



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

Tema:

“COMPARACIÓN ENTRE LA NORMA ECUATORIANA DE LA
CONSTRUCCIÓN 2011 Y LA NORMA ECUATORIANA DE LA
CONSTRUCCIÓN 2015 APLICADAS AL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL
EDIFICIO “MANUELA SÁENZ” MEDIANTE EL USO DEL PROGRAMA
CYPECAD.”

AUTOR: Luis Alfredo Jurado Amaluisa.

TUTOR: Ing. Mg. Juan Garcés

Ambato – Ecuador

2016

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Juan Garcés, certifico que el presente trabajo bajo el tema: COMPARACIÓN ENTRE LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN 2011 Y LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN 2015 APLICADAS AL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO “MANUELA SÁENZ” MEDIANTE EL USO DEL PROGRAMA CYPECAD, es de autoría del Sr. Luis Alfredo Jurado Amaluisa, el mismo que ha sido realizado bajo mi supervisión y tutoría.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, octubre de 2016

Ing. Mg. Juan Garcés.

AUTORÍA

Yo, Luis Alfredo Jurado Amaluisa con C.I: 180298668-5, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema: COMPARACIÓN ENTRE LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN 2011 Y LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN 2015 APLICADAS AL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO “MANUELA SÁENZ” MEDIANTE EL USO DEL PROGRAMA CYPECAD, es de mi completa autoría y fue realizado en el período Abril 2016 – Septiembre 2016.

Ambato, octubre del 2016

Luis Alfredo Jurado Amaluisa.

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, octubre de 2016

Autor

Luis Alfredo Jurado Amaluisa

1802986685

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “COMPARACIÓN ENTRE LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN 2011 Y LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN 2015 APLICADAS AL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO “MANUELA SÁENZ” MEDIANTE EL USO DEL PROGRAMA CYPECAD”, del egresado Luis Alfredo Jurado Amaluisa, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ambato, octubre del 2016.

Para constancia firman.

Ing. Mg. Christian Medina

Ing. Mg. Maritza Ureña

DEDICATORIA

Al que es dueño de todas las cosas, al Dios y Padre de nuestro Señor Jesucristo, quien ha permitido la culminación del presente trabajo.

A mi querido Padre, por haber sido el mejor maestro a lo largo de toda mi vida, por compartir cada momento conmigo y ser siempre mi ejemplo a seguir.

A mi querida Madre, por nunca dejarme solo y ser un apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mis queridas Hermanas, por siempre acompañarme en cada logro a lo largo de mi vida y ser un apoyo incondicional.

A mi familia en general que de una forma u otra me han apoyado en varios momentos.

A mis amigos y conocidos que me han acompañado en ésta importante etapa.

AGRADECIMIENTO

A DIOS, por su amor, fidelidad y por siempre darme fuerzas para seguir adelante en cada etapa de mi vida.

A mis PADRES, por darme siempre su apoyo incondicional y ser un ejemplo a seguir; por guiarme por el camino correcto y enseñarme las cosas más importantes de la vida.

A cada uno de los integrantes de mi FAMILIA, por brindarme su apoyo en la realización de este trabajo.

A mi Tutor Ing. Mg. Juan Garcés por su asesoría y colaboración en la consecución de este proyecto.

A mis amigos y compañeros de toda la vida, por todo el apoyo brindado a lo largo de esta carrera.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

A.- PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA	II
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR	IIIIV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	IV
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
RESUMEN EJECUTIVO	XVII

B.- TEXTO

CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	2
1.4 OBJETIVOS:	3
1.4.1 Objetivo General:	3
1.4.2 Objetivos Específicos:	3
CAPÍTULO II	5
FUNDAMENTACIÓN	5
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1.1 Origen de los sismos	5
2.1.1.1 Deriva Continental.....	5
2.1.1.2 Estructura de la Tierra	6
2.1.1.3 Placas Tectónicas.....	7
2.1.1.4 Cinturón Circunpácifico	9

2.1.2	Sismicidad del Ecuador	10
2.1.3	Peligro sísmico	12
2.1.3.1	Acelerogramas.....	12
2.1.3.2	Cortante basal de diseño	12
2.1.3.3	Deriva de piso.....	12
2.1.3.4	Espectro de respuesta para diseño.....	12
2.1.3.5	Fuerzas sísmicas de diseño	13
2.1.3.6	Método de diseño por capacidad	13
2.1.3.7	Pórtico especial sismo resistente.....	13
2.1.3.8	Sismo de diseño.....	13
2.1.4	Factor de reducción de las fuerzas sísmicas (R)	14
2.1.5	CYPECAD.....	14
2.1.6	Pre diseño de un edificio sismo resistente	15
2.1.6.1	Pre diseño	15
2.1.6.2	Pre diseño del sistema de piso (losas).....	15
2.1.6.3	Pre diseño de vigas	17
2.1.6.3.1	Primer método: fórmulas empíricas.....	17
2.1.6.3.2	Segundo método: fórmulas de diseño en hormigón	17
2.1.6.4	Pre diseño de columnas	20
2.1.6.4.1	Primer método: fórmulas empíricas.....	20
2.1.6.4.2	Segundo método: capacidad máxima de carga.....	21
2.1.6.5	Pre diseño de zapatas.....	22
2.1.6.6	Pre diseño de cadenas	23
2.2	HIPÓTESIS.....	24
2.3	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	24
CAPÍTULO III.....		25
METODOLOGÍA		25
3.1	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	25
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	25
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	26
3.4	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	28
3.5	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	29

CAPÍTULO IV	30
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	30
4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	30
4.1.1 Selección del modelo a usar	30
4.1.2 Diferencias teóricas entre la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.	33
4.1.2.1 Coeficientes de perfil del suelo.....	33
4.1.2.2 Período de Vibración.....	35
4.1.2.3 Factor de ductilidad R.....	37
4.1.2.4 Ajuste del resultado del análisis dinámico	38
4.1.2.5 Carga sísmica reactiva W	39
4.1.3 Cálculo estructural mediante el uso de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 y la aplicación del programa CYPECAD.	40
4.1.3.1 Datos Generales.....	40
4.1.3.2 Acción sísmica	42
4.1.3.2.1 Obtención manual del espectro de diseño	42
4.1.3.2.2 Datos generales de sismo introducidos en CYPECAD	45
4.1.3.2.3 Espectro de cálculo	47
4.1.3.3 Definición de plantas y grupos de plantas:	49
4.1.3.4 Introducción de la geometría de la edificación:	50
4.1.3.4.1 Introducción de muros de contención	51
4.1.3.4.2 Introducción de columnas y muros de corte.....	52
4.1.3.4.3 Introducción de vigas principales, secundarias y perfiles metálicos	54
4.1.3.4.4 Introducción de losas	57
4.1.3.4.5 Introducción de escaleras.....	59
4.1.3.4.6 Introducción de la cimentación.....	61
4.1.3.5 Cálculo del modelo inicial de la estructura sin obtención de armado.....	62
4.1.3.5.1 Chequeo de derivas de piso y distorsiones en columnas	62
4.1.3.5.2 Modos de vibración, periodo y coeficientes de participación modal....	67
4.1.3.5.3 Centro de masa, centro de rigidez y excentricidad en planta	68
4.1.3.6 Corrección de la geometría para cumplir con los criterios de normativa. ..	70
4.1.3.7 Cálculo del modelo final de la estructura sin obtención de armado	71
4.1.3.7.1 Chequeo de derivas de piso y distorsiones en columnas	71
4.1.3.7.2 Modos de vibración, periodo y coeficientes de participación modal....	72
4.1.3.7.3 Centro de masa, centro de rigidez y excentricidad en planta	74

4.1.3.8	Resultados de cimentación	75
4.1.3.9	Resultados del análisis de la estructura.....	75
4.1.3.9.1	Resultados en vigas	76
4.1.3.9.2	Resultados en columnas.....	89
4.1.3.9.3	Análisis de costos	96
4.1.4	Cálculo estructural mediante el uso de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 y la aplicación del programa CYPECAD.	97
4.1.4.1	Acción sísmica	97
4.1.4.1.1	Obtención manual del espectro de diseño	97
4.1.4.1.2	Datos generales de sismo.....	100
4.1.4.1.3	Espectro de cálculo.....	102
4.1.4.2	Resultados del cálculo estructural.....	103
4.1.4.2.1	Chequeo de derivas de piso y distorsiones en columnas	103
4.1.4.2.2	Modos de vibración, periodo y coeficientes de participación modal..	104
4.1.4.2.3	Centro de masa, centro de rigidez y excentricidad en planta	106
4.1.4.3	Resultados de cimentación	107
4.1.4.4	Resultados del análisis de la estructura.....	108
4.1.4.4.1	Resultados en vigas	108
4.1.4.4.2	Resultados en columnas.....	122
4.1.4.4.3	Análisis de costos	129
4.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	130
4.2.1	Comparación de resultados de análisis y costos entre la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015	130
4.2.1.1	Datos de entrada	130
4.2.1.2	Variación en derivas de piso y distorsiones en columnas	131
4.2.1.3	Variación en modos de vibración, periodo y coeficientes de participación modal. 132	
4.2.1.4	Variación de excentricidades	133
4.2.1.5	Variación de resultados en vigas	134
4.2.1.6	Variación de resultados en columnas.....	143
4.2.1.7	Variación de costos.....	148
4.2.2	Comparación de resultados de análisis entre CYPECAD y otro software especializado.	149
4.2.2.1	Diferencias en derivas de piso.	149
4.2.2.2	Diferencias en modos de vibración, periodo y coeficientes de participación modal. 150	
4.2.2.3	Diferencias entre resultados obtenidos en vigas	150

4.2.2.4	Diferencias entre resultados obtenidos en columnas.....	151
4.3	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	153
	CAPÍTULO V.....	154
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	154
5.1	CONCLUSIONES.....	154
5.2	RECOMENDACIONES	155
	C.- MATERIALES DE REFERENCIA.....	156
1.	Bibliografía	156
2.	Anexos.....	157

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico # 1. Pangaea o Pangea y el océano de Panthalassa	5
Gráfico # 2. Rotura de Pangaea y formación de Laurasia y Gondwana	6
Gráfico # 3. Modelo de las corrientes de convención. Rikitake (1976)	7
Gráfico # 4. Principales placas tectónicas, en el mundo	9
Gráfico # 5. Principales placas tectónicas, en el mundo	10
Gráfico # 6. Ubicación del edificio “Manuela Sáenz”	30
Gráfico # 7. Ubicación del edificio “Manuela Sáenz”	31
Gráfico # 8. Elevación del edificio	32
Gráfico # 9. Implantación del inmueble	32
Gráfico # 10. Ingreso de datos generales	40
Gráfico # 11. Datos para elementos de fundación	41
Gráfico # 12. Fórmulas para espectro elástico	42
Gráfico # 13. Espectro elástico obtenido de forma manual	43
Gráfico # 14. Coeficiente de irregularidad en planta	43
Gráfico # 15. Coeficiente de irregularidad en elevación	44
Gráfico # 16. Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques	44
Gráfico # 17. Coeficiente de reducción de respuesta estructural (R)	44
Gráfico # 18. Espectro de diseño obtenido de forma manual	45
Gráfico # 19. Introducción de la acción sísmica	45
Gráfico # 20. Corrección del cortante basal	46
Gráfico # 21. Espectro elástico obtenido por CYPECAD	47
Gráfico # 22. Espectro de diseño obtenido por CYPECAD	48
Gráfico # 23. Introducción de plantas	49
Gráfico # 24. Introducción de cargas y categorías de uso	50
Gráfico # 25. Esquema de la edificación	50
Gráfico # 26. Disposición de muros de contención	51
Gráfico # 27. Características de los muros de contención	51
Gráfico # 28. Visualización 3D de la estructura	52
Gráfico # 29. Características generales de los muros de corte	53
Gráfico # 30. Características generales de columnas	53
Gráfico # 31. Visualización 3D de la estructura	54
Gráfico # 32. Empotramiento de perfiles metálicos a vigas de hormigón	54
Gráfico # 33. Introducción de vigas Niv: -2.85	55
Gráfico # 34. Características de vigas principales y secundarias	55
Gráfico # 35. Introducción de vigas Niv: +6.85	56
Gráfico # 36. Características de perfiles metálicos	56
Gráfico # 37. Visualización 3D de la estructura	56
Gráfico # 38. Características de losas macizas	57
Gráfico # 39. Características de losas mixtas	58
Gráfico # 40. Visualización 3D de la estructura	58
Gráfico # 41. Características de las escaleras	59
Gráfico # 42. Características de las escaleras tipo 1	59
Gráfico # 43. Características de las escaleras tipo 2	60
Gráfico # 44. Visualización 3D de la estructura	60
Gráfico # 45. Planta de cimentación	61

Gráfico # 46. Visualización 3D de la estructura	61
Gráfico # 47. Ubicación de centros de masas y centros de rigideces.....	69
Gráfico # 48. Incrementación de muro de corte	70
Gráfico # 49. Secciones finales de vigas	71
Gráfico # 50. Dimensionamiento de cimentación	75
Gráfico # 51. Armado de viga eje 3 Nivel: +/- 0.00	79
Gráfico # 52. Armado de viga eje B Nivel: +/- 0.00	82
Gráfico # 53. Armado de viga eje 3 Nivel: +12.55.....	85
Gráfico # 54. Armado de viga eje B Nivel: +12.55	88
Gráfico # 55. Corte transversal de columnas.....	95
Gráfico # 56. Fórmulas para espectro elástico.....	97
Gráfico # 57. Espectro elástico obtenido de forma manual	98
Gráfico # 58. Coeficiente de irregularidad en planta	98
Gráfico # 59. Coeficiente de irregularidad en elevación	99
Gráfico # 60. Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques.....	99
Gráfico # 61. Coeficiente de reducción de respuesta estructural (R)	99
Gráfico # 62. Espectro de diseño obtenido de forma manual	100
Gráfico # 63. Introducción de la acción sísmica.....	100
Gráfico # 64. Corrección del cortante basal	101
Gráfico # 65. Espectro elástico obtenido con CYPECAD.....	102
Gráfico # 66. Espectro de diseño obtenido con CYPECAD	103
Gráfico # 67. Dimensionamiento de cimentación	108
Gráfico # 68. Armado de viga eje 3 Nivel: +/- 0.00	112
Gráfico # 69. Armado de viga eje B Nivel: +/- 0.00	115
Gráfico # 70. Armado de viga eje 3 Nivel: +12.55.....	118
Gráfico # 71. Armado de viga eje B Nivel: +12.55	121
Gráfico # 72. Corte transversal de columnas.....	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo de momentos máximos.....	19
Tabla 2. Variable independiente.....	26
Tabla 3. Variable dependiente.....	27
Tabla 4. Plan de recolección de información.....	28
Tabla 5. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa	33
Tabla 6. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa	33
Tabla 7. Tipo de suelo y Factores de sitio Fd	34
Tabla 8. Tipo de suelo y Factores de sitio Fd	34
Tabla 9. Tipo de suelo y Factores de sitio Fs	34
Tabla 10. Tipo de suelo y Factores de sitio Fs	35
Tabla 11. Factores de Ct y α para cálculo del período de vibración	36
Tabla 12. Coeficiente de reducción de respuesta estructural R	37
Tabla 13. Coeficiente de reducción de respuesta estructural R	37
Tabla 14. Datos para obtención de espectro elástico	42
Tabla 15. Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas	49
Tabla 16. Secciones de columnas.....	52
Tabla 17. Derivas de piso.....	62
Tabla 18. Distorsiones por columna para situaciones sísmicas	63
Tabla 19. Modos de vibración, periodo y porcentaje de participación de masa.....	67
Tabla 20. Centro de masas, centro de rigideces y excentricidades de cada planta.....	69
Tabla 21. Secciones finales de columnas	70
Tabla 22. Derivas de piso.....	71
Tabla 23. Modos de vibración, periodo y porcentaje de participación de masa.....	72
Tabla 24. Centro de masas, centro de rigideces y excentricidades de cada planta.....	74
Tabla 25. Viga eje 3 Nivel: +/- 0.00.....	77
Tabla 26. Viga eje B Nivel: +/- 0.00	80
Tabla 27. Viga eje 3 Nivel: +12.55	83
Tabla 28. Viga eje B Nivel: +12.55.....	86
Tabla 29. Resultados para columnas B3 y B5	89
Tabla 30. Armados para columnas B3 y B5	93
Tabla 31. Resumen de costos	96
Tabla 32. Datos para obtención de espectro elástico	97
Tabla 33. Derivas de piso.....	103
Tabla 34. Modos de vibración, periodo y porcentaje de participación de masa.....	105
Tabla 35. Centro de masas, centro de rigideces y excentricidades de cada planta.....	107
Tabla 36. Viga eje 3 Nivel: +/- 0.00.....	110
Tabla 37. Viga eje B Nivel: +/- 0.00	113
Tabla 38. Viga eje 3 Nivel: +12.55	116
Tabla 39. Viga eje B Nivel: +12.55.....	119
Tabla 40. Resultados para columnas B3 y B5	122
Tabla 41. Armados para columnas B3 y B5	126
Tabla 42. Resumen de costos	129
Tabla 43. Diferencias en datos de entrada.....	130
Tabla 44. Diferencias en derivas de piso y distorsiones en columnas	131
Tabla 45. Diferencias en periodo y coeficiente de participación modal	132

Tabla 46. Variación de excentricidades.....	133
Tabla 47. Variación de resultados en viga eje 3 nivel: +/- 0.00.....	135
Tabla 48. Variación de resultados en viga eje B nivel: + 12.55.....	138
Tabla 49. Variación de resultados de diseño en columnas B3 y B5	143
Tabla 50. Variación de cuantías de acero en columnas B3 y B5	146
Tabla 51. Variación de costos	148
Tabla 52. Variación en derivas de piso	149
Tabla 53. Variación en periodos y coeficientes de participación modal	150

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

**COMPARACIÓN ENTRE LA NORMA ECUATORIANA DE LA
CONSTRUCCIÓN 2011 Y LA NORMA ECUATORIANA DE LA
CONSTRUCCIÓN 2015 APLICADAS AL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL
EDIFICIO “MANUELA SÁENZ” MEDIANTE EL USO DEL PROGRAMA
CYPECAD.**

Autor: Luis Alfredo Jurado Amaluisa

Tutor: Ing. Mg. Juan Garcés.

RESUMEN EJECUTIVO

Esta comparación se realizó inicialmente entre el diseño sísmico detallado en cada normativa, para luego cada norma ser aplicada al cálculo estructural del Edificio “Manuela Sáenz”, obteniendo así resultados de derivas de piso, periodos, porcentajes de participación modal, resultados de análisis y diseño en vigas, resultados de análisis y diseño en columnas, costo de construcción, para cada cálculo respectivamente. Éstos resultados permitieron obtener tablas de comparación y determinar la variación porcentual existente para cada uno de los parámetros mencionados al aplicar una normativa actualizada con respecto a la anterior. También se realizó una comparación entre el costo de construcción al aplicar cada norma y determinar así el porcentaje de variación económica existente al construir una edificación utilizando la normativa vigente.

El cálculo y diseño real para la construcción del edificio fue elaborado inicialmente en otro software especializado en estructuras, por lo tanto, se realizó también un análisis comparativo de los resultados de análisis y diseño obtenidos en ambos programas para así obtener la variación porcentual entre los mismos y de ésta manera poder determinar el grado de validez del software utilizado en esta investigación.

ABSTRACT

This comparison was initially performed between the seismic design detailed in each norm, then each norm was applied to the structural calculation of “Manuela Sáenz” building, thus obtaining results of story drifts, periods, modal participation ratios, analysis and design results in beams, analysis and results in columns, construction cost, for each calculation. These results allowed to obtain comparison tables and determinate the percentage change for each of the parameters by applying a current norm with respect to the previous one. A comparison between the cost of building using a current norm was also performed.

The calculation and actual design for the building was initially developed in other structures specialized software, therefore, a comparative analysis of results of analysis and design obtained was also performed in both programs to obtain the percentage change between them and it is able to determinate the validity degree of the software used in this investigation.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

COMPARACIÓN ENTRE LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN 2011 Y LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN 2015 APLICADAS AL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO “MANUELA SÁENZ” MEDIANTE EL USO DEL PROGRAMA CYPECAD.

1.2 ANTECEDENTES

Considerando que nuestro país está localizado en una zona calificada de alto riesgo sísmico, varias instituciones como el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Cámara de la Industria de la Construcción, Colegio de Ingenieros Mecánicos de Pichincha, Escuela Politécnica Nacional, Universidad San Francisco de Quito, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Universidad Central del Ecuador, American Concrete Institute, FRACTALES Cía. Ltda., GEOESTUDIOS S.A., Cambridge Consultores de Desarrollo S.A. y varios consultores particulares llevaron a cabo un proceso de actualización de la Normativa Técnica referente a la Seguridad Estructural de las Edificaciones. El objetivo fue determinar normas de construcción de acuerdo a los avances tecnológicos a fin de mejorar los mecanismos de control en los procesos constructivos, definir principios de diseño y montaje en obra, velar por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad y la seguridad, y fijar responsabilidades, obligaciones y derechos de los actores involucrados en los procesos de edificación. La Norma Ecuatoriana de la Construcción pretende dar respuesta a la demanda de la sociedad en cuanto a la mejora de la calidad y la seguridad de las edificaciones, persiguiendo a su vez, proteger al ciudadano y fomentar un desarrollo urbano sostenible. [1]

Con la actualización de la normativa de construcción se hace necesaria una comparación para determinar las diferencias estructurales y económicas existentes entre las mismas, aplicándolas a una edificación real.

El edificio “Manuela Sáenz” se encuentra ubicado en Av. Manuela Sáenz y calle Augusto Arias sector La Floresta del cantón Ambato, provincia de Tungurahua. El inmueble será destinado a uso de estacionamientos en subsuelos, uso comercial en planta baja y uso residencial en las plantas superiores. El terreno tiene una forma irregular, por lo que la edificación mantiene una forma irregular también, razón por la cual la edificación ha sido seleccionada para el desarrollo de este trabajo.

El edificio tiene un sistema estructural constituido por columnas, vigas, losas macizas de hormigón armado y losas mixtas. La construcción del mismo se encuentra actualmente con un avance del 65%.

Los planos y datos del proyecto han sido facilitados por parte del constructor y del ingeniero calculista, con el respectivo permiso para el uso de ésta información en este trabajo. El análisis y diseño se lo ha realizado mediante un análisis estático equivalente y análisis modal espectral siguiendo todas las consideraciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 y del ACI 318-11.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente se pueden observar construcciones de edificios de diferentes tamaños, materiales de construcción y distribución en planta, etc. que son diseñados mediante análisis que proporcionan resistencia tanto a fuerzas gravitacionales, fuerzas sísmicas, fuerza de viento y otras medidas de seguridad que se encuentran determinadas según el lugar donde se ubicará el edificio; tales métodos de análisis han sido mejorados con el pasar del tiempo, dando origen al desarrollo de software especializado para el análisis y diseño de estructuras. [2]

La normativa sísmica, los criterios de modelamiento y diseño consideran el empotramiento perfecto del suelo de fundación al modelar la superestructura de los proyectos, esto asemeja los cálculos con el comportamiento real de las estructuras,

por lo cual se hace necesario un modelo que considere la rigidez del suelo en el modelamiento. Es motivo por el cual se hace necesaria la búsqueda de un software que permita una modelación completa de la edificación, siendo éste uno de los motivos principales por el cual utilizar el programa CYPECAD. [3]

El objetivo principal de una Norma de Construcción es mejorar y estandarizar la calidad de la construcción en el país, con el fin de salvaguardar la vida y estructuras, disminuyendo los riesgos que afecten éstas por encima de todo, pero también la de los bienes materiales. [4]

A nivel local el programa CYPECAD no es mayormente conocido ya que existe poca información sobre el uso del mismo, sin embargo, es uno de los más actualizados del medio ya que tiene la ventaja de tener cargados los códigos de diseño sismo resistente que se usarán en este proyecto. [5]

La empresa que se dedica al soporte técnico de éste programa da la facilidad de obtener una licencia completa durante el tiempo de ejecución del proyecto experimental, siendo éste uno de los factores para la utilización de éste software.

1.4 OBJETIVOS:

1.4.1 Objetivo General:

Establecer una comparación entre la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, aplicadas al análisis estructural del edificio “Manuela Sáenz” mediante el uso del programa CYPECAD.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Comparar resultados de análisis y costos entre la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.

- Comparar los resultados obtenidos del análisis estructural con CYPECAD y el análisis estructural existente realizado con otro software, en el cuál es aplicada la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011.
- Analizar críticamente los resultados obtenidos para establecer el grado de validez del software aplicado

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El Ecuador se halla ubicado en una de las zonas de mayor peligrosidad sísmica del mundo, de tal forma que los ingenieros estructurales tienen que diseñar sus edificios considerando que lo más importante es la acción sísmica. Es importante crear conciencia de que los sismos no matan, lo que matan son las estructuras si es que no han sido diseñadas en forma adecuada. La forma de los sismos de análisis y de diseño se lo representa mediante espectros. [6]

2.1.1 Origen de los sismos

Para entender el origen de los sismos, es necesario hablar sobre: deriva continental, la composición de la tierra y placas tectónicas y las micro placas. [6]

2.1.1.1 Deriva Continental

Hace muchos millones de años los continentes estaban unidos en una sola masa, a la que se denominó Pangea, también llamada Pangaea. El único océano que le rodeaba era el Panthalassa. [6]

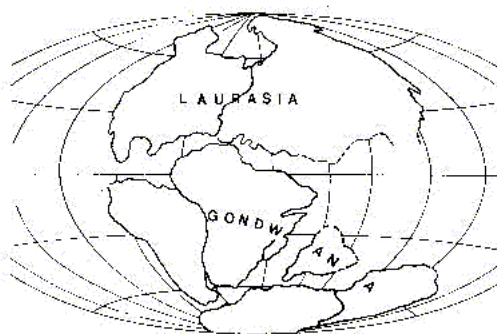
Gráfico # 1. Pangaea o Pangea y el océano de Panthalassa



Fuente: Análisis sísmico de edificios, Dr. Ing. Roberto Aguiar. 2008

Esta masa empezó a moverse en forma lenta y se fue rompiendo. La primera rotura se dio en el área de Groenlandia cuando se separa de Europa. Esta rotura originó dos continentes denominados Laurasia y Gondwana (Canet y Barbat, 1988) [6]

Gráfico # 2. Rotura de Pangaea y formación de Laurasia y Gondwana



Fuente: Análisis sísmico de edificios, Dr. Ing. Roberto Aguiar. 2008

La rotura se da en los perfiles que tienen los continentes actualmente, los mismos que se han desplazado y rotado, pero este movimiento continúa. Esta teoría fue formulada por Alfred Wegener (1912), con el nombre de Teoría de la deriva de los continentes. [6]

Numerosos son los estudios que se han realizado para confirmar la teoría de Wegener, en las últimas décadas. Si se examina con detenimiento, el perfil del continente americano con el de África y Europa, y si imaginariamente lo unimos, como un rompecabezas, se observa que existe una extraordinaria coincidencia, lo cual hace pensar que en un tiempo estuvieron unidos y luego se separaron quedando a la deriva cada uno de ellos. [6]

Por otra parte, en las costas del Océano Atlántico de América y África, se ha visto que sus minerales son de la misma naturaleza, no existen regiones montañosas en estas regiones y lo más sorprendente es que su flora y fauna es muy parecida. Por ejemplo, las lombrices, caracoles y peces de aguas superficiales, viven en las costas de los dos continentes. [6]

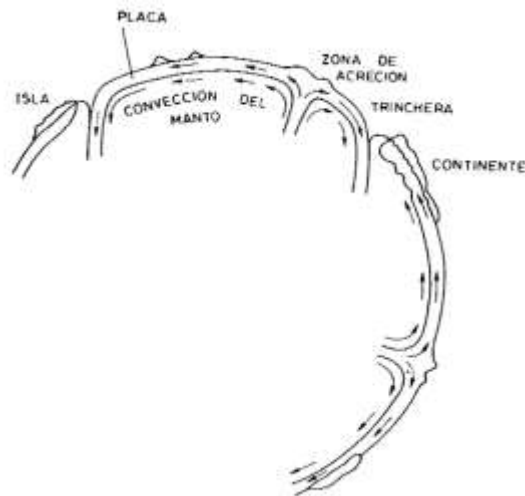
2.1.1.2 Estructura de la Tierra

Es importante destacar que los continentes se han movido en forma muy lenta desde tiempos muy remotos y que actualmente continúan moviéndose. Para entender esto, es necesario analizar la estructura de la tierra, la misma que tiene un radio que está alrededor de los 6400 Km. [6]

En el centro se tiene un núcleo interno que es sólido pero el material que lo recubre es líquido y finalmente se tiene la corteza terrestre que es sólida, la misma que tiene un espesor variable. Es importante destacar que la corteza terrestre se encuentra sobre un manto líquido y que es

más pequeña bajo el mar y más ancha bajo las montañas, todo ello con relación al grosor de la corteza en el resto del mundo. [6]

Gráfico # 3. Modelo de las corrientes de convección. Rikitake (1976)



Fuente: Análisis sísmico de edificios, Dr. Ing. Roberto Aguiar. 2008

Por otra parte, cuando se realizan excavaciones, estas no han llegado más allá de un kilómetro y lo que se ha observado es que la temperatura y la presión aumentan a medida que la profundidad crece. [6]

El centro de la tierra está compuesto por materiales y minerales a muy altas temperaturas, es una gran fuente de calor sobre la que se halla el manto líquido, cuyo material está en continuo movimiento, el material de abajo. A esta hipótesis se denomina corriente de convección y es la causa para que los continentes continúen moviéndose en diferentes direcciones. [6]

Podríamos pensar cómo será el mundo después de cincuenta millones de años. Es muy probable que algunos continentes se subdividan, que su posición no sea la que tienen actualmente. [6]

2.1.1.3 Placas Tectónicas

Debido a las corrientes de convección, los continentes continúan en movimiento. En el siglo XIX ya se pensó que Groenlandia se movía, hipótesis que ha sido confirmada en el siglo XX con estudios que demuestran que se separa de Europa. [6]

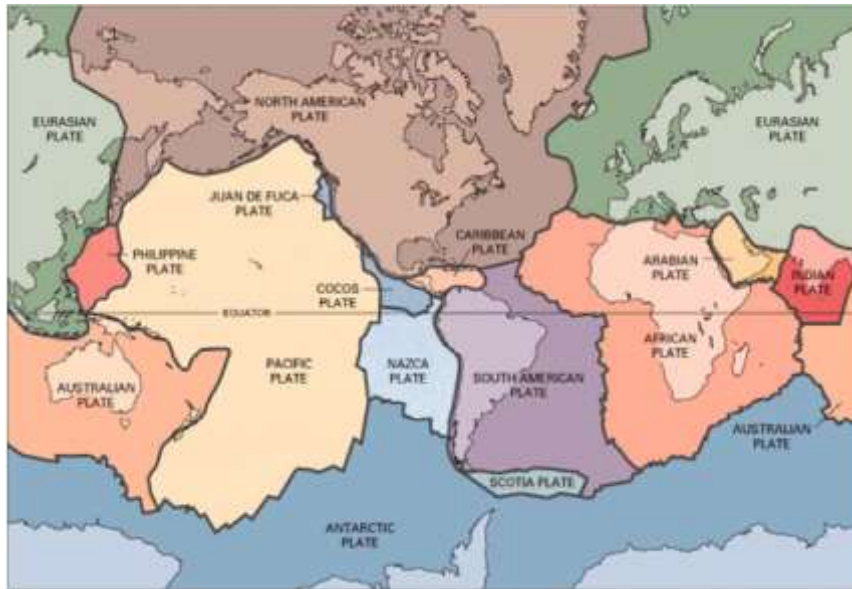
Las corrientes de convección se producen en la parte superior del manto líquido, en una capa denominada Astenósfera. En forma figurativa se puede decir que la corteza terrestre flota sobre la Astenósfera. [6]

El movimiento de la corteza no se da en forma uniforme, en el sentido de que todo se mueve en la misma dirección y con la misma magnitud, no se presenta así. Existen regiones en las cuales el movimiento es muy lento del orden de una centésima de milímetro al año y otras en las cuales este movimiento es muy rápido con movimientos de más de 10 cm. al año. De igual forma, existen zonas en las que segmentos de la corteza chocan entre si y otras en que no existe este choque. [6]

Las principales placas tectónicas que son las placas de: Nazca, Sudamérica, Cocos, Norteamericana, Caribe, Africana, Euroasiática, Antártica, Pacífico, Filipinas, Arábica, Australiana y de la India. Estas placas a su vez contienen micro placas. Estos movimientos llamados tectónicos son los responsables de la aparición de las montañas, de los volcanes, de los sismos, de la formación de plegamientos y fallas geológicas en la tierra. Investigaciones desarrolladas entre los años 1950 y 1960, encontraron que, en el lecho de los mares, existen largas y espectaculares cadenas montañosas con una forma muy similar a la columna dorsal de los reptiles, de ahí su nombre de dorsal marino. Por lo tanto, en la tierra existen dos tipos de montañas, las que se hallan en los continentes y las que se encuentran en los mares con características diferentes. [6]

Al chocar dos placas, una de las dos cede y se va para abajo con dirección al manto; la región de la zona de choque se denomina zonas de subducción. Por otra parte, en la zona donde no existe el choque, que es en los dorsales marinos aparece, una nueva superficie terrestre. De esta forma se mantiene el equilibrio en el mundo, por las zonas de subducción desaparece la superficie creada y por los dorsales marinos aparece nuevas superficies. [6]

Gráfico # 4. Principales placas tectónicas, en el mundo



Fuente: Análisis sísmico de edificios, Dr. Ing. Roberto Aguiar. 2008

2.1.1.4 Cinturón Circunpácífico

En América del Sur, se tiene fundamentalmente el enfrentamiento de la Placa de Nazca o Placa Oceánica con la Placa de Sudamérica o Placa Continental. Este enfrentamiento produce el fenómeno de subducción, por el cual la placa de Nazca por ser más rígida y fuerte se introduce por debajo de la Placa Sudamericana y continúa moviéndose hacia el manto. Como se indicó este choque genera los sismos que es lo que interesa en el presente capítulo. Sin embargo, se debe manifestar que como consecuencia del movimiento continuo de las placas tectónicas se tienen las erupciones volcánicas y los sismos. [6]

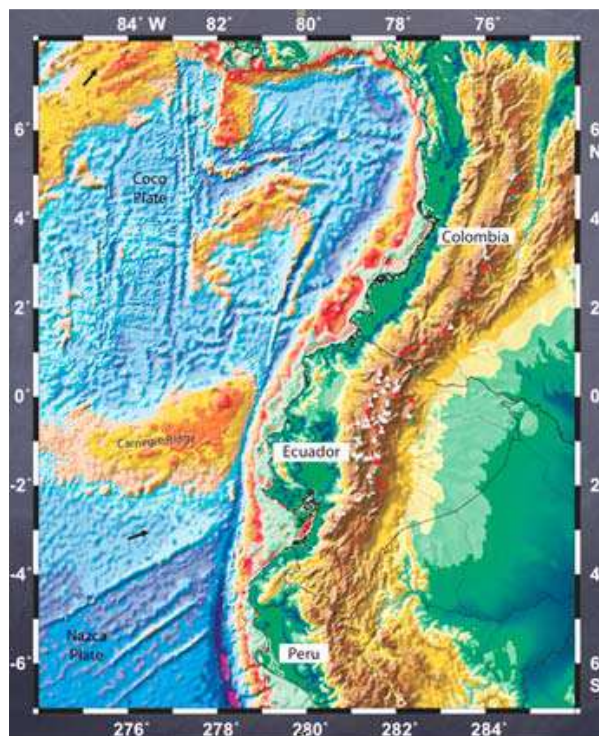
El fenómeno de subducción ha generado una fosa frente a las costas, la misma que alcanza grandes profundidades. Se puede apreciar en el gráfico #4 que esta fosa continúa por Centro América, México, Estados Unidos (California), Canadá, Alaska (Aleutian Trench), Península de Kamtchatka, Japón, Filipinas y Nueva Zelanda. Esta fosa bordea el Océano Pacífico a manera de un cinturón de ahí su nombre de Cinturón Circunpácífico y es una zona de alta sismicidad. Por otra parte, en esta zona existe una intensa actividad volcánica de ahí que también es conocida como Cinturón de Fuego del Pacífico. [6]

En el gráfico #5 se indica con más detalle la fosa de subducción, en la zona de Colombia, Ecuador y parte de Perú. Nótese que en el fondo del Océano Pacífico existe una cordillera llamada Dorsal de Carnegie que sigue creciendo e introduciéndose bajo el continente, esto es

debido al movimiento de las placas. De igual manera se aprecia con una pequeña flecha negra la dirección en que se mueve la placa de Nazca frente a Ecuador, se estima que al año esta placa se mueve con respecto a la placa del continente de 5 a 7 cm. [6]

Se aprecia también la Cordillera de los Andes que atraviesa el Ecuador en el sentido Norte Sur y con triángulos se indican los nevados activos y pasivos que en ella existen. [6]

Gráfico # 5. Principales placas tectónicas, en el mundo



Fuente: Análisis sísmico de edificios, Dr. Ing. Roberto Aguiar. 2008

2.1.2 Sísmicidad del Ecuador

En el cinturón circunpacífico y concretamente en el Ecuador, el proceso de subducción de la placa de Nazca, genera una alta sísmicidad en su recorrido, buzamiento (ángulo que forma un plano a medir con el plano horizontal), hacia el Este. Por este proceso en la costa ecuatoriana, tienen un hipocentro superficial y en la región oriental los eventos sísmicos asociados con la subducción pueden tener profundidades focales mayores a 200 Km. A más de la actividad sísmica asociada a la zona de subducción, existen sismos que se generan por la activación de fallas geológicas locales y por la actividad volcánica. [6]

El sismo que afectó a Bahía de Caráquez el 4 de agosto de 1998, de 7.2 grados en la escala de Richter tiene su origen en la zona de subducción, en cambio el sismo en Sucúa del 2 de octubre de 1995, de 7.0 grados en la escala de Richter, que causó el colapso del puente sobre el río Upano tiene su origen en una zona de fallamiento local. El último sismo que afectó principalmente a las provincias de Esmeraldas y Manabí ocurrió el 16 de Abril del 2016, con epicentro entre las parroquias Cojimies y Pedernales, pertenecientes a la provincia de Manabí, y con una magnitud de 7.8 grados en la escala de Richter tiene su origen por una falla inversa interplacas. [6]

Por otra parte, es importante destacar que el buzamiento de la zona de subducción del sur del Perú, es diferente del buzamiento que se tiene en el centro y sur del Ecuador y a su vez es diferente del que se tiene en Colombia. [6]

Por lo general los sismos superficiales son los que causan mayor daño. Por este motivo, se puede indicar que la Costa Ecuatoriana es la de mayor peligrosidad sísmica, seguida por la Sierra y finalmente el Oriente. Por lo tanto, desde el punto de vista sísmico no es lo mismo construir en la ciudad de Esmeraldas, donde la peligrosidad sísmica es muy grande que en el Tena que tiene una menor amenaza sísmica. [6]

Al analizar la ubicación de los epicentros e hipocentros de los sismos registrados, se observa que existen zonas en las cuales la actividad sísmica es muy baja, como la región oriental y otras regiones donde existe una alta concentración denominada nidos sísmicos. [6]

Un nido sísmico es la ocurrencia de un conjunto de eventos sísmicos en un área específica durante un periodo de tiempo relativamente corto. Se diferencian de los terremotos que suceden con una serie de réplicas, pues no se observa un único terremoto en la secuencia de sismos que pueda ser definido como el movimiento principal. [7]

En el Ecuador, existen dos nidos sísmicos localizados el uno en el sector del Puyo y el otro en Galápagos. El Nido del Puyo, ubicado alrededor de las coordenadas 1.7 Latitud Sur y 77.8 Longitud Oeste, se caracteriza principalmente por un predominio de sismos de magnitud entre 4.0 y 4.9 con profundidades focales mayores a 100 kilómetros. El Nido de Galápagos, ubicado por las coordenadas 0.30' de Latitud Sur y 91 Longitud Oeste tuvo una gran actividad sísmica entre el 11 y 23 de junio de 1968. En el año 2013, el Instituto Geofísico de

la Escuela Politécnica Nacional identificó un nido sísmico frente a la costa de Puerto López.
[6]

2.1.3 Peligro sísmico

Se define como Peligrosidad Sísmica, la probabilidad de ocurrencia, dentro de un período específico de tiempo y dentro de una región determinada, movimientos del suelo cuyos parámetros: aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad son cuantificados.
[5]

2.1.3.1 Acelerogramas

Serie temporal o cronológica de valores de aceleración que se han registrado durante un sismo. En el registro se puede notar una aceleración máxima y la duración de la excitación sísmica. [1]

2.1.3.2 Cortante basal de diseño

Fuerza total de diseño por cargas laterales, aplicada en la base de la estructura, resultado de la acción del sismo de diseño con o sin reducción, de acuerdo con las especificaciones de la presente norma. [1]

2.1.3.3 Deriva de piso

Desplazamiento lateral relativo de un piso en particular por la acción de una fuerza horizontal con respecto al piso consecutivo, medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura. Se calcula restando del desplazamiento del extremo superior el desplazamiento del extremo inferior del piso. [1]

2.1.3.4 Espectro de respuesta para diseño

El espectro de diseño puede representarse mediante un espectro de respuesta basado en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura. Es un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, utilizado con fines de diseño para representar los efectos dinámicos del sismo de diseño. [1]

2.1.3.5 Fuerzas sísmicas de diseño

Fuerzas laterales que resultan de distribuir adecuadamente el cortante basal de diseño en toda la estructura, según las especificaciones de esta norma. [1]

2.1.3.6 Método de diseño por capacidad

Método de diseño eligiendo ciertos elementos del sistema estructural, diseñados y estudiados en detalle de manera apropiada para asegurar la disipación energética bajo el efecto de deformaciones importantes, mientras todos los otros elementos estructurales resisten suficientemente para que las disposiciones elegidas para disipar la energía estén aseguradas. [1]

2.1.3.7 Pórtico especial sismo resistente

Estructura formada por columnas y vigas descolgadas del sistema de piso, que resiste cargas verticales y de origen sísmico, en la cual tanto el pórtico como la conexión viga-columna son capaces de resistir tales fuerzas y está especialmente diseñado y detallado para presentar un comportamiento estructural dúctil. [1]

2.1.3.8 Pórtico especial sismo resistente con muros estructurales (sistemas duales)

Sistema resistente de una estructura compuesta tanto por pórticos especiales sismo resistentes como por muros estructurales adecuadamente dispuestos espacialmente, diseñados todos ellos para resistir fuerzas sísmicas. Se entiende como una adecuada disposición ubicar los muros estructurales lo más simétricamente posible, hacia la periferia y que mantienen su longitud en planta en todo lo alto de la estructura. Para que la estructura se considere como un sistema dual se requiere que los muros absorban al menos el 75 % del corte basal en cada dirección. [1]

2.1.3.9 Sismo de diseño

Evento sísmico que tiene la probabilidad de que una magnitud dada sea igual o excedida un 10% en 50 años (período de retorno de 475 años), determinado a partir de un análisis de la peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento de la estructura o a partir de un mapa de peligro sísmico. Para caracterizar este evento, puede utilizarse un grupo de acelerogramas con propiedades dinámicas representativas de los ambientes tectónicos, geológicos y geotécnicos del sitio, conforme lo establece esta norma. Los efectos dinámicos del sismo de diseño

pueden modelarse mediante un espectro de respuesta para diseño, como el proporcionado en esta norma. [1]

2.1.4 Factor de reducción de las fuerzas sísmicas (R)

Para el diseño estructural de edificaciones se trabaja con espectros inelásticos (espectro en el cual la estructura puede experimentar una deformación plástica por acción de un sismo), debido a que al trabajar con espectros elásticos (parámetros de respuesta máxima para un terremoto determinado, se utiliza fundamentalmente para el estudio de las características del terremoto y el efecto que produce sobre las estructuras) se obtendrían secciones de vigas, columnas y elementos estructurales presentes en la edificación de grandes dimensiones esto tendría una gran resistencia y estabilidad de la estructura ante la presencia de fuerzas sísmicas, sin embargo resultaría demasiado alto su costo de construcción, por tal motivo se introduce un factor de reducción de fuerzas sísmicas R el cual reduce la intensidad que presenta el espectro elástico convirtiéndolo en un espectro inelástico y consecuentemente disminuyendo las secciones de los elementos estructurales presentes en la edificación reduciendo sus costos lo que facilita su construcción. El estudio del factor de reducción de fuerzas sísmicas se ha convertido en causa de importantes estudios y profundas investigaciones con el fin de darle seguridad a la estructura y a los ocupantes de la misma. [5]

En definitiva, se considera que el factor de reducción de fuerzas sísmicas influye sustancialmente en las dimensiones de los elementos estructurales como vigas y columnas, por lo tanto, se debe establecer un valor que no sobreestime las secciones ni que las sobredimensione. [5]

2.1.5 CYPECAD

CYPECAD es un software que fue creado en España en la década de los 80s por la empresa CYPE Ingenieros S. A., para realizar el cálculo y dimensionamiento de estructuras de hormigón armado, viviendas, edificios y proyectos de obra civil que pueden ser sometidos a acciones horizontales y verticales de cargas.

Este programa permite al ingeniero calculista un análisis bi y tridimensional de la estructura, el dimensionamiento de todos sus elementos estructurales incluida la cimentación, el armado de acero de refuerzo de cada uno de ellos y por último la generación de los planos estructurales de la obra de forma muy detallada junto con su respectiva memoria de cálculo;

ambos en formato de uso convencional. Además, está adaptada a las últimas normativas de varios países e incluyen las normas ecuatorianas con son: CEC-2001 - NEC-2011 – NEC 2015 [5]

2.1.6 Pre diseño de un edificio sismo resistente

Para pre diseñar un edificio hay que definir aquellas variables como, el sistema constructivo, alturas de entrepiso, la luz entre columnas, el tipo de uso, materiales a utilizar, etc.

2.1.6.1 Pre diseño

Es la parte más importante previa al análisis estructural de un edificio y debe caracterizarse por su sencillez y rapidez. Es la etapa en la que se debe determinar las dimensiones iniciales de las secciones de los diferentes elementos estructurales que conformarán la estructura.

Tanto la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 como la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 se basan en el dimensionamiento especificado en el Instituto Americano del Hormigón (ACI-318).

2.1.6.2 Pre diseño del sistema de piso (losas)

El ACI especifica lo siguiente:

Tomando en cuenta que las estructuras deben diseñarse para cargas laterales y suponiendo que el sistema de piso debe actuar como un diafragma rígido en su plano y que debe distribuir las fuerzas horizontales a los elementos resistentes a cargas laterales, tomando en cuenta que el mayor efecto de la acción sísmica se produce en las columnas esquineras, luego en las de borde y finalmente en las centrales, respectivamente. [8]

Para pre diseñar el espesor de una losa maciza soportada por vigas peraltadas el ACI ha establecido dos fórmulas:

- 1) Para valores de αm menores a 2 el valor del espesor mínimo será:

$$h = \frac{\ln\left(0.80 + \frac{fy}{14000}\right)}{36 + 5\beta(\alpha m - 0.2)} \geq 12.5 \text{ cm} \quad (1)$$

Pero no menor a 125 mm.

2) Para valores de α_m mayores a 2 el valor del espesor mínimo será:

$$h = \frac{\ln\left(0.80 + \frac{f_y}{14000}\right)}{36 + 9\beta} \geq 9 \text{ cm} \quad (2)$$

Pero no menor a 90 mm.

