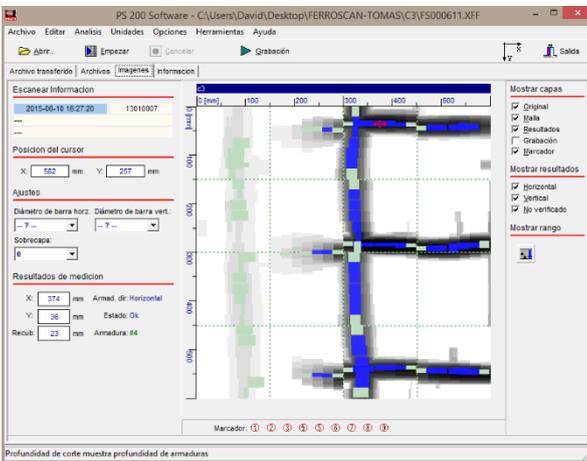
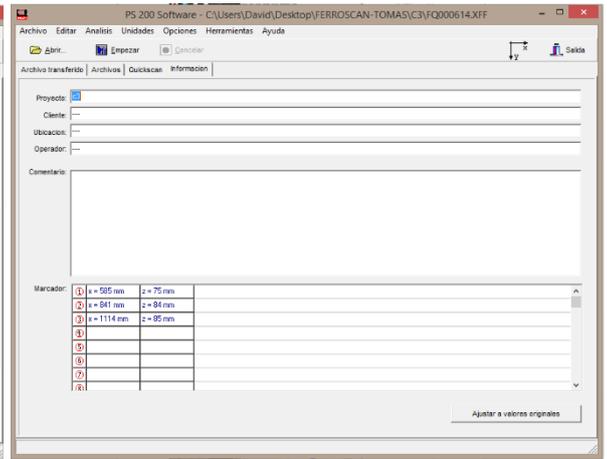
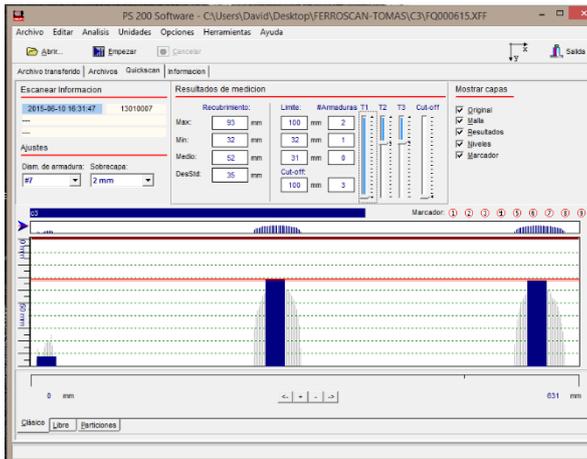


Se observa tubería, al lado derecho de la armadura.

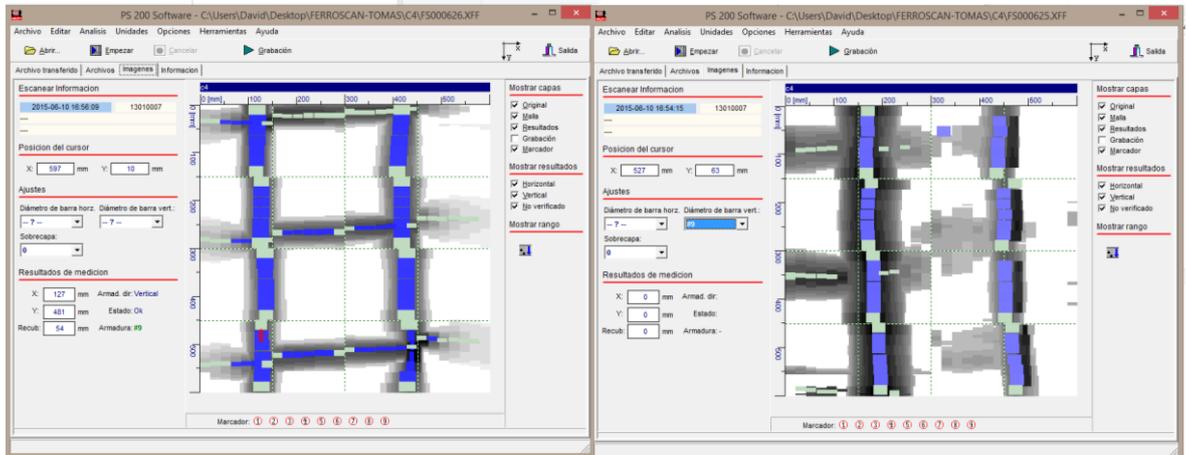
COLUMNA C-2



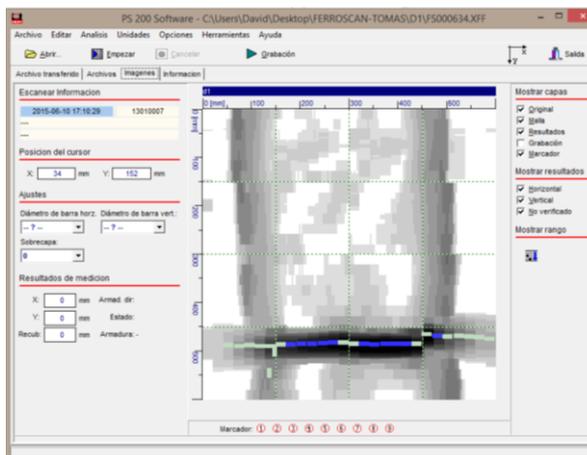
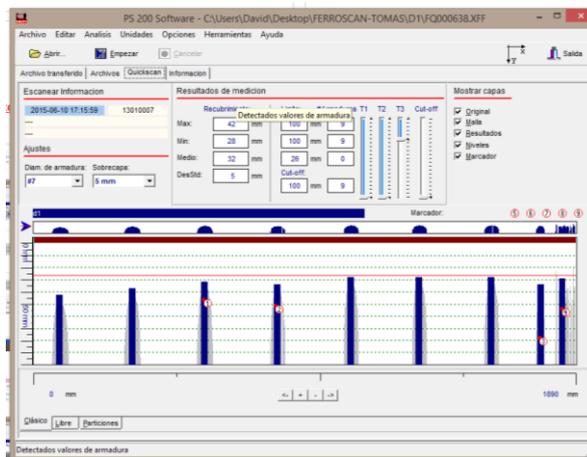
COLUMNA C-3

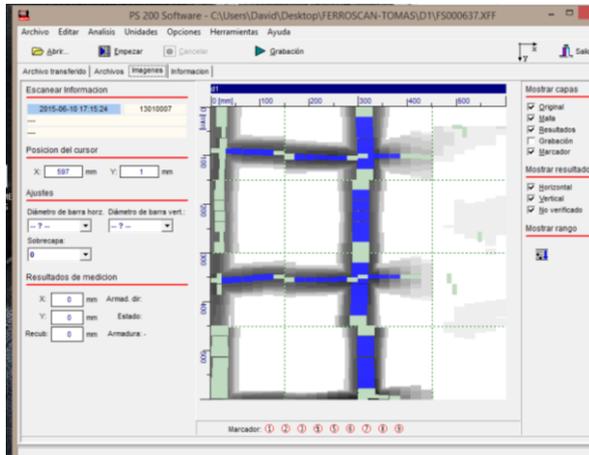
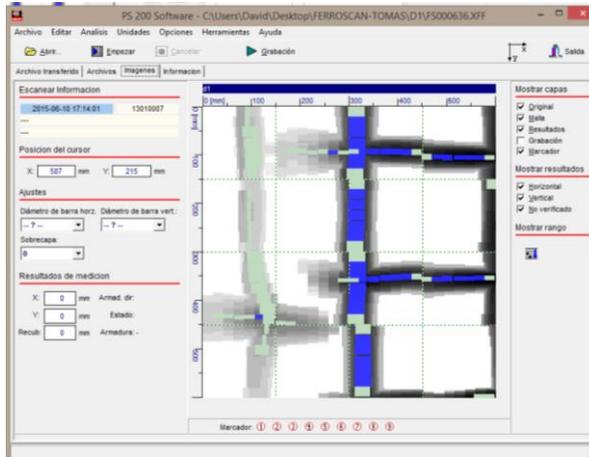


COLUMNA C-4

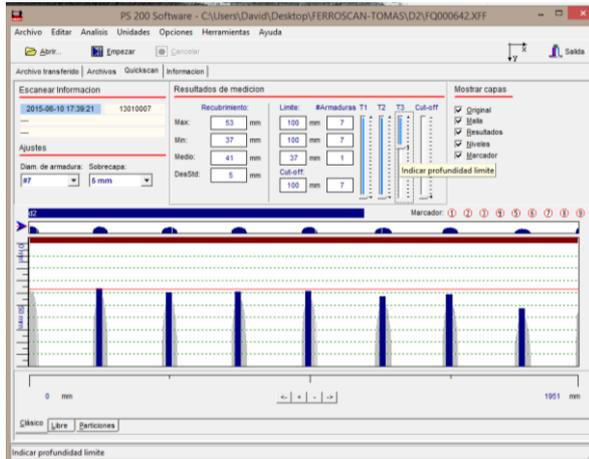


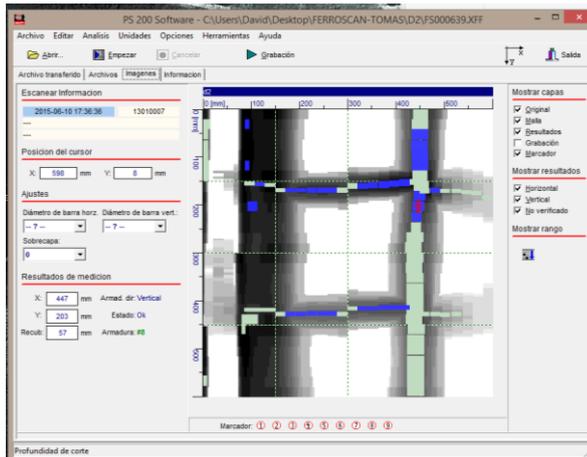
COLUMNA D-1



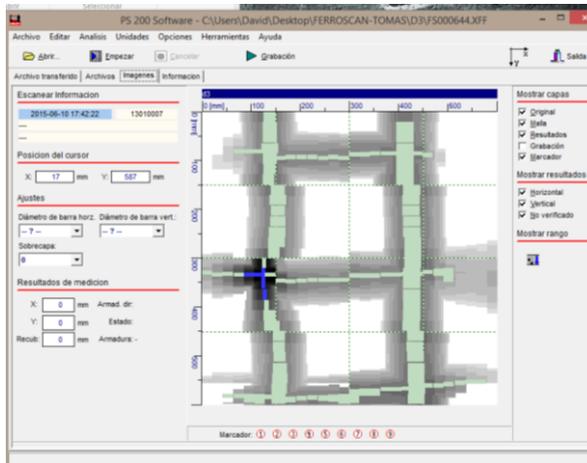


COLUMNA D-2

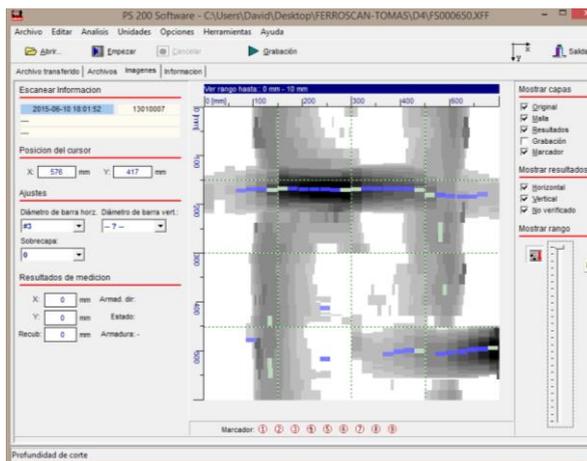




COLUMNA D-3

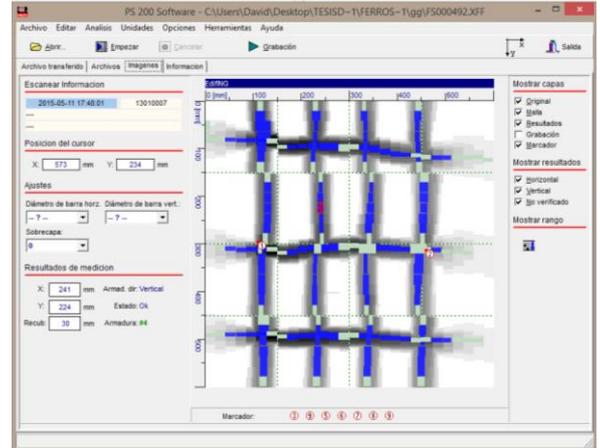
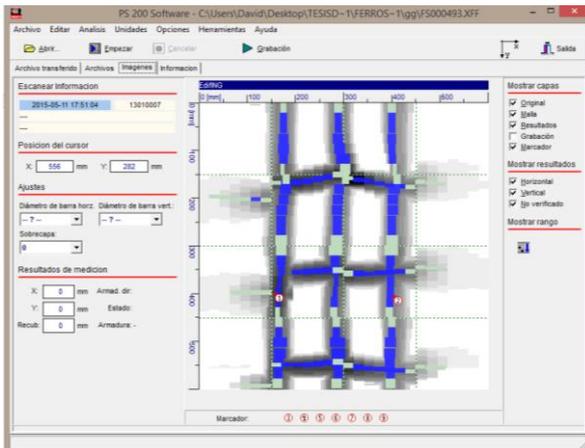


COLUMNA D-4



Todas las varillas que se observan son #9 $\approx \Phi 28\text{mm}$.
 Varilla transversal #3 $\approx \Phi 10 \text{ c}/250\text{mm}$.

COLUMNA FACHADA TIPO (300X400)

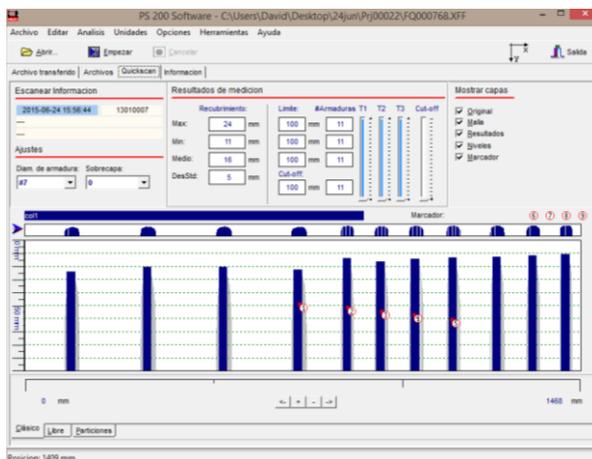
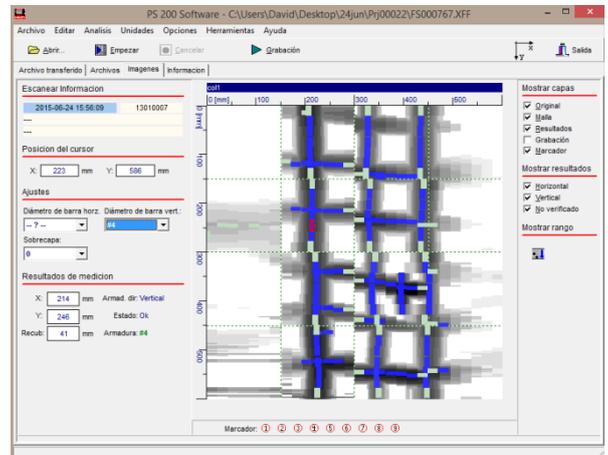
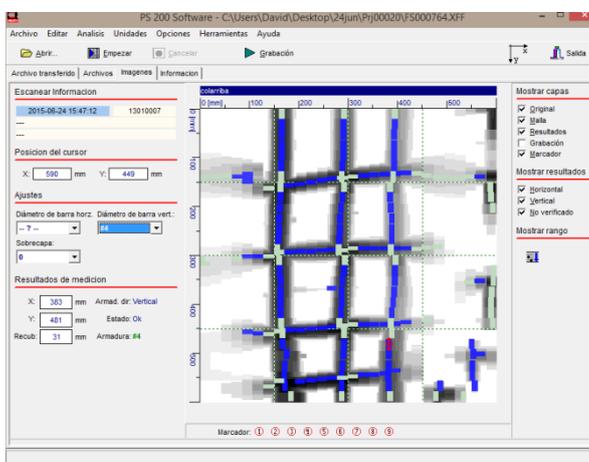


Todas las varillas que se observan son #4 $\approx 10\Phi 14$ mm.

Varilla transversal #3 $\approx \Phi 10$ c/100/200/100mm.

Rec=4mm.

COLUMNAS CUBIERTA TIPO (300X300)

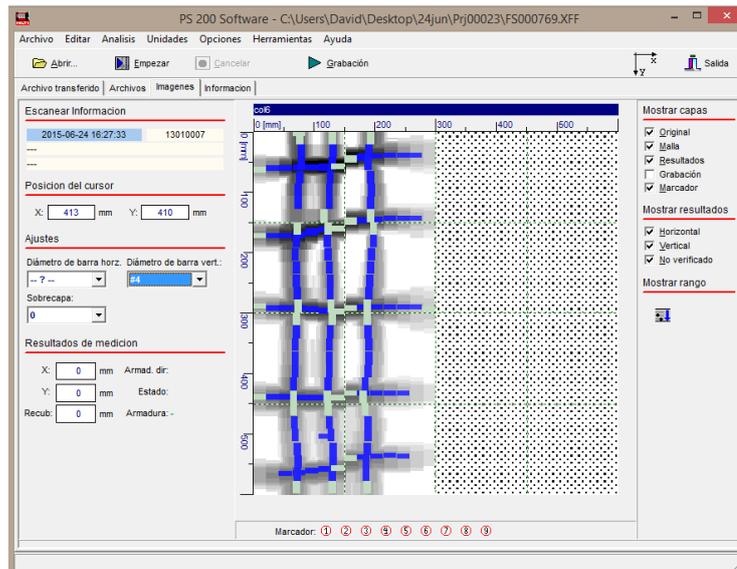


Todas las varillas que se observan son #4 $\approx 8\Phi 12$ mm.

Varilla transversal #3 $\approx \Phi 10$ c/100/150/100mm.

Rec=4mm.

Armado de Viga Aumento (200x300)



3 Φ 12mm.acero superior.
2 Φ 12mm.acero inferior.
Est. Φ 10c/150mm.

Armado de Viga Aumento (150x300)

3 Φ 10mm.acero superior.
2 Φ 12mm.acero inferior.
Est. Φ 10c/150mm.

2.8 Representación gráfica de las columnas con su armado.

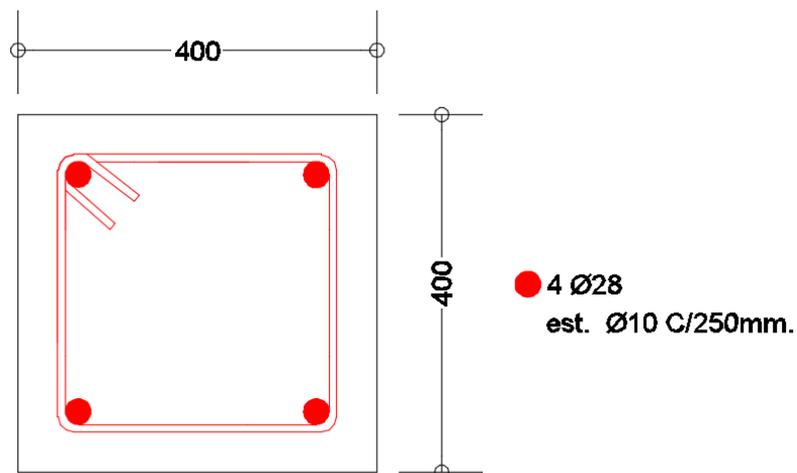


Figura 36 Armado general de Columnas (planta baja a losa de 2do piso del Edificio).

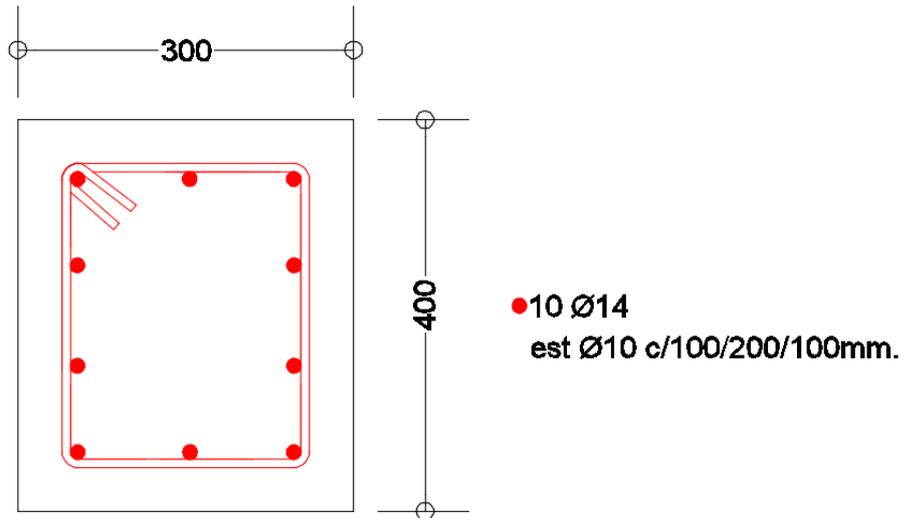
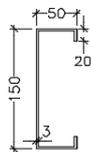


Figura 37 Armado general de Columnas de Fachada.

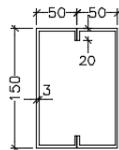
2.9 Secciones de estructura metálica.

La estructura metálica situada en la terraza del edificio está hecho con acero ASTM A-36.

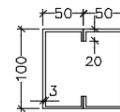
COLUMNA (CM1)
2G 150x50X20x3mm.
ESCALA: S/E



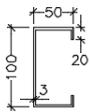
VIGA (VM1)
2G 150x50X20x3mm.
ESCALA: S/E



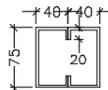
VIGA (VM2)
2G 100x50X20x3mm.
ESCALA: S/E



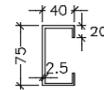
SECCIÓN (VM3)
G 100x50X20x3mm.
ESCALA: S/E



VIGA (VM4)
2G 75x40X20x2.5mm.
ESCALA: S/E



SECCIÓN (VM5)
G 75x40X20x2.5mm.
ESCALA: S/E



CORREA
G100X50X20X2.5mm.
ESCALA: 1:10

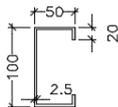


Figura 38 Secciones de acero estructural.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS LINEAL - MODAL ESPECTRAL DEL EDIFICIO

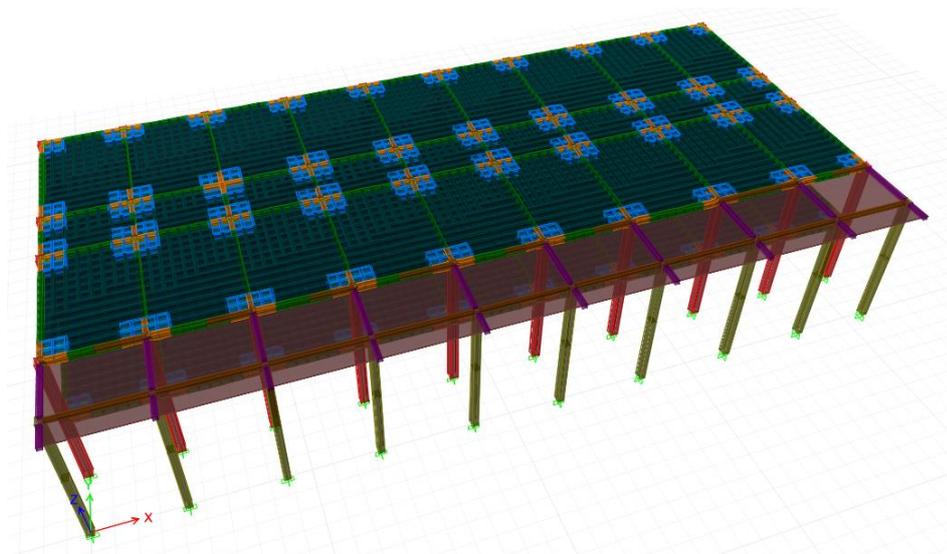
3.1 Introducción

El análisis lineal es el método más empleado por los ingenieros civiles, consiste en el criterio que los elementos una vez aplicada una fuerza este regresa a su estado original.

Se utilizará esta forma de análisis en conjunto con el código vigente de Ecuador, con el fin de hacer algunas revisiones en la edificación, para ver si los elementos cumplen con resistencia ante las cargas vivas sugeridas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción, y ante la carga de pared incrementada, la cual no fue considerada en su diseño.

3.2 Elaboración del modelo estructural en el programa Etabs 2015.

A partir de la geometría, secciones y armadura de los elementos estructurales se elaboró el modelo matemático, en el cual se tomará en cuenta las propiedades de los materiales.



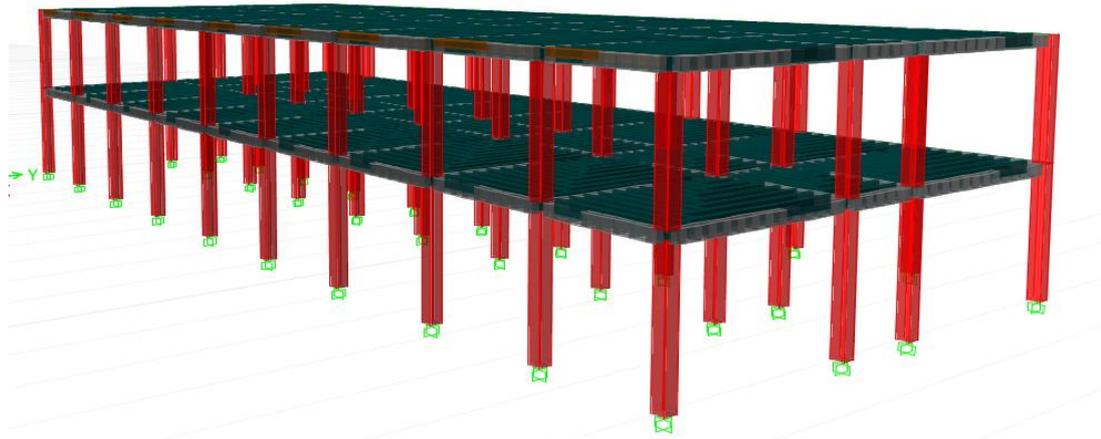


Figura 39 Modelo 3d – Edificio de Ingeniería 1973.

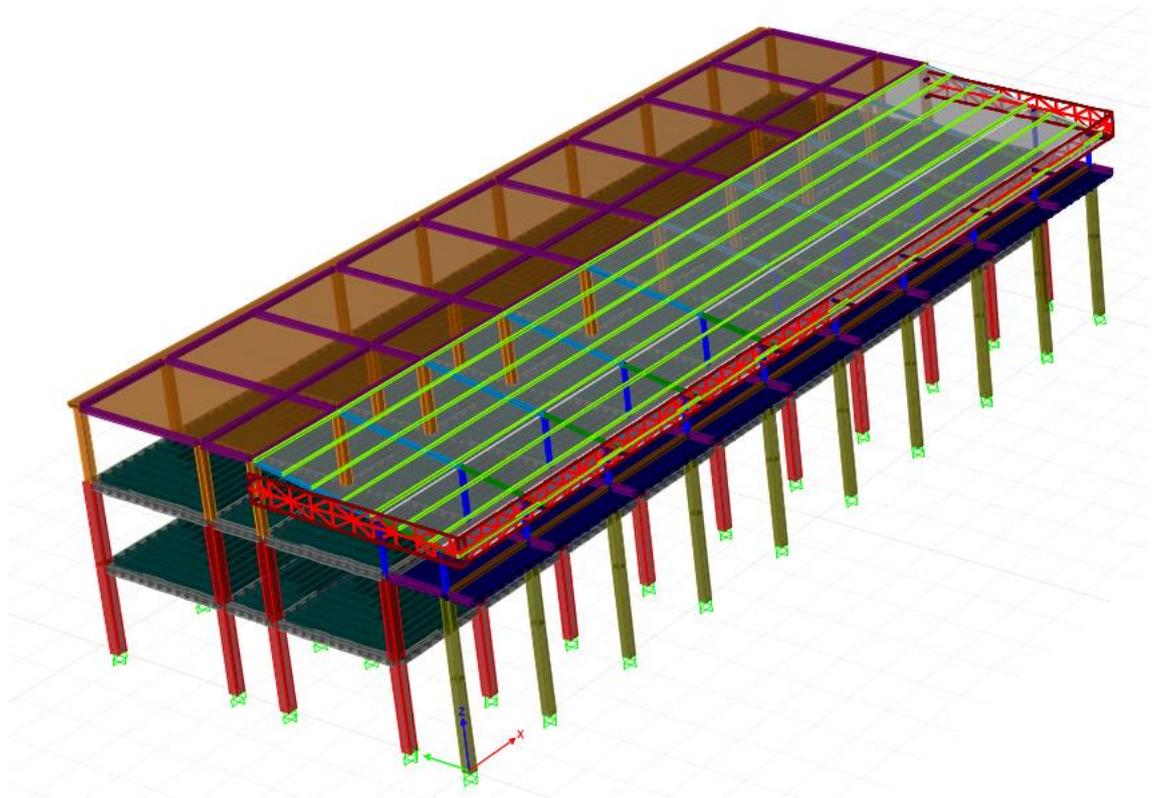


Figura 40 Modelo 3d – Edificio de Ingeniería actual.

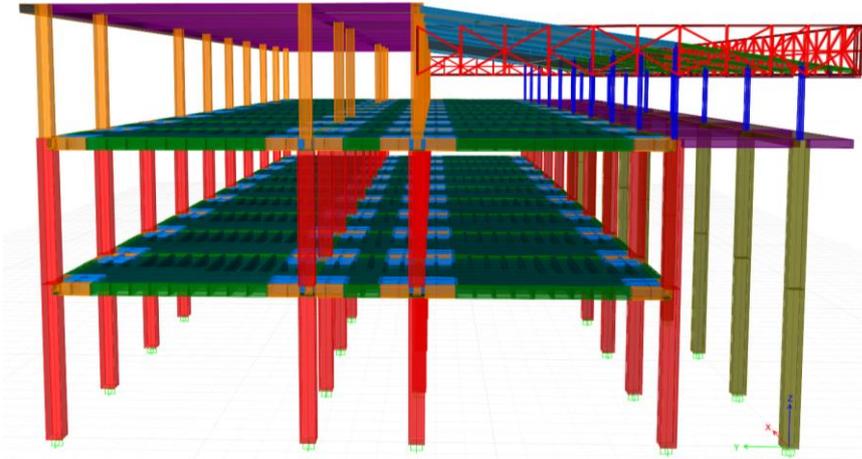


Figura 41 Modelo 3d – Edificio de Ingeniería –Vista lateral.

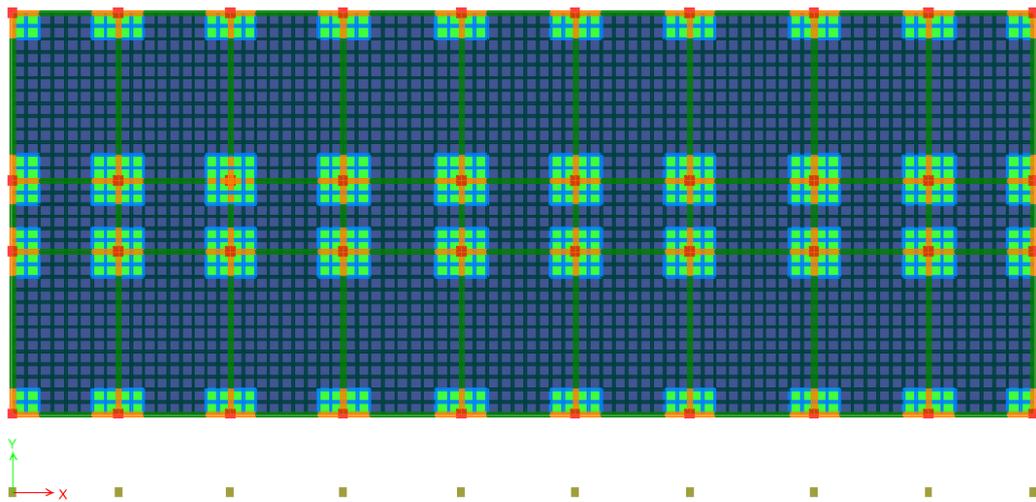


Figura 42 Planta 1era Losa.

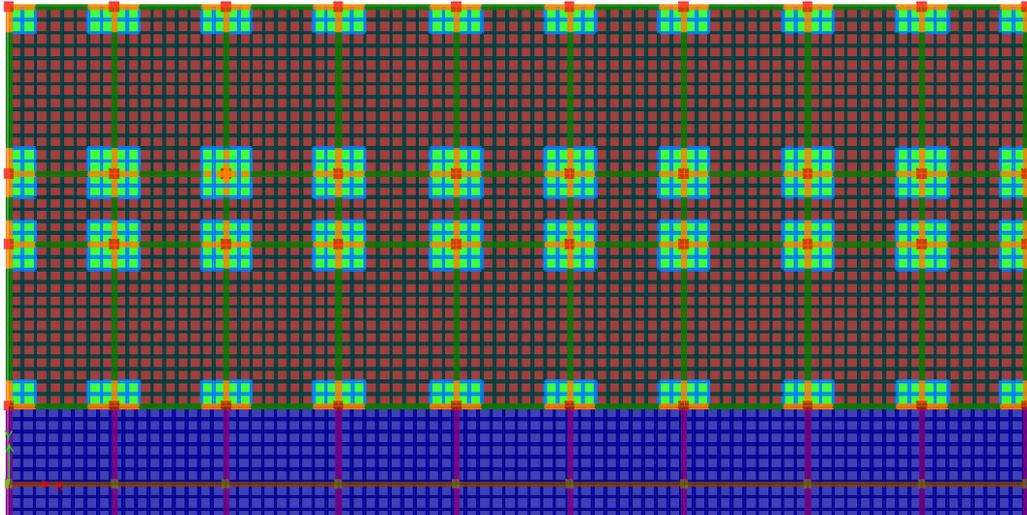


Figura 43 Planta 2da Losa.

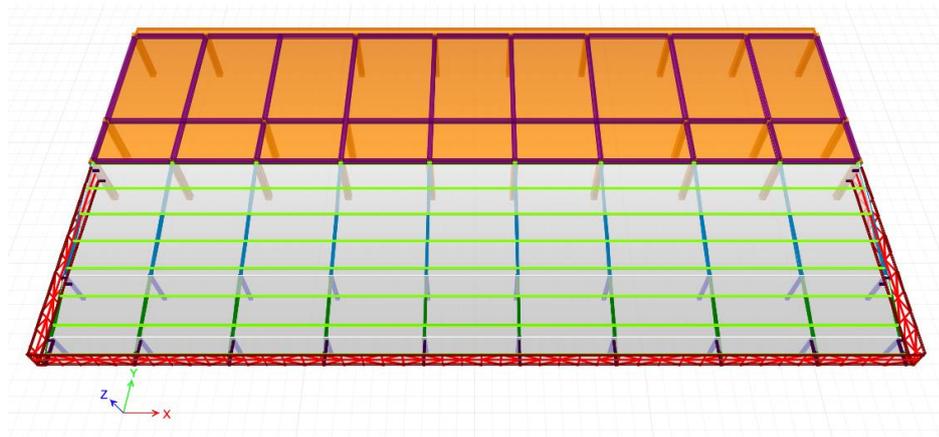


Figura 44 Vista de losa de cubierta y cubierta metálica.

3.3 Normas y Códigos Utilizados.

Se utilizaron las siguientes normas y códigos para estimar las cargas gravitacionales y sísmicas:

- ASCE/SEI 7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers.
- NEC15: Norma Ecuatoriana de la Construcción.
 - Capítulo Cargas no sísmicas.
 - Capítulo Peligro Sísmico - Diseño Sismo-Resistente.

Para el análisis y diseño de los elementos de hormigón armado:

- ACI 318-14: Building Code Requirements for Structural Concrete. American Concrete Institute.

3.4 Materiales.

Se ha considerado las siguientes propiedades para hacer el análisis estructural de edificio:

- Hormigón de Losa y Columnas:
 - Peso Específico: $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$
 - Resistencia a la Compresión a los 28 días: $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 - Módulo de Elasticidad: $E = 250998 \text{ kg/cm}^2$
- Acero de Refuerzo en Barras:
 - Peso Específico: $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$
 - Esfuerzo de Fluencia: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 - Módulo de Elasticidad: $E = 2030000 \text{ kg/cm}^2$
- Acero Estructural A36:
 - Peso Específico: $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$
 - Esfuerzo de Fluencia: $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$
 - Módulo de Elasticidad: $E = 2030000 \text{ kg/cm}^2$

3.5 Descripción General de la Estructura.

La estructura consiste en un sistema de pórticos resistente a momentos en ambas direcciones, consta de planta baja, primer piso alto y terraza.

La estructura posee 50 columnas, 40 tienen de sección 400x400 y las 10 restantes son de 300x400, las cuales llegan hasta la losa de terraza.

Las columnas que suben hasta la losa de la terraza son de 300x300mm.

Se tiene un sistema de losa placa plana, una losa nervada en dos direcciones y macizos en las columnas.

La terraza cuenta con un auditorio, sala de lectura, biblioteca, y un área de estudio para los estudiantes, la cual está cubierta por una estructura metálica.

La longitud del edificio en el sentido X es 40.59 m. y en el sentido Y 19.37 metros, distancias tomadas entre caras externas de columnas extremas.

3.6 Hipótesis del Modelo.

Para la modelación del edificio se ha considerado lo siguiente:

- Se le asignó un diafragma a cada piso lo cual hace que sea infinitamente rígido en su plano, con lo cual tenemos 3 grados de libertad por piso.
- Las conexiones transmiten momentos y fuerzas.
- Las columnas y las vigas son elementos cuya longitud es mucho mayor que sus dimensiones y por tal motivo se utilizó elementos tipo “Frame” para su modelación.
- Se consideró empotramiento perfecto en los extremos inferiores de las columnas.
- Entre cada columna hay un doble nervio, se consideró la modelación de los macizos.
- Se consideró vigas efectivas en el modelo, la base de la viga vendría a ser el ancho de la franja de columna y la altura de la viga igual a la altura de la losa, es un sistema de losa placa plana, con nervios en dos direcciones.
- De acuerdo a las recomendaciones del Nec-15, se consideró un 80% de agrietamiento en la inercia gruesa de las columnas, para vigas recomienda el 50% de agrietamiento.

3.7 Cargas Aplicadas.

3.7.1 Carga Muerta (DL).

Se utilizó el peso propio de los elementos considerados en el modelo. El software utilizado calcula automáticamente el peso propio en función de la geometría de los elementos y los materiales definidos anteriormente.

Material	Peso Unitario kN/m ³
Bloque hueco de hormigón	12.0
Bloque hueco de hormigón alivianado	8.5
Elementos secundarios	
G. Contrapisos y recubrimientos	kN/m²
Baldosa de mármol reconstituido, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor	0.22
Baldosa de cerámica, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor	0.20
Contrapiso de hormigón ligero simple, por cada cm, de espesor	0.16
Contrapiso de hormigón simple, por cada cm, de espesor	0.22

Tabla 2 Peso de materiales (Nec15).

$$W \text{ losa} = [(1 \times 0.05) + (2 \times 0.1 \times 0.25 \times 1.8)] \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 336 \text{ kg/m}^2.$$

$$W \text{ bloques alivianados} = [(0.4^2) \times 4 \times 0.25] \times 850 \text{ kg/m}^3 = 136 \text{ kg/m}^2.$$

$$W \text{ baldosas} = (22 \text{ kg/m}^2) \times 2 = 44 \text{ kg/m}^2.$$

$$W \text{ paredes} = 110 \text{ kg/m}^2.$$

$$W \text{ total} = 626 \text{ kg/m}^2.$$

La carga muerta que se ingresó en el programa adicional es 290 kg/m², la cual considera los bloques alivianados, baldosas y paredes. El peso de la losa lo considera automáticamente el programa, se la modeló con sus respectivos nervios en dos direcciones.

3.7.2 Carga Viva (LL).

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Soportes para luces cenitales y cielos rasos accesibles		0.90
Unidades educativas		
Aulas	2.00	4.50
Corredores segundo piso y superior	4.00	4.50
Corredores primer piso	4.80	4.50
Veredas, áreas de circulación vehicular y patios que puedan estar cargados por camiones	12.00	35.60 ^e
^e La carga concentrada de rueda será aplicada en un área de 100 mm x 100 mm		
Almacenes		
Venta al por menor		
Primer piso	4.80	4.50
Pisos superiores	3.60	4.50
Venta al por mayor. Todos los pisos	6.00	4.50
Armerías y salas de instrucción militar	7.20	
Áreas de reunión y teatros		
Asientos fijos	2.90	
Áreas de recepción	4.80	
Asientos móviles	4.80	
Plataformas de reunión	4.80	
Escenarios	7.20	
Áreas de almacenamiento sobre techos	1.00	
Barreras vehiculares	Véase sección 4.5 ASCE 7-10	
Balcones	4.80	
Bibliotecas		
Salas de lectura	2.90	4.50
Estanterías	7.20 ^c	4.50
Corredores en pisos superiores a planta baja	4.00	4.50
Cubiertas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		

Tabla 3 Cargas vivas (Nec15).

De acuerdo al Nec15 en el capítulo de cargas, para el diseño de las aulas se debe considerar 204 kg/m², corredor de primer piso 490 kg/m², corredor de segundo piso 408 kg/m², el auditorio 490 kg/m² y sala de lectura 296 kg/m². A la cubierta metálica se le asignó de acuerdo a la norma 70 kg/m², y a la cubierta de fibro-cemento 70 kg/m². (Tabla 3 - Cubiertas).

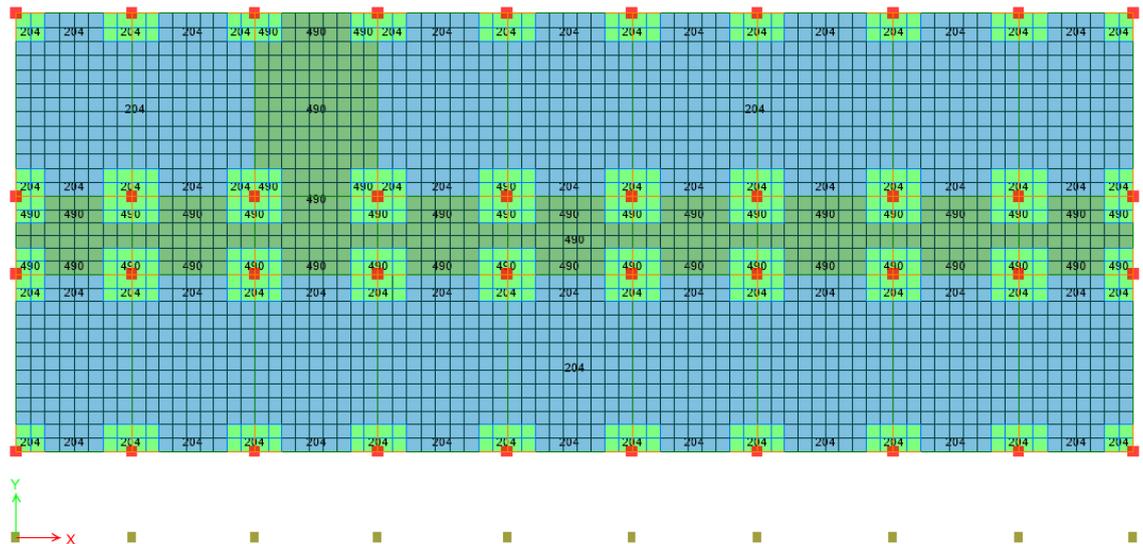


Figura 45 Carga viva asignada – 1era Losa.

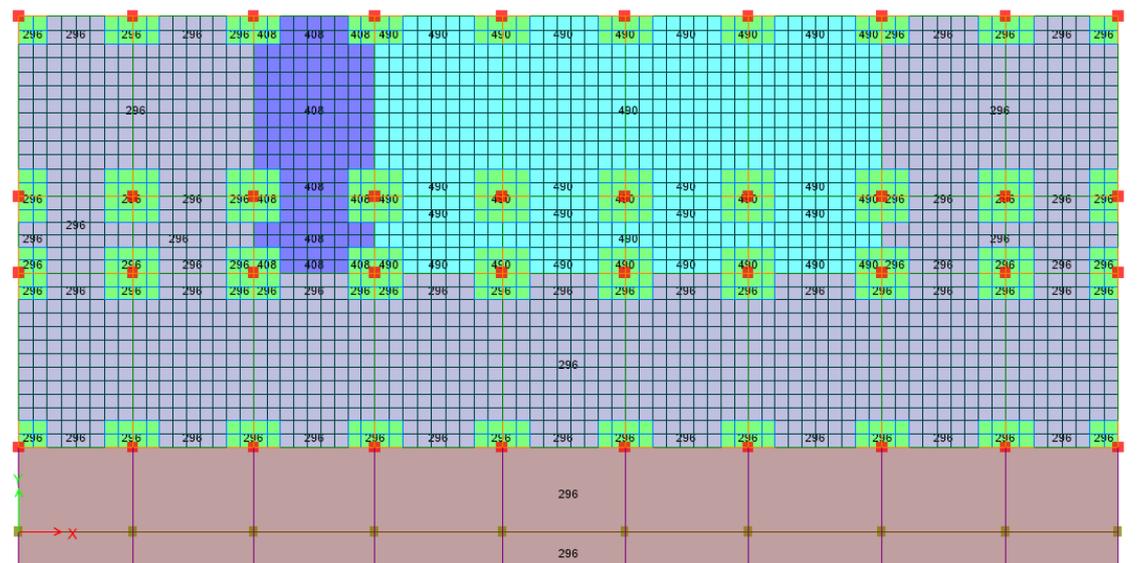


Figura 46 Carga viva asignada – 2da Losa.

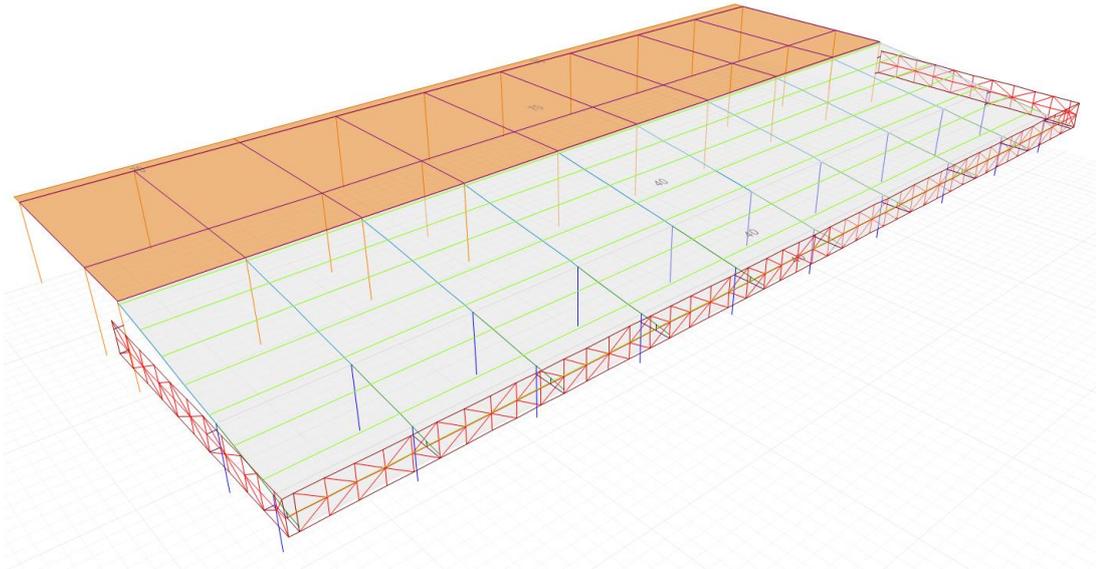


Figura 47 Carga viva asignada – Cubierta.

3.7.3 Carga Sísmica (EQ).

Para analizar el comportamiento de la estructura sometida a solicitaciones sísmicas, se realizó un análisis modal espectral (RSA “Response Spectrum Analysis”) mediante la aplicación de un espectro de diseño de aceleraciones. Se utilizó el espectro inelástico recomendado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) que representa un evento sísmico con un periodo de retorno de 475 años, es decir, una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s

	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ kPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1 —Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2 —Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3 —Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4 —Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5 —Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6 —Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Tabla 4 Clasificación de los perfiles de suelo (Nec15).

Se ha tomado como referencia el estudio de suelo realizado por el Ing. Oswaldo Ripalda a la antigua cancha de fútbol de la Universidad Católica donde actualmente es el edificio de parqueos. El tipo de perfil del suelo del actual parqueadero se lo ha considerado como D, para el suelo donde está asentado el edificio evaluado se lo considerará igual para la elaboración del espectro de diseño para hacer el análisis estructural.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Tabla 5 Tipos de suelo y factores de sitio Fa (Nec15).

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tabla 6 Tipos de suelo y factores de sitio Fd (Nec15).

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tabla 7 Tipos de suelo y factores de sitio Fs (Nec15).

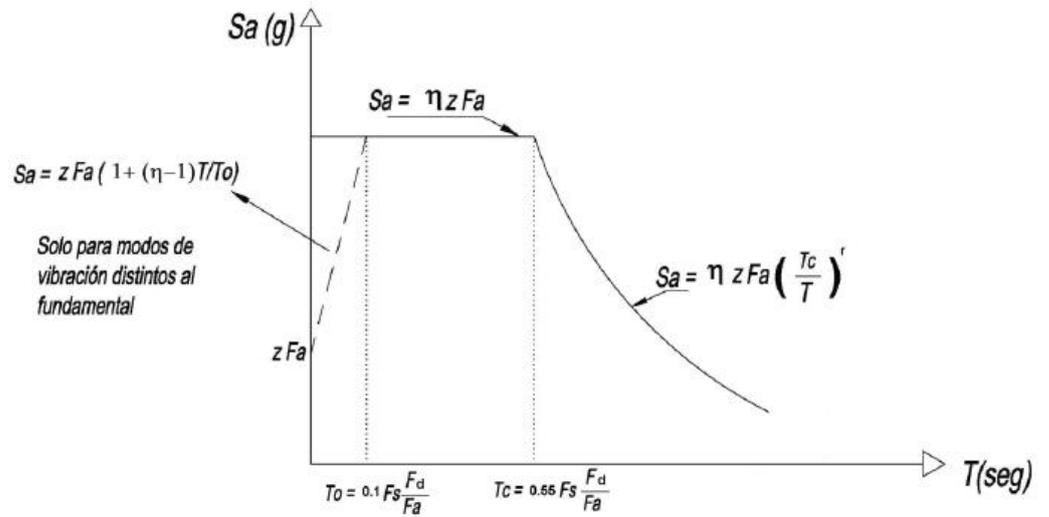


Figura 48 Espectro sísmico elástico de aceleraciones (Nec15).

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Tabla 8 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura (Nec15).

De acuerdo a la tabla mostrada, la edificación se sitúa dentro de la categoría Estructuras de ocupación especial, por lo tanto el factor de importancia es igual a 1.3.

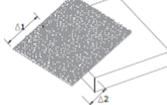
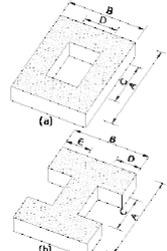
<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_t=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$</p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_t=0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_t=0.9$ a) $CxD > 0.5AxB$ b) $[Cx D + Cx E] > 0.5Ax B$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_t=0.9$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Tabla 9 Coeficiente de irregularidad en planta (Nec15).

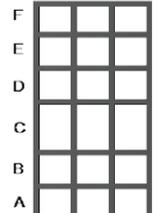
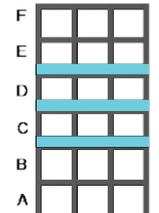
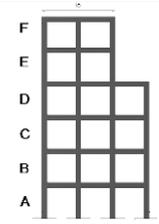
<p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_e=0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_o Rigidez $< 0.80 \frac{(K_o + K_c + K_p)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_e=0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ ó $m_D > 1.50 m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_e=0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Tabla 10 Coeficiente de irregularidad en elevación (Nec15).

Seismic Force-Resisting System	ASCE 7 Section Where Detailing Requirements Are Specified	Response Modification Coefficient, R^a	Overstrength Factor, Ω_0^g	Deflection Amplification Factor, C_d^b	Structural System Limitations Including Structural Height, h_s (ft) Limits ^c				
					Seismic Design Category				
					B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C. MOMENT-RESISTING FRAME SYSTEMS									
1. Steel special moment frames	14.1 and 12.2.5.5	8	3	5½	NL	NL	NL	NL	NL
2. Steel special truss moment frames	14.1	7	3	5½	NL	NL	160	100	NP
3. Steel intermediate moment frames	12.2.5.7 and 14.1	4½	3	4	NL	NL	35 ^h	NP ^h	NP ^h
4. Steel ordinary moment frames	12.2.5.6 and 14.1	3½	3	3	NL	NL	NP ⁱ	NP ⁱ	NP ⁱ
5. Special reinforced concrete moment frames ^f	12.2.5.5 and 14.2	8	3	5½	NL	NL	NL	NL	NL
6. Intermediate reinforced concrete moment frames	14.2	5	3	4½	NL	NL	NP	NP	NP
7. Ordinary reinforced concrete moment frames	14.2	3	3	2½	NL	NP	NP	NP	NP
8. Steel and concrete composite special moment frames	12.2.5.5 and 14.3	8	3	5½	NL	NL	NL	NL	NL
9. Steel and concrete composite intermediate moment frames	14.3	5	3	4½	NL	NL	NP	NP	NP
10. Steel and concrete composite partially restrained moment frames	14.3	6	3	5½	160	160	100	NP	NP
11. Steel and concrete composite ordinary moment frames	14.3	3	3	2½	NL	NP	NP	NP	NP
12. Cold-formed steel—special bolted moment frame ^g	14.1	3½	3 ^o	3½	35	35	35	35	35

Tabla 11 Coeficientes de diseño y factores para fuerzas sísmicas (ASCE-7-10).

Se elige como coeficiente de reducción sísmico un R igual a 3, el mismo que equivale a un sistema de hormigón con pórticos reforzados sin detallamiento sísmico.

Los parámetros que han sido considerados para la elaboración del espectro de diseño son:

- ❖ $Z = 0.40$: Zona Sísmica V (Alta) a la que corresponde la
 - ◆ ciudad de Guayaquil.
- ❖ $\eta = 1.80$: Relación de Amplificación Espectral (Toda la
 - ◆ Costa, excepto Esmeraldas)
- ❖ SD: Suelo Tipo D (Suelo rígido)
 - ◆ $F_a = 1.20$
 - ◆ $F_d = 1.19$
 - ◆ $F_s = 1.28$
- ❖ $I = 1.30$: Factor de Importancia (Estructuras de ocupación especial)
- ❖ $R = 3.00$: Coeficiente de Reducción Inelástica.

- ❖ $\phi_P = 1.00$: Factor de Irregularidad en Planta.
- ❖ $\phi_E = 1.00$: Factor de Irregularidad en Elevación.

T (seg)	S _a (g)	C _s (g)
0.00	0.480	0.208
0.06	0.672	0.291
0.13	0.864	0.374
0.41	0.864	0.374
0.70	0.864	0.374
0.70	0.861	0.373
0.85	0.643	0.279
1.00	0.504	0.218
1.15	0.409	0.177
1.30	0.340	0.147
1.45	0.289	0.125
1.60	0.249	0.108
1.75	0.218	0.094
1.90	0.192	0.083
2.10	0.166	0.072
2.30	0.144	0.063
2.50	0.128	0.055
2.70	0.114	0.049
2.90	0.102	0.044
3.10	0.092	0.040
3.30	0.084	0.036

Tabla 12 Coordenadas espectrales.

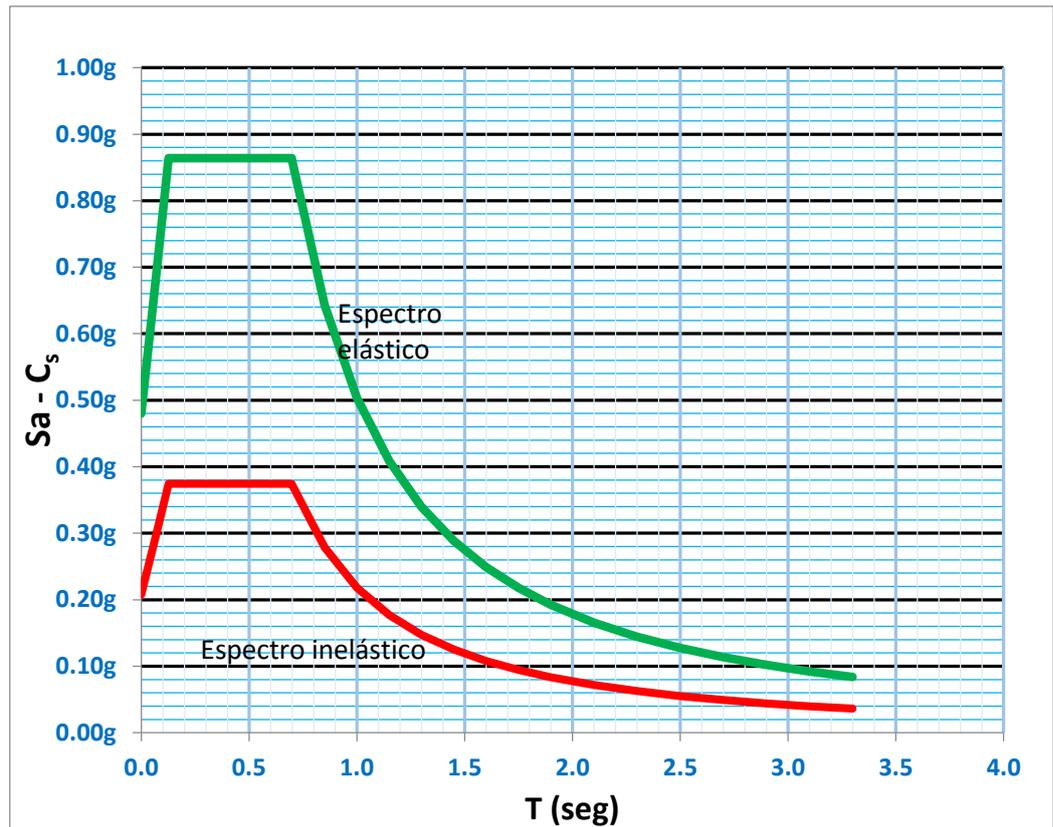


Figura 49 Espectro sísmico elástico e inelástico de aceleraciones.

3.7.4 Combinaciones de Carga.

Para realizar el análisis modal de la estructura se usaron eigenvectores y se consideró un número de modos de vibración adecuado para que la masa participativa acumulada sea representativa. Se utilizó una combinación modal espectral CQC (Complete Quadratic Combination) para la determinación de las cargas sísmicas en las direcciones X e Y. Se consideraron 2 tipos de carga sísmica: E_x e E_y aplicadas en las direcciones X e Y, respectivamente. Para cada dirección de análisis (X e Y) se aplicó el 100% de la carga sísmica en la dirección de análisis y adicionalmente el 30% en la dirección ortogonal.

		DL	LL	LR	EX	EY
DISEÑO	COMB 1	1.4				
	COMB 2	1.2	1.6	0.5		
	COMB 3	1.2	0.5	0.5	1	0.3
	COMB 4	1.2	0.5	0.5	0.3	1
	ENV	COMB1+COMB2+COMB3+COMB4				
SERV.						
	COMB 5	1	1	1		
	COMB 6	1			1	0.3
	COMB 7	1			0.3	1

Tabla 13 Combinaciones de cargas.

3.8 Resultados del Análisis Estructural.

3.8.1 Análisis Modal.

Para el análisis modal se definió la masa participativa igual al 100% de la carga muerta + 25% de carga viva. Se calcularon los primeros modos de vibración de la estructura y sus correspondientes periodos de vibración en el software ETABS realizando un análisis modal. Se utilizó el número de modos suficiente de tal manera que la masa modal acumulada sea por lo menos el 90% de la masa participativa total en las direcciones X e Y, según la recomendación del NEC2015 y el ASCE 7-10.

Caso	Modo de Vibración	Periodo (seg)
Modal	1	0.686
Modal	2	0.683
Modal	3	0.636
Modal	4	0.198

Tabla 14 Periodos de la estructura con respecto a sus modos de vibración.

3.8.2 Revisión de Derivas Inelásticas.

Se procedió a revisar las derivas inelásticas de entrepiso en ambas direcciones (θ), y se deben calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$\theta = \frac{\delta C_d}{h}$$

δ : Desplazamiento relativo en el entrepiso considerado obtenido por medio de un análisis elástico de la estructura (centímetros).

C_d : Coeficiente de amplificación de deformaciones igual a 0.75 veces el coeficiente de reducción inelástica

h : Altura del entrepiso considerado (centímetros).

A partir de las deformaciones se puede revisar si existen irregulares torsionales en cada piso, revisando que las deformaciones consecutivas no sean muy distintas. No existen irregularidades torsionales y por ende es adecuada la utilización de un factor de irregularidad en planta igual a 1.

A partir del estado de carga por sismo se obtienen las deformaciones laterales resultantes con las cuales se hace la revisión de las derivas inelásticas de entrepiso, la razón que sea menor al 2% es para evitar daños en los elementos estructurales.

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Tabla 15 Límites permisibles de las derivas de piso.

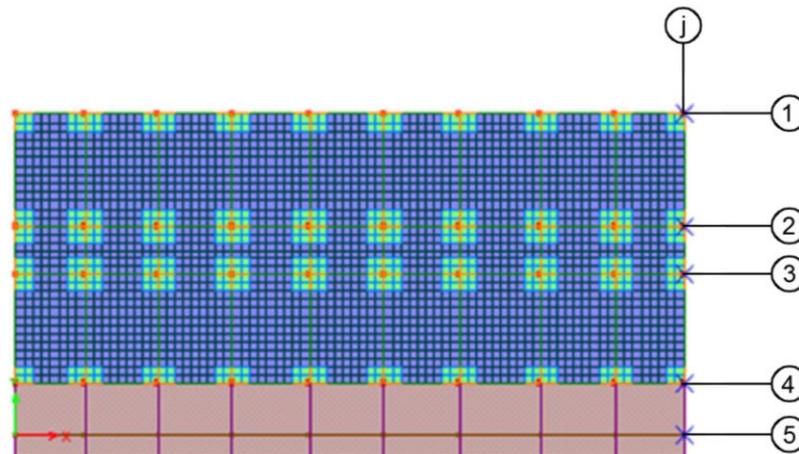


Figura 50 Ejes seleccionados para la revisión de derivas.

Piso	Combinación X	Ux	Uy	Ax	Ay	At	Ht	R	δ	$\delta \%$	Revisión $\leq 2\%$
Base	Comb6 Max	0.000	0.000								
1	Comb6 Max	0.023	0.023	0.023	0.023	0.033	4.140	3.000	0.018	1.792	OK
2	Comb6 Max	0.042	0.043	0.018	0.020	0.027	3.790	3.000	0.016	1.596	OK
3	Comb6 Max	0.046	0.047	0.004	0.004	0.006	3.340	3.000	0.004	0.385	OK
	Combinación Y										
Base	Comb7 Max	0.000	0.000								
1	Comb7 Max	0.008	0.032	0.008	0.032	0.033	4.140	3.000	0.018	1.790	OK
2	Comb7 Max	0.014	0.058	0.006	0.026	0.027	3.790	3.000	0.016	1.598	OK
3	Comb7 Max	0.015	0.064	0.001	0.006	0.006	3.340	3.000	0.004	0.382	OK

Tabla 16 Tabla de derivas en el edificio Eje 1 - Eje j.

Piso	Combinación X	Ux	Uy	Ax	Ay	At	Ht	R	δ	$\delta \%$	Revisión $\leq 2\%$
Base	Comb6 Max	0.000	0.000								
1	Comb6 Max	0.024	0.023	0.024	0.023	0.033	4.140	3.000	0.018	1.811	OK
2	Comb6 Max	0.043	0.043	0.019	0.020	0.027	3.790	3.000	0.016	1.618	OK
3	Comb6 Max	0.047	0.047	0.004	0.004	0.006	3.340	3.000	0.004	0.396	OK
	Combinación Y										
Base	Comb7 Max	0.000	0.000								
1	Comb7 Max	0.008	0.032	0.008	0.032	0.033	4.140	3.000	0.018	1.790	OK
2	Comb7 Max	0.014	0.058	0.006	0.026	0.027	3.790	3.000	0.016	1.598	OK
3	Comb7 Max	0.015	0.064	0.001	0.006	0.006	3.340	3.000	0.004	0.383	OK

Tabla 17 Tabla de derivas en el edificio Eje 2 - Eje j.

Piso	Combinación X	Ux	Uy	Ax	Ay	At	Ht	R	δ	$\delta \%$	Revisión $\leq 2\%$
Base	Comb6 Max	0.000	0.000								
1	Comb6 Max	0.024	0.023	0.024	0.023	0.034	4.140	3.000	0.018	1.832	OK
2	Comb6 Max	0.044	0.043	0.019	0.020	0.028	3.790	3.000	0.016	1.641	OK
3	Comb6 Max	0.049	0.047	0.005	0.004	0.006	3.340	3.000	0.004	0.405	OK
	Combinación Y										
Base	Comb7 Max	0.000	0.000								
1	Comb7 Max	0.008	0.032	0.008	0.032	0.033	4.140	3.000	0.018	1.792	OK
2	Comb7 Max	0.014	0.058	0.006	0.026	0.027	3.790	3.000	0.016	1.600	OK
3	Comb7 Max	0.015	0.064	0.001	0.006	0.006	3.340	3.000	0.004	0.384	OK

Tabla 18 Tabla de derivas en el edificio Eje 3 - Eje j.

Piso	Combinación X	Ux	Uy	Ax	Ay	At	Ht	R	δ	δ %	Revisión ≤2%
Base	Comb6 Max	0.000	0.000								
1	Comb6 Max	0.026	0.023	0.026	0.023	0.035	4.140	3.000	0.019	1.908	OK
2	Comb6 Max	0.048	0.043	0.021	0.020	0.029	3.790	3.000	0.017	1.720	OK
	Combinación Y										
Base	Comb7 Max	0.000	0.000								
1	Comb7 Max	0.008	0.032	0.008	0.032	0.033	4.140	3.000	0.018	1.802	OK
2	Comb7 Max	0.015	0.058	0.007	0.026	0.027	3.790	3.000	0.016	1.610	OK

Tabla 19 Tabla de derivas en el edificio Eje 4 - Eje j.

Piso	Combinación X	Ux	Uy	Ax	Ay	At	Ht	R	δ	δ %	Revisión ≤2%
Base	Comb6 Max	0.000	0.000								
2	Comb6 Max	0.050	0.043	0.050	0.043	0.066	7.930	3.000	0.019	1.868	OK
	Combinación Y										
Base	Comb7 Max	0.000	0.000								
2	Comb7 Max	0.016	0.058	0.016	0.058	0.061	7.930	3.000	0.017	1.717	OK

Tabla 20 Tabla de derivas en el edificio Eje 4 - Eje j.

3.8.3 Revisión de ajuste del cortante basal obtenido por el análisis dinámico.

El cortante dinámico total en la base el cual se obtiene por el método dinámico, como la estructura estudiada es regular, no debe ser menor al 80% del cortante basal que se obtiene del método estático. Cálculo del cortante basal estático:

$$V = \frac{I S_a}{R \phi_P \phi_E} W$$

$$S_a = \eta Z F a$$

$$S_a = 1.80 * 0.4 * 1.20 = 0.864$$

$$V_{est} = \frac{1.30 * 0.864 (1615.21)}{3 * 1 * 1} = 604.73 \text{ Ton}$$

$$V_{est}/V_{din} \geq 80 \%$$

Los valores del cortante basal dinámico se los obtuvieron del software Etabs2015.

	Unidades	Unidades	
		Dirección X	Dirección Y
100% Σ DL	Ton	1488.09	1488.09
25% Σ LL	Ton	127.11	127.11
W	Ton	1615.21	1615.21
V _{din.}	Ton	505.91	549.81
C _{s est.}	g	0.374	0.374
V _{est.}	Ton	604.73	604.73
V _{din.} / V _{est.}	%	83.66	90.92
Regular		SI	SI
Factor	adim.	1.000	1.000

Tabla 21 Revisión de relación entre el cortante estático y dinámico.

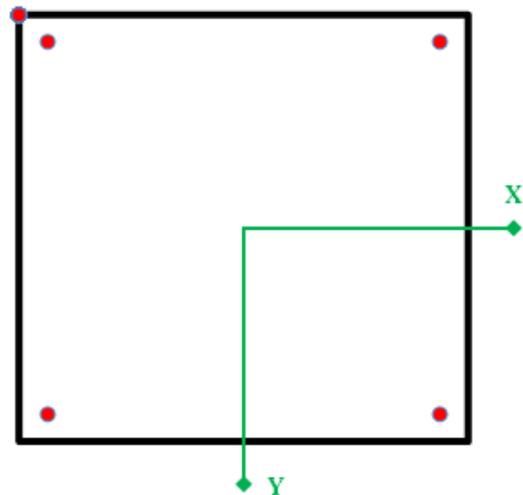
No se necesita en el modelo amplificar la aceleración de la gravedad, ya que la relación entre el cortante basal dinámico y el cortante basal estático es mayor al 80% como se muestra en la tabla.

3.8.4 Revisión de columnas de Planta Baja-1er Piso (400x400mm.)

Se realizó una revisión tomando en cuenta todos los métodos existentes de revisión de columnas, en dos direcciones por separado.

1) DIMENSIONES Y MATERIALES

b =	40 cm
h =	40 cm
f _c =	280 kg/cm ²
f _y =	4200 kg/cm ²
f _{y pr} /f _y =	1.25
β =	0.65
α =	1.61
ρ =	1.54 %
1% < ρ < 6% :	OK



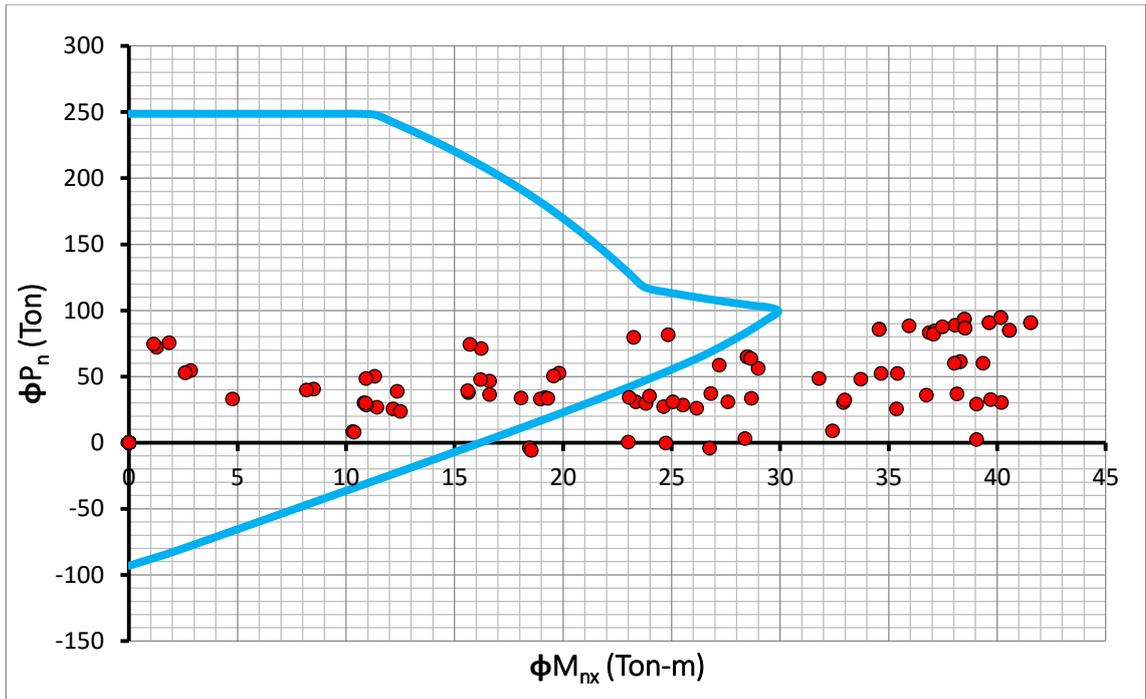


Figura 51 Diagrama de interacción uniaxial Eje X – Columna 400x400 Planta Baja-1er Piso.

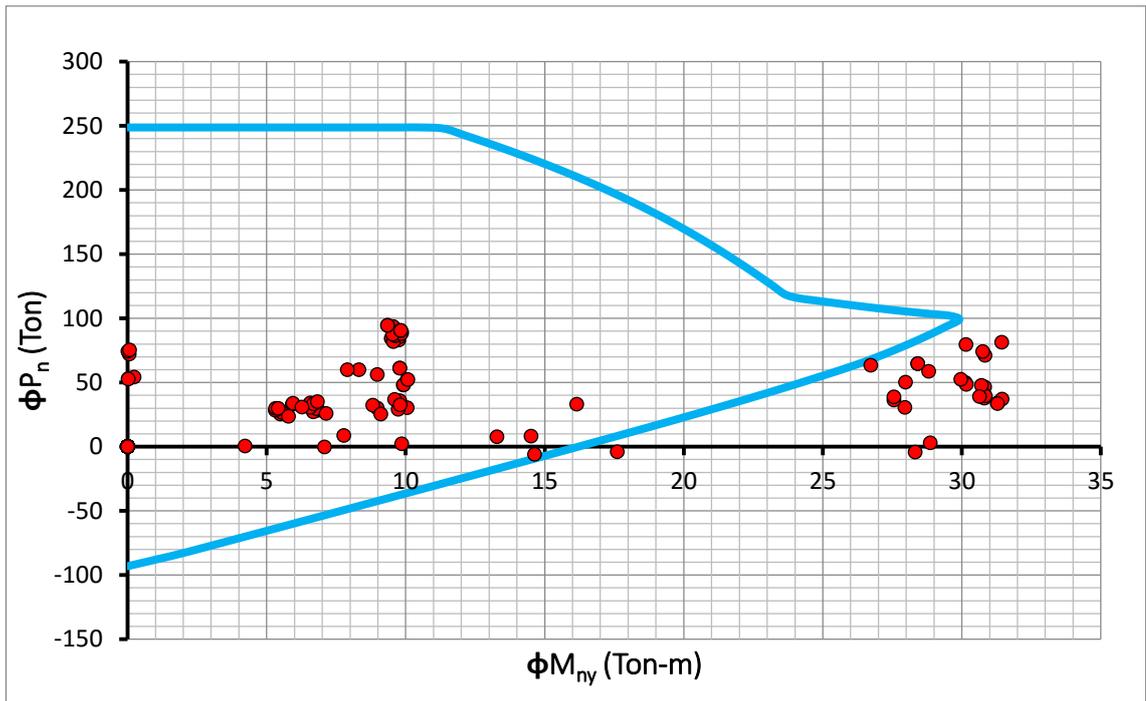


Figura 52 Diagrama de interacción uniaxial Eje Y – Columna 400x400 Planta Baja-1er Piso.

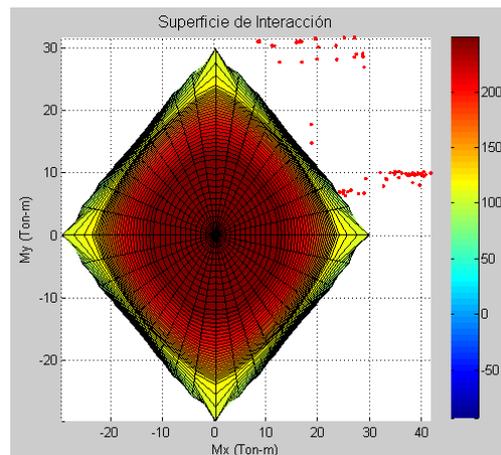
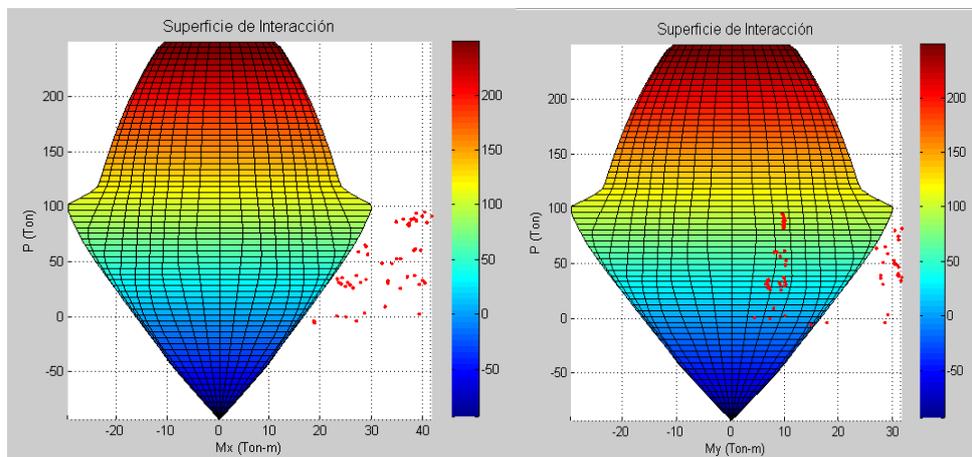
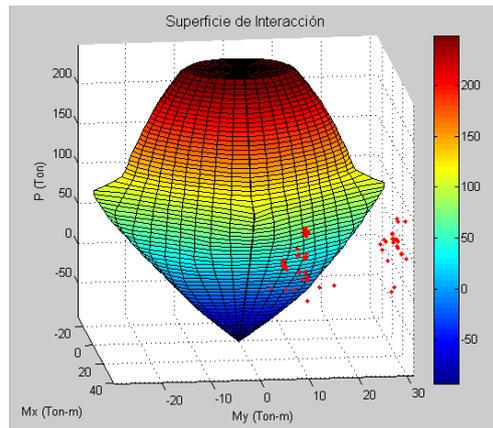


Figura 53 Diagramas de interacción 3D – Columna 400x400 Planta Baja-1er Piso.

3.8.5 Revisión de columnas de fachada. (300x400mm.)

1) DIMENSIONES Y MATERIALES

b =	30 cm
h =	40 cm
$f'_c =$	280 kg/cm ²
$f_y =$	4200 kg/cm ²
$f_{ypr}/f_y =$	1.25
$\beta =$	0.65
$\alpha =$	1.61
$\rho =$	1.28 %
1% < ρ < 6% :	OK

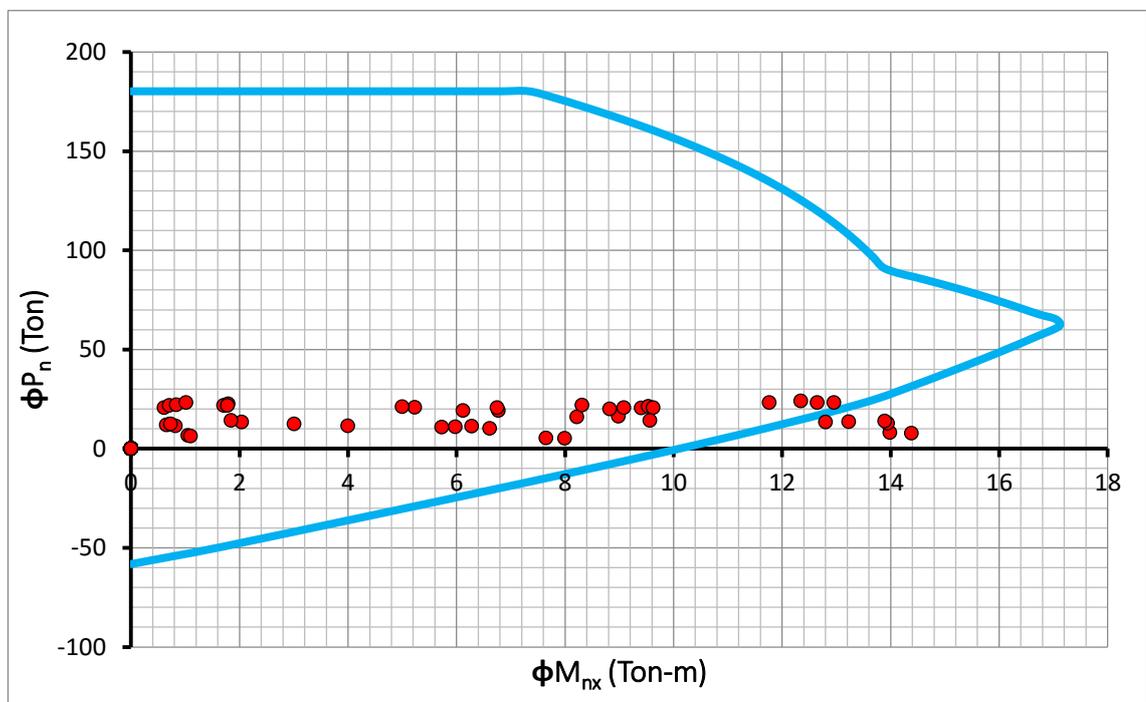
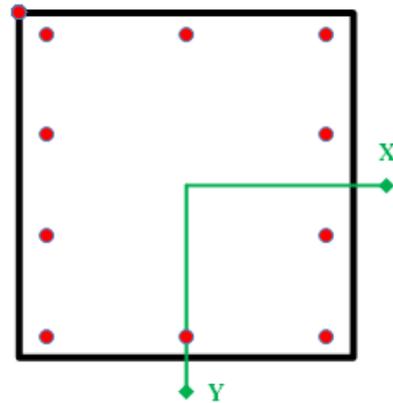


Figura 54 Diagrama de interacción uniaxial Eje X – Columna 300x400.

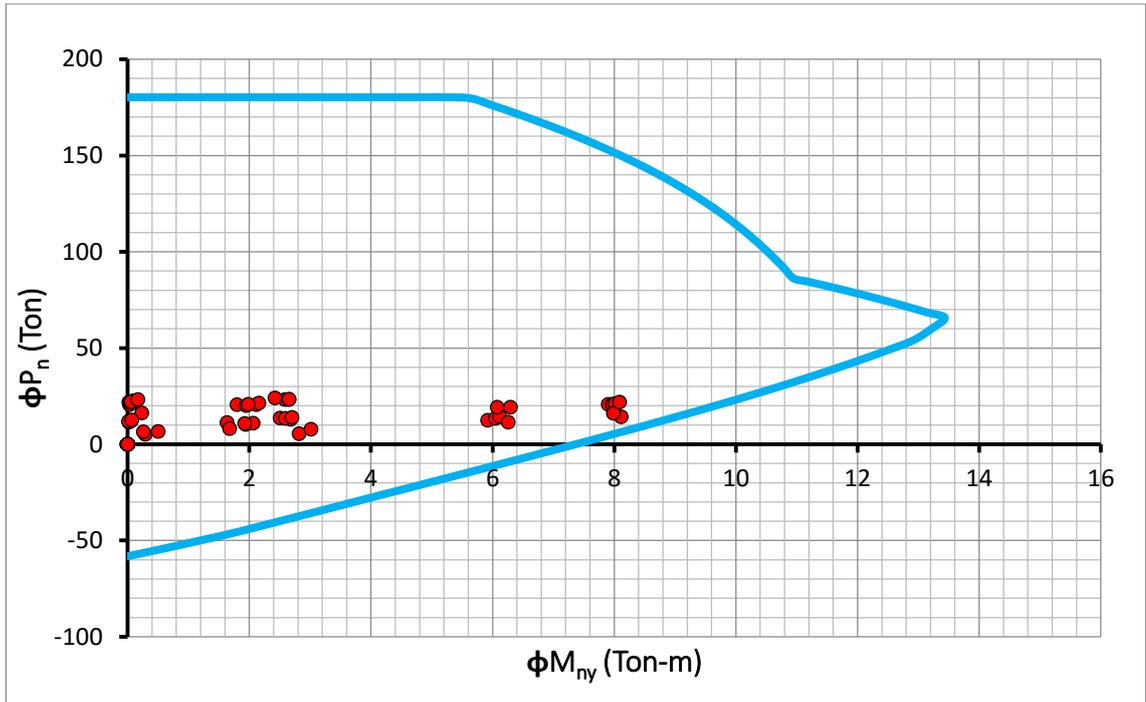
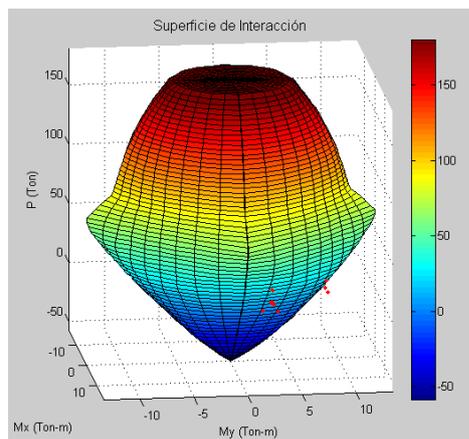


Figura 55 Diagrama de interacción uniaxial Eje Y – Columna 300x400.



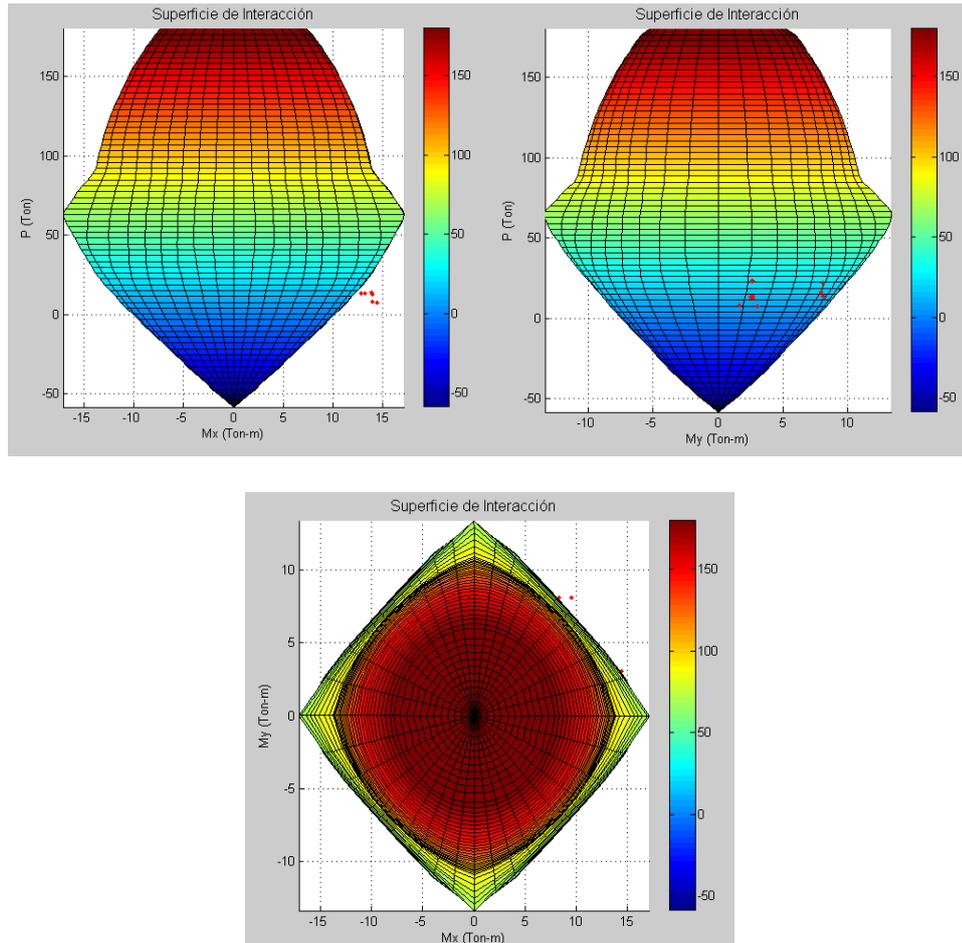
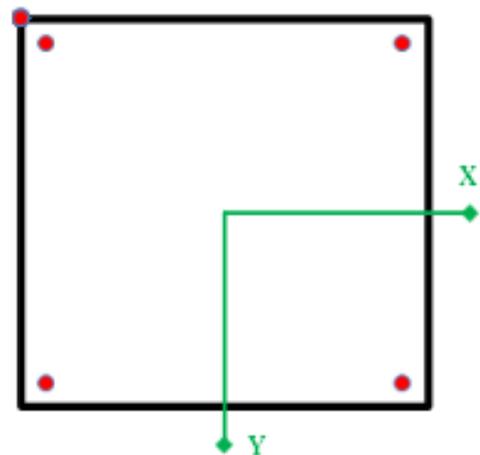


Figura 56 Diagramas de interacción 3D – Columna 300x400.

3.8.6 Revisión de columnas de 1er Piso-2do Piso. (400x400mm.)

1) DIMENSIONES Y MATERIALES

$b =$	40 cm
$h =$	40 cm
$f'_c =$	280 kg/cm ²
$f_y =$	4200 kg/cm ²
$f_{ypr}/f_y =$	1.25
$\beta =$	0.65
$\alpha =$	1.61
$\rho =$	1.54 %
$1\% < \rho < 6\% :$	OK



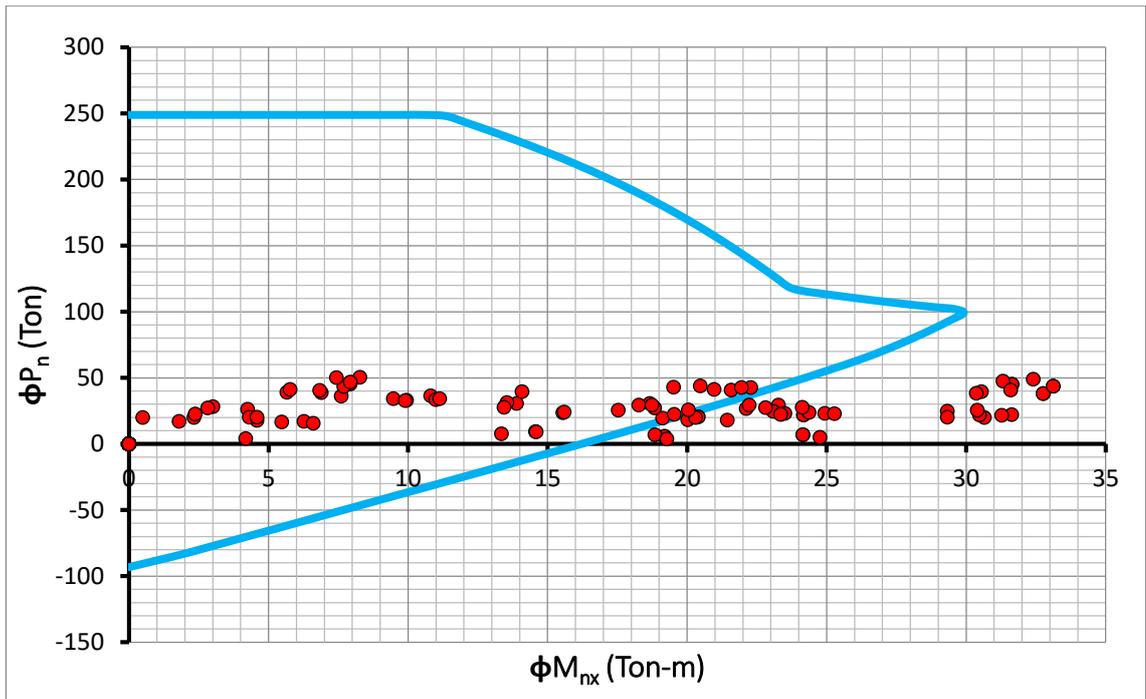


Figura 57 Diagrama de interacción uniaxial Eje X – Columna 400x400 1er Piso-2do Piso.

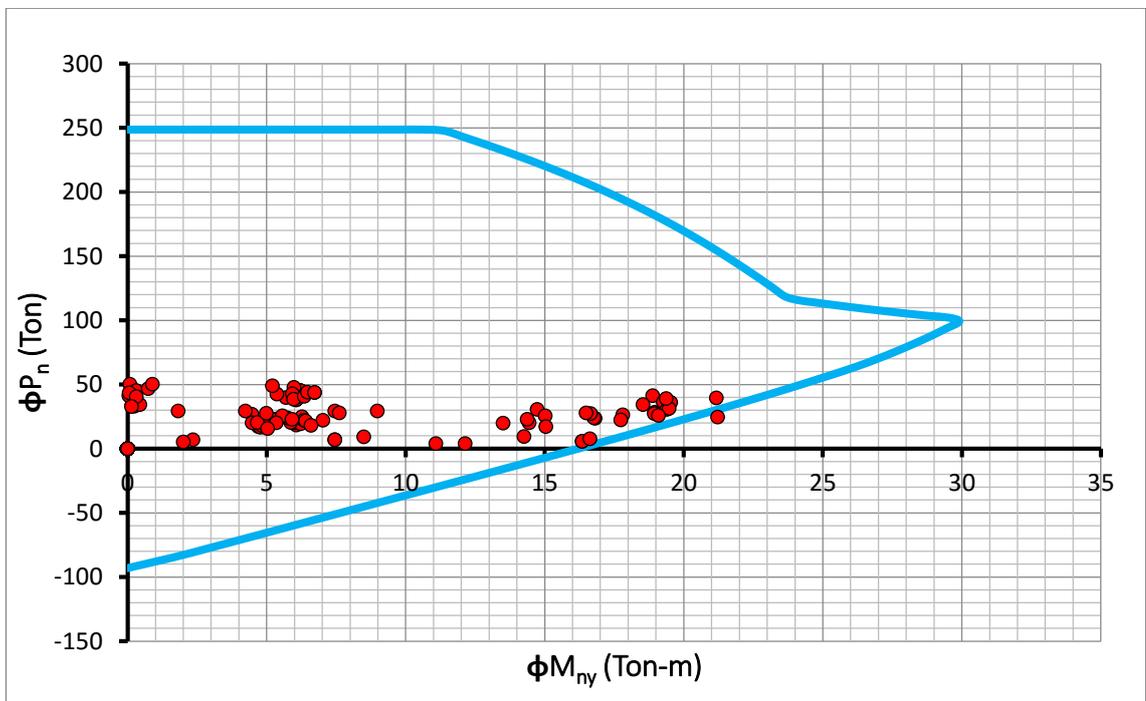


Figura 58 Diagrama de interacción uniaxial Eje Y – Columna 400x400 1er Piso-2do Piso.

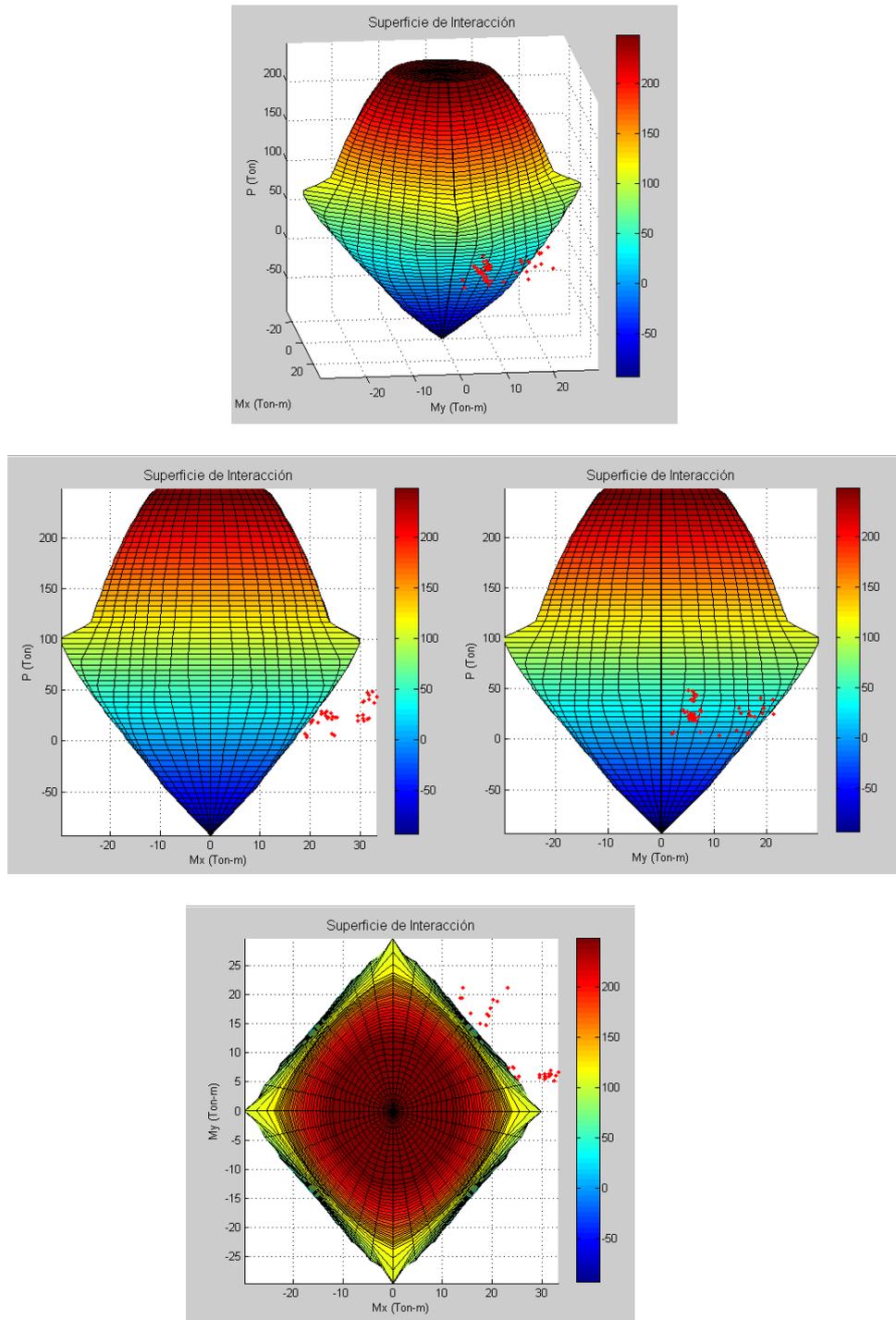


Figura 59 Diagramas de interacción 3D – Columna 400x400 1er Piso-2do Piso.

En conclusión las secciones de columnas de 400x400 del primero y segundo piso con sus respectivos armados no son resistentes antes las sollicitaciones de carga que recomienda la norma ecuatoriana de la construcción 2015.

Como se muestra en los diagramas, las combinaciones de carga que incluyen el sismo son las que están fuera del diagrama, indicando con esto que su resistencia no es la adecuada. Su falla está dada básicamente por flexo-compresión, por lo tanto requiere mayor área de hormigón y acero.

3.8.7 Revisión de columnas de 2do piso-Cubierta. (300x300mm.)

1) DIMENSIONES Y MATERIALES

b =	30 cm
h =	30 cm
$f'_c =$	280 kg/cm ²
$f_y =$	4200 kg/cm ²
$f_{ypr}/f_y =$	1.25
$\beta =$	0.65
$\alpha =$	1.61
$\rho =$	1.01 %
1% < ρ < 6% :	OK

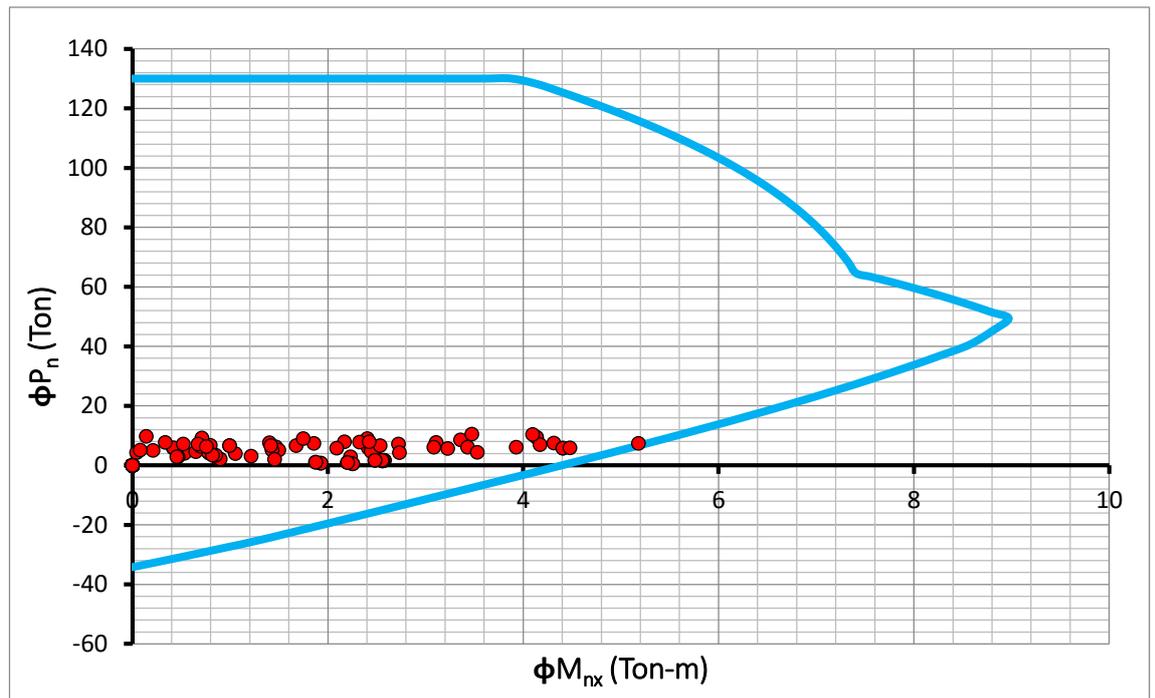
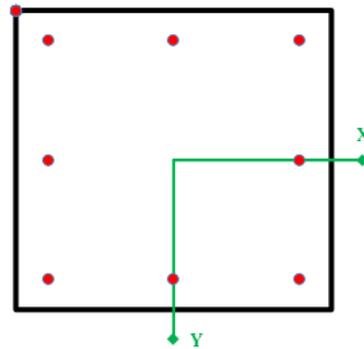


Figura 60 Diagrama de interacción uniaxial Eje X – 300x300 2do Piso- Cub.