Donde que:

α_m = Promedio de la relación de rigideces de las vigas de los bordes respecto a la rigidez del panel de losa adyacente a cada una de ellas.

h = Altura (espesor) de la losa maciza requerida.

l_n = Claro libre en la dirección larga del panel medido entre caras interiores de las vigas.

f_y = Esfuerzo de fluencia del acero.

β = Relación de forma del panel y es igual a la longitud de panel largo / panel corto.

Para el caso de losas alivianadas hay que calcular un espesor equivalente haciendo una relación de inercias entre la loseta de compresión y los nervios.

El espesor de la loseta de compresión se puede verificar mediante la siguiente expresión:

$$e = \frac{L1}{12} \quad (3)$$

donde que $L1$ es la separación entre nervios (eje a eje).

Otras recomendaciones del código ACI con respecto a losas nervadas se mencionan a continuación:

- Los nervios deberán tener un ancho mínimo de 10 cm y un peralte no mayor que tres veces y medio dicho ancho.
- La distancia libre entre nervios no será mayor que 75 cm.
- No es conveniente emplear refuerzo en compresión en los nervios pues al ser poco peraltados la efectividad de dicho acero es casi nula.

- Por lo menos una varilla de refuerzo positivo deberá ser colocada a todo lo largo del nervio y vigueta y continua sobre los apoyos. De ser necesario será empalmada (traslapada) en la zona de los apoyos y en los extremos se anclará mediante un gancho estándar. [8]

2.1.6.3 Pre diseño de vigas

En la Norma Ecuatoriana de la Construcción se especifica que el peralte mínimo de las vigas debe cumplir con los requisitos de ACI 318 sección 9.5. [1]

Para el pre diseño de las vigas se toma en cuenta que son elementos que trabajan principalmente a flexión y existen varios criterios que pueden provenir de la experiencia del diseñador, de la aplicación de las fórmulas para diseño en hormigón armado o de los lineamientos dispuestos en los códigos.

Hay que tomar en cuenta que el ancho mínimo de una viga debe ser de 25 cm para edificios y 20 cm para viviendas y el pre diseño consistirá básicamente en determinar el peralte requerido. [8]

2.1.6.3.1 Primer método: fórmulas empíricas

Para un pre diseño rápido se tienen las fórmulas siguientes:

$$h = \frac{ln}{14} \quad \text{para vigas continuas.} \quad (4)$$

$$h = \frac{ln}{12} \quad \text{para vigas simplemente apoyadas.} \quad (5)$$

dónde: h= peralte de la viga

ln= luz libre entre caras de columnas

2.1.6.3.2 Segundo método: fórmulas de diseño en hormigón

Según especificaciones del ACI-11:

Para un pre diseño más detallado es necesario realizar un mosaico de cargas en la losa (áreas trapezoidales creadas con auxiliares a 45°) para determinar las áreas colaborantes para cada

viga y las cargas distribuidas sobre cada viga y sus respectivos momentos. A los momentos resultantes del peso propio y las cargas verticales (viva y muerta) se los multiplicará por un factor de amplificación por efectos sísmicos el que se recomienda sea igual a 1.50, para obtener el momento último.

Aplicaremos las fórmulas especificadas en el ACI y en el libro “Manual para el diseño sismo resistente de edificios utilizando el programa Etabs” [9]

$$\frac{Mu}{\phi} = Ru * b * d^2 \quad (6)$$

$$\phi = 0.90$$

$$Ru = \frac{1}{1.7 f'c} (1.7 p fy f'c - p^2 fy^2) \quad (7)$$

$$p = 0.5 pb$$

$$pb = \frac{0.85 * \beta_1 * f'c}{fy} * \frac{6120}{(6120 + fy)} \quad (8)$$

Para el diseño de la edificación en estudio se ha seleccionado un $f'c$ de 280 kg/cm²

$$qu = (1.2 D + 1.6 L) * A \text{ colaborante} \quad (9)$$

La losa absorbe un 25% de los momentos.

$$M = 0.7 * qu * \frac{L^2}{12} \quad (10)$$

Por sismo: $Ms = 1.5 M$

$$Mu = M + 1.5M = 2.5 M \quad (11)$$

El peralte requerido por la viga será:

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{\phi * Ru * b}} \quad (12)$$

$$h = d + r \quad (13)$$

Para determinar los momentos en las vigas el ACI tiene una tabla de coeficientes para momentos máximos según la ubicación y las condiciones de apoyo.

Tabla 1. Cálculo de momentos máximos

Para el cálculo de los momentos negativos, l_n se toma como el promedio de las luces libres de los vanos adyacentes.

Momento positivo	
Vanos extremos	
El extremo discontinuo no está restringido	$w_u l_n^2 / 11$
El extremo discontinuo es monolítico con el apoyo	$w_u l_n^2 / 14$
Vanos interiores	$w_u l_n^2 / 16$
Momento negativo en la cara exterior del primer apoyo interior	
Dos vanos	$w_u l_n^2 / 9$
Más de dos vanos	$w_u l_n^2 / 10$
Momento negativo en las demás caras de apoyos interiores	
$w_u l_n^2 / 11$	
Momento negativo en la cara de todos los apoyos para:	
Losas con luces que no excedan de 3 m, y vigas en las cuales la relación entre la suma de las rigideces de las columnas y la rigidez de la viga exceda de 8 en cada extremo del vano	
$w_u l_n^2 / 12$	
Momento negativo en la cara interior de los apoyos exteriores para los elementos contruoidos monolíticamente con sus apoyos	
Cuando el apoyo es una viga de borde	$w_u l_n^2 / 24$
Cuando el apoyo es una columna	$w_u l_n^2 / 16$
Cortante en elementos extremos en la cara del primer apoyo interior	
$1.15 w_u l_n / 2$	
Cortante en la cara de todos los demás apoyos	
$w_u l_n / 2$	

Fuente: ACI 318S-11

Para las vigas se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El peralte de una viga no deberá ser mayor que 3 veces el peralte de la losa, tomando como referencia el espesor equivalente de losa maciza.

- b) El ancho de la viga no deberá ser mayor a 0.75 del ancho de la columna por requerimiento de nudos.
- c) La luz libre del elemento no deberá ser menor a 4 veces su altura útil, para evitar tener vigas cortas.
- d) El ancho de la viga no debe ser menor que el más pequeño de 0.3 h y 25cm. [8]

2.1.6.4 Pre diseño de columnas

Las columnas son elementos que trabajan a flexo compresión, pero para el pre diseño se utiliza la fórmula de capacidad máxima de carga de una columna, aunque se sabe que son los desplazamientos máximos y las derivas de piso admisibles, así como los chequeos de columna fuerte vs viga débil y el diseño de nudos los parámetros que determinaran finalmente la sección definitiva que deberá emplearse.

2.1.6.4.1 Primer método: fórmulas empíricas

Igualmente, para un pre diseño rápido se han establecido las siguientes fórmulas empíricas. [9]

- Para columnas esquineras:

$$A_c = \frac{P_u}{0.18 f'_c} \quad (14)$$

- Para columnas de borde:

$$A_c = \frac{P_u}{0.20 f'_c} \quad (15)$$

- Para columnas centrales:

$$A_c = \frac{P_u}{0.25 f'_c} \quad (16)$$

Donde que P_u es la carga axial máxima acumulada en los pisos y determinada en función de las áreas colaborantes, mayorada por efectos sísmico en un 30%.

2.1.6.4.2 Segundo método: capacidad máxima de carga

Según especificaciones del ACI:

La capacidad máxima de carga de una columna está dada por:

$$P_o = 0.85 f'c A_g + A_s f_y \quad (17)$$

Para diseño dúctil:

$$P = \frac{1}{3} P_o = \frac{1}{3} (0.85 f'c A_g + A_s f_y) \quad (18)$$

Si $A_s = p f_y$:

$$P = \frac{1}{3} (0.85 f'c A_g + p A_g f_y) \quad (19)$$

De donde:

$$A_g = \frac{3P}{0.85 f'c + p f_y} \quad (20)$$

Por acción sísmica se puede incrementar un 30% :

$$A_g = \frac{3.9P}{0.85 f'c + p f_y} \quad (21)$$

Si se considera $p=0.015$ (1.5%) cuantía de acero:

$$A_g = \frac{3.9P}{0.85 f'c + 0.015 f_y} \quad (22)$$

donde que:

A_g = área de la sección transversal de la columna.

P = carga axial que va a soportar la columna determinada en base a las áreas colaborantes y los estados de carga, carga que debe ser acumulada de piso en piso.

$$q_u = 1.2 C_M + 1.6 C_V \quad (23)$$

$$P = \sum q_u * A_{colaborante} \quad (24)$$

Para las columnas se deberán tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) La dimensión mínima deberá ser 30 cm, por lo tanto, la sección mínima deberá ser 30x30 cm.

- b) La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular debe ser al menos 0.4. [8]

2.1.6.5 Pre diseño de zapatas

Según apuntes obtenidos en clases, tenemos que:

Luego del análisis estructural del modelo se pueden obtener las cargas axiales que las columnas van a transmitir hacia el suelo, con las cuales podemos pre diseñar las secciones de las zapatas en función de la resistencia del suelo de fundación determinada por un estudio de suelos.

De la relación de esfuerzo carga / área:

$$qa = \frac{P}{A} \quad (25)$$

Si qa es el esfuerzo del suelo y despejando el área tenemos:

$$A = \frac{P}{qa}$$

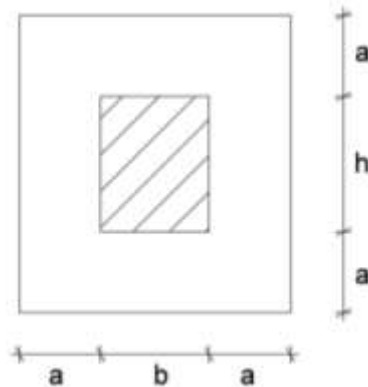
dónde:

- A es el área requerida por la zapata.
- P es la carga axial.
- qa es el esfuerzo admisible del suelo.

La carga P debe obtenerse de la sumatoria de las cargas de servicio sin factorar debido a que el esfuerzo qa es un esfuerzo admisible que considera un factor de seguridad con respecto al esfuerzo último del suelo que es el esfuerzo último de rotura o de falla. Si se incluye la fuerza sísmica se recomienda mayorar un 30% al esfuerzo qa .

Si tenemos una columna de sección rectangular y la dimensión de la zapata debe extenderse una distancia a de la cara de la columna. La relación para obtener las dimensiones de la zapata es:

$$(2a + b)(2a + h) = A$$



En zapatas se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

El espesor mínimo deberá ser de 30 cm.

La dimensión mínima en planta deberá ser de 1.00 m.

$$a = \frac{-(b+h) + \sqrt{(b+h)^2 - 4bh + 4a}}{4} \quad (26)$$

2.1.6.6 Pre diseño de cadenas

Para el caso de las cadenas de amarre a nivel de piso no se han establecido reglas para determinar la sección que deben tener ya que usualmente no forman parte del modelo estructural pues simplemente se asume que las columnas están empotradas en su base. [9]

Una investigación realizada por el Ing. Ernesto Pro ha demostrado que las cadenas realizan una redistribución de los momentos en el pie de las columnas pues parte de los momentos es absorbido por las cadenas, otra parte por el cuello de las columnas que se une a la zapata y el resto es el momento efectivo que llega hasta la zapata. El resultado final de la investigación concluyó que las cadenas a más de empotrar el pie de las columnas, toman parte del momento en proporción a su rigidez. [9]

De acuerdo con esto se puede concluir que mientras más rígidas sean las cadenas de amarre mayor será el grado de empotramiento que estaremos dotando a las columnas y además estaremos reduciendo los momentos que llegan a las zapatas, aunque usualmente para el

diseño de la cimentación se toma los momentos totales lo que adiciona un grado de seguridad. [9]

En el caso de viviendas de hasta dos pisos se recomienda que la sección de cadena sea como mínimo 20x20 cm. En el caso de edificios se irán incrementando estas dimensiones según el tamaño, la altura, calidad del suelo, etc. [9]

2.2 HIPÓTESIS

La aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 en el análisis del edificio mediante el uso del programa CYPECAD da resultados menos exigentes que los obtenidos con la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

Variable independiente

Normativas Ecuatorianas de la Construcción (NEC 2011 y NEC 2015)

Variable dependiente

Análisis estructural de un edificio mediante el uso del programa CYPECAD

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación que se aplica es de nivel exploratorio, descriptivo y correlacional.

Es de nivel exploratorio, ya que conlleva a posibles variables en el análisis de la edificación.

Es de carácter descriptivo, debido a que mediante el uso del modelo real de una edificación se obtendrán datos que determinarán el grado de validez del software utilizado.

Es de carácter correlacional, debido a que se determinarán las diferencias que existen entre dos normas de construcción aplicadas a una edificación determinada.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Edificio “Manuela Sáenz” ubicado en la ciudad de Ambato, el cual se encuentra ubicado en la Av. Manuela Sáenz y calle Augusto Arias sector La Floresta del cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

El inmueble será destinado a uso de estacionamientos en dos subsuelos, uso comercial en planta baja y uso residencial en las siete plantas superiores.

El edificio tiene un sistema estructural constituido por columnas, vigas, losas macizas de hormigón armado y losas mixtas.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente

Normativas Ecuatorianas de la Construcción

Tabla 2. Variable independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumento
Conjunto de regulaciones establecidas por una autoridad, aplicada en el cálculo estructural de una edificación	Peligro sísmico	Sismo resistencia	¿Es necesario realizar un diseño sismo resistente en la edificación?	Normativa y herramientas computacionales
	Aplicación de distintas normativas	Variación de resultados	¿Qué diferencia existe entre dos normas aplicadas a un mismo edificio?	

Fuente: Luis Jurado

Variable dependiente

Análisis estructural de un edificio mediante el uso del programa CYPECAD

Tabla 3. Variable dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumento
Análisis aplicado a una estructura para encontrar un diseño sísmo resistente óptimo mediante el uso de un software especializado.	Análisis estructural	CYPECAD	¿Es necesario el uso de un software para el cálculo de la estructura?	Normativa y herramientas computacionales
	Sismo	Espectro inelástico	¿Cómo influencia la utilización del espectro inelástico en el diseño de la estructura?	Normativa de peligro sísmico

Fuente: Luis Jurado

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla 4. Plan de recolección de información

Preguntas Básicas	Explicación
¿Para qué?	- Identificar las diferencias existentes entre la aplicación de la NEC 2011 y NEC 2015.
¿De qué personas u objetos?	- NEC 2011 - NEC 2015
¿Sobre qué aspectos?	- Utilización de un software especializado en el cálculo de estructuras
¿Quién?	- Luis Jurado
¿Dónde?	- Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
¿Cómo?	- Investigación bibliográfica - Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 y 2015

Fuente: Luis Jurado

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

El plan de procesamiento y análisis será estructurado de la siguiente manera:

- Revisión de la bibliografía.
- Recolección de datos previos.
- Cálculo estructural con la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011.
- Cálculo estructural con la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.
- Análisis y comparación de resultados entre el cálculo estructural con la aplicación de ambas normativas.
- Comparación de resultados obtenidos con CYPECAD y resultados obtenidos con otro software especializado.
- Determinación del grado de validez de los datos obtenidos con CYPECAD.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1 Selección del modelo a usar

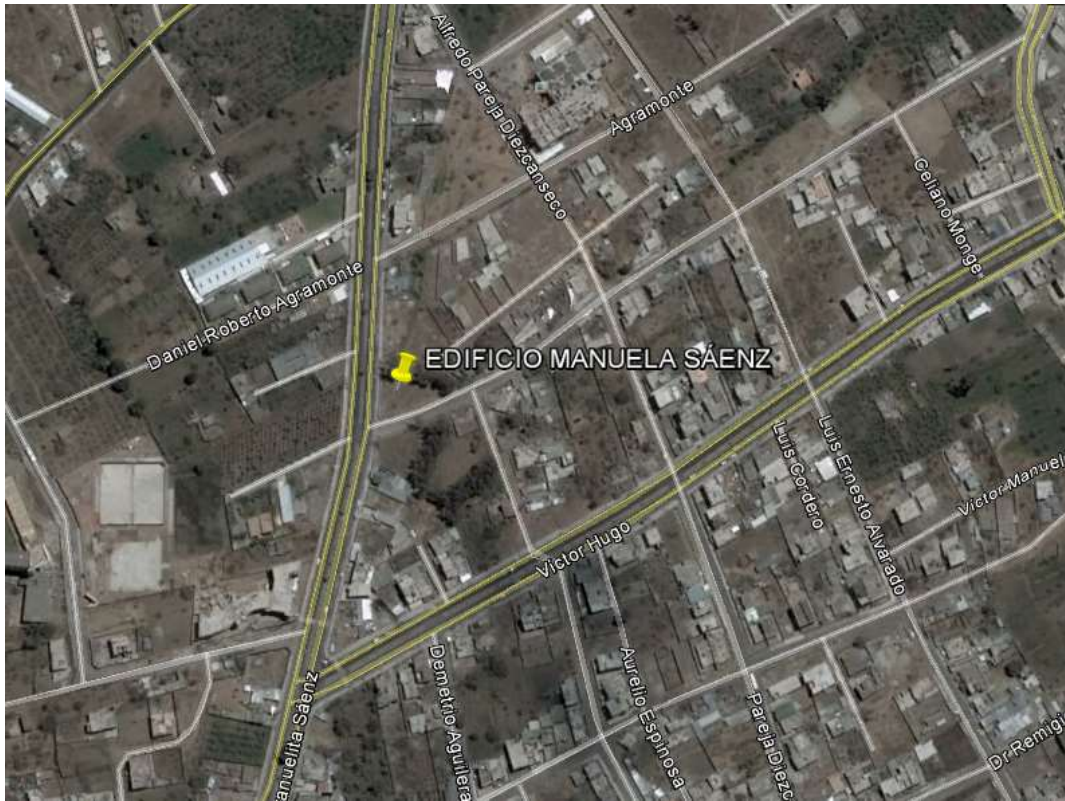
El edificio “Manuela Sáenz” se encuentra en proceso de construcción y está ubicado en la Av. Manuela Sáenz y calle Augusto Arias, sector La Floresta, parroquia Huachi Chico, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

Gráfico # 6. Ubicación del edificio “Manuela Sáenz”



Fuente: Mapa de ubicación de Ambato

Gráfico # 7. Ubicación del edificio “Manuela Sáenz”



Fuente: Google Earth

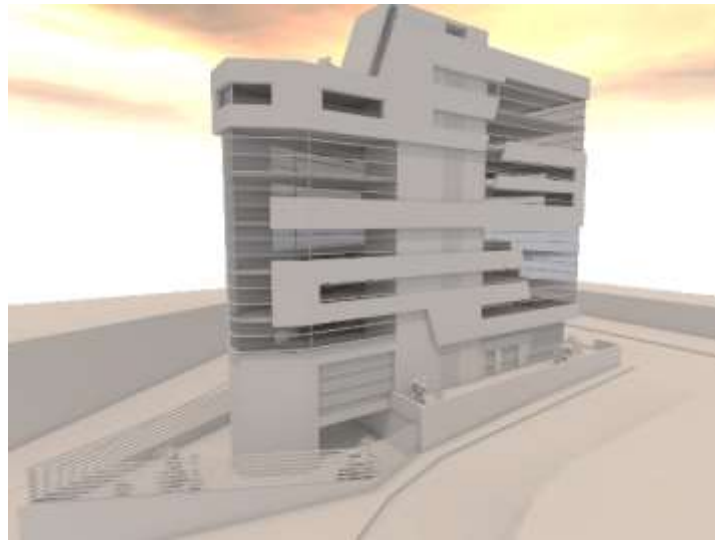
La edificación actualmente se encuentra en proceso constructivo, teniendo ya un avance del 65% de su totalidad.

El inmueble será destinado a uso de estacionamientos en dos subsuelos, uso comercial en planta baja y uso residencial en las siete plantas superiores.

El edificio tiene un sistema estructural constituido por columnas, vigas, losas macizas de hormigón armado y losas mixtas. Posee un núcleo muros de corte en los cuáles se encuentra un ascensor y las gradas.

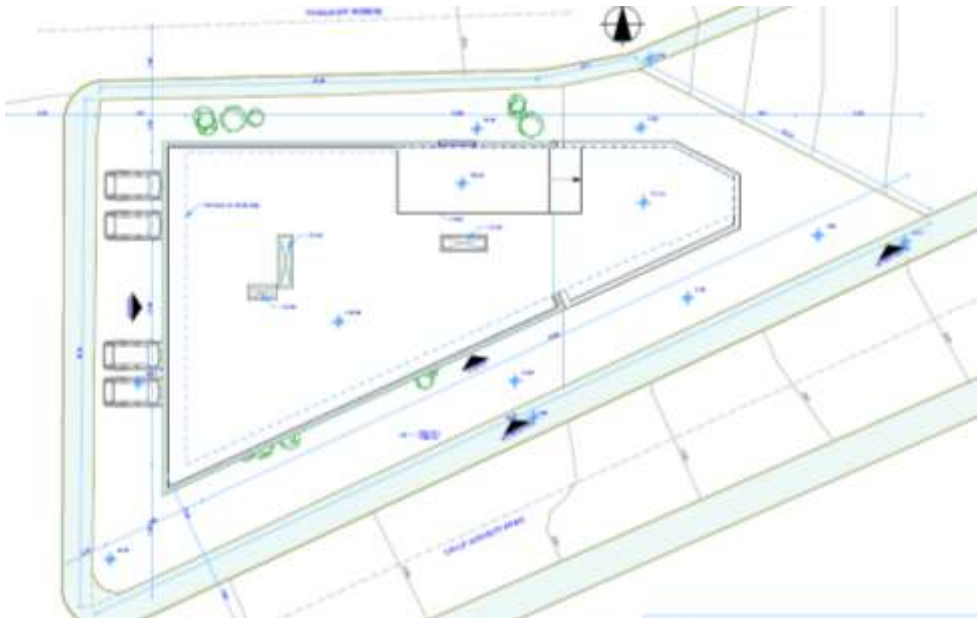
Ésta edificación ha sido elegida como modelo en la realización de este proyecto debido a su irregularidad en planta, la cual tiene gran importancia en la construcción de grandes edificaciones.

Gráfico # 8. Elevación del edificio



Fuente: Modelo arquitectónico

Gráfico # 9. Implantación del inmueble



Fuente: Modelo arquitectónico

Para la realización de este proyecto se utilizó el programa CYPECAD, el cual es un programa en el cual podemos modelar y simular el comportamiento sísmico de un edificio. Éste programa también nos ofrece la obtención directa de planos de hormigón armado, acero, memoria de cálculo y despiece de materiales.

4.1.2 Diferencias teóricas entre la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.

Después de revisar las dos normas de la construcción, se han encontrado varias diferencias puntuales entre ambas normas.

4.1.2.1 Coeficientes de perfil del suelo

Tabla 5. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	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	1.15
E		1.8	1.5	1.4	1.28	1.15	1.05
F		ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota

Fuente: NEC, 2011

Tabla 6. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa

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					

Fuente: NEC, 2015

Tabla 7. Tipo de suelo y Factores de sitio Fd

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	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		1.6	1.5	1.4	1.35	1.3	1.25
D		1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
E		2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F		ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota

Fuente: NEC, 2011

Tabla 8. Tipo de suelo y Factores de sitio Fd

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					

Fuente: NEC, 2015

Tabla 9. Tipo de suelo y Factores de sitio Fs

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	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		1	1.1	1.2	1.25	1.3	1.45
D		1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	1.65
E		1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F		ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota

Fuente: NEC, 2011

Tabla 10. Tipo de suelo y Factores de sitio Fs

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					

Fuente: NEC, 2015

4.1.2.2 Período de Vibración

- Para la obtención del periodo de vibración, la NEC 2011 indica lo siguiente:

Para estructuras de edificación, el valor de T puede determinarse de manera aproximada mediante la expresión:

$$T = Ct * hn^{\alpha}$$

en donde:

hn= altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

Para estructuras de acero sin arriostramientos, **Ct= 0.072** y **α= 0.80**

Para estructuras de acero con arriostramiento, **Ct= 0.073** y **α= 0.75**

Para pórticos espaciales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras, **Ct= 0.047** y **α= 0.90**

Para pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales o diagonales rigidizadoras, **Ct= 0.049** y **α= 0.75** [4]

- Para la obtención del periodo de vibración, la NEC 2015 indica lo siguiente:

Para estructuras de edificación, el valor T puede determinarse de manera aproximada mediante la expresión:

$$T = Ct * hn^{\alpha}$$

Dónde:

Ct= Coeficiente que depende del tipo de edificio.

hn= Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

T= Período de vibración. [1]

Para:

Tabla 11. Factores de Ct y α para cálculo del período de vibración

Tipo de estructura	C _t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Fuente: NEC, 2015

4.1.2.3 Factor de reducción de respuesta estructural R

Tabla 12. Coeficiente de reducción de respuesta estructural R

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles	
Sistemas Duales	
Pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente.	7
Pórticos de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	7
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	7
Pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	6
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	6
Pórticos espaciales sismo-resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	6
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	6
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en el capítulo 4, limitados a 2 pisos	3
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos	3
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos	3

Fuente: NEC, 2011

Tabla 13. Coeficiente de reducción de respuesta estructural R

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (exoéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (exoéntricas o concéntricas).	8

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	R
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM , limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Fuente: NEC, 2015

4.1.2.4 Ajuste del resultado del análisis dinámico

- La NEC 2011 en la sección 2.7.7.8 menciona lo siguiente:

El valor del cortante dinámico total en el base obtenido por cualquier método de análisis dinámico, no puede ser menor que el **80%** del cortante basal obtenido por el método estático, en el caso de estructuras regulares, ni menor que el **90%** para el caso de estructuras irregulares. Para cumplir este requisito, los resultados totales del análisis dinámico deberán

ser ajustados y cubrir todos los resultados incluyendo las deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos, cortantes de piso, cortante en la base y fuerzas en los elementos. [4]

- La NEC 2015 en la sección 6.2.2.b. menciona lo siguiente:

El valor del cortante dinámico total en el base obtenido por cualquier método de análisis dinámico, no debe ser:

- < **80%** del cortante basal V obtenido por el método estático (estructuras regulares)
- < **85%** del cortante basal V obtenido por el método estático (estructuras irregulares)

[1]

4.1.2.5 Carga sísmica reactiva W

- La NEC 2011 en la sección 2.7.1.1 menciona lo siguiente:

La carga sísmica W representa la carga reactiva por sismo y es igual a la carga muerta total de la estructura más un **25%** de la carga viva de piso. En el caso de estructuras de bodegas o de almacenaje, W se calcula como la carga muerta más un **50%** de la carga viva de piso. [4]

- La NEC 2015 en la sección 6.1.7 menciona lo siguiente:

La carga sísmica W representa la carga reactiva por sismo. Independientemente del método de análisis descrito en la sección 6.2 se usará la siguiente carga sísmica reactiva

Caso general:

$$W = D$$

D = Carga muerta total de la estructura.

Casos especiales: bodegas y almacenaje

$$W = D + 0.25L_i$$

D = Carga muerta total de la estructura.

L_i = Carga viva del piso i [1]

4.1.3 Cálculo estructural mediante el uso de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 y la aplicación del programa CYPECAD.

Una vez identificadas las diferencias existentes entre ambas normas, procedemos al cálculo estructural del edificio con la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011.

4.1.3.1 Datos Generales

En la ventana de datos generales, nos permite indicar el nombre, descripción, normativas a utilizar en el cálculo, definición de materiales, opciones de armado, coeficientes de pandeo, hipótesis de carga y demás acciones que serán consideradas en el cálculo del edificio como son: sismo, viento y fuego.

Gráfico # 10. Ingreso de datos generales

The screenshot shows the 'Datos generales' (General Data) window in the CYPECAD software. The window title is 'Datos generales' and it contains the following fields and options:

- Arch.:** EDIFICIO MANUELA SAENZ
- Descripción:** Cálculo estructural para edificio Manuela
- Sáenz NEC 2011**
- Normas:** ACI 318M-11, AISI S100-2007 (LRFD), ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Eurocódigo 5 y Eurocódigo 9
- Hormigón armado**
 - Hormigón**
 - Losas: f_c=280
 - Fundación: f_c=280
 - Columnas: f_c=280
 - Muros: f_c=280
 - Características del árido: 15 mm
 - Acero**
 - Barros: Grado 60 (Latinoamérica)
 - Pernos: A-325
- Perfiles**
 - Acero**
 - Laminados y armados: A36
 - Conformados: ASTM A 36 36 ksi
 - Madera**
 - Aserrada, procedente de coníferas o chopos. - C14
 - Aluminio extruido**
 - EN AW-5083 - F
- Acciones**
 - Carga permanente y sobrecarga de uso
 - Con acción de viento
 - Con acción sísmica
 - Norma: NEC -11 (Ecuador)
 - Criterio de armado por ductilidad: Según NEC-11
 - Elementos constructivos: No se consideran
 - Comprobar resistencia al fuego
 - Estados límite (combinaciones)
 - Hipótesis adicionales (cargas especiales)
- Coefficientes de pandeo**
 - Pilares de hormigón y muros
 - B_x: 1.000 B_y: 1.000
 - Columnas de acero
 - B_x: 1.000 B_y: 1.000

An 'Aceptar' button is located at the bottom right of the window.

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Se trabajará con la Norma ACI 318M-11 tanto para hormigones como para el acero.

Para el cálculo se consideró las siguientes características:

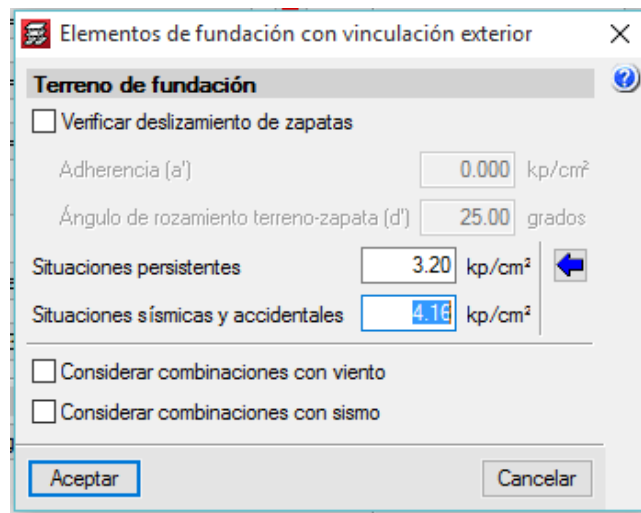
- Hormigón $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$.
- Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (Barras de grado 60).

En ésta estructura no se utilizará las opciones de perfilería, madera, aluminio y pernos, por lo cual no necesitamos una asignación especial.

Al tener un sistema estructural de columnas que están empotradas, el coeficiente de pandeo será igual a 1.

Para la cimentación se ha asignado una capacidad portante del suelo de 3.20 kp/cm^2 (32 t/m^2), valor que ha sido especificado previamente en un estudio de suelos.

Gráfico # 11. Datos para elementos de fundación



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.1.3.2 Acción sísmica

4.1.3.2.1 Obtención manual del espectro de diseño

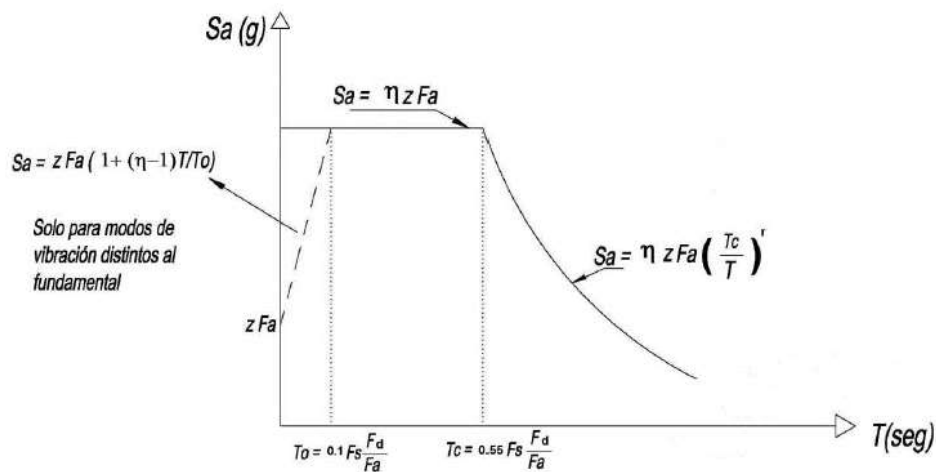
El capítulo 2 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 nos da los siguientes parámetros para la obtención del espectro elástico:

Tabla 14. Datos para obtención de espectro elástico

Zona	V	Tabla 2.1	Amenaza sísmica alta
Z=	0,4	Tabla 2,2	Ambato – Tungurahua
Tipo de suelo	C	Tabla 2,3	Perfil de suelos muy densos o roca blanda
Fa=	1,2	Tabla 2,5	Tipo de suelo y factor de suelo
Fd=	1,3	Tabla 2,6	Tipo de suelo y factor de suelo
Fs=	1,3	Tabla 2,7	Tipo de suelo y factor de suelo
n=	2,48		Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
r=	1		Para tipos de suelo A, B o C.

Fuente: NEC 2011

Gráfico # 12. Fórmulas para espectro elástico



Fuente: NEC 2011

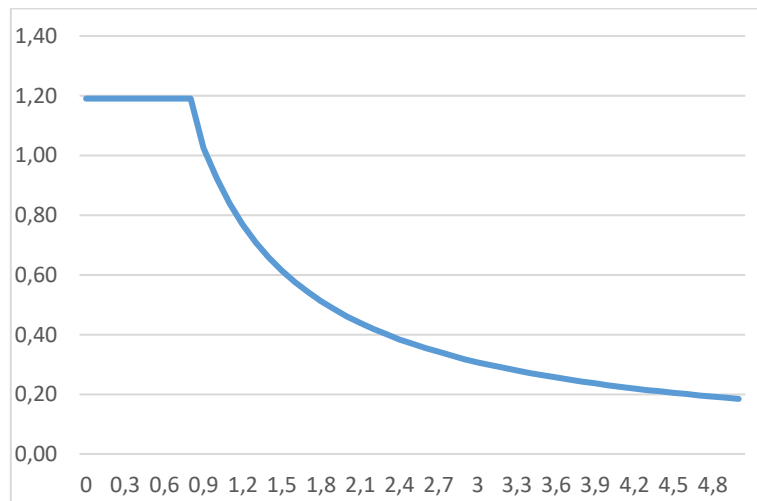
De aquí se obtiene que:

$$T_0 = 0.141$$

$$T_c = 0.775$$

$$S_{a1} = 1.19$$

Gráfico # 13. Espectro elástico obtenido de forma manual



Fuente: NEC 2011

Según la NEC 2011 el espectro de diseño se obtiene de la siguiente manera:

$$S_a = \frac{I * S_{ae}}{R * \Phi_p * \Phi_e}$$

Dónde:

- Coeficiente de irregularidad en planta:

Debido a la configuración en planta del edificio en estudio se tiene que:

Gráfico # 14. Coeficiente de irregularidad en planta

<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_p=0.9$ 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>	
---	--

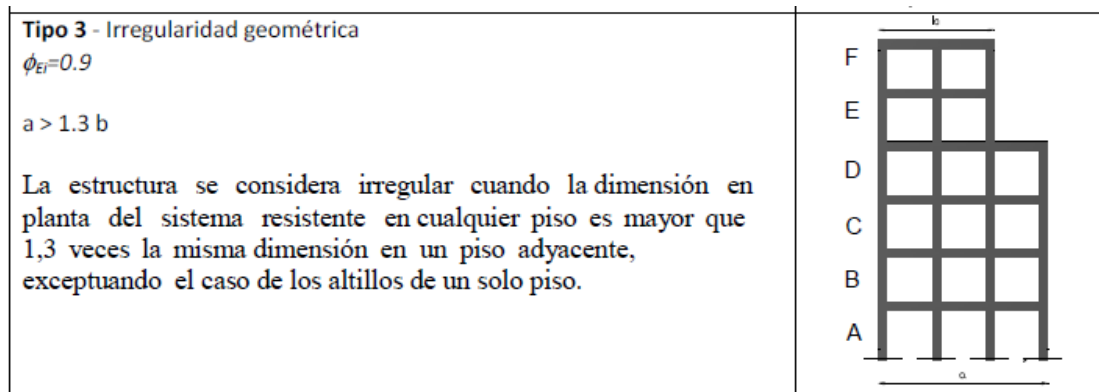
Fuente: Tabla 2.12, NEC 2011

$$\Phi_p = 0.9$$

- Coeficiente de irregularidad en elevación

La edificación en estudio tiene diferentes dimensiones entre planta y planta, por lo que se tiene lo siguiente:

Gráfico # 15. Coeficiente de irregularidad en elevación



Fuente: Tabla 2.13, NEC 2011

$\Phi_e = 0.9$

- Coeficiente de reducción de respuesta estructural

Del edificio analizado se pudo obtener lo siguiente:

Gráfico # 16. Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

Hipótesis sísmica	%Q _X		%Q _Y	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
Sismo X1	12.46	87.54	9.89	90.11
Sismo Y1	11.32	88.68	14.91	85.09

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Como se puede observar el cortante absorbido por los muros estructurales es mayor al 75%, por lo que se puede determinar que la estructura es un Pórtico Espacial Sismo-Resistente con Muros Estructurales (Sistemas Duales), de lo que tenemos lo siguiente:

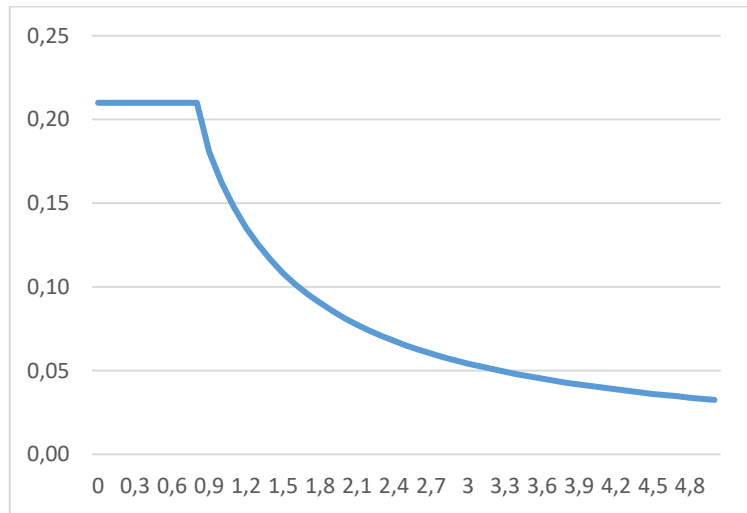
Gráfico # 17. Coeficiente de reducción de respuesta estructural (R)

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles	
Sistemas Duales	
Pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente.	7

Fuente: Tabla 2.14, NEC 2011

R= 7

Gráfico # 18. Espectro de diseño obtenido de forma manual

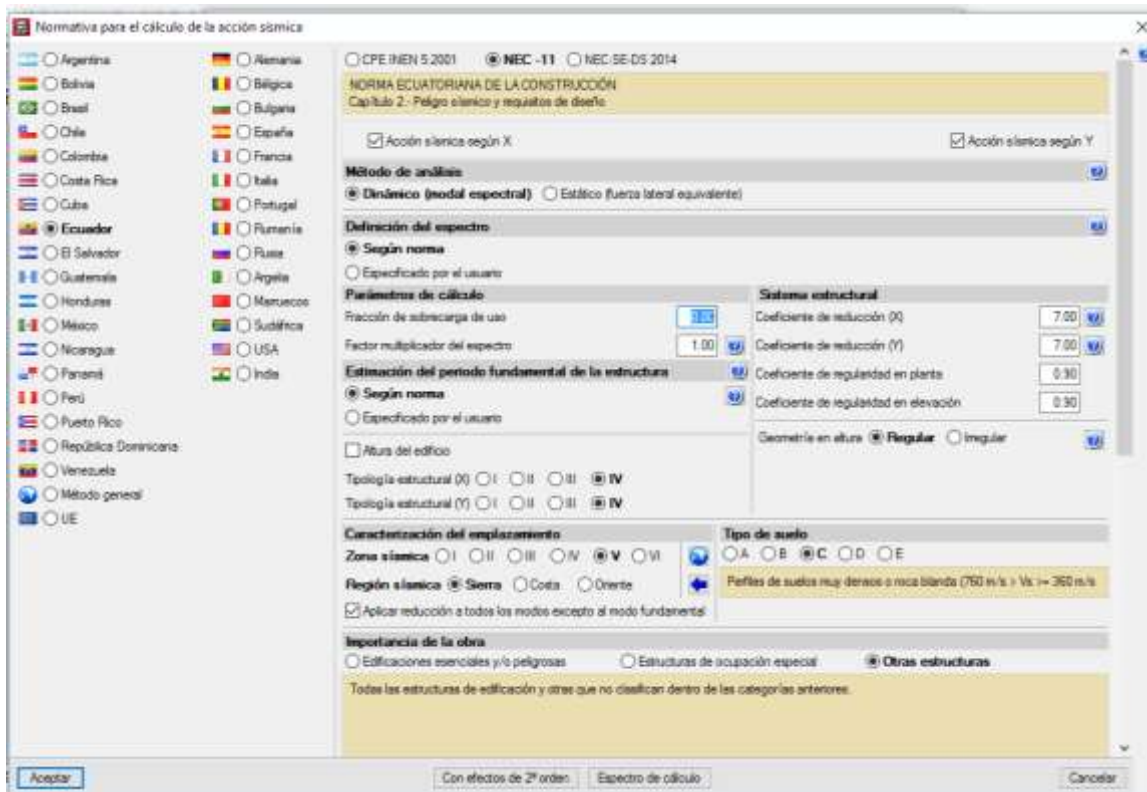


Fuente: NEC 2011

4.1.3.2.2 Datos generales de sismo introducidos en CYPECAD

Para éste modelo se utilizó la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 por lo cual se han seleccionado los siguientes datos:

Gráfico # 19. Introducción de la acción sísmica



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

La NEC 2011 indica que:

El valor del cortante dinámico total en el base obtenido por cualquier método de análisis dinámico, no puede ser menor que el **90%** para el caso de estructuras irregulares. Para cumplir este requisito, los resultados totales del análisis dinámico deberán ser ajustados y cubrir todos los resultados incluyendo las deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos, cortantes de piso, cortante en la base y fuerzas en los elementos. [4]

Éste procedimiento CYPECAD lo calcula de manera automática, por lo que no hay necesidad de realizar un análisis estático previo, el ajuste se muestra a continuación:

Gráfico # 20. Corrección del cortante basal

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.90 \cdot V_{s,X}$ 502.2364 t \geq 604.2728 t	1.20
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.90 \cdot V_{s,Y}$ 426.9486 t \geq 604.2728 t	1.42

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,X}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,Y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

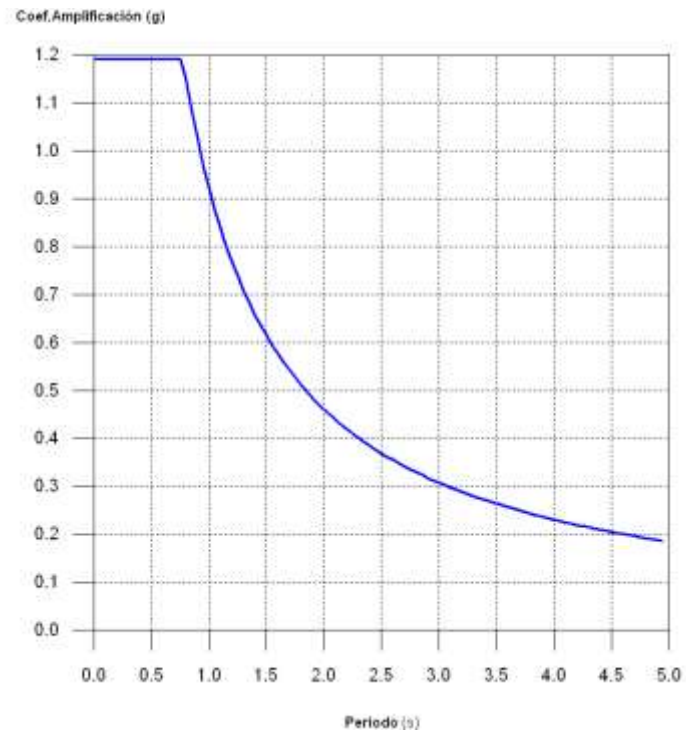
A continuación, se muestra los datos requeridos por el programa para la obtención del espectro de cálculo:

- Zona sísmica: V
- Región sísmica: Sierra
- Tipo de suelo: C
- Factor de reducción (R): 7
- Coeficiente de regularidad en planta: 0.90
- Coeficiente de regularidad en elevación: 0.90
- Altura del edificio: 26.55 m
- Número de modos de vibración: automático, hasta alcanzar un porcentaje exigido de masa desplazada (90%)
- Fracción de sobrecarga de uso: 0.25

4.1.3.2.3 Espectro de cálculo

Espectro elástico:

Gráfico # 21. Espectro elástico obtenido por CYPECAD

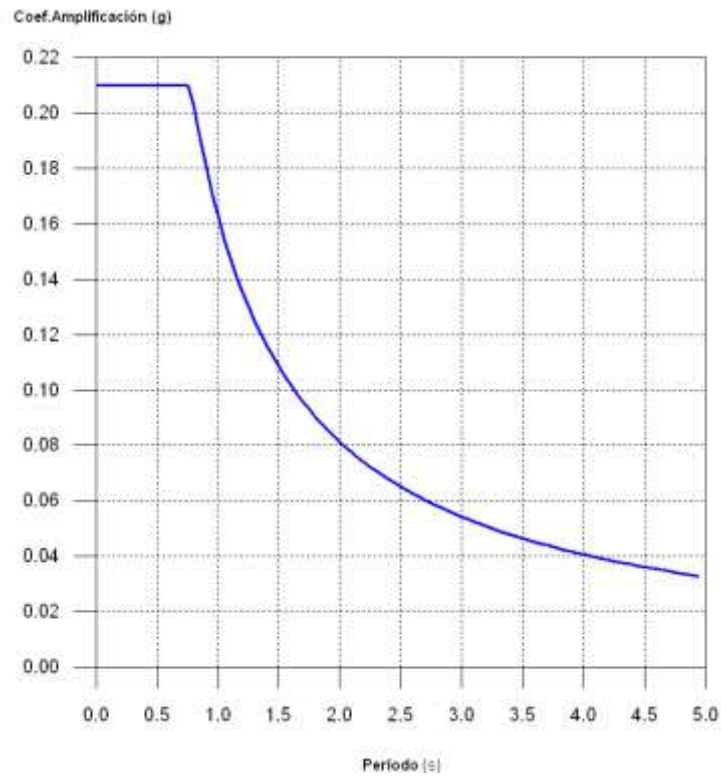


Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

- Factor de zona: 0.40
- Relación de amplificación espectral: 2.48
- Factor de sitio $F_a = 1.20$
- Factor de sitio $F_d = 1.30$
- Factor de sitio $F_s = 1.30$
- Factor de importancia = 1
- Periodo límite inferior $T_o = 0.14$ s
- Periodo límite superior $T_c = 0.77$ s

Espectro de diseño:

Gráfico # 22. Espectro de diseño obtenido por CYPECAD



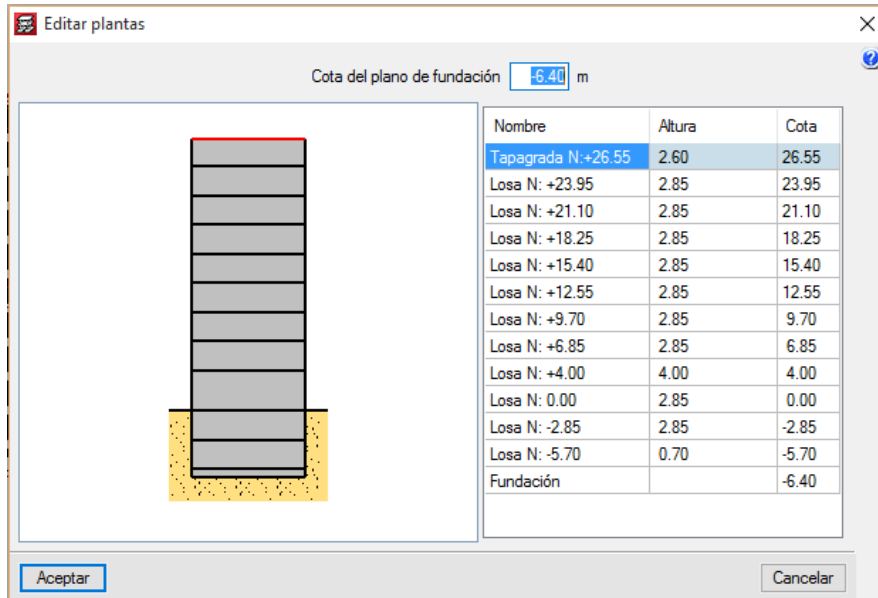
Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Se puede observar que los espectros obtenidos por el software son los mismos que se han obtenido de manera manual.

4.1.3.3 Definición de plantas y grupos de plantas:

Se ha introducido 12 plantas, incluyendo dos subsuelos y el tapagradada,

Gráfico # 23. Introducción de plantas



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

La carga muerta adicional se ha obtenido mediante un promedio de las cargas aplicadas sobre la losa.

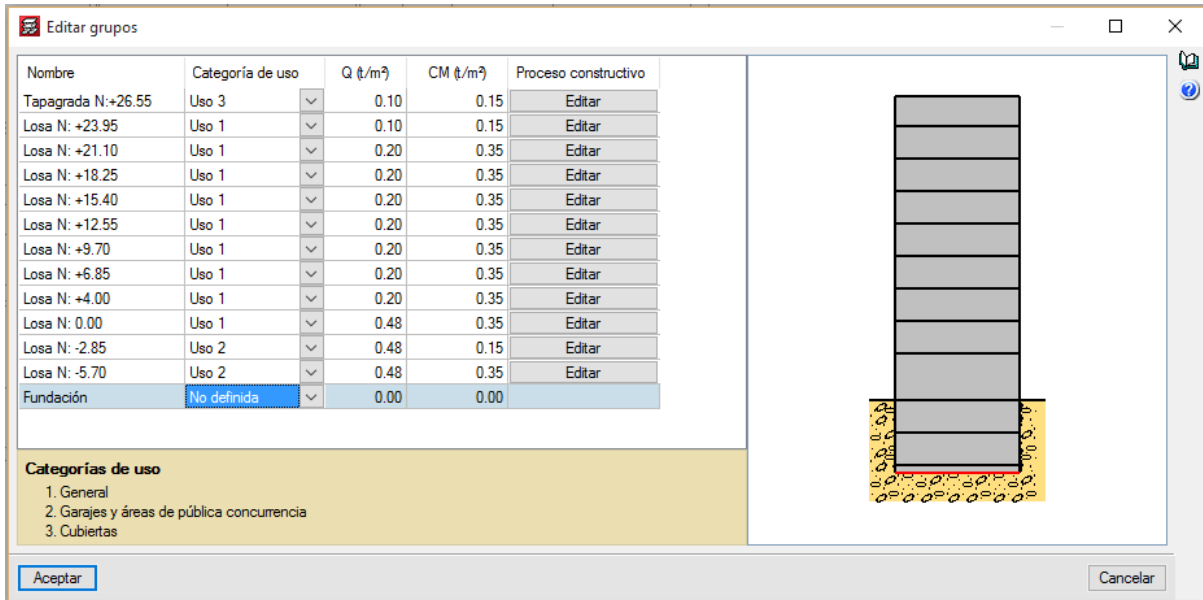
La carga viva para cada piso se ha definido según lo indicado en la NEC 2011

Tabla 15. Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)
Almacenes: venta al por menor	4.80
Cubiertas: planas, inclinadas y curvas	1.00
Escaleras y Rutas de escape	4.80
Residencias multifamiliares	2.00

Fuente: NEC, 2011

Gráfico # 24. Introducción de cargas y categorías de uso

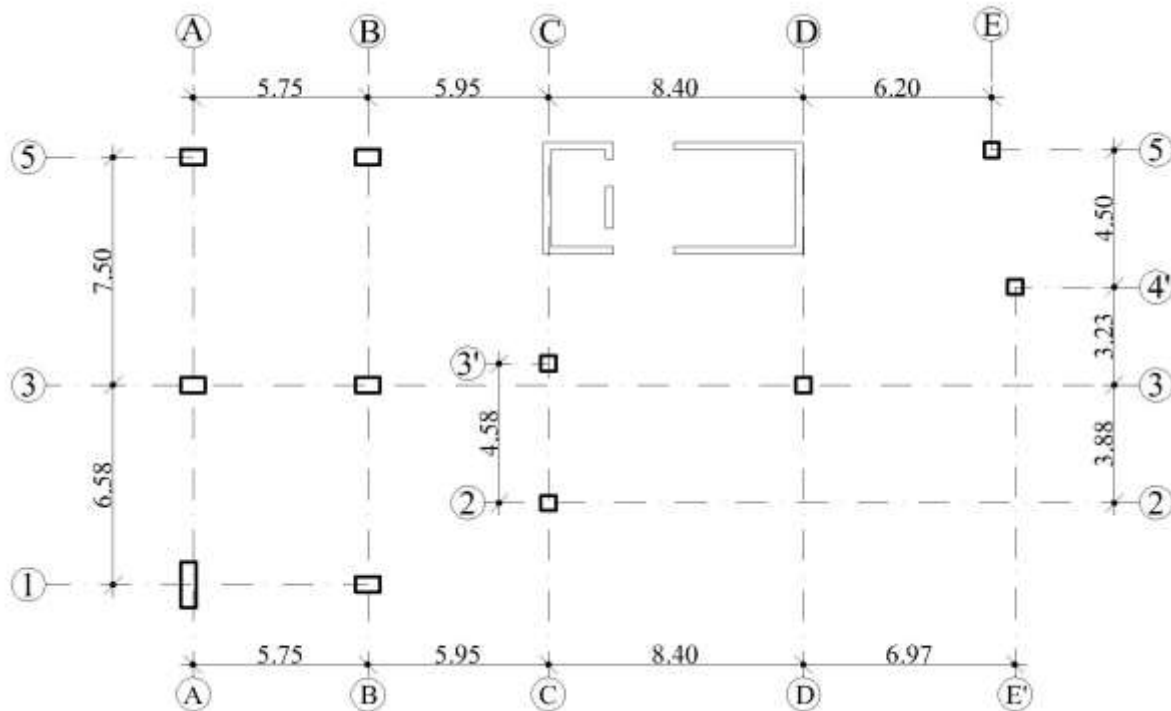


Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.1.3.4 Introducción de la geometría de la edificación:

A continuación, se presenta el esquema de la edificación:

Gráfico # 25. Esquema de la edificación



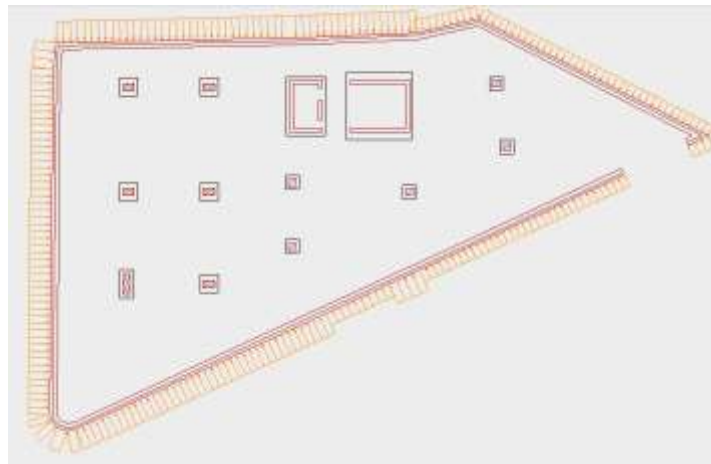
Fuente: Diseño original

4.1.3.4.1 Introducción de muros de contención

La edificación tiene un requerimiento de muros de contención en todo el borde del terreno, debido a que se tiene dos subsuelos destinados al uso de estacionamientos.

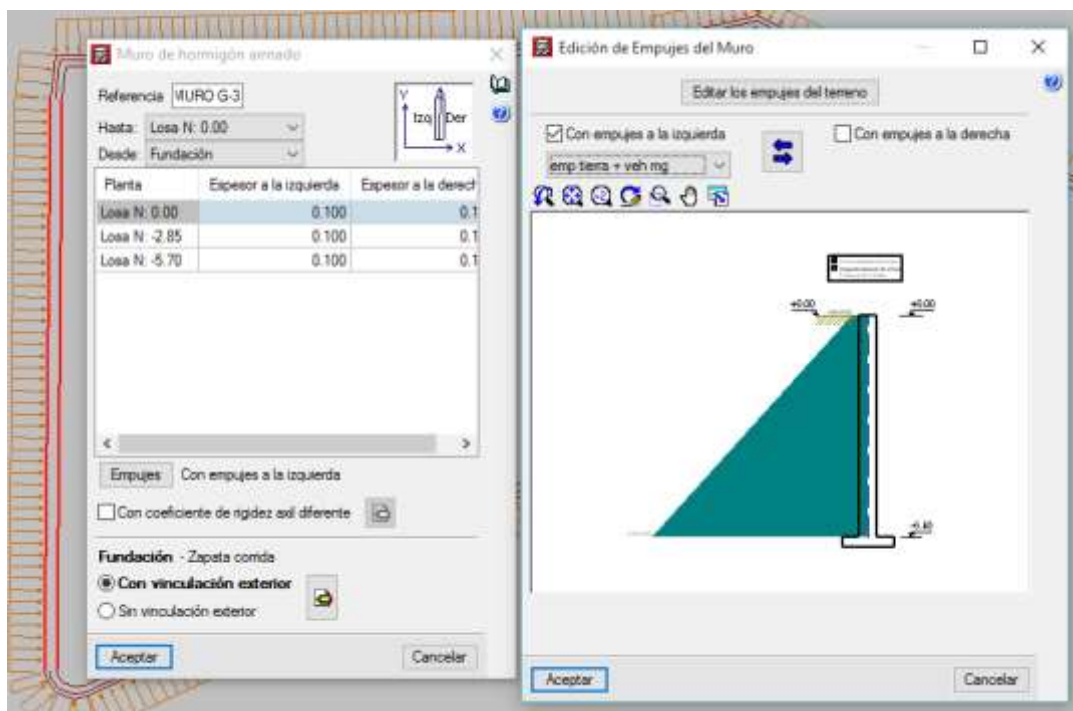
Inicialmente se tomó los datos del proyecto original y se usó muros de contención de un espesor de 20 cm y de diferentes alturas a lo largo de todo el perímetro del terreno, dejando los espacios para entrada de vehículos a los estacionamientos.

Gráfico # 26. Disposición de muros de contención



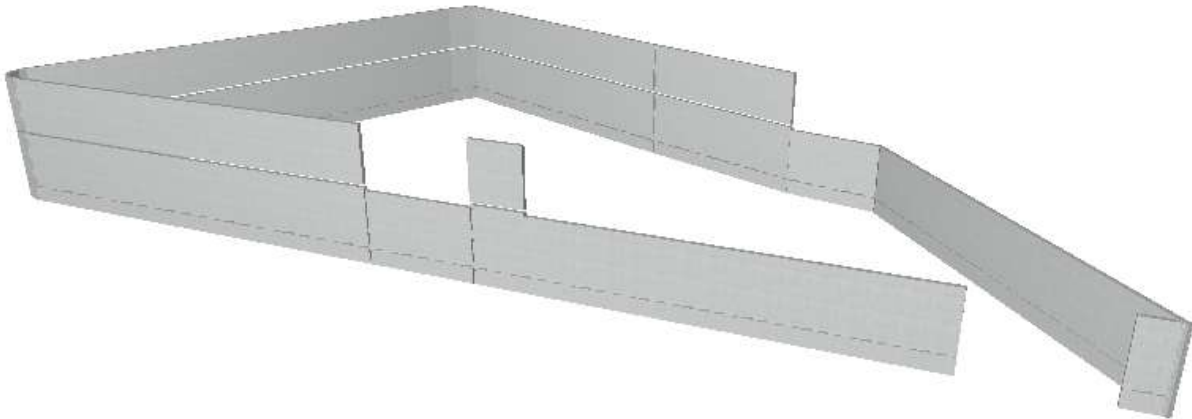
Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 27. Características de los muros de contención



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 28. Visualización 3D de la estructura



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.1.3.4.2 Introducción de columnas y muros de corte

Inicialmente se introdujo las columnas dimensionadas en el diseño original para después ser modificadas según los requerimientos del software.

Se utilizaron muros de corte de un espesor de 25 cm ubicados alrededor de las escaleras y del ducto de ascensor.

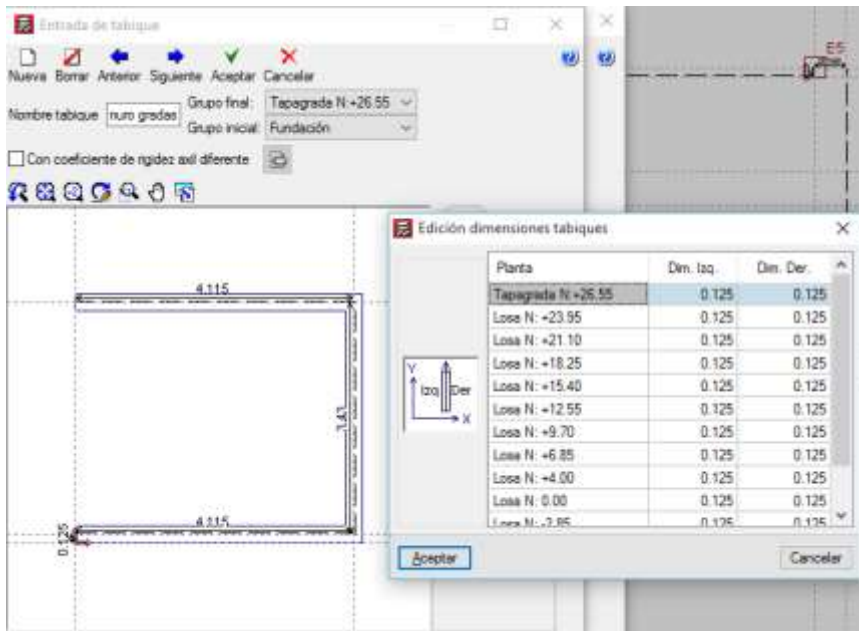
Se tiene tres tipos de columnas, especificadas a continuación:

Tabla 16. Secciones de columnas

COLUMNAS	
UBICACION	SECCION
A1	50x150
A3-A5-B1-B3-B5	80x50
C2-C3'-D3-E'4'-E5	50x50

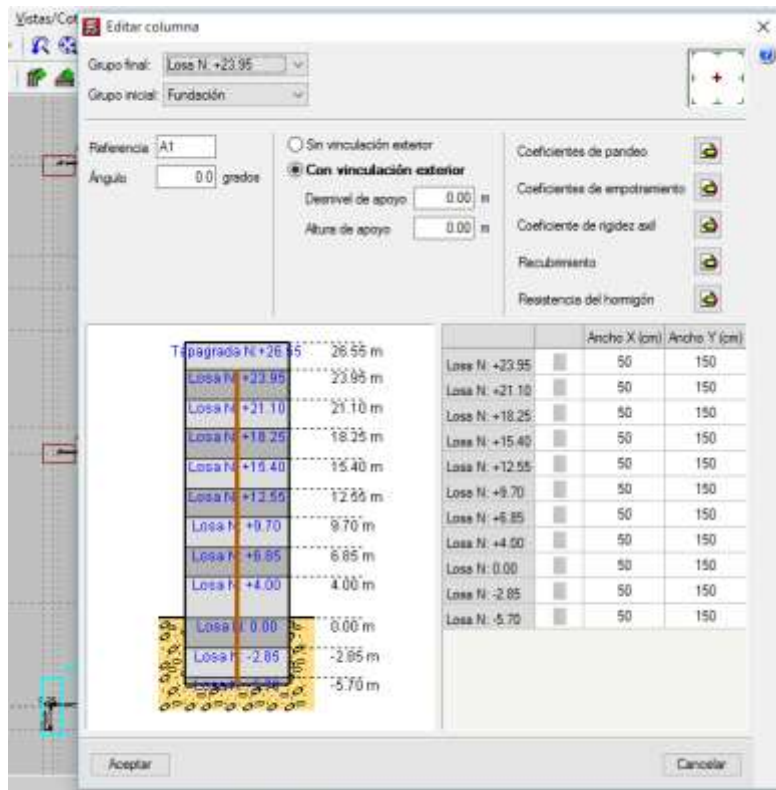
Fuente: Diseño original

Gráfico # 29. Características generales de los muros de corte



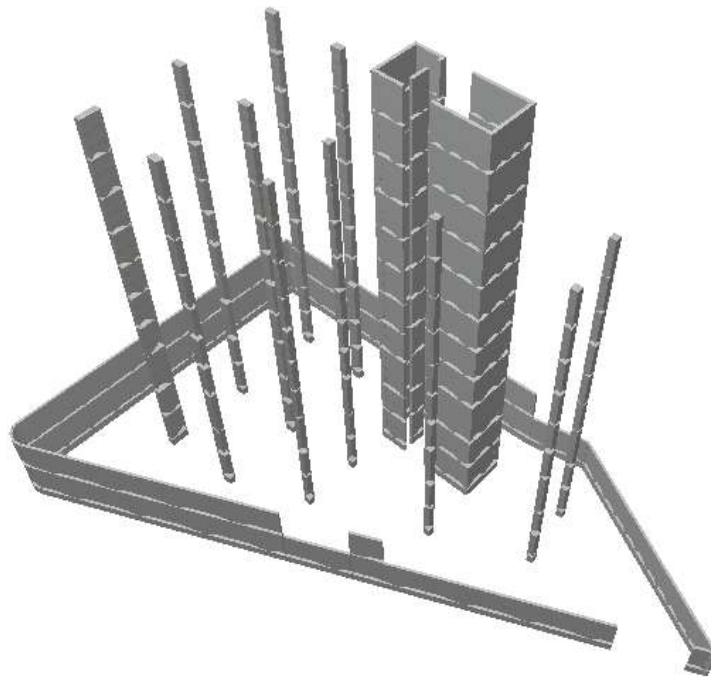
Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 30. Características generales de columnas



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 31. Visualización 3D de la estructura



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.1.3.4.3 Introducción de vigas principales, secundarias y perfiles metálicos

Inicialmente se introdujeron vigas principales de 30x50 cm entre columnas y vigas secundarias de 30x30 cm entre vigas principales para las dos primeras losas que son las de subsuelo, adicionalmente se introdujeron perfiles metálicos para las losas superiores debido a que se utilizará placa colaborante. Éstas son las dimensiones utilizadas en el diseño original, el cual se tomó de base para la modelación de la edificación.

Los perfiles metálicos utilizados para la losa mixta son 2G de 200x50x15x3, los cuáles se encuentran unidos a las vigas de hormigón de la siguiente manera:

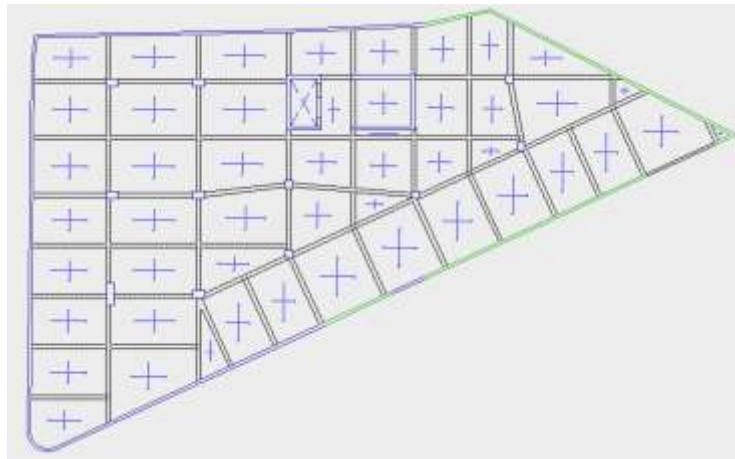
Gráfico # 32. Empotramiento de perfiles metálicos a vigas de hormigón



Fuente: Catálogo NOVALOSA

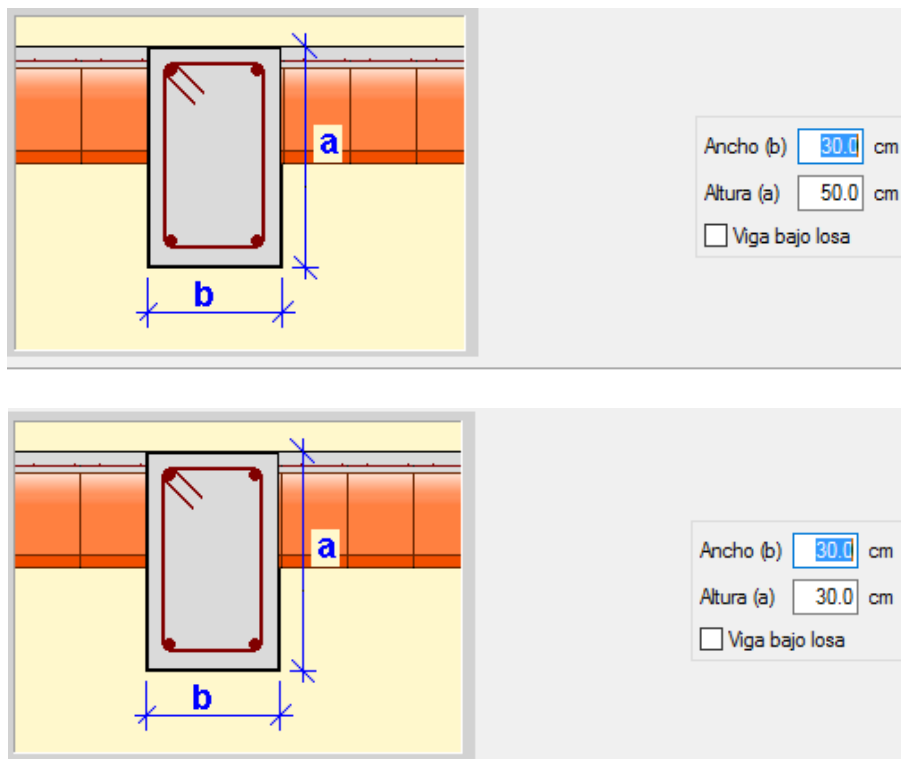
En el modelo de la estructura, éste tipo de unión se la consideró empotrada a las vigas de hormigón armado.

Gráfico # 33. Introducción de vigas Niv: -2.85



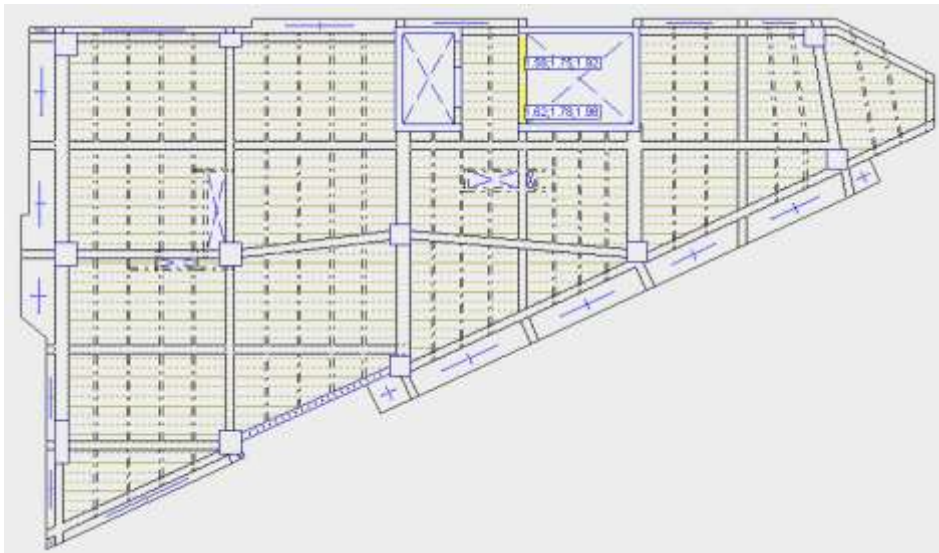
Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 34. Características de vigas principales y secundarias



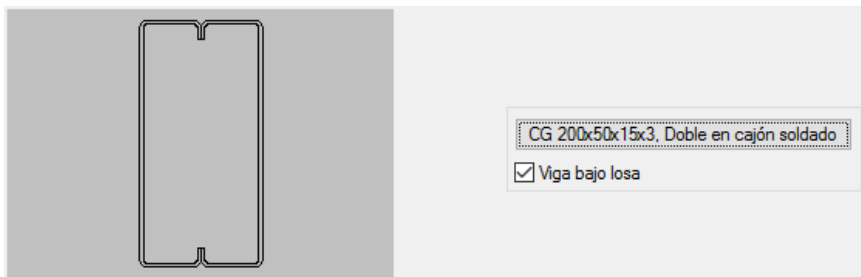
Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 35. Introducción de vigas Niv: +6.85



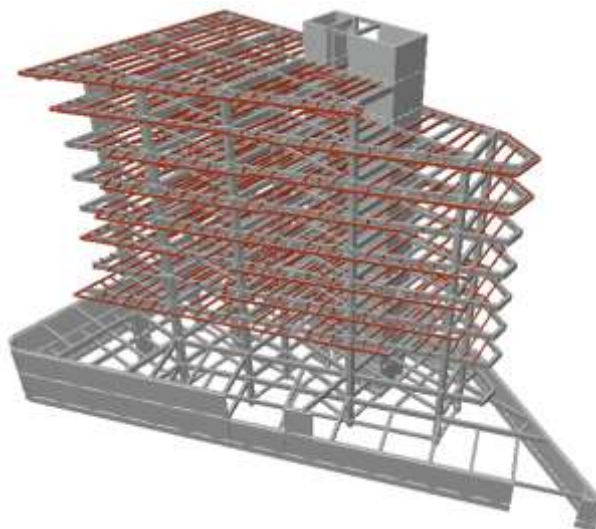
Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 36. Características de perfiles metálicos



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 37. Visualización 3D de la estructura



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.1.3.4.4 Introducción de losas

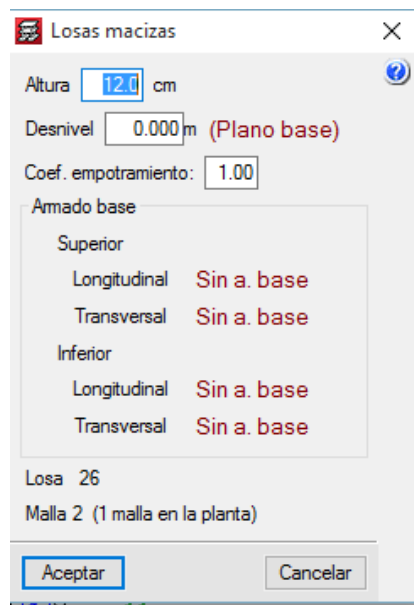
La introducción de losas se realizó de la siguiente manera:

En los subsuelos se utilizarán losas macizas de 12 cm de espesor, mientras que en los pisos superiores se ingresaron losas con placa colaborante, a excepción de la losa de Tapagrada la cual es maciza debido a que soporta la carga generada por el ascensor.

Para los volados en losas superiores se utilizó también losas macizas de 12 cm de espesor.

En el tapagrada se colocó una losa de 30cm de espesor, debido a que soporta una carga de 2 toneladas, destinada para el uso del ascensor, el cuál será un Mitsubishi NEX MR V2, con una capacidad para 15 personas.

Gráfico # 38. Características de losas macizas



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 39. Características de losas mixtas

Datos de losa mixta

Deck Kubiec 65mm, Serif, 11.0 cm Losa 4

Deck Kubiec 65mm

Espesor: 50 mm Intereje: 333 mm Ancho panel: 999 mm Ancho superior: 145 mm Ancho inferior: 120 mm Tipo de empalme lateral: Inferior Límite elástico: 2446 kp/cm ²	Perfil: Serif Espesor: 0.65 mm Peso superficial: 6.37 kg/m ² Sección útil: 9.19 cm ² /m Momento de inercia: 29.30 cm ⁴ /m Módulo resistente: 9.61 cm ³ /m
--	--

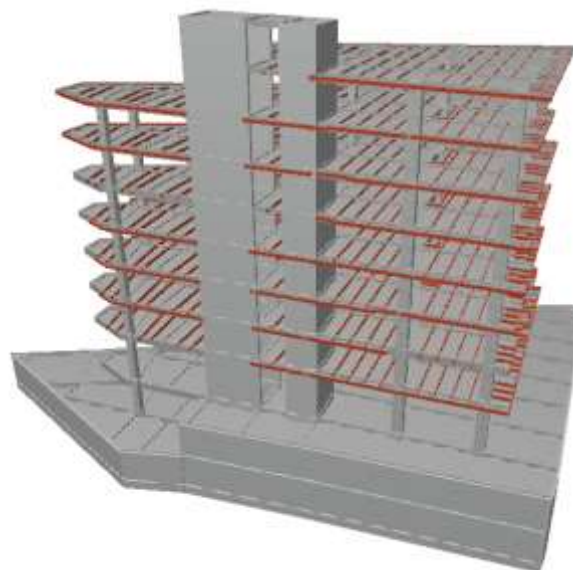
Desnivel: m (Plano base) Coef. empotramiento:

Momentos mínimos (Sin comprobación)

	S	Negativo exterior	Negativo interior	Positivo
-	<input type="checkbox"/>	-	-	-
-	<input type="checkbox"/>	-	-	-
-	<input type="checkbox"/>	-	-	-
-	<input type="checkbox"/>	-	-	-

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 40. Visualización 3D de la estructura



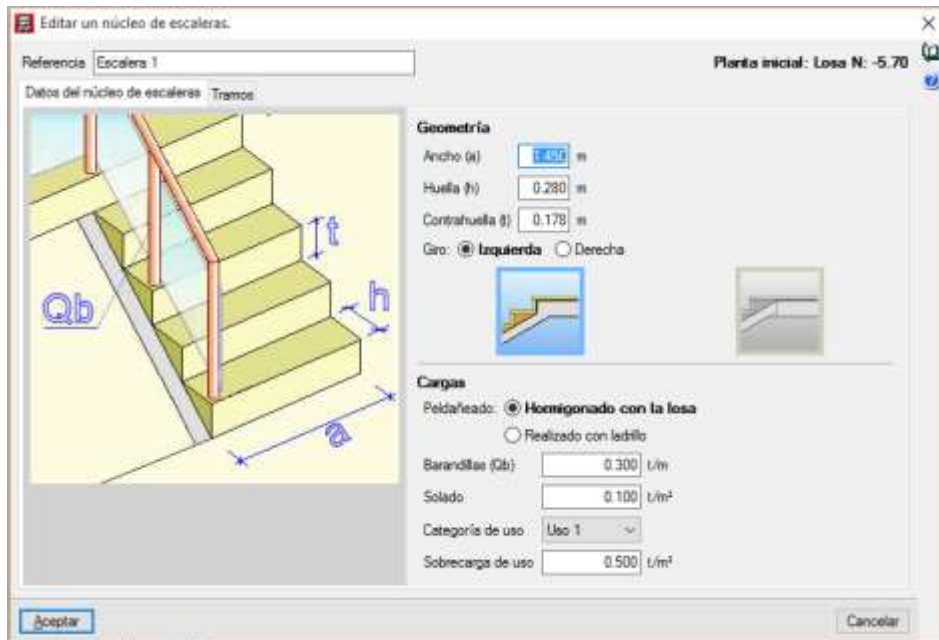
Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.1.3.4.5 Introducción de escaleras

Se tiene dos tipos de escaleras debido a que una debe cubrir una altura de 4.00 m y otras tienen que cubrir una altura de 2.85 m.

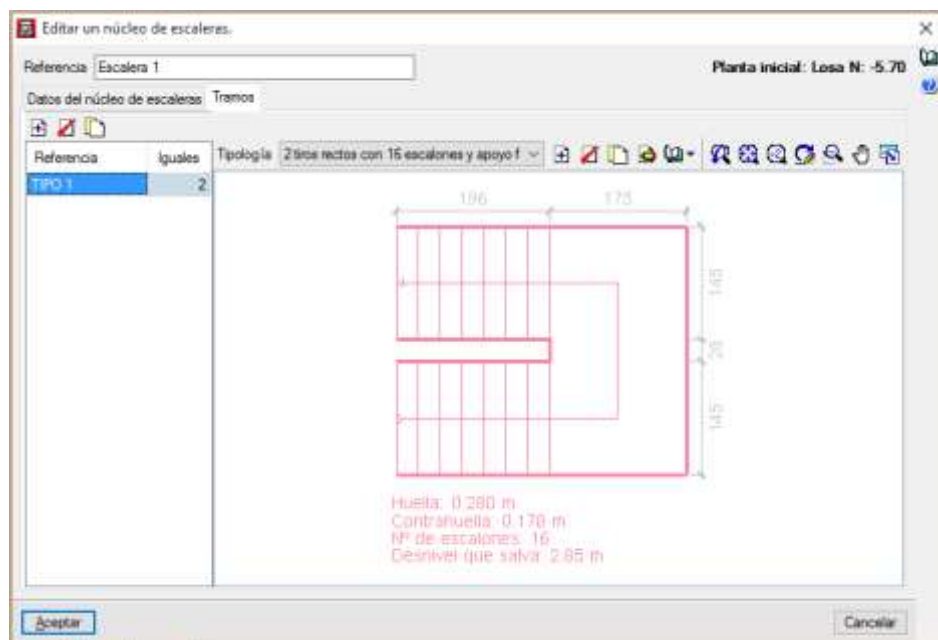
Se introdujeron las escaleras de acuerdo a la disposición del diseño arquitectónico.

Gráfico # 41. Características de las escaleras



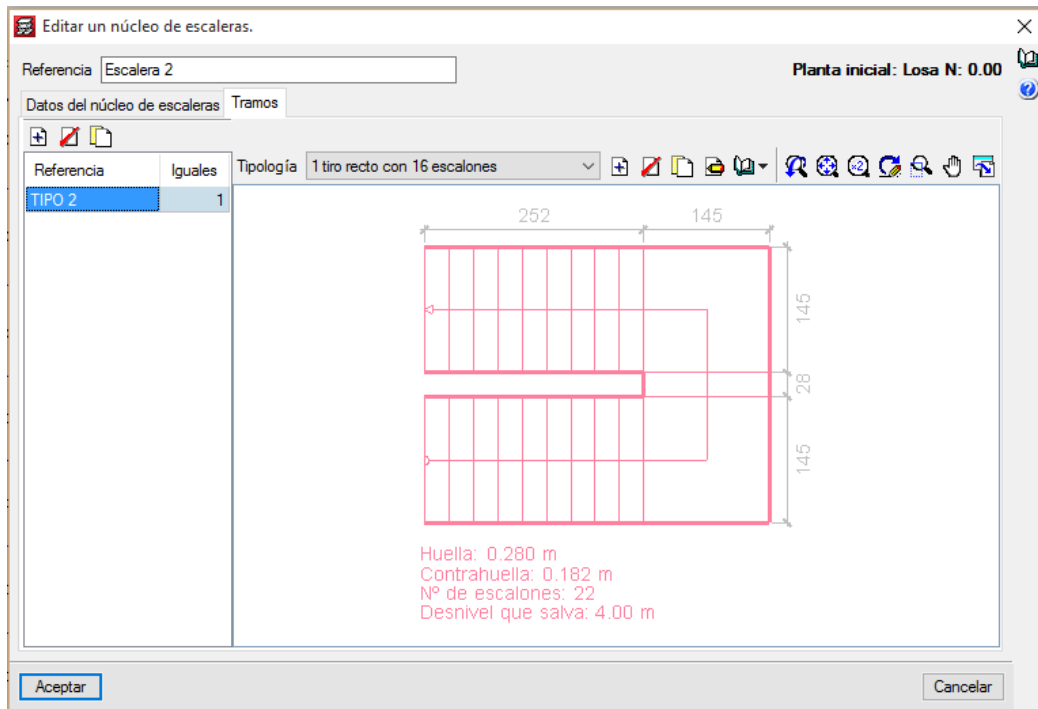
Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 42. Características de las escaleras tipo 1



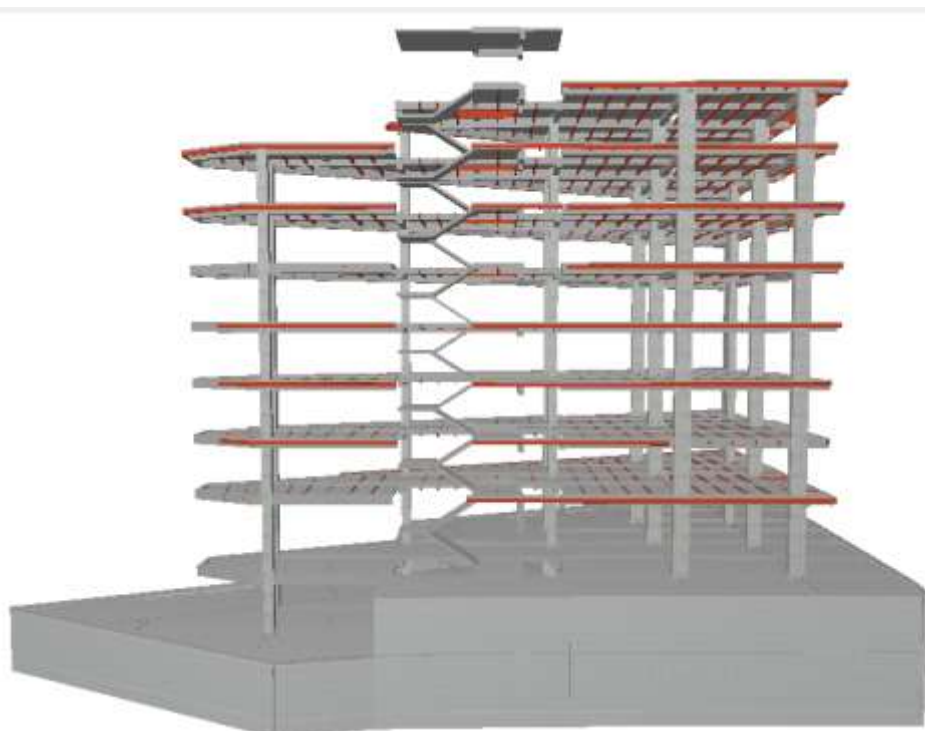
Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 43. Características de las escaleras tipo 2



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 44. Visualización 3D de la estructura

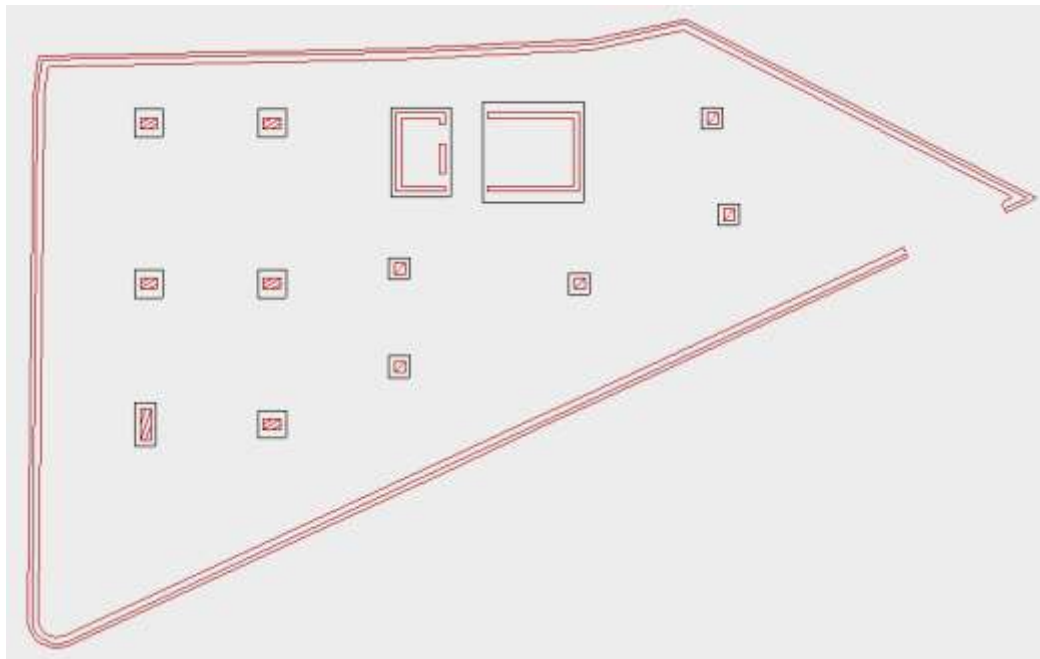


Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.1.3.4.6 Introducción de la cimentación

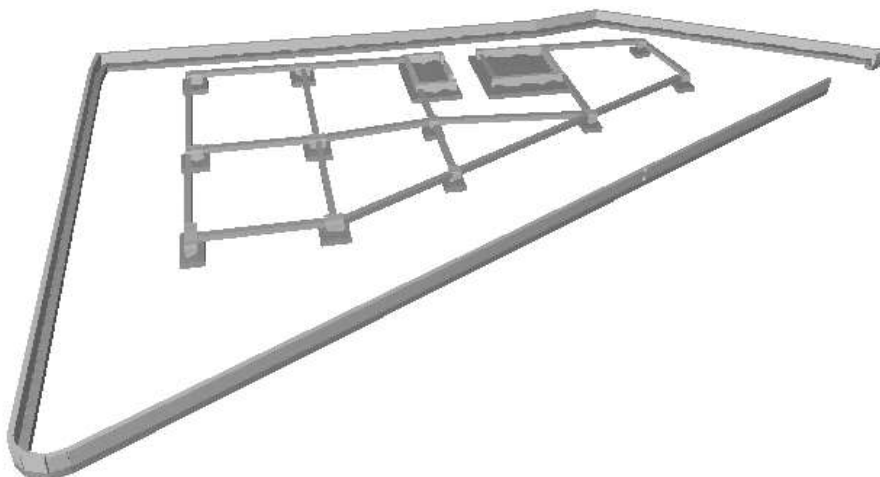
El software dimensiona de forma automática la cimentación, sin embargo se debe ingresar el tipo de zapata y condiciones del suelo.

Gráfico # 45. Planta de cimentación



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 46. Visualización 3D de la estructura



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.1.3.5 Cálculo del modelo inicial de la estructura sin obtención de armado

4.1.3.5.1 Chequeo de derivas de piso y distorsiones en columnas

La NEC 2011 indica en la sección 2.6.2 (Control de la deriva de piso) que los valores máximos de derivas, expresados como fracción de la altura de piso para estructuras de hormigón armado, estructuras metálicas y de madera es de 0.02, el cual es un equivalente a 1/50. [4]

Se debe señalar que el software nos da los valores de deriva ya mayorados por la ductilidad, es decir que los valores dados ya están multiplicados por 0.75 y por el factor de reducción de resistencia (R)

Las derivas de piso calculadas por CYPECAD son las siguientes:

Tabla 17. Derivas de piso

Desplome local máximo de los pilares (d / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Losa N: +23.95	----	1 / 3563	1 / 71	1 / 55
Losa N: +21.10	----	1 / 4072	1 / 66	1 / 52
Losa N: +18.25	----	1 / 4072	1 / 62	1 / 49
Losa N: +15.40	----	1 / 4750	1 / 60	1 / 48
Losa N: +12.55	----	1 / 4750	1 / 59	1 / 49
Losa N: +9.70	----	1 / 5700	1 / 62	1 / 51
Losa N: +6.85	----	1 / 5700	1 / 68	1 / 57
Losa N: +4.00	----	----	1 / 96	1 / 84
Losa N: 0.00	----	----	1 / 1296	1 / 509
Losa N: -2.85	----	----	1 / 3929	1 / 1618
Losa N: -5.70	----	----	1 / 5500	1 / 5500

Notas:
⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Como se puede observar existen tres niveles los cuáles no cumplen con las derivas de piso mínimas especificadas por la NEC 2011 y varios niveles cumplen con la deriva máxima permitida.

De manera más específica el programa nos expresa las distorsiones por columna, de manera que podemos verificar qué columna no cumple con la deriva máxima especificada.