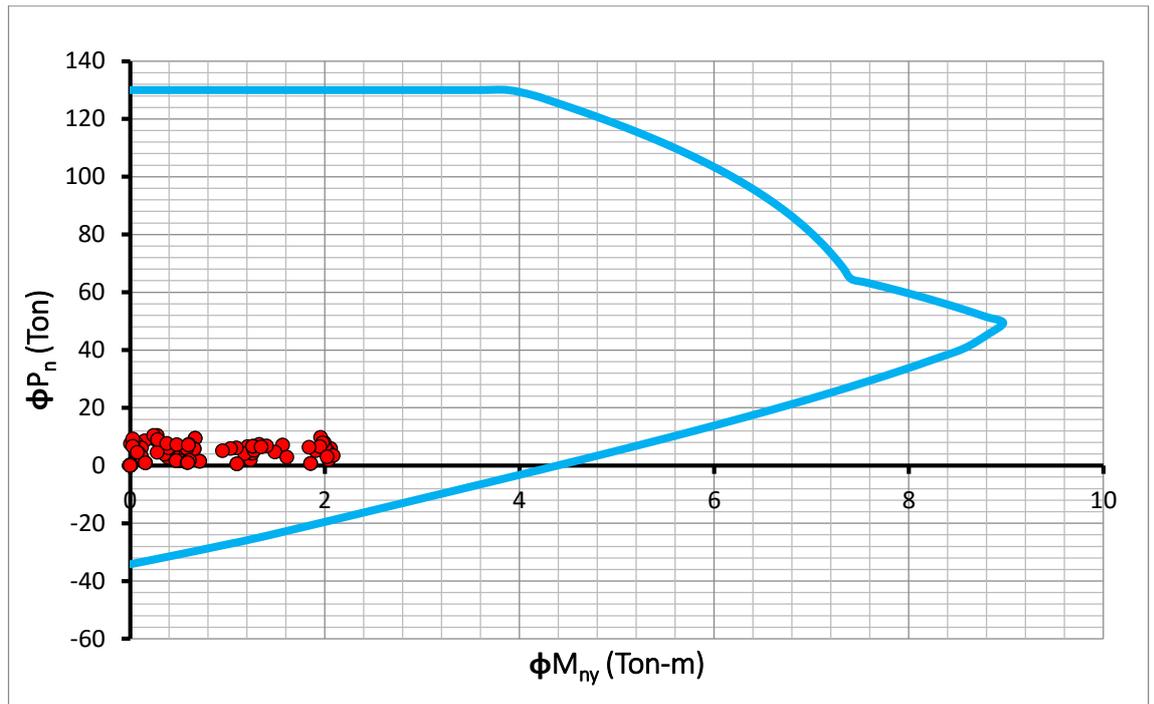
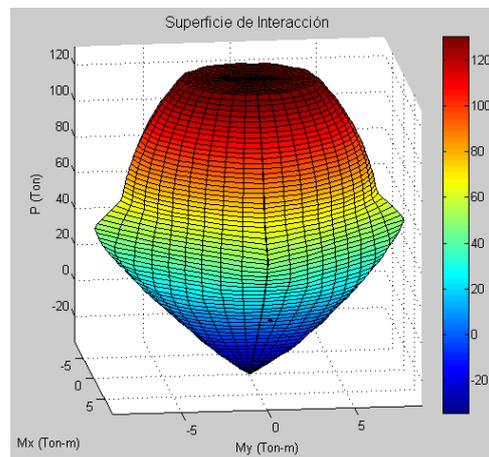


Figura 61 Diagrama de interacción uniaxial Eje Y – 300x300 2do Piso- Cub.

En las Fig.61 y 62 se muestra que las columnas son resistentes a los momentos actuantes que incluyen el sismo.



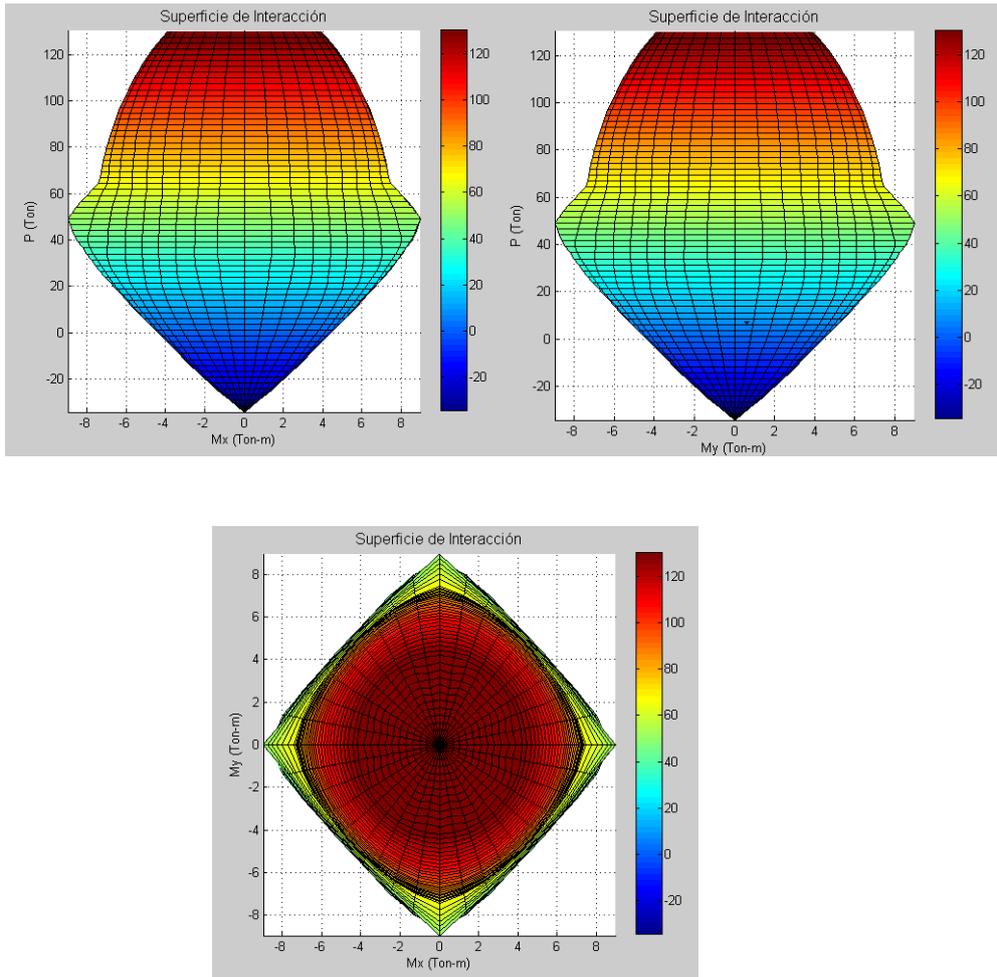


Figura 62 Diagramas de interacción 3D – 300x300 2do Piso- Cub.

3.8.8 Diagramas de Fuerzas Internas.

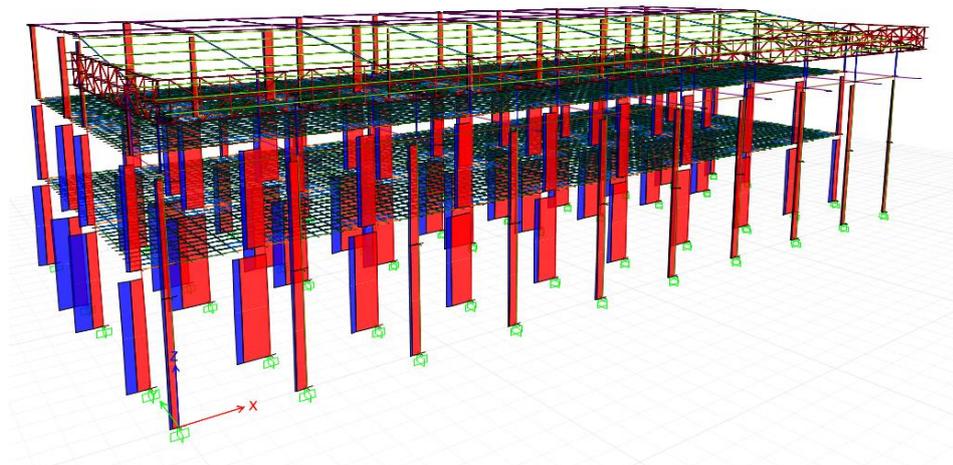


Figura 63 Diagrama de carga axial.

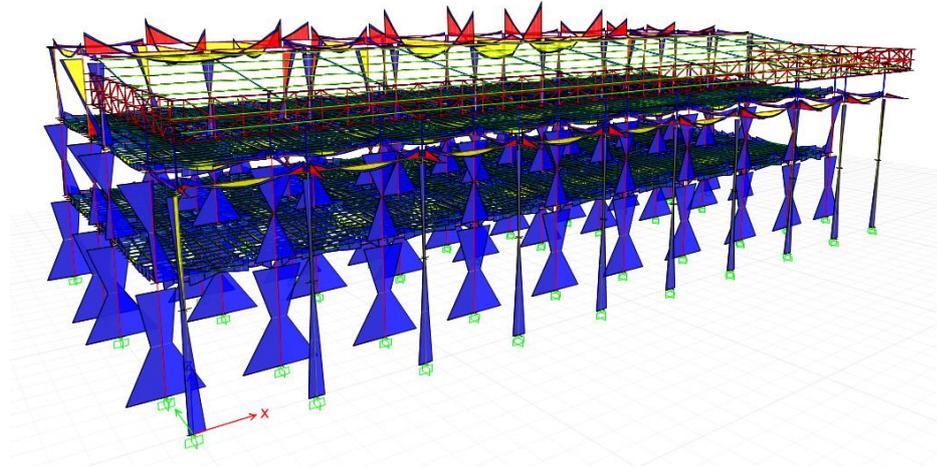


Figura 64 Diagrama de Momento flector 3-3.

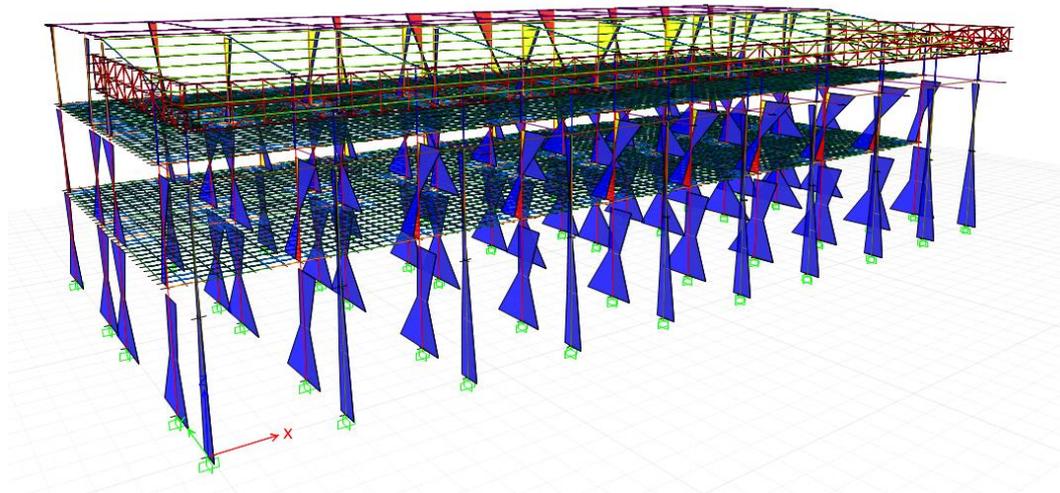


Figura 65 Diagrama de Momento flector 2-2.

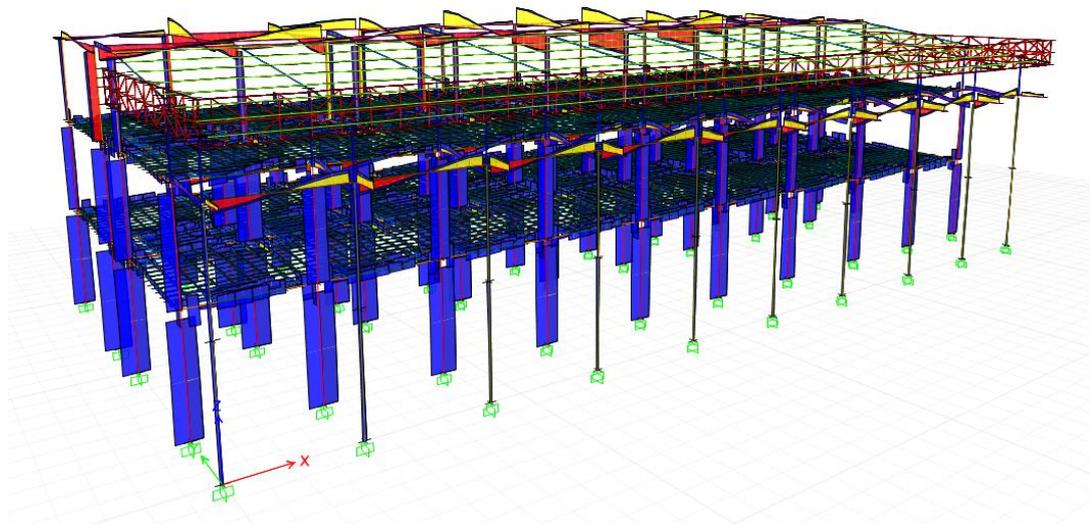


Figura 66 Diagrama de Cortante 2-2.

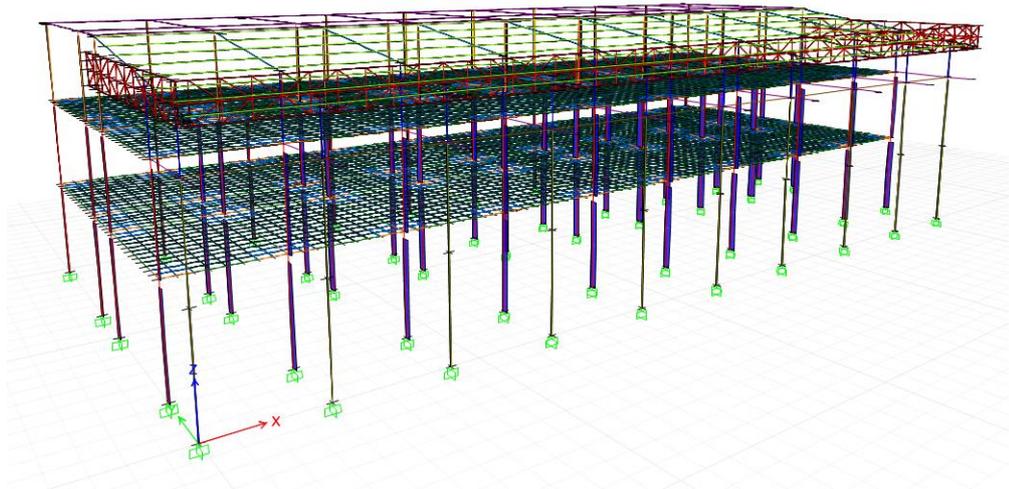


Figura 67 Diagrama de Cortante 3-3.

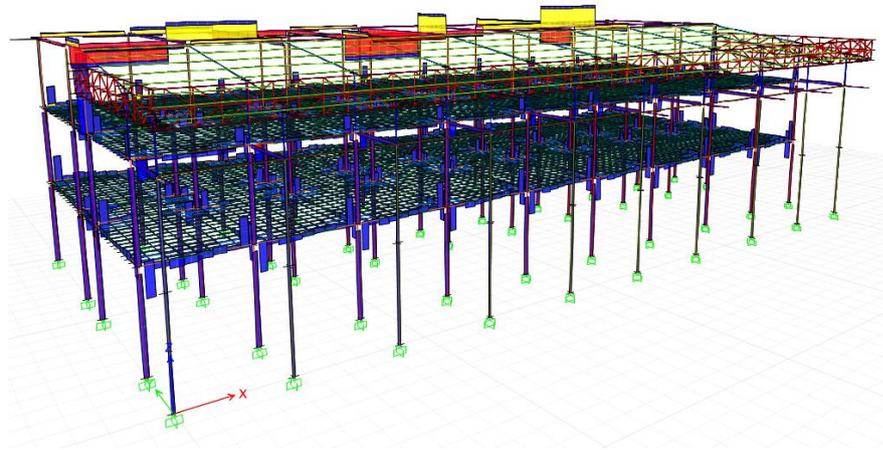


Figura 68 Diagrama de Momento Torsor.

CAPÍTULO 4 FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL.

4.1 Introducción.

El análisis Pushover, se trata de un proceso en el cual se aplica una fuerza lateral incremental a la estructura hasta que entre en un grado de inestabilidad; toma en cuenta la pérdida de rigidez de los elementos estructurales.

El objetivo de este análisis es determinar la curva de capacidad de la estructura.

Para llevarlo a cabo se necesita crear un modelo estructural en un programa de computación.

Se debe tomar en cuenta las cargas gravitacionales que estén actuando en la estructura. Los elementos estructurales se deben definir como no lineales.

Luego se aplicará una carga lateral, la cual se irá incrementando, luego se acumulan estos valores de desplazamientos y cortantes.

Y se repite el proceso de incrementar la carga hasta que la estructura llegue al colapso.

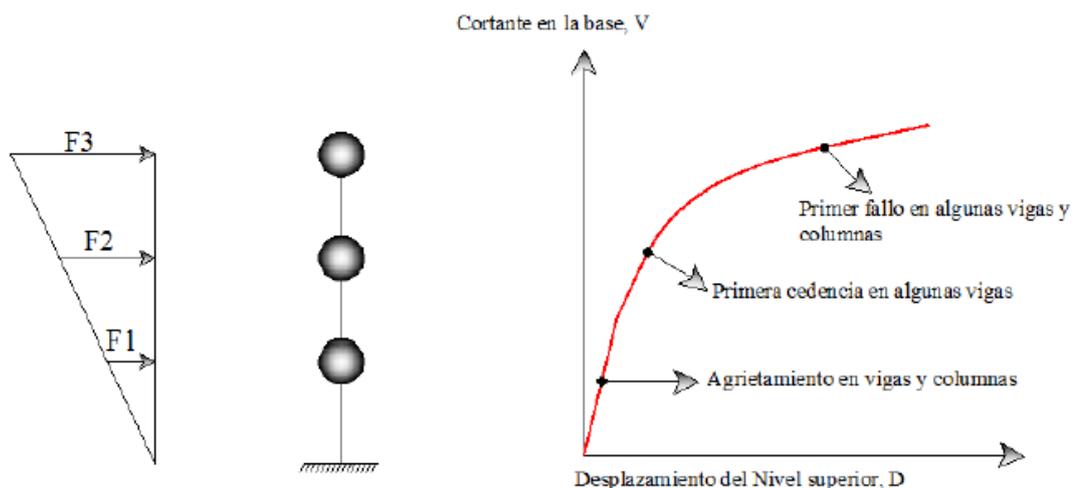


Figura 69 Esquema de técnica del Pushover.

4.1.1 Curva de Capacidad.

4.1.1.1 Proceso para determinar la curva de capacidad

Para elaborar la curva de capacidad se deberá seguir los siguientes pasos:
(Hernández, 2009)

1.-Utilizar un software computacional especializado en este tipo de análisis:

- a.- Para el caso de análisis en el plano de modelos estructurales y donde las fuerzas laterales son aplicadas en los nudos principales de cada nivel.
- b- Para el caso de modelos espaciales, estas fuerzas laterales se aplican en el centro de masas.

2.- Se deberá tomar en cuenta las características no lineales de los materiales y de las secciones.

3.- Se aplican fuerzas laterales a la Estructura en cada piso. Se usa la masa que participa en el modo fundamental por medio de la siguiente ecuación:

$$F_x = \frac{[W_x * \phi_x]}{[\sum W_x * \phi_x]} * V$$

También serán tomadas en cuenta las cargas gravitacionales.

4.- Calcular las fuerzas en los elementos, para la combinación de cargas verticales y horizontales.

5.- Ajustar las fuerzas laterales para que por lo menos algunos elementos alcancen el 10% de su resistencia y una vez que alcanza la resistencia de un elemento este es considerado como incapaz de tomar fuerzas laterales.

Detectar la fluencia elemento por elemento, puede ser un proceso muy lento por lo tanto, muchos elementos son agrupados en conjunto con un punto de fluencia.

- 7.- Se grafica el valor del cortante basal vs el desplazamiento en el tope del edificio, como también las fuerzas y las rotaciones en cada elemento, para compararlas con el diagrama característico de fuerza – curvatura de cada elemento, a fin de determinar el estado de cada elemento.
- 8.- Actualizar el modelo usando una rigidez más pequeña para aquellos elementos que han alcanzado la fluencia.
- 9.- Aplicar un nuevo incremento de la carga lateral a la Estructura actualizada hasta que otros elementos alcancen la fluencia.
- 10.- Agregar el incremento de la carga lateral y el correspondiente incremento del desplazamiento al total previo, para este modo obtener los valores acumulados para la gráfica de la curva de capacidad.
- 11.- Repetir los pasos 7, 8 y 9 hasta que la Estructura alcance su límite último, es decir la inestabilidad por efecto P- Δ , distorsión más allá de los niveles prescritos, los elementos pierden toda su resistencia.

4.1.2 Método de los coeficientes.

Este método calcula el desplazamiento máximo que va a tener la estructura, pero a partir de la curva de capacidad calculada.

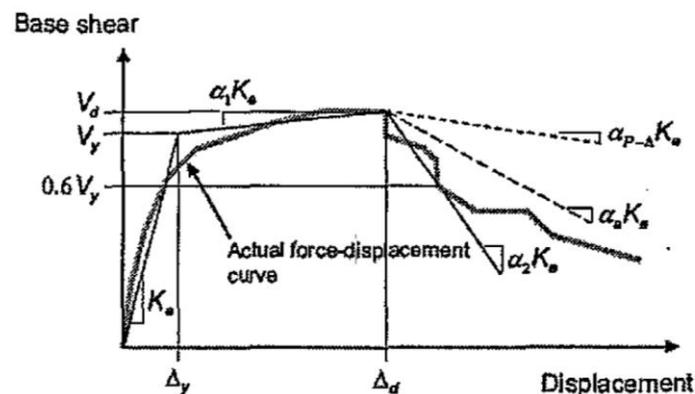


Figura 70 Curva idealizada Fuerza vs Desplazamiento.

Para su cálculo se seguirán los siguientes pasos: (ASCE/SEI-41-06, 2010)

- 1.- Se debe obtener de alguna manera la curva de capacidad de la estructura, en este trabajo se utilizó Etabs2015.
- 2.- Se traza la curva bilineal, lo cual es la idealización de la curva de capacidad, con esto se calculará la rigidez lateral efectiva K_e y el punto de fluencia efectivo V_y .

3.- Se obtiene el Periodo Fundamental Efectivo T_e , mediante la siguiente expresión:

$$T_e = T_i * \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$

Donde:

T_i → Periodo Fundamental elástico en la dirección x o y.

K_i → Rigidez Lateral elástica del Edificio en la dirección x o y.

K_e → Rigidez Lateral efectiva del Edificio en la dirección x o y.

4.- Se calculará la demanda de desplazamiento, mediante la siguiente ecuación:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

Donde:

T_e → Periodo Fundamental efectivo del edificio en la dirección x o y.

C_0 → Factor de modificación para relacionar el desplazamiento espectral de un sistema equivalente de un solo grado de libertad (SDOF), del desplazamiento de cubierta del edificio de un sistema de múltiples grados de libertad.

Número de Niveles	Valor de C_0
1	1
2	1.2
3	1.3
5	1.4
más de 10	1.5

C_1 → Factor de modificación para relacionar los máximos desplazamientos inelásticos esperados a los desplazamientos calculados para la respuesta elástica lineal. Para períodos de menos de 0,2 segundos, C_1 no necesita ser tomado mayor que el valor de $T = 0,2$ segundos. Para periodos superiores a 1,0 segundo, $C_1 = 1,0$.

$$C_1 = 1 + \frac{R - 1}{aT^2}$$

Donde

R = relación de resistencia calculada con la expresión:

$$R = \frac{S_a}{V_y/W} * C_m$$

a = factor de clase sitio;

= 130 sitio de clase A, B;

= 90 sitio de Clase C;

= 60 sitio de la clase D, E, F;

S_a → Respuesta de aceleración espectral, en el periodo fundamental.

C_m → Factor de masa efectiva de la Tabla 3-1[98]. Alternativamente, C_m se permitirá tomarla como el factor de participación de masa modal efectiva calculada para el modo fundamental usando un análisis de valores propios. C_m , se tomará como 1,0 si el período fundamental, T, es superior a 1,0 segundo.

V_y → Cortante de fluencia, obtenido con la curva bilineal.

W → Peso sísmico efectivo, 100% carga muerta + 25% carga viva.

T → Período fundamental de la estructura.

C_m → Factor de masa efectiva de la Tabla 3-1[98]. Alternativamente, C_m se permitirá tomarla como el factor de participación de masa modal efectiva calculada para el modo fundamental usando un análisis de valores propios. C_m , se tomará como 1,0 si el período fundamental, T, es superior a 1,0 segundo.

C_2 → Factor de modificación para representar el efecto de forma de histéresis afectada, la degradación de la rigidez cíclica, y el deterioro de la fuerza en respuesta al máximo desplazamiento. Para periodos superiores a 0,7 segundos, $C_2 = 1,0$;

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{R - 1}{T_e} \right)^2$$

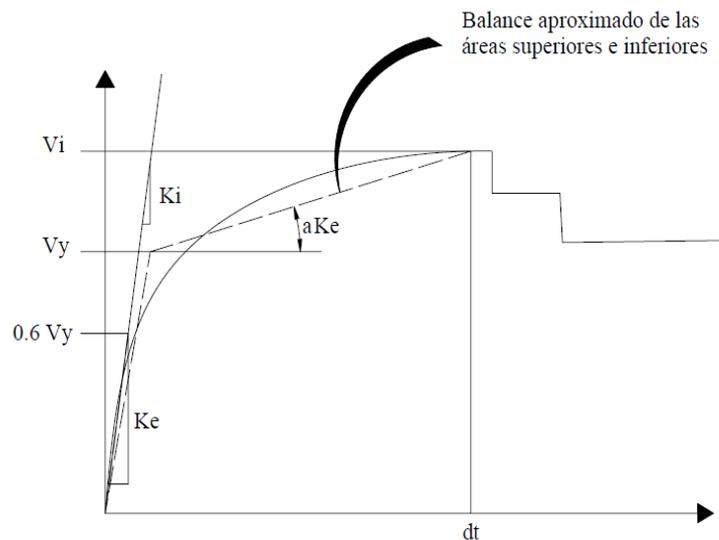


Figura 71 Representación Bilineal de la Curva de capacidad.

4.1.3 Método Espectro de Capacidad – Punto de desempeño.

El método fue propuesto por Freeman en 1975, ha tenido una buena aceptación como una herramienta para la determinación de la respuesta de desplazamiento de las estructuras en el rango inelástico.

Se ingresa un espectro como la presentación de una demanda en una estructura y la estructura debe tener la capacidad de resistir esta demanda. Cuando la capacidad y la demanda máxima son iguales, el sistema de se puede considerar que está en un estado de equilibrio, lo cual define el rendimiento esperado de la estructura. (FEMA440, 2005).

El punto de desempeño es el máximo desplazamiento que puede experimentar la estructura ante una demanda sísmica. Y consiste en la intersección del espectro elástico reducido (reducción está en función del amortiguamiento, periodo, ductilidad) con la curva espectro de capacidad de la estructura.

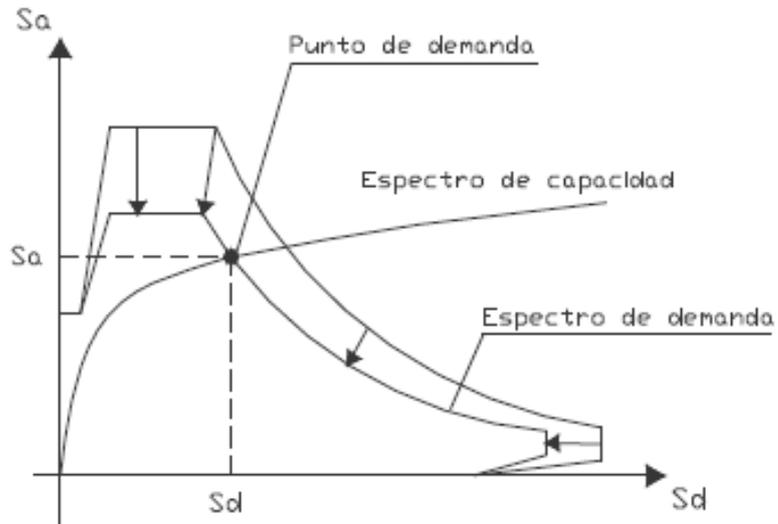


Figura 72 Espectro de capacidad – Espectro de demanda.

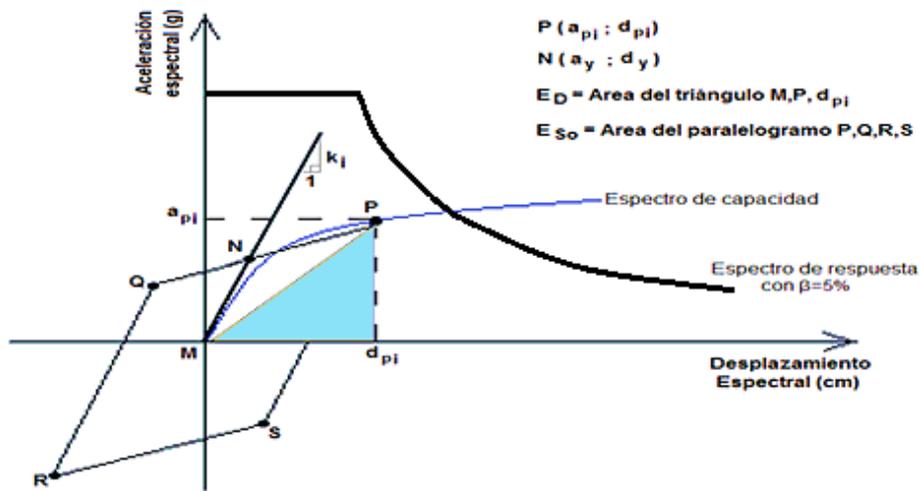


Figura 73 Representación bilineal del espectro de capacidad por el Criterio de igualdad de energía disipada.

El espectro obtenido del código Nec-2015 se lo debe cambiar al formato ADRS (Acceleration Displacement Response Spectrum), la conversión del periodo T estará definida por la ecuación siguiente:

$$T = 2\pi \sqrt{SD/SA}$$

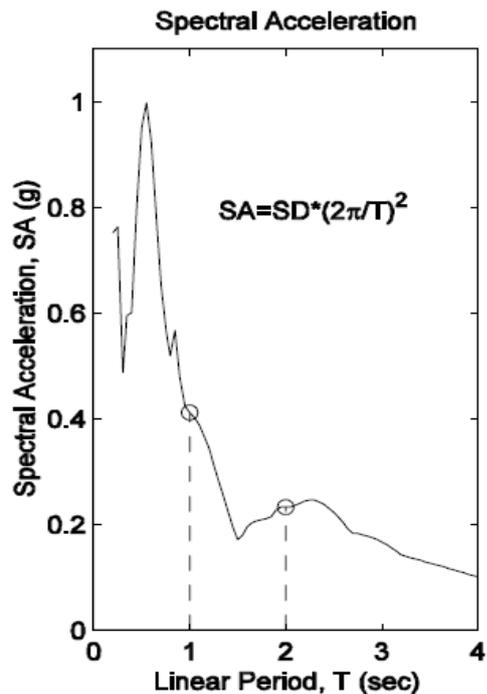


Figura 74 Espectro Sa vs T.

4.2 Niveles de desempeño SEAOC 1995, Comité Vision 2000.

Vision 2000 presenta diferentes niveles de desempeño y su relación con los estados generales de daño.

Totalmente operacional: Servicio continuo, insignificante daño estructural y no estructural.

Operacional: Presencia de grietas en elementos estructurales. Daño entre leve y moderado en elementos arquitectónicos, sistemas de evacuación y seguridad funcionan normalmente.

Seguridad de vida: daños moderados, deberá ser evacuado el edificio después del evento sísmico, repararlo es poco económico, se deberá cerrar el edificio temporalmente.

Cerca del colapso: daños severos, caída de escombros, puede llegar a ser necesario demoler el edificio.

Colapso: No es posible la reparación, estructura no tiene soporte y colapsa total o parcialmente.

(http://peer.berkeley.edu/course_modules/eqrd/227info03/Lect2PBEbasics03.pdf, s.f.)

4.3 Diagramas Momento vs Curvatura de los elementos estructurales.

Se construyó el diagrama momento curvatura de las secciones a partir de los armados obtenidos en el levantamiento estructural. En el programa Sap 2000, el cual arroja resultados bastante confiables de estos diagramas que serán relevantes para el análisis

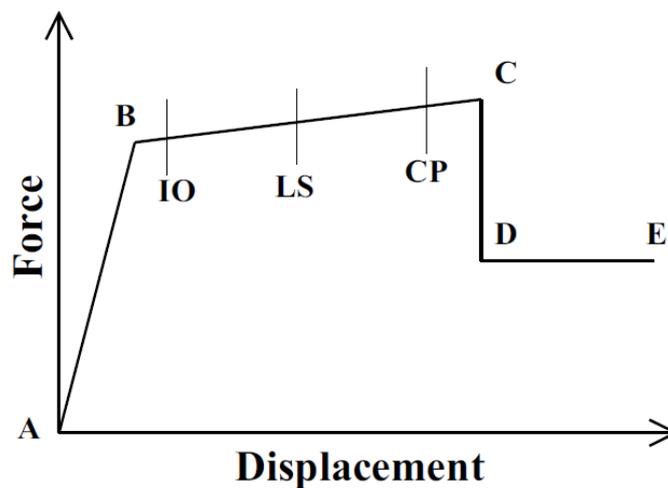


Figura 75 Momento vs Curvatura – puntos relevantes.

- A es el origen.
- B representa la fluencia del acero.
- C representa la capacidad última.
- D representa una Resistencia residual.
- E representa la falla.

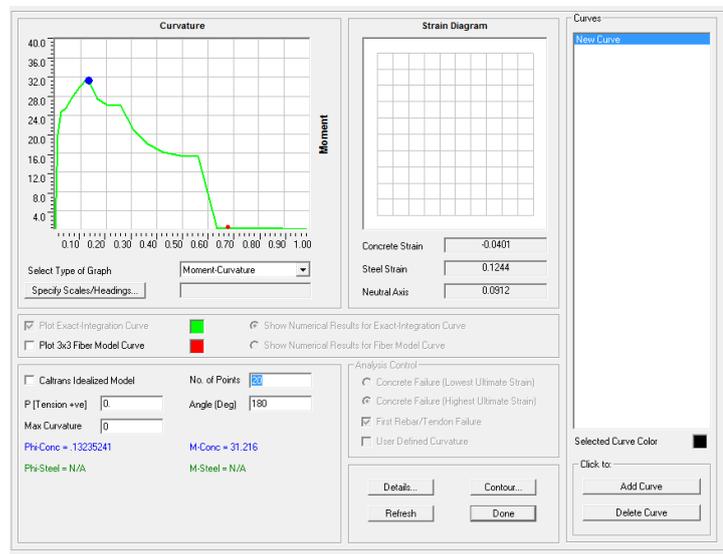
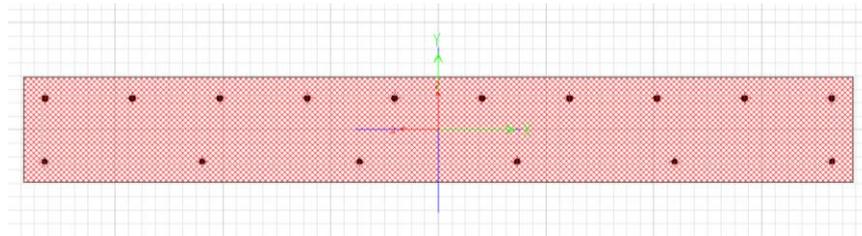


Figura 76 Momento vs Curvatura – Sap2000 - ejemplo.

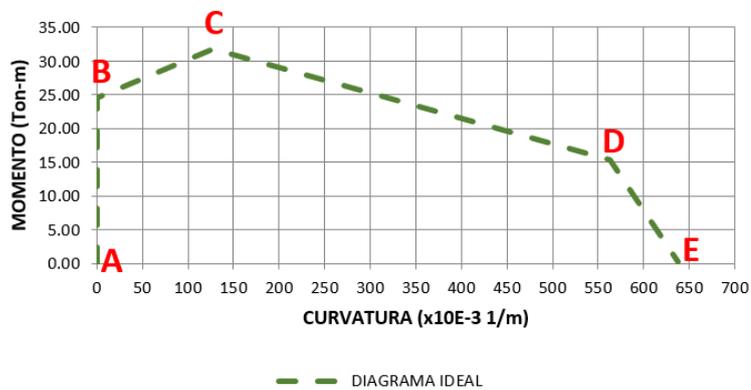


Figura 77 Diagrama idealizado - ejemplo.

CAPÍTULO 5 ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL – PUSHOVER APLICADO AL EDIFICIO DE INGENIERÍA.

5.1 Introducción

En este capítulo se le ha aplicado cargas monotónicas horizontales al edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Guayaquil, con el fin de desplazarlo, con esto se obtendrá la capacidad del edificio.

5.2 Definición de rótulas plásticas en los nodos de la estructura.

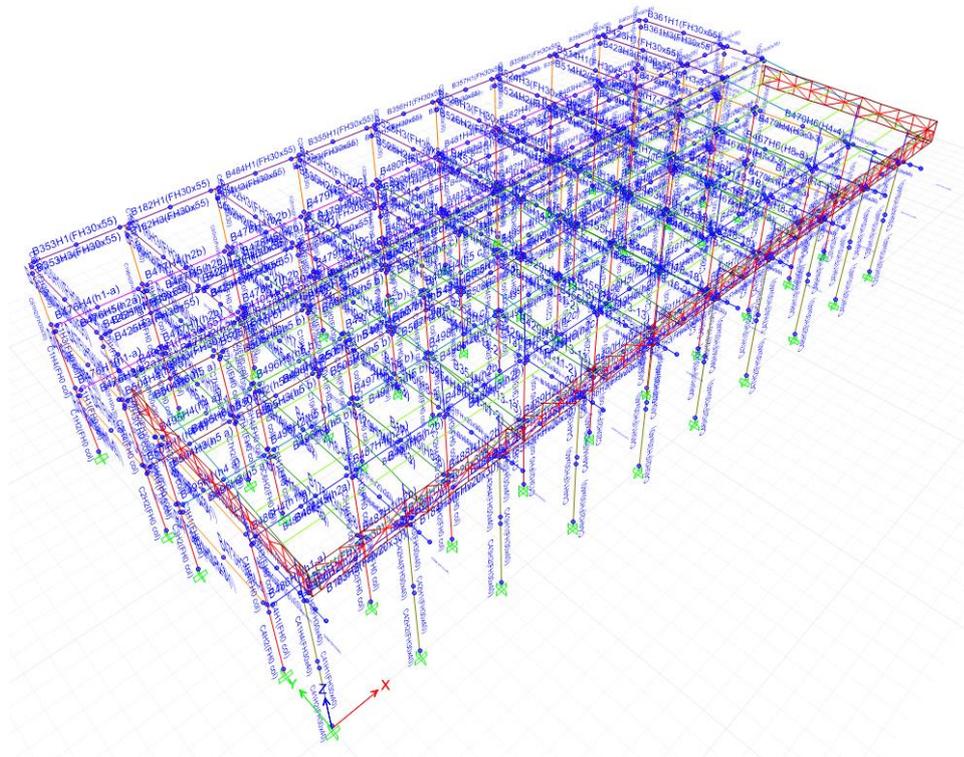


Figura 78 Edificio de Ingeniería – vista de rótulas plásticas.

Ejemplo de definición de una rótula en vigas en el programa Etabs2015.

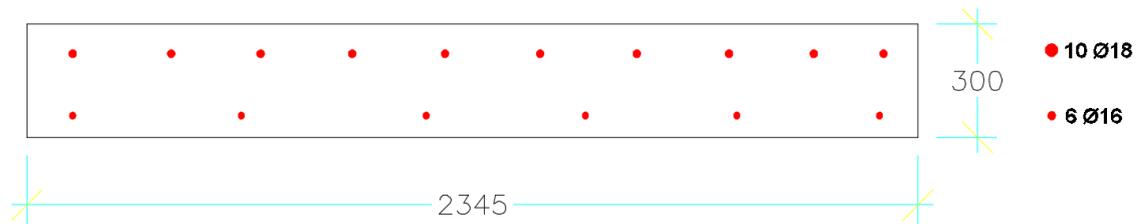


Figura 79 Sección de viga efectiva - ejemplo.

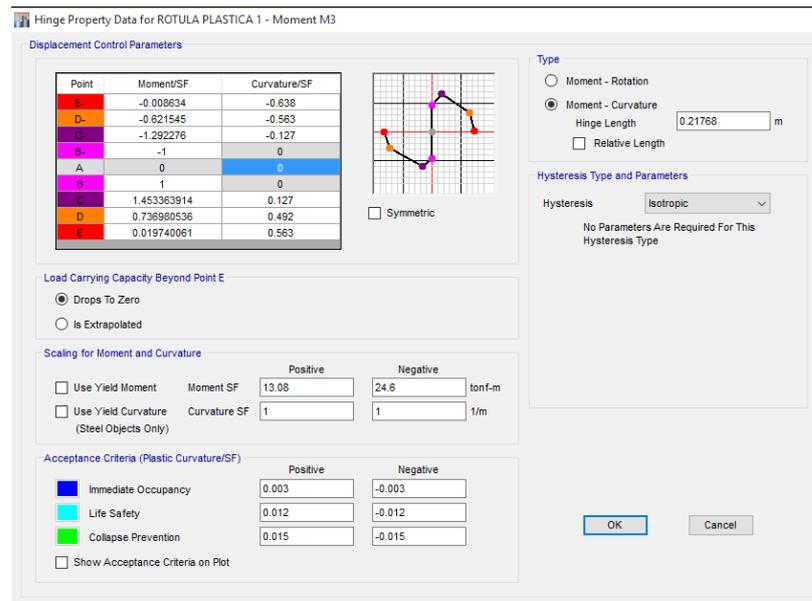


Figura 80 Cuadro de definición de rótulas en el programa Etabs 2015.

En el Momento SF positivo coloco el momento de fluencia cuando la tensión está en la parte inferior de la sección (6Φ16mm.), que vendría a ser el punto B.

En el Momento SF negativo coloco el momento de fluencia cuando la tensión está en la parte superior de la sección (10Φ18mm.), que vendría a ser el punto B.

Point	Moment/SF	Curvature/SF
E-	-0.008634	-0.638
D-	-0.621545	-0.563
C-	-1.292276	-0.127
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.453363914	0.127
D	0.736980536	0.492
E	0.019740061	0.563

Figura 81 Ingreso de valores obtenidos del cálculo del diagrama Momento Curvatura idealizada. (Ver APÉNDICE D).

Los otros puntos C,D y E salen a partir de una relación donde el momento de fluencia es igual a 1.

<input type="checkbox"/> Use Yield Moment	Moment SF	Positive 13.08	Negative 24.6	tonf-m
<input type="checkbox"/> Use Yield Curvature (Steel Objects Only)	Curvature SF	1	1	1/m

Figura 82 Ingreso de los valores de Momentos SF y Curvaturas SF.

Se colocó en Curvature SF 1, e ingreso directamente los valores de la curvatura obtenidos de la gráfica de momento vs curvatura idealizado.

Type

Moment - Rotation

Moment - Curvature

Hinge Length m

Relative Length

Figura 83 Ingreso del valor de la longitud de la rótula plástica.

Longitud de la rótula sobre la que se integra la deformación plástica o la curvatura plástica.

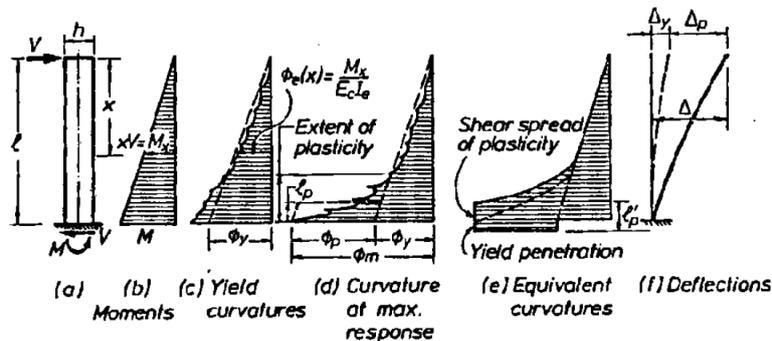


Figura 84 Momento, curvatura y deflección de un elemento de hormigón armado. (Priestley) (Priestley T. P.-M., 1992)

$L_p = 0.008 L + 0.022 d_b f_y$				
Elementos	L	db	fy	Lp
Viga efectiva 1	6.42	0.018	420	0.21768

Tabla 22 Cálculo de la longitud de la rótula plástica.

Donde:

L= longitud del elemento estructural.

db= diámetro de la varilla con mayor área.

fy= esfuerzo de fluencia del acero.

Lp= rótula plástica.

5.2.1 Tipo de Modelo histerético utilizado para la definición de rótulas plásticas.

Histéresis es el proceso de disipación de energía a través de la deformación. El comportamiento histerético puede afectar a los casos de carga estáticos no lineales y no lineales de tiempo - historia que presentan inversiones de carga y carga cíclica. Carga monotónica no se ve afectada, por lo cual se utilizará el modelo de histéresis isotrópico. (CSI, 2015)

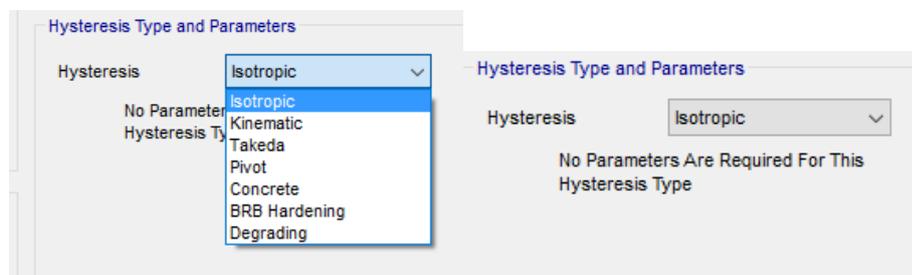


Figura 85 Definición del tipo de modelo histerético.

El modelo isotrópico es en cierto sentido, lo contrario del modelo cinemático. La deformación plástica en una dirección empuja la curva para la otra dirección lejos de ella, de modo que ambas direcciones aumentan en la fuerza de forma simultánea. (CSI, 2015)

Este modelo disipa más energía que todos los modelos histeréticos disponibles por el programa Etabs2015. Este comportamiento se ilustra en la Figura 86 (página 100). (CSI, 2015)

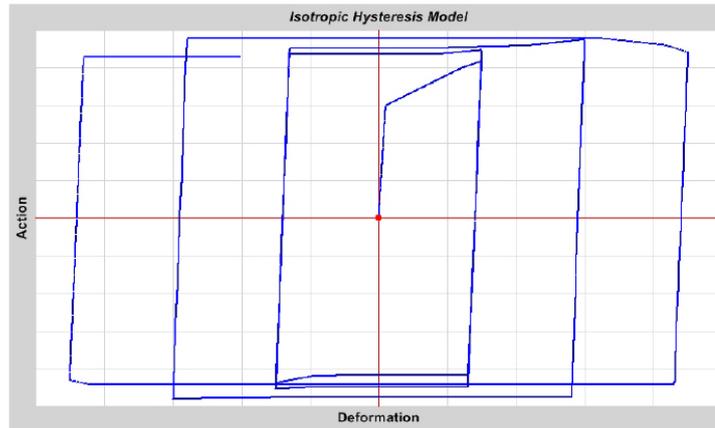


Figura 86 Modelo Histerético Isotrópico para una carga cíclica incremental. (CSI, 2015)

5.3 Asignación de rótulas plásticas en los nodos de la estructura.

Para la asignación en el programa Etabs2015, se deberá ir a Assign-Frame- Hinges. Luego se escoge las rótulas definidas anteriormente y se las asigna a un punto del elemento “FRAME”. En este caso se eligió asignar rótulas a 5, 50 y 95% de la longitud del elemento. Ver Fig. 88.

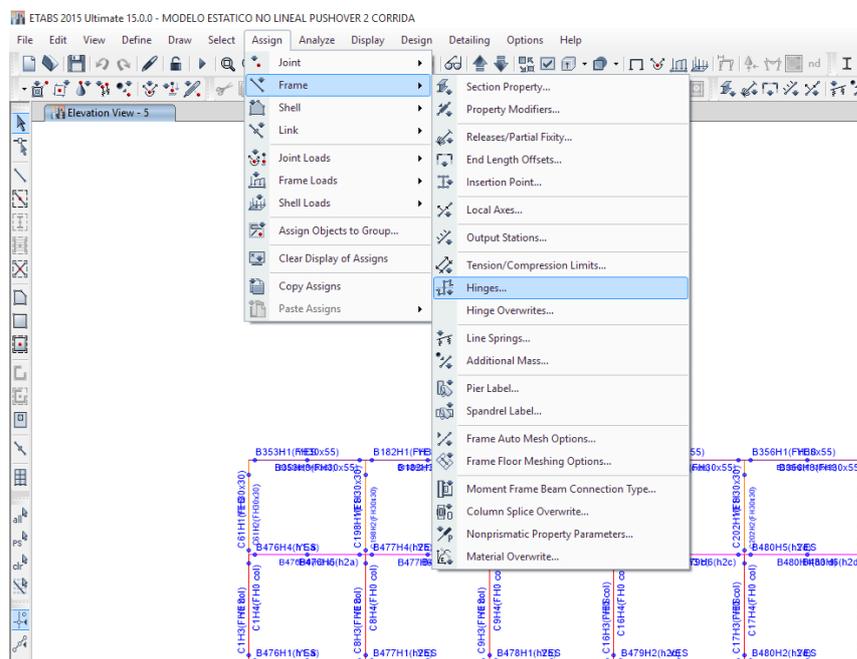


Figura 87 Asignación de Rótulas.

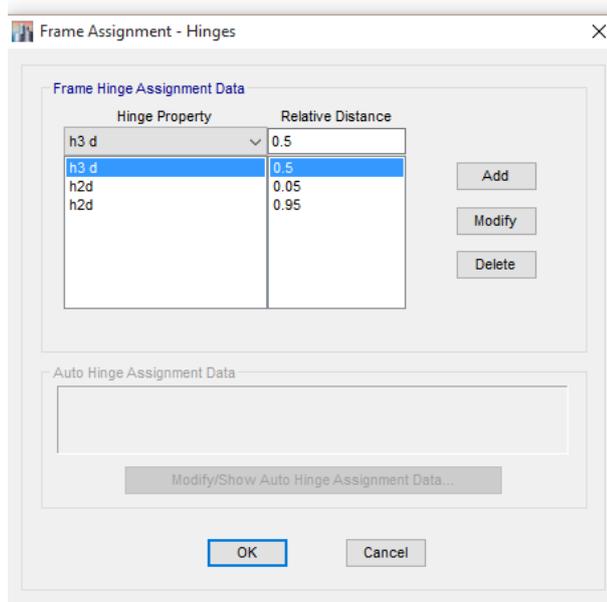


Figura 88 Asignación de Rótulas.

En las Fig. 89 y 90 se muestran las rótulas asignadas a las vigas y columnas del edificio. Se asignaron como ya antes se mencionó 3 por cada viga y 2 por columna.