Tabla 18. Distorsiones por columna para situaciones sísmicas

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾										
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y			
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen	
A1	Losa N: +23.95	23.70	2.85	0.0405	h / 71	----	0.0524	h / 55	----	
	Losa N: +21.10	20.85	2.85	0.0436	h / 66	----	0.0557	h / 52	----	
	Losa N: +18.25	18.00	2.85	0.0463	h / 62	----	0.0582	h / 49	----	
	Losa N: +15.40	15.15	2.85	0.0481	h / 60	----	0.0596	h / 48	----	
	Losa N: +12.55	12.30	2.85	0.0484	h / 59	----	0.0591	h / 49	----	
	Losa N: +9.70	9.45	2.85	0.0466	h / 62	----	0.0562	h / 51	----	
	Losa N: +6.85	6.60	2.85	0.0424	h / 68	----	0.0504	h / 57	----	
	Losa N: +4.00	3.75	4.00	0.0419	h / 96	----	0.0481	h / 84	----	
	Losa N: 0.00	-0.25	2.85	0.0020	h / 1425	----	0.0024	h / 1188	----	
	Losa N: -2.85	-3.10	2.75	0.0006	h / 4584	----	0.0011	h / 2500	----	
	Losa N: -5.70	-5.85	0.55	0.0001	h / 5500	----	0.0001	h / 5500	----	
	Fundación	-6.40								
	Total			30.10	0.3577	h / 85	----	0.4391	h / 69	----
A3	Losa N: +23.95	23.70	2.85	0.0264	h / 108	----	0.0521	h / 55	----	
	Losa N: +21.10	20.85	2.85	0.0283	h / 101	----	0.0553	h / 52	----	
	Losa N: +18.25	18.00	2.85	0.0300	h / 95	----	0.0578	h / 50	----	
	Losa N: +15.40	15.15	2.85	0.0310	h / 92	----	0.0592	h / 49	----	
	Losa N: +12.55	12.30	2.85	0.0310	h / 92	----	0.0587	h / 49	----	
	Losa N: +9.70	9.45	2.85	0.0297	h / 96	----	0.0558	h / 52	----	
	Losa N: +6.85	6.60	2.85	0.0268	h / 107	----	0.0500	h / 57	----	
	Losa N: +4.00	3.75	4.00	0.0266	h / 151	----	0.0478	h / 84	----	
	Losa N: 0.00	-0.25	2.85	0.0019	h / 1500	----	0.0024	h / 1188	----	
	Losa N: -2.85	-3.10	2.75	0.0006	h / 4584	----	0.0011	h / 2500	----	
	Losa N: -5.70	-5.85	0.55	0.0001	h / 5500	----	0.0001	h / 5500	----	
	Fundación	-6.40								
	Total			30.10	0.2308	h / 131	----	0.4362	h / 70	----
A5	Losa N: +23.95	23.70	2.85	0.0195	h / 147	----	0.0521	h / 55	----	
	Losa N: +21.10	20.85	2.85	0.0206	h / 139	----	0.0553	h / 52	----	
	Losa N: +18.25	18.00	2.85	0.0215	h / 133	----	0.0578	h / 50	----	
	Losa N: +15.40	15.15	2.85	0.0219	h / 131	----	0.0592	h / 49	----	
	Losa N: +12.55	12.30	2.85	0.0216	h / 132	----	0.0587	h / 49	----	
	Losa N: +9.70	9.45	2.85	0.0203	h / 141	----	0.0558	h / 52	----	
	Losa N: +6.85	6.60	2.85	0.0178	h / 161	----	0.0500	h / 57	----	
	Losa N: +4.00	3.75	4.00	0.0177	h / 226	----	0.0478	h / 84	----	
	Losa N: 0.00	-0.25	2.85	0.0021	h / 1358	----	0.0024	h / 1188	----	
	Losa N: -2.85	-3.10	2.75	0.0007	h / 3929	----	0.0011	h / 2500	----	

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Losa N: -5.70	-5.85	0.55	0.0001	h / 5500	----	0.0001	h / 5500	----
	Fundación	-6.40							
	Total		30.10	0.1632	h / 185	----	0.4362	h / 70	----
B1	Losa N: +23.95	23.70	2.85	0.0405	h / 71	----	0.0401	h / 72	----
	Losa N: +21.10	20.85	2.85	0.0436	h / 66	----	0.0422	h / 68	----
	Losa N: +18.25	18.00	2.85	0.0463	h / 62	----	0.0437	h / 66	----
	Losa N: +15.40	15.15	2.85	0.0481	h / 60	----	0.0444	h / 65	----
	Losa N: +12.55	12.30	2.85	0.0484	h / 59	----	0.0438	h / 66	----
	Losa N: +9.70	9.45	2.85	0.0466	h / 62	----	0.0413	h / 70	----
	Losa N: +6.85	6.60	2.85	0.0423	h / 68	----	0.0368	h / 78	----
	Losa N: +4.00	3.75	4.00	0.0419	h / 96	----	0.0354	h / 113	----
	Losa N: 0.00	-0.25	2.85	0.0020	h / 1425	----	0.0030	h / 950	----
	Losa N: -2.85	-3.10	2.75	0.0006	h / 4584	----	0.0012	h / 2292	----
	Losa N: -5.70	-5.85	0.55	0.0001	h / 5500	----	0.0000	----	----
	Fundación	-6.40							
	Total		30.10	0.3575	h / 85	----	0.3289	h / 92	----
B3	Losa N: +23.95	23.70	2.85	0.0264	h / 108	----	0.0401	h / 72	----
	Losa N: +21.10	20.85	2.85	0.0283	h / 101	----	0.0422	h / 68	----
	Losa N: +18.25	18.00	2.85	0.0300	h / 95	----	0.0437	h / 66	----
	Losa N: +15.40	15.15	2.85	0.0310	h / 92	----	0.0444	h / 65	----
	Losa N: +12.55	12.30	2.85	0.0310	h / 92	----	0.0438	h / 66	----
	Losa N: +9.70	9.45	2.85	0.0297	h / 96	----	0.0413	h / 70	----
	Losa N: +6.85	6.60	2.85	0.0268	h / 107	----	0.0368	h / 78	----
	Losa N: +4.00	3.75	4.00	0.0266	h / 151	----	0.0354	h / 113	----
	Losa N: 0.00	-0.25	2.85	0.0019	h / 1500	----	0.0030	h / 950	----
	Losa N: -2.85	-3.10	2.75	0.0006	h / 4584	----	0.0012	h / 2292	----
	Losa N: -5.70	-5.85	0.55	0.0001	h / 5500	----	0.0000	----	----
	Fundación	-6.40							
	Total		30.10	0.2308	h / 131	----	0.3289	h / 92	----
B5	Losa N: +23.95	23.70	2.85	0.0195	h / 147	----	0.0401	h / 72	----
	Losa N: +21.10	20.85	2.85	0.0206	h / 139	----	0.0422	h / 68	----
	Losa N: +18.25	18.00	2.85	0.0215	h / 133	----	0.0437	h / 66	----
	Losa N: +15.40	15.15	2.85	0.0219	h / 131	----	0.0444	h / 65	----
	Losa N: +12.55	12.30	2.85	0.0216	h / 132	----	0.0438	h / 66	----
	Losa N: +9.70	9.45	2.85	0.0203	h / 141	----	0.0413	h / 70	----
	Losa N: +6.85	6.60	2.85	0.0178	h / 161	----	0.0368	h / 78	----
	Losa N: +4.00	3.75	4.00	0.0177	h / 226	----	0.0354	h / 113	----
	Losa N: 0.00	-0.25	2.85	0.0021	h / 1358	----	0.0030	h / 950	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Losa N: -2.85	-3.10	2.75	0.0007	h / 3929	----	0.0012	h / 2292	----
	Losa N: -5.70	-5.85	0.55	0.0001	h / 5500	----	0.0000	----	----
	Fundación	-6.40							
	Total		30.10	0.1632	h / 185	----	0.3289	h / 92	----
C2	Losa N: +23.95	23.70	2.85	0.0345	h / 83	----	0.0308	h / 93	----
	Losa N: +21.10	20.85	2.85	0.0371	h / 77	----	0.0318	h / 90	----
	Losa N: +18.25	18.00	2.85	0.0394	h / 73	----	0.0325	h / 88	----
	Losa N: +15.40	15.15	2.85	0.0408	h / 70	----	0.0325	h / 88	----
	Losa N: +12.55	12.30	2.85	0.0410	h / 70	----	0.0316	h / 91	----
	Losa N: +9.70	9.45	2.85	0.0394	h / 73	----	0.0294	h / 97	----
	Losa N: +6.85	6.60	2.85	0.0357	h / 80	----	0.0259	h / 111	----
	Losa N: +4.00	3.75	4.00	0.0354	h / 113	----	0.0258	h / 156	----
	Losa N: 0.00	-0.25	2.85	0.0019	h / 1500	----	0.0037	h / 771	----
	Losa N: -2.85	-3.10	2.75	0.0006	h / 4584	----	0.0014	h / 1965	----
	Losa N: -5.70	-5.85	0.55	0.0001	h / 5500	----	0.0000	----	----
	Fundación	-6.40							
Total		30.10	0.3037	h / 100	----	0.2442	h / 124	----	
C3'	Losa N: +23.95	23.70	2.85	0.0250	h / 114	----	0.0308	h / 93	----
	Losa N: +21.10	20.85	2.85	0.0267	h / 107	----	0.0318	h / 90	----
	Losa N: +18.25	18.00	2.85	0.0283	h / 101	----	0.0325	h / 88	----
	Losa N: +15.40	15.15	2.85	0.0294	h / 97	----	0.0325	h / 88	----
	Losa N: +12.55	12.30	2.85	0.0294	h / 97	----	0.0316	h / 91	----
	Losa N: +9.70	9.45	2.85	0.0281	h / 102	----	0.0294	h / 97	----
	Losa N: +6.85	6.60	2.85	0.0253	h / 113	----	0.0259	h / 111	----
	Losa N: +4.00	3.75	4.00	0.0251	h / 160	----	0.0258	h / 156	----
	Losa N: 0.00	-0.25	2.85	0.0019	h / 1500	----	0.0037	h / 771	----
	Losa N: -2.85	-3.10	2.75	0.0006	h / 4584	----	0.0014	h / 1965	----
	Losa N: -5.70	-5.85	0.55	0.0001	h / 5500	----	0.0000	----	----
	Fundación	-6.40							
Total		30.10	0.2187	h / 138	----	0.2442	h / 124	----	
D3	Losa N: +23.95	23.70	2.85	0.0264	h / 108	----	0.0282	h / 102	----
	Losa N: +21.10	20.85	2.85	0.0283	h / 101	----	0.0289	h / 99	----
	Losa N: +18.25	18.00	2.85	0.0300	h / 95	----	0.0294	h / 97	----
	Losa N: +15.40	15.15	2.85	0.0310	h / 92	----	0.0293	h / 98	----
	Losa N: +12.55	12.30	2.85	0.0310	h / 92	----	0.0284	h / 101	----
	Losa N: +9.70	9.45	2.85	0.0297	h / 96	----	0.0266	h / 108	----
	Losa N: +6.85	6.60	2.85	0.0268	h / 107	----	0.0238	h / 120	----
	Losa N: +4.00	3.75	4.00	0.0266	h / 151	----	0.0256	h / 157	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Losa N: 0.00	-0.25	2.85	0.0019	h / 1500	----	0.0047	h / 607	----
	Losa N: -2.85	-3.10	2.75	0.0006	h / 4584	----	0.0015	h / 1834	----
	Losa N: -5.70	-5.85	0.55	0.0001	h / 5500	----	0.0001	h / 5500	----
	Fundación	-6.40							
	Total		30.10	0.2308	h / 131	----	0.2253	h / 134	----
E5	Losa N: +21.10	20.85	2.85	0.0207	h / 138	----	0.0382	h / 75	----
	Losa N: +18.25	18.00	2.85	0.0216	h / 132	----	0.0397	h / 72	----
	Losa N: +15.40	15.15	2.85	0.0220	h / 130	----	0.0404	h / 71	----
	Losa N: +12.55	12.30	2.85	0.0217	h / 132	----	0.0399	h / 72	----
	Losa N: +9.70	9.45	2.85	0.0204	h / 140	----	0.0380	h / 75	----
	Losa N: +6.85	6.60	2.85	0.0179	h / 160	----	0.0346	h / 83	----
	Losa N: +4.00	3.75	4.00	0.0178	h / 225	----	0.0363	h / 111	----
	Losa N: 0.00	-0.25	2.85	0.0022	h / 1296	----	0.0055	h / 519	----
	Losa N: -2.85	-3.10	2.75	0.0007	h / 3929	----	0.0017	h / 1618	----
	Losa N: -5.70	-5.85	0.55	0.0001	h / 5500	----	0.0001	h / 5500	----
	Fundación	-6.40							
	Total		27.25	0.1443	h / 189	----	0.2705	h / 101	----
E'4	Losa N: +21.10	20.85	2.85	0.0221	h / 129	----	0.0397	h / 72	----
	Losa N: +18.25	18.00	2.85	0.0233	h / 123	----	0.0414	h / 69	----
	Losa N: +15.40	15.15	2.85	0.0240	h / 119	----	0.0421	h / 68	----
	Losa N: +12.55	12.30	2.85	0.0239	h / 120	----	0.0417	h / 69	----
	Losa N: +9.70	9.45	2.85	0.0227	h / 126	----	0.0398	h / 72	----
	Losa N: +6.85	6.60	2.85	0.0203	h / 141	----	0.0362	h / 79	----
	Losa N: +4.00	3.75	4.00	0.0202	h / 199	----	0.0380	h / 106	----
	Losa N: 0.00	-0.25	2.85	0.0019	h / 1500	----	0.0056	h / 509	----
	Losa N: -2.85	-3.10	2.75	0.0007	h / 3929	----	0.0017	h / 1618	----
	Losa N: -5.70	-5.85	0.55	0.0001	h / 5500	----	0.0001	h / 5500	----
	Fundación	-6.40							
	Total		27.25	0.1579	h / 173	----	0.2821	h / 97	----

Notas:
⁽¹⁾ Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Como se puede observar las columnas A1, A3 y A5 presentan distorsiones mayores a las permitidas por lo que se deberá modificar las dimensiones de los elementos estructurales del pórtico A para que las derivas estén dentro del límite permitido por la norma.

4.1.3.5.2 Modos de vibración, periodo y coeficientes de participación modal.

El software calcula el número de modos de vibración de acuerdo a lo especificado en la NEC 2011, sección 2.7.7.6.2, lo cual menciona lo siguiente: Se deben considerar en el análisis todos los modos de vibración que contribuyan significativamente a la respuesta total de la estructura. Este requisito puede satisfacerse al utilizar todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas. [4]

El período fundamental de la estructura para esta edificación según la NEC 2011, sección 2.7.2.2.1 se calcula de la siguiente manera:

$$T = Ct * hn^\alpha$$

- Para pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural $Ct=0.049$ y $\alpha=0.75$ [4]

Por lo que:

$$T1 = 0.5731 \text{ seg}$$

Sin embargo, la norma en la sección 2.7.2.2.2 nos permite exceder el periodo hasta en un 30%, por lo que: [4]

$$T2 = 0.7451 \text{ seg}$$

Los valores que el programa nos da inicialmente son los siguientes:

Tabla 19. Modos de vibración, periodo y porcentaje de participación de masa

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	1.175	0.0684	0.0969	0.9929	13.98 %	27.86 %	R = 5.67 A = 1.358 m/s ² D = 47.5005 mm	R = 5.67 A = 1.358 m/s ² D = 47.5005 mm
Modo 2	0.750	0.2533	0.2763	0.9271	33.23 %	39.26 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 29.3696 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 29.3696 mm
Modo 3	0.604	0.0914	0.0517	0.9945	30.1 %	9.57 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 19.049 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 19.049 mm

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 4	0.283	0.0694	0.0928	0.9933	3.05 %	5.43 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 4.18244 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 4.18244 mm
Modo 5	0.167	0.5024	0.4797	0.7193	9.13 %	8.27 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 1.45056 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 1.45056 mm
Modo 6	0.137	0.0688	0.0659	0.9955	4.22 %	3.85 %	R = 5.67 A = 1.965 m/s ² D = 0.93957 mm	R = 5.67 A = 1.965 m/s ² D = 0.93957 mm
Total					93.71 %	94.24 %		

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Como se puede observar en los dos primeros modos de vibración, los periodos no cumplen con los máximos permitidos. El valor de L_{gz} nos indica el coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional, el cuál al ser equivalente a 1 en los modos de vibración traslacionales, muestra que la edificación se encuentra torsionada, para corregir la torsión el valor de L_{gz} debe ser menor a 1, lo cual indicaría que la estructura se encuentra dentro de la aplicación de una torsión accidental. También se puede observar la torsión en el software de manera visual. Esto se puede regular con la incrementación de secciones en determinados elementos estructurales y/o la incorporación de muros de corte, los cuáles le den estabilidad a la estructura.

4.1.3.5.3 Centro de masa, centro de rigidez y excentricidad en planta

La NEC 2011 en la sección 2.7.2.5.2 especifica que: La masa de cada nivel debe considerarse como concentrada en el centro de masas del piso, pero desplazada una distancia igual al 5 por ciento de la máxima dimensión del edificio en ese piso, perpendicular a la dirección de aplicación de las fuerzas laterales bajo consideración, con el fin de tomar en cuenta los posibles efectos de torsión accidental, tanto para estructuras regulares como para estructuras irregulares. El efecto de este desplazamiento debe incluirse en la distribución del cortante de piso y en los momentos torsionales. [4]

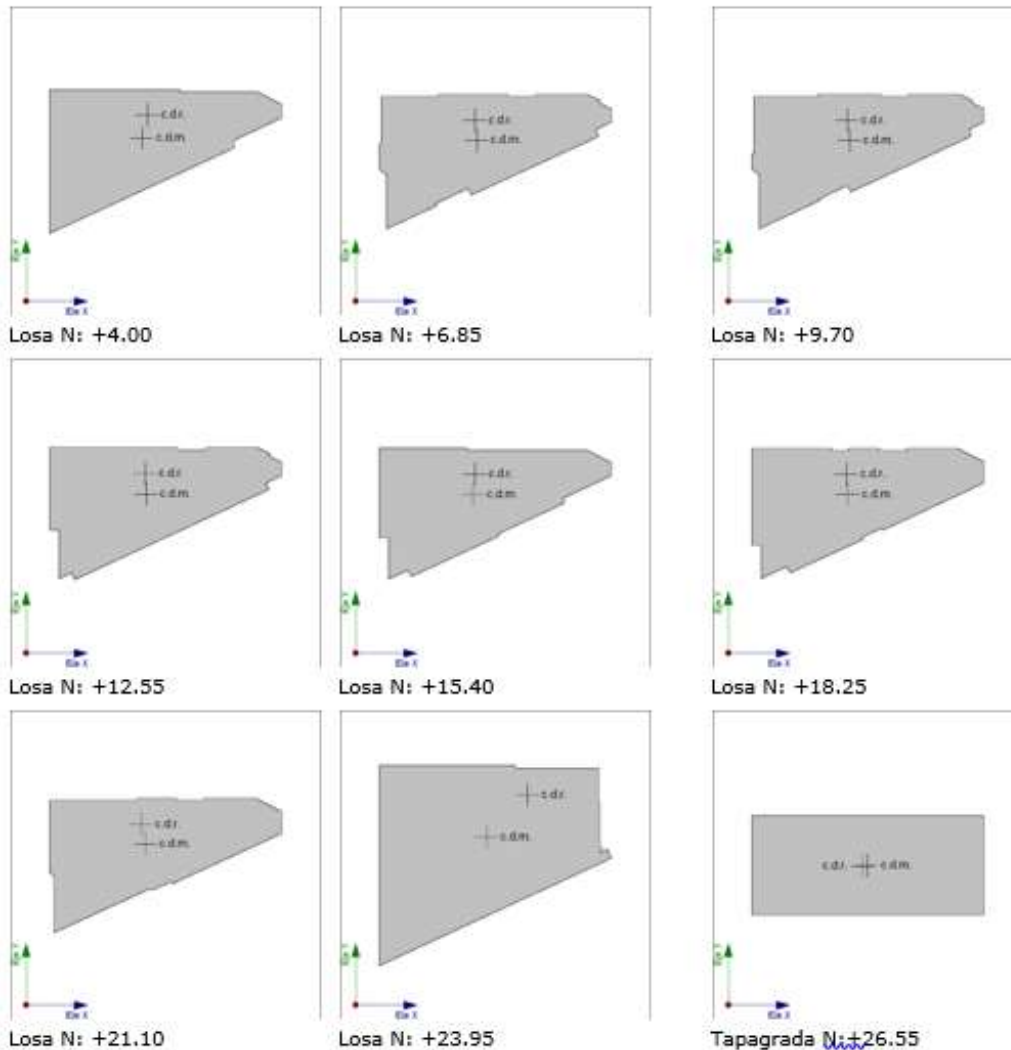
Las excentricidades permitidas en esta edificación son de 1.65 m en X y de 0.98 m en Y y las calculadas por el programa con el modelo inicial son las siguientes:

Tabla 20. Centro de masas, centro de rigideces y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
Tapagrada N:+26.55	(16.18, 13.32)	(16.01, 13.29)	0.16	0.02
Losa N: +23.95	(9.35, 8.36)	(13.40, 12.51)	-4.06	-4.15
Losa N: +21.10	(12.29, 9.10)	(11.69, 11.84)	0.60	-2.74
Losa N: +18.25	(12.14, 9.07)	(11.90, 11.85)	0.24	-2.79
Losa N: +15.40	(11.70, 8.99)	(11.90, 11.85)	-0.20	-2.86
Losa N: +12.55	(12.04, 9.04)	(11.90, 11.85)	0.14	-2.81
Losa N: +9.70	(12.19, 9.10)	(11.90, 11.85)	0.29	-2.76
Losa N: +6.85	(12.18, 9.10)	(11.90, 11.85)	0.29	-2.75
Losa N: +4.00	(11.50, 8.81)	(12.18, 12.03)	-0.68	-3.22

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 47. Ubicación de centros de masas y centros de rigideces



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Como se puede observar numérica y gráficamente, las excentricidades no están cumpliendo con las máximas permitidas, por lo que se debe rigidizar ciertos elementos estructurales para obtener hasta un 5% de excentricidad en planta.

4.1.3.6 Corrección de la geometría para cumplir con los criterios de normativa.

Después de un proceso iterativo de incrementar secciones y elementos, en el noveno cálculo se pudo determinar que se han cumplido en un buen porcentaje las exigencias de la normativa, por lo tanto, el diseño se da por válido.

Las modificaciones finales, las cuales dieron los mejores resultados son las siguientes:

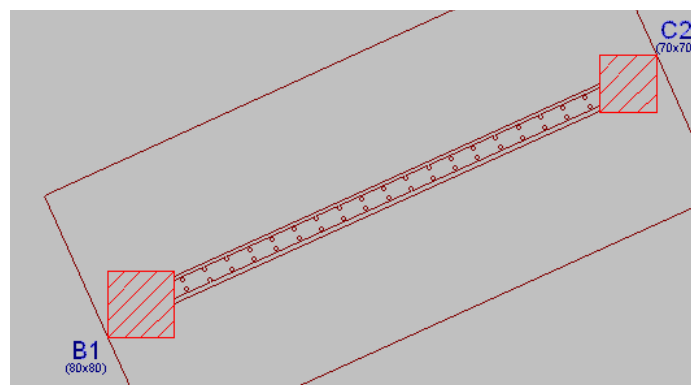
Tabla 21. Secciones finales de columnas

COLUMNAS	
UBICACION	SECCION
A1	50x150
A3-A5-B1-B3	80x80
B5	80x50
C2-C3'-D3-E'4'-E5	70x70

Fuente: Diseño definitivo

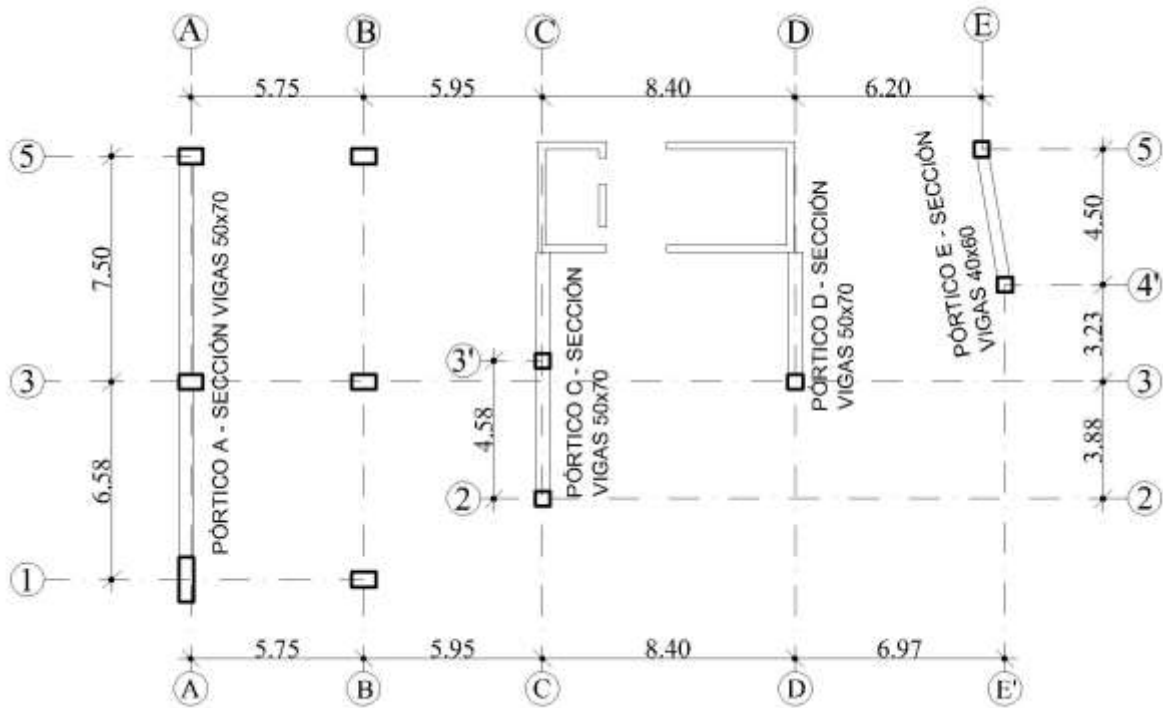
- Se aumentó las secciones de columnas, para poder controlar la deriva de piso y disminuir la torsión del edificio.
- Se incrementó un muro de corte entre las columnas B1 y C2 para dar mayor rigidez a la estructura, controlar la excentricidad y disminuir la torsión.

Gráfico # 48. Incrementación de muro de corte



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 49. Secciones finales de vigas



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

- Se incrementó las secciones de vigas en el pórtico A a 50x70 cm para controlar la deriva de piso.
- En los pórticos C y D se incrementó la sección de vigas a 50x70 cm para poder controlar la excentricidad y torsión.
- En el pórtico E se incrementó la sección de vigas a 40x60 cm para poder controlar la excentricidad y la torsión.

4.1.3.7 Cálculo del modelo final de la estructura sin obtención de armado

4.1.3.7.1 Chequeo de derivas de piso y distorsiones en columnas

Las derivas calculadas por el software con las modificaciones finales son las siguientes:

Tabla 22. Derivas de piso

Planta	Desplome local máximo de los pilares (d / h)			
	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Losa N: +23.95	----	1 / 7125	1 / 138	1 / 71
Losa N: +21.10	----	1 / 7125	1 / 127	1 / 64
Losa N: +18.25	----	1 / 7125	1 / 120	1 / 60

Desplome local máximo de los pilares (d / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Losa N: +15.40	----	1 / 9500	1 / 115	1 / 57
Losa N: +12.55	----	1 / 9500	1 / 113	1 / 56
Losa N: +9.70	----	1 / 9500	1 / 115	1 / 56
Losa N: +6.85	----	1 / 9500	1 / 122	1 / 60
Losa N: +4.00	----	1 / 9750	1 / 158	1 / 76
Losa N: 0.00	----	----	1 / 634	1 / 210
Losa N: -2.85	----	----	1 / 1058	1 / 317
Losa N: -5.70	----	----	1 / 917	1 / 290

Notas:
⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Como se puede observar todas las derivas se encuentran dentro de los límites permitidos por la NEC 2011.

4.1.3.7.2 Modos de vibración, periodo y coeficientes de participación modal.

Por criterio personal se le solicitó al programa generar 24 modos de vibración, debido a la necesidad de disponer 3 modos de vibración por planta.

Los datos obtenidos por el software son los siguientes:

Tabla 23. Modos de vibración, periodo y porcentaje de participación de masa

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.939	0.0953	0.308	0.9466	6.12 %	64.82 %	R = 5.67 A = 1.699 m/s ² D = 37.9769 mm	R = 5.67 A = 1.699 m/s ² D = 37.9769 mm
Modo 2	0.657	0.0464	0.0261	0.9986	11.56 %	3.69 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 22.5291 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 22.5291 mm
Modo 3	0.583	0.3014	0.1408	0.943	58.63 %	12.97 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 17.7143 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 17.7143 mm
Modo 4	0.227	0.0547	0.1817	0.9818	0.92 %	10.34 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 2.68308 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 2.68308 mm
Modo 5	0.153	0.0965	0.0511	0.994	6.72 %	1.91 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 1.22098 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 1.22098 mm
Modo 6	0.118	0.2521	0.1662	0.9533	10.37 %	4.57 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.72305 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.72305 mm

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 7	0.103	0.0509	0.0397	0.9979	0.84 %	0.52 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.55227 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.55227 mm
Modo 8	0.072	0.2083	0.0815	0.9747	2.09 %	0.32 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.27138 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.27138 mm
Modo 9	0.062	0.0548	0.0386	0.9978	0.39 %	0.2 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.20057 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.20057 mm
Modo 10	0.056	0.1882	0.0897	0.978	1.44 %	0.33 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.16422 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.16422 mm
Modo 11	0.046	0.7407	0.3725	0.5592	0.29 %	0.07 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.10871 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.10871 mm
Modo 12	0.041	0.0443	0.0028	0.999	0.15 %	0 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.08937 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.08937 mm
Modo 13	0.040	0.0299	0.0532	0.9981	0.02 %	0.07 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.08552 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.08552 mm
Modo 14	0.035	0.2361	0.1931	0.9524	0.15 %	0.1 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.06383 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.06383 mm
Modo 15	0.033	0.0623	0.0114	0.998	0.08 %	0 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.05619 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.05619 mm
Modo 16	0.030	0.0716	0.0049	0.9974	0.05 %	0 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.04566 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.04566 mm
Modo 17	0.026	0.0397	0.0543	0.9977	0 %	0.01 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.03547 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.03547 mm
Modo 18	0.025	0.1091	0.0464	0.9929	0.04 %	0.01 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.03255 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.03255 mm
Modo 19	0.023	0.06	0.0098	0.9982	0.01 %	0 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.02757 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.02757 mm
Modo 20	0.021	0.002	0.0249	0.9997	0 %	0 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.02388 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.02388 mm
Modo 21	0.020	0.1799	0.0837	0.9801	0.01 %	0 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.02114 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.02114 mm

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 22	0.019	0.0564	0.0116	0.9983	0 %	0 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.01909 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.01909 mm
Modo 23	0.017	0.193	0.0843	0.9776	0 %	0 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.01564 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.01564 mm
Modo 24	0.016	0.0617	0.0138	0.998	0 %	0 %	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.0139 mm	R = 5.67 A = 2.06 m/s ² D = 0.0139 mm
Total					99.88 %	99.93 %		

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Como se puede observar, los modos 1 y 3 que son traslacionales, el valor de L_{gz} se ha disminuido, indicando que existe una torsión accidental, dentro de los parámetros permitidos, el modo 2 es rotacional, por lo que el valor de L_{gz} es equivalente a 1. También se pudo observar en el software de manera visual que la torsión disminuyó notablemente.

4.1.3.7.3 Centro de masa, centro de rigidez y excentricidad en planta

Los datos de posición de centro de masas, centro de rigideces y de excentricidad en planta entregados por el programa son los siguientes:

Tabla 24. Centro de masas, centro de rigideces y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e _x (m)	e _y (m)
Tapagrada N:+26.55	(16.18, 13.32)	(16.01, 13.29)	0.16	0.02
Losa N: +23.95	(9.15, 8.18)	(11.79, 10.11)	-2.64	-1.94
Losa N: +21.10	(12.08, 8.87)	(10.42, 8.66)	1.67	0.21
Losa N: +18.25	(12.00, 8.85)	(11.00, 8.82)	1.01	0.03
Losa N: +15.40	(11.59, 8.79)	(11.00, 8.82)	0.60	-0.03
Losa N: +12.55	(11.88, 8.82)	(11.00, 8.82)	0.88	0.00
Losa N: +9.70	(12.01, 8.87)	(11.00, 8.82)	1.01	0.05
Losa N: +6.85	(11.98, 8.88)	(11.00, 8.82)	0.99	0.06
Losa N: +4.00	(11.46, 8.61)	(11.20, 8.80)	0.25	-0.19

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

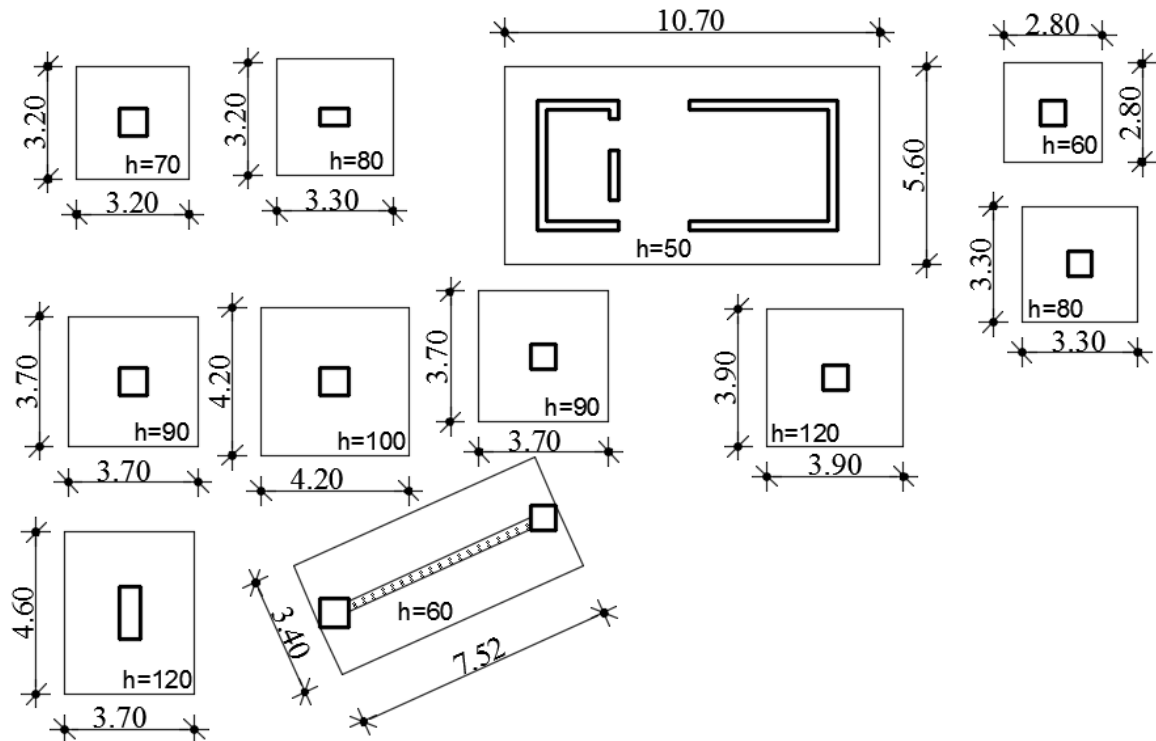
Como se puede observar, la mayoría de excentricidades cumplen con los límites establecidos en la normativa.

4.1.3.8 Resultados de cimentación

Una vez solucionada la estructura, se procedió con el análisis de la cimentación, para esto se aplicó un módulo de balasto para cada elemento de fundación, el cual tiene un valor de 24 kg/cm³ según el estudio de suelos.

El programa nos da los siguientes resultados:

Gráfico # 50. Dimensionamiento de cimentación



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

El modelo de la cimentación cumple con los parámetros de normativa como punzonamiento, despegue de zapatas de fundación y tensiones excesivas.

4.1.3.9 Resultados del análisis de la estructura

Para el análisis de la estructura se procedió a tomar en cuenta dos ejes representativos de vigas los cuales son el eje 3 y eje B.

También se tomó dos columnas centrales que son las B3 y B5.

4.1.3.9.1 Resultados en vigas

Los resultados mostrados por CYPECAD en vigas son los siguientes:

- Momento mínimo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Momento máximo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Cortante mínimo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Cortante máximo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Torsor mínimo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Torsor máximo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Área de acero superior necesaria y real.
- Área de acero inferior necesaria y real.
- Área de acero transversal necesaria y real.
- Flecha activa máxima

Se mostrará los resultados para cada tramo correspondientes a las vigas del eje 3 y eje B del nivel 0.00 y +12.55.

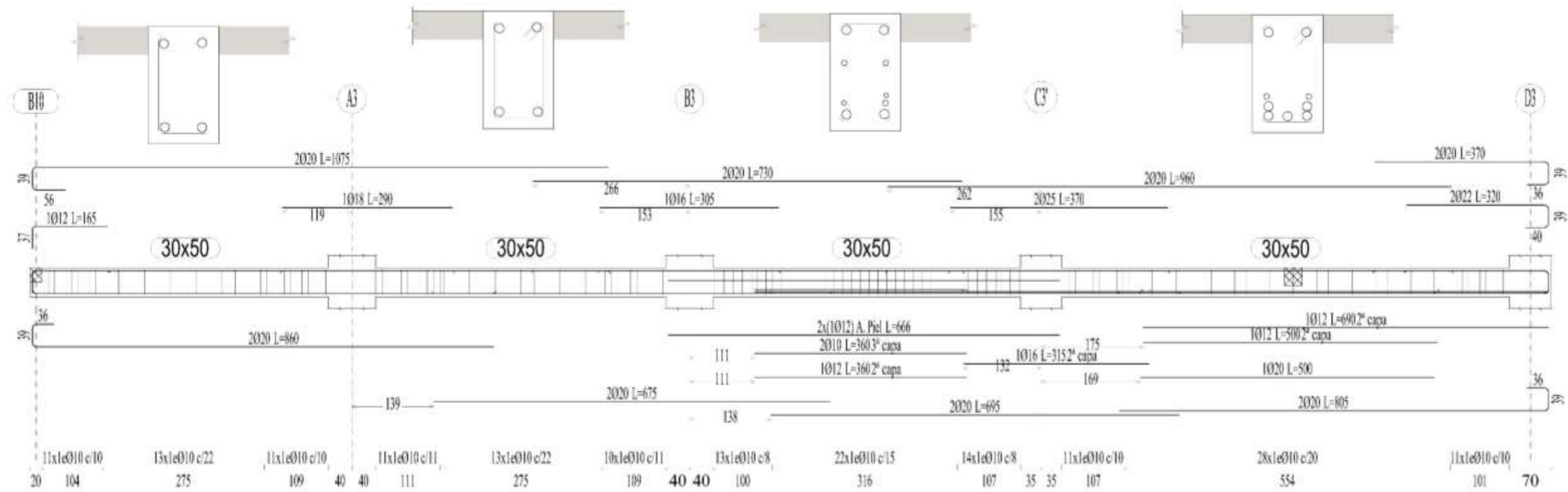
Tabla 25. Viga eje 3 Nivel: +/- 0.00

EJE 3			MURO-A3			A3-B3			B3-C3'			C3'-D3		
Sección			30x50			30x50			30x50			30x50		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-9.68	--	-0.25	-12.30	--	-10.25	-10.06	--	-10.20	-19.70	--	-18.77
		[m]	0.00	--	4.88	0.00	--	4.95	0.00	--	5.24	0.00	--	7.63
	Momento máx.	[t·m]	4.47	9.32	8.93	6.28	9.11	6.42	6.09	8.27	5.82	10.39	17.02	11.21
		[m]	1.54	2.91	3.29	1.61	2.48	3.36	1.74	2.51	3.50	2.46	3.95	5.09
	Cortante mín.	[t]	--	-1.66	-6.73	--	-5.07	-12.14	--	-4.64	-10.13	--	-6.23	-15.58
		[m]	--	3.16	4.88	--	3.23	4.95	--	3.49	5.00	--	4.97	7.59
	Cortante máx.	[t]	9.41	6.44	0.34	13.79	5.37	--	9.58	5.26	--	15.58	6.51	--
		[m]	0.66	1.66	3.29	0.00	1.73	--	0.50	1.76	--	0.00	2.58	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	--	-0.29	-0.32	-0.28	--	--	--
		[m]	--	--	--	--	--	--	1.72	2.48	3.50	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--	--	0.28	--	0.18	0.14	0.18
		[m]	--	--	--	--	--	--	--	1.94	--	1.82	2.58	6.09
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	-8.16	--	-1.00	-11.02	--	-9.73	-9.56	--	-8.71	-16.20	--	-15.11
		[m]	0.00	--	4.88	0.00	--	4.95	0.00	--	5.24	0.00	--	7.63
	Momento máx.	[t·m]	2.91	6.87	6.83	5.16	6.30	5.23	4.69	5.72	4.79	7.79	12.43	8.55
		[m]	1.54	3.16	3.29	1.61	2.73	3.36	1.74	2.77	3.50	2.46	3.95	5.09
	Cortante mín.	[t]	--	-1.31	-4.90	--	-4.45	-9.66	--	-3.80	-7.65	--	-4.85	-11.65
		[m]	--	3.16	4.88	--	3.23	4.95	--	3.49	5.24	--	4.97	7.59
	Cortante máx.	[t]	7.00	5.11	0.81	10.71	4.62	--	7.63	4.56	--	11.80	5.18	--
		[m]	0.66	1.66	3.29	0.00	1.73	--	0.50	1.76	--	0.09	2.58	--

	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	--	-0.20	-0.22	-0.19	--	--	--	
	x	[m]	--	--	--	--	--	--	1.72	2.48	3.50	--	--	--	
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--	--	0.19	--	--	--	--	
	x	[m]	--	--	--	--	--	--	--	1.98	--	--	--	--	
Área Sup.	[cm ²]	Real	7.42	6.28	8.56	8.83	8.24	8.30	8.30	8.22	14.11	16.10	6.28	13.89	
		Nec.	6.12	4.49	5.24	8.24	4.49	7.85	7.84	4.49	11.26	13.62	4.49	12.66	
Área Inf.	[cm ²]	Real	6.28	6.28	6.28	8.56	8.56	6.28	11.13	10.91	8.99	11.95	11.69	11.69	
		Nec.	4.49	5.89	5.89	5.30	5.83	5.20	8.27	8.66	8.07	8.29	11.35	8.84	
Área Transv.	[cm ² /m]	Real	15.70	7.14	15.70	14.27	7.14	14.27	19.63	10.47	19.63	15.70	7.85	15.70	
		Nec.	5.56	2.55	5.57	7.20	2.55	7.20	7.64	2.55	7.72	7.80	2.55	7.78	
F. Activa			3.77 mm, L/1295 (L: 4.88 m)				2.90 mm, L/1707 (L: 4.95 m)			2.23 mm, L/2344 (L: 5.24 m)			15.08 mm, L/506 (L: 7.63 m)		

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico#51. Armado de viga eje 3 Nivel: +/- 0.00



Fuente: CYPECAD(Lic. 131442)

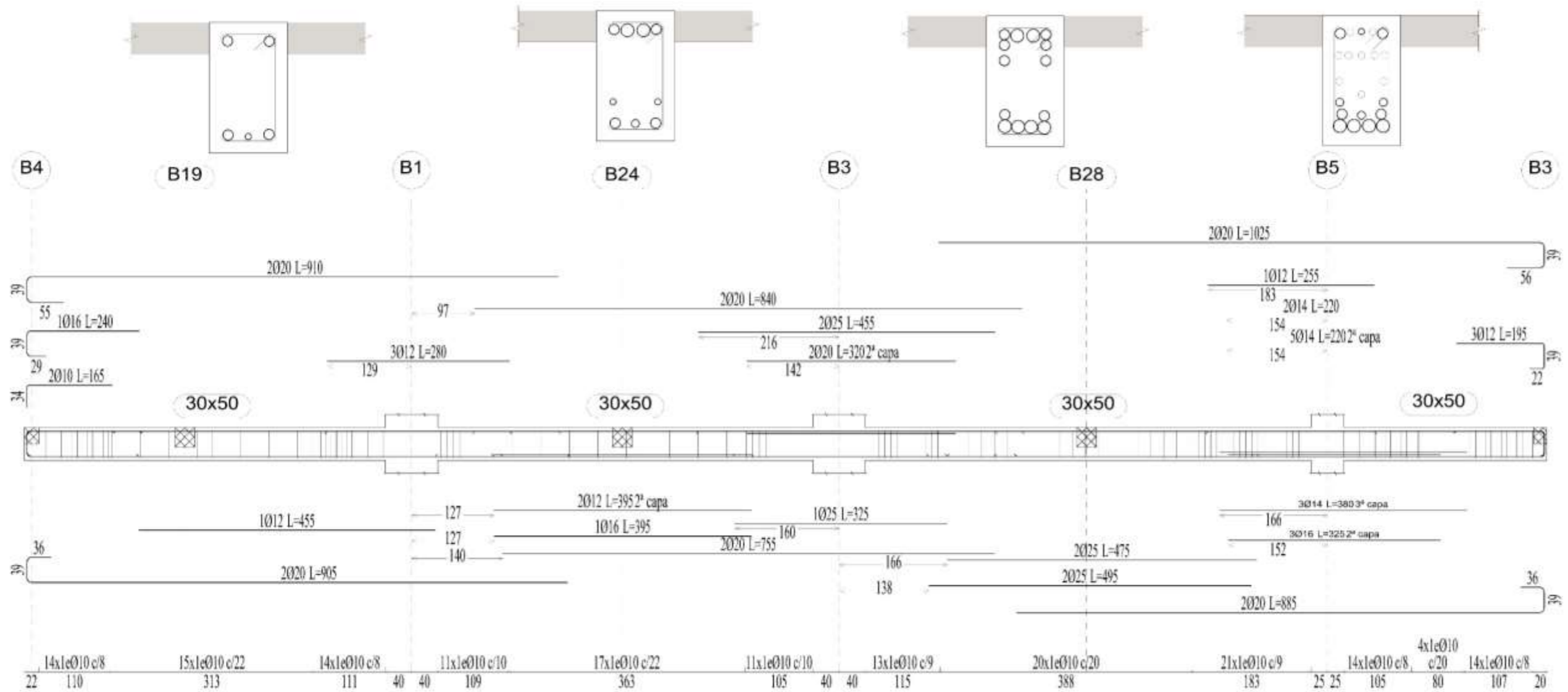
Tabla 26. Viga eje B Nivel: +/- 0.00

EJE B			M-B1			B1-B3			B3-B5			B5-M		
Sección			30x50			30x50			30x50			30x50		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-13.33	--	--	-13.63	--	-18.60	-26.77	--	-24.12	--	-0.69	-14.06
		[m]	0.00	--	--	0.00	--	5.77	0.00	--	6.85	--	1.92	2.92
	Momento máx.	[t·m]	5.65	10.52	9.82	8.86	15.51	7.76	14.35	24.13	14.87	22.84	10.69	--
		[m]	1.72	2.97	3.60	1.84	2.84	3.97	2.27	3.40	4.65	0.00	1.05	--
	Cortante mín.	[t]	--	-2.09	-5.75	--	-8.70	-17.59	--	-9.55	-22.54	-11.82	-13.48	-13.74
		[m]	--	3.47	4.97	--	3.84	5.77	--	4.52	6.77	0.00	1.92	2.17
	Cortante máx.	[t]	11.56	6.78	0.18	14.62	7.82	--	22.74	10.39	--	--	--	--
		[m]	0.47	1.85	3.60	0.00	1.97	--	0.02	2.40	--	--	--	--
	Torsor mín.	[t]	--	-0.15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		[m]	--	2.22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		[m]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	-14.42	--	-5.15	-12.23	--	-17.58	-22.72	--	-21.03	--	-0.79	-12.11
		[m]	0.00	--	5.33	0.00	--	5.77	0.00	--	6.85	--	1.92	2.92
	Momento máx.	[t·m]	4.56	9.30	10.04	7.61	10.86	6.34	11.22	16.75	11.44	20.88	9.38	--
		[m]	1.72	3.47	5.33	1.84	2.84	3.97	2.27	3.40	4.65	0.00	1.05	--
	Cortante mín.	[t]	--	-2.85	-5.82	--	-7.47	-14.16	--	-7.73	-17.21	-11.34	-11.68	-11.76
		[m]	--	3.47	5.22	--	3.84	5.77	--	4.52	6.77	0.00	1.92	2.17
	Cortante máx.	[t]	10.19	7.05	2.09	11.21	6.24	--	17.16	8.19	--	--	--	--
		[m]	0.00	1.85	3.60	0.00	1.97	--	0.02	2.40	--	--	--	--

	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	x	[m]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	x	[m]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Área Sup.	[cm ²]	Real	9.87	6.28	9.68	9.68	6.28	22.39	22.39	6.31	18.19	13.63	7.38	9.68	
		Nec.	9.28	4.49	5.48	9.09	5.60	19.29	21.04	6.48	17.23	4.55	4.55	9.03	
Área Inf.	[cm ²]	Real	6.74	7.42	7.42	12.60	10.78	11.19	18.38	25.92	25.92	16.93	15.26	6.28	
		Nec.	4.98	6.67	6.62	7.69	10.28	11.19	11.93	16.77	12.30	17.31	10.76	4.84	
Área Transv.	[cm ² /m]	Real	19.63	7.14	19.63	15.70	7.14	15.70	17.44	7.85	17.44	19.63	19.63	19.63	
		Nec.	6.07	2.55	6.07	10.17	2.55	10.33	12.64	2.55	13.36	15.94	14.52	14.52	
F. Activa			4.78 mm, L/2229 (L: 10.66 m)				7.70 mm, L/727 (L: 5.59 m)			13.19 mm, L/519 (L: 6.85 m)			1.48 mm, L/1796 (L: 2.66 m)		

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico#52. Armado de viga eje B Nivel: +/- 0.00



Fuente: CYPCAD (Lic. 131442)

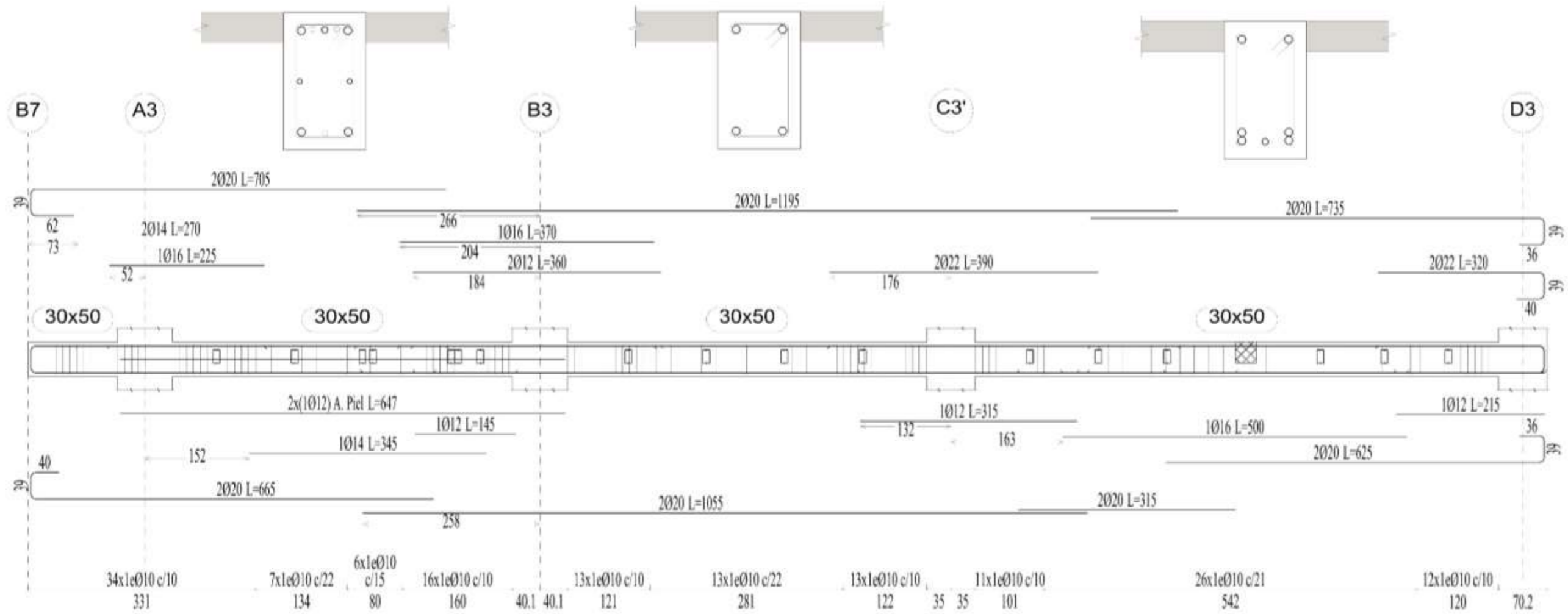
Tabla 27. Viga eje 3 Nivel: +12.55

EJE 3			Vol-A3			A3-B3			B3-C3'			C3'-D3			
Sección			30x50			30x50			30x50			30x50			
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.46	-1.54	-3.21	-10.37	--	-6.83	-9.96	--	-10.18	-16.58	--	-15.04	
		x	[m]	0.43	0.85	1.30	0.00	--	4.95	0.00	--	5.24	0.00	--	7.63
	Momento máx.	[t·m]	--	--	--	3.94	6.52	3.97	4.09	7.50	4.28	7.83	12.07	7.96	
		x	[m]	--	--	--	1.50	2.77	3.49	1.48	2.88	3.73	2.30	3.95	5.26
	Cortante mín.	[t]	-1.75	-3.09	-3.90	--	-4.11	-9.72	--	-5.58	-11.93	--	-5.91	-13.25	
		x	[m]	0.43	0.85	1.30	--	3.21	4.95	--	3.45	5.24	--	5.03	7.63
	Cortante máx.	[t]	--	--	--	12.68	6.61	--	11.86	5.84	--	15.01	5.10	--	
		x	[m]	--	--	--	0.00	1.78	--	0.00	1.75	--	0.00	2.55	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	-1.41	-0.36	--	--	--	--	--	--	
		x	[m]	--	--	--	--	2.77	4.16	--	--	--	--	--	
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	1.21	--	--	--	--	--	--	
		x	[m]	--	--	--	--	--	4.06	--	--	--	--	--	
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	-0.43	-1.38	-2.85	-15.86	--	-13.38	-15.07	--	-14.10	-18.62	--	-18.69	
		x	[m]	0.43	0.85	1.30	0.00	--	4.95	0.00	--	5.24	0.00	--	7.63
	Momento máx.	[t·m]	--	--	--	6.15	6.84	6.14	5.85	7.47	6.33	8.43	10.83	8.43	
		x	[m]	--	--	--	1.50	1.78	3.49	1.48	3.16	3.73	2.30	3.95	5.26
	Cortante mín.	[t]	-1.55	-2.68	-3.43	--	-6.32	-11.39	--	-6.70	-11.86	--	-6.46	-13.86	
		x	[m]	0.43	0.85	1.30	--	3.21	4.95	--	3.45	5.24	--	5.03	7.63
	Cortante máx.	[t]	--	--	--	13.40	8.34	0.63	12.43	7.39	--	13.64	5.53	--	
		x	[m]	--	--	--	0.00	1.78	3.49	0.00	1.75	--	0.00	2.55	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	-1.14	-0.33	--	--	--	--	--	--	
		x	[m]	--	--	--	--	2.77	4.48	--	--	--	--	--	
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	1.11	--	--	--	--	--	--	
		x	[m]	--	--	--	--	--	4.06	--	--	--	--	--	
Área Sup.		[cm ²]	Real	6.28	6.85	9.18	11.37	8.38	10.56	10.56	6.28	13.89	13.89	8.18	13.89

		Nec.	4.49	4.50	6.87	10.60	4.49	10.02	9.99	4.49	10.21	12.53	4.49	12.55
Área Inf.	[cm ²]	Real	6.28	6.28	6.28	7.40	10.13	10.13	6.28	6.28	7.42	8.30	10.40	8.30
		Nec.	4.49	4.49	5.69	5.69	7.37	6.92	5.28	4.71	6.94	6.94	7.88	6.94
Área Transv.	[cm ² /m]	Real	15.70	15.70	15.70	15.70	10.47	15.70	15.70	7.14	15.70	15.70	7.48	15.70
		Nec.	2.55	2.55	2.55	8.06	6.12	13.31	8.54	2.55	8.55	8.13	2.55	8.13
F. Activa			0.22 mm, L/12033 (L: 2.60 m)			1.56 mm, L/3166 (L: 4.95 m)			2.20 mm, L/2384 (L: 5.24 m)			11.62 mm, L/656 (L: 7.63 m)		

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico #53. Armado de viga eje 3 Nivel: +1255



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

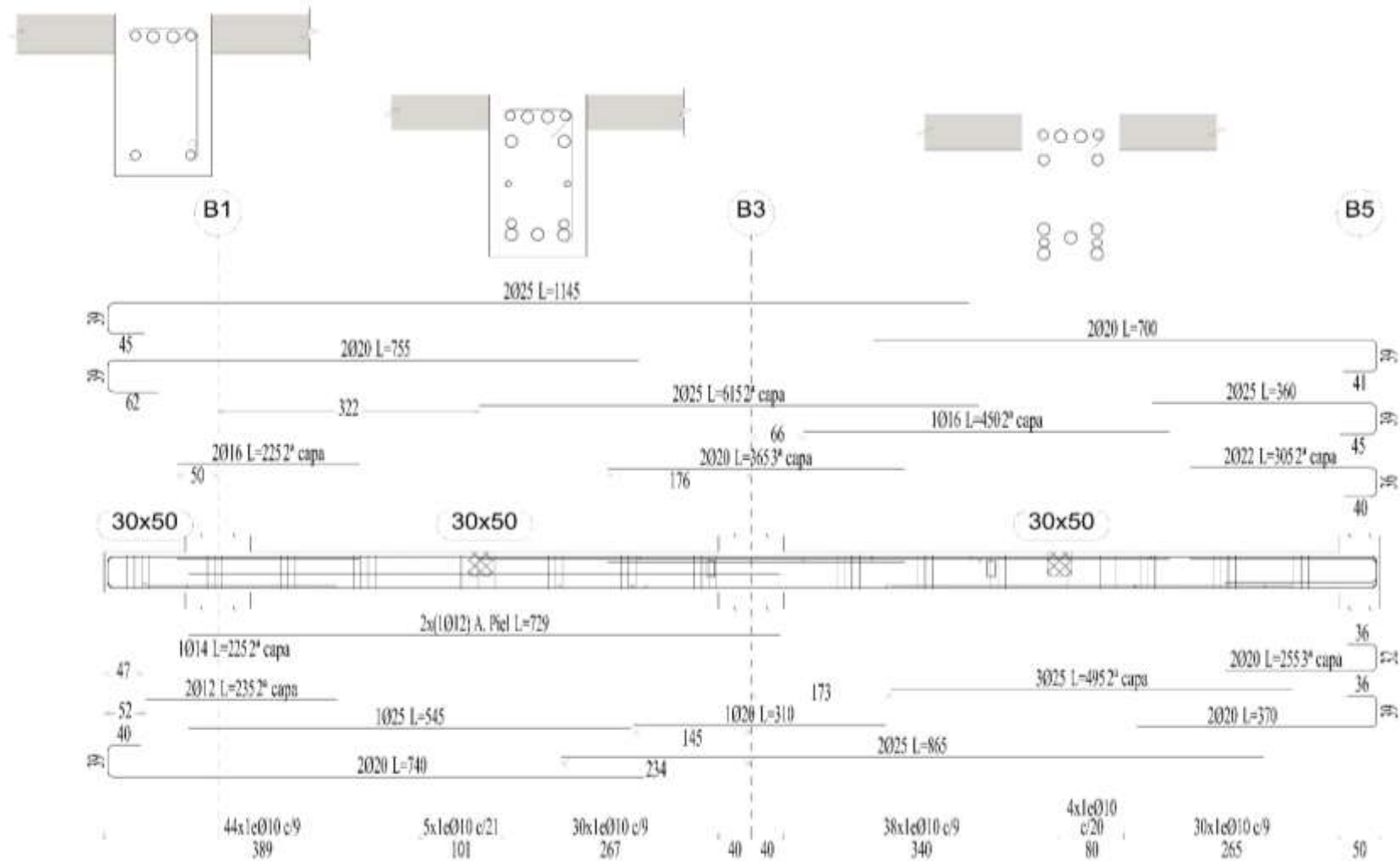
Tabla 28. Viga eje B Nivel: +12.55

EJE B			Vol-B1			B1-B3			B3-B5		
Sección			30x50			30x50			30x50		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.60	-1.97	-3.81	-13.77	--	-14.48	-21.71	--	-20.34
		x	[m]	0.25	0.63	1.00	0.00	--	5.77	0.00	--
	Momento máx.	[t·m]	--	--	--	7.82	16.17	6.74	10.89	25.38	11.59
		x	[m]	--	--	--	1.87	2.84	3.94	2.21	3.40
	Cortante mín.	[t]	-2.46	-4.04	-5.18	--	-9.59	-13.42	--	-12.15	-16.69
		x	[m]	0.25	0.63	1.00	--	3.83	5.77	--	4.47
	Cortante máx.	[t]	--	--	--	13.38	9.55	--	16.20	13.20	--
		x	[m]	--	--	--	0.00	1.98	--	0.00	2.36
	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		x	[m]	--	--	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	0.25	--	--	--
		x	[m]	--	--	--	--	--	5.68	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	-0.52	-1.69	-3.24	-25.63	-0.63	-27.86	-30.43	--	-29.39
		x	[m]	0.25	0.63	1.00	0.00	3.83	5.77	0.00	--
	Momento máx.	[t·m]	--	--	--	12.12	13.95	10.61	13.31	20.62	13.87
		x	[m]	--	--	--	1.87	2.84	3.94	2.21	3.40
	Cortante mín.	[t]	-2.11	-3.43	-4.34	--	-13.50	-17.06	--	-13.57	-17.36
		x	[m]	0.25	0.63	1.00	--	3.83	5.77	--	4.47
	Cortante máx.	[t]	--	--	--	15.63	12.48	0.46	16.90	14.34	--
		x	[m]	--	--	--	0.00	1.98	3.94	0.00	2.36
	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		x	[m]	--	--	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	0.30	--	--	--
		x	[m]	--	--	--	--	--	5.68	--	--
Área Sup.		[cm ²]	14.76	16.10	16.64	20.12	22.59	25.92	26.51	8.58	23.70

		Nec.	5.03	5.03	10.88	18.52	6.48	26.40	25.80	6.48	21.96
Área Inf.	[cm ²]	Real	6.28	7.30	10.09	14.97	11.19	12.96	21.01	25.46	27.84
		Nec.	8.05	5.03	10.06	10.06	12.96	12.96	12.96	19.27	11.85
Área Transv.	[cm ² /m]	Real	17.44	17.44	17.44	17.44	17.44	17.44	17.44	17.44	17.44
		Nec.	2.55	2.55	2.55	11.96	3.33	12.94	12.77	4.12	12.84
F. Activa			0.18 mm, L/11130 (L: 2.00 m)			7.59 mm, L/754 (L: 5.72 m)			13.81 mm, L/496 (L: 6.85 m)		

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 54. Armado de viga eje B Nivel: +12.55



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.1.3.9.2 Resultados en columnas

Los resultados mostrados por CYPECAD son los esfuerzos pésimos (mayorados) en columnas, los cuáles son los siguientes:

- Carga nominal (N)
- Momento en X (Mxx)
- Momento en Y (Myy)
- Cortante en X (Qx)
- Cortante en Y (Qy)

Los resultados obtenidos son para combinaciones sísmicas y no sísmicas los cuales son utilizados para el diseño de las columnas.

Tabla 29. Resultados para columnas B3 y B5

Resumen de las comprobaciones										
Columnas	Tramo	Dimensión (cm)	Posición						Pésima	Estado
				N (t)	Mxx (t·m)	Myy (t·m)	Qx (t)	Qy (t)		
B3	Losa N: +23.95 (21.1 - 23.95 m)	80x80	Cabeza	28.41	22.39	-5.86	3.41	14.66	Q S.	Cumple
				19.16	20.85	-6.40	3.92	13.24	N,M S.	Cumple
			Pie	32.92	-12.07	2.16	3.41	14.66	Q S.	Cumple
	Losa N: +21.10 (18.25 - 21.1 m)	80x80	Cabeza	74.70	19.82	-4.68	2.68	12.14	N,M S.	Cumple
				79.21	-8.72	1.61	2.68	12.14	Q S.	Cumple
			Pie	95.58	-4.90	-1.78	-1.39	3.69	N,M	Cumple
	Losa N: +18.25 (15.4 - 18.25 m)	80x80	Cabeza	80.50	22.28	-5.67	3.70	13.82	Q S.	Cumple
				120.44	23.73	-5.04	3.20	15.04	N,M S.	Cumple
			Pie	83.89	-10.19	3.03	3.70	13.82	Q S.	Cumple
				151.91	-5.45	-2.00	-1.76	4.66	N,M	Cumple
	Losa N: +15.40 (13.725 - 15.4 m)	80x80	Cabeza	111.00	20.87	-5.03	3.90	14.62	Q S.	Cumple
				166.23	22.15	-4.45	3.44	15.73	N,M S.	Cumple
			13.725 m	114.39	-13.50	4.15	3.90	14.62	Q S.	Cumple
				208.37	-4.95	-1.85	-1.60	4.19	N,M	Cumple
	Losa N: +15.40 (12.55 - 13.725 m)	80x80	Pie	114.39	-13.50	4.15	3.90	14.62	Q S.	Cumple
				208.37	-4.95	-1.85	-1.60	4.19	N,M	Cumple
	Losa N: +12.55 (9.7 - 12.55 m)	80x80	Cabeza	141.76	18.07	-4.18	3.86	15.13	Q S.	Cumple
				260.85	4.57	1.74	-1.51	4.16	N,M	Cumple
Pie			145.14	-17.47	4.89	3.86	15.13	Q S.	Cumple	
			265.36	-5.20	-1.80	-1.51	4.16	N,M	Cumple	
Losa N: +9.70 (6.85	80x80	Cabeza	172.65	14.02	-3.13	4.42	16.02	Q S.	Cumple	

	- 9.7 m)			318.05	4.78	1.63	-1.35	4.13	N,M	Cumple	
				Pie	176.04	-23.63	7.27	4.42	16.02	Q S.	Cumple
					322.56	-4.93	-1.54	-1.35	4.13	N,M	Cumple
	Losa N: +6.85 (4 - 6.85 m)	80x80	Cabeza	203.77	7.53	-0.87	2.81	12.96	Q S.	Cumple	
				375.50	4.76	1.60	-1.67	4.36	N,M	Cumple	
			Pie	207.16	-22.93	5.74	2.81	12.96	Q S.	Cumple	
				380.01	-5.48	-2.32	-1.67	4.36	N,M	Cumple	
	Losa N: +4.00 (1.75 - 4 m)	80x80	Cabeza	234.54	0.25	0.93	8.06	24.00	Q S.	Cumple	
				432.38	4.66	1.51	-0.56	3.39	N,M	Cumple	
			1.75 m	239.58	-83.74	29.14	8.06	24.00	Q S.	Cumple	
				357.75	-85.98	28.82	7.77	24.94	N,M S.	Cumple	
	Losa N: +4.00 (0 - 1.75 m)	80x80	Pie	239.58	-83.74	29.14	8.06	24.00	Q S.	Cumple	
				357.75	-85.98	28.82	7.77	24.94	N,M S.	Cumple	
	Losa N: 0.00 (-2.85 - 0 m)	80x80	0 m	357.75	-85.98	28.82	7.77	24.94	N,M S.	Cumple	
				Cabeza	287.59	56.48	-20.15	9.96	30.48	Q S.	Cumple
			426.30		57.66	-20.16	10.29	32.17	N,M S.	Cumple	
			Pie	290.97	-15.14	3.25	9.96	30.48	Q S.	Cumple	
	513.89	-5.47		0.32	0.28	4.05	N,M	Cumple			
	Losa N: -5.70 (-6.4 - -2.85 m)	80x80	Cabeza	297.94	9.84	-1.88	2.59	13.44	Q S.	Cumple	
				575.00	3.85	-0.10	0.17	2.39	N,M	Cumple	
			Pie	302.33	-31.15	6.01	2.59	13.44	Q S.	Cumple	
580.85				-3.46	0.41	0.17	2.39	N,M	Cumple		
Fundación	80x80	Arranque	580.85	-3.46	0.41	0.17	2.39	N,M	Cumple		
B5	Losa N: +23.95 (21.1 - 23.95 m)	80x50	Cabeza	20.46	-9.67	2.61	-2.47	-9.61	Q	Cumple	
				22.23	-14.96	4.92	-4.86	-12.69	N,M S.	Cumple	
			22.65 m	23.28	12.91	-3.21	-2.47	-9.61	Q	Cumple	
				24.57	14.79	-9.11	-7.36	-12.46	N,M S.	Cumple	
			21.9 m	24.57	14.79	-9.11	-7.36	-12.46	Q S.	Cumple	
			Pie	23.28	12.91	-3.21	-2.47	-9.61	Q	Cumple	
	24.57	14.79		-9.11	-7.36	-12.46	N,M S.	Cumple			
	Losa N: +21.10 (18.25 - 21.1 m)	80x50	21.1 m	24.57	14.79	-9.11	-7.36	-12.46	N,M S.	Cumple	
				Cabeza	53.74	-10.92	1.98	-1.81	-9.36	Q	Cumple
			55.36		-14.48	1.65	-2.31	-11.28	N,M S.	Cumple	
			19.8 m	55.36	-14.48	1.65	-2.31	-11.28	Q S.	Cumple	
			19.05 m	53.74	-10.92	1.98	-1.81	-9.36	Q	Cumple	
				55.36	-14.48	1.65	-2.31	-11.28	N,M S.	Cumple	
	Pie	56.56	11.08	-2.27	-1.81	-9.36	Q	Cumple			
		58.18	12.03	-3.79	-2.31	-11.28	N,M S.	Cumple			
	Losa N: +18.25 (15.4 - 18.25 m)	80x50	Cabeza	88.77	-11.37	2.57	-2.16	-9.62	Q	Cumple	
				90.14	-16.39	3.21	-3.25	-12.61	N,M S.	Cumple	

		16.95 m	90.14	-16.39	3.21	-3.25	-12.61	N,M S.	Cumple
		16.2 m	88.77	-11.37	2.57	-2.16	-9.62	Q	Cumple
			90.14	-16.39	3.21	-3.25	-12.61	N,M S.	Cumple
		Pie	91.59	11.24	-2.51	-2.16	-9.62	Q	Cumple
			93.12	13.35	-4.19	-3.10	-12.61	N,M S.	Cumple
Losa N: +15.40 (13.725 - 15.4 m)	80x50	Cabeza	123.98	-11.13	2.56	-2.17	-9.43	Q	Cumple
			125.29	-15.85	2.49	-2.78	-12.69	N,M S.	Cumple
		14.1 m	125.29	-15.85	2.49	-2.78	-12.69	N,M S.	Cumple
Losa N: +15.40 (12.55 - 13.725 m)	80x50	13.72 m	125.29	-15.85	2.49	-2.78	-12.69	N,M S.	Cumple
		13.35 m	123.98	-11.13	2.56	-2.17	-9.43	Q	Cumple
			125.29	-15.85	2.49	-2.78	-12.69	N,M S.	Cumple
		Pie	126.80	11.03	-2.53	-2.17	-9.43	Q	Cumple
128.32	14.07		-3.79	-2.64	-12.67	N,M S.	Cumple		
Losa N: +12.55 (9.7 - 12.55 m)	80x50	Cabeza	160.75	-15.39	2.61	-2.72	-13.03	N,M S.	Cumple
		11.25 m	163.57	15.23	-3.79	-2.72	-13.03	N,M S.	Cumple
		10.5 m	163.57	15.23	-3.79	-2.72	-13.03	N,M S.	Cumple
		Pie	163.57	15.23	-3.79	-2.72	-13.03	N,M S.	Cumple
Losa N: +9.70 (6.85 - 9.7 m)	80x50	Cabeza	195.21	-14.80	2.89	-2.80	-13.54	Q S.	Cumple
			195.44	-14.92	2.47	-2.27	-13.51	N,M S.	Cumple
		8.4 m	198.03	17.03	-3.70	-2.80	-13.54	N,M S.	Cumple
		7.65 m	198.03	17.03	-3.70	-2.80	-13.54	N,M S.	Cumple
		Pie	198.03	17.03	-3.70	-2.80	-13.54	N,M S.	Cumple
Losa N: +6.85 (4 - 6.85 m)	80x50	Cabeza	229.53	-13.03	3.17	-2.81	-12.73	Q S.	Cumple
			230.23	-13.26	3.05	-2.51	-12.66	N,M S.	Cumple
		5.55 m	232.35	16.89	-3.43	-2.81	-12.73	Q S.	Cumple
			232.89	16.81	-3.48	-2.86	-12.71	N,M S.	Cumple
		4.8 m	232.35	16.89	-3.43	-2.81	-12.73	Q S.	Cumple
			232.89	16.81	-3.48	-2.86	-12.71	N,M S.	Cumple
		Pie	232.35	16.89	-3.43	-2.81	-12.73	Q S.	Cumple
			232.89	16.81	-3.48	-2.86	-12.71	N,M S.	Cumple
Losa N: +4.00 (1.75 - 4 m)	80x50	Cabeza	264.98	-11.18	3.23	-0.93	-12.97	Q S.	Cumple
			263.73	-11.84	3.41	-0.96	-12.85	N,M S.	Cumple
		2.7 m	269.18	34.20	-0.04	-0.93	-12.97	N,M S.	Cumple
		1.75 m	269.18	34.20	-0.04	-0.93	-12.97	N,M S.	Cumple
Losa N: +4.00 (0 - 1.75 m)	80x50	0.8 m	269.18	34.20	-0.04	-0.93	-12.97	N,M S.	Cumple
		Pie	269.18	34.20	-0.04	-0.93	-12.97	N,M S.	Cumple
Losa N: 0.00 (-2.85 - 0 m)	80x50	Cabeza	118.77	-26.86	-5.72	4.17	-20.26	Q S.	Cumple
			304.52	-31.91	2.45	-2.19	-28.18	N,M	Cumple
		-1.3 m	207.00	26.68	3.22	2.33	-25.66	Q S.	Cumple
			307.34	34.32	-2.69	-2.19	-28.18	N,M	Cumple

			-2.05 m	207.00	26.68	3.22	2.33	-25.66	Q S.	Cumple
				307.34	34.32	-2.69	-2.19	-28.18	N,M	Cumple
			Pie	207.00	26.68	3.22	2.33	-25.66	Q S.	Cumple
				307.34	34.32	-2.69	-2.19	-28.18	N,M	Cumple
	Losa N: -5.70 (-6.4 - -2.85 m)	80x50	-2.85 m	307.34	34.32	-2.69	-2.19	-28.18	N,M	Cumple
				301.64	-15.19	-0.68	-0.85	-9.18	Q S.	Cumple
			Cabeza	334.38	-18.41	1.50	-0.41	-7.96	N,M	Cumple
				301.64	-15.19	-0.68	-0.85	-9.18	Q S.	Cumple
			-4.15 m	334.38	-18.41	1.50	-0.41	-7.96	N,M	Cumple
				301.64	-15.19	-0.68	-0.85	-9.18	Q S.	Cumple
			-5.6 m	334.38	-18.41	1.50	-0.41	-7.96	N,M	Cumple
				305.30	12.81	-3.27	-0.85	-9.18	Q S.	Cumple
			Pie	342.21	5.50	-0.16	-0.66	-7.37	N,M	Cumple
				342.21	5.50	-0.16	-0.66	-7.37	N,M	Cumple
Fundación	80x50	Arranque	342.21	5.50	-0.16	-0.66	-7.37	N,M	Cumple	

Notas:

Q S.: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)

N,M S.: Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales (combinaciones sísmicas)

Cap. Q (H): Cortante de diseño para columnas.

Cap. N,M (H): Resistencia mínima a flexión de columnas.

Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)

N,M: Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Tabla 30. Armados para columnas B3 y B5

Armado de pilares													
Hormigón: $f_c=280$													
Columna	Geometría			Armaduras						Estado			
	Planta	Dimensiones (cm)	Tramo (m)	Barras			Estribos						
				Esquina	Cara X	Cara Y	Cuantía (%)	Descripción ⁽¹⁾	Separación (cm)				
B3	Losa N: +23.95	80x80	21.10/23.45	4Ø16	14Ø16	14Ø16	1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple			
	Losa N: +21.10	80x80	18.25/20.60				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple			
	Losa N: +18.25	80x80	15.40/17.75				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple			
	Losa N: +15.40	80x80	12.55/14.90				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple			
	Losa N: +12.55	80x80	9.70/12.05				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple			
	Losa N: +9.70	80x80	6.85/9.20				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple			
	Losa N: +6.85	80x80	4.00/6.35				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple			
	Losa N: +4.00	80x80	0.00/3.50				4Ø16	14Ø16	14Ø16	1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple

							1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple								
	Losa N: 0.00	80x80	-2.85/-0.50				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple								
	Losa N: -2.85	80x80	-6.40/-3.35	4Ø16	14Ø16	14Ø16	1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple								
	Losa N: -5.70																	
	Fundación	-	-															
B5	Losa N: +23.95	80x50	21.10/23.45	4Ø16	16Ø16	6Ø14	1.24	3eØ10+X1rØ10	8	Cumple								
	Losa N: +21.10	80x50	18.25/20.60															
	Losa N: +18.25	80x50	15.40/17.75															
	Losa N: +15.40	80x50	12.55/14.90															
	Losa N: +12.55	80x50	9.70/12.05															
	Losa N: +9.70	80x50	6.85/9.20															
	Losa N: +6.85	80x50	4.00/6.35															
	Losa N: +4.00	80x50	0.00/3.50															
	Losa N: 0.00	80x50	-2.85/-0.50															
	Losa N: -2.85	80x50	-6.40/-3.35															
	Losa N: -5.70																	
		Fundación	-								-	4Ø25	16Ø20	4Ø18	2.00	3eØ10+X2rØ10	5	Cumple

Notas:

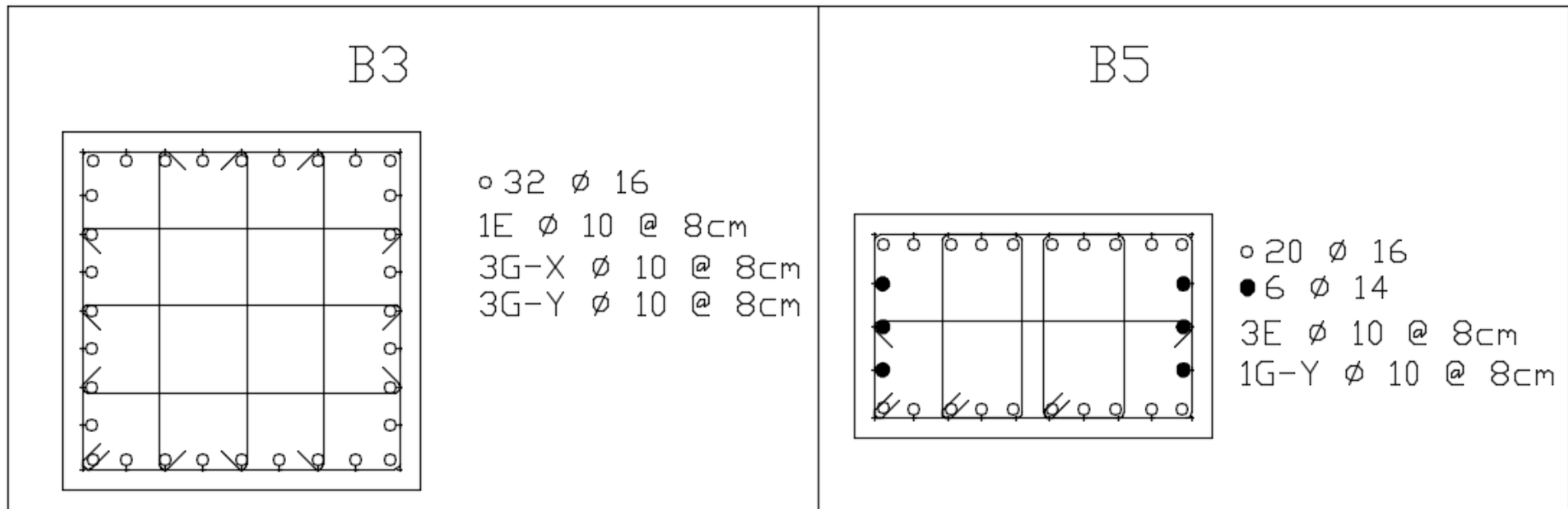
(1) e = estribo, r = rama

(2) No cumple: 'Cortante de diseño para columnas.'

(3) No cumple: 'Resistencia mínima a flexión de columnas.'

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 55. Corte transversal de columnas



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.1.3.9.3 Análisis de costos

Se realizará un análisis de costos para la obra estructural

Los costos detallados corresponden al valor neto de materiales, actualizado al mes de Agosto/2016.

El Análisis de precios unitarios se muestra en anexos.

Tabla 31. Resumen de costos

Rubro	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
01	Replanteo H.S. f'c=180 kg/cm ² e= 6 cm	m ³	9,99	\$142,44	\$1.423,36
02	Hormigón estructural en cimentación f'c= 280 kg/cm ²	m ³	132,78	\$178,73	\$23.731,85
03	Hormigón estructural en columnas f'c= 280 kg/cm ² inc. encofrado	m ³	274,96	\$289,15	\$79.504,87
04	Hormigón estructural en muros f'c= 280 kg/cm ² inc. encofrado	m ³	197,77	\$314,67	\$62.233,18
05	Hormigón estructural en vigas f'c= 280 kg/cm ² inc. encofrado	m ³	436,29	\$271,29	\$118.362,95
06	Losa maciza hormigón estructural f'c= 280 kg/cm ² , e= 12 cm, inc. encofrado	m ²	1582,64	\$39,94	\$63.205,93
07	Losa de hormigón estructural f'c= 280 kg/cm ² con placa colaborante de acero	m ²	2259,56	\$40,11	\$90.625,12
08	Hormigón estructural en gradas f'c= 280 kg/cm ² , inc. Encofrado	m ³	23,86	\$294,35	\$7.023,11
09	Acero de refuerzo	kg	334927,00	\$1,85	\$618.335,80
10	Estructura metálica perfiles acero A36	kg	20974,00	\$2,43	\$50.946,31
				TOTAL	\$1.115.392,47

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.1.4 Cálculo estructural mediante el uso de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 y la aplicación del programa CYPECAD.

Para el cálculo estructural aplicando la Norma Ecuatoriana de la Construcción, se tomó el modelo definitivo obtenido con el cálculo estructural aplicando la NEC 2011, de esta manera se tiene el mismo modelo, pero con diferentes resultados.

4.1.4.1 Acción sísmica

4.1.4.1.1 Obtención manual del espectro de diseño

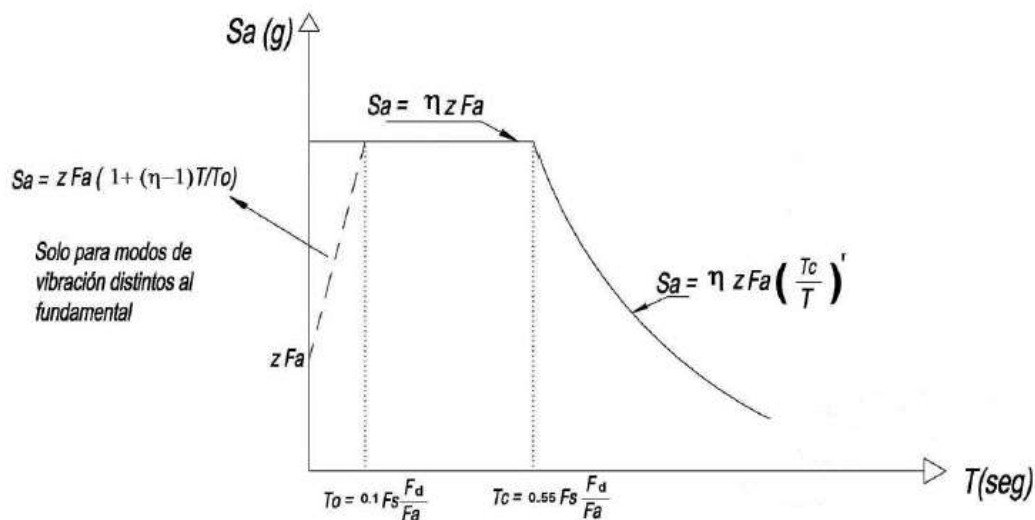
El capítulo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 correspondiente a Peligro sísmico y diseño sismo resistente nos da los siguientes parámetros para la obtención del espectro elástico:

Tabla 32. Datos para obtención de espectro elástico

Zona	V	Tabla 1	Peligro sísmico alto
Z=	0,4	Tabla 19	Ambato – Tungurahua
Tipo de suelo	C	Tabla 2	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda
Fa=	1,2	Tabla 3	Coefficiente de perfil de suelo
Fd=	1,11	Tabla 4	Coefficiente de perfil de suelo
Fs=	1,11	Tabla 5	Coefficiente de perfil de suelo
n=	2,48		Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
r=	1		Para todos los suelos, excepto del suelo tipo B

Fuente: NEC 2015

Gráfico # 56. Fórmulas para espectro elástico



Fuente: NEC 2015

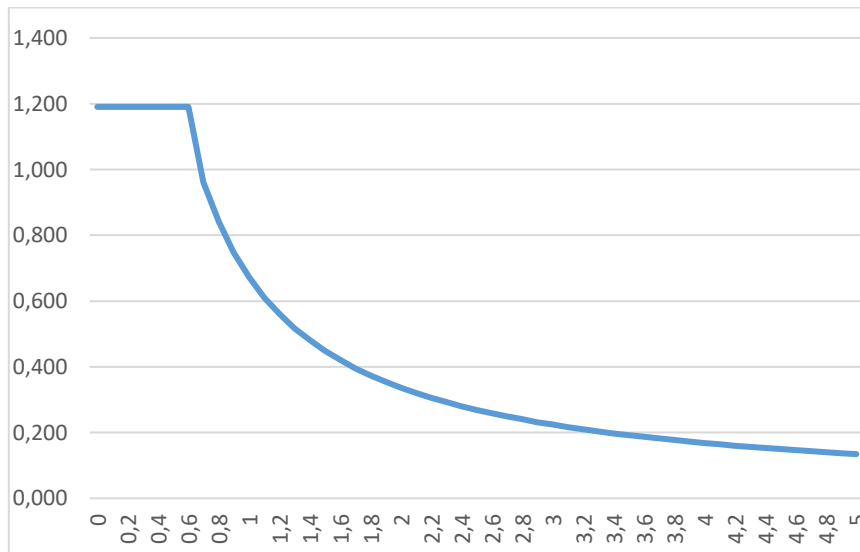
De aquí se obtiene que:

$$T_o = 0.103$$

$$T_c = 0.565$$

$$S_{a1} = 1.19$$

Gráfico # 57. Espectro elástico obtenido de forma manual



Fuente: NEC 2015

Según la NEC 2015 el espectro de diseño se obtiene de la siguiente manera:

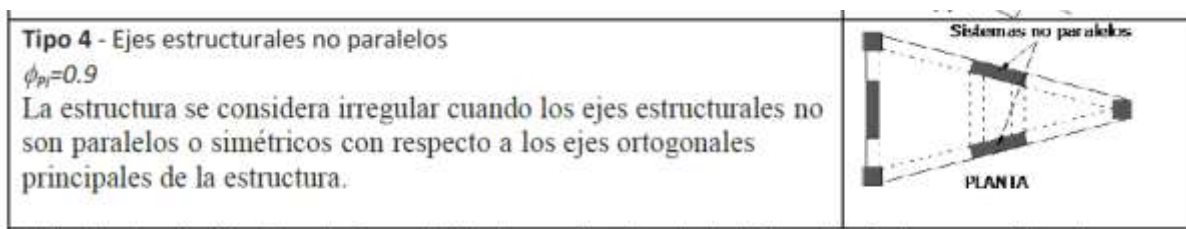
$$S_a = \frac{I * S_{ae}}{R * \Phi_p * \Phi_e}$$

Dónde:

- Coeficiente de irregularidad en planta:

Debido a la configuración en planta del edificio en estudio se tiene que:

Gráfico # 58. Coeficiente de irregularidad en planta



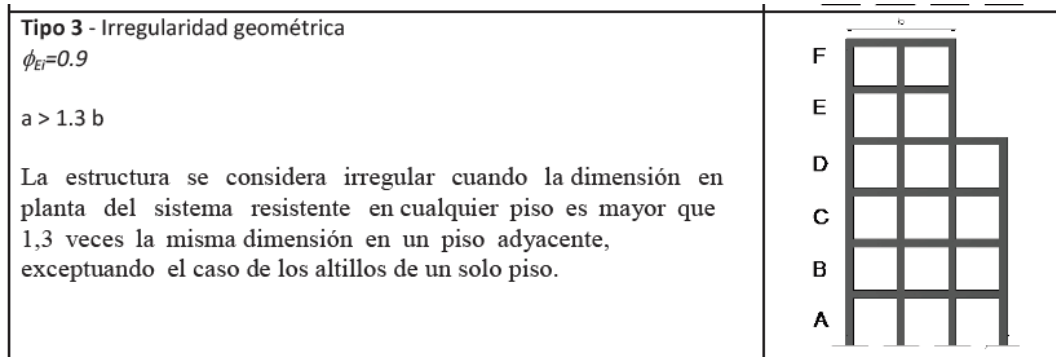
Fuente: Tabla 13, NEC 2015

$$\Phi_p = 0.9$$

- Coeficiente de irregularidad en elevación

La edificación en estudio tiene diferentes dimensiones entre planta y planta, por lo que se tiene lo siguiente:

Gráfico # 59. Coeficiente de irregularidad en elevación



Fuente: Tabla 14, NEC 2015

$$\Phi_e = 0.9$$

- Coeficiente de reducción de respuesta estructural

Del edificio analizado se pudo obtener lo siguiente:

Gráfico # 60. Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

Hipótesis sísmica	%Q _X		%Q _Y	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
Sismo X1	13.01	86.99	25.25	74.75
Sismo Y1	13.61	86.39	34.79	65.21

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Como se puede observar el cortante absorbido por los muros estructurales es mayor al 75%, por lo que se puede determinar que la estructura es un Pórtico Espacial Sismo-Resistente con Muros Estructurales (Sistemas Duales), de lo que tenemos lo siguiente:

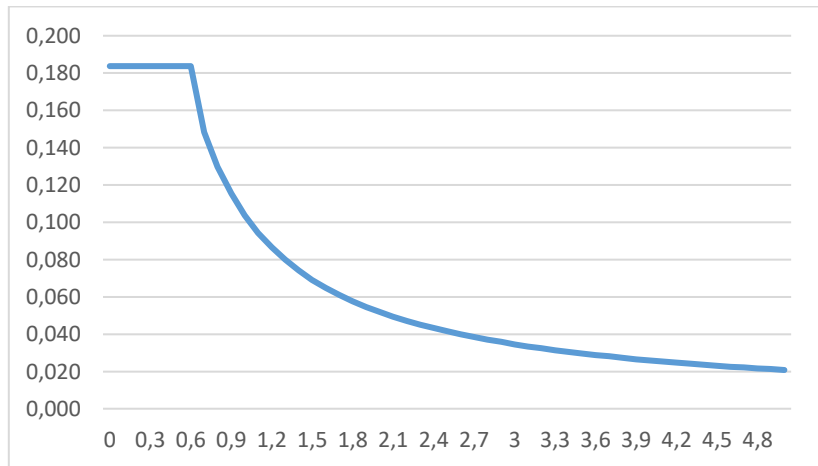
Gráfico # 61. Coeficiente de reducción de respuesta estructural (R)

Hipótesis sísmica	%Q _X		%Q _Y	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
Sismo X1	12.47	87.53	9.40	90.60
Sismo Y1	11.68	88.32	14.49	85.51

Fuente: Tabla 15, NEC 2015

$$R = 8$$

Gráfico # 62. Espectro de diseño obtenido de forma manual

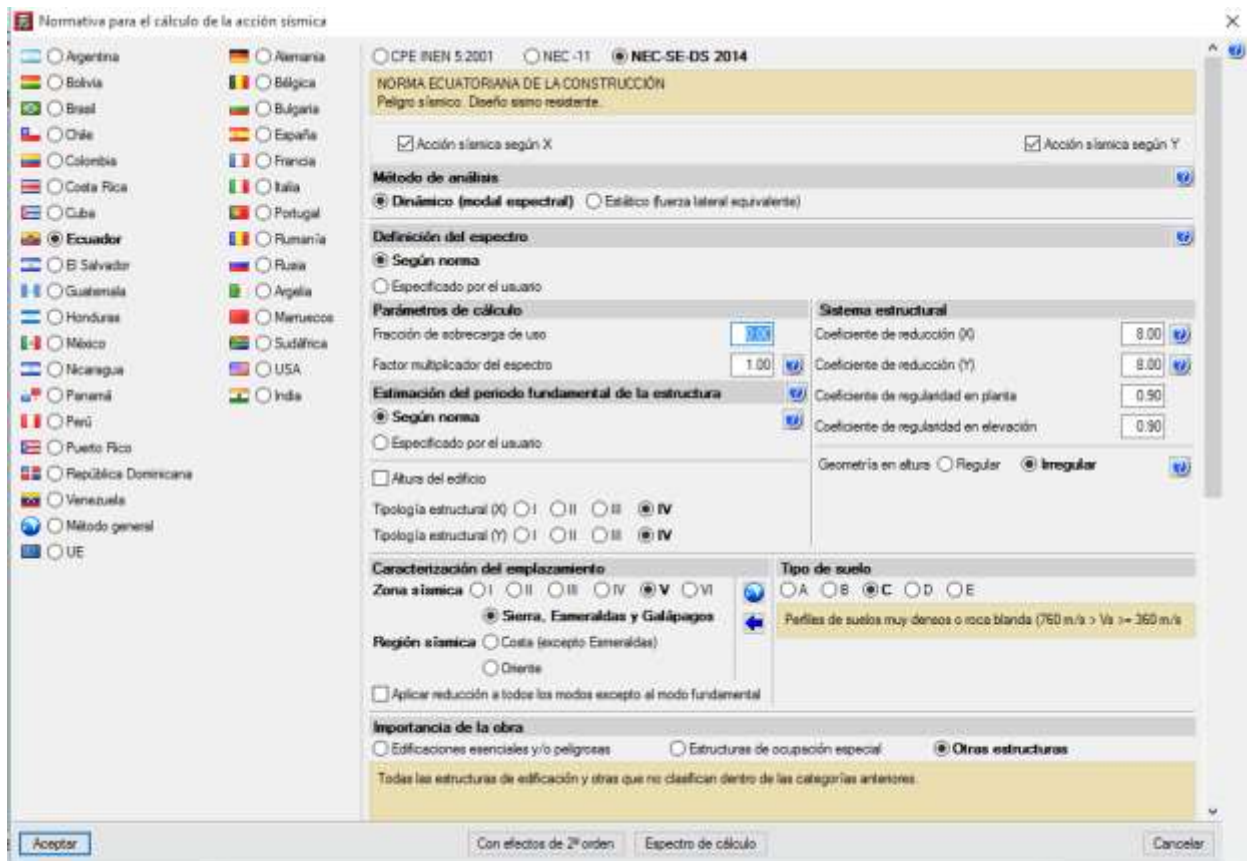


Fuente: NEC 2015

4.1.4.1.2 Datos generales de sismo

Para éste modelo se utilizaremos la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 por lo cual se han seleccionado los siguientes datos:

Gráfico # 63. Introducción de la acción sísmica



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

La NEC 2015 indica que:

El valor del cortante dinámico total en el base obtenido por cualquier método de análisis dinámico, no puede ser menor que el **85%** del cortante basal V obtenido por el método estático para el caso de estructuras irregulares. [1]

Éste procedimiento CYPECAD lo calcula de manera automática, por lo que no hay necesidad de realizar un análisis estático previo, el ajuste se muestra a continuación:

Gráfico # 64. Corrección del cortante basal

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.85 \cdot V_{s,X}$ 401.2242 t \geq 417.6547 t	1.04
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.85 \cdot V_{s,Y}$ 275.1205 t \geq 417.6547 t	1.52

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,X}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,Y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

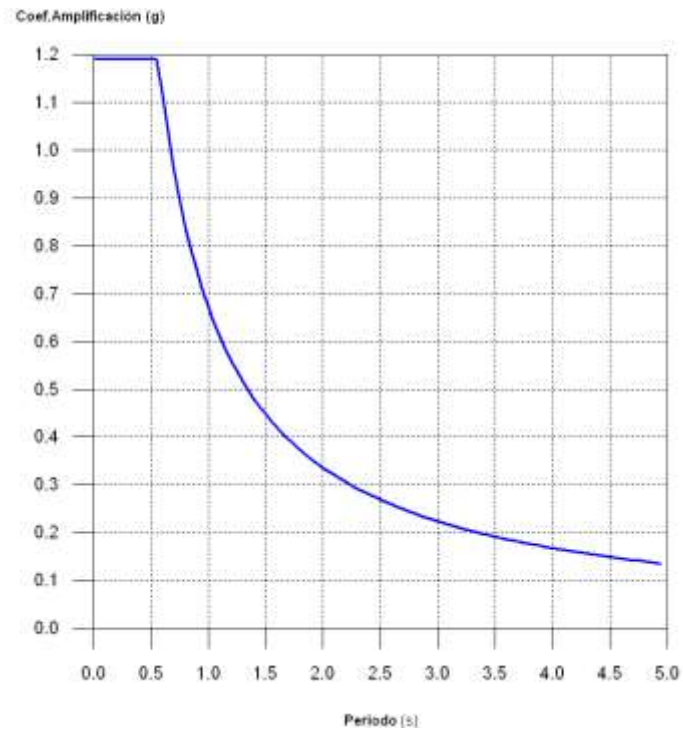
Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

- Zona sísmica: V
- Región sísmica: Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- Tipo de suelo: C
- Factor de reducción (R): 8
- Coeficiente de regularidad en planta: 0.90
- Coeficiente de regularidad en elevación: 0.90
- Altura del edificio: 26.55 m
- Número de modos de vibración: 24
- Fracción de sobrecarga de uso: 0

4.1.4.1.3 Espectro de cálculo

Espectro elástico:

Gráfico # 65. Espectro elástico obtenido con CYPECAD

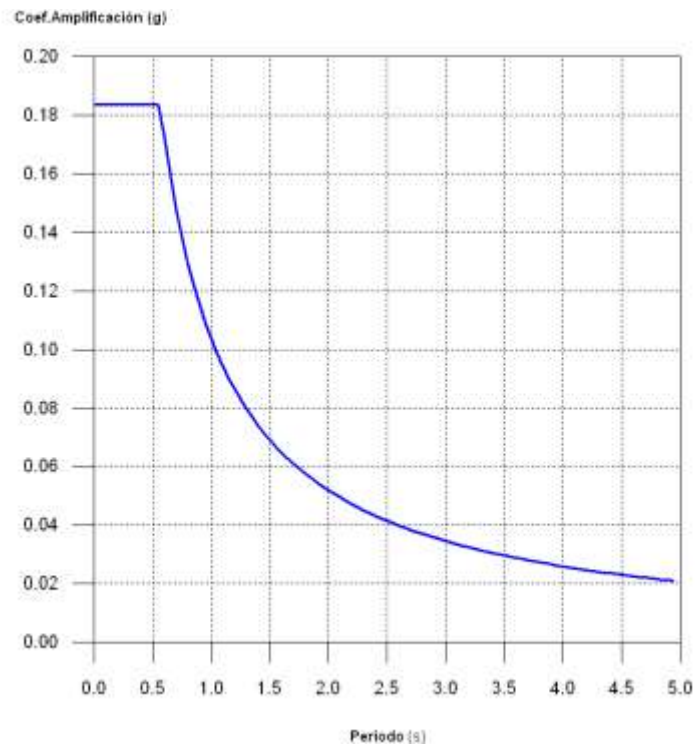


Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

- Factor de zona: 0.40
- Relación de amplificación espectral: 2.48
- Factor de sitio $F_a = 1.20$
- Factor de sitio $F_d = 1.11$
- Factor de sitio $F_s = 1.11$
- Factor de importancia= 1
- Periodo límite superior $T_c = 0.56$ s

Espectro de diseño:

Gráfico # 66. Espectro de diseño obtenido con CYPECAD



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Se puede observar que los espectros obtenidos por el software son los mismos que se han obtenido de manera manual.