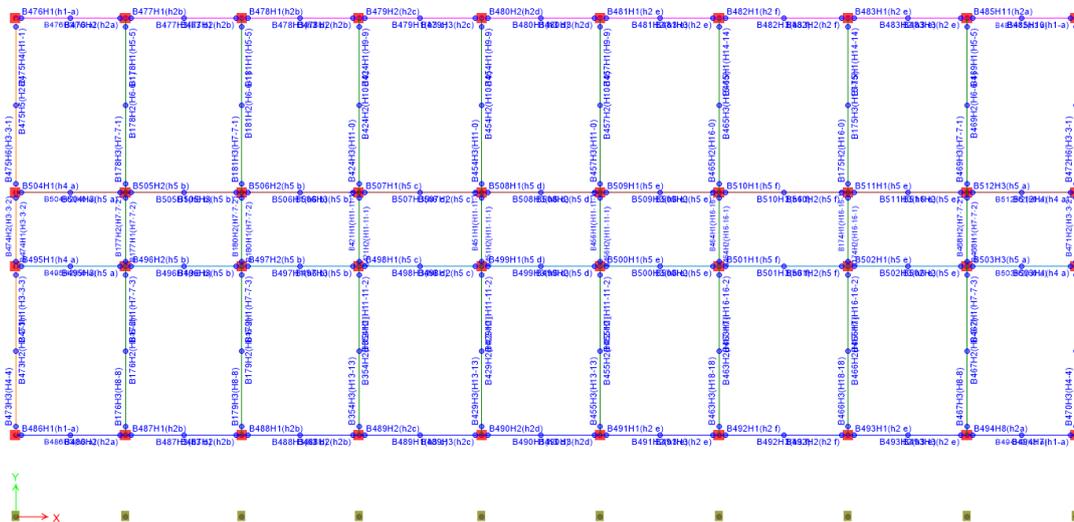


Figura 89 Vista en planta de rótulas plásticas del edificio.

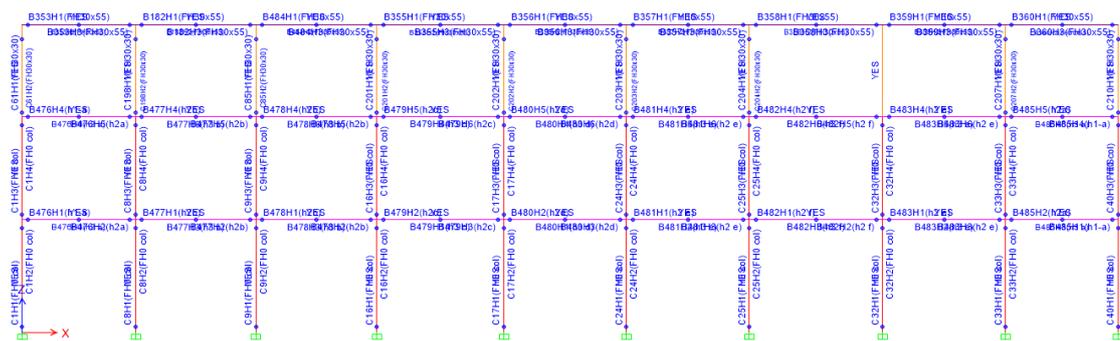


Figura 90 Vista de Pórtico del edificio con rótulas plásticas.

5.4 Espectro de demanda utilizado.

Se ha utilizado el espectro anteriormente ya mencionado en el análisis lineal. El cual se obtuvo mediante las formulaciones del Nec2015. (Ver pág. 99).

5.5 Proceso del análisis Pushover en el software Etabs 2015.

Para el análisis “Pushover” se necesita definir un patrón de cargas que simulen las cargas debido al sismo. Este patrón de carga puede ser obtenida mediante un espectro (definición modal) o mediante cualquier distribución de fuerzas que se desee.

En este trabajo se calculó la curva de capacidad “Pushover” para 3 tipos de patrones de carga:

- Distribución Modal (Espectro).
- Distribución según las masas de los pisos (DBF).
- Distribución según la altura de los pisos (Triangular).

En la Fig.91 se muestra la definición del patrón de cargas según las masas de los pisos.

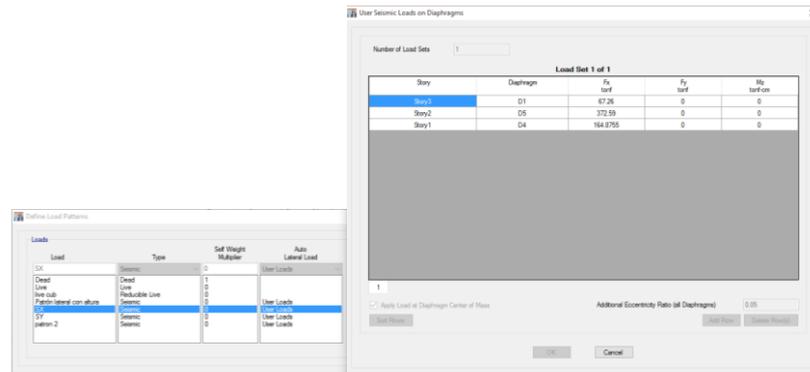


Figura 91 Definición de fuerzas laterales aplicadas al diafragma.

Para asignar un patrón de carga a la estructura modelada se ingresa a Define/ Load Cases/ Add New Case y se escoge el patrón de cargas deseado. Ver Fig. 92 y 93.

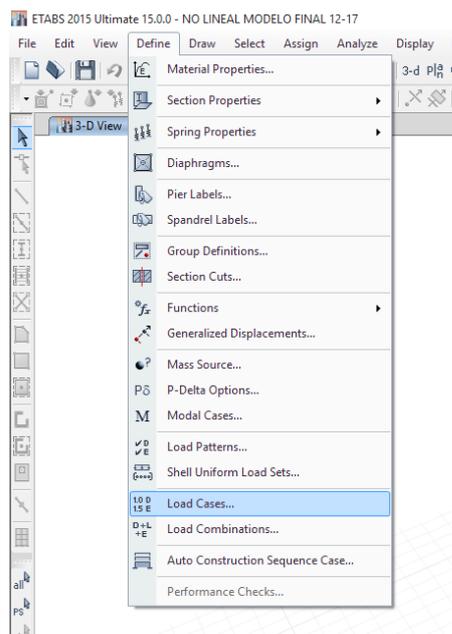


Figura 92 Definición de casos de carga.

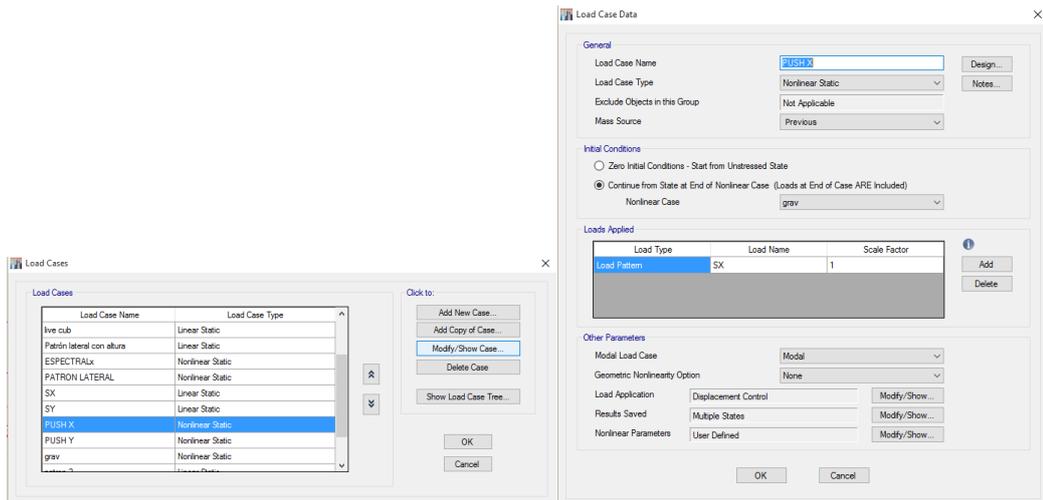


Figura 93 Sismo en x – no lineal.

Para considerar la carga gravitacional en el análisis Pushover, se debe considerar previamente a las cargas vivas y muertas como un caso de carga no lineal. En este trabajo se consideró 25% de la carga viva y 100% de la carga muerta.

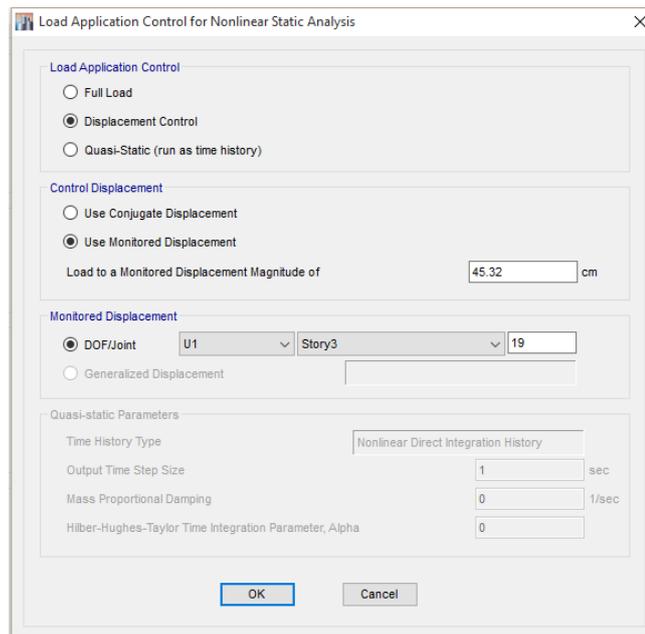


Figura 94 Ubicación del punto de control de desplazamiento.

En la Fig.94 se observa que el desplazamiento de control va a ser igual al 4% de la altura (45.32cm), ya que los códigos consideran que a esta deriva la estructura será inestable y propensa al colapso.

Se asignó el punto de control en el piso superior (Piso 3) en el nudo 19 como puede notarse en la Fig.94.

En el análisis realizado en este estudio hubo que modificar varias veces la tolerancia de la convergencia de interacción hasta que la curva pushover muestre poca variación en sus resultados.

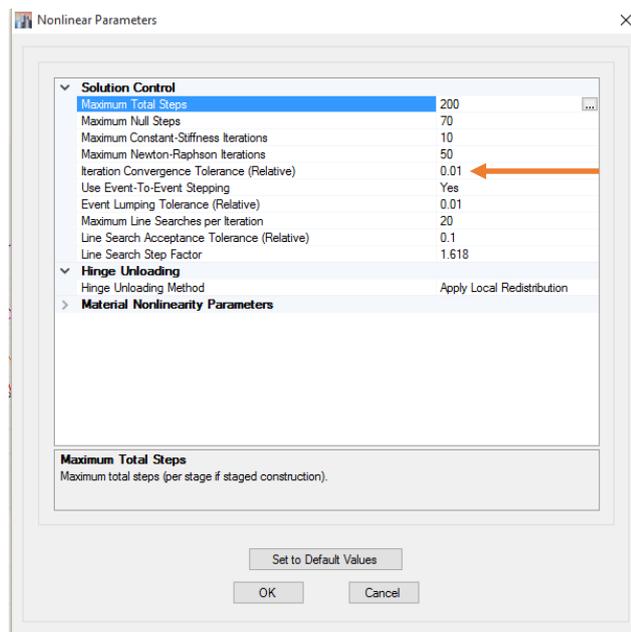


Figura 95 Parámetros no lineales.

Se utilizó en Hinge Unloading, apply local redistribution el cual hace que a lo que se genere una rotula plástica en un elemento no detenga el análisis. (Fig.95).

Luego después de haber definido los parámetros no lineales se procede a correr el análisis no lineal.

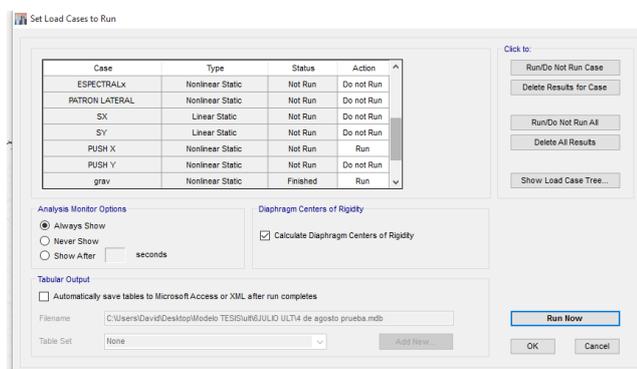


Figura 96 Parámetros no lineales.

Se activa el caso Modal y todos los casos de carga lateral definidos no lineales, para empezar el análisis pushover.

5.5.1 Capacidad Lateral Disponible de la estructura (Curva de capacidad).

Una vez terminado el análisis se pueden apreciar las curvas de capacidad, ante las cargas laterales definidas anteriormente, la progresión y mecanismo de falla de las rótulas plásticas.

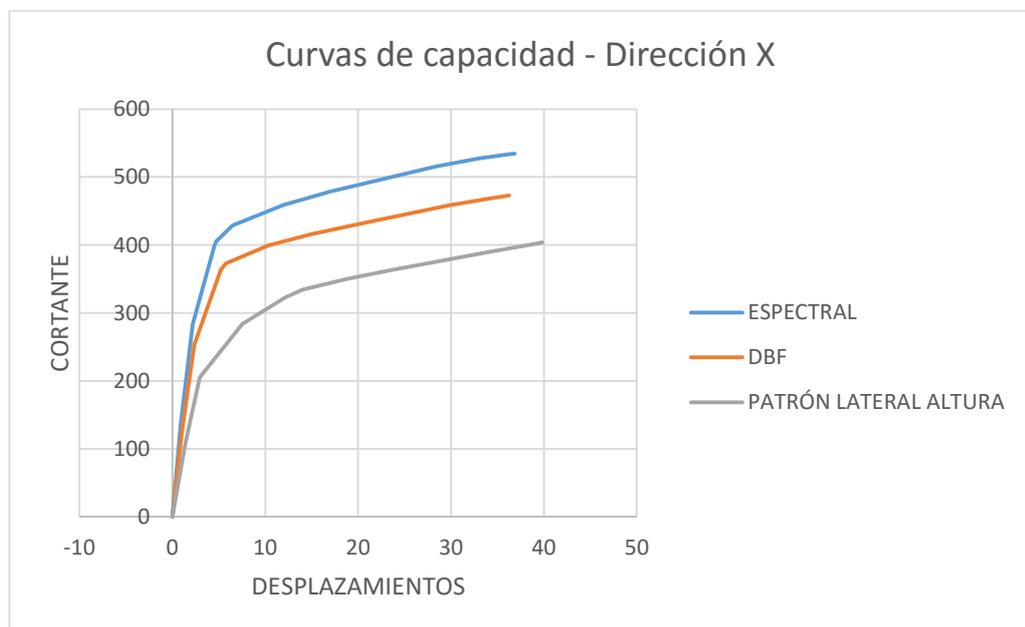


Figura 97 Comparación Curvas de Capacidad – Dirección X.

La curva bilineal consiste en igualar el área que está dentro de la curva con el área que está fuera de ella.

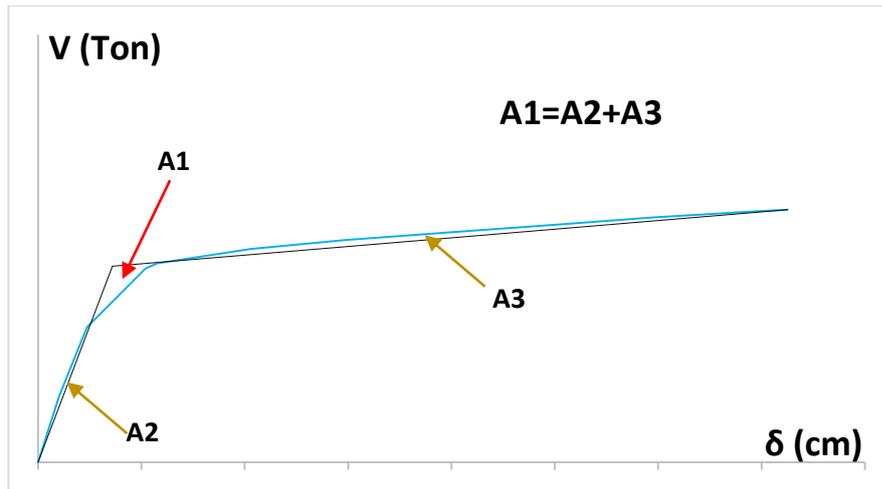


Figura 98 Criterio de áreas iguales para determinar la curva bilineal.

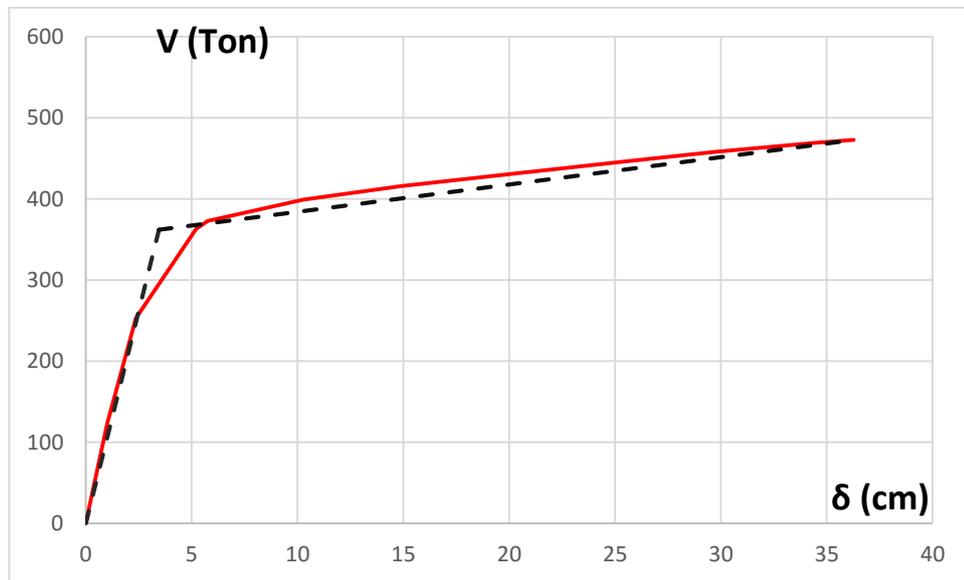


Figura 99 Curva de Capacidad (DBF) obtenido con el software Etabs 2015 y representación bilineal – Dirección X.

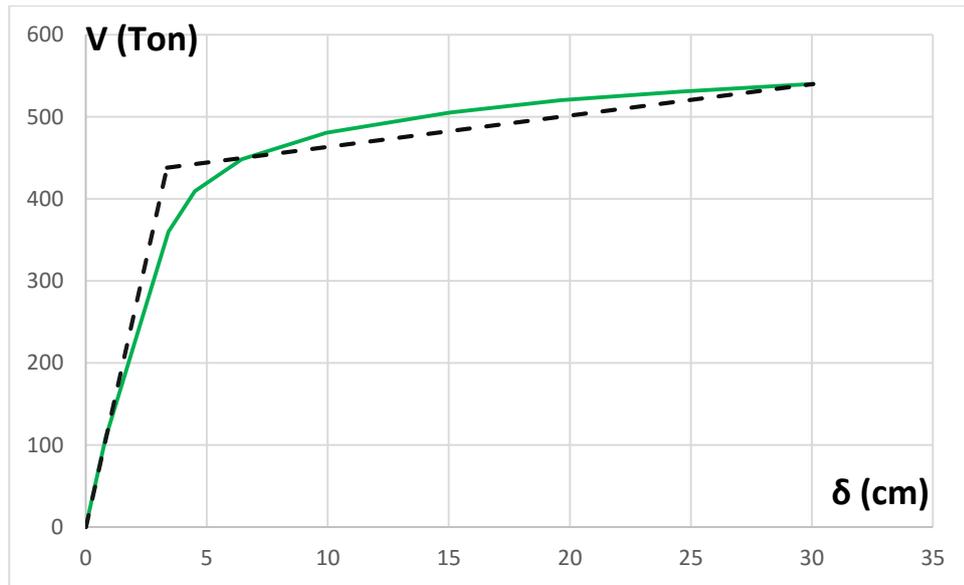


Figura 100 Curva de Capacidad (DBF) obtenido con el software Etabs 2015 y representación bilineal – Dirección Y.

5.5.2 Resistencia y desplazamiento en la 1era rótula, en el punto de fluencia, y punto previo al colapso.

El punto de la primera rótula ocurre cuando la pendiente elástica toma otra pendiente, el punto de fluencia se obtiene a partir de la curva bilineal y separa la rama elástica con la rama inelástica, y el punto previo al colapso indica un instante antes que la estructura entre al mecanismo de colapso.

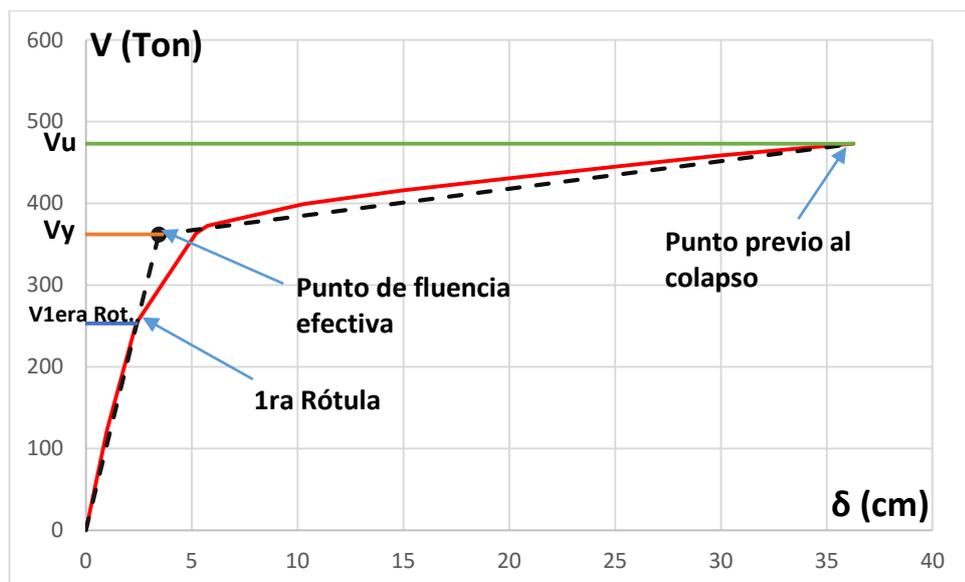


Figura 101 Curva de capacidad con cortantes y desplazamientos de puntos notables– Dirección X.

DIRECCIÓN X	δ (cm)	V (Ton)
1ra Rótula	2.368	252.98
Punto de fluencia efectiva	3.45	362
Punto previo al colapso	36.26	472.87

Tabla 23 Puntos notables de la curva de capacidad – Dirección X.

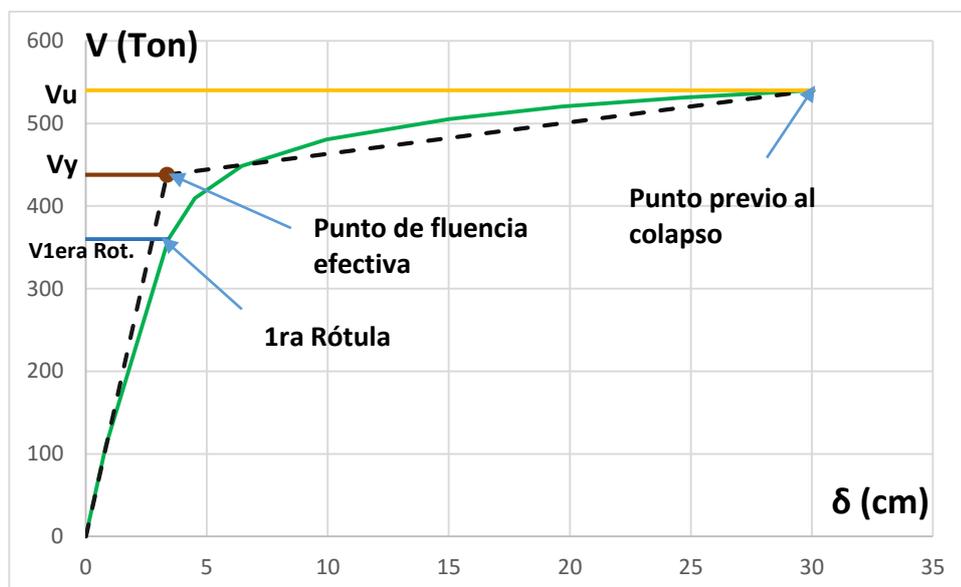


Figura 102 Curva de capacidad con cortantes y desplazamientos de puntos notables– Dirección Y.

DIRECCIÓN Y	δ (cm)	V (Ton)
1ra Rótula	3.42	360.17
Punto de fluencia efectiva	3.35	438
Punto previo al colapso	30.06	540.07

Tabla 24 Puntos notables de la curva de capacidad – Dirección Y.

5.5.3 Sectorización de la curva de capacidad según Visión 2000.

Para conocer el nivel de desempeño de la estructura se ha dividido la curva, en el rango elástico es totalmente operacional, en el rango inelástico hay un rango operacional, seguridad de vida, previo al colapso.

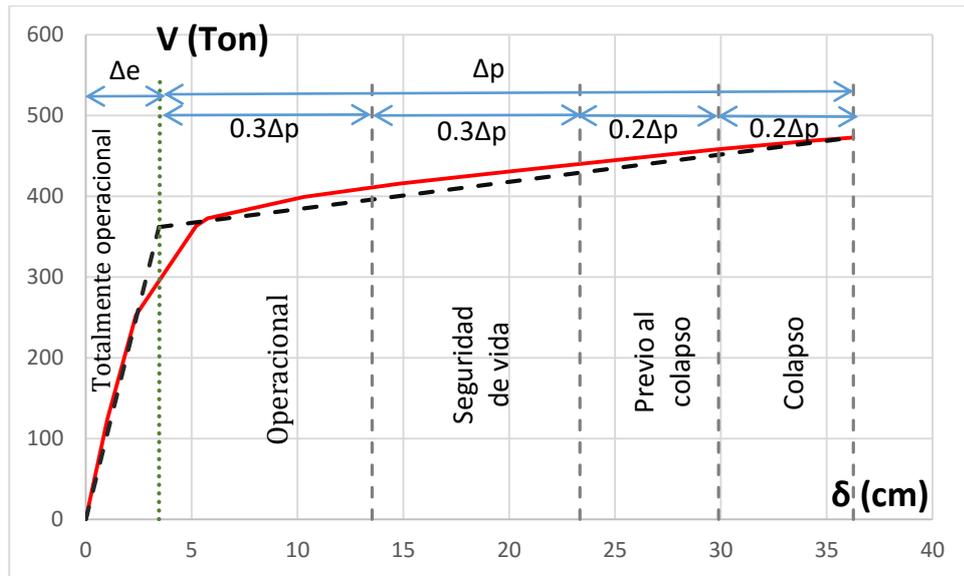


Figura 103 Sectorización de la curva de capacidad según Comité Visión 2000 – Dirección X. (Pérez, 2013)

Según Nec 2015 las estructuras especiales deben tener un nivel de desempeño de seguridad de vida para un sismo severo o raro de diseño (475 años de período de retorno).

5.5.4 Mecanismo de progresión de rótulas y colapso en la edificación. Sentido X.

Este análisis consistió en 11 pasos, los cuales se describen a continuación: El color verde indica ocupación inmediata (IO), el color celeste indica seguridad de vida (LS) y el color rojo indica Prevención de colapso (CP).

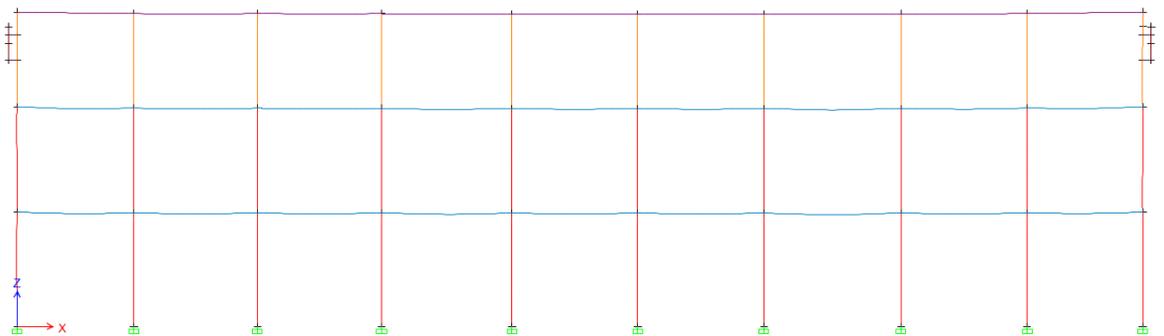


Figura 104 Paso 0– Formación de rótulas plásticas- X.

El paso 0 consiste en un deformación ocasionada por la carga gravitacional. (Fig.104).

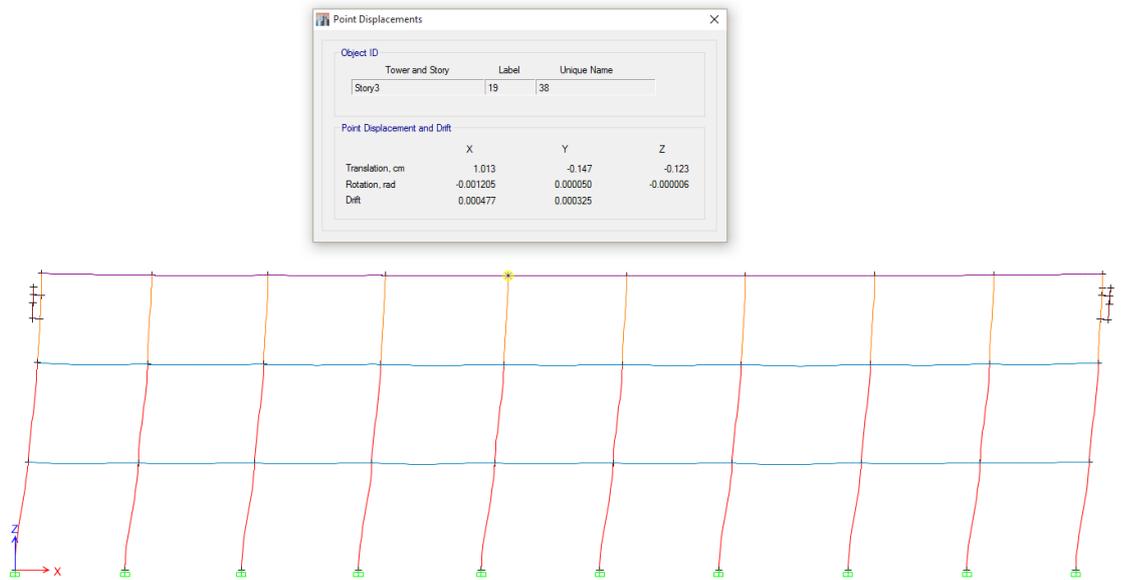


Figura 105 Paso 1 – Formación de rótulas plásticas- X.

En el paso 1 al moverse la estructura 1.013 cm. no hay formación de rótulas con lo que indica que no existe daño. (Fig.105).

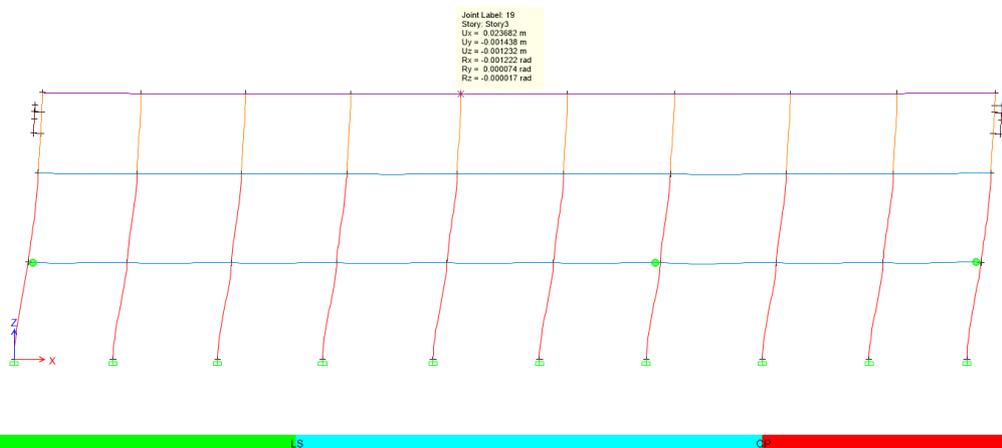


Figura 106 Paso 2 – Formación de rótulas plásticas- X.

En el paso 2 se observa que se empiezan a generar rótulas en las vigas del primer piso, el color verde indica que están en el punto de fluencia para un desplazamiento de 2.368 cm. (Fig.106).

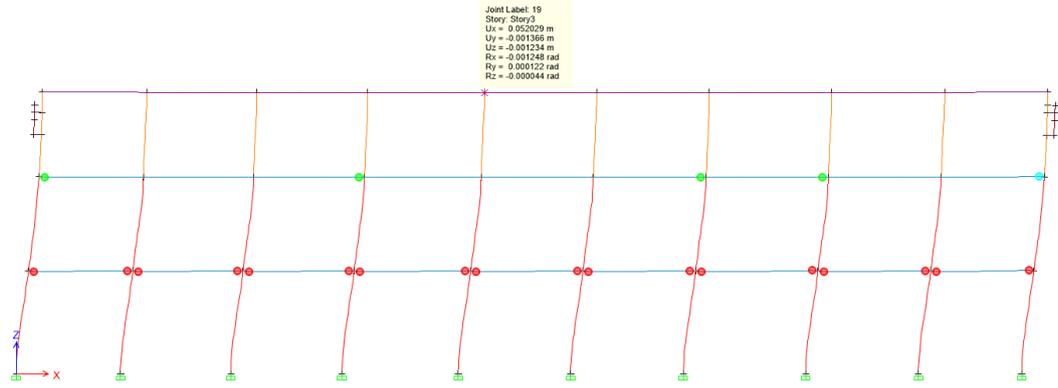


Figura 107 Paso 3 – Formación de rótulas plásticas- X.

El paso 3 muestra que se generan rótulas en las vigas del segundo piso, de color verde con un desplazamiento igual a 5.20 cm. (Fig.107).

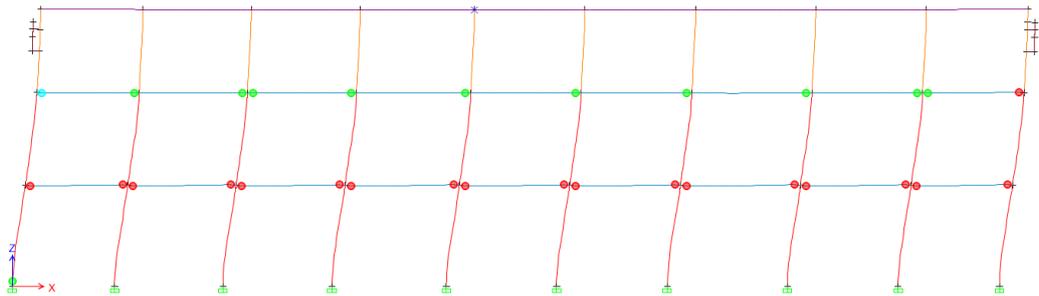


Figura 108 Paso 4 – Formación de rótulas plásticas- X.

En el paso 4 ya se han generado rótulas en todas las vigas del 2do piso, las cuales estan en ocupación inmediata, con un desplazamiento igual a 5.754 cm. (Fig.108).

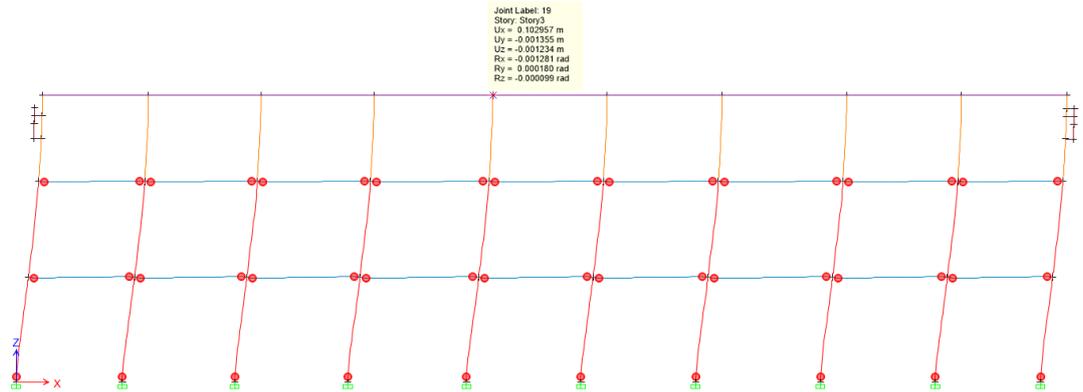


Figura 109 Paso 5 – Formación de rótulas plásticas- X.

En el paso 5 se observa ya en las vigas del segundo piso la presencia de rótulas plásticas de color rojo que están en prevención de colapso, con un desplazamiento igual a 10.296 cm. (Fig.109).

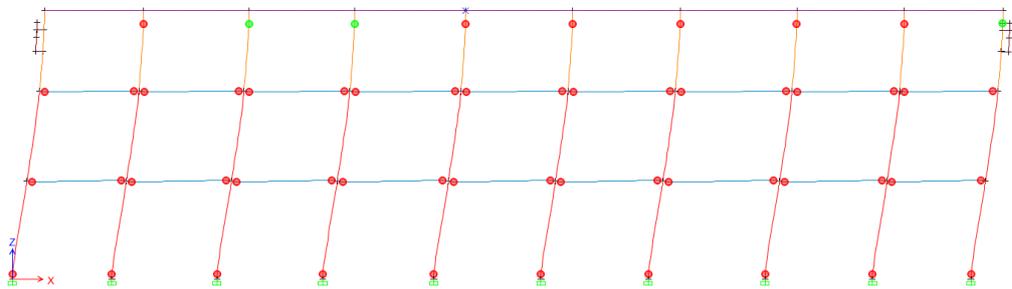


Figura 110 Paso 6 – Formación de rótulas plásticas- X.

En el paso 6 con un desplazamiento de 14.868 cm, se generan rótulas en las columnas que van desde la terraza a la cubierta. (Fig.110).

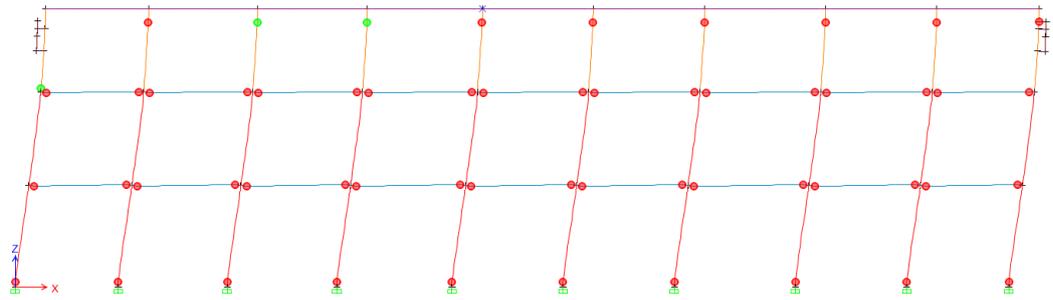


Figura 111 Paso 7 – Formación de rótulas plásticas- X.

En el paso 7 el desplazamiento es igual a 20.328 cm. y se generó la fluencia o rótula plástica en la base de la primera columna de la izquierda que va desde la terraza a la cubierta. (Fig.111).

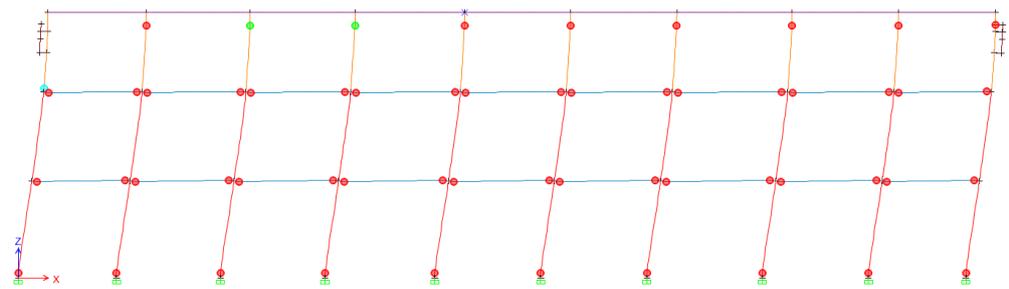


Figura 112 Paso 8 – Formación de rótulas plásticas- X.

En el paso 8 se observa que la rótula de la columna del paso anterior entró en seguridad de vida. Con un desplazamiento de 25.278 cm. (Fig.112).

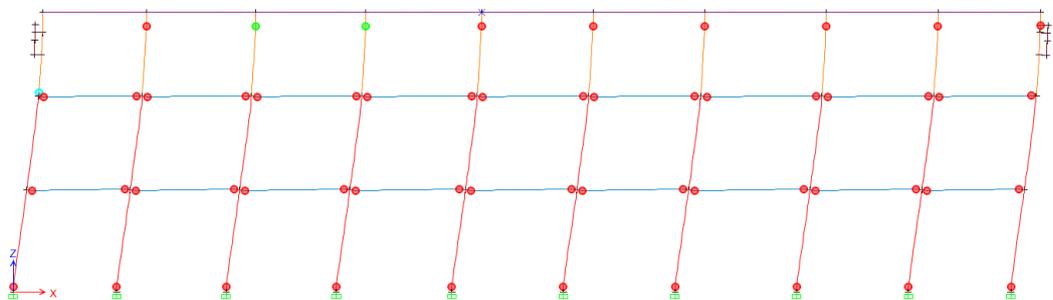


Figura 113 Paso 9 – Formación de rótulas plásticas- X.

En el paso 9 a los 29.81 cm. de desplazamiento tiene las mismas rótulas del paso anterior. (Fig.113).

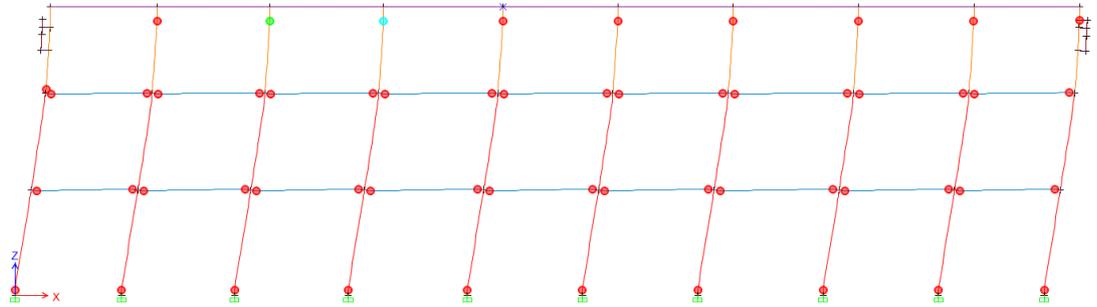


Figura 114 Paso 10 – Formación de rótulas plásticas- X.

En el paso 10 se observa en general que las vigas efectivas del primer y segundo piso y la columna de la derecha en el pórtico un desplazamiento de 34.489 cm. (Fig.114).

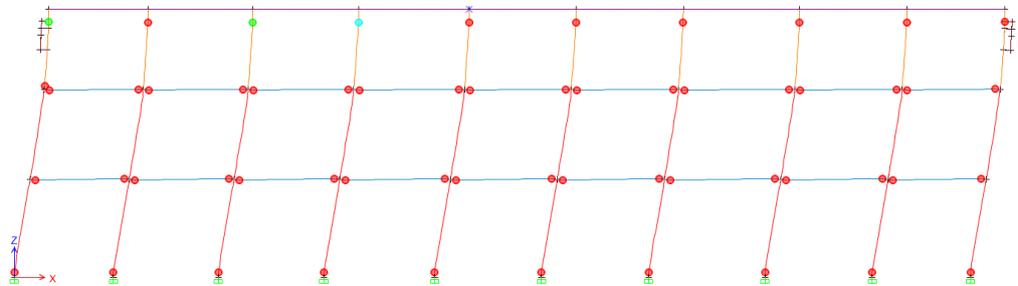


Figura 115 Paso 11 – Formación de rótulas plásticas- X.

El programa se detuvo en el paso 11 a un desplazamiento de 36.263 cm. (Fig.115).

5.5.5 Mecanismo de progresión de rótulas y colapso en la edificación. Sentido Y.

El mecanismo de progresión de rótulas en la dirección Y, fue calculado en 9 pasos, en el anexo APÉNDICE E, se podrá observar los desplazamientos y las rótulas que se generan.

5.5.6 Capacidad sísmica o el punto de desempeño. (Método espectro de capacidad).

El punto de desempeño se lo obtiene a partir de la curva de capacidad la cuál fue calculada por el programa Etabs2015, se debe ingresar el espectro de demanda ya antes mencionado.

En función del amortiguamiento efectivo, periodo efectivo, ductilidad, etc; se calcula unos factores los cuales reducirán a la meseta del espectro y a la parte de su caída.

El punto de desempeño se logra cuando el sismo reducido intersecta la curva del espectro de capacidad de la estructura, este punto indica el máximo desplazamiento que ocurrirá en la estructura ante el sismo raro del Nec-15.

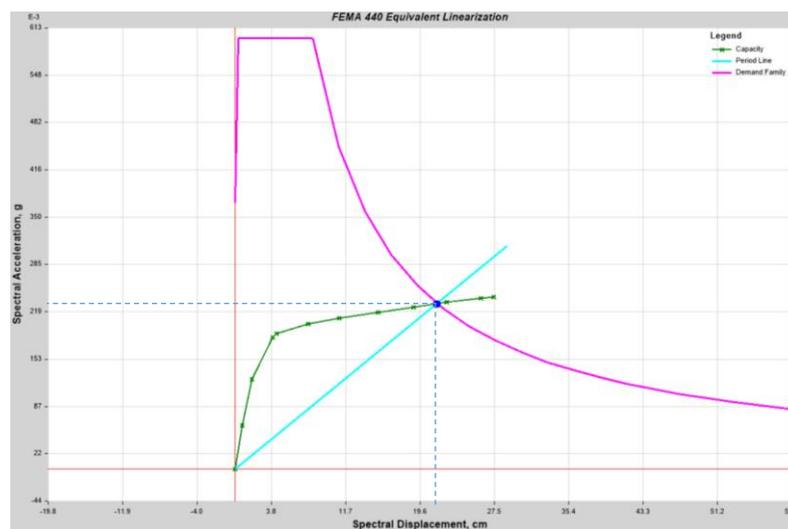


Figura 116 Espectro de capacidad de la estructura – Dirección X.

El punto de desempeño obtenido en el programa resultó igual a 21.49 cm. En el sentido X.

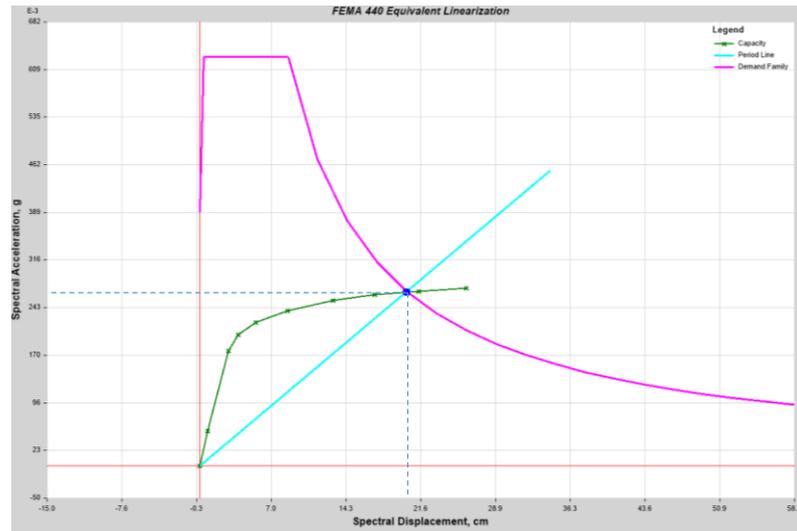


Figura 117 Espectro de capacidad de la estructura – Dirección Y.

El punto de desempeño obtenido en el programa da un punto de desempeño igual a 20.31 cm. En el sentido Y.

5.5.7 Determinación del desplazamiento demandado aplicando el método de los coeficientes ASCE 41-13 NSP.

Este método consiste en calcular un desplazamiento demandado, pero a partir de la curva de capacidad Cortante vs Desplazamiento, a partir de ahí se calculan varios parámetros los cuales se mencionan en el Cap.4.1.2 (pág.119).

Este método busca igual que el método del espectro de capacidad encontrar el desplazamiento máximo que experimentará la edificación.

Bilinear Force-Displacement Curve	
Target Displacement Results	
Displ. (cm)	25.411
Shear (tonf)	445.9337
Calculated Parameters	
C0	1.334542
C1	1.181935
C2	1
Sa, g	1.175493
Te (sec)	0.746
Ki (tonf/cm)	121.9966
Ke (tonf/cm)	109.1504
Ti (sec)	0.706
Alpha	0.033704
uStrength	7.07411
Dy (cm)	3.342
Vy (tonf)	364.744

Figura 118 Parámetros para calcular el punto de desplazamiento demandado – Método de los coeficientes – Sentido X.

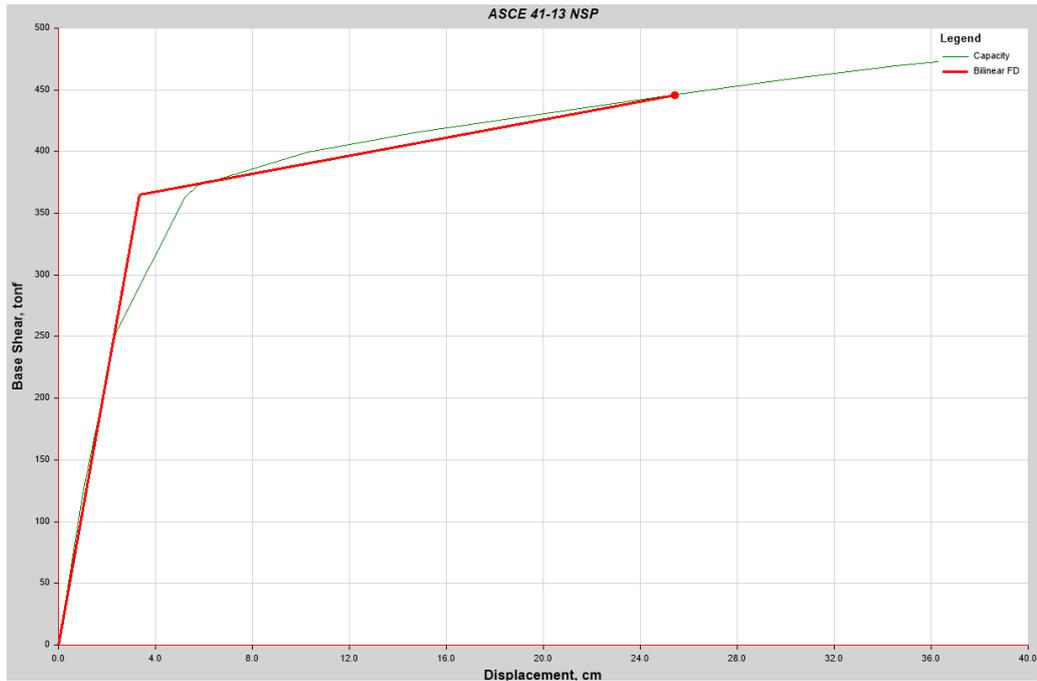


Figura 119 Curva de capacidad – Método de los coeficientes – Sentido X.