4.1.4.2 Resultados del cálculo estructural

4.1.4.2.1 Chequeo de derivas de piso y distorsiones en columnas

La NEC 2015 indica en la sección 4.2.2 (Límites permisibles de las derivas de los pisos) que la deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites de deriva inelástica establecidos, para estructuras de hormigón armado, estructuras metálicas y de madera 0.02, el cual es un equivalente a 1/50. [1]

Se debe señalar que el software nos da los valores de deriva ya mayorados por la ductilidad, es decir que los valores dados ya están multiplicados por 0.75 y por el factor de reducción de resistencia (R)

Las derivas de piso calculadas por CYPECAD son las siguientes:

Tabla 33. Derivas de piso

Desplome local máximo de los pilares (d / h)

Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Losa N: +23.95	----	1 / 5700	1 / 167	1 / 90
Losa N: +21.10	----	1 / 5700	1 / 155	1 / 83
Losa N: +18.25	----	1 / 5700	1 / 147	1 / 77
Losa N: +15.40	----	1 / 7125	1 / 142	1 / 74
Losa N: +12.55	----	1 / 7125	1 / 140	1 / 72
Losa N: +9.70	----	1 / 7125	1 / 142	1 / 73
Losa N: +6.85	----	1 / 7125	1 / 152	1 / 77
Losa N: +4.00	----	1 / 9750	1 / 195	1 / 98
Losa N: 0.00	----	----	1 / 792	1 / 262
Losa N: -2.85	----	----	1 / 1375	1 / 393
Losa N: -5.70	----	----	1 / 1100	1 / 344
<i>Notas:</i> ⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.				

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Como se puede observar, la mayoría de derivas cumplen con los límites establecidos en la normativa.

4.1.4.2.2 Modos de vibración, periodo y coeficientes de participación modal.

Según la NEC 2015, sección 6.2.2.e, el número de modos de vibración que se deben considerar en el análisis son:

- Todos los modos de vibración que contribuyan significativamente a la respuesta total de la estructura, mediante los varios periodos de vibración.
- Todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas. [1].

Por criterio personal se le solicitó al programa generar 24 modos de vibración, debido a la necesidad de disponer 3 modos de vibración por planta.

El período fundamental de la estructura para esta edificación según la NEC 2015, sección 6.3.3.a se calcula de la siguiente manera:

$$T = Ct * hn^{\alpha}$$

- Para pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural $Ct=0.055$ y $\alpha=0.75$ [1]

Por lo que:

$$T1 = 0.6433 \text{ seg}$$

Sin embargo, la norma en la sección 6.3.3.b nos permite exceder el periodo hasta en un 30%, por lo que: [1]

$$T2 = 0.8363 \text{ seg}$$

Los valores que el programa nos da son los siguientes:

Tabla 34. Modos de vibración, periodo y porcentaje de participación de masa

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.919	0.0948	0.3085	0.9465	6.05 %	64.92 %	R = 6.48 A = 1.108 m/s ² D = 23.717 mm	R = 6.48 A = 1.108 m/s ² D = 23.717 mm
Modo 2	0.643	0.0466	0.0262	0.9986	11.67 %	3.73 %	R = 6.48 A = 1.585 m/s ² D = 16.5815 mm	R = 6.48 A = 1.585 m/s ² D = 16.5815 mm
Modo 3	0.569	0.2993	0.1394	0.9439	58.71 %	12.9 %	R = 6.48 A = 1.762 m/s ² D = 14.4684 mm	R = 6.48 A = 1.762 m/s ² D = 14.4684 mm
Modo 4	0.222	0.0539	0.1804	0.9821	0.91 %	10.31 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 2.24002 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 2.24002 mm
Modo 5	0.149	0.0966	0.0507	0.994	6.73 %	1.88 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 1.01693 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 1.01693 mm
Modo 6	0.115	0.2488	0.164	0.9546	10.29 %	4.53 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.60021 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.60021 mm
Modo 7	0.100	0.0501	0.0402	0.9979	0.81 %	0.53 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.46044 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.46044 mm
Modo 8	0.070	0.2094	0.0822	0.9744	2.08 %	0.33 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.22497 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.22497 mm
Modo 9	0.061	0.0525	0.0377	0.9979	0.37 %	0.19 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.16711 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.16711 mm
Modo 10	0.055	0.1902	0.0925	0.9774	1.46 %	0.35 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.13575 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.13575 mm
Modo 11	0.044	0.5785	0.2751	0.7679	0.29 %	0.07 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.09012 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.09012 mm

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 12	0.040	0.0495	0.0003	0.9988	0.17 %	0 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.07431 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.07431 mm
Modo 13	0.039	0.0106	0.0455	0.9989	0 %	0.06 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.06853 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.06853 mm
Modo 14	0.034	0.2256	0.1902	0.9555	0.15 %	0.11 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.05294 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.05294 mm
Modo 15	0.032	0.0626	0.0127	0.998	0.08 %	0 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.04671 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.04671 mm
Modo 16	0.029	0.0714	0.0055	0.9974	0.05 %	0 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.03796 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.03796 mm
Modo 17	0.025	0.0396	0.0545	0.9977	0 %	0.01 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.02948 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.02948 mm
Modo 18	0.024	0.1115	0.0474	0.9926	0.04 %	0.01 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.02705 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.02705 mm
Modo 19	0.022	0.0593	0.0103	0.9982	0.01 %	0 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.02291 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.02291 mm
Modo 20	0.021	0.0017	0.0249	0.9997	0 %	0 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.01983 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.01983 mm
Modo 21	0.020	0.1855	0.0857	0.9789	0.01 %	0 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.01756 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.01756 mm
Modo 22	0.019	0.0554	0.0123	0.9984	0 %	0 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.01583 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.01583 mm
Modo 23	0.017	0.1994	0.0863	0.9761	0 %	0 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.01297 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.01297 mm
Modo 24	0.016	0.0608	0.0145	0.998	0 %	0 %	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.01152 mm	R = 6.48 A = 1.802 m/s ² D = 0.01152 mm
Total					99.88 %	99.93 %		

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Como se puede observar, los modos 1 y 3 que son traslacionales, el valor de L_{gz} es menor a 1, indicando que existe una torsión accidental, dentro de los parámetros permitidos, el modo 2 es rotacional, por lo que el valor de L_{gz} es equivalente a 1.

4.1.4.2.3 Centro de masa, centro de rigidez y excentricidad en planta

La NEC 2015 en la sección 6.3.6 especifica que: La masa de cada nivel debe considerarse como concentrada en el centro de masas del piso, pero desplazada de una distancia igual al 5% de la máxima dimensión del edificio en ese piso, perpendicular a la dirección de aplicación de las fuerzas laterales bajo consideración, con el fin de tomar en cuenta los posibles efectos de torsión accidental, tanto para estructuras regulares como para estructuras irregulares. El efecto de este desplazamiento debe incluirse en la distribución del cortante de piso y en los momentos torsionales. [1]

Las excentricidades permitidas en esta edificación son de 1.65 m en X y de 0.98 m en Y y las calculadas por el programa son las siguientes:

Tabla 35. Centro de masas, centro de rigideces y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e _x (m)	e _y (m)
Tapagrada N: +26.55	(16.18, 13.32)	(16.01, 13.29)	0.16	0.02
Losa N: +23.95	(9.17, 8.18)	(11.79, 10.11)	-2.62	-1.93
Losa N: +21.10	(12.07, 8.86)	(10.42, 8.66)	1.65	0.20
Losa N: +18.25	(12.00, 8.85)	(11.00, 8.82)	1.00	0.03
Losa N: +15.40	(11.60, 8.78)	(11.00, 8.82)	0.60	-0.03
Losa N: +12.55	(11.88, 8.81)	(11.00, 8.82)	0.88	-0.01
Losa N: +9.70	(12.00, 8.87)	(11.00, 8.82)	1.00	0.05
Losa N: +6.85	(11.98, 8.88)	(11.00, 8.82)	0.98	0.06
Losa N: +4.00	(11.46, 8.61)	(11.20, 8.80)	0.26	-0.19

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

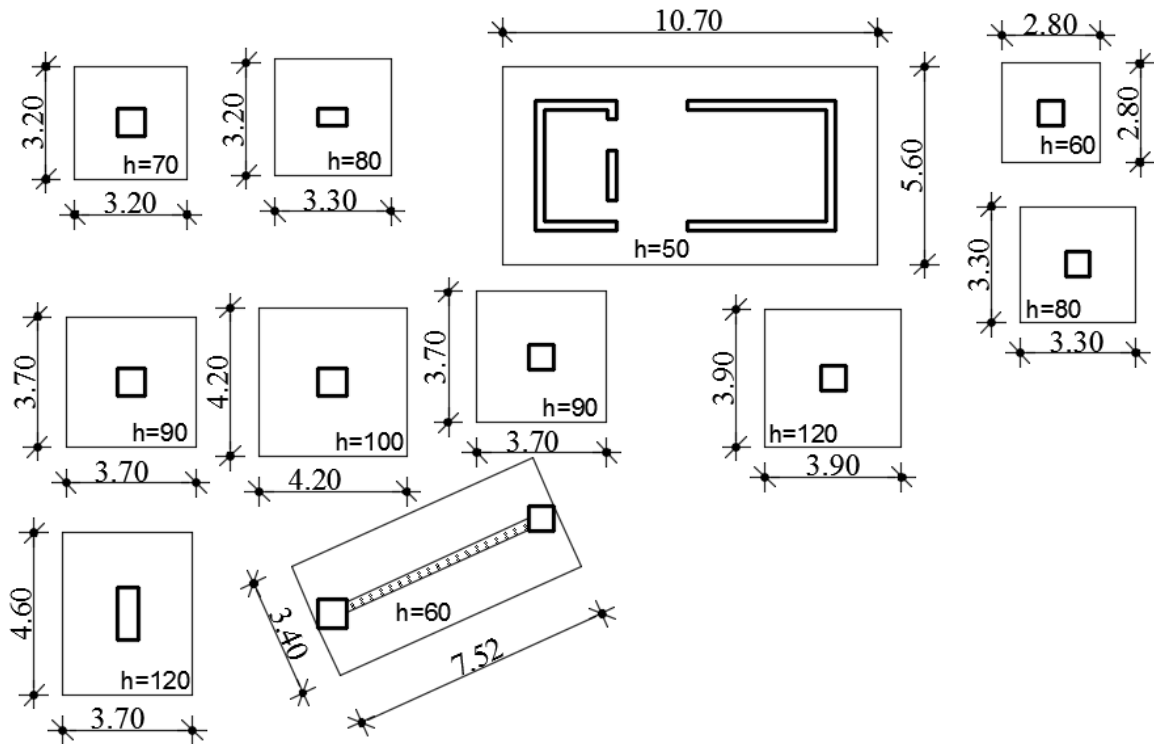
Como se puede observar, la mayoría de excentricidades cumplen con los límites establecidos en la normativa.

4.1.4.3 Resultados de cimentación

Una vez solucionada la estructura, se procedió con el análisis de la cimentación, para esto se aplicó un módulo de balasto para cada elemento de fundación, el cual tiene un valor de 24 kg/cm³ según el estudio de suelos.

El programa nos da el siguiente dimensionamiento:

Gráfico # 67. Dimensionamiento de cimentación



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

El modelo de la cimentación cumple con los parámetros de normativa como punzonamiento, despegue de zapatas de fundación y tensiones excesivas.

4.1.4.4 Resultados del análisis de la estructura

Para el análisis de la estructura se procedió a tomar en cuenta dos ejes representativos de vigas los cuales son el eje 3 y eje B.

También se tomó dos columnas centrales que son las B3 y B5.

4.1.4.4.1 Resultados en vigas

Los resultados mostrados por CYPECAD en vigas son los siguientes:

- Momento mínimo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Momento máximo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Cortante mínimo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Cortante máximo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Torsor mínimo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Torsor máximo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Área de acero superior necesaria y real.
- Área de acero inferior necesaria y real.
- Área de acero transversal necesaria y real.
- Flecha activa máxima

Se mostrará los resultados para cada tramo correspondientes a las vigas del eje 3 y eje B del nivel 0.00 y +12.55.

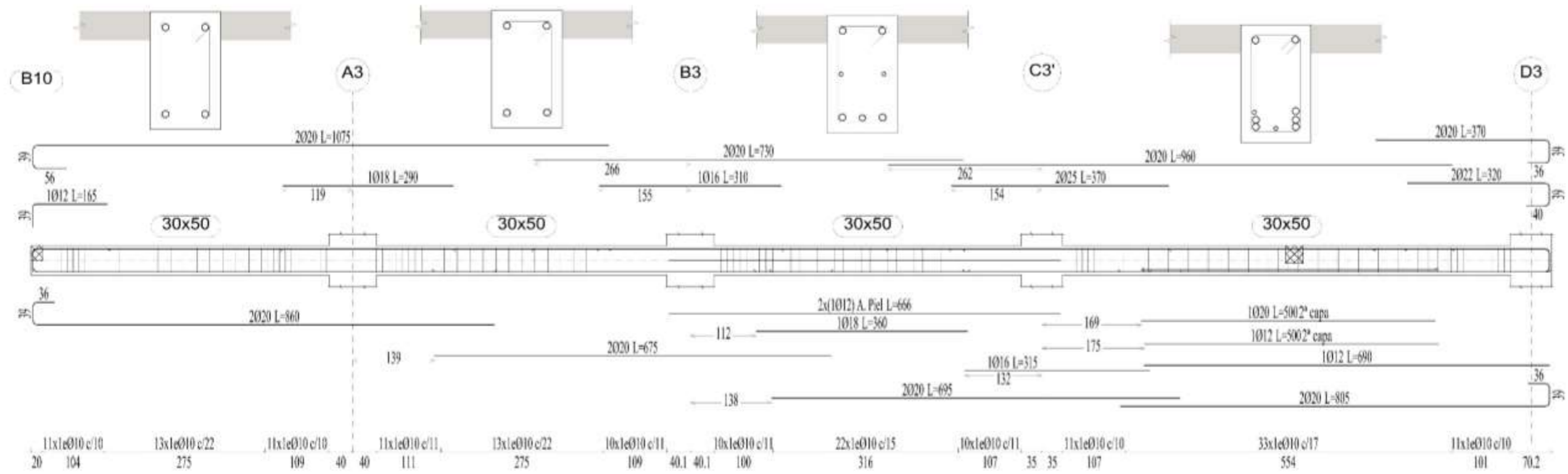
Tabla 36. Viga eje 3 Nivel: +/- 0.00.

EJE 3			MURO-A3			A3-B3			B3-C3'			C3'-D3			
Sección			30x50			30x50			30x50			30x50			
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-9.68	--	-0.26	-12.29	--	-10.25	-10.12	--	-10.15	-19.70	--	-18.77	
		x	[m]	0.00	--	4.88	0.00	--	4.95	0.00	--	5.24	0.00	--	7.63
	Momento máx.	[t·m]	4.47	9.32	8.93	6.29	9.12	6.43	6.06	8.26	5.83	10.39	17.02	11.21	
		x	[m]	1.54	2.91	3.29	1.61	2.48	3.36	1.74	2.51	3.50	2.46	3.95	5.09
	Cortante mín.	[t]	--	-1.67	-6.74	--	-5.07	-12.14	--	-4.61	-10.11	--	-6.23	-15.58	
		x	[m]	--	3.16	4.88	--	3.23	4.95	--	3.49	5.00	--	4.97	7.59
	Cortante máx.	[t]	9.41	6.44	0.33	13.78	5.37	--	9.61	5.28	--	15.58	6.51	--	
		x	[m]	0.66	1.66	3.29	0.00	1.73	--	0.50	1.76	--	0.00	2.58	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	--	-0.29	-0.32	-0.28	--	--	--	
		x	[m]	--	--	--	--	--	1.72	2.48	3.50	--	--	--	
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--	--	0.28	--	0.18	0.14	0.18	
		x	[m]	--	--	--	--	--	--	1.94	--	1.82	2.58	6.09	
	Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	-7.76	--	-0.26	-9.85	--	-8.58	-8.64	--	-7.72	-15.18	--	-14.24
			x	[m]	0.00	--	4.88	0.00	--	4.95	0.00	--	5.24	0.00	--
Momento máx.		[t·m]	2.79	6.62	6.54	4.80	6.22	4.86	4.38	5.67	4.49	7.53	12.17	8.24	
		x	[m]	1.54	3.16	3.29	1.61	2.48	3.36	1.74	2.73	3.50	2.46	3.95	5.09
Cortante mín.		[t]	--	-1.07	-4.57	--	-4.03	-9.09	--	-3.43	-7.23	--	-4.63	-11.33	
		x	[m]	--	3.16	4.88	--	3.23	4.95	--	3.49	5.24	--	4.97	7.59
Cortante máx.		[t]	6.82	4.90	0.56	10.14	4.19	--	7.24	4.21	--	11.38	4.91	--	
		x	[m]	0.66	1.66	3.29	0.00	1.73	--	0.50	1.76	--	0.09	2.58	--
Torsor mín.		[t]	--	--	--	--	--	--	-0.20	-0.22	-0.19	--	--	--	
		x	[m]	--	--	--	--	--	1.72	2.48	3.50	--	--	--	
Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--	--	0.19	--	--	--	--		

	x	[m]	--	--	--	--	--	--	--	1.94	--	--	--	--
Área Sup.	[cm ²]	Real	7.42	6.28	8.56	8.83	8.24	8.30	8.30	8.22	14.08	16.10	6.28	13.89
		Nec.	6.12	4.49	5.24	8.23	4.49	7.87	7.86	4.49	11.24	13.62	4.49	12.66
Área Inf.	[cm ²]	Real	6.28	6.28	6.28	8.56	8.56	6.28	10.98	10.75	8.83	11.94	11.69	11.69
		Nec.	4.49	5.89	5.89	5.30	5.83	5.20	8.12	8.47	8.05	8.46	11.59	9.02
Área Transv.	[cm ² /m]	Real	15.70	7.14	15.70	14.27	7.14	14.27	14.27	10.47	14.27	15.70	9.24	15.70
		Nec.	5.28	2.55	5.29	6.75	2.55	6.75	7.10	2.55	7.00	7.40	2.55	7.38
F. Activa			3.76 mm, L/1297 (L: 4.88 m)			2.91 mm, L/1702 (L: 4.95 m)			2.15 mm, L/2441 (L: 5.24 m)			15.29 mm, L/499 (L: 7.63 m)		

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico#68. Armado de viga eje 3 Nivel: +/- 0.00



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

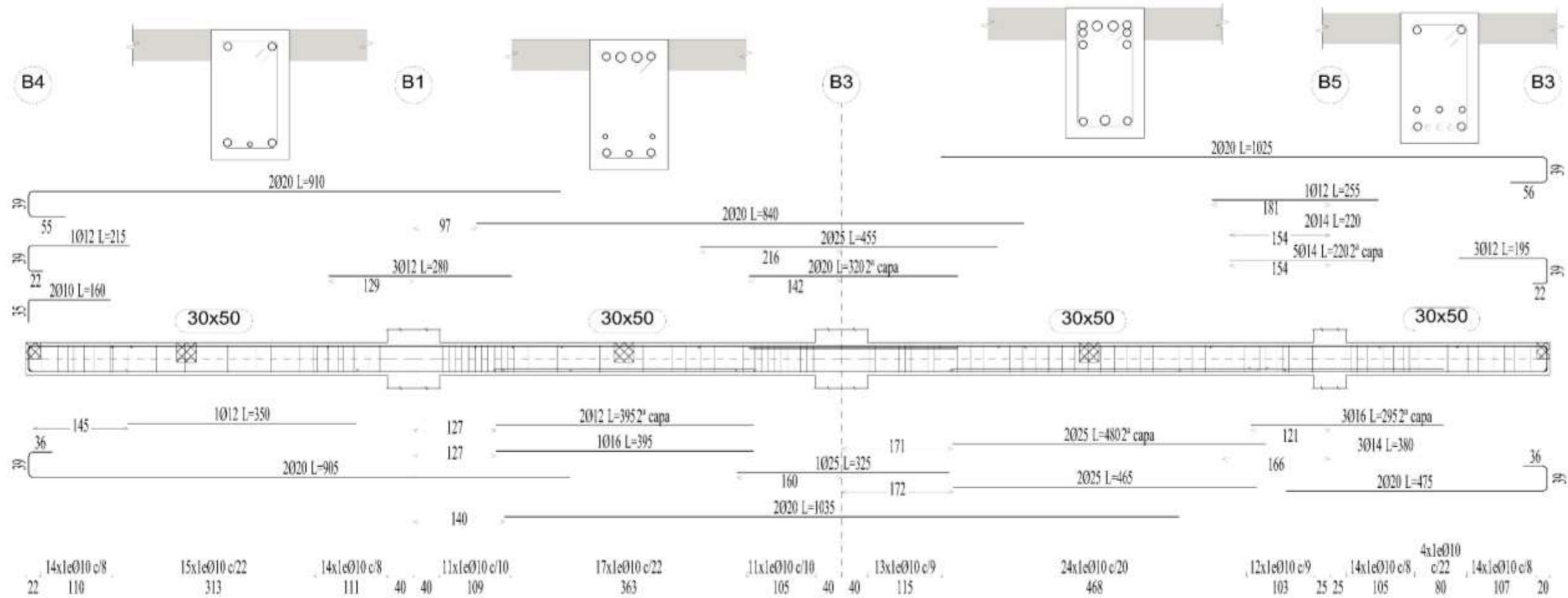
Tabla 37. Viga eje B Nivel: +/- 0.00

EJE B		M-B1			B1-B3			B3-B5			B5-M			
Sección		30x50			30x50			30x50			30x50			
Zona		1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-13.32	--	--	-13.60	--	-18.64	-26.80	--	-24.10	--	-0.69	-14.06
	x	[m]	0.00	--	--	0.00	--	5.77	0.00	--	6.85	--	1.92	2.92
	Momento máx.	[t·m]	5.65	10.52	9.81	8.87	15.51	7.75	14.35	24.13	14.88	22.84	10.69	--
	x	[m]	1.72	2.97	3.60	1.84	2.84	3.97	2.27	3.40	4.65	0.00	1.05	--
	Cortante mín.	[t]	--	-2.09	-5.75	--	-8.71	-17.60	--	-9.55	-22.53	-11.82	-13.48	-13.74
	x	[m]	--	3.47	4.97	--	3.84	5.77	--	4.52	6.77	0.00	1.92	2.17
	Cortante máx.	[t]	11.56	6.78	0.18	14.61	7.81	--	22.75	10.40	--	--	--	--
	x	[m]	0.47	1.85	3.60	0.00	1.97	--	0.02	2.40	--	--	--	--
	Torsor mín.	[t]	--	-0.15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	2.22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	-12.68	--	-2.49	-10.78	--	-16.01	-21.05	--	-19.24	--	-0.69	-11.42
	x	[m]	0.00	--	5.33	0.00	--	5.77	0.00	--	6.85	--	1.92	2.92
	Momento máx.	[t·m]	4.04	8.44	8.45	7.13	10.76	5.83	10.66	16.65	10.97	19.32	8.75	--
	x	[m]	1.72	3.47	3.72	1.84	2.84	3.97	2.27	3.40	4.65	0.00	1.05	--
	Cortante mín.	[t]	--	-2.06	-4.84	--	-6.98	-13.49	--	-7.26	-16.53	-10.37	-10.97	-11.08
	x	[m]	--	3.47	5.22	--	3.84	5.77	--	4.52	6.77	0.00	1.92	2.17
	Cortante máx.	[t]	9.19	6.24	1.29	10.64	5.79	--	16.56	7.78	--	--	--	--
	x	[m]	0.47	1.85	3.60	0.00	1.97	--	0.02	2.40	--	--	--	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	

	x	[m]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Área Sup.	[cm ²]	Real	8.99	6.28	9.68	9.68	6.28	22.39	22.39	6.31	18.19	13.67	7.38	9.68	
		Nec.	8.53	4.49	5.47	9.08	5.60	19.32	21.07	6.48	17.22	4.55	4.55	9.03	
Área Inf.	[cm ²]	Real	7.23	7.42	7.42	12.60	10.78	11.19	22.47	25.92	20.74	16.93	15.33	6.28	
		Nec.	4.98	6.67	6.61	7.69	10.28	11.19	12.77	17.80	12.99	16.06	10.08	4.84	
Área Transv.	[cm ² /m]	Real	19.63	7.14	19.63	15.70	7.14	15.70	17.44	7.85	17.44	19.63	19.63	19.63	
		Nec.	5.45	2.55	5.47	9.59	2.55	9.75	11.53	2.55	11.86	15.34	14.78	14.78	
F. Activa			4.82 mm, L/2209 (L: 10.66 m)				7.70 mm, L/727 (L: 5.59 m)			13.95 mm, L/491 (L: 6.85 m)			1.43 mm, L/1865 (L: 2.66 m)		

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico#09. Armado de viga eje B Nivel: +/- 0.00



Fuente: CYBCAD (Lic. 131442)

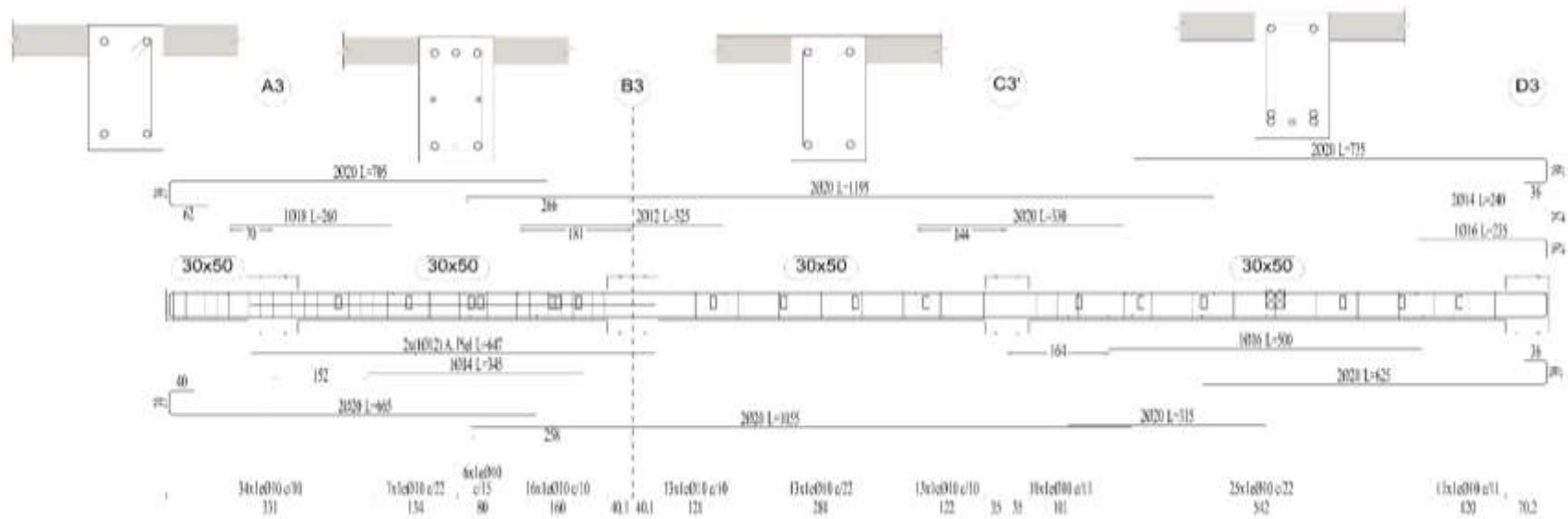
Tabla 38. Viga eje 3 Nivel: +12.55

EJE 3			MURO-A3			A3-B3			B3-C3'			C3'-D3		
Sección			30x50			30x50			30x50			30x50		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín.	[t·m]	-0.46	-1.54	-3.21	-10.35	--	-6.86	-9.99	--	-10.14	-16.58	--	-15.04
	x	[m]	0.43	0.85	1.30	0.00	--	4.95	0.00	--	5.24	0.00	--	7.63
	Momento máx.	[t·m]	--	--	--	3.95	6.52	3.96	4.08	7.50	4.30	7.83	12.07	7.96
	x	[m]	--	--	--	1.50	2.77	3.49	1.48	2.88	3.73	2.30	3.95	5.26
	Cortante mín.	[t]	-1.75	-3.09	-3.90	--	-4.12	-9.73	--	-5.57	-11.92	--	-5.91	-13.25
	x	[m]	0.43	0.85	1.30	--	3.21	4.95	--	3.45	5.24	--	5.03	7.63
	Cortante máx.	[t]	--	--	--	12.67	6.60	--	11.87	5.86	--	15.01	5.10	--
	x	[m]	--	--	--	0.00	1.78	--	0.00	1.75	--	0.00	2.55	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	-1.41	-0.36	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	--	--	--	2.77	4.16	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	1.22	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	--	--	--	--	4.06	--	--	--	--	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín.	[t·m]	-0.41	-1.34	-2.77	-12.45	--	-10.00	-12.19	--	-11.33	-16.49	--	-16.10
	x	[m]	0.43	0.85	1.30	0.00	--	4.95	0.00	--	5.24	0.00	--	7.63
	Momento máx.	[t·m]	--	--	--	4.87	5.96	4.80	4.65	6.85	5.14	7.59	10.46	7.61
	x	[m]	--	--	--	1.50	1.78	3.49	1.48	3.16	3.73	2.30	3.95	5.26
	Cortante mín.	[t]	-1.51	-2.63	-3.35	--	-5.02	-9.97	--	-5.65	-10.80	--	-5.81	-12.63
	x	[m]	0.43	0.85	1.30	--	3.21	4.95	--	3.45	5.24	--	5.03	7.63
	Cortante máx.	[t]	--	--	--	11.95	6.95	--	11.25	6.28	--	13.04	4.96	--
	x	[m]	--	--	--	0.00	1.78	--	0.00	1.75	--	0.00	2.55	--
	Torsor mín.	[t]	--	--	--	--	-1.13	-0.31	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	--	--	--	2.77	4.16	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx.	[t]	--	--	--	--	--	1.06	--	--	--	--	--	--
	x	[m]	--	--	--	--	--	4.06	--	--	--	--	--	--
Área Sup.	[cm ²]	Real	6.28	6.28	7.16	8.83	8.38	8.55	8.55	6.28	12.57	12.57	8.18	11.37
		Nec.	4.49	4.49	5.70	8.30	4.49	8.04	8.06	4.49	10.19	11.45	4.49	10.65
Área Inf.	[cm ²]	Real	6.28	6.28	6.28	7.40	10.13	10.13	6.28	6.28	6.28	8.30	10.40	8.30

		Nec.	4.49	4.49	4.49	4.50	7.37	5.84	4.49	4.71	6.28	6.28	7.88	5.91
Área Transv.	[cm ² /m]	Real	15.70	15.70	15.70	15.70	10.47	15.70	15.70	7.14	15.70	14.27	7.14	14.27
		Nec.	2.55	2.55	2.55	7.18	6.12	12.44	7.99	2.55	7.99	7.45	2.55	7.45
F. Activa			0.22 mm, L/12031 (L: 2.60 m)			1.64 mm, L/3024 (L: 4.95 m)			2.27 mm, L/2307 (L: 5.24 m)			12.23 mm, L/623 (L: 7.63 m)		

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 70. Armado de viga eje 3 Nivel: +12.55



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

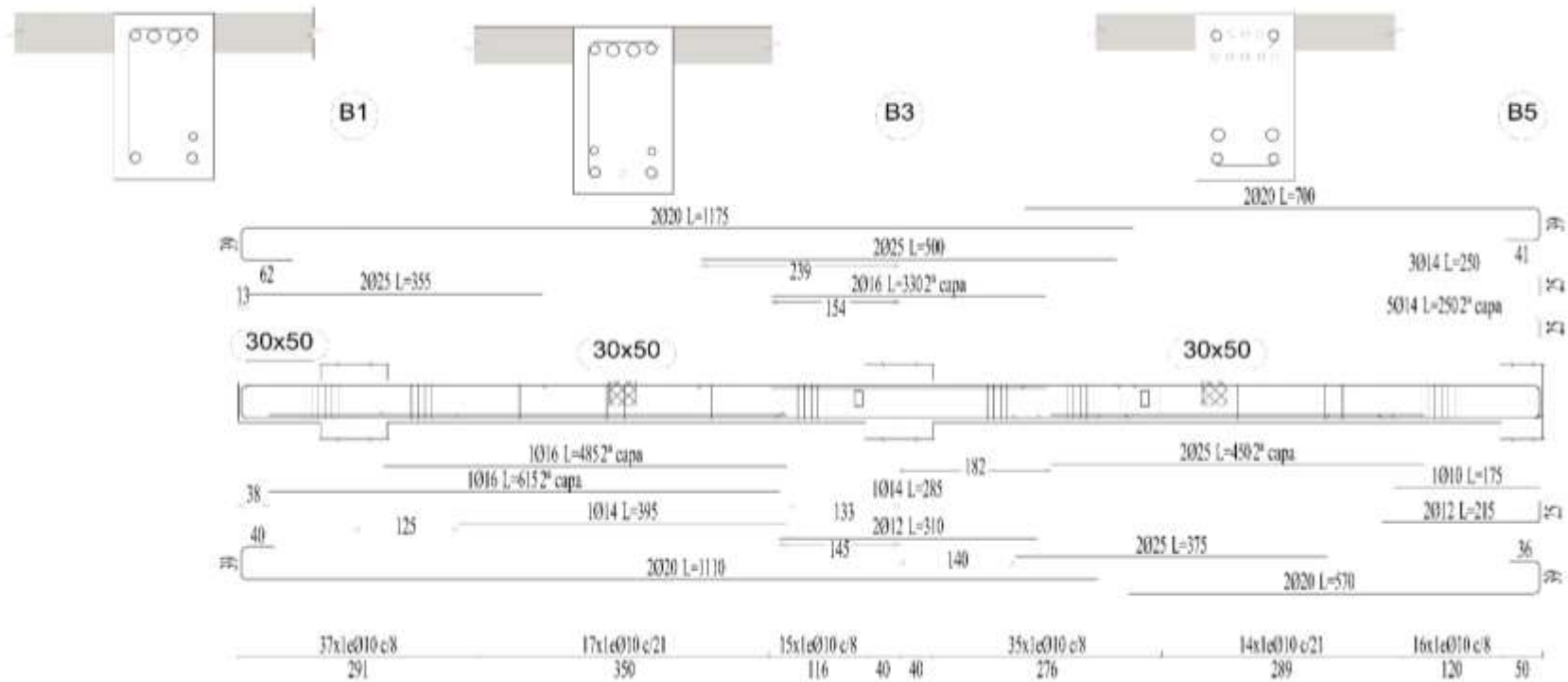
Tabla 39. Viga eje B Nivel: +12.55

EJE B			M-B1			B1-B3			B3-B5		
Sección			30x50			30x50			30x50		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín. x	[t·m]	-0.60	-1.97	-3.81	-13.74	--	-14.51	-21.73	--	-20.33
		[m]	0.25	0.63	1.00	0.00	--	5.77	0.00	--	6.85
	Momento máx. x	[t·m]	--	--	--	7.83	16.17	6.73	10.89	25.38	11.60
		[m]	--	--	--	1.87	2.84	3.94	2.21	3.40	4.66
	Cortante mín. x	[t]	-2.46	-4.04	-5.18	--	-9.60	-13.43	--	-12.15	-16.69
		[m]	0.25	0.63	1.00	--	3.83	5.77	--	4.47	6.85
	Cortante máx. x	[t]	--	--	--	13.37	9.54	--	16.20	13.20	--
		[m]	--	--	--	0.00	1.98	--	0.00	2.36	--
	Torsor mín. x	[t]	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		[m]	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx. x	[t]	--	--	--	--	--	0.25	--	--	--
		[m]	--	--	--	--	--	5.68	--	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín. x	[t·m]	-0.50	-1.65	-3.19	-19.73	--	-21.78	-25.47	--	-24.35
		[m]	0.25	0.63	1.00	0.00	--	5.77	0.00	--	6.85
	Momento máx. x	[t·m]	--	--	--	9.91	13.58	8.53	11.55	20.51	12.13
		[m]	--	--	--	1.87	2.84	3.94	2.21	3.40	4.66
	Cortante mín. x	[t]	-2.06	-3.37	-4.30	--	-11.31	-14.72	--	-12.08	-15.85
		[m]	0.25	0.63	1.00	--	3.83	5.77	--	4.47	6.85
	Cortante máx. x	[t]	--	--	--	13.67	10.52	--	15.44	12.89	--
		[m]	--	--	--	0.00	1.98	--	0.00	2.36	--
	Torsor mín. x	[t]	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		[m]	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx. x	[t]	--	--	--	--	--	0.26	--	--	--
		[m]	--	--	--	--	--	5.68	--	--	--
Área Sup.	[cm²]	Real	7.11	9.57	12.01	16.10	6.61	20.12	20.12	6.64	18.60
		Nec.	4.49	4.46	8.47	13.43	5.03	15.60	18.39	6.48	17.52
Área Inf.	[cm²]	Real	6.28	7.12	8.30	11.85	11.85	11.85	16.46	25.92	16.89

		Nec.	4.49	4.38	8.05	8.05	10.92	10.06	10.78	18.90	11.24
Área Transv.	[cm ² /m]	Real	19.63	19.63	19.63	19.63	7.48	19.63	19.63	19.63	19.63
		Nec.	2.55	2.55	2.55	10.19	2.55	10.05	10.30	3.30	10.44
F. Activa			0.18 mm, L/11129 (L: 2.00 m)			8.11 mm, L/706 (L: 5.72 m)			13.92 mm, L/492 (L: 6.85 m)		

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 71. Armado de viga eje B Nivel: +12.55



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.1.4.4.2 Resultados en columnas

Los resultados mostrados por CYPECAD son los esfuerzos pésimos (mayorados) en columnas, los cuáles son los siguientes:

- Carga nominal (N)
- Momento en X (Mxx)
- Momento en Y (Myy)
- Cortante en X (Qx)
- Cortante en Y (Qy)

Los resultados obtenidos son para combinaciones sísmicas y no sísmicas los cuales son utilizados para el diseño de las columnas.

Tabla 40. Resultados para columnas B3 y B5

Resumen de las comprobaciones										
Columnas	Tramo	Dimensión (cm)	Posición						Pésima	Estado
				N (t)	Mxx (t·m)	Myy (t·m)	Qx (t)	Qy (t)		
B3	Losa N: +23.95 (21.1 - 23.95 m)	80x80	Cabeza	28.89	15.69	-2.81	1.40	10.81	Q S.	Cumple
				19.63	14.17	-3.37	1.92	9.39	N,M S.	Cumple
			Pie	33.41	-9.72	0.47	1.40	10.81	Q S.	Cumple
	Losa N: +21.10 (18.25 - 21.1 m)	80x80	Cabeza	75.63	13.22	-2.29	1.13	8.58	N,M S.	Cumple
				80.20	-7.50	0.17	0.90	8.83	Q S.	Cumple
			Pie	95.62	-4.93	-1.79	-1.39	3.70	N,M	Cumple
	Losa N: +18.25 (15.4 - 18.25 m)	80x80	Cabeza	81.88	14.71	-2.89	1.81	9.45	Q S.	Cumple
				121.84	16.14	-2.26	1.30	10.66	N,M S.	Cumple
			Pie	85.34	-8.49	1.18	1.49	9.71	Q S.	Cumple
				151.98	-5.47	-2.01	-1.75	4.66	N,M	Cumple
	Losa N: +15.40 (13.725 - 15.4 m)	80x80	Cabeza	168.14	14.94	-1.98	1.50	10.90	Q S.	Cumple
				203.95	4.90	1.89	-1.59	4.20	N,M	Cumple
			13.725 m	172.77	-11.64	1.39	1.21	10.97	Q S.	Cumple
				208.47	-4.97	-1.85	-1.59	4.20	N,M	Cumple
	Losa N: +15.40 (12.55 - 13.725 m)	80x80	Pie	172.77	-11.64	1.39	1.21	10.97	Q S.	Cumple
				208.47	-4.97	-1.85	-1.59	4.20	N,M	Cumple
	Losa N: +12.55 (9.7 - 12.55 m)	80x80	Cabeza	214.85	13.09	-1.55	1.51	11.17	Q S.	Cumple
				260.98	4.57	1.72	-1.50	4.16	N,M	Cumple
Pie			219.36	-13.17	2.01	1.51	11.17	Q S.	Cumple	

	Losa N: +9.70 (6.85 - 9.7 m)	80x80	Cabeza	265.49	-5.21	-1.81	-1.50	4.16	N,M	Cumple
				175.52	9.57	-1.53	2.34	10.63	Q S.	Cumple
			318.21	4.78	1.61	-1.32	4.14	N,M	Cumple	
			Pie	178.90	-15.42	3.98	2.34	10.63	Q S.	Cumple
	322.72	-4.95		-1.50	-1.32	4.14	N,M	Cumple		
	Losa N: +6.85 (4 - 6.85 m)	80x80	Cabeza	308.90	6.79	0.37	0.79	9.99	Q S.	Cumple
				375.68	4.75	1.59	-1.71	4.36	N,M	Cumple
			Pie	313.42	-16.69	2.22	0.79	9.99	Q S.	Cumple
				380.19	-5.49	-2.43	-1.71	4.36	N,M	Cumple
	Losa N: +4.00 (1.75 - 4 m)	80x80	Cabeza	238.34	1.21	0.80	4.79	15.45	Q S.	Cumple
				432.59	4.65	1.41	-0.42	3.39	N,M	Cumple
			1.75 m	243.38	-52.86	17.58	4.79	15.45	Q S.	Cumple
				361.61	-54.99	17.32	4.52	16.36	N,M S.	Cumple
	Losa N: +4.00 (0 - 1.75 m)	80x80	Pie	243.38	-52.86	17.58	4.79	15.45	Q S.	Cumple
				361.61	-54.99	17.32	4.52	16.36	N,M S.	Cumple
	Losa N: 0.00 (- 2.85 - 0 m)	80x80	Cabeza	283.90	35.02	-	5.53	19.05	Q S.	Cumple
				509.63	4.01	-0.30	-0.48	4.02	N,M	Cumple
			Pie	287.29	-9.75	0.90	5.53	19.05	Q S.	Cumple
				514.14	-5.45	-1.42	-0.48	4.02	N,M	Cumple
	Losa N: -5.70 (-6.4 - -2.85 m)	80x80	Cabeza	300.19	6.78	-1.92	3.11	8.69	Q S.	Cumple
575.29				3.85	-1.06	2.50	2.41	N,M	Cumple	
Pie			304.58	-19.73	7.57	3.11	8.69	Q S.	Cumple	
			581.15	-3.49	6.56	2.50	2.41	N,M	Cumple	
Fundación	80x80	Arranque	581.15	-3.49	6.56	2.50	2.41	N,M	Cumple	
B5	Losa N: +23.95 (21.1 - 23.95 m)	80x50	Cabeza	20.41	-9.64	2.57	-2.46	-9.58	Q	Cumple
				20.53	-12.35	3.75	-3.69	-10.88	N,M S.	Cumple
			Pie	23.23	12.88	-3.20	-2.46	-9.58	Q	Cumple
				23.05	13.13	-6.45	-5.13	-10.72	N,M S.	Cumple
	Losa N: +21.10 (18.25 - 21.1 m)	80x50	21.1 m	23.05	13.13	-6.45	-5.13	-10.72	N,M S.	Cumple
				53.64	-10.91	1.93	-1.78	-9.35	Q	Cumple
			Cabeza	51.61	-12.19	1.53	-1.91	-9.79	N,M S.	Cumple
				Pie	56.46	11.06	-2.25	-1.78	-9.35	Q
	Losa N: +18.25 (15.4 - 18.25 m)	80x50	Cabeza	88.62	-11.36	2.52	-2.13	-9.61	Q	Cumple
				84.23	-13.58	2.69	-2.59	-10.73	N,M S.	Cumple
			Pie	91.44	11.22	-2.48	-2.13	-9.61	Q	Cumple

			87.24	11.76	-3.26	-2.50	-10.77	N,M S.	Cumple
Losa N: +15.40 (13.725 - 15.4 m)	80x50	Cabeza	117.13	-13.13	2.27	-2.31	-10.69	N,M S.	Cumple
Losa N: +15.40 (12.55 - 13.725 m)	80x50	13.725 m	117.13	-13.13	2.27	-2.31	-10.69	N,M S.	Cumple
		Pie	119.95	12.00	-3.17	-2.31	-10.69	Q S.	Cumple
Losa N: +12.55 (9.7 - 12.55 m)	80x50	Cabeza	150.22	-12.89	2.34	-2.30	-10.96	Q S.	Cumple
			150.23	-12.98	2.02	-2.01	-10.92	N,M S.	Cumple
		Pie	153.04	12.86	-3.06	-2.30	-10.96	Q S.	Cumple
			153.54	12.95	-2.64	-2.03	-10.95	N,M S.	Cumple
Losa N: +9.70 (6.85 - 9.7 m)	80x50	Cabeza	182.31	-12.71	2.62	-2.42	-11.36	Q S.	Cumple
			193.14	-11.74	2.81	-2.43	-9.93	N,M	Cumple
		Pie	185.13	13.99	-3.07	-2.42	-11.36	N,M S.	Cumple
Losa N: +6.85 (4 - 6.85 m)	80x50	Cabeza	214.35	-11.65	2.86	-2.48	-10.97	Q S.	Cumple
			227.91	-11.75	3.08	-2.57	-10.04	N,M	Cumple
		Pie	217.17	14.13	-2.96	-2.48	-10.97	Q S.	Cumple
			217.94	14.04	-2.94	-2.52	-10.90	N,M S.	Cumple
Losa N: +4.00 (1.75 - 4 m)	80x50	Cabeza	246.93	-10.88	2.80	-0.90	-10.24	Q S.	Cumple
			263.23	-11.64	2.27	-1.40	-7.62	N,M	Cumple
		1.75 m	251.88	25.28	-0.54	-0.93	-10.20	N,M S.	Cumple
Losa N: +4.00 (0 - 1.75 m)	80x50	0.8 m	251.88	25.28	-0.54	-0.93	-10.20	N,M S.	Cumple
		Pie	251.88	25.28	-0.54	-0.93	-10.20	N,M S.	Cumple
Losa N: 0.00 (- 2.85 - 0 m)	80x50	Cabeza	304.12	-31.88	2.38	-2.13	-28.16	N,M	Cumple
		-1.3 m	306.94	34.29	-2.62	-2.13	-28.16	N,M	Cumple
		-2.05 m	306.94	34.29	-2.62	-2.13	-28.16	N,M	Cumple
		Pie	306.94	34.29	-2.62	-2.13	-28.16	N,M	Cumple
Losa N: -5.70 (-6.4 - -2.85 m)	80x50	-2.85 m	306.94	34.29	-2.62	-2.13	-28.16	N,M	Cumple
		Cabeza	254.37	-17.61	1.58	-0.39	-7.65	Q	Cumple
			333.95	-18.39	1.45	-0.38	-7.95	N,M	Cumple
		-4.15 m	254.37	-17.61	1.58	-0.39	-7.65	Q	Cumple
			333.95	-18.39	1.45	-0.38	-7.95	N,M	Cumple
		-5.6 m	254.37	-17.61	1.58	-0.39	-7.65	Q	Cumple
			333.95	-18.39	1.45	-0.38	-7.95	N,M	Cumple
		Pie	258.03	5.72	0.40	-0.39	-7.65	Q	Cumple

			341.78	5.48	-0.15	-0.64	-7.36	N,M	Cumple
Fundación	80x50	Arranque	341.78	5.48	-0.15	-0.64	-7.36	N,M	Cumple

Notas:

Q S.: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)

N,M S.: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas)

Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)

Cap. Q (H): Cortante de diseño para columnas.

Cap. N,M (H): Resistencia mínima a flexión de columnas.

N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Tabla 41. Armados para columnas B3 y B5

Armado de pilares										
Hormigón: $f_c=280$										
Columna	Geometría			Armaduras						Estado
	Planta	Dimensiones (cm)	Tramo (m)	Barras			Estribos			
				Esquina	Cara X	Cara Y	Cuantía (%)	Descripción ⁽¹⁾	Separación (cm)	
B3	Losa N: +23.95	80x80	21.10/23.45				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple
	Losa N: +21.10	80x80	18.25/20.60				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple
	Losa N: +18.25	80x80	15.40/17.75				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple
	Losa N: +15.40	80x80	12.55/14.90	4Ø16	14Ø16	14Ø16	1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple
	Losa N: +12.55	80x80	9.70/12.05				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple
	Losa N: +9.70	80x80	6.85/9.20				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple
	Losa N: +6.85	80x80	4.00/6.35				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple
	Losa N: +4.00	80x80	0.00/3.50	4Ø16	14Ø16	14Ø16	1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple
							1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple

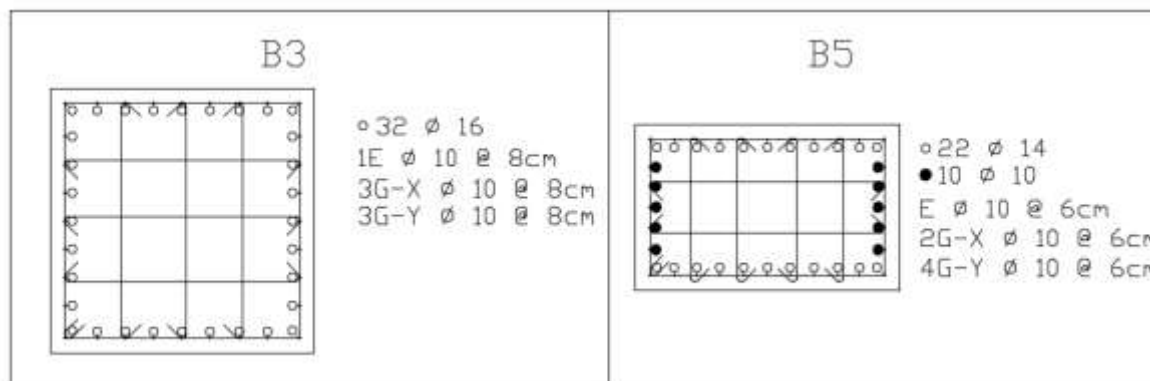
	Losa N: 0.00	80x80	-2.85/-0.50				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	8	Cumple			
	Losa N: -2.85	80x80	-6.40/-3.35	4Ø16	14Ø16	14Ø16			8	Cumple			
	Losa N: -5.70						1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10					
	Fundación	-	-				1.01	1eØ10+X3rØ10+Y3rØ10	5	Cumple			
B5	Losa N: +23.95	80x50	21.10/23.45							1.04	1eØ10+X2rØ10+Y4rØ10	6	Cumple
	Losa N: +21.10	80x50	18.25/20.60	4Ø14	18Ø14	10Ø10	1.04	1eØ10+X2rØ10+Y4rØ10	6	Cumple			
	Losa N: +18.25	80x50	15.40/17.75				1.04	1eØ10+X2rØ10+Y4rØ10	6	Cumple			
	Losa N: +15.40	80x50	12.55/14.90				1.04	1eØ10+X2rØ10+Y4rØ10	6	Cumple			
	Losa N: +12.55	80x50	9.70/12.05				1.04	1eØ10+X2rØ10+Y4rØ10	6	Cumple			
	Losa N: +9.70	80x50	6.85/9.20				1.04	1eØ10+X2rØ10+Y4rØ10	6	Cumple			
	Losa N: +6.85	80x50	4.00/6.35				1.04	1eØ10+X2rØ10+Y4rØ10	6	Cumple			
	Losa N: +4.00	80x50	0.00/3.50				4Ø14	18Ø14	10Ø10	1.04	1eØ10+X2rØ10+Y4rØ10	6	Cumple

						1.91	1eØ10+X2rØ10+Y3rØ10	8	Cumple
Losa N: 0.00	80x50	-2.85/-0.50				1.91	1eØ10+X2rØ10+Y3rØ10	8	Cumple
Losa N: -2.85	80x50	-6.40/-3.35						8	Cumple
Losa N: -5.70					1.91	1eØ10+X2rØ10+Y3rØ10			
Fundación	-	-	4Ø22	14Ø22	4Ø16	1.91	1eØ10+X2rØ10+Y3rØ10	5	Cumple

Notas:
⁽¹⁾ e = estribo, r = rama
⁽²⁾ No cumple: 'Cortante de diseño para columnas.'
⁽³⁾ No cumple: 'Resistencia mínima a flexión de columnas.'

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

Gráfico # 72. Corte transversal de columnas



Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.1.4.4.3 Análisis de costos

Se realizará un análisis de costos para la obra estructural.

Los costos detallados corresponden al valor neto de materiales, actualizado al mes de Agosto/2016.

El análisis de precios unitarios se muestra en anexos.

Tabla 42. Resumen de costos

Rubro	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
01	Replanteo H.S. f'c=180 kg/cm ² e= 6 cm	m ³	9,98	\$142,44	\$1.421,23
02	Hormigón estructural en cimentación f'c= 280 kg/cm ²	m ³	134,44	\$178,73	\$24.028,54
03	Hormigón estructural en columnas f'c= 280 kg/cm ² inc. encofrado	m ³	292,61	\$289,15	\$84.608,38
04	Hormigón estructural en muros f'c= 280 kg/cm ² inc. encofrado	m ³	197,77	\$314,67	\$62.233,18
05	Hormigón estructural en vigas f'c= 280 kg/cm ² inc. encofrado	m ³	436,29	\$271,29	\$118.362,95
06	Losa maciza hormigón estructural f'c= 280 kg/cm ² , e= 12 cm, inc. encofrado	m ²	1582,64	\$39,94	\$63.205,93
07	Losa de hormigón estructural f'c= 280 kg/cm ² con placa colaborante de acero	m ²	2259,56	\$40,11	\$90.625,12
08	Hormigón estructural en gradas f'c= 280 kg/cm ² , inc. Encofrado	m ³	23,86	\$294,35	\$7.023,11
09	Acero de refuerzo	kg	267716,00	\$1,85	\$494.252,14
10	Estructura metálica perfiles acero A36	kg	20974,00	\$2,43	\$50.946,31
				TOTAL	\$996.706,88

Fuente: CYPECAD (Lic. 131442)

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.2.1 Comparación de resultados de análisis y costos entre la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015

Luego de realizar el cálculo estructural de la edificación con la aplicación de ambas normas, se tiene varios parámetros para realizar un análisis comparativo.

4.2.1.1 Datos de entrada

Las diferencias entre datos sísmicos de entradas son las siguientes:

Tabla 43. Diferencias en datos de entrada

	NEC 2011	NEC 2015
Zona sísmica	V	V
Región sísmica	Sierra	Sierra, Esmeraldas y Galápagos
Tipo de suelo	C	C
Factor de reducción (R)	7	8
Coefficiente de regularidad en planta	0,9	0,9
Coefficiente de regularidad en elevación	0,9	0,9
Altura del edificio	26,55	
Número de modos de vibración	24	
Fracción de sobrecarga de uso	0,25	0
Espectro elástico		

Factor de zona	0,4	0,4
Relación de amplificación espectral	2,48	2,48
Factor de sitio Fa	1,2	1,2
Factor de sitio Fd	1,3	1,11
Factor de sitio Fs	1,3	1,11
Factor de importancia	1	1
Periodo límite superior	0,77	0,56
Espectro de diseño		

Fuente: Luis Jurado

Las variaciones que existen entre normas permiten un diseño más ligero al utilizar la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.

4.2.1.2 Variación en derivas de piso y distorsiones en columnas

La variación en derivas de piso entre la aplicación de las dos normas son las siguientes:

Tabla 44. Diferencias en derivas de piso y distorsiones en columnas

Desplome local máximo de los pilares (d/h)						
Planta	Situaciones sísmicas					
	NEC 2011		NEC 2015		Porcentaje de variación de NEC 2015 con respecto a NEC 2011	
	Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y
Losa N: +23,95	0,007	0,014	0,006	0,011	-17,37%	-21,11%
Losa N: +21,10	0,008	0,016	0,006	0,012	-18,06%	-22,89%
Losa N: +18,25	0,008	0,017	0,007	0,013	-18,37%	-22,08%
Losa N: +15,40	0,009	0,018	0,007	0,014	-19,01%	-22,97%

Losa N: +12,55	0,009	0,018	0,007	0,014	-19,29%	-22,22%
Losa N: +9,70	0,009	0,018	0,007	0,014	-19,01%	-23,29%
Losa N: +6,85	0,008	0,017	0,007	0,013	-19,74%	-22,08%
Losa N: +4,00	0,006	0,013	0,005	0,010	-18,97%	-22,45%
Losa N: 0,00	0,002	0,005	0,001	0,004	-19,95%	-19,85%
Losa N: -2,85	0,001	0,003	0,001	0,003	-23,05%	-19,34%
Losa N: -5,70	0,001	0,003	0,001	0,003	-16,64%	-15,70%
* Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad					-19,04%	-21,27%
					Variación promedio	

Fuente: Luis Jurado

La Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 tiene una variación promedio del -20% en las derivas con respecto a la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011, debido a la variación del Factor de Reducción (R), lo cual permite un diseño más ligero al utilizar la NEC 2015

4.2.1.3 Variación en modos de vibración, periodo y coeficientes de participación modal.

Las variaciones de periodo y coeficiente de participación modal son los siguientes:

Tabla 45. Diferencias en periodo y coeficiente de participación modal

Modo	NEC 2011			NEC 2015			VARIACIÓN de NEC 2015 con respecto a NEC 2011		
	T (s)	M _x (%)	M _y (%)	T (s)	M _x (%)	M _y (%)	T (s)	M _x (%)	M _y (%)
Modo 1	0,939	6,12%	64,82%	0,919	6,05%	64,92%	-0,020	-0,07%	0,10%
Modo 2	0,657	11,56%	3,69%	0,643	11,67%	3,73%	-0,014	0,11%	0,04%
Modo 3	0,583	58,63%	12,97%	0,569	58,71%	12,90%	-0,014	0,08%	-0,07%
Modo 4	0,227	0,92%	10,34%	0,222	0,91%	10,31%	-0,005	-0,01%	-0,03%
Modo 5	0,153	6,72%	1,91%	0,149	6,73%	1,88%	-0,004	0,01%	-0,03%
Modo 6	0,118	10,37%	4,57%	0,115	10,29%	4,53%	-0,003	-0,08%	-0,04%
Modo 7	0,103	0,84%	0,52%	0,1	0,81%	0,53%	-0,003	-0,03%	0,01%
Modo 8	0,072	2,09%	0,32%	0,07	2,08%	0,33%	-0,002	-0,01%	0,01%
Modo 9	0,062	0,39%	0,20%	0,061	0,37%	0,19%	-0,001	-0,02%	-0,01%
Modo 10	0,056	1,44%	0,33%	0,055	1,46%	0,35%	-0,001	0,02%	0,02%
Modo 11	0,046	0,29%	0,07%	0,044	0,29%	0,07%	-0,002	0,00%	0,00%
Modo 12	0,041	0,15%	0,00%	0,04	0,17%	0,00%	-0,001	0,02%	0,00%
Modo 13	0,04	0,02%	0,07%	0,039	0,00%	0,06%	-0,001	-0,02%	-0,01%
Modo 14	0,035	0,15%	0,10%	0,034	0,15%	0,11%	-0,001	0,00%	0,01%
Modo 15	0,033	0,08%	0,00%	0,032	0,08%	0,00%	-0,001	0,00%	0,00%
Modo 16	0,03	0,05%	0,00%	0,029	0,05%	0,00%	-0,001	0,00%	0,00%
Modo 17	0,026	0,00%	0,01%	0,025	0,00%	0,01%	-0,001	0,00%	0,00%
Modo 18	0,025	0,04%	0,01%	0,024	0,04%	0,01%	-0,001	0,00%	0,00%

Modo 19	0,023	0,01%	0,00%	0,022	0,01%	0,00%	-0,001	0,00%	0,00%
Modo 20	0,021	0,00%	0,00%	0,021	0,00%	0,00%	0,000	0,00%	0,00%
Modo 21	0,02	0,01%	0,00%	0,02	0,01%	0,00%	0,000	0,00%	0,00%
Modo 22	0,019	0,00%	0,00%	0,019	0,00%	0,00%	0,000	0,00%	0,00%
Modo 23	0,017	0,00%	0,00%	0,017	0,00%	0,00%	0,000	0,00%	0,00%
Modo 24	0,016	0,00%	0,00%	0,016	0,00%	0,00%	0,000	0,00%	0,00%
Total		99,93	99,99		99,88	99,93			

Fuente: Luis Jurado

Como se puede apreciar los valores obtenidos en ambas normas son muy cercanos entre sí.

4.2.1.4 Variación de excentricidades

Al utilizarse el mismo modelo estructural para aplicar ambas normativas, los valores de excentricidad son parecidos entre sí, dando los siguientes resultados.

Tabla 46. Variación de excentricidades

Planta	NEC 2011		NEC 2015		VARIACIÓN DE NEC 2015 CON RESPECTO A NEC 2011	
	eX (m)	eY (m)	eX (m)	eY (m)	eX (m)	eY (m)
Tapagrada N:+26,55	0,16	0,02	0,16	0,02	0,00	0,00
Losa N: +23,95	-2,64	-1,94	-2,62	-1,93	0,02	0,01
Losa N: +21,10	1,67	0,21	1,65	0,2	-0,02	-0,01
Losa N: +18,25	1,01	0,03	1	0,03	-0,01	0,00
Losa N: +15,40	0,6	-0,03	0,6	-0,03	0,00	0,00
Losa N: +12,55	0,88	0	0,88	-0,01	0,00	-0,01
Losa N: +9,70	1,01	0,05	1	0,05	-0,01	0,00
Losa N: +6,85	0,99	0,06	0,98	0,06	-0,01	0,00
Losa N: +4,00	0,25	-0,19	0,26	-0,19	0,01	0,00

Fuente: Luis Jurado

4.2.1.5 Variación de resultados en vigas

Los resultados que se comparan son los siguientes:

- Momento mínimo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Momento máximo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Cortante mínimo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Cortante máximo para situaciones persistentes o transitorias y para situaciones sísmicas.
- Área de acero superior necesaria.
- Área de acero inferior necesaria.
- Área de acero transversal necesaria.

Se mostrará los resultados para cada tramo correspondientes a la viga eje 3 nivel 0.00 y viga eje B del nivel +12.55.

Tabla 47. Variación de resultados en viga eje 3 nivel: +/- 0.00

EJE 3		MURO-A3			A3-B3			B3-C3'			C3'-D3			
Sección		30x50			30x50			30x50			30x50			
Zona		1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín, [t-m]	NEC 2011	-9,68	--	-0,25	-12,3	--	-10,25	-10,06	--	-10,2	-19,7	--	-18,77
	x [m]		0	--	4,88	0	--	4,95	0	--	5,24	0	--	7,63
	Momento mín, [t-m]	NEC 2015	-9,68	--	-0,26	-12,29	--	-10,25	-10,12	--	-10,15	-19,7	--	-18,77
	Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		0,00%		4,00%	-0,08%		0,00%	0,60%		-0,49%	0,00%		0,00%
	Valor promedio		0,5031%											
	Momento máx, [t-m]	NEC 2011	4,47	9,32	8,93	6,28	9,11	6,42	6,09	8,27	5,82	10,39	17,02	11,21
	x [m]		1,54	2,91	3,29	1,61	2,48	3,36	1,74	2,51	3,5	2,46	3,95	5,09
	Momento máx, [t-m]	NEC 2015	4,47	9,32	8,93	6,29	9,12	6,43	6,06	8,26	5,83	10,39	17,02	11,21
	Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		0,00%	0,00%	0,00%	0,16%	0,11%	0,16%	-0,49%	-0,12%	0,17%	0,00%	0,00%	0,00%
	Valor promedio		-0,0014%											
	Cortante mín, [t]	NEC 2011	--	-1,66	-6,73	--	-5,07	-12,14	--	-4,64	-10,13	--	-6,23	-15,58
	x [m]		--	3,16	4,88	--	3,23	4,95	--	3,49	5	--	4,97	7,59
	Cortante mín, [t]	NEC 2015	--	-1,67	-6,74	--	-5,07	-12,14	--	-4,61	-10,11	--	-6,23	-15,58
	Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011			0,60%	0,15%		0,00%	0,00%		-0,65%	-0,20%		0,00%	0,00%

Valor promedio		-0,0116%											
Cortante máx, [t]	NEC 2011	9,41	6,44	0,34	13,79	5,37	--	9,58	5,26	--	15,58	6,51	--
x [m]		0,66	1,66	3,29	0	1,73	--	0,5	1,76	--	0	2,58	--
Cortante máx, [t]	NEC 2015	9,41	6,44	0,33	13,78	5,37	--	9,61	5,28	--	15,58	6,51	--
Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		0,00%	0,00%	-2,94%	-0,07%	0,00%		0,31%	0,38%		0,00%	0,00%	
Valor promedio		-0,2578%											
Momento mín, [t-m]	NEC 2011	-8,16	--	-1	-11,02	--	-9,73	-9,56	--	-8,71	-16,2	--	-15,11
x [m]		0	--	4,88	0	--	4,95	0	--	5,24	0	--	7,63
Momento mín, [t-m]	NEC 2015	-7,76	--	-0,26	-9,85	--	-8,58	-8,64	--	-7,72	-15,18	--	-14,24
Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		-4,90%		-74,00%	-10,62%		-11,82%	-9,62%		-11,37%	-6,30%		-5,76%
Valor promedio		-16,7977%											
Momento máx, [t-m]	NEC 2011	2,91	6,87	6,83	5,16	6,3	5,23	4,69	5,72	4,79	7,79	12,43	8,55
x [m]		1,54	3,16	3,29	1,61	2,73	3,36	1,74	2,77	3,5	2,46	3,95	5,09
Momento máx, [t-m]	NEC 2015	2,79	6,62	6,54	4,8	6,22	4,86	4,38	5,67	4,49	7,53	12,17	8,24
Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		-4,12%	-3,64%	-4,25%	-6,98%	-1,27%	-7,07%	-6,61%	-0,87%	-6,26%	-3,34%	-2,09%	-3,63%
Valor promedio		-4,1777%											
Cortante mín, [t]	NEC 2011	--	-1,31	-4,9	--	-4,45	-9,66	--	-3,8	-7,65	--	-4,85	-11,65
x [m]		--	3,16	4,88	--	3,23	4,95	--	3,49	5,24	--	4,97	7,59
Cortante mín, [t]	NEC 2015	--	-1,07	-4,57	--	-4,03	-9,09	--	-3,43	-7,23	--	-4,63	-11,33

Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011			-18,32%	-6,73%		-9,44%	-5,90%		-9,74%	-5,49%		-4,54%	-2,75%	
Valor promedio		-7,8630%												
Cortante máx, [t]	NEC 2011	7	5,11	0,81	10,71	4,62	--	7,63	4,56	--	11,8	5,18	--	
x [m]		0,66	1,66	3,29	0	1,73	--	0,5	1,76	--	0,09	2,58	--	
Cortante máx, [t]	NEC 2015	6,82	4,9	0,56	10,14	4,19	--	7,24	4,21	--	11,38	4,91	--	
Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		-2,57%	-4,11%	-30,86%	-5,32%	-9,31%		-5,11%	-7,68%		-3,56%	-5,21%		
Valor promedio		-8,1926%												
Área Sup, [cm²] - necesaria		NEC 2011	6,12	4,49	5,24	8,24	4,49	7,85	7,84	4,49	11,26	13,62	4,49	12,66
		NEC 2015	6,12	4,49	5,24	8,23	4,49	7,87	7,86	4,49	11,24	13,62	4,49	12,66
Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		0,00%	0,00%	0,00%	-0,12%	0,00%	0,25%	0,26%	0,00%	-0,18%	0,00%	0,00%	0,00%	
Área Inf, [cm²] - necesaria		NEC 2011	4,49	5,89	5,89	5,3	5,83	5,2	8,27	8,66	8,07	8,29	11,35	8,84
		NEC 2015	4,49	5,89	5,89	5,3	5,83	5,2	8,12	8,47	8,05	8,46	11,59	9,02
Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-1,81%	-2,19%	-0,25%	2,05%	2,11%	2,04%	
Área Transv, [cm²/m] - necesaria		NEC 2011	5,56	2,55	5,57	7,2	2,55	7,2	7,64	2,55	7,72	7,8	2,55	7,78
		NEC 2015	5,28	2,55	5,29	6,75	2,55	6,75	7,1	2,55	7	7,4	2,55	7,38
Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		-5,04%	0,00%	-5,03%	-6,25%	0,00%	-6,25%	-7,07%	0,00%	-9,33%	-5,13%	0,00%	-5,14%	
Variación promedio de área de acero		-1,31%												

Fuente: Luis Jurado

Tabla 48. Variación de resultados en viga eje B nivel: + 12.55

EJE B		M-B1			B1-B3			B3-B5			
Sección		30x50			30x50			30x50			
Zona		1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín, [t-m]	NEC 2011	-0,6	-1,97	-3,81	-13,77	--	-14,48	-21,71	--	-20,34
	x [m]		0,25	0,63	1	0	--	5,77	0	--	6,85
	Momento mín, [t-m]	NEC 2015	-0,6	-1,97	-3,81	-13,74	--	-14,51	-21,73	--	-20,33
	Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		0,00%	0,00%	0,00%	-0,22%		0,21%	0,09%		-0,05%
	Valor promedio		0,0046%								
	Momento máx, [t-m]	NEC 2011	--	--	--	7,82	16,17	6,74	10,89	25,38	11,59
	x [m]		--	--	--	1,87	2,84	3,94	2,21	3,4	4,66
	Momento máx, [t-m]	NEC 2015	--	--	--	7,83	16,17	6,73	10,89	25,38	11,6
	Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011					0,13%	0,00%	-0,15%	0,00%	0,00%	0,09%
	Valor promedio		0,0110%								
	Cortante mín, [t]	NEC 2011	-2,46	-4,04	-5,18	--	-9,59	-13,42	--	-12,15	-16,69
	x [m]		0,25	0,63	1	--	3,83	5,77	--	4,47	6,85
	Cortante mín, [t]	NEC 2015	-2,46	-4,04	-5,18	--	-9,6	-13,43	--	-12,15	-16,69
	Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		0,00%	0,00%	0,00%		0,10%	0,07%		0,00%	0,00%
	Valor promedio		0,0255%								
	Cortante máx, [t]	NEC 2011	--	--	--	13,38	9,55	--	16,2	13,2	--
	x [m]		--	--	--	0	1,98	--	0	2,36	--
	Cortante máx, [t]	NEC 2015	--	--	--	13,37	9,54	--	16,2	13,2	--
Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011					-0,07%	-0,10%		0,00%	0,00%		

		Valor promedio	-0,0449%									
Situaciones sísmicas	Momento mín, [t-m]	NEC 2011	-0,52	-1,69	-3,24	-25,63	-0,63	-27,86	-30,43	--	-29,39	
	x [m]		0,25	0,63	1	0	3,83	5,77	0	--	6,85	
	Momento mín, [t-m]	NEC 2015	-0,5	-1,65	-3,19	-19,73	--	-21,78	-25,47	--	-24,35	
	Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		-3,85%	-2,37%	-1,54%	-23,02%		-21,82%	-16,30%		-17,15%	
			Valor promedio	-12,2926%								
	Momento máx, [t-m]	NEC 2011	--	--	--	12,12	13,95	10,61	13,31	20,62	13,87	
	x [m]		--	--	--	1,87	2,84	3,94	2,21	3,4	4,66	
	Momento máx, [t-m]	NEC 2015	--	--	--	9,91	13,58	8,53	11,55	20,51	12,13	
	Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011					-18,23%	-2,65%	-19,60%	-13,22%	-0,53%	-12,55%	
			Valor promedio	-11,1321%								
	Cortante mín, [t]	NEC 2011	-2,11	-3,43	-4,34	--	-13,5	-17,06	--	-13,57	-17,36	
	x [m]		0,25	0,63	1	--	3,83	5,77	--	4,47	6,85	
	Cortante mín, [t]	NEC 2015	-2,06	-3,37	-4,3	--	-11,31	-14,72	--	-12,08	-15,85	
	Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		-2,37%	-1,75%	-0,92%		-16,22%	-13,72%		-10,98%	-8,70%	
			Valor promedio	-7,8082%								
	Cortante máx, [t]	NEC 2011	--	--	--	15,63	12,48	0,46	16,9	14,34	--	
	x [m]		--	--	--	0	1,98	3,94	0	2,36	--	
	Cortante máx, [t]	NEC 2015	--	--	--	13,67	10,52	--	15,44	12,89	--	
	Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011					-12,54%	-15,71%		-8,64%	-10,11%		
			Valor promedio	-11,7489%								
Área Sup, [cm²] - necesaria		NEC 2011	5,03	5,03	10,88	18,52	6,48	26,4	25,8	6,48	21,96	
		NEC 2015	4,49	4,46	8,47	13,43	5,03	15,6	18,39	6,48	17,52	
Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011			-10,74%	-11,33%	-22,15%	-27,48%	-22,38%	-40,91%	-28,72%	0,00%	-20,22%	

Área Inf, [cm²] - necesaria	NEC 2011	8,05	5,03	10,06	10,06	12,96	12,96	12,96	19,27	11,85
	NEC 2015	4,49	4,38	8,05	8,05	10,92	10,06	10,78	18,9	11,24
Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		-44,22%	-12,92%	-19,98%	-19,98%	-15,74%	-22,38%	-16,82%	-1,92%	-5,15%
Área Transv, [cm²/m] - necesaria	NEC 2011	2,55	2,55	2,55	11,96	3,33	12,94	12,77	4,12	12,84
	NEC 2015	2,55	2,55	2,55	10,19	2,55	10,05	10,3	3,3	10,44
Variación NEC 2015 con respecto a NEC 2011		0,00%	0,00%	0,00%	-14,80%	-23,42%	-22,33%	-19,34%	-19,90%	-18,69%
Variación promedio de área de acero		-17,09%								

Fuente: Luis Jurado

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Para viga eje 3 nivel +/- 0.00:

- En situaciones persistentes o transitorias para Momento mínimo, los resultados obtenidos por la NEC 2015 incrementan en un 0.503 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- En situaciones persistentes o transitorias para Momento máximo, los resultados obtenidos por la NEC 2015 disminuyen en un 0.001 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- En situaciones persistentes o transitorias para Cortante mínimo, los resultados obtenidos por la NEC 2015 disminuyen en un 0.012 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- En situaciones persistentes o transitorias para Cortante máximo, los resultados obtenidos por la NEC 2015 disminuyen en un 0.258 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- En situaciones sísmicas para Momento mínimo, los resultados obtenidos por la NEC 2015 disminuyen en un 16.798 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- En situaciones sísmicas para Momento máximo los resultados obtenidos por la NEC 2015 disminuyen en un 4.178 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- En situaciones sísmicas para Cortante mínimo los resultados obtenidos por la NEC 2015 disminuyen en un 7.863 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- En situaciones sísmicas para Cortante máximo los resultados obtenidos por la NEC 2015 disminuyen en un 8.192 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- El área de acero obtenida por la NEC 2015 disminuye en un 1.31 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.

Para viga eje B nivel + 12.55:

- En situaciones persistentes o transitorias para Momento mínimo, los resultados obtenidos por la NEC 2015 incrementan en un 0.005 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.

- En situaciones persistentes o transitorias para Momento máximo, los resultados obtenidos por la NEC 2015 incrementan en un 0.011 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- En situaciones persistentes o transitorias para Cortante mínimo, los resultados obtenidos por la NEC 2015 incrementan en un 0.026 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- En situaciones persistentes o transitorias para Cortante máximo, los resultados obtenidos por la NEC 2015 incrementan en un 0.045 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- En situaciones sísmicas para Momento mínimo, los resultados obtenidos por la NEC 2015 disminuyen en un 12.293 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- En situaciones sísmicas para Momento máximo los resultados obtenidos por la NEC 2015 disminuyen en un 11.132 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- En situaciones sísmicas para Cortante mínimo los resultados obtenidos por la NEC 2015 disminuyen en un 7.808 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- En situaciones sísmicas para Cortante máximo los resultados obtenidos por la NEC 2015 disminuyen en un 11.749 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.
- El área de acero obtenida por la NEC 2015 disminuye en un 17.09 % con respecto a los resultados obtenidos por la NEC 2011.

Como se puede observar en la viga correspondiente al nivel +/- 0,00 no existe mayor porcentaje de variación en los resultados de ambas normas, esto se debe a que se encuentra al nivel del suelo, donde el sismo no tiene mayor incidencia.

En la viga correspondiente al nivel +12,55 se puede observar claramente que para situaciones persistentes o transitorias no existe un mayor porcentaje de variación, sin embargo, para situaciones sísmicas la NEC 2015 no reduce notablemente los resultados, lo cual se da porque en niveles sobre el nivel del suelo tiene gran incidencia el factor por sismo, razón por la cual también en área de acero necesaria disminuye en un notable porcentaje en la NEC 2015.

4.2.1.6 Variación de resultados en columnas

La tabla 48 corresponde a la comparación de resultados obtenidos por CYPECAD para cargas, momentos y cortantes de diseño máximos en cada tramo para las columnas B3 y B5.

Tabla 49. Variación de resultados de diseño en columnas B3 y B5

Comparación de comprobaciones										
Columnas	Tramo	Dimensión	Posición	NEC	N	Mxx	Myy	Qx	Qy	
		(cm)			(t)	(t-m)	(t-m)	(t)	(t)	
B3	Losa N: +23,95 (21,1 - 23,95 m)	80x80	Cabeza	2011	28,41	22,39	-6,4	3,92	14,66	
				2015	28,89	15,69	-3,37	1,92	10,81	
			Pie	2011	32,92	-12,07	2,16	3,41	14,66	
				2015	33,41	-9,72	0,47	1,4	10,81	
	Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011					1,59%	-24,70%	-62,79%	-54,98%	-26,26%
	Losa N: +21,10 (18,25 - 21,1 m)	80x80	Cabeza	2011	74,7	19,82	-4,68	2,68	12,14	
				2015	75,63	13,22	-2,29	1,13	8,58	
			Pie	2011	95,58	-8,72	-1,78	2,68	12,14	
				2015	95,62	-7,5	-1,79	-1,39	8,83	
	Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011					0,64%	-23,65%	-25,25%	-52,99%	-28,29%
	Losa N: +18,25 (15,4 - 18,25 m)	80x80	Cabeza	2011	120,44	23,73	-5,67	3,7	15,04	
				2015	121,84	16,14	-2,89	1,81	10,66	
			Pie	2011	151,91	-10,19	3,03	3,7	13,82	
				2015	151,98	-8,49	-2,01	-1,75	9,71	
	Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011					0,60%	-24,33%	-41,35%	-51,89%	-29,43%
	Losa N: +15,40 (12,55 - 15,4 m)	80x80	Cabeza	2011	166,23	22,15	-5,03	3,9	15,73	
				2015	203,95	14,94	-1,98	-1,59	10,9	
			Pie	2011	208,37	-13,5	4,15	3,9	14,62	
				2015	208,47	-11,64	-1,85	-1,59	10,97	
	Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011					11,37%	-23,16%	-58,03%	-59,23%	-27,84%
Losa N: +12,55 (9,7 - 12,55 m)	80x80	Cabeza	2011	260,85	18,07	-4,18	3,86	15,13		
			2015	260,98	13,09	1,72	1,51	11,17		
		Pie	2011	265,36	-17,47	4,89	3,86	15,13		
			2015	265,49	-13,17	2,01	1,51	11,17		
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011					0,05%	-26,09%	-58,87%	-60,88%	-26,17%	
Losa N: +9,70 (6,85 - 9,7	80x80	Cabeza	2011	318,05	14,02	-3,13	4,42	16,02		
			2015	318,21	9,57	1,61	2,34	10,63		
		Pie	2011	322,56	-23,63	7,27	4,42	16,02		

m)			2015	322,72	-15,42	3,98	2,34	10,63	
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				0,05%	-33,24%	-46,91%	-47,06%	-33,65%	
Losa N: +6,85 (4 - 6,85 m)	80x80	Cabeza	2011	375,5	7,53	1,6	2,81	12,96	
			2015	375,68	6,79	1,59	-1,71	9,99	
		Pie	2011	380,01	-22,93	5,74	2,81	12,96	
			2015	380,19	-16,69	-2,43	-1,71	9,99	
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				0,05%	-18,52%	-29,15%	-39,15%	-22,92%	
Losa N: +4,00 (0 - 4,00 m)	80x80	Cabeza	2011	432,38	4,66	1,51	8,06	24	
			2015	432,59	4,65	1,41	4,79	15,45	
		Pie	2011	357,75	-85,98	29,14	8,06	24,94	
			2015	361,61	-54,99	17,58	4,79	16,36	
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				0,56%	-18,13%	-23,15%	-40,57%	-35,01%	
Losa N: 0,00 (-2,85 - 0 m)	80x80	Cabeza	2011	426,3	57,66	-20,16	10,29	32,17	
			2015	509,63	35,02	-12,11	5,53	19,05	
		Pie	2011	513,89	-15,14	3,25	9,96	30,48	
			2015	514,14	-9,75	-1,42	5,53	19,05	
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				9,80%	-37,43%	-48,12%	-45,37%	-39,14%	
Losa N: - 5,70 (-6,4 - -2,85 m)	80x80	Cabeza	2011	575	9,84	-1,88	2,59	13,44	
			2015	575,29	6,78	-1,92	3,11	8,69	
		Pie	2011	580,85	-31,15	6,01	2,59	13,44	
			2015	581,15	-19,73	7,57	3,11	8,69	
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				0,05%	-33,88%	14,04%	20,08%	-35,34%	
Variación promedio por columna de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				2,25%	-23,92%	-34,51%	-39,28%	-27,64%	
B5	Losa N: +23,95 (21,1 - 23,95 m)	80x50	Cabeza	2011	22,23	-14,96	4,92	-4,86	-12,69
				2015	20,53	-12,35	3,75	-3,69	-10,88
		Pie	2011	24,57	14,79	-9,11	-7,36	-12,46	
			2015	23,23	13,13	-6,45	-5,13	-10,72	
	Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				-6,55%	-14,34%	-26,49%	-27,19%	-14,11%
	Losa N: +21,10 (18,25 - 21,1 m)	80x50	Cabeza	2011	55,36	-14,48	1,98	-2,31	-11,28
				2015	53,64	-12,19	1,93	-1,91	-9,79
			Pie	2011	58,18	12,03	-3,79	-2,31	-11,28
2015				56,46	11,06	-2,25	-1,78	-9,35	
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				-3,03%	-11,94%	-21,58%	-20,13%	-15,16%	
Losa N:	80x50	Cabeza	2011	90,14	-16,39	3,21	-3,25	-12,61	

+18,25 (15,4 - 18,25 m)		Pie	2015	88,62	-13,58	2,69	-2,59	-10,73
			2011	93,12	13,35	-4,19	-3,1	-12,61
			2015	91,44	11,76	-3,26	-2,5	-10,77
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				-1,75%	-14,53%	-19,20%	-19,83%	-14,75%
Losa N: +15,40 (12,55 - 15,4 m)	80x50	Cabeza	2011	125,29	-15,85	2,56	-2,78	-12,69
			2015	117,13	-13,13	2,27	-2,31	-10,69
		Pie	2011	128,32	14,07	-3,79	-2,64	-12,67
			2015	120,2	12,13	-3,17	-2,31	-10,71
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				-6,42%	-15,47%	-13,84%	-14,70%	-15,62%
Losa N: +12,55 (9,7 - 12,55 m)	80x50	Cabeza	2011	160,75	-15,39	2,61	-2,72	-13,03
			2015	150,23	-12,98	2,34	-2,3	-10,96
		Pie	2011	163,57	15,23	-3,79	-2,72	-13,03
			2015	153,54	12,95	-3,06	-2,3	-10,96
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				-6,34%	-15,31%	-14,80%	-15,44%	-15,89%
Losa N: +9,70 (6,85 - 9,7 m)	80x50	Cabeza	2011	195,44	-14,92	2,89	-2,8	-13,54
			2015	193,14	-12,71	2,81	-2,43	-11,36
		Pie	2011	198,03	17,03	-3,7	-2,8	-13,54
			2015	185,13	13,99	-3,07	-2,42	-11,36
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				-3,85%	-16,33%	-9,90%	-13,39%	-16,10%
Losa N: +6,85 (4 - 6,85 m)	80x50	Cabeza	2011	230,23	-13,26	3,17	-2,81	-12,73
			2015	227,91	-11,75	3,08	-2,57	0
		Pie	2011	232,89	16,89	-3,48	-2,86	-12,73
			2015	217,94	14,13	-2,96	-2,52	-10,97
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				-3,71%	-13,86%	-8,89%	-10,21%	-56,91%
Losa N: +4,00 (0 m - 4 m)	80x50	Cabeza	2011	264,98	-11,84	3,41	-0,96	-12,97
			2015	263,23	-11,64	2,8	-1,4	-10,24
		Pie	2011	269,18	34,2	-0,04	-0,93	-12,97
			2015	251,88	25,28	-0,54	-0,93	-10,2
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				-3,54%	-13,89%	-17,89%	22,92%	-21,20%
Losa N: 0,00 (-2,85 - 0 m)	80x50	Cabeza	2011	304,52	-31,91	-5,72	4,17	-28,18
			2015	304,12	-31,88	2,38	-2,13	-28,16
		Pie	2011	307,34	34,32	3,22	2,33	-28,18
			2015	306,94	34,29	-2,62	-2,13	-28,16
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				-0,13%	-0,09%	-38,51%	-28,75%	-0,07%
Losa N: -	80x50	Cabeza	2011	334,38	-18,41	1,5	-0,85	-9,18

5,70 (-6,4 - -2,85 m)	Pie	2015	333,95	-18,39	1,58	-0,39	-7,95
		2011	342,21	12,81	-3,27	-0,85	-9,18
		2015	341,78	5,72	0,4	-0,64	-7,65
Variación promedio por tramo de NEC 2015 con respecto a NEC 2011			-0,13%	-27,73%	-41,22%	-39,41%	-15,03%
Variación promedio por columna de NEC 2015 con respecto a NEC 2011			-3,22%	-13,04%	-19,30%	-15,10%	-16,80%

Fuente: Luis Jurado

La tabla 49 corresponde a la comparación de cuantías de acero obtenidas por CYPECAD para las columnas B3 y B5.

Tabla 50. Variación de cuantías de acero en columnas B3 y B5

Armado de pilares					
Hormigón: f'c=280					
Columna	Geometría		NEC 2011	NEC 2015	Variación de NEC 2015 con respecto a NEC 2011
	Planta	Dimensiones (cm)	Cuantía (%)	Cuantía (%)	
B3	Losa N: +23,95	80x80	1,01	1,01	0%
	Losa N: +21,10	80x80	1,01	1,01	0%
	Losa N: +18,25	80x80	1,01	1,01	0%
	Losa N: +15,40	80x80	1,01	1,01	0%
	Losa N: +12,55	80x80	1,01	1,01	0%
	Losa N: +9,70	80x80	1,01	1,01	0%
	Losa N: +6,85	80x80	1,01	1,01	0%
	Losa N: +4,00	80x80	1,01	1,01	0%
	Losa N: 0,00	80x80	1,01	1,01	0%
	Losa N: -2,85	80x80	1,01	1,01	0%
	Fundación	-	1,01	1,01	0%
Variación promedio por columna de NEC 2015 con respecto a NEC 2011					0%
B5	Losa N: +23,95	80x50	1,24	1,04	-16%
	Losa N: +21,10	80x50	1,24	1,04	-16%
	Losa N: +18,25	80x50	1,24	1,04	-16%
	Losa N: +15,40	80x50	1,24	1,04	-16%
	Losa N: +12,55	80x50	1,24	1,04	-16%
	Losa N: +9,70	80x50	1,24	1,04	-16%
	Losa N: +6,85	80x50	1,24	1,04	-16%
	Losa N: +4,00	80x50	1,24	1,04	-16%
	Losa N: 0,00	80x50	2	1,91	-5%
	Losa N: -2,85	80x50	2	1,91	-5%

Fundación	-	2	1,91	-5%
Variación promedio por columna de NEC 2015 con respecto a NEC 2011				-13%

Fuente: Luis Jurado

De los resultados obtenidos se puede observar lo siguiente:

- Para la columna B3, la cual es central, se tiene que la carga axial según el cálculo realizado con la NEC 2015 incrementa en un 2,25 % con respecto al cálculo realizado con la NEC 2011.
- Para la columna B3, la cual es central, se tiene que el momento en X según el cálculo realizado con la NEC 2015 disminuye en un 23,92 % con respecto al cálculo realizado con la NEC 2011.
- Para la columna B3, la cual es central, se tiene que el momento en Y según el cálculo realizado con la NEC 2015 disminuye en un 34,51 % con respecto al cálculo realizado con la NEC 2011.
- Para la columna B3, la cual es central, se tiene que el cortante en X según el cálculo realizado con la NEC 2015 disminuye en un 39,28 % con respecto al cálculo realizado con la NEC 2011.
- Para la columna B3, la cual es central, se tiene que el cortante en Y según el cálculo realizado con la NEC 2015 disminuye en un 27,64 % con respecto al cálculo realizado con la NEC 2011.
- Para la columna B5, la cual es de lindero, se tiene que la carga axial según el cálculo realizado con la NEC 2015 disminuye en un 3,22 % con respecto al cálculo realizado con la NEC 2011.
- Para la columna B5, la cual es de lindero, se tiene que el momento en X según el cálculo realizado con la NEC 2015 disminuye en un 13,04 % con respecto al cálculo realizado con la NEC 2011.
- Para la columna B5, la cual es de lindero, se tiene que el momento en Y según el cálculo realizado con la NEC 2015 disminuye en un 19,30 % con respecto al cálculo realizado con la NEC 2011.
- Para la columna B5, la cual es de lindero, se tiene que el cortante en X según el cálculo realizado con la NEC 2015 disminuye en un 15,10 % con respecto al cálculo realizado con la NEC 2011.

- Para la columna B5, la cual es de lindero, se tiene que el cortante en Y según el cálculo realizado con la NEC 2015 disminuye en un 16,80 % con respecto al cálculo realizado con la NEC 2011.
- En la columna B3, la cual es central, no existe una variación en la cuantía de acero obtenida para el cálculo con ambas normativas.
- En la columna B5, la cual es de lindero, el cálculo con la NEC 2015 tiene una disminución del 13% en la cuantía de acero, con respecto al cálculo obtenido con la NEC 2011.

4.2.1.7 Variación de costos

En éste análisis se comparará por separado cada rubro para la edificación de la estructura del edificio

Tabla 51. Variación de costos

Rubro	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD NEC 2011	CANTIDAD NEC 2015	PRECIO TOTAL NEC 2011	PRECIO TOTAL NEC 2015	Variación de NEC 2015 con respecto a NEC 2011
01	Replanteo H.S. f'c=180 kg/cm ² e= 6 cm	m ³	9,99	9,98	\$1.423,36	\$1.421,23	-0,15%
02	Hormigón estructural en cimentación f'c= 280 kg/cm ²	m ³	132,78	134,44	\$23.731,85	\$24.028,54	1,25%
03	Hormigón estructural en columnas f'c= 280 kg/cm ² inc. encofrado	m ³	274,96	292,61	\$79.504,87	\$84.608,38	6,42%
04	Hormigón estructural en muros f'c= 280 kg/cm ² inc. encofrado	m ³	197,77	197,77	\$62.233,18	\$62.233,18	0,00%
05	Hormigón estructural en vigas f'c= 280 kg/cm ² inc. encofrado	m ³	436,29	436,29	\$118.362,95	\$118.362,95	0,00%
06	Losa maciza hormigón estructural f'c= 280 kg/cm ² , e= 12 cm, inc. encofrado	m ²	1582,64	1582,64	\$63.205,93	\$63.205,93	0,00%
07	Losa de hormigón estructural f'c= 280 kg/cm ² con placa colaborante de acero	m ²	2259,56	2259,56	\$90.625,12	\$90.625,12	0,00%
08	Hormigón estructural en gradas f'c= 280 kg/cm ² , inc. Encofrado	m ³	23,86	23,86	\$7.023,11	\$7.023,11	0,00%
09	Acero de refuerzo	kg	334927,00	267716,00	\$618.335,80	\$494.252,14	-20,07%
10	Estructura metálica perfiles acero A36	kg	20974,00	20974,00	\$50.946,31	\$50.946,31	0,00%
				TOTAL	\$1.115.392,47	\$996.706,88	-10,64%

Fuente: Luis Jurado

Según los resultados obtenidos se puede determinar lo siguiente:

- Aplicando la NEC 2015, la cantidad de acero de refuerzo disminuye en un 20% con relación a la cantidad obtenida al aplicar la NEC 2011, lo cual genera una disminución del 20% en el valor del rubro.
- La NEC 2015 genera una disminución del 10.64% en el costo total de la edificación con respecto a la NEC 2011.