El desplazamiento demandado es igual a 25.41 cm, el cortante es 445.93 Toneladas en el sentido X.

A continuación se muestran las rótulas que se generan en los elementos estructurales ante el desplazamiento que origina el sismo raro del Nec-15 en la dirección X. Paso #8 de 11.

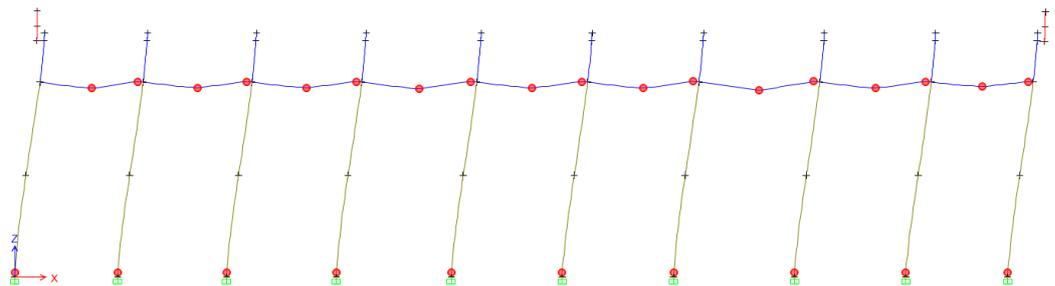


Figura 120 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico 1- Dirección X.

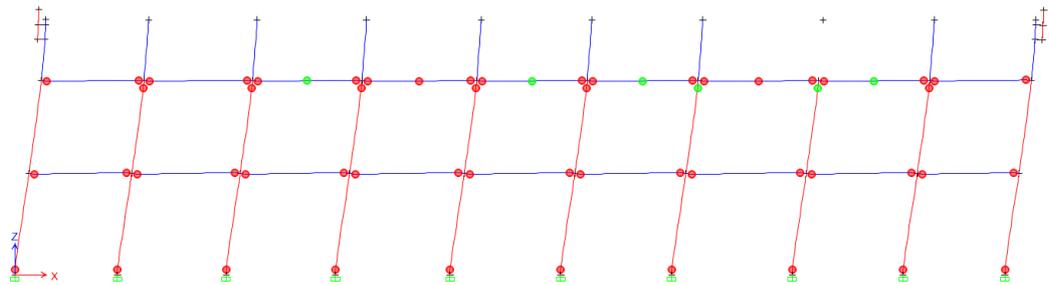


Figura 121 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico 2- Dirección X.

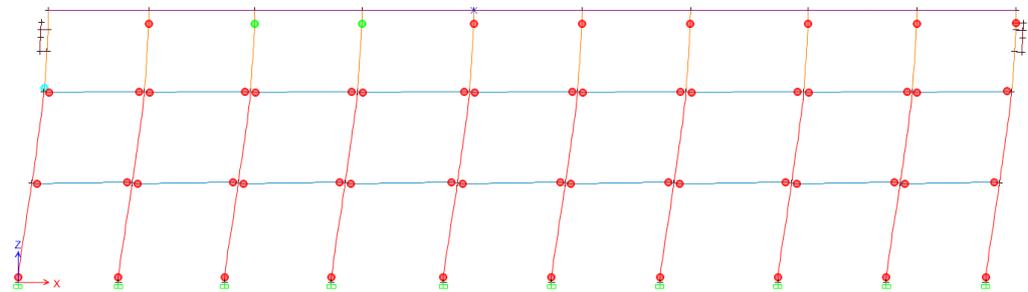


Figura 122 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico 3- Dirección X.

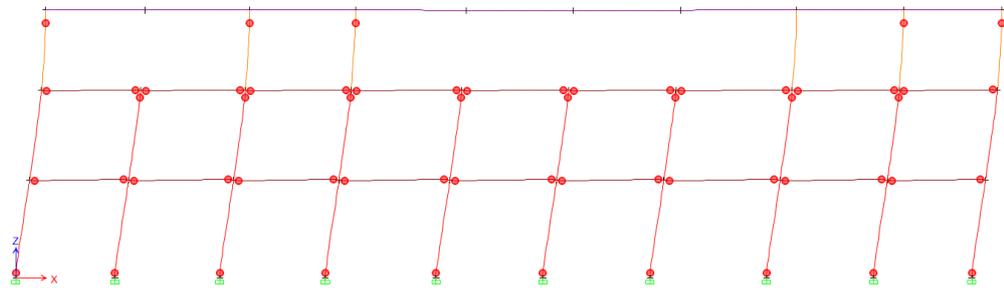


Figura 123 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico 4- Dirección X.

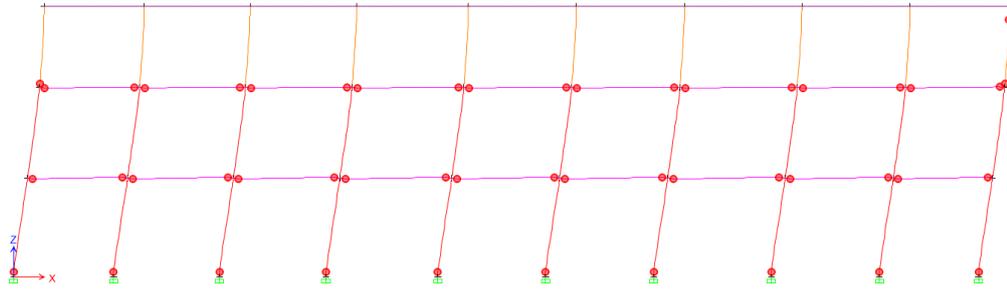


Figura 124 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico 5- Dirección X.

Bilinear Force-Displacement Curve	
Target Displacement Results	
Displ. (cm)	22.578
Shear (tonf)	526.6617
Calculated Parameters	
C0	1.156167
C1	1.10511
C2	1
Sa, g	1.071243
Te (sec)	0.819
Ki (tonf/cm)	133.051
Ke (tonf/cm)	109.2644
Ti (sec)	0.742
Alpha	0.038068
uStrength	5.22677
Dy (cm)	4.117
Vy (tonf)	449.8777

Figura 125 Parámetros para calcular el punto de desplazamiento demandado – Método de los coeficientes – Sentido Y.

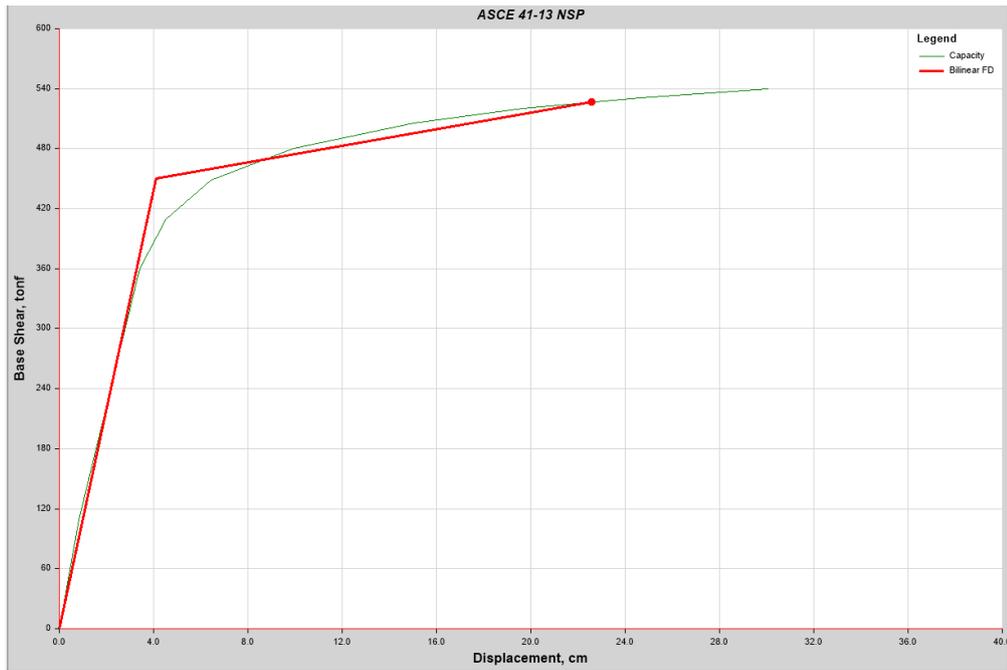


Figura 126 Curva de capacidad – Método de los coeficientes – Sentido Y.

El desplazamiento demandado es igual a 22.578 cm, el cortante es 526.66 Toneladas en el sentido Y.

A continuación se muestran las rótulas que se generan en los elementos estructurales ante el desplazamiento que origina el sismo raro del Nec-15 en la dirección Y. Paso #8 de 9.

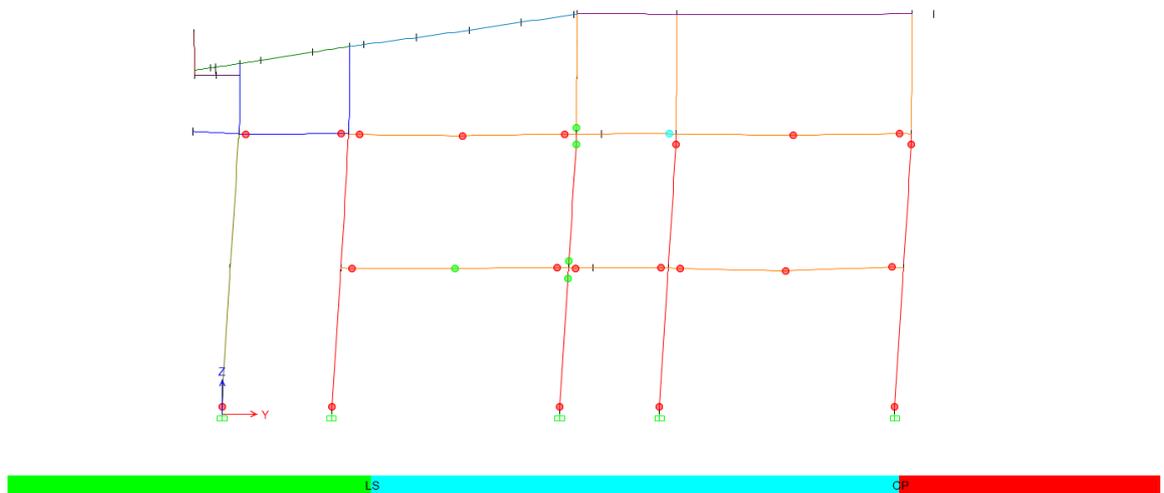


Figura 127 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico A- Dirección Y.

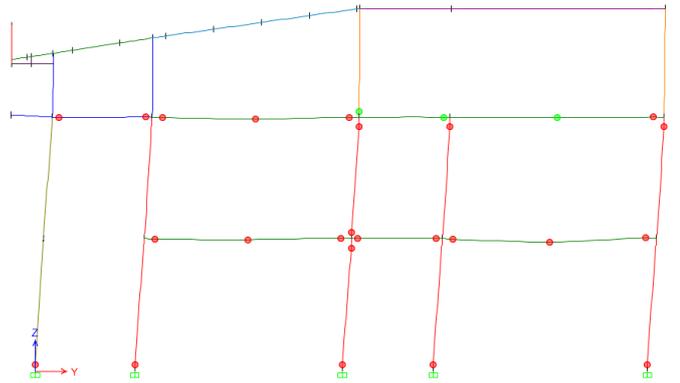


Figura 128 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico B- Dirección Y.

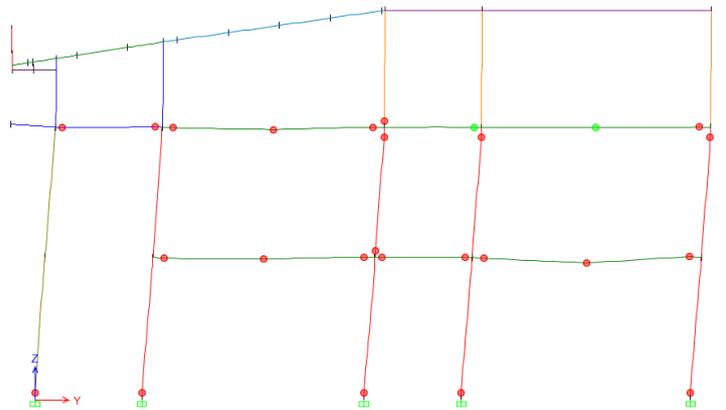


Figura 129 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico C- Dirección Y.

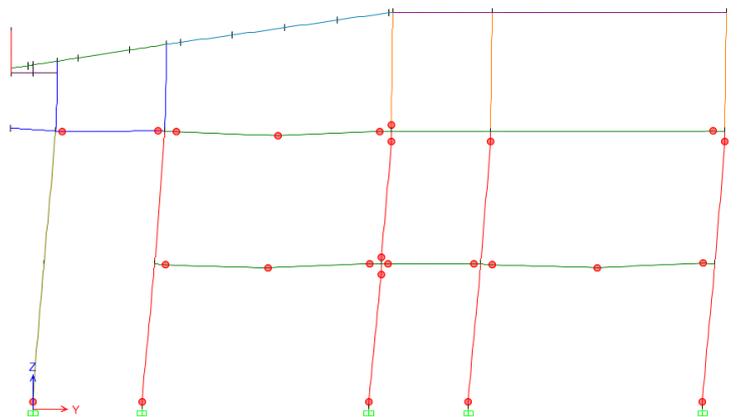


Figura 130 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico D- Dirección Y.

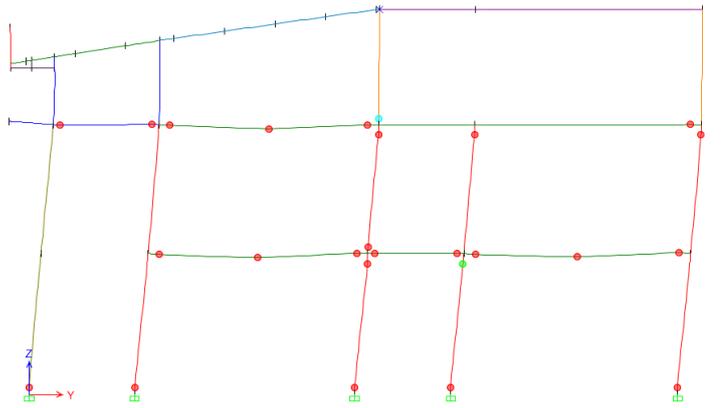


Figura 131 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico E- Dirección Y.

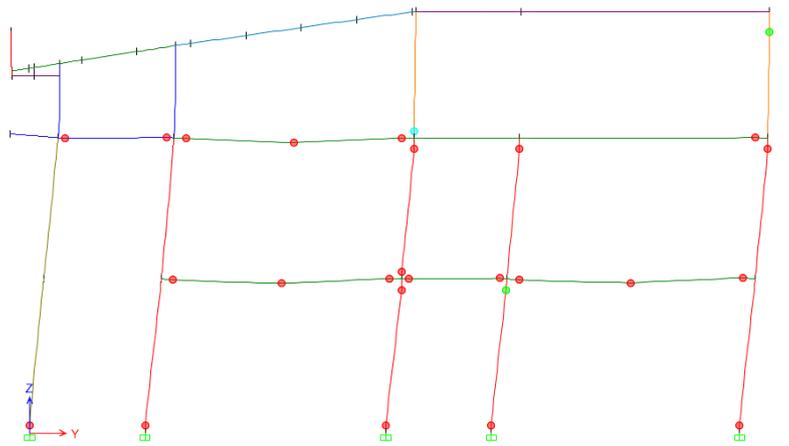


Figura 132 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico F- Dirección Y.

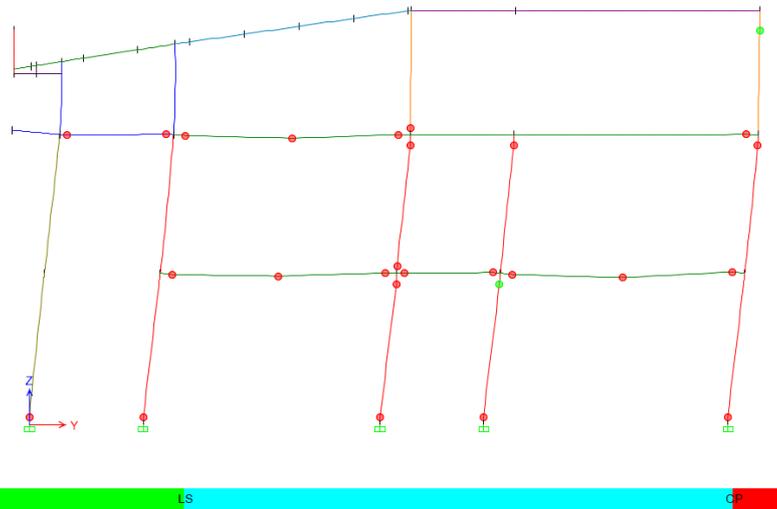


Figura 133 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico G- Dirección Y.

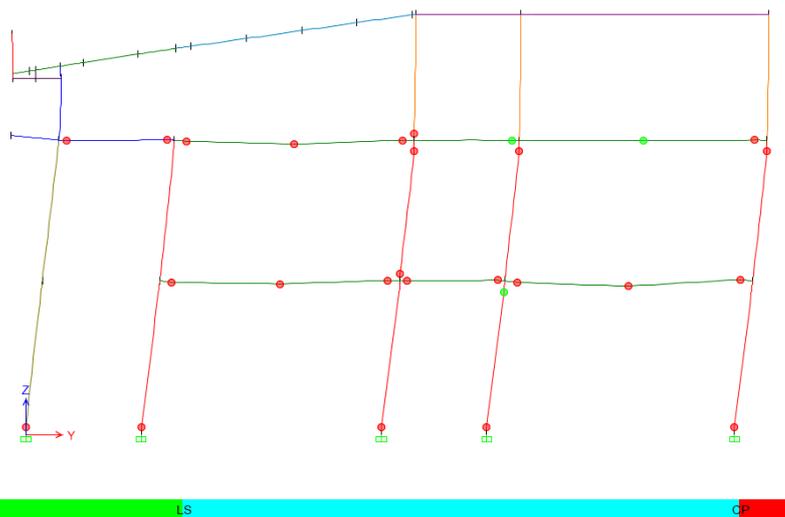


Figura 134 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico H- Dirección Y.

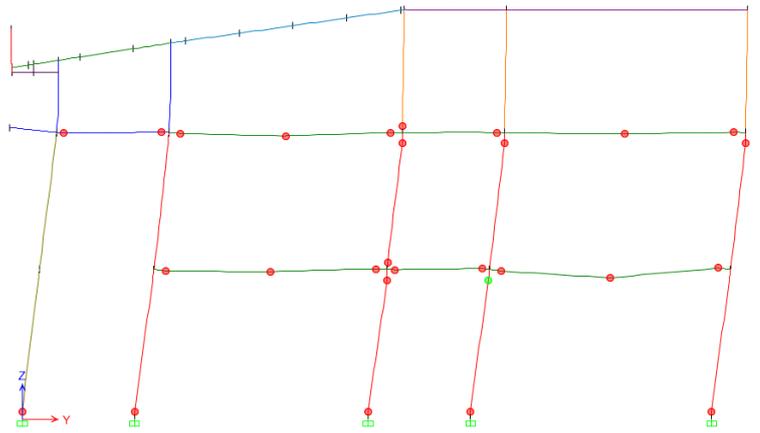


Figura 135 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico I- Dirección Y.

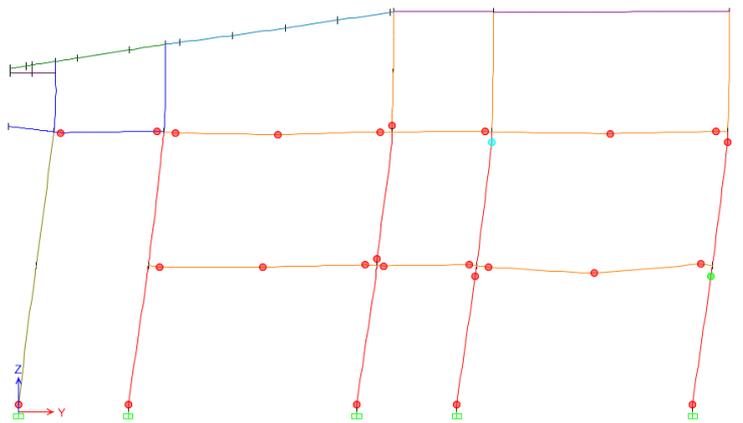


Figura 136 Rótulas plásticas originadas ante el sismo Nec15 – Pórtico J- Dirección Y.

5.5.8 Comparación de resultados entre el Método Espectro de capacidad y Método de los coeficientes.

A continuación se muestra la comparación de los puntos de desplazamientos demandados por ambos métodos en la curva de capacidad en el sentido “x” y “y”. (Fig. 137 y 138).

Comparación entre los dos Métodos aplicados				
	DIRECCIÓN X		DIRECCIÓN Y	
	Desplazamiento (cm)	Cortante (Ton)	Desplazamiento (cm)	Cortante (Ton)
Método Espectro de Capacidad	21.49	434.6	20.31	521.4
Método de los Coeficientes	25.41	445.93	22.578	526.66

Tabla 25 Comparación de los Métodos en ambas direcciones.

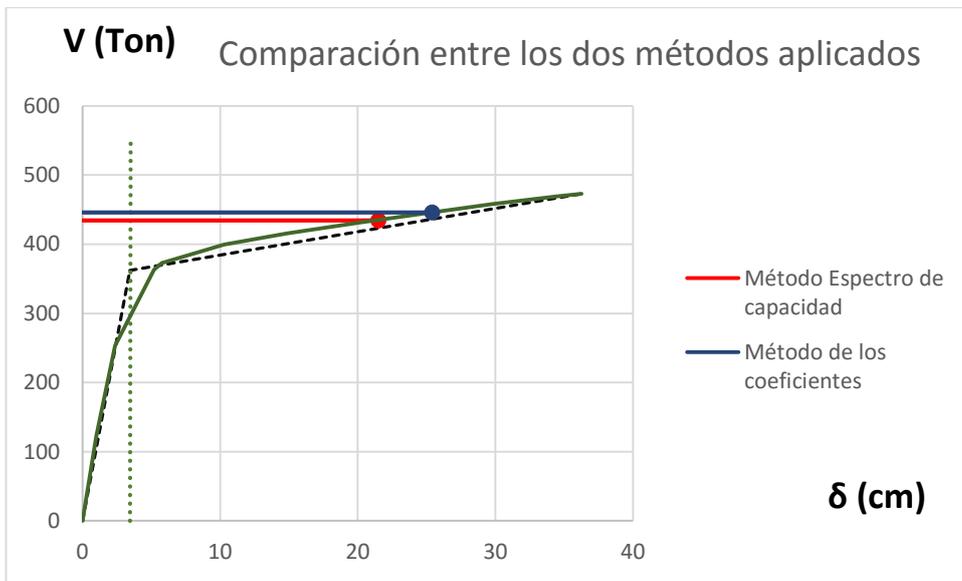


Figura 137 Comparación de los Métodos – Sentido X.

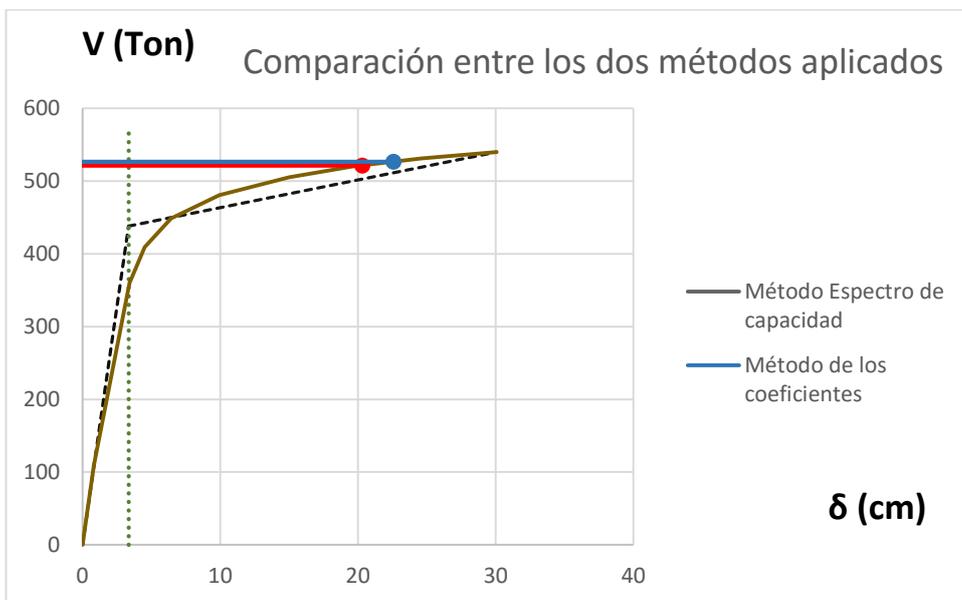


Figura 138 Comparación de los Métodos – Sentido Y.

Se muestran muy poca variación entre los dos métodos por lo cual hay confiabilidad en los resultados obtenidos, para estar del lado de la seguridad se utilizarán los valores de los desplazamientos que se han calculado con el método de los coeficientes.

5.5.9 Desplazamiento demandado calculado por el método de los coeficientes en la curva de capacidad “Pushover” – Nivel de desempeño.

En las Fig.139 y 140, se muestran los valores de los desplazamientos obtenidos por el método de los coeficientes ingresados en las curvas de capacidad para conocer el nivel de desempeño de la estructura de acuerdo con la sectorización que propone Vision 2000.

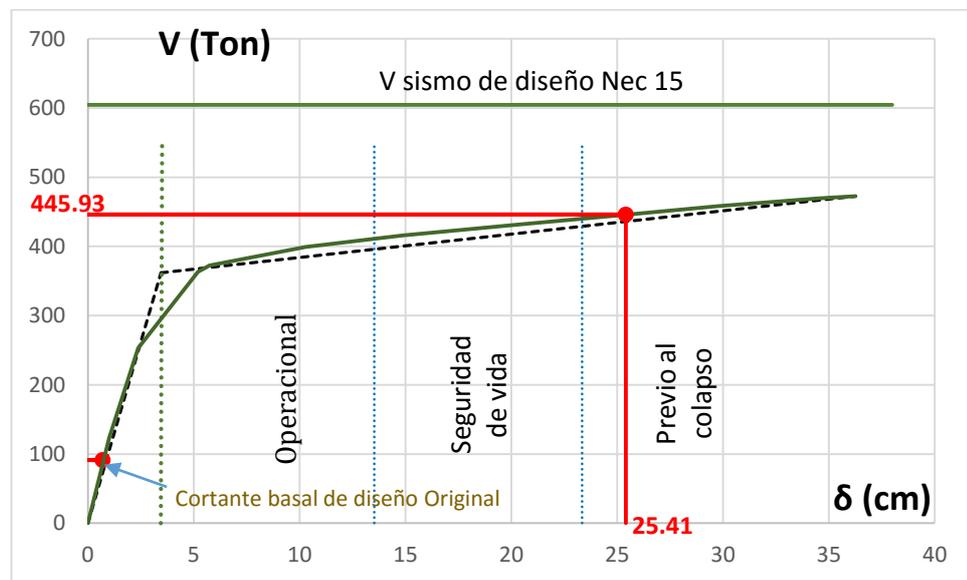


Figura 139 Curva de Capacidad – Dirección X.

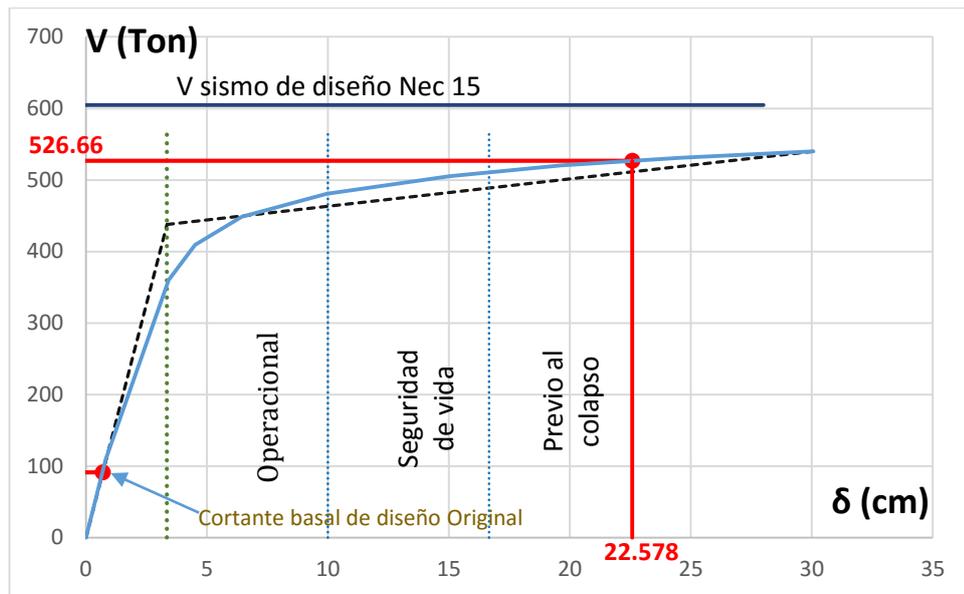


Figura 140 Curva de Capacidad – Dirección Y.

El cortante basal del diseño original de la estructura corresponde al 8% de la gravedad. El peso de la estructura aproximadamente del edificio sin aumentos es 1142.18 Ton. Por consiguiente se obtiene un cortante basal igual a 91.72 Ton.

-El código actual Nec15 indica que el cortante basal para el Edificio considerando un suelo tipo D, $z_{0.4}$, una importancia de 1, y un R de 3 debe ser igual a 604.73 Ton.

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones:

-Las columnas de planta baja a segundo piso alto no cumplen con el criterio de resistencia (capacidad \geq demanda), ante las solicitaciones de cargas últimas del Código Nec-2015 en el rango lineal.

-Las derivas inelásticas son menores al 2%, por lo tanto cumple con lo que exige el Nec15. Utilizando un $R=3$. (Capítulo 3.8.2, pág.100).

-El análisis estático no lineal "Pushover" muestra que el máximo desplazamiento que produce el sismo en la dirección "X" es igual a 25.41 cm. En la dirección "Y" el máximo desplazamiento que produce el sismo es 22.578 cm.

-Al alcanzar el desplazamiento máximo que puede ocasionar el sismo de diseño o raro en la estructura, se pudo constatar que los elementos estructurales fluyen generándose rótulas plásticas que es un estado previo al colapso.

-La estructura con respecto al análisis "Pushover" realizado en la dirección X y Y, se encuentra en un nivel de desempeño igual a prevención de colapso, con lo cual no cumple con el nivel de desempeño que el Nec15 propone para estructuras especiales que sería seguridad de vida.

-La estructura presentará colapso total, cuando esta logre un desplazamiento en el eje x de 36.23 cm; y un desplazamiento en el eje y de 30.06 cm.

-A partir de los análisis realizados, se ha podido determinar el factor de reducción de fuerza sísmica real, el cual inicialmente fue tomado como $R=3$ de acuerdo a la recomendación del ASCE (Cap.3 Tabla 11 pág.97). El periodo de la estructura elástico es 0.733 seg lo que corresponde una aceleración S_a igual a 0.823, y a partir del método espectro de capacidad en la dirección "X"

se obtuvo el periodo efectivo de la estructura que es igual a 1.64 seg y esto corresponde a una aceleración de 0.2302. Por lo tanto el factor R es la relación entre estas aceleraciones mencionadas dando como resultado el factor de reducción sísmica real de la estructura $R=3.5751$ - $R\approx 3.6$. A partir del método espectro de capacidad en la dirección "Y" se obtuvo el periodo efectivo de la estructura que es igual a 1.513 seg y esto corresponde a una aceleración de 0.26. Por lo tanto el factor R es la relación entre estas aceleraciones mencionadas dando como resultado el factor de reducción sísmica real de la estructura $R=3.16$ - $R\approx 3.20$.

Recomendaciones:

-De acuerdo al análisis estático no lineal "Pushover", se puede recomendar que la edificación "Edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil" necesita un reforzamiento estructural en las losas de 1er y 2do piso (Franjas de columna o vigas efectivas), las columnas y las vigas que amarran las columnas de fachadas (300x400), para el evento sísmico de diseño (Sismo Raro).

-Se recomienda que se validen varios tipos de reforzamiento para determinar el más adecuado desde el punto de vista técnico-económico, puede ser mediante disipadores, arriostramientos metálicos que cambien el periodo de la estructura, reforzar las columnas con acero encamisado, reforzar las columnas y losa con fibra de carbono.

-Se recomienda hacer un análisis Tiempo-Historia del edificio, con lo cual se obtendrán las curvas de fragilidad de los elementos para así poder determinar de manera más aproximada el daño que tendrían los mismos.

-Este estudio de desempeño sísmico se debería ejecutar para todos los Edificios de la Universidad de tal forma que se asegure el cumplimiento de la normativa Nec-2015.

-También se recomienda tener rutas de escape o de evacuación, para prevenir la pérdida de vidas, ante el evento sísmico.

BIBLIOGRAFÍA.

American Concrete Institute. (2011). Building Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11). Farmington Hills, Michigan: American Concrete Institute.

American Society of Civil Engineers (2010). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE/SEI 7-10). Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.

American Society of Civil Engineers (2007). Seismic Rehabilitation of Existing Buildings (ASCE/SEI 41-06). Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.

American Society of Civil Engineers (2010). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (ASCE/SEI 41-13). Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.

Applied Technology Council – Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings Volume 1- ATC 40

Computers & Structures, Inc. (2015). CSI Analysis Reference Manual – Etabs 2015.

Comportamiento basado en Ingeniería Sísmica, Recuperado de http://peer.berkeley.edu/course_modules/eqrd/227info03/Lect2PBEbasics03.pdf

Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, California. Recuperado de <http://walrus.wr.usgs.gov/reports/reprints/8NCEE-001467.pdf>.

Cruz, (2013), Diseño sismo resistente por desempeño y sus efectos en el comportamiento estructural, Universidad Técnica de Ambato.

Department of Homeland Security Federal Emergency Management Agency (2005). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures FEMA 440.

Estigarribia, H. (2010). 442 – Estructuras de Hormigón Armado.

Geología y Suelo. Recuperado de
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6740/7/CAPITULO%202.pdf>

Harmsen, T. (2005). Diseño de Estructuras de Concreto Armado 4ta Edición.

Hernandez, A., (2009). Manual de Análisis no lineal Estático Pushover usando Sap 2000 v14.

Hilti.,(2003).Manual PS 200 Ferrosan, Recuperado de
http://www.qsindustrial.biz/sites/default/files/product/files/publics/ps_200_0.pdf

Moehle, J., (2015). Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings. California, USA: Mc Graw Hill.

Mohd, H., & Mohd, Y. (1994). Nolinear Analysis of Prestressed Concrete Structures under Monotonic and Cycling Loads. California: University of California, Berkeley.

Moreno, A., (2002). Memorias Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Naeim, F. (2001). The Seismic Design Handbook (2.a ed.). New York, New York: Springer.

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). NEC. Capítulo 1: Cargas no sísmicas, Ecuador.

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). NEC. Capítulo 2: Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo-resistente, Ecuador.

Park, R., & Paulay, T. (1974). Reinforced Concrete Structures. New York, New York: John Wiley & Sons Ltd.

Priestey T.P.M. (1992) Sesmic Design of reinforced concrete and masonry buildings.

SEAOC, "Vision 2000 (1995)—performance based seismic design of buildings," Committee Report, Structural Engineers Association of California, Sacramento, California, USA.

Toledo Espinoza, V. (2011). Análisis no lineal de elementos de Concreto Armado: Pushover – Análisis no lineal estático en edificios de Concreto Armado. Recuperado a partir de <http://civilgeeks.com/2014/05/24/manual-de-ingenieria-sismicabasada-en-desempeno/>.

Toledo Espinoza, V. (2011). Análisis no lineal de elementos de Concreto Armado: Cálculo de Edificios de Concreto Armado con Sap2000. Recuperado a partir de <http://civilgeeks.com/2014/05/24/manual-deingenieria-sismica-basada-en-desempeno/>.

Toledo Espinoza, V. (2011). Análisis no lineal de elementos de Concreto Armado: Introducción y requerimientos de la Ingeniería Sísmica Basada en Desempeño. Recuperado a partir de <http://civilgeeks.com/2014/05/24/manual-de-ingenieria-sismicabasada-en-desempeno/>.

Vera, X., Bray, J., Pestana, J., Kayen, R., Tandazo, E., Vera, J., & Mera, W. (2006). Site Characterization and Seismic Zonation of Guayaquil City, Ecuador. Presentado en Proceedings of the 8th U.S. National.

ANEXOS.

APÉNDICE A

FOTOS















APÉNDICE B

REVISIÓN DE COLUMNAS

Datos de Columna – Métodos de revisión – Columna 400x400 Planta Baja-1er Piso.

P_u Ton	M_{ux} Ton-m	M_{uy} Ton-m	φP_n Ton	φM_{nx} Ton-m	φM_{ny} Ton-m	ESTADO:	
64.83	28.48	28.41	32.82			1.98	ERROR
3.91	18.45	17.60		15.54	15.54	2.54	ERROR
8.76	32.41	7.77		17.67	17.67	2.92	ERROR
64.83	28.48	28.41	32.82			1.98	ERROR
61.17	38.29	9.79	31.96			1.91	ERROR
0.25	24.74	7.08		16.16	16.16	2.25	ERROR
61.17	38.29	9.79	31.96			1.91	ERROR
58.64	27.19	28.81	28.61			2.05	ERROR
52.96	2.62	0.02	243.22			0.22	OK
8.28	10.31	14.51		17.59	17.59	1.16	ERROR
52.20	34.65	10.06	29.20			1.79	ERROR
34.06	19.16	31.29		21.78	21.78	2.60	ERROR
88.74	38.06	9.85	54.54			1.63	ERROR
28.51	25.52	6.86		20.90	20.90	1.55	ERROR
30.28	40.19	10.05		21.19	21.19	3.10	ERROR
37.12	26.81	31.45		22.27	22.27	3.09	ERROR
84.83	40.56	9.61	47.11			1.80	ERROR
25.42	12.16	5.50		20.41	20.41	0.56	OK
84.83	40.56	9.61	47.11			1.80	ERROR
30.73	23.36	27.96		21.26	21.26	2.72	ERROR
90.62	39.63	9.63	53.50			1.69	ERROR
26.70	11.42	5.56		20.62	20.62	0.51	OK
90.62	39.63	9.63	53.50			1.69	ERROR
79.63	23.25	30.15	50.64			1.57	ERROR
83.24	36.87	9.75	51.68			1.61	ERROR
27.29	24.63	6.67		20.71	20.71	1.48	ERROR
29.06	39.05	9.72		20.99	20.99	3.01	ERROR
37.78	15.63	30.80		22.37	22.37	2.24	ERROR
72.20	1.26	0.06	248.76			0.29	OK
33.03	18.95	5.92		21.62	21.62	0.93	OK
48.07	33.72	9.91	27.16			1.77	ERROR
46.57	16.61	30.82	25.84			1.80	ERROR
93.49	38.49	9.55	58.27			1.60	ERROR
29.56	23.82	6.79		21.07	21.07	1.38	ERROR
93.49	38.49	9.55	58.27			1.60	ERROR
71.23	16.23	30.83	45.84			1.55	ERROR
54.40	2.85	0.23	239.62			0.23	OK

28.50	10.94	5.31		20.90	20.90	0.46	OK
30.27	32.92	8.98		21.18	21.18	2.28	ERROR
36.36	16.61	27.56		22.15	22.15	2.05	ERROR
84.38	37.13	9.48	52.55			1.61	ERROR
30.02	10.83	5.32		21.14	21.14	0.45	OK
84.38	37.13	9.48	52.55			1.61	ERROR
50.11	11.32	30.12	31.37			1.60	ERROR
85.84	34.56	9.70	59.05			1.45	ERROR
34.17	23.04	6.57		21.80	21.80	1.24	ERROR
35.94	36.74	9.79		22.08	22.08	2.54	ERROR
40.57	8.50	30.80		22.80	22.80	1.83	ERROR
74.53	1.14	0.01	248.76			0.30	OK
33.81	18.06	5.95		21.74	21.74	0.87	OK
48.34	31.79	9.92	29.18			1.66	ERROR
39.66	8.18	30.84		22.66	22.66	1.84	ERROR
85.62	34.56	9.76	58.73			1.46	ERROR
30.73	27.59	6.56		21.26	21.26	1.67	ERROR
82.00	37.06	9.56	50.22			1.63	ERROR
48.52	10.91	30.16	30.49			1.59	ERROR
56.17	28.99	8.97	40.06			1.40	ERROR
29.86	10.90	5.41		21.12	21.12	0.46	OK
32.27	32.98	8.81		21.50	21.50	2.23	ERROR
38.85	12.35	27.56		22.53	22.53	1.76	ERROR
86.68	38.52	9.63	51.90			1.67	ERROR
33.48	28.67	6.68		21.69	21.69	1.72	ERROR
86.68	38.52	9.63	51.90			1.67	ERROR
74.24	15.70	30.75	48.69			1.52	ERROR
88.22	35.93	9.84	58.25			1.51	ERROR
35.14	23.98	6.83		21.95	21.95	1.30	ERROR
36.91	38.15	9.60		22.24	22.24	2.64	ERROR
47.73	16.19	30.70	27.14			1.76	ERROR
87.69	37.48	9.53	54.99			1.59	ERROR
30.78	25.06	6.27		21.26	21.26	1.44	ERROR
32.55	39.71	9.80		21.55	21.55	2.96	ERROR
39.19	15.60	30.63		22.59	22.59	2.18	ERROR
94.51	40.16	9.35	56.28			1.68	ERROR
33.03	4.77	16.15		21.62	21.62	0.71	OK
94.51	40.16	9.35	56.28			1.68	ERROR
52.56	19.82	29.97	28.84			1.82	ERROR
75.52	1.85	0.07	248.76			0.30	OK
23.69	12.50	5.78		20.13	20.13	0.60	OK
25.46	35.37	9.11		20.42	20.42	2.69	ERROR
50.38	19.57	27.97	29.10			1.73	ERROR
90.70	41.54	9.82	50.06			1.81	ERROR
25.90	26.15	7.13		20.49	20.49	1.66	ERROR

90.70	41.54	9.82	50.06			1.81	ERROR
81.49	24.83	31.44	48.76			1.67	ERROR
52.72	2.59	0.02	243.81			0.22	OK
7.83	10.37	13.28		17.51	17.51	1.07	ERROR
52.28	35.41	10.07	28.57			1.83	ERROR
33.51	19.30	31.28		21.70	21.70	2.63	ERROR
60.00	38.03	8.32	32.25			1.86	ERROR
0.48	22.99	4.23		16.29	16.29	1.86	ERROR
2.25	39.06	9.86		16.58	16.58	4.40	ERROR
2.94	28.38	28.86		16.70	16.70	4.76	ERROR
63.55	28.65	26.73	33.13			1.92	ERROR
5.90	18.54	14.63		15.20	15.20	2.32	ERROR
60.01	39.35	7.90	31.34			1.91	ERROR
4.13	26.75	28.32		15.51	15.51	5.04	ERROR

Revisión a flexión biaxial con métodos de Bresler – Columna 400x400 Planta Baja-
1er Piso.

P_u	M_{ux}	M_{uy}	e_y	e_x	MÉTODO DE BRESLER A UTILIZAR EN REVISIÓN:
Ton	Ton-m	Ton-m	cm	cm	
20.63	0.61	0.03	2.95	0.15	Método del contorno
5.43	7.65	2.82	140.70	51.87	Método del contorno
16.27	8.98	0.23	55.20	1.43	Método del contorno
19.25	6.77	6.30	35.16	32.70	Método del contorno
21.79	1.74	0.07	7.97	0.34	Método del contorno
10.22	6.61	1.94	64.68	18.97	Método del contorno
20.58	9.40	2.11	45.68	10.27	Método del contorno
12.45	3.01	5.92	24.15	47.52	Método del contorno
21.81	1.70	0.02	7.81	0.10	Método del contorno
10.98	5.97	2.06	54.41	18.79	Método del contorno
20.61	9.08	1.80	44.08	8.71	Método del contorno
13.42	2.04	6.04	15.20	45.05	Método del contorno
21.84	0.70	0.10	3.21	0.45	Método del contorno
10.81	5.73	1.93	52.98	17.81	Método del contorno
20.06	8.82	1.95	43.98	9.72	Método del contorno
14.20	1.84	6.12	12.96	43.11	Método del contorno
22.56	1.79	0.09	7.92	0.39	Método del contorno
11.31	6.27	1.63	55.46	14.45	Método del contorno
21.35	9.53	2.16	44.64	10.11	Método del contorno
19.24	6.12	6.08	31.80	31.58	Método del contorno
21.87	1.77	0.03	8.11	0.16	Método del contorno
5.18	7.99	0.29	154.12	5.63	Método del contorno
20.66	9.62	1.98	46.58	9.60	Método del contorno
11.47	3.99	6.26	34.80	54.53	Método del contorno
22.06	0.83	0.06	3.78	0.27	Método del contorno

6.64	1.05	0.50	15.74	7.56	Método del contorno
8.07	13.98	1.68	173.19	20.75	Método del contorno
14.19	9.56	8.11	67.41	57.17	Método del contorno
23.22	12.65	2.58	54.46	11.13	Método del contorno
11.42	0.81	0.02	7.12	0.20	Método del contorno
12.86	13.95	2.68	108.48	20.83	Método del contorno
20.70	6.75	7.90	32.59	38.18	Método del contorno
23.25	11.76	2.65	50.60	11.39	Método del contorno
12.19	0.69	0.06	5.65	0.48	Método del contorno
13.62	13.23	2.51	97.11	18.42	Método del contorno
20.81	5.23	7.97	25.11	38.30	Método del contorno
23.27	1.01	0.17	4.35	0.73	Método del contorno
12.02	0.65	0.02	5.43	0.14	Método del contorno
13.45	12.80	2.59	95.18	19.26	Método del contorno
21.12	4.99	8.01	23.65	37.93	Método del contorno
23.99	12.34	2.42	51.44	10.09	Método del contorno
12.52	0.73	0.07	5.82	0.55	Método del contorno
13.95	13.89	2.70	99.55	19.36	Método del contorno
16.07	8.21	7.99	51.12	49.71	Método del contorno
23.30	12.96	2.66	55.60	11.40	Método del contorno
6.39	1.10	0.26	17.14	4.08	Método del contorno
7.82	14.38	3.01	183.88	38.54	Método del contorno
21.89	8.31	8.09	37.96	36.95	Método del contorno

Datos de Columna – Métodos de revisión – Columna 300x400

P_u Ton	M_{ux} Ton-m	M_{uy} Ton-m	φP_n Ton	φM_{nx} Ton-m	φM_{ny} Ton-m	ESTADO:	
20.63	0.61	0.03		13.17	9.73	0.01	OK
5.43	7.65	2.82		10.95	8.01	0.75	OK
16.27	8.98	0.23		12.57	9.24	0.58	OK
19.25	6.77	6.30		12.99	9.58	0.86	OK
21.79	1.74	0.07		13.32	9.85	0.04	OK
10.22	6.61	1.94		11.68	8.56	0.49	OK
20.58	9.40	2.11		13.16	9.72	0.67	OK
12.45	3.01	5.92		12.02	8.82	0.63	OK
21.81	1.70	0.02		13.32	9.85	0.04	OK
10.98	5.97	2.06		11.80	8.65	0.43	OK
20.61	9.08	1.80		13.17	9.72	0.62	OK
13.42	2.04	6.04		12.16	8.93	0.59	OK
21.84	0.70	0.10		13.32	9.86	0.01	OK
10.81	5.73	1.93		11.77	8.63	0.40	OK
20.06	8.82	1.95		13.10	9.67	0.61	OK
14.20	1.84	6.12		12.27	9.01	0.58	OK
22.56	1.79	0.09		13.41	9.93	0.04	OK

11.31	6.27	1.63		11.85	8.68	0.43	OK
21.35	9.53	2.16		13.26	9.80	0.68	OK
19.24	6.12	6.08		12.99	9.57	0.78	OK
21.87	1.77	0.03		13.33	9.86	0.04	OK
5.18	7.99	0.29		10.92	7.98	0.61	OK
20.66	9.62	1.98		13.17	9.73	0.68	OK
11.47	3.99	6.26		11.87	8.70	0.76	OK
22.06	0.83	0.06		13.35	9.88	0.01	OK
6.64	1.05	0.50		11.14	8.15	0.03	OK
8.07	13.98	1.68		11.36	8.31	1.47	ERROR
14.19	9.56	8.11		12.27	9.01	1.51	ERROR
23.22	12.65	2.58		13.50	10.00	1.01	ERROR
11.42	0.81	0.02		11.86	8.70	0.01	OK
12.86	13.95	2.68		12.08	8.86	1.41	ERROR
20.70	6.75	7.90		13.18	9.73	1.06	ERROR
23.25	11.76	2.65		13.50	10.01	0.92	OK
12.19	0.69	0.06		11.98	8.79	0.01	OK
13.62	13.23	2.51		12.19	8.95	1.27	ERROR
20.81	5.23	7.97		13.19	9.75	0.95	OK
23.27	1.01	0.17		13.50	10.01	0.02	OK
12.02	0.65	0.02		11.95	8.77	0.01	OK
13.45	12.80	2.59		12.16	8.93	1.22	ERROR
21.12	4.99	8.01		13.23	9.78	0.93	OK
23.99	12.34	2.42		13.59	10.09	0.96	OK
12.52	0.73	0.07		12.03	8.82	0.01	OK
13.95	13.89	2.70		12.24	8.99	1.37	ERROR
16.07	8.21	7.99		12.54	9.22	1.30	ERROR
23.30	12.96	2.66		13.51	10.01	1.05	ERROR
6.39	1.10	0.26		11.10	8.12	0.03	OK
7.82	14.38	3.01		11.32	8.28	1.67	ERROR
21.89	8.31	8.09		13.33	9.86	1.19	ERROR

Revisión a flexión biaxial con métodos de Bresler – Columna 300x400.

P_u Ton	M_{ux} Ton-m	M_{uy} Ton-m	e_y cm	e_x cm	MÉTODO DE BRESLER A UTILIZAR EN REVISIÓN:
30.61	18.66	14.73	60.94	48.12	Método del contorno
4.02	4.18	12.13	103.97	301.83	Método del contorno
5.73	19.19	16.34	335.01	285.36	Método del contorno
5.73	19.19	16.34	335.01	285.36	Método del contorno
29.36	23.27	7.45	79.27	25.37	Método del contorno
6.98	24.15	7.45	346.13	106.80	Método del contorno
6.98	24.15	7.45	346.13	106.80	Método del contorno
7.59	13.34	16.62	175.78	218.98	Método del contorno

32.98	9.94	0.24	30.14	0.73	Método del contorno
9.26	14.57	14.25	157.28	153.85	Método del contorno
23.14	24.93	5.35	107.75	23.14	Método del contorno
26.26	4.24	17.81	16.16	67.80	Método del contorno
42.74	22.29	6.30	52.14	14.74	Método del contorno
20.41	20.40	6.01	99.94	29.43	Método del contorno
22.02	31.63	7.02	143.59	31.86	Método del contorno
24.64	23.09	21.21	93.71	86.11	Método del contorno
38.00	32.76	6.06	86.22	15.96	Método del contorno
17.15	6.27	4.69	36.54	27.35	Método del contorno
38.00	32.76	6.06	86.22	15.96	Método del contorno
25.60	17.53	15.02	68.47	58.66	Método del contorno
45.08	31.65	6.21	70.20	13.77	Carga recíproca
16.54	5.47	4.78	33.07	28.90	Método del contorno
45.08	31.65	6.21	70.20	13.77	Carga recíproca
41.26	20.96	18.88	50.80	45.75	Método del contorno
40.64	21.57	6.15	53.09	15.14	Método del contorno
18.37	20.02	6.06	109.01	33.02	Método del contorno
19.98	30.65	6.01	153.42	30.08	Método del contorno
36.31	10.81	19.26	29.79	53.04	Método del contorno
39.00	5.66	0.29	14.52	0.75	Método del contorno
21.93	24.17	5.36	110.19	24.41	Método del contorno
21.93	24.17	5.36	110.19	24.41	Método del contorno
23.52	15.55	16.81	66.10	71.45	Método del contorno
50.29	8.27	0.08	16.44	0.16	Carga recíproca
19.44	19.13	6.23	98.36	32.02	Método del contorno
47.59	31.32	5.99	65.81	12.58	Carga recíproca
36.11	7.60	19.53	21.06	54.08	Método del contorno
33.45	11.00	0.15	32.89	0.44	Método del contorno
17.76	4.58	4.83	25.81	27.21	Método del contorno
26.71	22.11	4.47	82.79	16.73	Método del contorno
20.06	2.32	14.44	11.57	71.97	Método del contorno
45.25	7.93	0.31	17.53	0.68	Carga recíproca
20.14	4.30	4.48	21.38	22.24	Método del contorno
39.63	30.54	5.69	77.07	14.35	Método del contorno
28.17	3.01	18.95	10.67	67.26	Método del contorno
42.82	19.51	5.92	45.57	13.84	Método del contorno
23.14	23.50	5.11	101.57	22.07	Método del contorno
24.91	29.33	6.27	117.74	25.15	Método del contorno
30.61	13.89	19.39	45.37	63.33	Método del contorno
41.14	5.77	0.05	14.02	0.12	Método del contorno
22.48	23.35	5.34	103.88	23.74	Método del contorno
22.48	23.35	5.34	103.88	23.74	Método del contorno
31.25	13.54	19.47	43.33	62.29	Método del contorno
43.49	7.70	0.05	17.70	0.12	Método del contorno

20.22	29.32	5.87	145.01	29.02	Método del contorno
38.36	30.36	5.97	79.15	15.55	Método del contorno
27.17	2.82	18.94	10.39	69.70	Método del contorno
34.26	11.13	0.43	32.48	1.26	Método del contorno
20.25	4.59	4.66	22.66	23.00	Método del contorno
29.29	22.22	4.23	75.86	14.46	Método del contorno
22.73	2.37	14.37	10.43	63.23	Método del contorno
46.70	7.93	0.73	16.97	1.57	Carga recíproca
22.01	30.48	6.34	138.50	28.82	Método del contorno
40.84	31.59	6.36	77.36	15.56	Método del contorno
38.92	6.89	19.37	17.71	49.77	Método del contorno
43.94	20.47	6.47	46.58	14.73	Método del contorno
23.72	24.37	5.76	102.72	24.28	Método del contorno
25.54	30.39	5.56	118.98	21.76	Método del contorno
24.02	15.59	16.76	64.90	69.76	Método del contorno
42.58	21.94	5.37	51.53	12.60	Método del contorno
19.99	20.29	5.34	101.52	26.73	Método del contorno
21.60	31.27	6.40	144.75	29.63	Método del contorno
25.80	20.04	19.09	77.67	74.01	Método del contorno
50.19	7.43	0.89	14.81	1.78	Carga recíproca
19.89	0.50	13.50	2.50	67.84	Método del contorno
48.88	32.41	5.20	66.30	10.64	Carga recíproca
34.16	9.47	18.54	27.73	54.26	Método del contorno
40.50	6.83	0.32	16.86	0.78	Método del contorno
15.66	6.60	5.04	42.14	32.16	Método del contorno
27.49	22.81	4.99	82.96	18.13	Método del contorno
17.14	1.79	15.04	10.46	87.74	Método del contorno
43.62	33.11	6.72	75.92	15.41	Método del contorno
18.07	21.44	6.59	118.62	36.47	Método del contorno
43.62	33.11	6.72	75.92	15.41	Método del contorno
39.47	14.08	21.17	35.67	53.62	Método del contorno
32.77	9.89	0.14	30.19	0.42	Método del contorno
9.05	14.59	8.49	161.27	93.79	Método del contorno
22.89	25.28	5.91	110.43	25.84	Método del contorno
22.43	19.54	17.73	87.10	79.05	Método del contorno
29.33	18.27	1.82	62.29	6.19	Método del contorno
6.97	18.84	2.35	270.32	33.65	Método del contorno
27.72	24.13	7.61	87.03	27.45	Método del contorno
27.21	18.84	16.65	69.21	61.19	Método del contorno
29.28	18.74	8.98	64.00	30.67	Método del contorno
3.79	19.27	11.08	508.99	292.63	Método del contorno
5.10	24.76	2.00	485.80	39.21	Método del contorno
27.67	13.44	16.49	48.57	59.59	Método del contorno

Datos de Columna – Métodos de revisión – Columna 400x400 1er Piso-2do Piso.

P_u	M_{ux}	M_{uy}	φP_n	φM_{nx}	φM_{ny}	ESTADO:	
Ton	Ton-m	Ton-m	Ton	Ton-m	Ton-m		
30.61	18.66	14.73		21.24	21.24	1.37	ERROR
4.02	4.18	12.13		16.88	16.88	0.69	OK
5.73	19.19	16.34		17.16	17.16	2.12	ERROR
5.73	19.19	16.34		17.16	17.16	2.12	ERROR
29.36	23.27	7.45		21.04	21.04	1.36	ERROR
6.98	24.15	7.45		17.37	17.37	1.96	ERROR
6.98	24.15	7.45		17.37	17.37	1.96	ERROR
7.59	13.34	16.62		17.47	17.47	1.57	ERROR
32.98	9.94	0.24		21.61	21.61	0.29	OK
9.26	14.57	14.25		17.75	17.75	1.43	ERROR
23.14	24.93	5.35		20.04	20.04	1.54	ERROR
26.26	4.24	17.81		20.55	20.55	0.87	OK
42.74	22.29	6.30		23.13	23.13	1.07	ERROR
20.41	20.40	6.01		19.59	19.59	1.22	ERROR
22.02	31.63	7.02		19.86	19.86	2.30	ERROR
24.64	23.09	21.21		20.28	20.28	2.31	ERROR
38.00	32.76	6.06		22.40	22.40	1.97	ERROR
17.15	6.27	4.69		19.06	19.06	0.27	OK
38.00	32.76	6.06		22.40	22.40	1.97	ERROR
25.60	17.53	15.02		20.44	20.44	1.39	ERROR
45.08	31.65	6.21	28.76			1.57	ERROR
16.54	5.47	4.78		18.96	18.96	0.24	OK
45.08	31.65	6.21	28.76			1.57	ERROR
41.26	20.96	18.88		22.90	22.90	1.60	ERROR
40.64	21.57	6.15		22.81	22.81	1.04	ERROR
18.37	20.02	6.06		19.26	19.26	1.22	ERROR
19.98	30.65	6.01		19.52	19.52	2.22	ERROR
36.31	10.81	19.26		22.14	22.14	1.11	ERROR
39.00	5.66	0.29		22.56	22.56	0.11	OK
21.93	24.17	5.36		19.84	19.84	1.50	ERROR
21.93	24.17	5.36		19.84	19.84	1.50	ERROR
23.52	15.55	16.81		20.10	20.10	1.41	ERROR
50.29	8.27	0.08	136.67			0.37	OK
19.44	19.13	6.23		19.44	19.44	1.13	ERROR
47.59	31.32	5.99	31.39			1.52	ERROR
36.11	7.60	19.53		22.11	22.11	1.00	OK
33.45	11.00	0.15		21.69	21.69	0.34	OK
17.76	4.58	4.83		19.16	19.16	0.21	OK
26.71	22.11	4.47		20.62	20.62	1.20	ERROR
20.06	2.32	14.44		19.54	19.54	0.65	OK
45.25	7.93	0.31	130.55			0.35	OK

20.14	4.30	4.48		19.55	19.55	0.18	OK
39.63	30.54	5.69		22.65	22.65	1.73	ERROR
28.17	3.01	18.95		20.85	20.85	0.90	OK
42.82	19.51	5.92		23.14	23.14	0.87	OK
23.14	23.50	5.11		20.04	20.04	1.40	ERROR
24.91	29.33	6.27		20.33	20.33	1.95	ERROR
30.61	13.89	19.39		21.24	21.24	1.37	ERROR
41.14	5.77	0.05		22.88	22.88	0.11	OK
22.48	23.35	5.34		19.93	19.93	1.41	ERROR
22.48	23.35	5.34		19.93	19.93	1.41	ERROR
31.25	13.54	19.47		21.34	21.34	1.34	ERROR
43.49	7.70	0.05		23.24	23.24	0.17	OK
20.22	29.32	5.87		19.56	19.56	2.06	ERROR
38.36	30.36	5.97		22.46	22.46	1.74	ERROR
27.17	2.82	18.94		20.69	20.69	0.91	OK
34.26	11.13	0.43		21.82	21.82	0.34	OK
20.25	4.59	4.66		19.57	19.57	0.20	OK
29.29	22.22	4.23		21.03	21.03	1.17	ERROR
22.73	2.37	14.37		19.97	19.97	0.62	OK
46.70	7.93	0.73	133.59			0.35	OK
22.01	30.48	6.34		19.85	19.85	2.15	ERROR
40.84	31.59	6.36		22.84	22.84	1.81	ERROR
38.92	6.89	19.37		22.54	22.54	0.93	OK
43.94	20.47	6.47		23.31	23.31	0.94	OK
23.72	24.37	5.76		20.13	20.13	1.49	ERROR
25.54	30.39	5.56		20.43	20.43	2.02	ERROR
24.02	15.59	16.76		20.18	20.18	1.40	ERROR
42.58	21.94	5.37		23.10	23.10	1.02	ERROR
19.99	20.29	5.34		19.52	19.52	1.19	ERROR
21.60	31.27	6.40		19.79	19.79	2.25	ERROR
25.80	20.04	19.09		20.47	20.47	1.86	ERROR
50.19	7.43	0.89	146.87			0.34	OK
19.89	0.50	13.50		19.51	19.51	0.56	OK
48.88	32.41	5.20	31.69			1.54	ERROR
34.16	9.47	18.54		21.80	21.80	1.03	ERROR
40.50	6.83	0.32		22.79	22.79	0.14	OK
15.66	6.60	5.04		18.82	18.82	0.31	OK
27.49	22.81	4.99		20.74	20.74	1.27	ERROR
17.14	1.79	15.04		19.06	19.06	0.71	OK
43.62	33.11	6.72		23.26	23.26	1.90	ERROR
18.07	21.44	6.59		19.21	19.21	1.37	ERROR
43.62	33.11	6.72		23.26	23.26	1.90	ERROR
39.47	14.08	21.17		22.63	22.63	1.36	ERROR
32.77	9.89	0.14		21.58	21.58	0.29	OK
9.05	14.59	8.49		17.72	17.72	1.04	ERROR

22.89	25.28	5.91		20.00	20.00	1.60	ERROR
22.43	19.54	17.73		19.92	19.92	1.80	ERROR
29.33	18.27	1.82		21.04	21.04	0.82	OK
6.97	18.84	2.35		17.37	17.37	1.18	ERROR
27.72	24.13	7.61		20.78	20.78	1.47	ERROR
27.21	18.84	16.65		20.70	20.70	1.56	ERROR
29.28	18.74	8.98		21.03	21.03	1.09	ERROR
3.79	19.27	11.08		16.84	16.84	1.75	ERROR
5.10	24.76	2.00		17.06	17.06	1.85	ERROR
27.67	13.44	16.49		20.77	20.77	1.19	ERROR

Revisión a flexión biaxial con métodos de Bresler – Columna 400x400 1er Piso-2do
Piso.

P_u Ton	M_{ux} Ton-m	M_{uy} Ton-m	e_y cm	e_x cm	MÉTODO DE BRESLER A UTILIZAR EN REVISIÓN:
7.37	1.86	1.33	25.20	17.99	Método del contorno
2.05	0.88	1.24	42.88	60.38	Método del contorno
2.79	2.48	0.39	89.13	14.02	Método del contorno
5.92	2.41	2.06	40.81	34.80	Método del contorno
9.04	2.40	0.26	26.60	2.87	Método del contorno
5.04	0.46	0.42	9.14	8.37	Método del contorno
8.53	3.36	0.15	39.40	1.74	Método del contorno
7.13	2.43	1.57	34.17	21.97	Método del contorno
9.47	4.14	0.67	43.71	7.05	Método del contorno
7.66	3.11	0.01	40.58	0.16	Método del contorno
9.47	4.14	0.67	43.71	7.05	Método del contorno
7.97	2.17	1.99	27.22	25.02	Método del contorno
7.16	2.72	0.02	38.02	0.33	Método del contorno
4.01	0.78	0.44	19.57	11.06	Método del contorno
6.99	4.17	0.07	59.72	0.95	Método del contorno
4.28	0.04	1.26	0.96	29.35	Método del contorno
7.81	2.32	0.06	29.79	0.77	Método del contorno
5.83	0.42	0.40	7.14	6.78	Método del contorno
7.52	4.31	0.00	57.37	0.03	Método del contorno
6.60	1.68	1.21	25.42	18.30	Método del contorno
10.45	3.48	0.28	33.27	2.64	Método del contorno
5.93	0.42	0.40	7.08	6.73	Método del contorno
10.39	4.10	0.24	39.44	2.32	Método del contorno
9.71	0.14	1.96	1.46	20.15	Método del contorno
6.15	1.47	0.12	23.86	1.87	Método del contorno
4.09	0.53	1.18	13.00	28.79	Método del contorno
5.62	3.23	0.36	57.44	6.36	Método del contorno
5.18	1.50	1.27	28.93	24.56	Método del contorno

6.09	3.43	1.09	56.32	17.91	Método del contorno
3.92	1.05	0.35	26.87	9.04	Método del contorno
6.08	3.93	0.39	64.60	6.44	Método del contorno
4.69	2.44	1.49	52.12	31.74	Método del contorno
5.74	2.09	0.58	36.42	10.07	Método del contorno
2.12	0.90	0.57	42.49	27.17	Método del contorno
4.26	2.73	0.09	64.24	2.05	Método del contorno
2.85	2.23	1.61	78.18	56.42	Método del contorno
6.76	0.80	1.40	11.76	20.70	Método del contorno
0.70	1.92	1.85	273.94	263.82	Método del contorno
0.70	1.93	1.85	274.20	263.82	Método del contorno
5.14	1.43	1.91	27.78	37.13	Método del contorno
6.64	0.99	1.26	14.95	18.97	Método del contorno
0.56	2.25	1.10	398.62	194.21	Método del contorno
0.57	2.26	1.10	398.85	193.70	Método del contorno
6.64	0.99	1.26	14.95	18.97	Método del contorno
5.90	0.69	1.03	11.66	17.45	Método del contorno
2.90	0.46	0.11	16.04	3.72	Método del contorno
4.42	3.53	0.58	79.89	13.01	Método del contorno
5.04	0.21	2.03	4.17	40.26	Método del contorno
4.59	0.77	0.28	16.77	6.02	Método del contorno
1.73	2.58	0.51	149.13	29.79	Método del contorno
1.73	2.58	0.52	149.18	29.82	Método del contorno
3.44	0.85	2.05	24.75	59.50	Método del contorno
7.67	0.33	0.03	4.37	0.36	Método del contorno
1.49	2.56	0.71	171.75	47.93	Método del contorno
1.49	2.56	0.71	171.80	47.92	Método del contorno
2.07	1.46	2.04	70.27	98.53	Método del contorno
9.16	0.71	0.02	7.74	0.27	Método del contorno
5.83	4.41	0.66	75.59	11.28	Método del contorno
5.83	4.41	0.66	75.59	11.28	Método del contorno
6.08	3.09	2.00	50.76	32.93	Método del contorno
8.98	1.75	0.28	19.46	3.13	Método del contorno
6.62	2.54	0.03	38.33	0.38	Método del contorno
7.36	5.18	0.60	70.37	8.16	Método del contorno
7.90	2.42	1.97	30.65	24.98	Método del contorno
7.61	1.40	0.38	18.45	4.93	Método del contorno
2.89	0.45	0.12	15.72	4.09	Método del contorno
5.92	4.48	0.58	75.61	9.80	Método del contorno
6.59	1.41	1.95	21.48	29.61	Método del contorno
4.57	0.65	0.07	14.20	1.61	Método del contorno
1.71	2.55	0.47	148.85	27.43	Método del contorno
1.72	2.55	0.47	148.89	27.44	Método del contorno
3.41	0.82	2.09	24.02	61.22	Método del contorno
5.12	0.08	0.95	1.53	18.49	Método del contorno

1.75	2.48	0.61	141.87	34.70	Método del contorno
1.75	2.48	0.61	141.84	34.68	Método del contorno
3.06	1.21	2.02	39.65	65.99	Método del contorno
7.20	0.52	0.48	7.22	6.63	Método del contorno
1.04	1.87	0.58	179.36	55.98	Método del contorno
1.04	1.88	0.59	179.60	56.56	Método del contorno
6.41	0.69	1.35	10.83	21.00	Método del contorno
7.12	0.67	0.60	9.40	8.38	Método del contorno
0.91	2.20	0.16	241.01	17.37	Método del contorno
0.91	2.20	0.16	241.33	17.01	Método del contorno
6.34	0.75	1.84	11.90	28.97	Método del contorno

Datos de Columna – Métodos de revisión – Columna 300x300 2do Piso- Cub.

P_u	M_{ux}	M_{uy}	φP_n	φM_{nx}	φM_{ny}	ESTADO:	
Ton	Ton-m	Ton-m	Ton	Ton-m	Ton-m		
7.37	1.86	1.33		5.27	5.27	0.30	OK
2.05	0.88	1.24		4.64	4.64	0.19	OK
2.79	2.48	0.39		4.73	4.73	0.37	OK
5.92	2.41	2.06		5.10	5.10	0.53	OK
9.04	2.40	0.26		5.46	5.46	0.27	OK
5.04	0.46	0.42		4.99	4.99	0.04	OK
8.53	3.36	0.15		5.40	5.40	0.47	OK
7.13	2.43	1.57		5.24	5.24	0.43	OK
9.47	4.14	0.67		5.51	5.51	0.66	OK
7.66	3.11	0.01		5.30	5.30	0.42	OK
9.47	4.14	0.67		5.51	5.51	0.66	OK
7.97	2.17	1.99		5.33	5.33	0.44	OK
7.16	2.72	0.02		5.24	5.24	0.35	OK
4.01	0.78	0.44		4.87	4.87	0.07	OK
6.99	4.17	0.07		5.22	5.22	0.70	OK
4.28	0.04	1.26		4.90	4.90	0.11	OK
7.81	2.32	0.06		5.32	5.32	0.27	OK
5.83	0.42	0.40		5.08	5.08	0.03	OK
7.52	4.31	0.00		5.28	5.28	0.72	OK
6.60	1.68	1.21		5.18	5.18	0.26	OK
10.45	3.48	0.28		5.62	5.62	0.47	OK
5.93	0.42	0.40		5.10	5.10	0.03	OK
10.39	4.10	0.24		5.61	5.61	0.61	OK
9.71	0.14	1.96		5.53	5.53	0.19	OK
6.15	1.47	0.12		5.12	5.12	0.14	OK
4.09	0.53	1.18		4.88	4.88	0.13	OK
5.62	3.23	0.36		5.06	5.06	0.50	OK
5.18	1.50	1.27		5.01	5.01	0.25	OK
6.09	3.43	1.09		5.12	5.12	0.61	OK
3.92	1.05	0.35		4.86	4.86	0.10	OK

6.08	3.93	0.39		5.11	5.11	0.67	OK
4.69	2.44	1.49		4.95	4.95	0.47	OK
5.74	2.09	0.58		5.07	5.07	0.27	OK
2.12	0.90	0.57		4.65	4.65	0.11	OK
4.26	2.73	0.09		4.90	4.90	0.39	OK
2.85	2.23	1.61		4.73	4.73	0.47	OK
6.76	0.80	1.40		5.20	5.20	0.17	OK
0.70	1.92	1.85		4.48	4.48	0.50	OK
0.70	1.93	1.85		4.48	4.48	0.50	OK
5.14	1.43	1.91		5.00	5.00	0.34	OK
6.64	0.99	1.26		5.18	5.18	0.17	OK
0.56	2.25	1.10		4.46	4.46	0.44	OK
0.57	2.26	1.10		4.46	4.46	0.44	OK
6.64	0.99	1.26		5.18	5.18	0.17	OK
5.90	0.69	1.03		5.09	5.09	0.12	OK
2.90	0.46	0.11		4.74	4.74	0.03	OK
4.42	3.53	0.58		4.92	4.92	0.62	OK
5.04	0.21	2.03		4.99	4.99	0.24	OK
4.59	0.77	0.28		4.94	4.94	0.06	OK
1.73	2.58	0.51		4.60	4.60	0.42	OK
1.73	2.58	0.52		4.60	4.60	0.42	OK
3.44	0.85	2.05		4.80	4.80	0.32	OK
7.67	0.33	0.03		5.30	5.30	0.01	OK
1.49	2.56	0.71		4.57	4.57	0.44	OK
1.49	2.56	0.71		4.57	4.57	0.44	OK
2.07	1.46	2.04		4.64	4.64	0.42	OK
9.16	0.71	0.02		5.47	5.47	0.04	OK
5.83	4.41	0.66		5.08	5.08	0.83	OK
5.83	4.41	0.66		5.08	5.08	0.83	OK
6.08	3.09	2.00		5.11	5.11	0.66	OK
8.98	1.75	0.28		5.45	5.45	0.17	OK
6.62	2.54	0.03		5.18	5.18	0.32	OK
7.36	5.18	0.60		5.26	5.26	1.00	OK
7.90	2.42	1.97		5.33	5.33	0.48	OK
7.61	1.40	0.38		5.29	5.29	0.13	OK
2.89	0.45	0.12		4.74	4.74	0.03	OK
5.92	4.48	0.58		5.10	5.10	0.84	OK
6.59	1.41	1.95		5.17	5.17	0.33	OK
4.57	0.65	0.07		4.94	4.94	0.04	OK
1.71	2.55	0.47		4.60	4.60	0.41	OK
1.72	2.55	0.47		4.60	4.60	0.41	OK
3.41	0.82	2.09		4.80	4.80	0.32	OK
5.12	0.08	0.95		5.00	5.00	0.07	OK
1.75	2.48	0.61		4.60	4.60	0.41	OK
1.75	2.48	0.61		4.60	4.60	0.41	OK

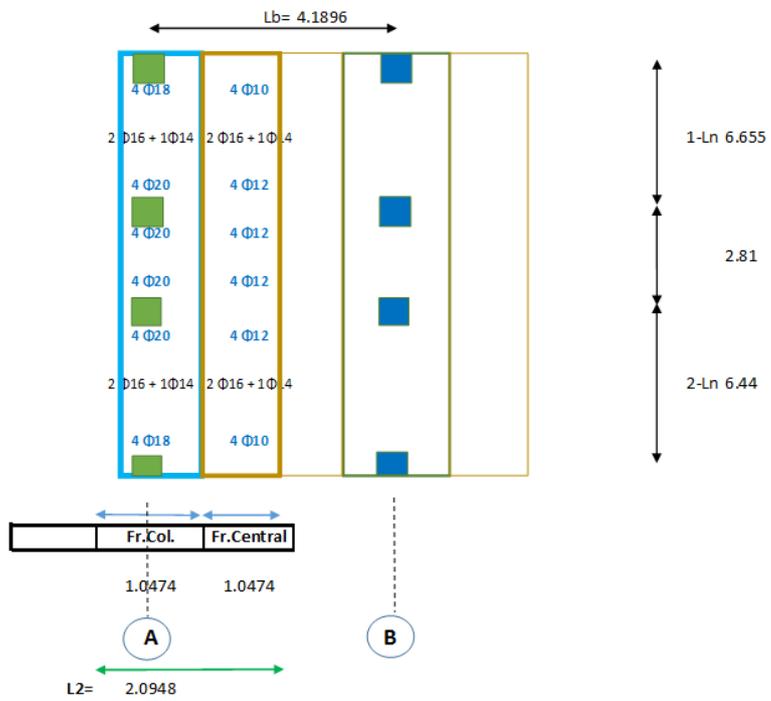
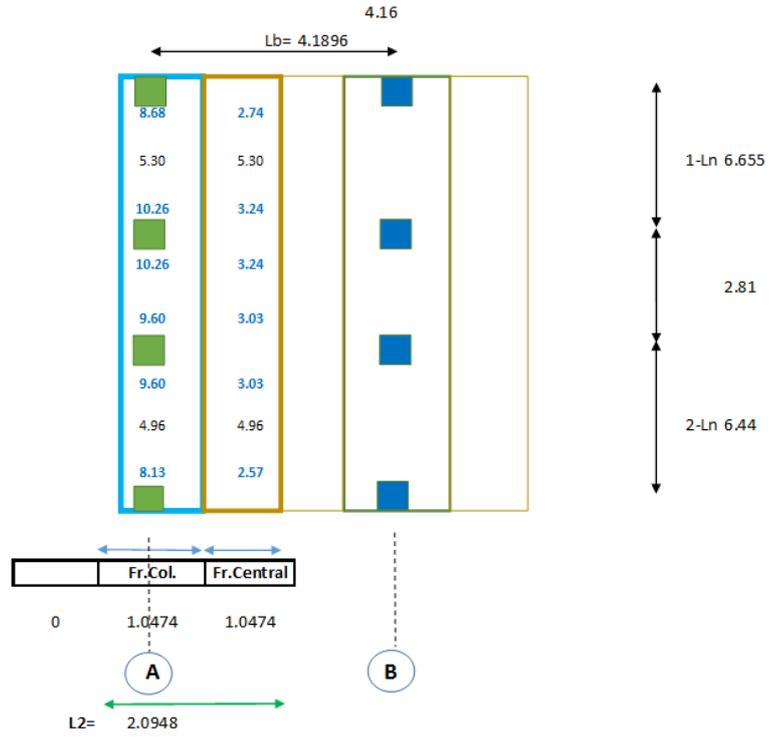
3.06	1.21	2.02		4.76	4.76	0.36	OK
7.20	0.52	0.48		5.25	5.25	0.05	OK
1.04	1.87	0.58		4.52	4.52	0.28	OK
1.04	1.88	0.59		4.52	4.52	0.28	OK
6.41	0.69	1.35		5.15	5.15	0.16	OK
7.12	0.67	0.60		5.24	5.24	0.07	OK
0.91	2.20	0.16		4.50	4.50	0.32	OK
0.91	2.20	0.16		4.50	4.50	0.32	OK
6.34	0.75	1.84		5.15	5.15	0.24	OK
0.00	0.00	0.00		4.39	4.39	0.00	OK
0.00	0.00	0.00		4.39	4.39	0.00	OK

Revisión a flexión biaxial con métodos de Bresler – 300x300 2do Piso- Cub.

APÉNDICE C

Cálculo de momentos y áreas de acero en losa.

Cálculo de Momentos Losa Placa Plana																
Eje A = Eje J																
Datos																
1-Ln	6.655	m.	H macizo	30	cm.	2-Ln	6.44	m.	H macizo	30	cm.					
L2	2.0948	m.	rec	2.5	cm.	L2	2.0948	m.	rec	2.5	cm.					
Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.	Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.					
$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$	13.494785	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	11.41866	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{14}$	10.60305	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$	12.6369305	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	10.6927874	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{14}$	9.92901683
Mu(-) franja col 76% =	10.256037	Mu(-) franja col 76% =	Mu(+/-) franja col 50% =	8.678185	Mu(+/-) franja col 50% =	Mu(-) franja col 76% =	5.301523	Mu(-) franja col 76% =	Mu(-) franja col 76% =	9.60406719	Mu(-) franja col 76% =	Mu(-) franja col 76% =	8.12651839	Mu(+/-) franja col 50% =	Mu(-) franja col 50% =	4.96450842
Mu(-) franja central 24% =	3.2387485	Mu(-) franja central 24% =	Mu(-) franja central 50% =	2.740479	Mu(-) franja central 50% =	Mu(-) franja central 24% =	5.301523	Mu(-) franja central 24% =	Mu(-) franja central 24% =	3.03286332	Mu(-) franja central 24% =	Mu(-) franja central 24% =	2.56626897	Mu(-) franja central 50% =	Mu(-) franja central 50% =	4.96450842
As Fr.Col.	11.037194	As Fr.Col.	As Fr.Col.	9.339164	As Fr.Col.	As Fr.Col.	5.705317	As Fr.Col.	As Fr.Col.	10.3355669	As Fr.Col.	As Fr.Col.	8.74547972	As Fr.Col.	As Fr.Col.	5.34263329
	4 Ø20			4 Ø18			2 Ø16 + 1 Ø14			4 Ø20			4 Ø18			2 Ø16 + 1 Ø14
As Fr.Cen.	3.4854298	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	2.94921	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	5.705317	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	3.26386324	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	2.76173044	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	5.34263329
	4 Ø12			4 Ø10			2 Ø16 + 1 Ø14			4 Ø12			4 Ø10			2 Ø16 + 1 Ø14

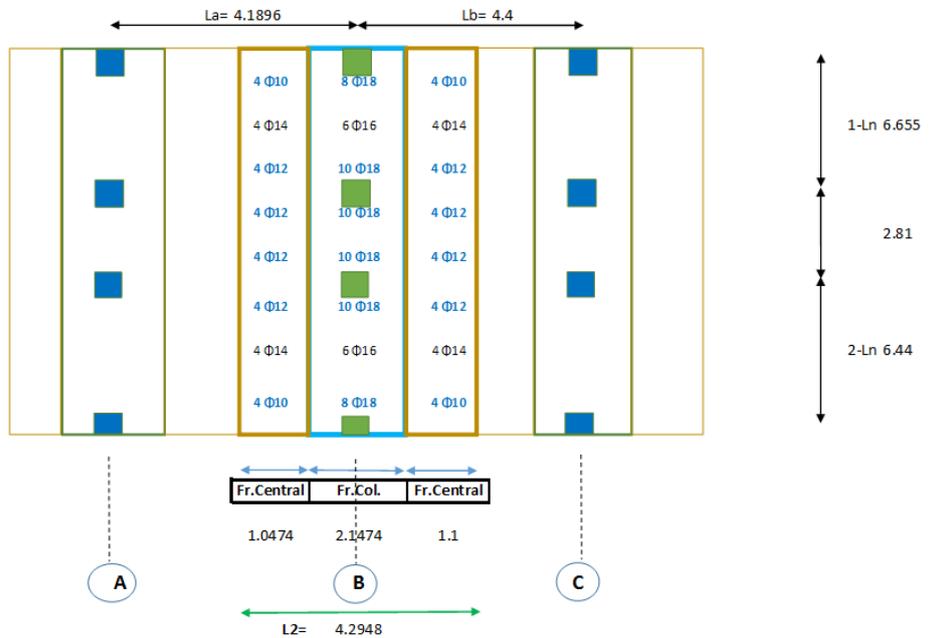
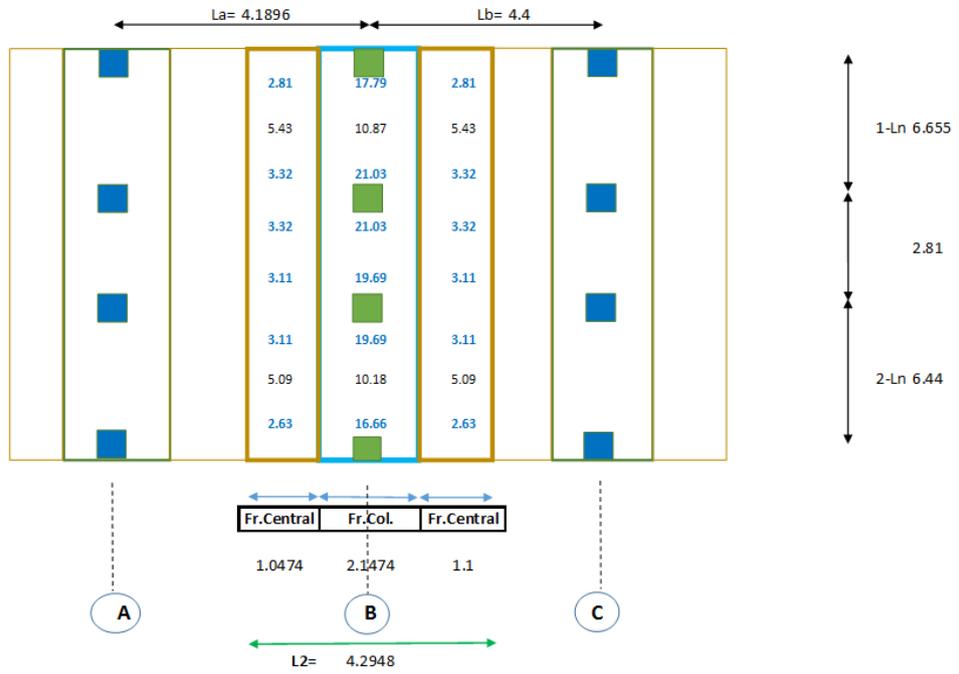


Calculo de Momentos Losa Placa Plana

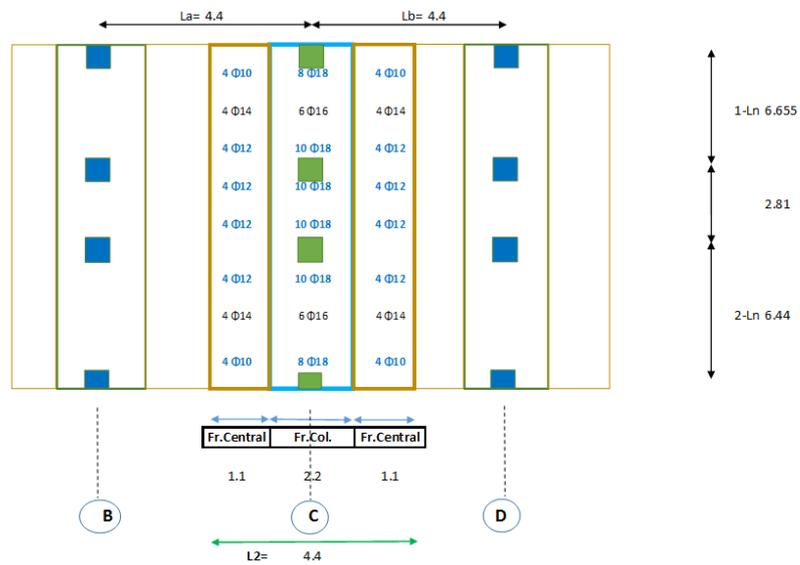
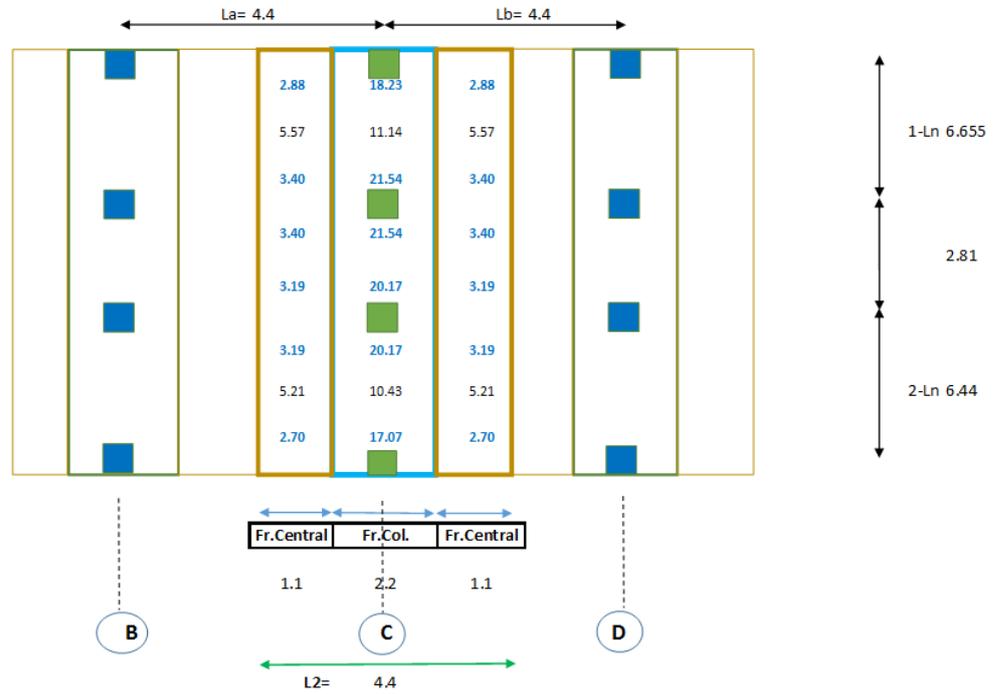
Eje B

Datos

	1-Ln	2-Ln	H macizo	30	cm.	6.44	m.	H macizo	30	cm.
	L2	L2	rec	2.5	cm.	4.2948	m.	rec	2.5	cm.
	Wu	Wu	d	27.5	cm.	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.
	$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$	$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{14}$	$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$	$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{14}$		$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{14}$	
Mu	27.667273	23.41077	21.73857	25.9084825	21.9225621	20.3566648	Mu	21.9225621	Mu	20.3566648
Mu(-) franja col 76%=	21.027128	17.79219	10.86929	19.6904467	16.6611472	10.1783324	Mu(-) franja col 76%=	16.6611472	Mu(+) franja col 50%=	10.1783324
Mu(-) franja central 12%=	3.3200728	2.809292	5.434643	3.1090179	2.63070746	5.08916621	Mu(-) franja central 12%=	2.63070746	Mu(-) franja central 25%=	5.08916621
As Fr.Col.	22.628672	19.14734	11.69715	21.1901818	17.9301539	10.9535714	As Fr.Col.	17.9301539	As Fr.Col.	10.9535714
	10 Ø18	8 Ø18	6 Ø16	10 Ø18	8 Ø18	6 Ø16		8 Ø18	6 Ø16	
As Fr.Cen.	3.5729482	3.023264	5.848576	3.34581818	2.83107692	5.47678572	As Fr.Cen.	2.83107692	As Fr.Cen.	5.47678572
	4 Ø12	4 Ø10	4 Ø14	4 Ø12	4 Ø10	4 Ø14		4 Ø10	4 Ø14	



Calculo de Momentos Losa Placa Plana											
Eje C											
Datos											
1-Ln	6.655	m.	H macizo	30	cm.	2-Ln	6.44	m.	H macizo	30	cm.
L2	4.4	m.	rec	2.5	cm.	L2	4.4	m.	rec	2.5	cm.
Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.	Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.
$MU = \frac{Ln^2 L2 * Wu}{11}$			$MU = \frac{Ln^2 L2 * Wu}{13}$			$MU = \frac{Ln^2 L2 * Wu}{11}$			$MU = \frac{Ln^2 L2 * Wu}{13}$		$MU = \frac{Ln^2 L2 * Wu}{14}$
Mu	28.344976	Mu	23.98421	Mu	22.27105	Mu	26.543104	Mu	22.4595495	Mu	20.855296
Mu(-) franja col 76%=	21.542182	Mu(-) franja col 76%=	18.228	Mu(+) franja col 50%=	11.13553	Mu(-) franja col 76%=	20.172759	Mu(-) franja col 76%=	17.0692576	Mu(+) franja col 50%=	10.427648
Mu(-) franja central 12%=	3.4013971	Mu(-) franja central 12%=	2.878105	Mu(-) franja central 25%=	5.567763	Mu(-) franja central 12%=	3.18517248	Mu(-) franja central 12%=	2.69514594	Mu(-) franja central 25%=	5.213824
As Fr.Col.	23.182955	As Fr.Col.	19.61635	As Fr.Col.	11.98367	As Fr.Col.	21.7092298	As Fr.Col.	18.3693483	As Fr.Col.	11.2218763
10 Ø18		8 Ø18		6 Ø16		10 Ø18		8 Ø18		6 Ø16	
As Fr.Cen.	3.6604666	As Fr.Cen.	3.097318	As Fr.Cen.	5.991835	As Fr.Cen.	3.42777312	As Fr.Cen.	2.90042341	As Fr.Cen.	5.61093815
4 Ø12		4 Ø10		4 Ø14		4 Ø12		4 Ø10		4 Ø14	

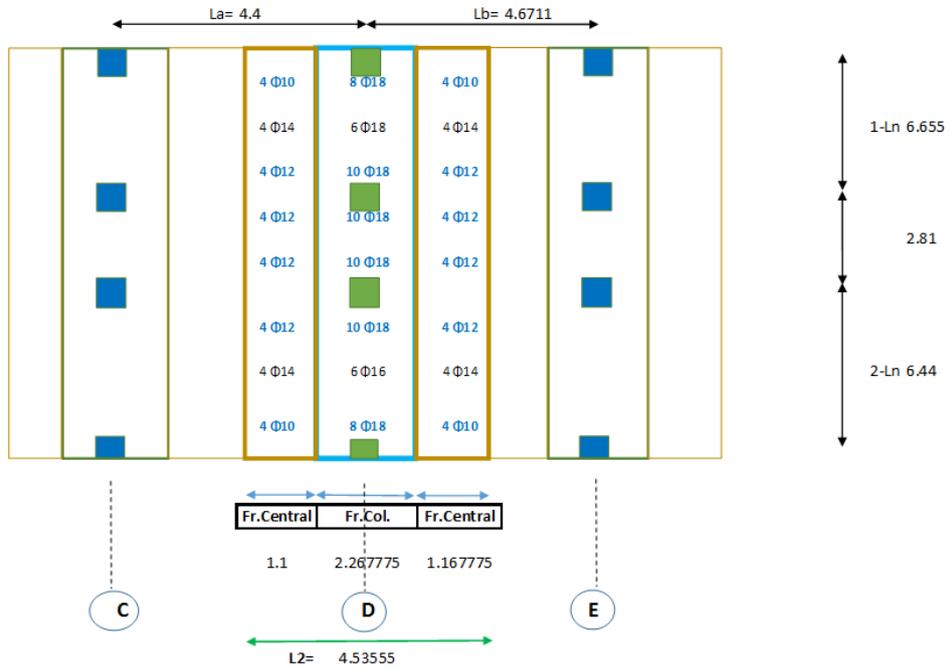
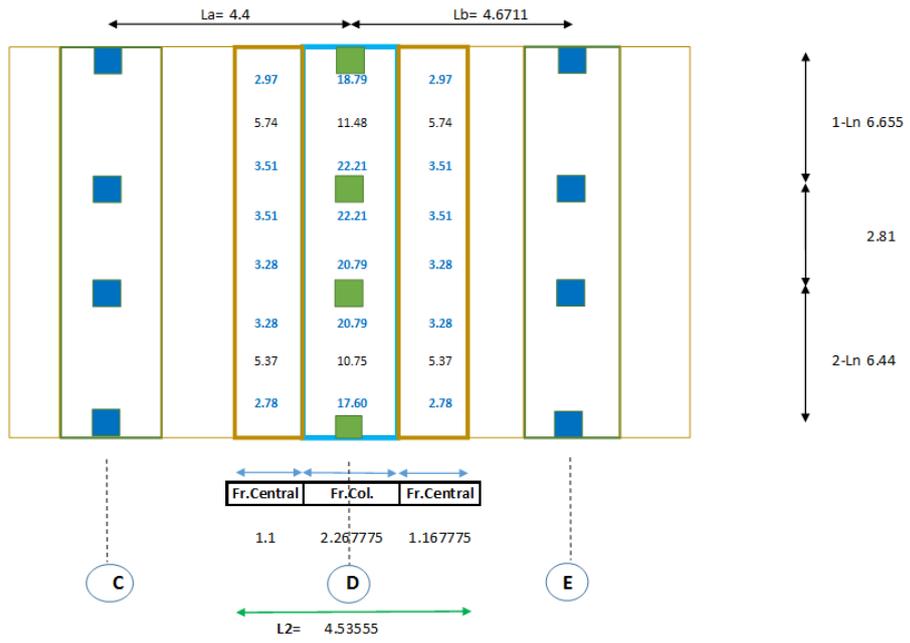


Calculo de Momentos Losa Placa Plana

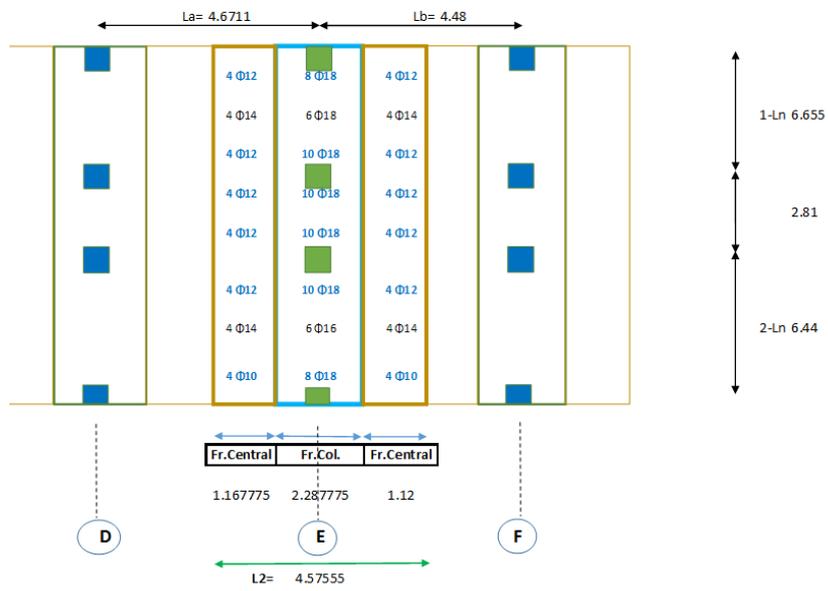
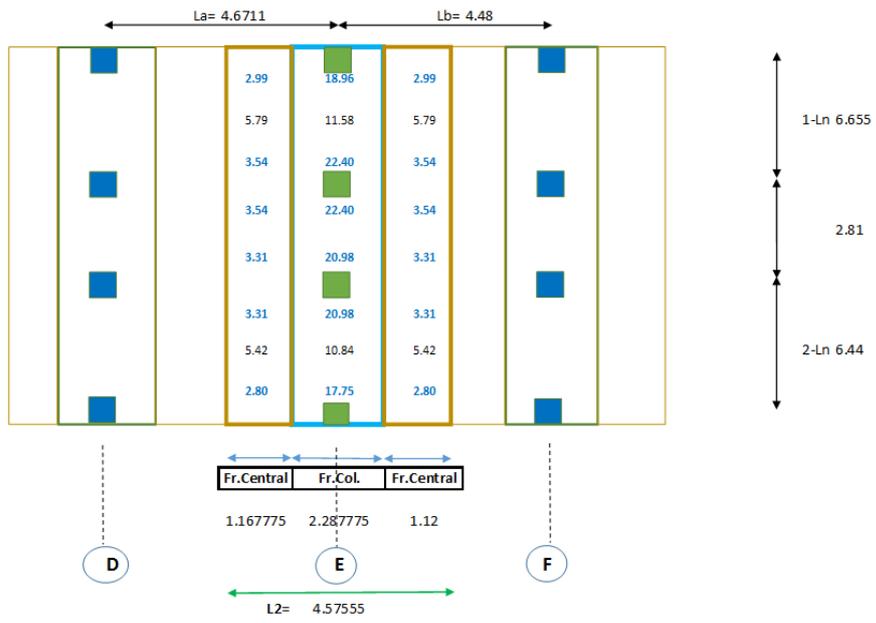
Eje D

Datos

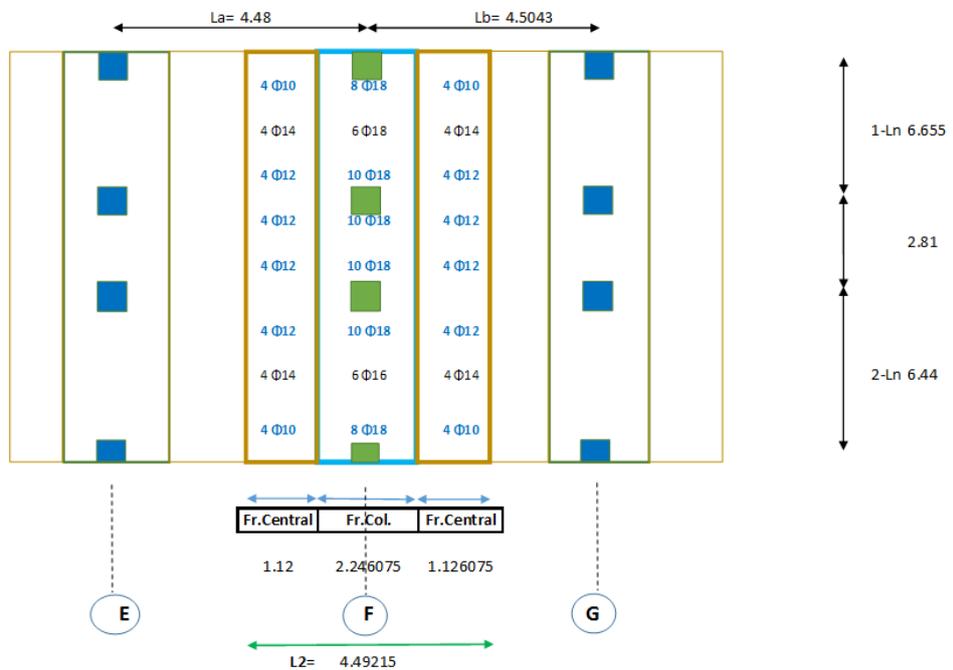
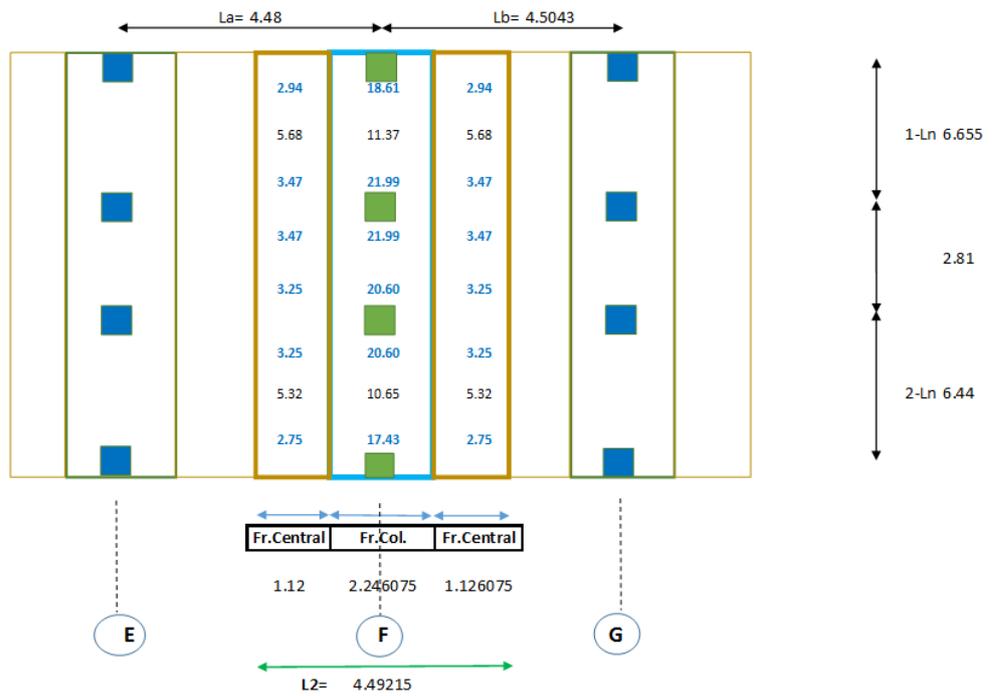
1-Ln	6.655	m.	H macizo	30	cm.	2-Ln	6.44	m.	H macizo	30	cm.					
L2	4.53555	m.	rec	2.5	cm.	L2	4.53555	m.	rec	2.5	cm.					
Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.	Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.					
$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$	29.218195	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	24.72309	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{14}$	22.95715	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$	27.3608126	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	23.1514568	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{14}$	21.4977813
Mu(-) franja col 76%=	22.205828	Mu(-) franja col 76%=	Mu(+) franja col 50%=	18.78955	Mu(+) franja col 50%=	Mu(-) franja col 76%=	11.47858	Mu(-) franja col 76%=	Mu(-) franja col 76%=	20.7942176	Mu(-) franja col 76%=	Mu(+) franja col 50%=	17.5951072	Mu(+) franja col 50%=	Mu(-) franja col 25%=	10.7488907
Mu(-) franja central 12%=	3.5061833	Mu(-) franja central 12%=	Mu(-) franja central 25%=	2.966771	Mu(-) franja central 25%=	Mu(-) franja central 12%=	5.739288	Mu(-) franja central 12%=	Mu(-) franja central 12%=	3.28329751	Mu(-) franja central 12%=	Mu(-) franja central 25%=	2.77817482	Mu(-) franja central 25%=	Mu(-) franja central 50%=	5.37444533
As Fr.Col.	23.897149	As Fr.Col.	As Fr.Col.	20.22066	As Fr.Col.	As Fr.Col.	12.35285	As Fr.Col.	As Fr.Col.	22.3780221	As Fr.Col.	As Fr.Col.	18.9352494	As Fr.Col.	As Fr.Col.	11.5675866
10 Φ18		8 Φ18	6 Φ18		10 Φ18	6 Φ18		8 Φ18	10 Φ18		8 Φ18	6 Φ16		6 Φ16		
As Fr.Cen.	3.773234	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	3.192736	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	6.176425	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	3.53337191	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	2.98977623	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	5.7837933
4 Φ12		4 Φ10	4 Φ14		4 Φ12	4 Φ14		4 Φ12	4 Φ10		4 Φ12	4 Φ10		4 Φ14		



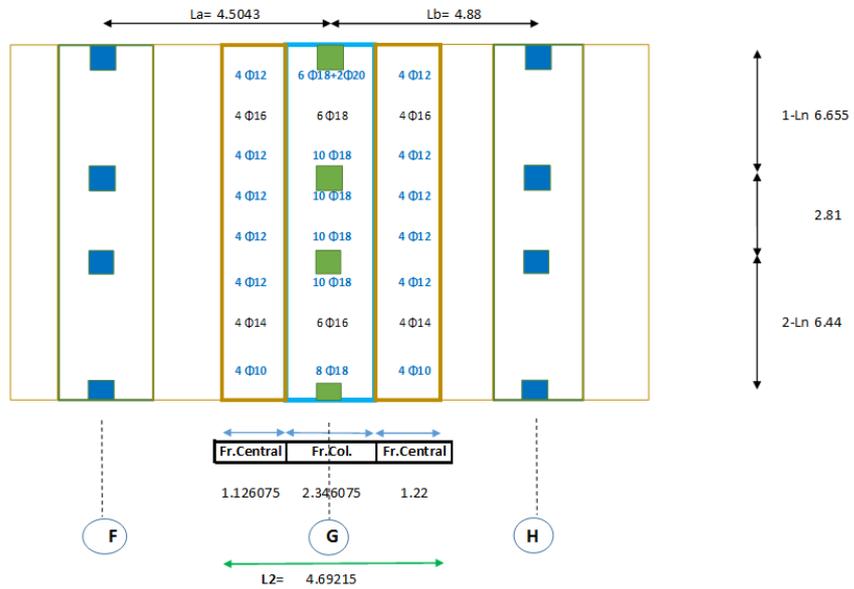
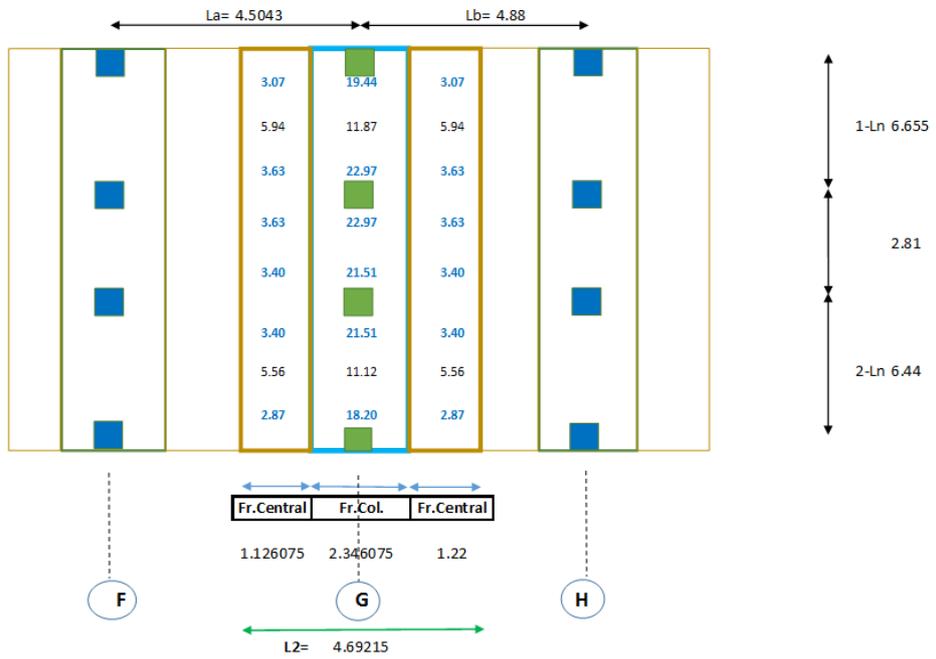
Calculo de Momentos Losa Placa Plana																
Eje E																
Datos																
1-Ln	6.655	m.	H macizo	30	cm.	2-Ln	6.44	m.	H macizo	30	cm.	30	cm.			
L2	4.57555	m.	rec	2.5	cm.	L2	4.57555	m.	rec	2.5	cm.	2.5	cm.			
Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.	Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.	27.5	cm.			
$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$	29.475876	Mu	$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	24.94113	Mu	$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{14}$	23.15962	Mu	$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$	27.6021135	Mu	$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	23.3556345	Mu	$MU = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{14}$	21.6873749
Mu(-) franja col 76%=	22.401666	Mu(-) franja col 76%=	18.95526		Mu(+) franja col 50%=	11.57981		Mu(-) franja col 76%=	20.9776063		Mu(-) franja col 76%=	17.7502822		Mu(+) franja col 50%=	10.8436875	
Mu(-) franja central 12%=	3.5371051	Mu(-) franja central 12%=	2.992935		Mu(-) franja central 25%=	5.789904		Mu(-) franja central 12%=	3.31225362		Mu(-) franja central 12%=	2.80267614		Mu(-) franja central 25%=	5.42184373	
As Fr.Col.	24.107903	As Fr.Col.	20.39899		As Fr.Col.	12.46179		As Fr.Col.	22.5753787		As Fr.Col.	19.1022435		As Fr.Col.	11.6696037	
10 Ø18		8 Ø18			6 Ø18			10 Ø18			8 Ø18			6 Ø16		
As Fr.Cen.	3.8065109	As Fr.Cen.	3.220894		As Fr.Cen.	6.230896		As Fr.Cen.	3.56453348		As Fr.Cen.	3.01614371		As Fr.Cen.	5.83480183	
4 Ø12		4 Ø12			4 Ø14			4 Ø12			4 Ø14			4 Ø14		



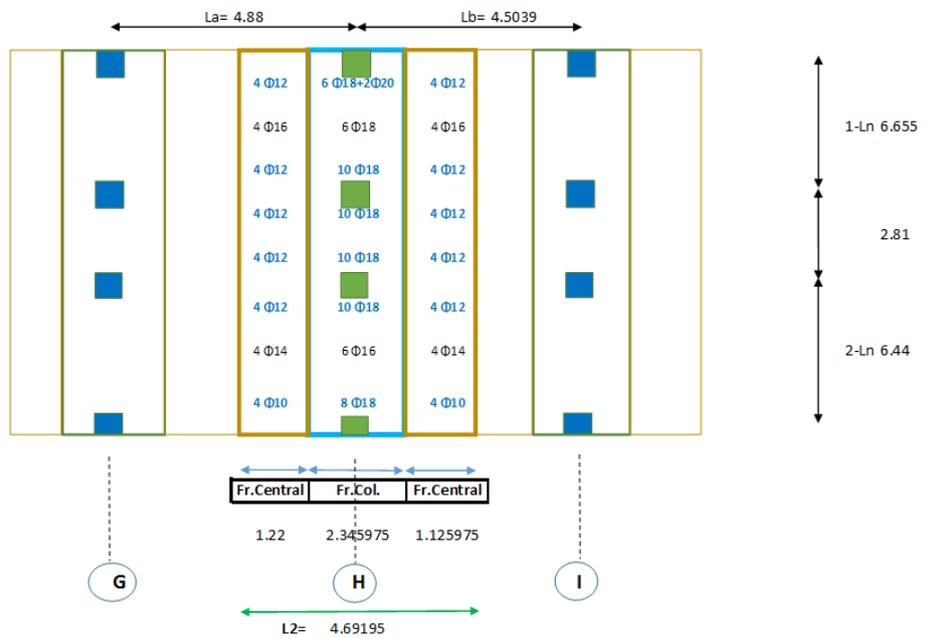
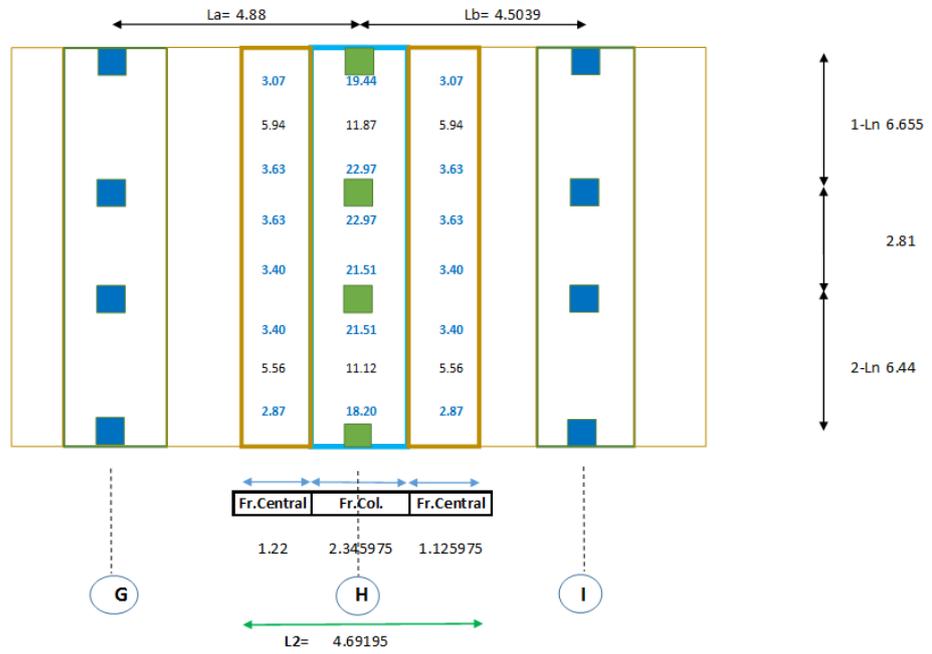
Calculo de Momentos Losa Placa Plana													
Eje F													
Datos													
1-Ln	6.655	m.	H macizo	30	cm.	2-Ln	6.44	m.	H macizo	30	cm.		
L2	4.49215	m.	rec	2.5	cm.	L2	4.49215	m.	rec	2.5	cm.		
Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.	Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.		
$MU = \frac{Ln^2 L2 * Wu}{11}$	28.93861	Mu	$MU = \frac{Ln^2 L2 * Wu}{13}$	24.48652	Mu	$MU = \frac{Ln^2 L2 * Wu}{11}$	27.0990011	Mu	$MU = \frac{Ln^2 L2 * Wu}{13}$	22.929924	Mu	$MU = \frac{Ln^2 L2 * Wu}{14}$	21.2920723
Mu(-) franja col 76%=	21.993344	Mu(-) franja col 76%=	18.60975	Mu(+) franja col 50%=	11.36874	Mu(-) franja col 76%=	20.5952408	Mu(-) franja col 76%=	17.4267422	Mu(+) franja col 50%=	10.6460361	Mu(-) franja central 25%=	5.32301806
Mu(-) franja central 12%=	3.4726332	Mu(-) franja central 12%=	2.938382	Mu(-) franja central 25%=	5.68437	Mu(-) franja central 12%=	3.25188013	Mu(-) franja central 12%=	2.75159088	Mu(-) franja central 25%=	5.32301806	As Fr.Col.	11.4568981
As Fr.Col.	23.66848	As Fr.Col.	20.02718	As Fr.Col.	12.23465	As Fr.Col.	22.1638901	As Fr.Col.	18.7540609	As Fr.Col.	11.4568981	6 Φ 16	
As Fr.Cen.	3.7371285	As Fr.Cen.	3.162186	As Fr.Cen.	6.117323	As Fr.Cen.	3.4995616	As Fr.Cen.	2.96116751	As Fr.Cen.	5.72844905	4 Φ 14	
	4 Φ 12		4 Φ 10		4 Φ 14		4 Φ 12		4 Φ 10		4 Φ 14		



Calculo de Momentos Losa Placa Plana													
Eje G													
Datos													
1-Ln	6.655	m.	H macizo	30	cm.	2-Ln	6.44	m.	H macizo	30	cm.		
L2	4.69215	m.	rec	2.5	cm.	L2	4.69215	m.	rec	2.5	cm.		
Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.	Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.		
$Mu = \frac{Ln^2 \cdot L2 \cdot Wu}{11}$	30.227018	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 \cdot L2 \cdot Wu}{13}$	25.57671	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 \cdot L2 \cdot Wu}{11}$	28.3055058	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 \cdot L2 \cdot Wu}{13}$	23.9508126	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 \cdot L2 \cdot Wu}{14}$	22.2400403
Mu(-) franja col 76%=-	22.972534	Mu(-) franja col 76%=-	Mu(+) franja col 50%=-	19.4383	Mu(+) franja col 50%=-	Mu(-) franja col 76%=-	11.8749	Mu(-) franja col 76%=-	Mu(-) franja col 76%=-	21.5121844	Mu(+) franja col 50%=-	11.1200201	
Mu(-) franja central 12%=-	3.6272422	Mu(-) franja central 12%=-	Mu(-) franja central 25%=-	3.069205	Mu(-) franja central 25%=-	Mu(-) franja central 12%=-	5.93745	Mu(-) franja central 12%=-	Mu(-) franja central 12%=-	3.39666069	Mu(-) franja central 25%=-	5.56001006	
As Fr.Col.	24.722251	As Fr.Col.	As Fr.Col.	20.91883	As Fr.Col.	As Fr.Col.	12.77936	As Fr.Col.	As Fr.Col.	23.1506733	As Fr.Col.	11.9669834	
10 Ø18		6 Ø18+2Ø20	6 Ø18		10 Ø18	10 Ø18		8 Ø18	6 Ø16		6 Ø16		
As Fr.Cen.	3.9035133	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	3.302973	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	6.38968	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	3.09300493	As Fr.Cen.	5.98349169	
4 Ø12		4 Ø12	4 Ø16		4 Ø12	4 Ø12		4 Ø12	4 Ø10		4 Ø14		



Calculo de Momentos Losa Placa Plana													
Eje H													
Datos													
1-Ln	6.655	m.	H macizo	30	cm.	2-Ln	6.44	m.	H macizo	30	cm.		
L2	4.69195	m.	rec	2.5	cm.	L2	4.69195	m.	rec	2.5	cm.		
Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.	Wu	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.		
$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$	30.22573	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	25.57562	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$	28.3042993	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	23.9497917	Mu	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{14}$	22.2390923
Mu(-) franja col 76%=	22.971554	Mu(-) franja col 76%=	19.43747	11.87439	Mu(+) franja col 50%=	Mu(-) franja col 76%=	Mu(-) franja col 76%=	Mu(-) franja col 76%=	Mu(+) franja col 50%=	18.2018417	Mu(-) franja col 50%=	11.1195461	
Mu(-) franja central 12%=	3.6270875	Mu(-) franja central 12%=	3.069074	5.937197	Mu(-) franja central 25%=	Mu(-) franja central 12%=	Mu(-) franja central 12%=	Mu(-) franja central 12%=	Mu(-) franja central 25%=	2.873975	Mu(-) franja central 25%=	5.55977307	
As Fr.Col.	24.721197	As Fr.Col.	20.91794	12.77881	As Fr.Col.	As Fr.Col.	As Fr.Col.	As Fr.Col.	As Fr.Col.	19.5881963	As Fr.Col.	11.9664733	
10 Φ18		6 Φ18+2Φ20		6 Φ18		10 Φ18		8 Φ18		6 Φ16		6 Φ16	
As Fr.Cen.	3.9033469	As Fr.Cen.	3.302832	6.389407	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	As Fr.Cen.	3.0928731	As Fr.Cen.	5.98323665	
4 Φ12		4 Φ12		4 Φ16		4 Φ12		4 Φ10		4 Φ10		4 Φ14	

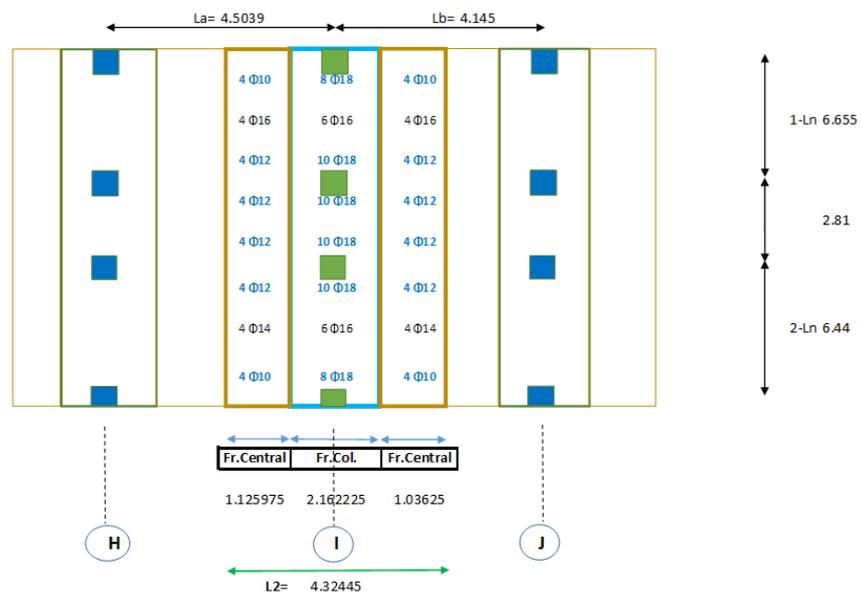
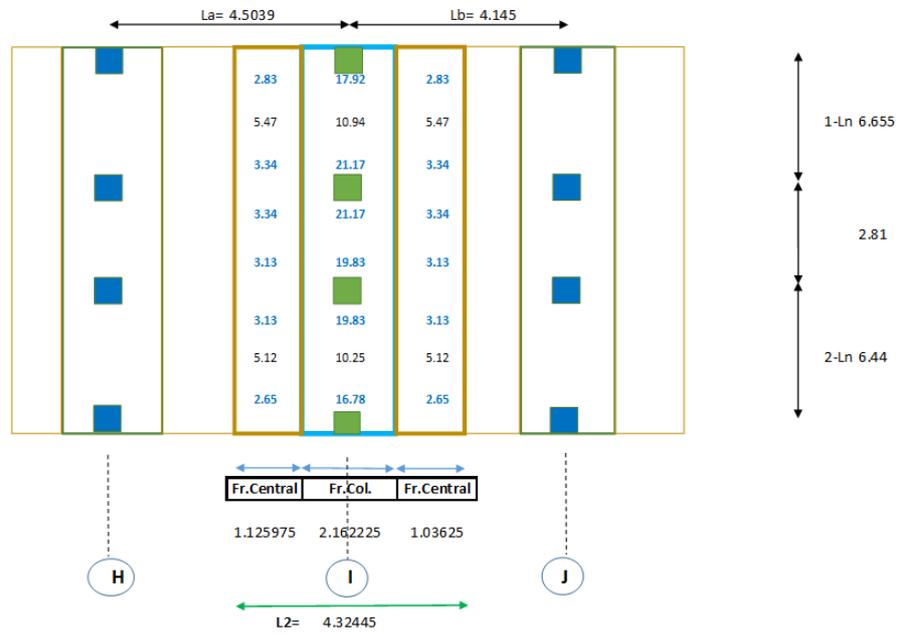


Calculo de Momentos Losa Placa Plana

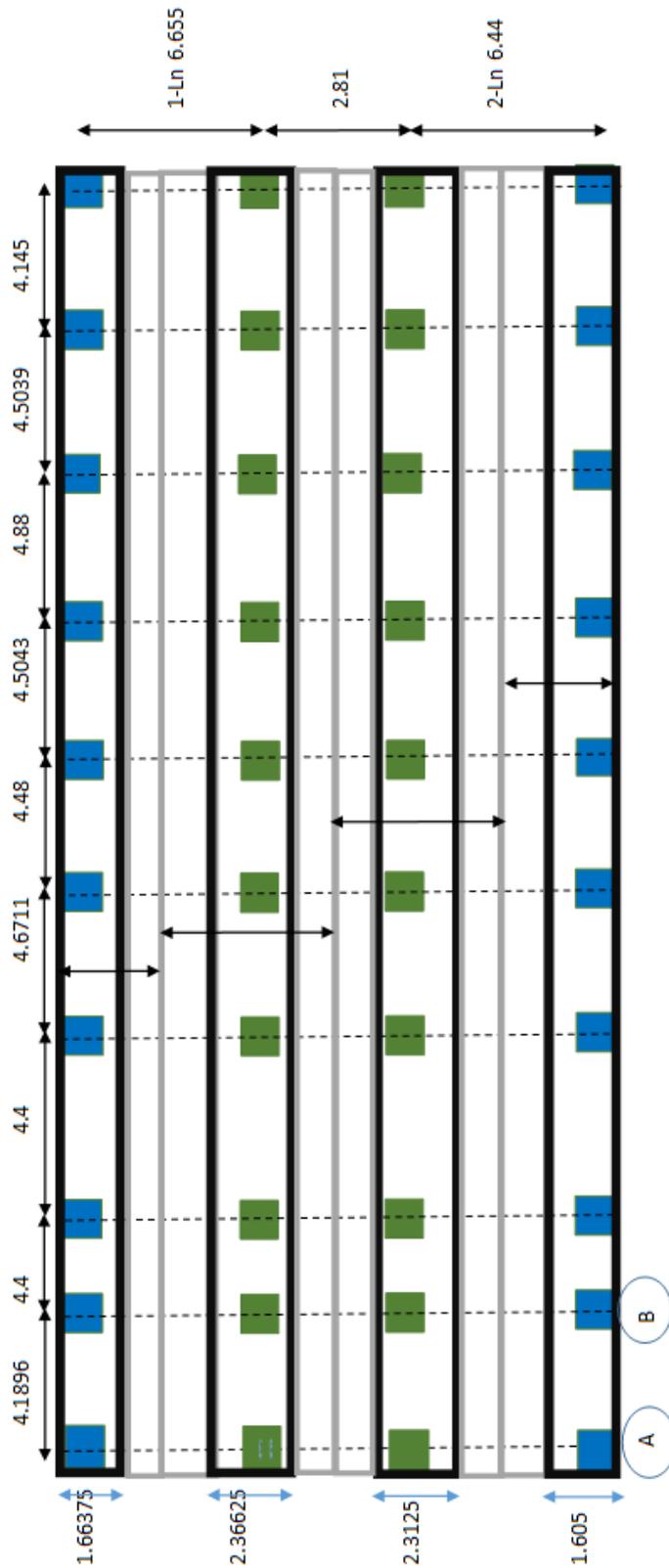
Eje I

Datos

	1-Ln	2-Ln	30	cm.	6.44	m.	H macizo	30	cm.	6.44	m.	H macizo	30	cm.
	L2	L2	2.5	cm.	4.32445	m.	rec	2.5	cm.	4.32445	m.	rec	2.5	cm.
	Wu	Wu	1.6	Ton/m ²	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.	1.6	Ton/m ²	d	27.5	cm.
$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{14}$	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{14}$		$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{14}$		$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{13}$	$Mu = \frac{Ln^2 L2 + Wu}{11}$
Mu	27.85828	23.57239	Mu	21.88865	Mu	26.0873468		Mu	22.0739089	Mu	20.4972011		Mu	20.4972011
Mu(-) franja col 76% =	Mu(-) franja col 76% = 21.172293	Mu(+) franja col 50% = 17.91502	Mu(-) franja col 76% = 10.94432	Mu(-) franja col 76% = 19.8263836	Mu(-) franja col 76% = 16.7761707	Mu(-) franja col 50% = 10.2486005		Mu(-) franja col 76% = 16.7761707	Mu(-) franja col 76% = 19.8263836	Mu(-) franja col 76% = 16.7761707	Mu(+) franja col 50% = 10.2486005		Mu(+) franja col 50% = 10.2486005	Mu(-) franja col 50% = 10.2486005
Mu(-) franja central 12% =	Mu(-) franja central 12% = 3.3429936	Mu(-) franja central 25% = 2.828687	Mu(-) franja central 12% = 5.472162	Mu(-) franja central 12% = 3.13048162	Mu(-) franja central 12% = 2.64886906	Mu(-) franja central 25% = 5.12430027		Mu(-) franja central 12% = 3.13048162	Mu(-) franja central 12% = 3.13048162	Mu(-) franja central 12% = 2.64886906	Mu(-) franja central 25% = 5.12430027		Mu(-) franja central 25% = 5.12430027	Mu(-) franja central 25% = 5.12430027
As Fr.Col.	22.784894	19.27953	As Fr.Col.	11.77791	As Fr.Col.	21.3364724		As Fr.Col.	18.0539382	As Fr.Col.	11.0291916		As Fr.Col.	11.0291916
10 Ø18	8 Ø18	6 Ø16	6 Ø16	10 Ø18	8 Ø18	6 Ø16		8 Ø18	6 Ø16	8 Ø18	6 Ø16		6 Ø16	6 Ø16
As Fr.Cen.	3.5976148	3.044136	As Fr.Cen.	5.888953	As Fr.Cen.	3.3689167		As Fr.Cen.	2.85062182	As Fr.Cen.	5.51459579		As Fr.Cen.	5.51459579
4 Ø12	4 Ø10	4 Ø16	4 Ø16	4 Ø12	4 Ø10	4 Ø16		4 Ø10	4 Ø12	4 Ø10	4 Ø14		4 Ø10	4 Ø14



	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
L2	3.3275	4.7325	4.625	3.215



	Ln	L2 eje 1	$\mu_{u=\frac{Ln^2 L2+Wu}{11}}$	$\mu_{u=\frac{Ln^2 L2+Wu}{13}}$	$\mu_{u=\frac{Ln^2 L2+Wu}{14}}$	76%	12%	76%	12%	50%	25%
A-B	4.1896	4.7325		10.22	9.49	0.00	0.00	7.77	1.23	4.75	2.37
B-C	4.4	4.7325	13.33		10.47	10.13	1.60	0.00	0.00	5.24	2.62
C-D	4.4	4.7325	13.33		10.47	10.13	1.60	0.00	0.00	5.24	2.62
D-E	4.6711	4.7325	15.02		11.80	11.41	1.80	0.00	0.00	5.90	2.95
E-F	4.48	4.7325	13.82		10.86	10.50	1.66	0.00	0.00	5.43	2.71
F-G	4.5043	4.7325	13.97		10.97	10.61	1.68	0.00	0.00	5.49	2.74
G-H	4.88	4.7325	16.39		12.88	12.46	1.97	0.00	0.00	6.44	3.22
H-I	4.5039	4.7325	13.96		10.97	10.61	1.68	0.00	0.00	5.49	2.74
I-J	4.145	4.7325		10.01	9.29	0.00	0.00	7.61	1.20	4.65	2.32

		As			
0.00	0.00	8.36	1.32	5.11	2.55
10.90	1.72	0.00	0.00	5.63	2.82
10.90	1.72	0.00	0.00	5.63	2.82
12.28	1.94	0.00	0.00	6.35	3.17
11.30	1.78	0.00	0.00	5.84	2.92
11.42	1.80	0.00	0.00	5.90	2.95
13.41	2.12	0.00	0.00	6.93	3.47
11.42	1.80	0.00	0.00	5.90	2.95
0.00	0.00	8.18	1.29	5.00	2.50
7Φ16	3Φ10	5Φ16	3Φ8	5Φ14	3Φ12
	2Φ12		2Φ10		2Φ14

	Ln	L2 eje 2-3	$\mu_{u=\frac{Ln^2 L2+Wu}{11}}$	$\mu_{u=\frac{Ln^2 L2+Wu}{13}}$	$\mu_{u=\frac{Ln^2 L2+Wu}{14}}$	76%	24%	76%	24%	50%	50%
A-B	4.1896	3.3275	8.50	7.19	6.68	6.46	2.04	5.46	1.73	3.34	3.34
B-C	4.4	3.3275	9.37		7.36	7.12	2.25	0.00	0.00	3.68	3.68
C-D	4.4	3.3275	9.37		7.36	7.12	2.25	0.00	0.00	3.68	3.68
D-E	4.6711	3.3275	10.56		8.30	8.03	2.53	0.00	0.00	4.15	4.15
E-F	4.48	3.3275	9.71		7.63	7.38	2.33	0.00	0.00	3.82	3.82
F-G	4.5043	3.3275	9.82		7.72	7.46	2.36	0.00	0.00	3.86	3.86
G-H	4.88	3.3275	11.53		9.06	8.76	2.77	0.00	0.00	4.53	4.53
H-I	4.5039	3.3275	9.82		7.71	7.46	2.36	0.00	0.00	3.86	3.86
I-J	4.145	3.3275	8.32	7.04	6.53	6.32	2.00	5.35	1.69	3.27	3.27

		As			
6.95	2.19	5.88	1.86	3.59	3.59
7.66	2.42	0.00	0.00	3.96	3.96
7.66	2.42	0.00	0.00	3.96	3.96
8.64	2.73	0.00	0.00	4.46	4.46
7.95	2.51	0.00	0.00	4.11	4.11
8.03	2.54	0.00	0.00	4.15	4.15
9.43	2.98	0.00	0.00	4.87	4.87
8.03	2.54	0.00	0.00	4.15	4.15
6.80	2.15	5.75	1.82	3.52	3.52
6Φ14	4Φ10	5Φ14	4Φ10	4Φ12	4Φ12
				2Φ12	
				3Φ10	

APÉNDICE D

Diagramas momento vs curvatura de vigas efectivas y columnas.

TRABAJO DE GRADO COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL. DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO - DIRECCIÓN X

ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

1663.8mm

SECCION F.C.=

x 300mm

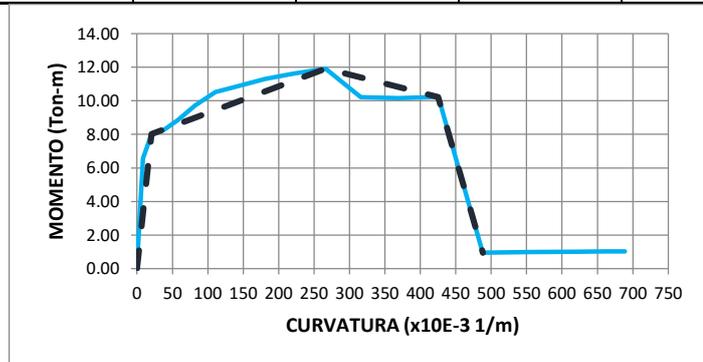
ARMADO= Sup. 5φ14mm

EJE 1-4

Inf. 2φ12 + 3φ10mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.20E-03	8	6.5638	21	8.02
0.020503937	21	8.0182	267	11.91
3.69E-02	37	8.2423	425	10.23
5.74E-02	57	8.8461	488	0.9428
8.20E-02	82	9.7277		
0.110748031	111	10.5105		
0.143543307	144	10.8745		
0.180433071	180	11.2972		
0.221456693	221	11.6215		
0.266574803	267	11.9107		
0.315787402	316	10.2173		
0.369094488	369	10.1628		
0.42519685	425	10.2305		
0.488188976	488	0.9428		
0.55511811	555	0.9846		
0.622047244	622	1.0069		
0.661417323	661	1.0328		
0.688976378	689	1.0312		
	0			



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO - DIRECCIÓN X

ELEMENTO= Viga - Tensión inf.

SECCION F.C.=

1663.8mm

x 300mm

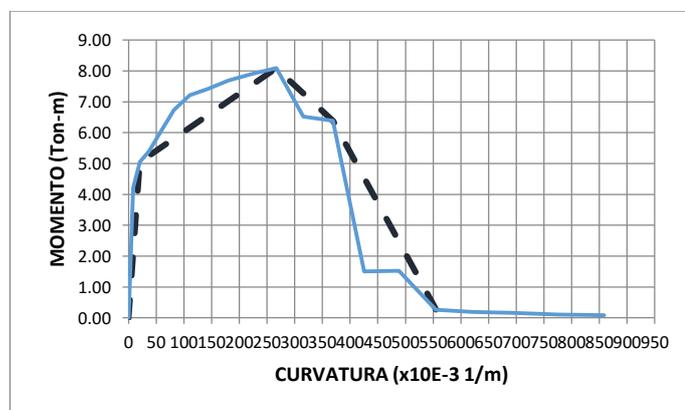
ARMADO= Sup. 5φ14mm

EJE 1-4

Inf.2φ12 + 3φ10mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.20E-03	8	4.2131	21	5.05
0.020503937	21	5.052	267	8.09
3.69E-02	37	5.3886	369	6.38
5.74E-02	57	6.003	555	0.263
8.20E-02	82	6.7409		
0.110748031	111	7.2094		
0.143543307	144	7.4255		
0.180433071	180	7.6907		
0.221456693	221	7.9014		
0.266574803	267	8.0922		
0.315787402	316	6.521		
0.369094488	369	6.3847		
0.42519685	425	1.5071		
0.488188976	488	1.5243		
0.55511811	555	0.263		
0.622047244	622	0.1935		
0.696850394	697	0.1576		
0.775590551	776	0.1051		
0.858267717	858	0.0913		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO - DIRECCIÓN X

SECCION F.C=

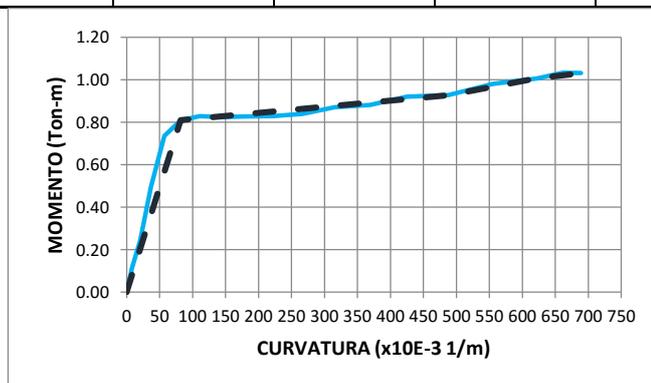
EJE 1-4

ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

1663.8mm x 300mm ARMADO=

Inf.2φ12 + 3φ10mm
No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.20E-03	8	0.1117	82	0.81
0.020503937	21	0.245	488	0.93
3.69E-02	37	0.4935	622	1.01
5.74E-02	57	0.7365	689	1.03
8.20E-02	82	0.8095		
0.110748031	111	0.8296		
0.143543307	144	0.825		
0.180433071	180	0.8271		
0.221456693	221	0.8285		
0.266574803	267	0.8392		
0.315787402	316	0.8716		
0.369094488	369	0.881		
0.42519685	425	0.9207		
0.488188976	488	0.928		
0.55511811	555	0.9805		
0.622047244	622	1.0067		
0.661417323	661	1.0329		
0.688976378	689	1.0312		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO - DIRECCIÓN X

ELEMENTO= Viga - Tensión inf.

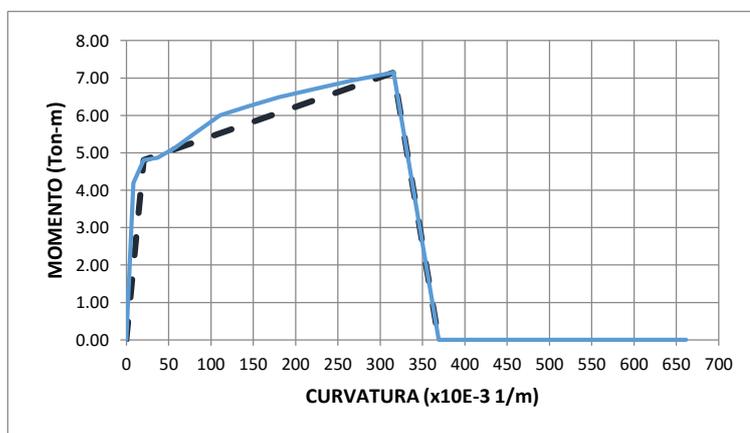
SECCION F.C.=

1663.8mm x 300mm ARMADO=

EJE 1-4

Inf.2φ12 +
3φ10mm
No presenta
estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.20E-03	8	4.1907	21	4.81
0.020503937	21	4.8115	316	7.14
3.69E-02	37	4.8667	369	0.00
5.74E-02	57	5.1306		
8.20E-02	82	5.5425		
0.110748031	111	5.9987		
0.143543307	144	6.2452		
0.180433071	180	6.4869		
0.221456693	221	6.7058		
0.266574803	267	6.9327		
0.315787402	316	7.1416		
0.369094488	369	0		
0.42519685	425	0		
0.488188976	488	0		
0.55511811	555	0		
0.622047244	622	0		
0.661417323	661	0		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO - DIRECCIÓN X

SECCION F.C.=

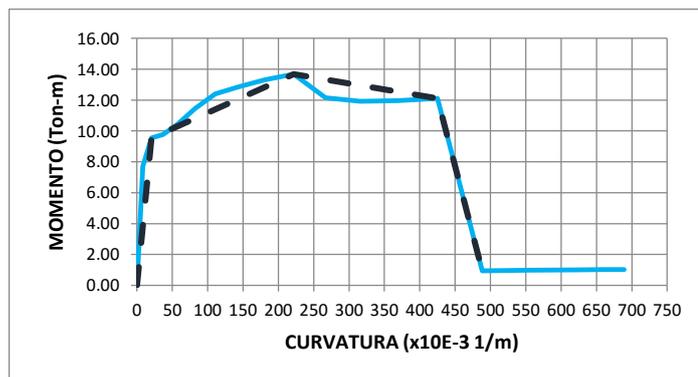
EJE 1-4

ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

1663.8mm
x 300mm

ARMADO= Sup. 6φ14mm
Inf. 2φ12 +
3φ10mm
No presenta
estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.20E-03	8	7.7009	21	9.53
0.020503937	21	9.5334	221	13.68
3.69E-02	37	9.7809	425	12.11
5.74E-02	57	10.4422	488	0.9476
8.20E-02	82	11.4448		
0.110748031	111	12.3881		
0.143543307	144	12.855		
0.180433071	180	13.3032		
0.221456693	221	13.6796		
0.266574803	267	12.153		
0.315787402	316	11.9278		
0.369094488	369	11.9617		
0.42519685	425	12.1064		
0.488188976	488	0.9476		
0.55511811	555	0.9836		
0.622047244	622	1.0068		
0.661417323	661	1.0328		
0.688976378	689	1.0312		



TRABAJO DE GRADO
COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL.

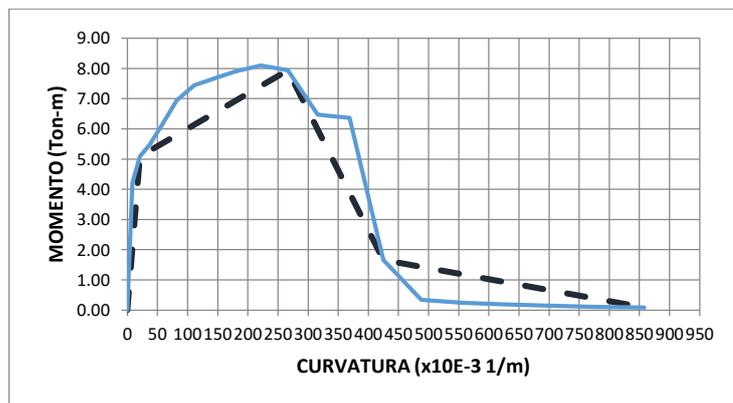
DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO - DIRECCIÓN X
 SECCION F.C.=
 EJE 1 -4

ELEMENTO= Viga - Tensión inf.
 ARMADO= Sup. 6φ14mm
 Inf. 2φ12 + 3φ10mm
 No presenta estribos

1663.8mm
 x 300mm

DIAGRAMA REAL		DIAGRAMA IDEAL		
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.20E-03	8	4.2172	21	5.09
0.020503937	21	5.0905	267	7.94
3.69E-02	37	5.471	425	1.67
5.74E-02	57	6.135	858	0.086
8.20E-02	82	6.9507		
0.110748031	111	7.4433		
0.143543307	144	7.6604		
0.180433071	180	7.9076		
0.221456693	221	8.0931		
0.266574803	267	7.9381		
0.315787402	316	6.469		
0.369094488	369	6.3677		
0.42519685	425	1.6665		
0.488188976	488	0.34		
0.55511811	555	0.25		
0.622047244	622	0.1937		
0.696850394	697	0.1455		
0.775590551	776	0.1074		
0.858267717	858	0.086		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO - DIRECCIÓN X

ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

2312.5mm

SECCION F.C=

x 300mm

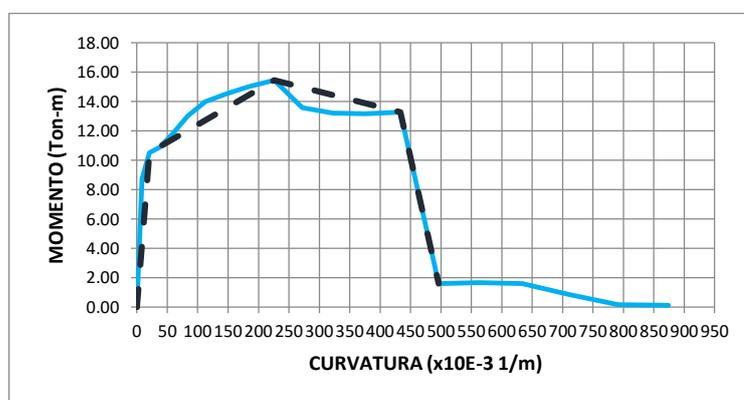
ARMADO= Sup. 5φ16mm

Eje 2 -3

Inf. 5φ14mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.36E-03	8	8.7289	21	10.51
2.09E-02	21	10.5067	226	15.44
3.76E-02	38	10.8835	433	13.27
5.85E-02	59	11.795	496	1.6036
8.36E-02	84	13.0103		
0.112874016	113	13.9854		
0.146338583	146	14.5121		
0.183937008	184	15.0028		
0.225748031	226	15.4368		
0.271732283	272	13.5891		
0.321929134	322	13.2083		
0.376259843	376	13.1754		
0.433070866	433	13.2736		
0.496062992	496	1.6036		
0.562992126	563	1.6766		
0.633858268	634	1.5945		
0.712598425	713	0.8386		
0.791338583	791	0.17		
0.874015748	874	0.1234		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO - DIRECCIÓN X

SECCION F.C=

Eje 2 -3

2312.5mm
x 300mm

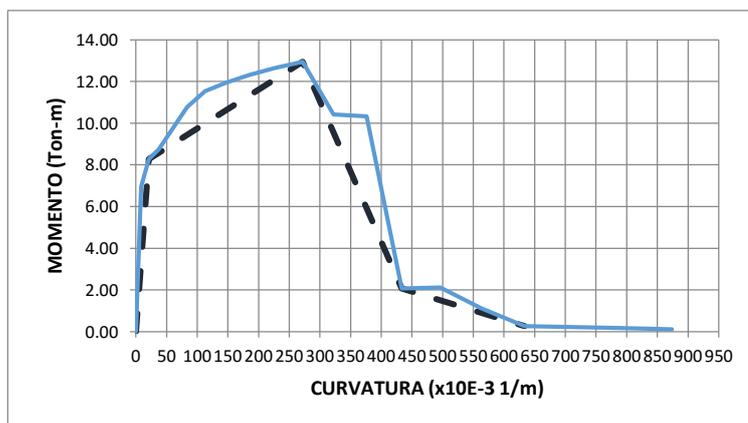
ELEMENTO= Viga - Tensión inf.

ARMADO= Sup. 5φ16mm

Inf. 5φ14mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.36E-03	8	6.9418	21	8.28
2.09E-02	21	8.2823	272	12.95
3.76E-02	38	8.7484	433	2.07
5.85E-02	59	9.6765	634	0.2709
8.36E-02	84	10.767		
0.112874016	113	11.5332		
0.146338583	146	11.9343		
0.183937008	184	12.3094		
0.225748031	226	12.6418		
0.271732283	272	12.9534		
0.321929134	322	10.4243		
0.376259843	376	10.3296		
0.433070866	433	2.0673		
0.496062992	496	2.1134		
0.562992126	563	1.1268		
0.633858268	634	0.2709		
0.712598425	713	0.2159		
0.791338583	791	0.1773		
0.874015748	874	0.1118		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO - DIRECCIÓN X

ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

SECCION F.C=

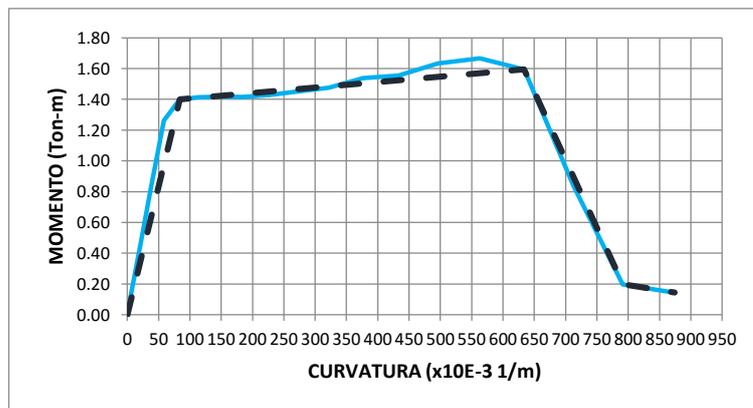
2312.5mm
x 300mm

ARMADO=

Eje 2 -3

Inf.5φ14mm
No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.36E-03	8	0.1914	84	1.40
2.09E-02	21	0.4546	634	1.59
3.76E-02	38	0.8291	791	0.20
5.85E-02	59	1.2616	874	0.14
8.36E-02	84	1.3995		
0.112874016	113	1.4137		
0.146338583	146	1.4171		
0.183937008	184	1.4155		
0.225748031	226	1.4272		
0.271732283	272	1.4505		
0.321929134	322	1.4756		
0.376259843	376	1.5381		
0.433070866	433	1.5552		
0.496062992	496	1.6332		
0.562992126	563	1.6667		
0.633858268	634	1.5945		
0.712598425	713	0.8386		
0.791338583	791	0.1985		
0.874015748	874	0.1441		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO - DIRECCIÓN X

ELEMENTO= Viga - Tensión inf.

2312.5mm

SECCION F.C=

x 300mm

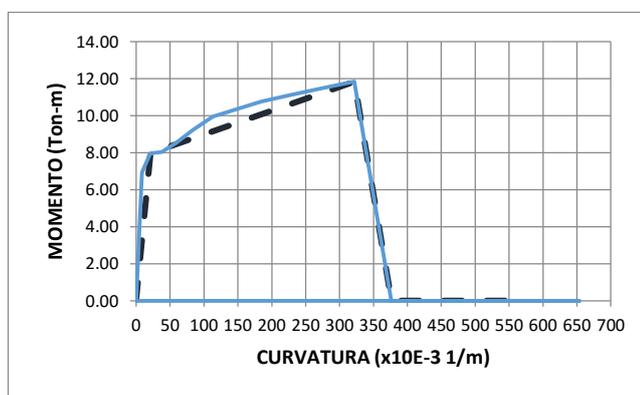
ARMADO=

Eje 2 -3

Inf.5φ14mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.36E-03	8	6.9173	21	7.96
2.09E-02	21	7.9619	322	11.83
3.76E-02	38	8.0215	376	0.00
5.85E-02	59	8.5018	563	0.00
8.36E-02	84	9.2167		
0.112874016	113	9.9426		
0.146338583	146	10.3276		
0.183937008	184	10.7439		
0.225748031	226	11.0969		
0.271732283	272	11.4611		
0.321929134	322	11.831		
0.376259843	376	0		
0.433070866	433	0		
0.496062992	496	0		
0.562992126	563	0		
0.633858268	634	0		
0.653543307	654	0		
	0	0		
	0	0		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO - DIRECCIÓN X

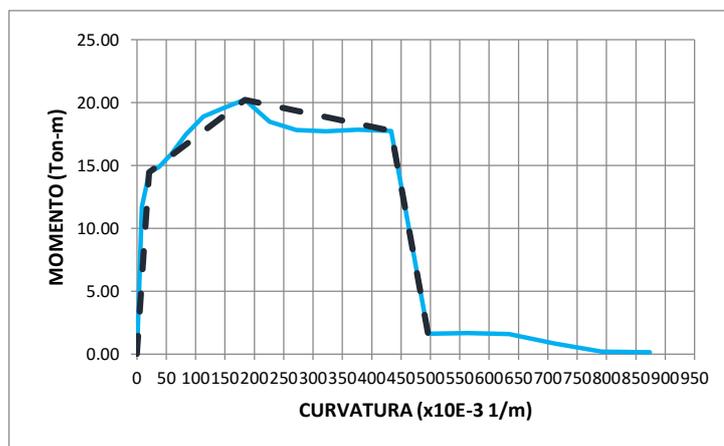
ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

SECCION F.C=
Eje 2 -3

2312.5mm
x 300mm

ARMADO= Sup. 7φ16mm
Inf.5φ14mm
No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.36E-03	8	11.7148	21	14.45
2.09E-02	21	14.4504	184	20.23
3.76E-02	38	14.8689	433	17.75
5.85E-02	59	15.9294	496	1.626
8.36E-02	84	17.4721		
0.112874016	113	18.8995		
0.146338583	146	19.5425		
0.183937008	184	20.2306		
0.225748031	226	18.4962		
0.271732283	272	17.8303		
0.321929134	322	17.7106		
0.376259843	376	17.8581		
0.433070866	433	17.7532		
0.496062992	496	1.626		
0.562992126	563	1.6669		
0.633858268	634	1.5945		
0.712598425	713	0.8386		
0.791338583	791	0.1996		
0.874015748	874	0.151		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO - DIRECCIÓN X

ELEMENTO= Viga - Tensión inf.

SECCION F.C=

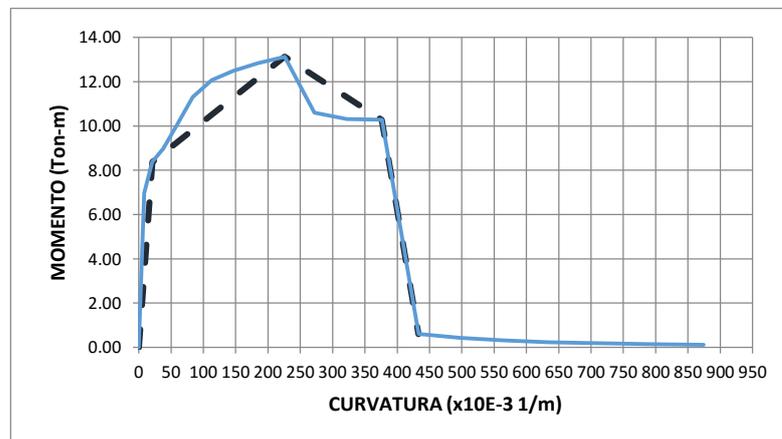
2312.5mm
x 300mm

ARMADO= Sup. 7φ16mm

Eje 2 -3

Inf.5φ14mm
No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.36E-03	8	6.9707	21	8.37
2.09E-02	21	8.3719	226	13.13
3.76E-02	38	8.9691	376	10.28
5.85E-02	59	10.0167	433	0.5994
8.36E-02	84	11.313		
0.112874016	113	12.0715		
0.146338583	146	12.4872		
0.183937008	184	12.8286		
0.225748031	226	13.1285		
0.271732283	272	10.5937		
0.321929134	322	10.3116		
0.376259843	376	10.2769		
0.433070866	433	0.5994		
0.496062992	496	0.4305		
0.562992126	563	0.3243		
0.633858268	634	0.2378		
0.712598425	713	0.1864		
0.791338583	791	0.1393		
0.874015748	874	0.1121		



TRABAJO DE GRADO
COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

SECCION F.C=

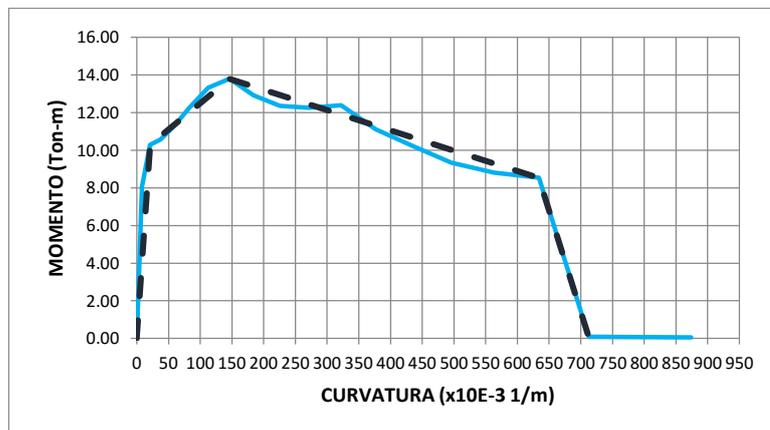
Eje A

ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

1247.4mm
x 300mm

ARMADO= Sup. 4φ18mm
Inf. 2φ16 +
1φ14mm
No presenta
estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.36E-03	8	8.0663	21	10.29
2.09E-02	21	10.293	146	13.80
3.76E-02	38	10.5823	634	8.53
5.85E-02	59	11.2679	713	0.086
8.36E-02	84	12.2953		
0.112874016	113	13.3259		
0.146338583	146	13.7986		
0.183937008	184	12.9127		
0.225748031	226	12.3525		
0.271732283	272	12.2536		
0.321929134	322	12.3891		
0.376259843	376	11.1163		
0.433070866	433	10.2497		
0.496062992	496	9.3428		
0.562992126	563	8.8054		
0.633858268	634	8.5327		
0.712598425	713	0.086		
0.791338583	791	0.0774		
0.874015748	874	0.0572		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

SECCION F.C=

Eje A

1247.4mm
x 300mm

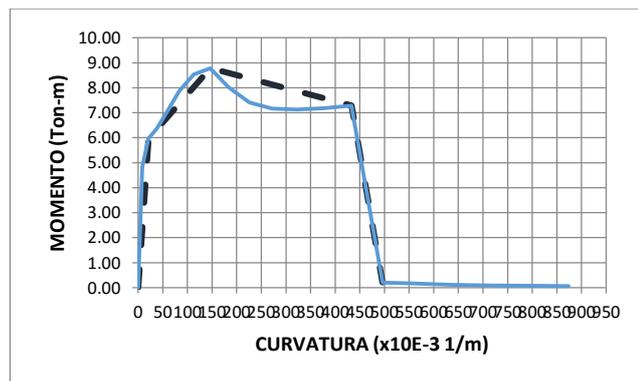
ELEMENTO=

ARMADO=

Viga - Tensión inf.

Sup. 4φ18mm
Inf. 2φ16 +
1φ14mm
No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (rad/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.36E-03	8	4.8315	21	5.96
2.09E-02	21	5.961	146	8.78
3.76E-02	38	6.3582	433	7.29
5.85E-02	59	7.0357	496	0.2065
8.36E-02	84	7.875		
0.112874016	113	8.5339		
0.146338583	146	8.7792		
0.183937008	184	8.0106		
0.225748031	226	7.4041		
0.271732283	272	7.1729		
0.321929134	322	7.1348		
0.376259843	376	7.1863		
0.433070866	433	7.288		
0.496062992	496	0.2065		
0.562992126	563	0.1588		
0.633858268	634	0.1149		
0.712598425	713	0.0893		
0.791338583	791	0.0705		
0.874015748	874	0.0657		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

SECCION F.C=

Eje A

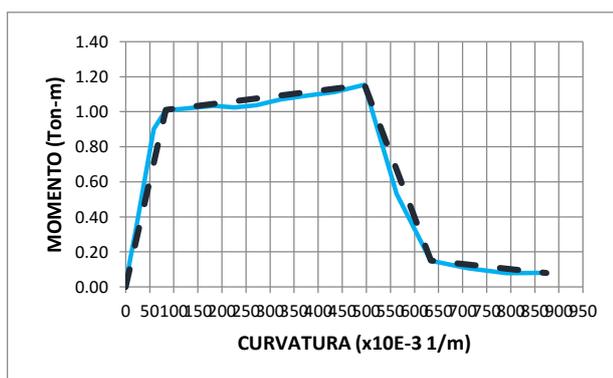
1247.4mm
x 300mm

ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

ARMADO=

Inf.2φ16 +
1φ14mm
No presenta
estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.36E-03	8	0.1399	84	1.01
2.09E-02	21	0.322	496	1.15
3.76E-02	38	0.5812	634	0.15
5.85E-02	59	0.8998	874	0.08
8.36E-02	84	1.0104		
0.112874016	113	1.016		
0.146338583	146	1.025		
0.183937008	184	1.0339		
0.225748031	226	1.0243		
0.271732283	272	1.0365		
0.321929134	322	1.0702		
0.376259843	376	1.0927		
0.433070866	433	1.1111		
0.496062992	496	1.1536		
0.562992126	563	0.5303		
0.633858268	634	0.15		
0.712598425	713	0.1067		
0.791338583	791	0.0785		
0.874015748	874	0.0806		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

SECCION F.C=

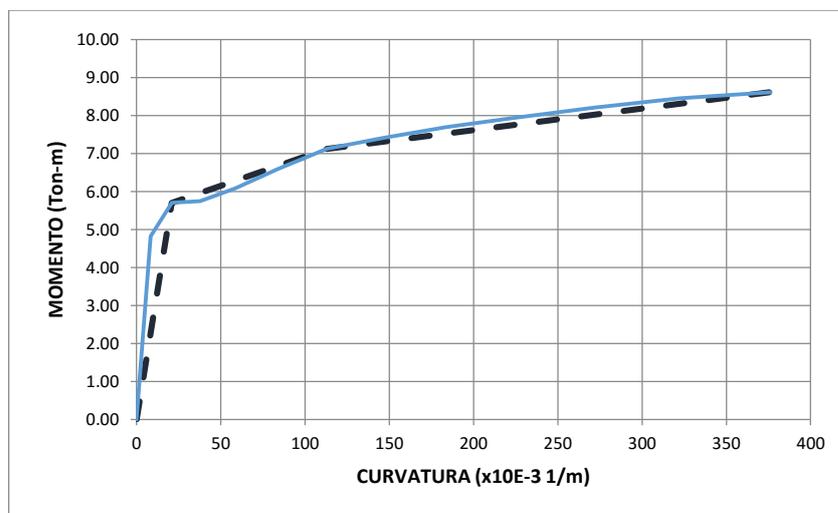
Eje A

ELEMENTO= Viga - Tensión inf.

1247.4mm x 300mm ARMADO=

Inf.2φ16 +
1φ14mm
No presenta
estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.36E-03	8	4.8251	21	5.70
2.09E-02	21	5.7035	113	7.12
3.76E-02	38	5.7498	376	8.61
5.85E-02	59	6.0835		
8.36E-02	84	6.5842		
1.13E-01	113	7.1226		
0.146338583	146	7.4078		
0.183937008	184	7.6991		
0.225748031	226	7.9492		
0.271732283	272	8.2043		
0.321929134	322	8.4485		
0.376259843	376	8.6141		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

SECCION F.C=

Eje A

1247.4mm
x 300mm

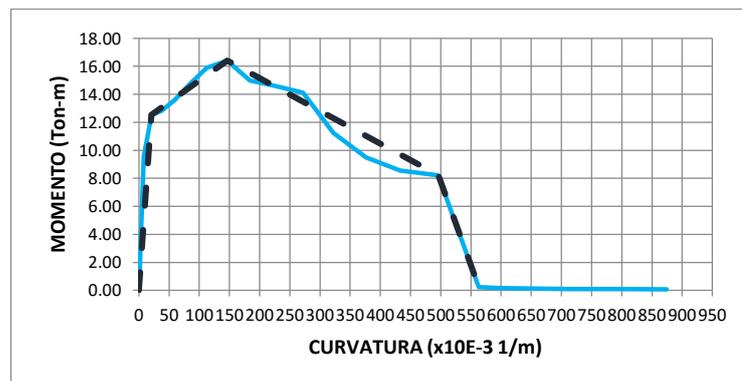
ELEMENTO=

ARMADO=

Viga - Tensión sup.

Sup. 4φ20mm
Inf. 2φ16 +
1φ14mm
No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.36E-03	8	9.5594	21	12.52
2.09E-02	21	12.5232	146	16.40
3.76E-02	38	12.8291	496	8.22
5.85E-02	59	13.5638	563	0.2299
8.36E-02	84	14.7151		
0.112874016	113	15.8875		
0.146338583	146	16.3992		
0.183937008	184	14.9731		
0.225748031	226	14.6041		
0.271732283	272	14.113		
0.321929134	322	11.2464		
0.376259843	376	9.487		
0.433070866	433	8.5508		
0.496062992	496	8.2185		
0.562992126	563	0.2299		
0.598425197	598	0.1642		
0.712598425	713	0.1056		
0.791338583	791	0.089		
0.874015748	874	0.0682		



TRABAJO DE GRADO
COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

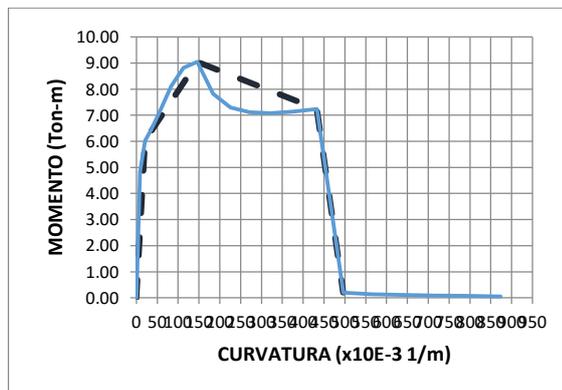
MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

SECCION F.C.=

Eje A

ELEMENTO= Viga - Tensión inf.
 1247.4mm x 300mm
 ARMADO= Sup. 4φ20mm
 Inf. 2φ16 + 1φ14mm
 No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.36E-03	8	4.8365	21	6.03
2.09E-02	21	6.0274	146	9.04
3.76E-02	38	6.4979	433	7.24
5.85E-02	59	7.2373	496	0.2038
8.36E-02	84	8.1133		
0.112874016	113	8.8183		
0.146338583	146	9.043		
0.183937008	184	7.8187		
0.225748031	226	7.2974		
0.271732283	272	7.1142		
0.321929134	322	7.0836		
0.376259843	376	7.1448		
0.433070866	433	7.2395		
0.496062992	496	0.2038		
0.562992126	563	0.1435		
0.633858268	634	0.1084		
0.712598425	713	0.0848		
0.791338583	791	0.0784		
0.874015748	874	0.0544		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

SECCION F.C.=

2147.4mm

ARMADO= Sup. 8φ18mm

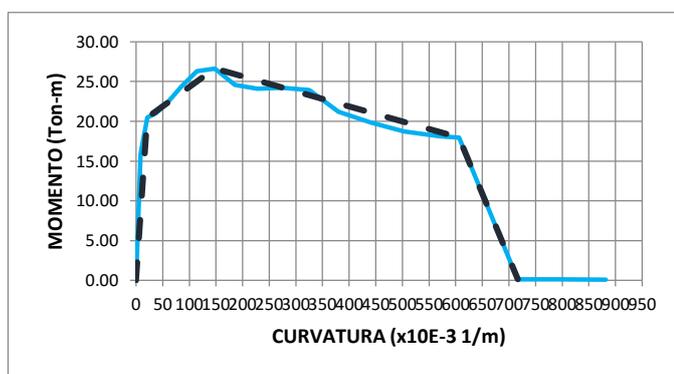
Eje B

x 300mm

Inf.6φ16mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.44E-03	8	15.9225	21	20.47
2.11E-02	21	20.4668	148	26.62
0.037996063	38	21.0426	606	17.96
5.91E-02	59	22.3848	717	0.1383
8.44E-02	84	24.3484		
0.113976378	114	26.3013		
0.147755906	148	26.622		
0.185748031	186	24.5922		
0.227992126	228	24.0851		
0.274409449	274	24.2035		
0.32507874	325	23.9119		
0.37996063	380	21.2159		
0.440944882	441	19.844		
0.503937008	504	18.7225		
0.570866142	571	18.1059		
0.606299213	606	17.9583		
0.716535433	717	0.1383		
0.799212598	799	0.1241		
0.881889764	882	0.1036		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

ELEMENTO= Viga - Tensión inf.

SECCION F.C=

2147.4mm

ARMADO= Sup. 8φ18mm

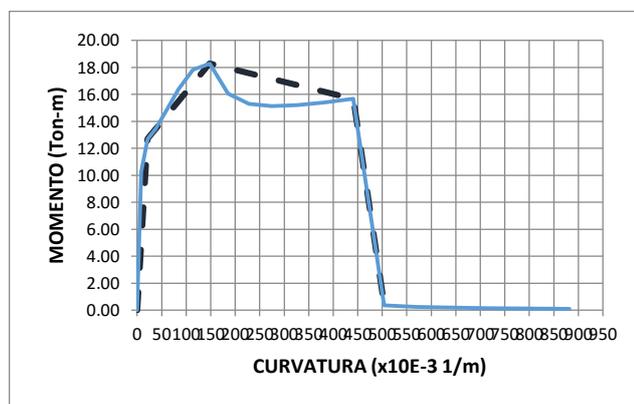
Eje B

x 300mm

Inf.6φ16mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.44E-03	8	10.2485	21	12.70
2.11E-02	21	12.7002	148	18.29
0.037996063	38	13.4552	441	15.67
5.91E-02	59	14.7618	504	0.3501
8.44E-02	84	16.3757		
0.113976378	114	17.8294		
0.147755906	148	18.2877		
0.185748031	186	16.0481		
0.227992126	228	15.3		
0.274409449	274	15.1276		
0.32507874	325	15.1956		
0.37996063	380	15.3884		
0.440944882	441	15.6687		
0.503937008	504	0.3501		
0.570866142	571	0.2362		
0.641732283	642	0.1841		
0.716535433	717	0.1448		
0.799212598	799	0.1335		
0.881889764	882	0.0925		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

2260m

m x

SECCION F.C.=

300mm

ARMADO=

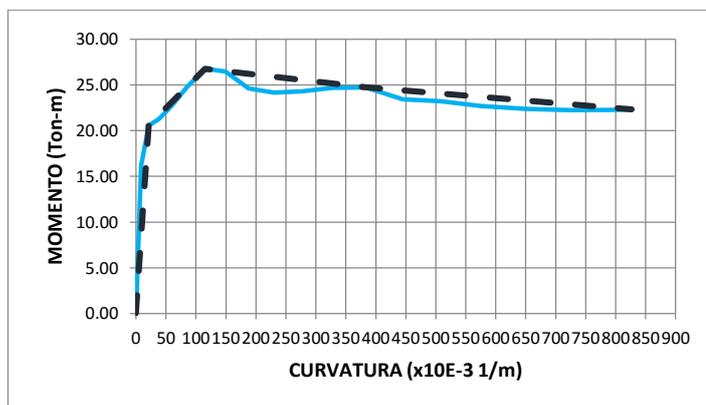
Sup. 8φ18mm

EJE DEF

Inf. 6φ18mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.53E-03	9	16.2074	21	20.57
2.13E-02	21	20.5698	115	26.77
3.84E-02	38	21.2495	384	24.73
5.97E-02	60	22.7396	827	22.32
8.53E-02	85	24.7937	0	
0.11511811	115	26.7695		
0.149212598	149	26.4547		
0.187598425	188	24.6152		
0.23023622	230	24.1589		
0.277125984	277	24.2867		
0.328307087	328	24.6892		
0.383740157	384	24.7301		
0.44488189	445	23.4202		
0.507874016	508	23.2126		
0.57480315	575	22.6994		
0.649606299	650	22.3768		
0.724409449	724	22.2481		
0.807086614	807	22.2755		
0.826771654	827	22.3155		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

ELEMENTO= Viga - Tensión inf.

2260mm

X

SECCION F.C.=

300mm

ARMADO=

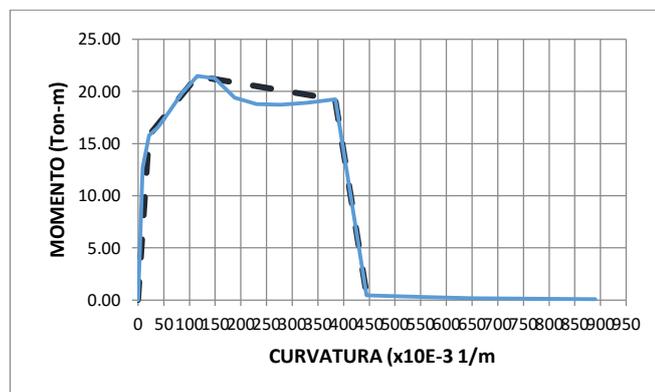
Sup. 8φ18mm

EJE DEF

Inf.6φ18mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.53E-03	9	12.6736	21	15.77
2.13E-02	21	15.7699	115	21.47
3.84E-02	38	16.546	384	19.23
5.97E-02	60	17.9874	445	0.4657
8.53E-02	85	19.8235		
0.11511811	115	21.4697		
0.149212598	149	21.2568		
0.187598425	188	19.3921		
0.23023622	230	18.7856		
0.277125984	277	18.7272		
0.328307087	328	18.8972		
0.383740157	384	19.2268		
0.44488189	445	0.4657		
0.507874016	508	0.3508		
0.57480315	575	0.2561		
0.649606299	650	0.1917		
0.724409449	724	0.1509		
0.807086614	807	0.1213		
0.88976378	890	0.1005		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

2260mm

SECCION F.C.=

x

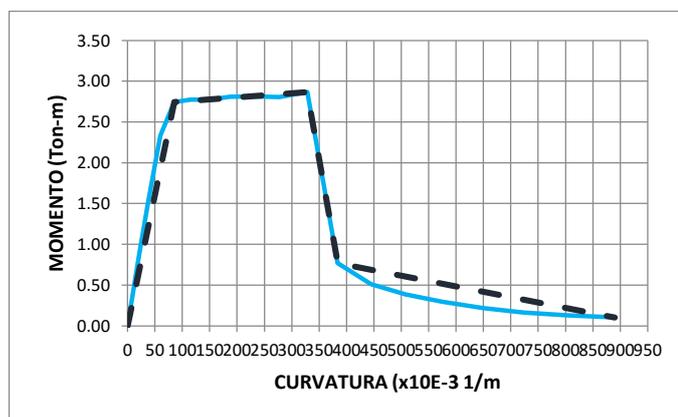
300mm ARMADO=

EJE DEF

Inf.6φ18
mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.53E-03	9	0.3531	85	2.74
2.13E-02	21	0.8678	328	2.87
3.84E-02	38	1.5374	384	0.77
5.97E-02	60	2.3307	890	0.10
8.53E-02	85	2.7438		
0.11511811	115	2.7758		
0.149212598	149	2.7737		
0.187598425	188	2.8089		
0.23023622	230	2.8123		
0.277125984	277	2.806		
0.328307087	328	2.8664		
0.383740157	384	0.7698		
0.44488189	445	0.512		
0.507874016	508	0.3854		
0.57480315	575	0.2944		
0.649606299	650	0.2185		
0.724409449	724	0.1637		
0.807086614	807	0.1275		
0.88976378	890	0.1028		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

ELEMENTO= Viga - Tensión inf.

2260mm

x

SECCION F.C.=

300mm

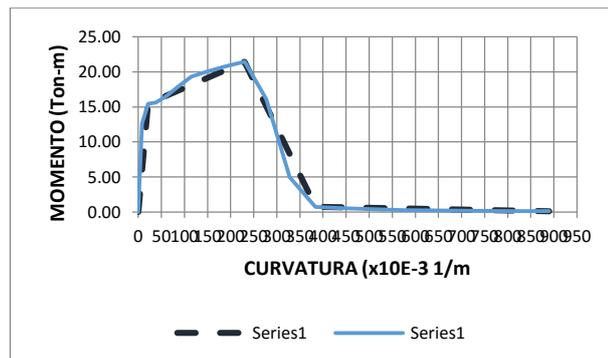
ARMADO=

EJE DEF

Inf.6φ18
mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL		DIAGRAMA IDEAL		
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.53E-03	9	12.6765	21	15.44
2.13E-02	21	15.444	230	21.44
3.84E-02	38	15.6027	384	0.74
5.97E-02	60	16.4925	890	0.12
8.53E-02	85	17.8524		
0.11511811	115	19.3042		
0.149212598	149	20.022		
0.187598425	188	20.7909		
0.23023622	230	21.4397		
0.277125984	277	16.1055		
0.328307087	328	4.9439		
0.383740157	384	0.7398		
0.44488189	445	0.5205		
0.507874016	508	0.3994		
0.57480315	575	0.2844		
0.649606299	650	0.2104		
0.724409449	724	0.1708		
0.807086614	807	0.1285		
0.88976378	890	0.1154		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

2260m

m x

SECCION F.C.=

300mm

ARMADO=

Sup. 10φ18mm

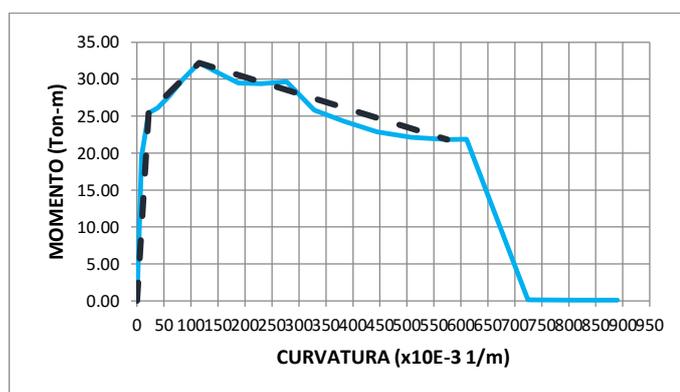
Inf.

EJE DEF

6φ18mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.53E-03	9	19.5443	21	25.40
2.13E-02	21	25.4005	115	32.22
3.84E-02	38	26.0985	575	21.85
5.97E-02	60	27.6944	575	21.8502
8.53E-02	85	29.9954		
0.11511811	115	32.2153		
0.149212598	149	30.8824		
0.187598425	188	29.4875		
0.23023622	230	29.3974		
0.277125984	277	29.6502		
0.328307087	328	25.8222		
0.383740157	384	24.3052		
0.44488189	445	22.8498		
0.507874016	508	22.1213		
0.57480315	575	21.8502		
0.61023622	610	21.8568		
0.724409449	724	0.1314		
0.807086614	807	0.1014		
0.88976378	890	0.0969		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

ELEMENTO= Viga - Tensión inf.

2260mm

SECCION F.C.=

X

300mm

ARMADO=

Sup. 10φ18mm

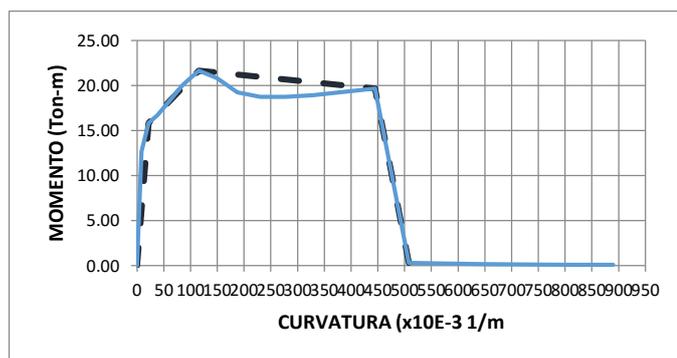
Inf.

EJE DEF

6φ18mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.53E-03	9	12.6731	21	15.83
2.13E-02	21	15.8325	115	21.62
3.84E-02	38	16.7033	445	19.65
5.97E-02	60	18.2101	508	0.317
8.53E-02	85	20.0322		
0.11511811	115	21.6208		
0.149212598	149	20.814		
0.187598425	188	19.2415		
0.23023622	230	18.7428		
0.277125984	277	18.7373		
0.328307087	328	18.9241		
0.383740157	384	19.2629		
0.44488189	445	19.6475		
0.507874016	508	0.317		
0.57480315	575	0.2376		
0.649606299	650	0.1842		
0.724409449	724	0.1454		
0.807086614	807	0.1191		
0.88976378	890	0.1122		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

2260mm

X

SECCION F.C.=

300mm

ARMADO=

Sup. 10φ18mm

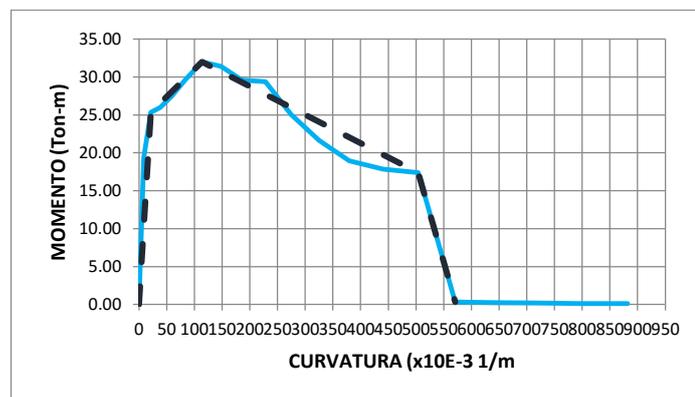
Inf.

EJE DEF

6φ16mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.44E-03	8	19.3538	21	25.36
2.11E-02	21	25.3648	114	32.01
0.037996063	38	25.9819	504	17.39
5.91E-02	59	27.4726	571	0.3369
8.44E-02	84	29.7418		
0.113976378	114	32.0083		
0.147755906	148	31.4287		
0.185748031	186	29.6093		
0.227992126	228	29.3716		
0.274409449	274	25.0636		
0.32507874	325	21.6212		
0.37996063	380	18.9314		
0.440944882	441	17.8394		
0.503937008	504	17.3884		
0.570866142	571	0.3369		
0.641732283	642	0.2361		
0.716535433	717	0.1881		
0.799212598	799	0.1402		
0.881889764	882	0.1113		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

ELEMENTO= Viga - Tensión inf.

2260mm

SECCION F.C.=

X

300mm

ARMADO=

Sup. 10φ18mm

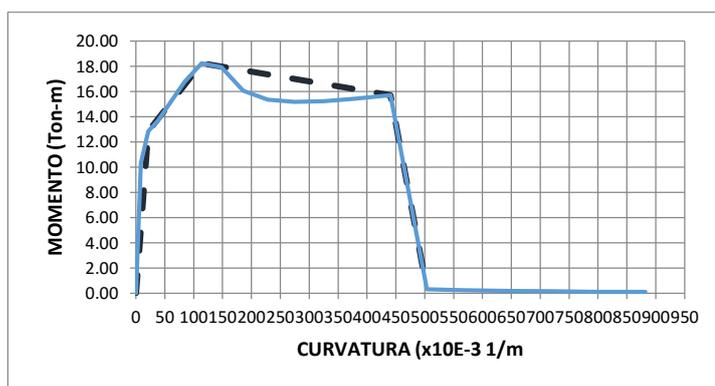
Inf.

EJE DEF

6φ16mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.44E-03	8	10.3185	21	12.84
2.11E-02	21	12.8398	114	18.24
0.037996063	38	13.6963	441	15.72
5.91E-02	59	15.1081	504	0.3161
8.44E-02	84	16.7869		
0.113976378	114	18.2361		
0.147755906	148	17.9375		
0.185748031	186	16.0559		
0.227992126	228	15.3461		
0.274409449	274	15.1853		
0.32507874	325	15.2319		
0.37996063	380	15.4407		
0.440944882	441	15.7187		
0.503937008	504	0.3161		
0.570866142	571	0.2418		
0.641732283	642	0.1882		
0.716535433	717	0.1479		
0.799212598	799	0.1013		
0.881889764	882	0.1007		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

ELEMENTO= Viga - Tensión sup.

2260mm

SECCION F.C.=

X

300mm ARMADO=

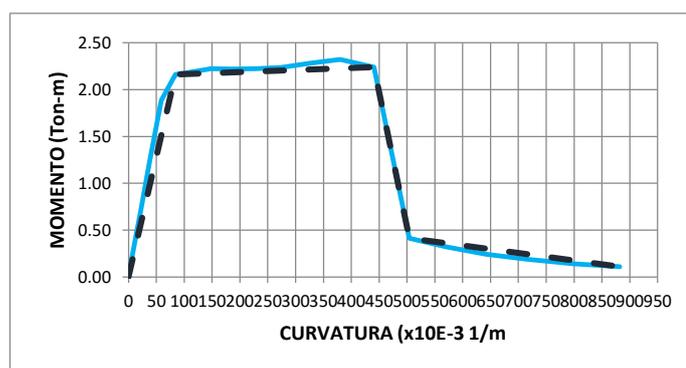
EJE DEF

Inf.6φ16

mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.44E-03	8	0.2882	84	2.16
2.11E-02	21	0.684	441	2.24
0.037996063	38	1.2391	504	0.41
5.91E-02	59	1.885	882	0.11
8.44E-02	84	2.1598		
0.113976378	114	2.188		
0.147755906	148	2.2236		
0.185748031	186	2.2185		
0.227992126	228	2.2218		
0.274409449	274	2.2365		
0.32507874	325	2.2812		
0.37996063	380	2.3226		
0.440944882	441	2.2393		
0.503937008	504	0.4145		
0.570866142	571	0.3221		
0.641732283	642	0.2443		
0.716535433	717	0.1881		
0.799212598	799	0.1403		
0.881889764	882	0.1113		



TRABAJO DE GRADO

COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

MACIZO 1 - DIRECCIÓN Y

ELEMENTO= Viga - Tensión inf.

2260mm

X

SECCION F.C.=

300mm

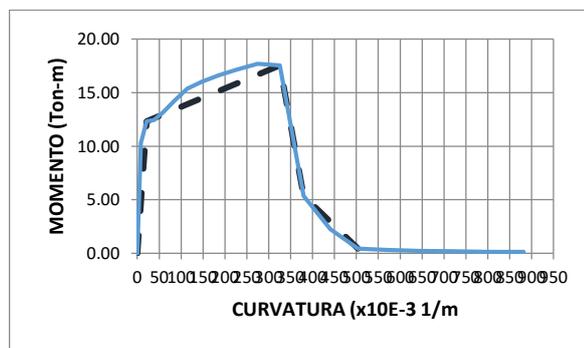
ARMADO=

EJE DEF

Inf.6φ16
mm

No presenta estribos

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
8.44E-03	8	10.3143	21	12.32
2.11E-02	21	12.3158	325	17.55
0.037996063	38	12.4394	380	5.34
5.91E-02	59	13.1543	504	0.42
8.44E-02	84	14.2332		
0.113976378	114	15.3805		
0.147755906	148	16.0126		
0.185748031	186	16.6248		
0.227992126	228	17.1465		
0.274409449	274	17.6967		
0.32507874	325	17.5462		
0.37996063	380	5.3449		
0.440944882	441	2.2509		
0.503937008	504	0.4223		
0.570866142	571	0.3216		
0.641732283	642	0.2239		
0.716535433	717	0.1875		
0.799212598	799	0.1385		
0.881889764	882	0.1229		



TRABAJO DE GRADO

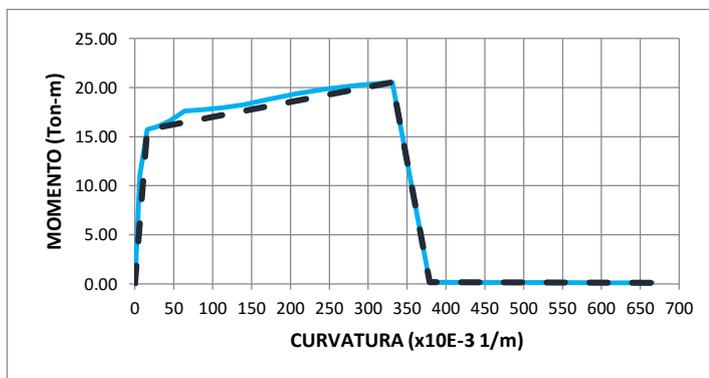
COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

Col 400x400

ELEMENTO= Columna
 ARMADO= 4φ28mm
 φ10
 c/250mm

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
6.37E-03	6	10.9964	16	15.71
1.59E-02	16	15.7084	331	20.54
2.87E-02	29	16.0155	379	0.15
4.46E-02	45	16.5834	665	0.1018
6.37E-02	64	17.6		
8.60E-02	86	17.724		
0.111496063	111	17.9359		
0.14015748	140	18.2653		
0.172007874	172	18.8072		
0.207047244	207	19.3699		
0.24523622	245	19.8591		
0.286653543	287	20.2391		
0.331259843	331	20.5374		
0.379015748	379	0.1526		
0.429133858	429	0.1351		
0.484251969	484	0.1255		
0.543307087	543	0.1195		
0.602362205	602	0.1105		
0.665354331	665	0.1018		



TRABAJO DE GRADO

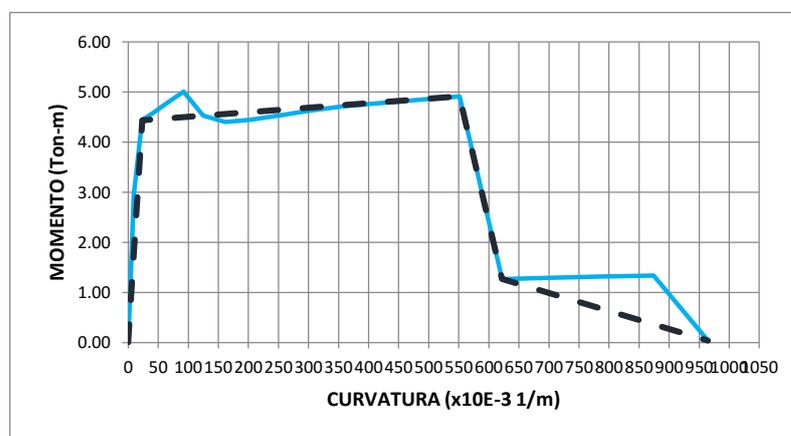
COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

Col 300x300

ELEMENTO= Columna
 ARMADO= 8φ12mm
 φ10
 c/100/200/100mm

DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
9.24E-03	9	2.9413	23	4.44
2.31E-02	23	4.4358	551	4.91
4.16E-02	42	4.5816	622	1.27
6.47E-02	65	4.7845	965	0.0368
9.24E-02	92	5.0021		
0.12476378	125	4.5294		
0.161732283	162	4.399		
0.203307087	203	4.4458		
0.249488189	249	4.5271		
0.300314961	300	4.6241		
0.355787402	356	4.7143		
0.417322835	417	4.774		
0.480314961	480	4.8416		
0.551181102	551	4.9117		
0.622047244	622	1.2675		
0.700787402	701	1.2897		
0.787401575	787	1.3147		
0.874015748	874	1.3376		
0.964566929	965	0.0368		



TRABAJO DE GRADO
COMPORTAMIENTO LINEAL Y NO LINEAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL.

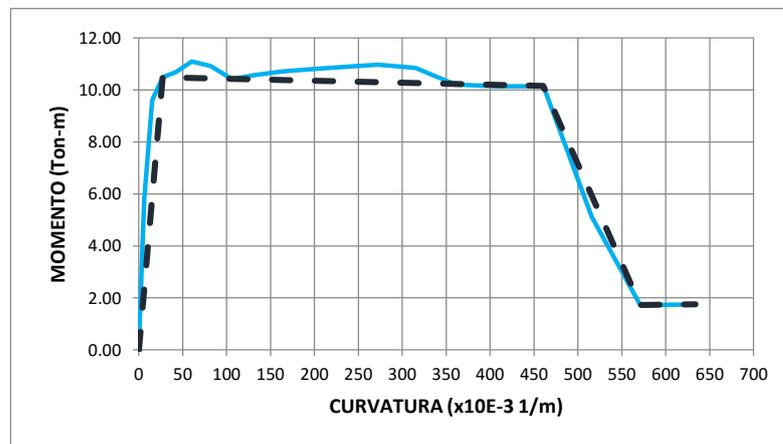
DIAGRAMA DE MOMENTO CURVATURA

Col 300x400

ELEMENTO= Columna
 ARMADO= 10φ14mm

φ10
 c/100/200/100mm

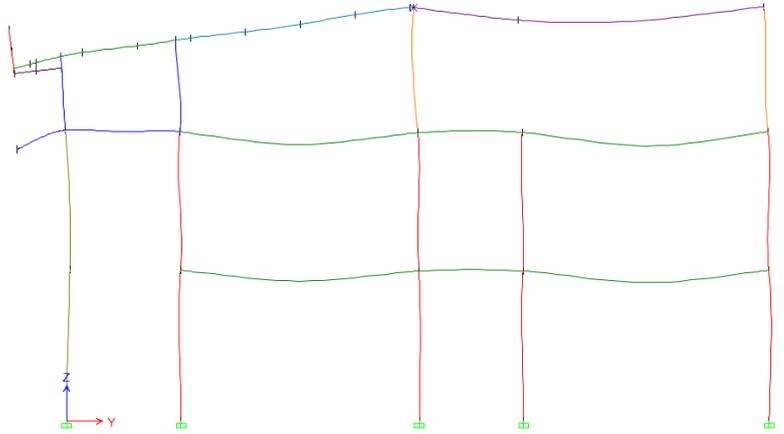
DIAGRAMA REAL			DIAGRAMA IDEAL	
Curvatura (1/m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)	Curvatura (x10E-3 1/m)	Momento (Ton-m)
0	0	0	0	0.00
6.06E-03	6	5.7778	27	10.49
1.51E-02	15	9.5995	461	10.15
0.027255906	27	10.4856	571	1.73
4.24E-02	42	10.6864	634	1.7537
6.06E-02	61	11.0943		
8.18E-02	82	10.9177		
0.105984252	106	10.4186		
0.133228346	133	10.5706		
0.163543307	164	10.7153		
0.196850394	197	10.8011		
0.233188976	233	10.8844		
0.272559055	273	10.963		
0.31496063	315	10.8474		
0.360354331	360	10.2053		
0.409448819	409	10.135		
0.460629921	461	10.1453		
0.515748031	516	5.1267		
0.570866142	571	1.7289		
0.633858268	634	1.7537		



APÉNDICE E

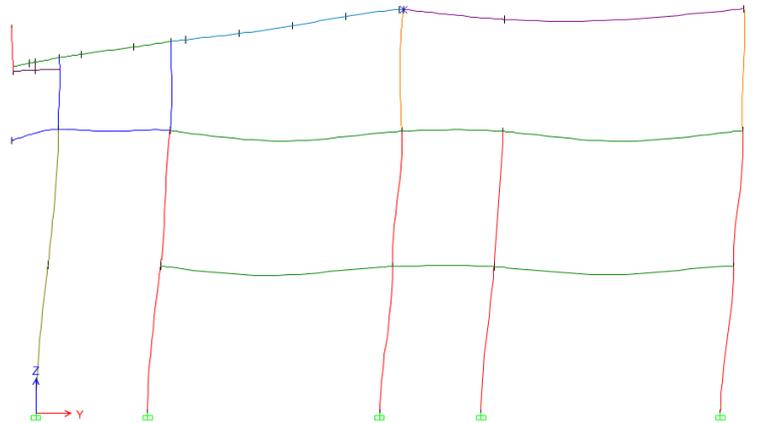
Mecanismo de progresión de rótulas y colapso en la edificación - Sentido Y.

9 Pasos:



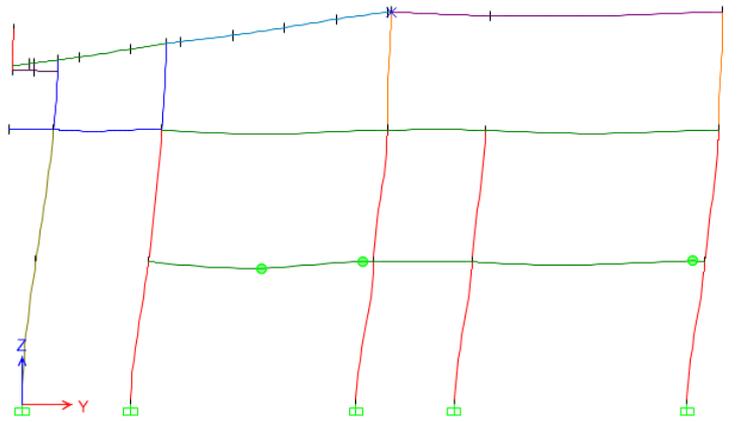
Paso 0 – Formación de rótulas plásticas- Y.

Estado de la estructura al desplazarse 0.149 cm.



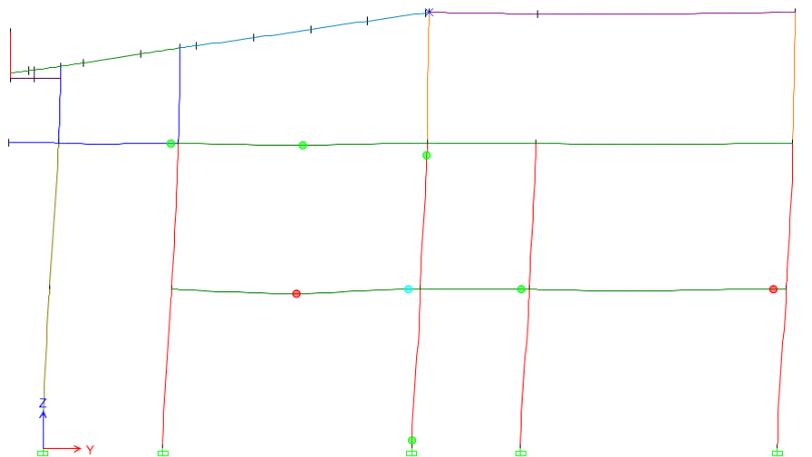
Paso 1 – Formación de rótulas plásticas- Y.

Estado de la estructura al desplazarse 0.82 cm.



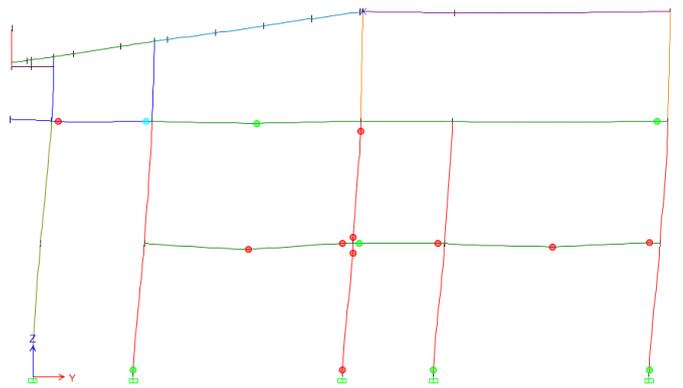
Paso 2 – Formación de rótulas plásticas- Y.

Estado de la estructura al desplazarse 3.42 cm.



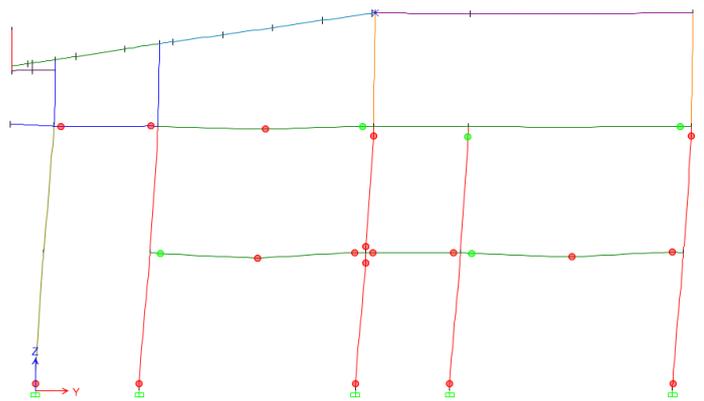
Paso 3 – Formación de rótulas plásticas- Y.

Estado de la estructura al desplazarse 4.50 cm.



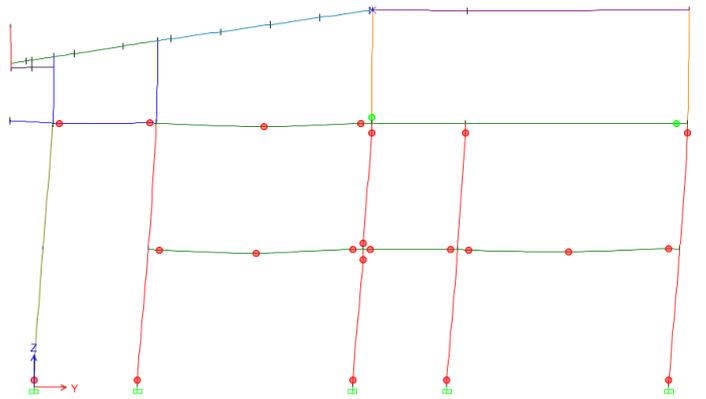
Paso 4 – Formación de rótulas plásticas- Y.

Estado de la estructura al desplazarse 6.44 cm.



Paso 5 – Formación de rótulas plásticas- Y.

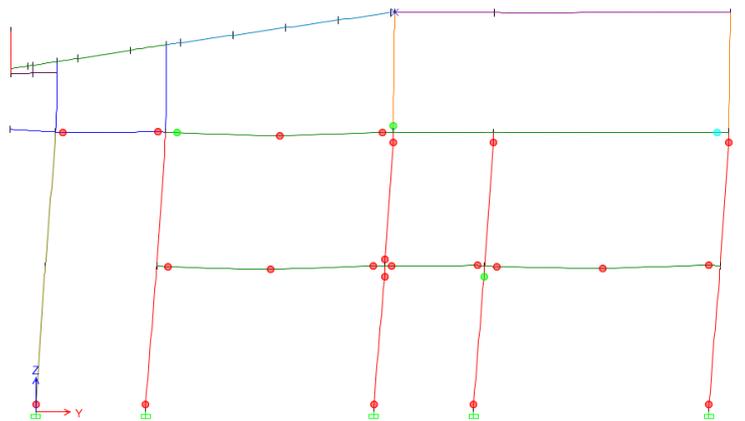
Estado de la estructura al desplazarse 9.94 cm.



Paso 6 – Formación de rótulas plásticas- Y.

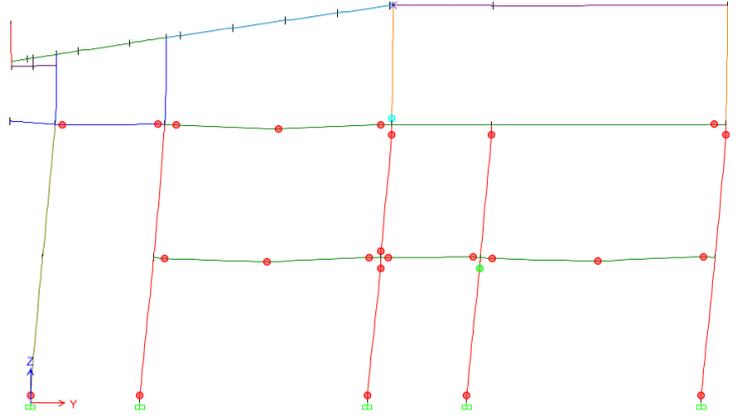
Estado de la estructura al desplazarse 15.72 cm.

15.72



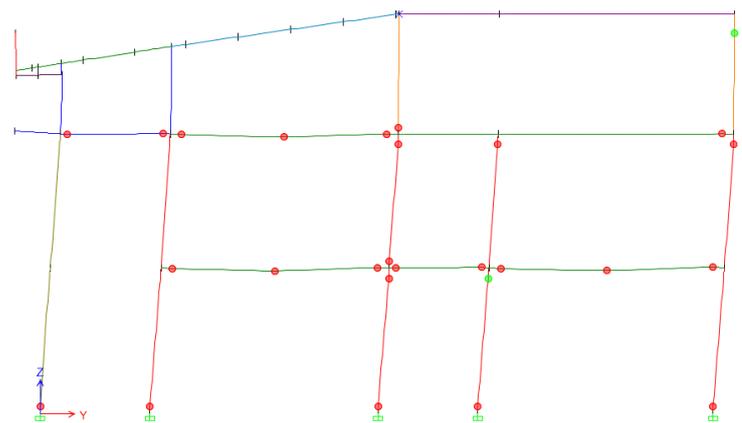
Paso 7 – Formación de rótulas plásticas- Y.

Estado de la estructura al desplazarse 19.63 cm.



Paso 8 – Formación de rótulas plásticas- Y.

Estado de la estructura al desplazarse 24.61 cm.



Paso 9 – Formación de rótulas plásticas- Y.

Estado de la estructura al desplazarse 30.063 cm.