4.2.2 Comparación de resultados de análisis entre CYPECAD y otro software especializado.

Previo a la realización de este proyecto, se obtuvo el diseño original, el cual fue realizado en otro software especializado. Se realizó el mismo modelo en CYPECAD para así poder obtener las diferencias de los resultados obtenidos entre ambos programas.

4.2.2.1 Diferencias en derivas de piso.

Los resultados y diferencias obtenidos por ambos programas en el cálculo de las derivas de piso son los siguientes:

Tabla 52. Variación en derivas de piso

Derivas de piso						
Planta	Situaciones sísmicas					
	Otro software especializado		CYPECAD		Porcentaje de variación de CYPECAD con respecto a otro software especializado	
	Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y
Losa N: +23,95	0,0122	0,0144	0,0143	0,0185	17,24%	28,33%
Losa N: +21,10	0,0131	0,0155	0,0154	0,0196	17,66%	26,30%
Losa N: +18,25	0,0154	0,0184	0,0161	0,0204	4,51%	10,88%
Losa N: +15,40	0,0162	0,0194	0,0169	0,0208	4,70%	7,53%
Losa N: +12,55	0,0150	0,0180	0,0169	0,0204	12,76%	13,33%
Losa N: +9,70	0,0153	0,0184	0,0164	0,0196	7,28%	6,37%
Losa N: +6,85	0,0128	0,0155	0,0147	0,0175	14,66%	13,09%
Losa N: +4,00	0,0086	0,0113	0,0104	0,0120	21,75%	6,83%
* Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad					12,57%	14,08%
					Variación promedio	

Fuente: Luis Jurado

Según los datos obtenidos podemos concluir que CYPECAD nos da unos valores de deriva de piso con un promedio de un 13% mayores que los obtenidos por otro software comercial, lo cual permite que al usar CYPECAD se refuerce la estructura.

4.2.2.2 Diferencias en modos de vibración, periodo y coeficientes de participación modal.

Los resultados y diferencias obtenidos por ambos programas son los siguientes:

Tabla 53. Variación en periodos y coeficientes de participación modal

Modo	Otro software especializado			CYPECAD			VARIACIÓN de CYPECAD con respecto a otro software especializado		
	T (s)	M _x (%)	M _y (%)	T (s)	M _x (%)	M _y (%)	T (s)	M _x (%)	M _y (%)
Modo 1	1,547	12,83%	16,26%	1,182	13,91%	27,95%	-24%	1,08%	11,69%
Modo 2	1,051	34,68%	18,76%	0,755	33,44%	39,01%	-28%	-1,24%	20,25%
Modo 3	0,856	6,43%	20,07%	0,608	29,88%	9,66%	-29%	23,45%	-10,41%
Modo 4	0,327	2,51%	3,61%	0,285	3,05%	5,45%	-13%	0,54%	1,84%
Modo 5	0,197	7,57%	4,65%	0,168	9,18%	8,25%	-15%	1,61%	3,60%
Modo 6	0,152	2,63%	7,19%	0,138	4,22%	3,93%	-9%	1,59%	-3,26%
Modo 7	0,102	1,66%	0,99%	0,13	0,99%	2,14%	27%	-0,67%	1,15%
Modo 8	0,062	2,67%	19,93%	0,08	0,59%	0,03%	29%	-2,08%	-19,90%
Modo 9	0,051	20,04%	2,79%						
Total		91,02%	94,25%		95,26%	96,42%			

Fuente: Luis Jurado

En los resultados obtenidos podemos observar que para los 3 primeros modos CYPECAD nos da menor valores en el periodo. Se puede observar también que ambos modelos presentan torsión en el edificio, principalmente en el segundo modo de vibración.

4.2.2.3 Diferencias entre resultados obtenidos en vigas

Para la comparación entre ambos programas se ha tomado como muestra las vigas eje 3 niv: +/- 0.00 y viga eje B niv: +4.00; dando los siguientes resultados:

VIGA EJE 3 Niv: +/- 0,00			A3-B3		B3-C3'		C3'-D3	
Sección			30x50		30x50		30x50	
Zona			1/3L	3/3L	1/3L	3/3L	1/3L	3/3L
Otro software	[cm ²]	Nec,	6,76	6,55	6,70	6,49	10,97	9,21
CYPECAD	[cm ²]	Nec,	7,52	6,86	6,86	9,33	11,10	9,18
Otro software	[cm ²]	Nec,	4,36	4,24	4,33	4,20	5,20	4,55
CYPECAD	[cm ²]	Nec,	4,49	4,49	4,49	5,84	6,83	7,32

Otro software	[cm ² /m]	Nec,	4,69	4,52	4,52	3,93	7,05	5,07
CYPECAD	[cm ² /m]	Nec,	7,00	7,00	6,83	6,70	6,50	6,49
Variación promedio de CYPECAD con respecto a otro software especializado			21%	22%	19%	51%	8%	30%
VIGA EJE B Niv: +4,00			B1-B3		B3-B5			
Sección			30x50		30x50			
Zona			1/3L	3/3L	1/3L	3/3L		
Otro software	[cm ²]	Nec,	12,63	13,16	10,02	11,12		
CYPECAD	[cm ²]	Nec,	17,78	17,48	20,1	19,2		
Otro software	[cm ²]	Nec,	5,93	6,16	4,77	5,26		
CYPECAD	[cm ²]	Nec,	9,36	10,74	10,74	10,09		
Otro software	[cm ² /m]	Nec,	6,84	7,1	5,2	5,98		
CYPECAD	[cm ² /m]	Nec,	10,49	10,58	10,56	10,5		
Variación promedio de CYPECAD con respecto a otro software especializado			51%	52%	110%	80%		

Fuente: Luis Jurado

En general CYPECAD nos da valores de área de acero mayores que otro software aproximadamente en un 15% lo cual no excede demasiado la cuantía de acero, aumentando así la seguridad de la edificación, en los casos que dan valores diferentes se debe a diferencias en el modelo analizado.

4.2.2.4 Diferencias entre resultados obtenidos en columnas

Para el análisis de las diferencias entre resultados obtenidos en columnas con CYPECAD y con otro software especializado, se ha comparado los resultados de momentos, cortantes y fuerzas axiales; se analizó la columna B3, la cual es central.

Resumen de las comprobaciones								
Columnas	Tramo	Dimensión (cm)	Software					
				N (t)	Mxx (t·m)	Myy (t·m)	Qx (t)	Qy (t)
B3	Losa N: +23.95 (21.1 - 23.95 m)	80x50	Otro software	30,09	1,29	0,50	0,92	3,11
			CYPECAD	32,15	20,69	2,00	3,06	17,51
	Losa N: +21.10 (18.25 - 21.1 m)	80x50	Otro software	72,55	0,56	1,99	1,71	3,79
			CYPECAD	75,19	15,67	1,52	2,45	3,38
	Losa N: +18.25 (15.4 - 18.25 m)	80x50	Otro software	113,06	5,52	2,51	2,44	5,85
			CYPECAD	117,35	5,36	2,79	3,52	4,11
	Losa N: +15.40	80x50	Otro software	155,45	6,75	1,86	1,40	5,59

	(12.55 - 13.725 m)		CYPECAD	159,75	4,53	4,25	4,13	3,18
	Losa N: +12.55 (9.7 - 12.55 m)	80x50	Otro software	197,81	8,83	2,41	1,88	6,02
			CYPECAD	202,37	18,94	5,86	4,61	2,84
	Losa N: +9.70 (6.85 - 9.7 m)	80x50	Otro software	240,45	11,33	2,50	1,71	6,02
			CYPECAD	300,91	4,30	1,41	1,26	3,54
	Losa N: +6.85 (4 - 6.85 m)	80x50	Otro software	283,13	12,55	3,19	1,84	4,97
			CYPECAD	354,90	15,77	1,71	1,31	4,00
	Losa N: +4.00 (0 - 1.75 m)	80x50	Otro software	327,08	28,48	4,08	1,15	6,45
			CYPECAD	339,20	24,10	45,98	13,15	7,77
	Losa N: 0.00 (-2.85 - 0 m)	80x50	Otro software	379,20	8,28	1,24	1,68	13,72
			CYPECAD	469,54	6,17	0,12	0,14	8,69
	Losa N: -2.85 (-5.7 - -2.85 m)	80x50	Otro software	430,30	2,50	0,32	0,26	1,04
			CYPECAD	533,06	2,44	0,60	0,51	0,77
Variación promedio de CYPECAD con respecto a otro software especializado				12%	-0,1%	21%	20%	22%

Fuente: Luis Jurado

Como se puede observar CYPECAD nos da resultados que aumentan con respecto a los obtenidos con otro software en una variación promedio de un 13%, esto se debe a una automatización de la entrada de datos sísmicos realizados con CYPECAD.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

De acuerdo a la hipótesis planteada anteriormente en esta investigación “La aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 en el análisis del edificio mediante el uso del programa CYPECAD da resultados menos exigentes que los obtenidos con la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011.”, se determina que efectivamente el cálculo realizado con la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 en general nos da resultados menores a los obtenidos con la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011, lo cual finalmente genera una disminución en el costo de construcción de la edificación, dando resultados más balanceados y que no afectan a la seguridad de la estructura.

El programa CYPECAD automatiza el cálculo del espectro de diseño, lo cual da al usuario una mayor seguridad al momento de realizar un análisis modal – espectral, también tiene la ventaja de generar plano que deben ser previamente corregidos a criterio del profesional.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos con la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 reduce el costo de construcción de la estructura, con respecto a la aplicación de la normativa anterior, con una variación aproximada de -10.64%.
- El margen de seguridad obtenido con la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, con respecto a la normativa anterior no se ve afectada a pesar de la disminución del costo en la ejecución de la estructura, debido a que las exigencias sísmicas han disminuido en la NEC 2015 con respecto a la normativa anterior, lo cual se ve reflejado en los resultados obtenidos.
- Al comparar los resultados obtenidos entre CYPECAD y otro software especializado se pudo determinar primeramente que el tiempo de ejecución del análisis y diseño de la estructura con CYPECAD es extremadamente superior al tiempo de ejecución proporcionado por otro software especializado, esto se debe a que CYPECAD realiza el armado de la estructura tomando en cuenta todas las consideraciones de las normas aplicadas.
- Los resultados obtenidos por ambos programas se pueden dar por válidos, ya que no tienen mayor diferencia en los resultados de análisis, siendo lo contrario en el diseño de los elementos, pues CYPECAD trabaja con áreas de acero definitivas las cuáles también dependen del criterio del profesional.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para un cálculo estructural utilizar la normativa vigente, en este caso la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, así como toda actualización que se produzca, especialmente después del evento sísmico ocurrido el 16 de abril del 2016, ya que cualquier cambio realizado en la normativa tratará de disminuir los efectos destructivos causados.
- Para un cálculo estructural se recomienda la utilización preliminar de otro software especializado, específicamente en la etapa de Prediseño de los elementos, debido a que tienen mayor velocidad de ejecución de análisis; para posteriormente realizar el diseño definitivo en CYPECAD, teniendo la ventaja de que nos da un diseño completo a satisfacción del profesional y también genera una documentación muy completa tanto en planos como en memoria de cálculo.
- En el caso de uso de los dos programas utilizados, se recomienda tener un conocimiento eficaz en cuanto a la dinámica de estructuras, el cuál lleve al profesional a revisar y dar solución a los problemas que se presentan en el análisis sismo resistente.

C.- MATERIALES DE REFERENCIA

1. Bibliografía

- [1] Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015
- [2] A. Benitez, H. Campos, J. Ortega. “Guía para el diseño estructural de edificios utilizando modelos tridimensionales” Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil, Universidad de El Salvador, El Salvador, 2005.
- [3] J. Mendoza, H. Rodas. “Análisis de interacción suelo estructura de centros educativos con zapatas corridas en la Urb. Nicolas Garatea – Nuevo Chimbote” Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Santa, Perú, 2015.
- [4] Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011
- [5] C. Vilema. “Análisis del factor de reducción de las fuerzas sísmicas (R) en un edificio de hormigón armado de 5 pisos con Cypecad para garantizar el cálculo y seguridad de sus habitantes ubicado en el barrio El Dorado, ciudad de Puyo, provincia de Pastaza” Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2014.
- [6] R. Aguiar Falconí. Analisis sísmico de edificios. Quito, EC: Centro de investigaciones cinetificas, 2008, pp. 1-15.
- [7] Wikipedia. “Enjambre sísmico”. Internet: https://es.wikipedia.org/wiki/Enjambre_sísmico, 28/06/2016
- [8] American Concrete Institute 318S, 2011
- [9] M. Guerra – D. Chacón. Manual para el diseño sismo resistente de edificios utilizando el programa Etabs. Quito, EC, 2010

2. Anexos

- Análisis de precios unitarios.
- Planos arquitectónicos utilizados para el cálculo de la estructura.
- Estudio de suelos.
- Licencia completa proporcionada por CYPECAD para la realización de este trabajo.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra:	Edificio "Manuela Sáenz"	Rubro:	Replanteo H.S. f'c=180 kg/cm ² e= 6 cm
Oferente:	Luis Jurado A.	Unidad:	m ³

Rendimiento horario: 1,3

1. EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo	%
Herramienta menor	5% MO			1,83	1,283
Concreteira	1	5,00	5,00	6,50	4,563
Subtotal Equipo:				8,33	5,846

2. MANO DE OBRA

EO - Descripción	Cantidad	Jornal Hora	Costo Hora	Costo	%
E2-Peón	4	3,40	13,6	17,68	12,4
D2-Albañil	4	3,63	14,52	18,88	13,25
Subtotal Mano de Obra:				36,56	25,66

3. MATERIALES

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo	%
Hormigón 180 kg/cm ²	1	m ³	73,82	73,82	51,82
Subtotal Materiales:				73,82	51,82

TOTAL COSTO DIRECTO:	118,70	83,33
COSTO INDIRECTO (20%):	23,74	16,67
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	142,44	100

FIRMA DEL OFERENTE

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra:	Edificio "Manuela Sáenz"	Rubro:	Hormigón estructural en cimentación $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$
Oferente:	Luis Jurado A.	Unidad:	m^3

Rendimiento horario: 1,15

1. EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo	%
Herramienta menor	5% MO			1,60	1,13
Vibrador	1	3,50	3,50	4,03	2,83
Subtotal Equipo:				5,63	3,95

2. MANO DE OBRA

EO - Descripción	Cantidad	Jornal Hora	Costo Hora	Costo	%
E2-Peón	5	3,40	17,00	19,55	13,72
D2-Albañil	3	3,63	10,89	12,52	8,79
Subtotal Mano de Obra:				32,07	22,52

3. MATERIALES

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo	%
Hormigón premezclado 280 kg/cm^2	1,03	m^3	108	111,24	78,09
Subtotal Materiales:				111,24	78,09

TOTAL COSTO DIRECTO:	148,94	104,6
COSTO INDIRECTO (20%):	29,79	20,91
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	178,73	100

FIRMA DEL OFERENTE

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra:	Edificio "Manuela Sáenz"	Rubro:	Hormigón estructural en columnas f'c= 280 kg/cm ² inc. encofrado
Oferente:	Luis Jurado A.	Unidad:	m ³

Rendimiento horario: 2

1. EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo	%
Herramienta menor	5% MO			3,00	2,11
Vibrador	1	3,50	3,50	7,00	4,91
Subtotal Equipo:				10,00	7,02

2. MANO DE OBRA

EO - Descripción	Cantidad	Jornal Hora	Costo Hora	Costo	%
E2-Peón	5	3,40	17,00	34,00	23,87
D2-Albañil	3	3,63	10,89	21,78	15,29
C2-Maestro mayor	0,5	4,19	2,10	4,19	2,94
Subtotal Mano de Obra:				59,97	42,10

3. MATERIALES

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo	%
Hormigón premezclado 280 kg/cm ²	1,03	m ³	108,00	111,24	78,09
Auxiliar encofrado de columna	5,12	m ³	11,67	59,75	41,95
Subtotal Materiales:				170,99	#####

TOTAL COSTO DIRECTO:	240,96	169,2
COSTO INDIRECTO (20%):	48,19	33,83
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	289,15	100

FIRMA DEL OFERENTE

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra:	Edificio "Manuela Sáenz"	Rubro:	Hormigón estructural en muros f'c= 280 kg/cm ² inc. encofrado
Oferente:	Luis Jurado A.	Unidad:	m ³

Rendimiento horario: 2,3

1. EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo	%
Herramienta menor	5% MO			3,45	2,42
Vibrador	1	3,50	3,50	8,05	5,65
Subtotal Equipo:				11,50	8,07

2. MANO DE OBRA

EO - Descripción	Cantidad	Jornal Hora	Costo Hora	Costo	%
E2-Peón	5	3,40	17,00	39,10	27,45
D2-Albañil	3	3,63	10,89	25,05	17,58
C2-Maestro mayor	0,5	4,19	2,10	4,82	3,38
Subtotal Mano de Obra:				68,97	48,42

3. MATERIALES

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo	%
Hormigón premezclado 280 kg/cm ²	1,03	m ³	108,00	111,24	78,09
Auxiliar encofrado con tablero	3,50	m ²	20,15	70,53	49,51
Subtotal Materiales:				181,77	#####

TOTAL COSTO DIRECTO:	262,23	184,1
COSTO INDIRECTO (20%):	52,45	36,82
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	314,67	100

FIRMA DEL OFERENTE

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra:	Edificio "Manuela Sáenz"	Rubro:	Hormigón estructural en vigas f'c= 280 kg/cm ² inc. encofrado
Oferente:	Luis Jurado A.	Unidad:	m ³

Rendimiento horario: 2

1. EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo	%
Herramienta menor	5% MO			3,00	2,11
Vibrador	1	3,50	3,50	7,00	4,91
Subtotal Equipo:				10,00	7,02

2. MANO DE OBRA

EO - Descripción	Cantidad	Jornal Hora	Costo Hora	Costo	%
E2-Peón	5	3,40	17,00	34,00	23,87
D2-Albañil	3	3,63	10,89	21,78	15,29
C2-Maestro mayor	0,5	4,19	2,10	4,19	2,94
Subtotal Mano de Obra:				59,97	42,10

3. MATERIALES

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo	%
Hormigón premezclado 280 kg/cm ²	1,03	m ³	108,00	111,24	78,09
Auxiliar encofrado para viga	3,50	m ²	12,82	44,87	31,50
Subtotal Materiales:				156,11	#####

TOTAL COSTO DIRECTO:	226,08	158,7
COSTO INDIRECTO (20%):	45,22	31,74
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	271,29	100

FIRMA DEL OFERENTE

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra:	Edificio "Manuela Sáenz"	Rubro:	Losa maciza hormigón estructural f'c= 280 kg/cm ² , e= 12 cm, inc. encofrado
Oferente:	Luis Jurado A.	Unidad:	m ²

Rendimiento horario: 0,2

1. EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo	%
Herramienta menor	5% MO			0,33	0,23
Vibrador	0,7	3,50	2,45	0,49	0,34
Subtotal Equipo:				0,82	0,58

2. MANO DE OBRA

EO - Descripción	Cantidad	Jornal Hora	Costo Hora	Costo	%
E2-Peón	6	3,40	20,40	4,08	2,86
D2-Albañil	3	3,63	10,89	2,18	1,53
C2-Maestro mayor	0,5	4,19	2,10	0,42	0,29
Subtotal Mano de Obra:				6,68	4,69

3. MATERIALES

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo	%
Hormigón premezclado 280 kg/cm ²	0,12	m ³	108,00	12,96	9,10
Auxiliar encofrado para viga	1,00	m ²	12,82	12,82	9,00
Subtotal Materiales:				25,78	18,10

TOTAL COSTO DIRECTO:	33,28	23,36
COSTO INDIRECTO (20%):	6,66	4,673
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	39,94	100

FIRMA DEL OFERENTE

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra:	Edificio "Manuela Sáenz"	Rubro:	Losa de hormigón estructural f'c= 280 kg/cm ² con placa colaborante de acero
Oferente:	Luis Jurado A.	Unidad:	m ²

Rendimiento horario: 0,2

1. EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo	%
Herramienta menor	5% MO			0,30	0,21
Regla vibratoria	0,7	5,90	4,13	0,83	0,58
Subtotal Equipo:				1,13	0,79

2. MANO DE OBRA

EO - Descripción	Cantidad	Jornal Hora	Costo Hora	Costo	%
E2-Peón	5	3,40	17,00	3,40	2,39
D2-Albañil	3	3,63	10,89	2,18	1,53
C2-Maestro mayor	0,5	4,19	2,10	0,42	0,29
Subtotal Mano de Obra:				6,00	4,21

3. MATERIALES

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo	%
Hormigón premezclado 280 kg/cm ²	0,11	m ³	108,00	11,88	8,34
Placa colaborante e= 0,65 mm	1,03	m ²	14	14,42	10,12
Subtotal Materiales:				26,30	18,46

TOTAL COSTO DIRECTO:	33,42	23,46
COSTO INDIRECTO (20%):	6,68	4,693
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	40,11	100

FIRMA DEL OFERENTE

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra:	Edificio "Manuela Sáenz"	Rubro:	Hormigón estructural en gradas f'c= 280 kg/cm ² , inc. Encofrado
Oferente:	Luis Jurado A.	Unidad:	m ³

Rendimiento horario: 2,3

1. EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo	%
Herramienta menor	5% MO			3,45	2,42
Vibrador	0,7	3,50	2,45	5,64	3,96
Subtotal Equipo:				9,08	6,38

2. MANO DE OBRA

EO - Descripción	Cantidad	Jornal Hora	Costo Hora	Costo	%
E2-Peón	5	3,40	17,00	39,10	27,45
D2-Albañil	3	3,63	10,89	25,05	17,58
C2-Maestro mayor	0,5	4,19	2,10	4,82	3,38
Subtotal Mano de Obra:				68,97	48,42

3. MATERIALES

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo	%
Hormigón premezclado 280 kg/cm ²	1,03	m ³	108,00	111,24	78,09
Encofrado tabla de monte	4,00	m ²	14	56,00	39,31
Subtotal Materiales:				167,24	#####

TOTAL COSTO DIRECTO:	245,29	172,2
COSTO INDIRECTO (20%):	49,06	34,44
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	294,35	100

FIRMA DEL OFERENTE

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra:	Edificio "Manuela Sáenz"	Rubro:	Acero de refuerzo
Oferente:	Luis Jurado A.	Unidad:	kg

Rendimiento horario: 0,06

1. EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo	%
Herramienta menor	5% MO			0,02	0,02
Subtotal Equipo:				0,02	0,02

2. MANO DE OBRA

EO - Descripción	Cantidad	Jornal Hora	Costo Hora	Costo	%
E2-Peón	1	3,40	3,40	0,20	0,14
D2-Albañil	1	3,63	3,63	0,22	0,15
C2-Maestro mayor	0,2	4,19	0,84	0,05	0,04
Subtotal Mano de Obra:				0,47	0,33

3. MATERIALES

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo	%
Acero fy= 4200 kg/cm ²	1,05	kg	0,92	0,97	0,68
Alambre #18	0,06	kg	1,28	0,08	0,05
Subtotal Materiales:				1,04	0,73

TOTAL COSTO DIRECTO:	1,54	1,08
COSTO INDIRECTO (20%):	0,31	0,216
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	1,85	100

FIRMA DEL OFERENTE

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra:	Edificio "Manuela Sáenz"	Rubro:	Estructura metálica perfiles acero A36
Oferente:	Luis Jurado A.	Unidad:	kg

Rendimiento horario: 0,11

1. EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo	%
Herramienta menor	5% MO			0,04	0,03
Soldadora eléctrica	0,2	3,00	0,60	0,07	0,05
Cortadora perfiles	0,1	1,00	0,10	0,01	0,01
Amoladora	0,05	1,20	0,06	0,01	0,00
Equipo de pintura	0,05	2,25	0,11	0,01	0,01
Subtotal Equipo:				0,14	0,10

2. MANO DE OBRA

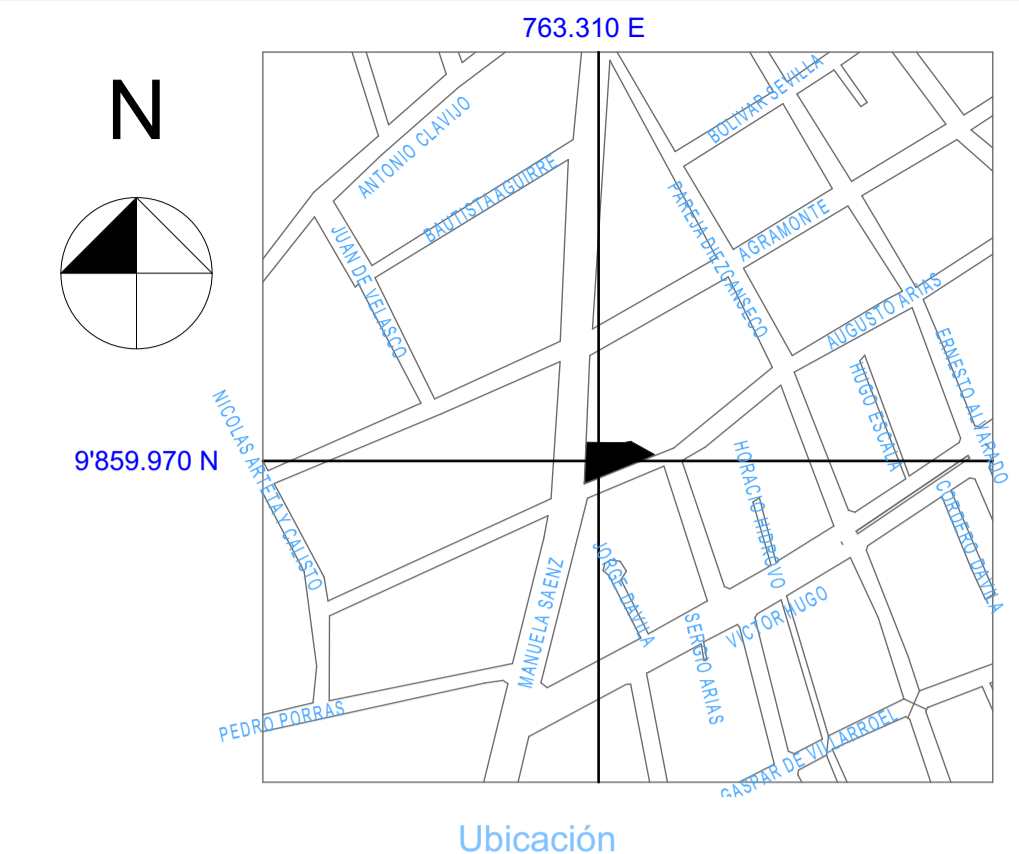
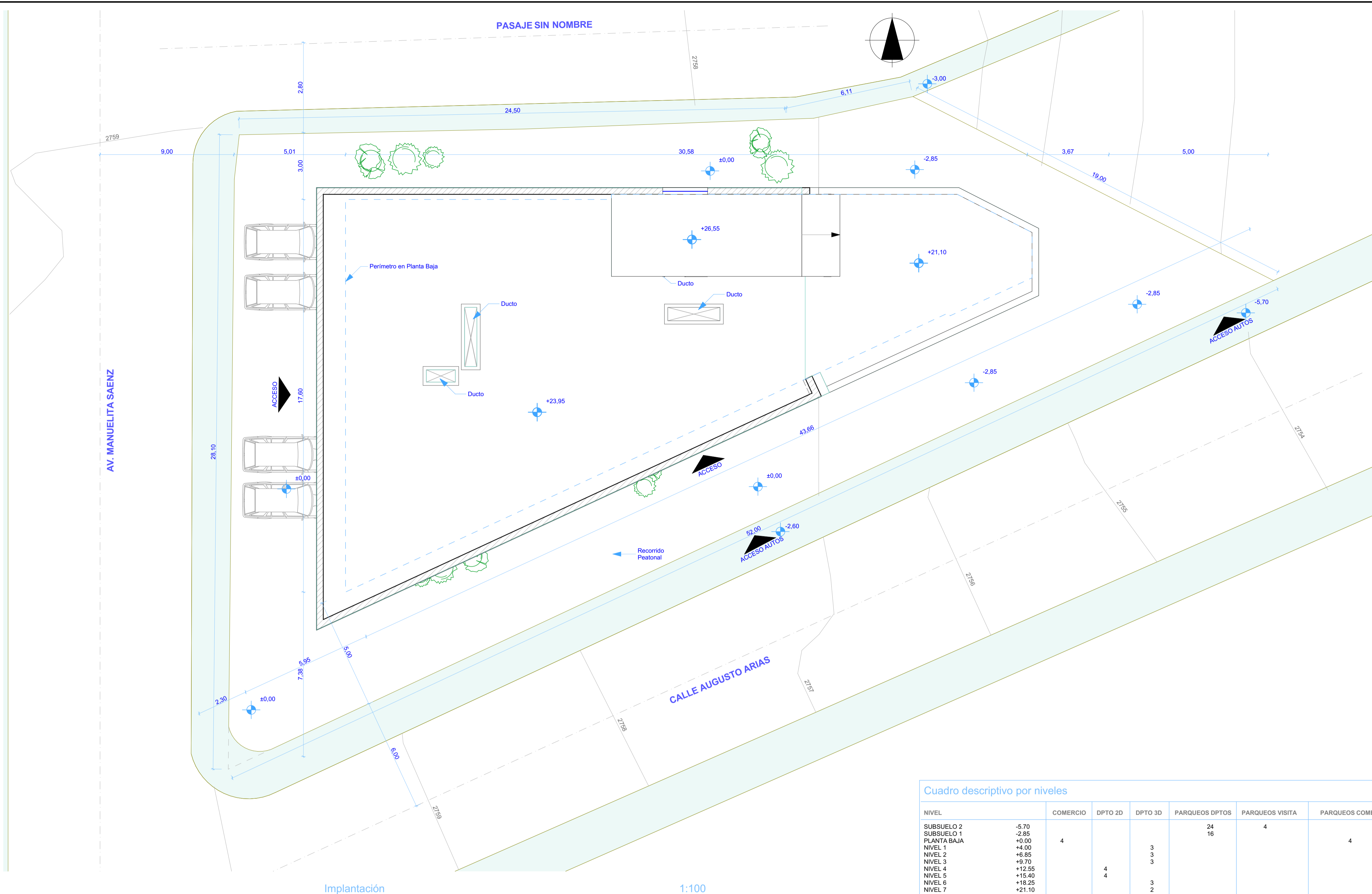
EO - Descripción	Cantidad	Jornal Hora	Costo Hora	Costo	%
B1-Ing. Eléctrico	1	4,19	4,19	0,46	0,32
D2-Albañil	1	3,63	3,63	0,40	0,28
Subtotal Mano de Obra:				0,86	0,60

3. MATERIALES

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo	%
Perfil estructural	1,05	kg	0,90	0,95	0,66
Electrodos 6011	0,02	kg	4	0,08	0,06
Subtotal Materiales:				1,03	0,72

TOTAL COSTO DIRECTO:	2,02	1,421
COSTO INDIRECTO (20%):	0,40	0,284
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	2,43	100

FIRMA DEL OFERENTE



Cuadro de Áreas

DESCRIPCIÓN	ÁREA(m ²)	%
LOTE DE TERRENO	780.00	
PLANTA BAJA (+0.00)	323.00	
COS PLANTA BAJA		41.41%
ÁREA EN NIVELES 1 2 3 4 5 y 6 (+4.00 +6.85 +9.70 +12.55 +15.40 +18.25)	355 ver Nota 1	
ÁREA EN NIVEL 7 (+21.10)	280	
ÁREA TOTAL EN OTROS PISOS	2410.00	
ÁREA TOTAL DE CONSTRUCCIÓN COMPUTABLE	2733.00	
COS TOTAL		350.38%
ÁREAS NO COMPUTABLES		
PARQUEOS EN SUBSUELO 1 (-2.85)	580.00	ver Nota 1
PARQUEOS EN SUBSUELO 2 (-5.70)	780.00	
ÁREA TOTAL DE PARQUEOS EN SUBSUELO	1360.00	
DUCTOS DE VENTILACIÓN	28.00	ver Nota 2
TAPAGRADAS Y CUARTO DE ASCENSOR	30.60	
ÁREA VERDE	278.00	
COMERCIOS EN PLANTA BAJA	241.60	74.60%
ÁREA TOTAL DE CONSTRUCCIÓN	3993.00	

Nota 1: Art. 72. Reglamentación de edificación. Intensificación en la utilización del suelo.
 "En predios cuya superficie integrada sea igual a dos y tres lotes mínimos, tendrán un incremento de edificabilidad en un 10% tanto en el COS de planta baja como en el COS total." (GAD Municipio de Ambato).
Nota 2: Ascensor Mitsubishi lateral para 15 personas (libre interior 1.80x2.60m)

Cuadro descriptivo por niveles

NIVEL	COMERCIO	DPTO 2D	DPTO 3D	PARQUEOS DPTOS	PARQUEOS VISITA	PARQUEOS COMERCIO
SUBSUELO 2				24		
SUBSUELO 1				16	4	
PLANTA BAJA	4					4
NIVEL 1			3			
NIVEL 2			3			
NIVEL 3			3			
NIVEL 4		4				
NIVEL 5		4				
NIVEL 6			3			
NIVEL 7			2			
TOTAL	4	8	14	40	4	4



EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

CONTENIDO DE LAMINA
IMPLANTACION Y PERSPECTIVAS

CLAVE CAT: 0123121036000 ESCALA: Indicada FECHA: 08/10/2014

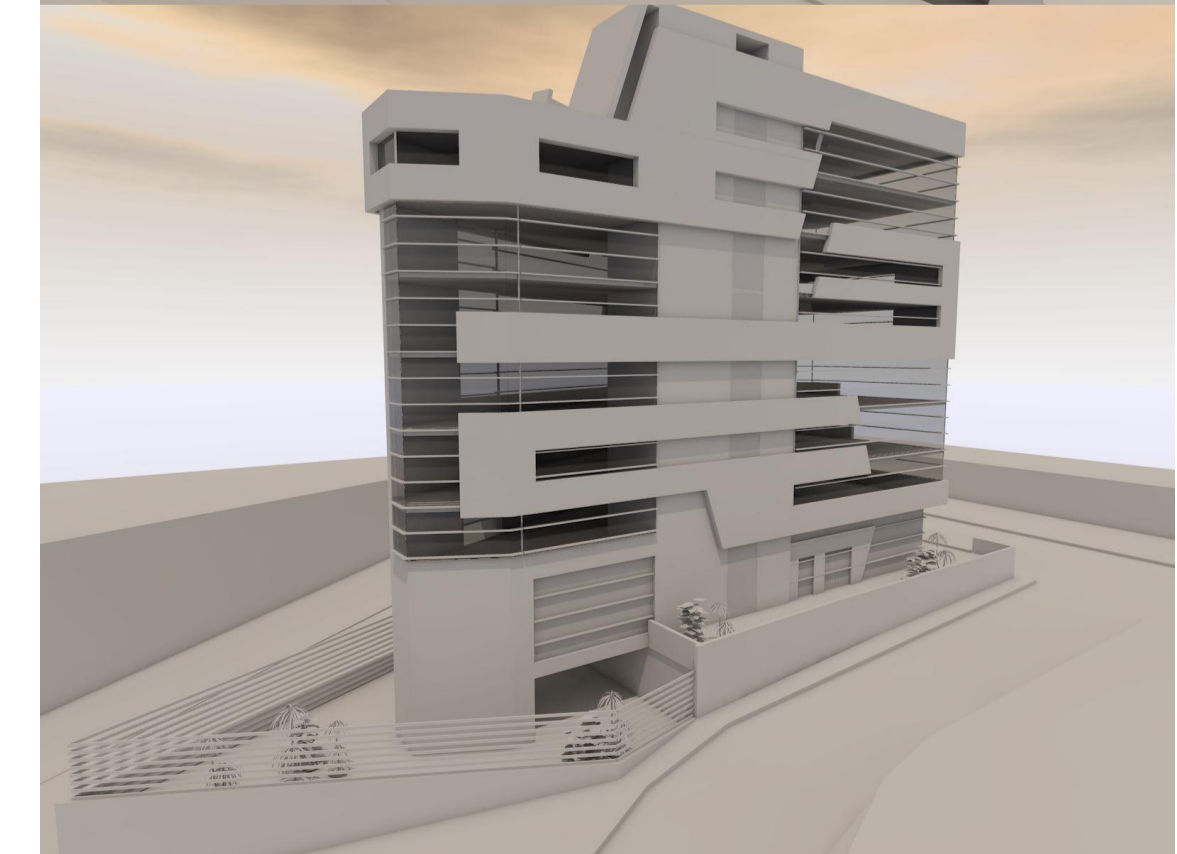
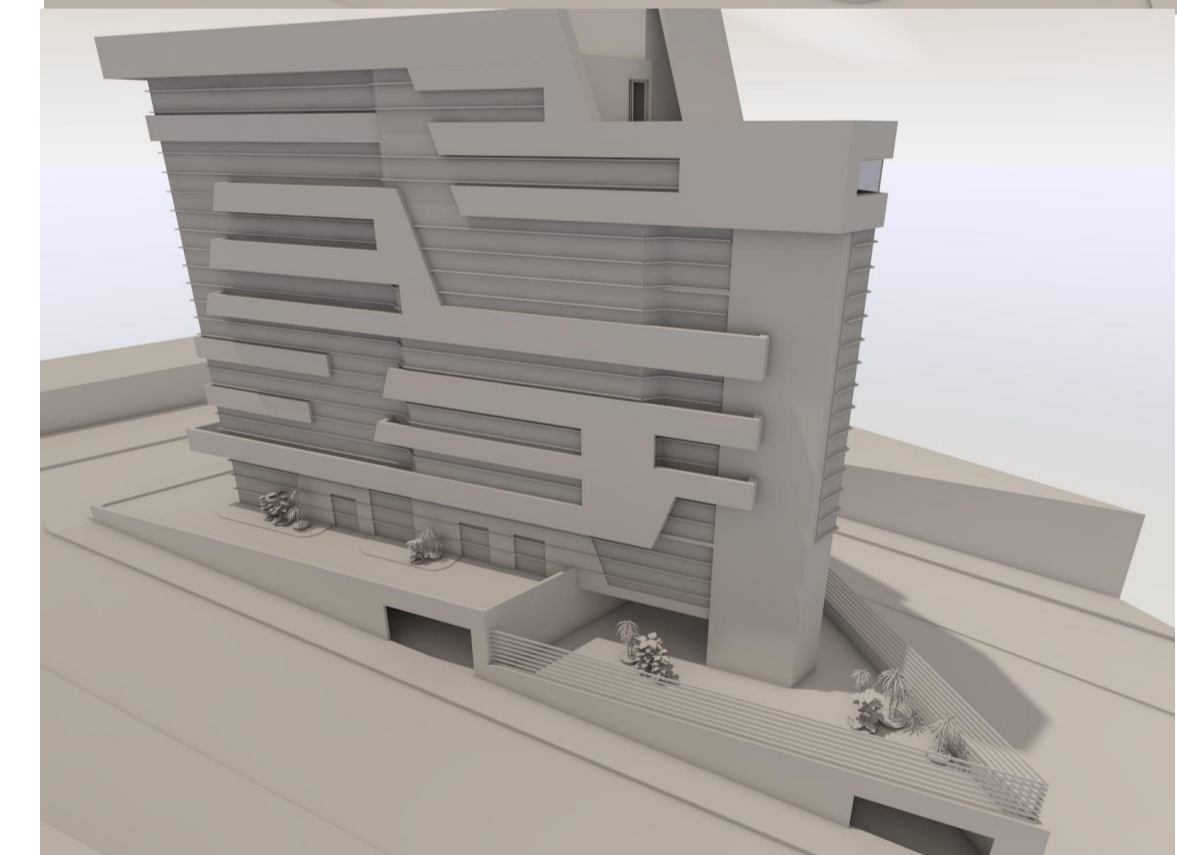
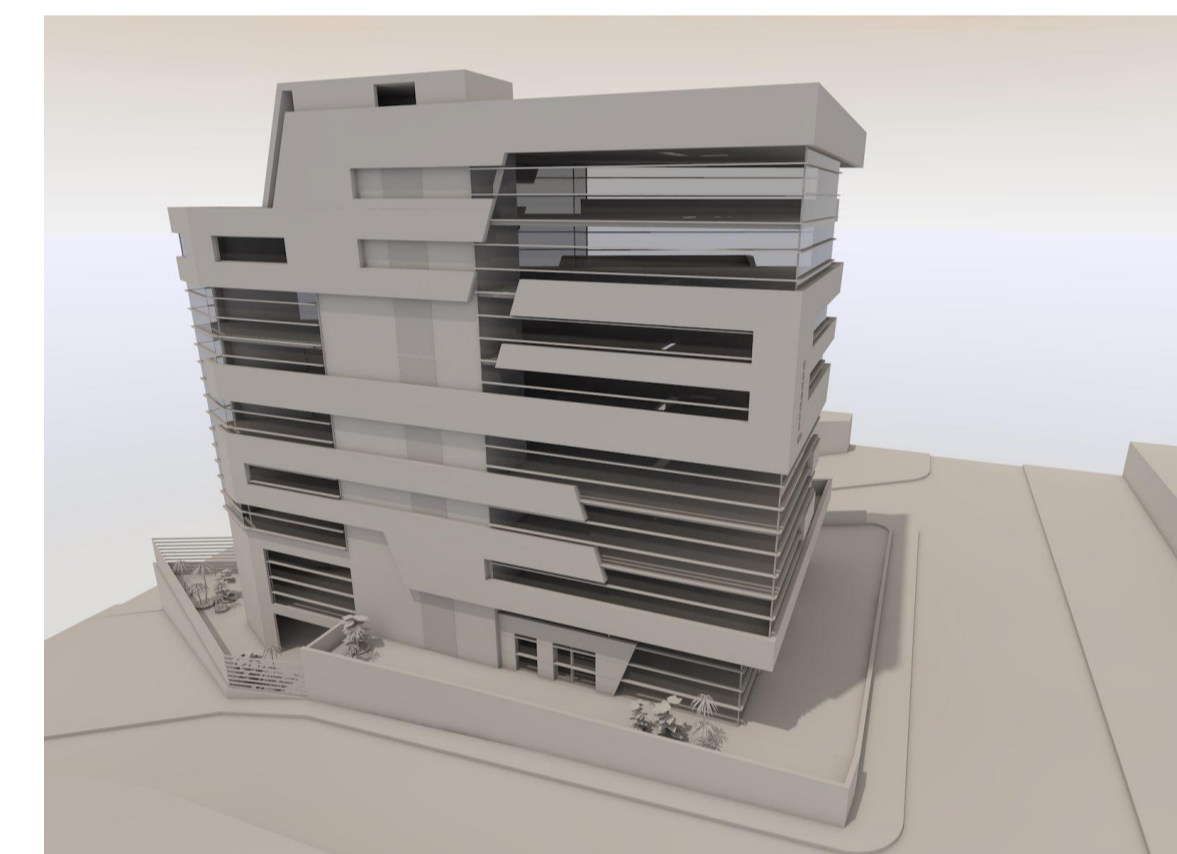
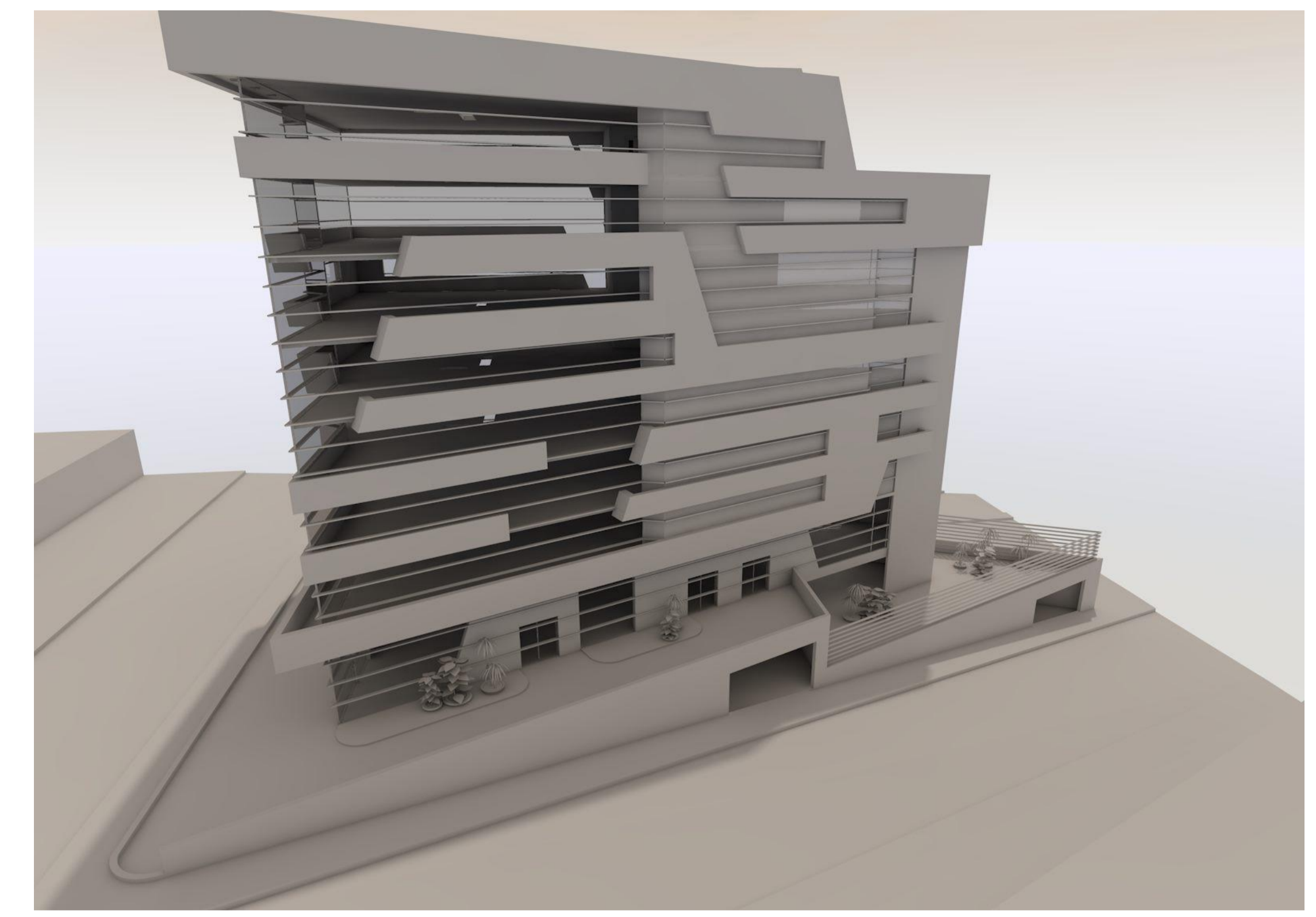
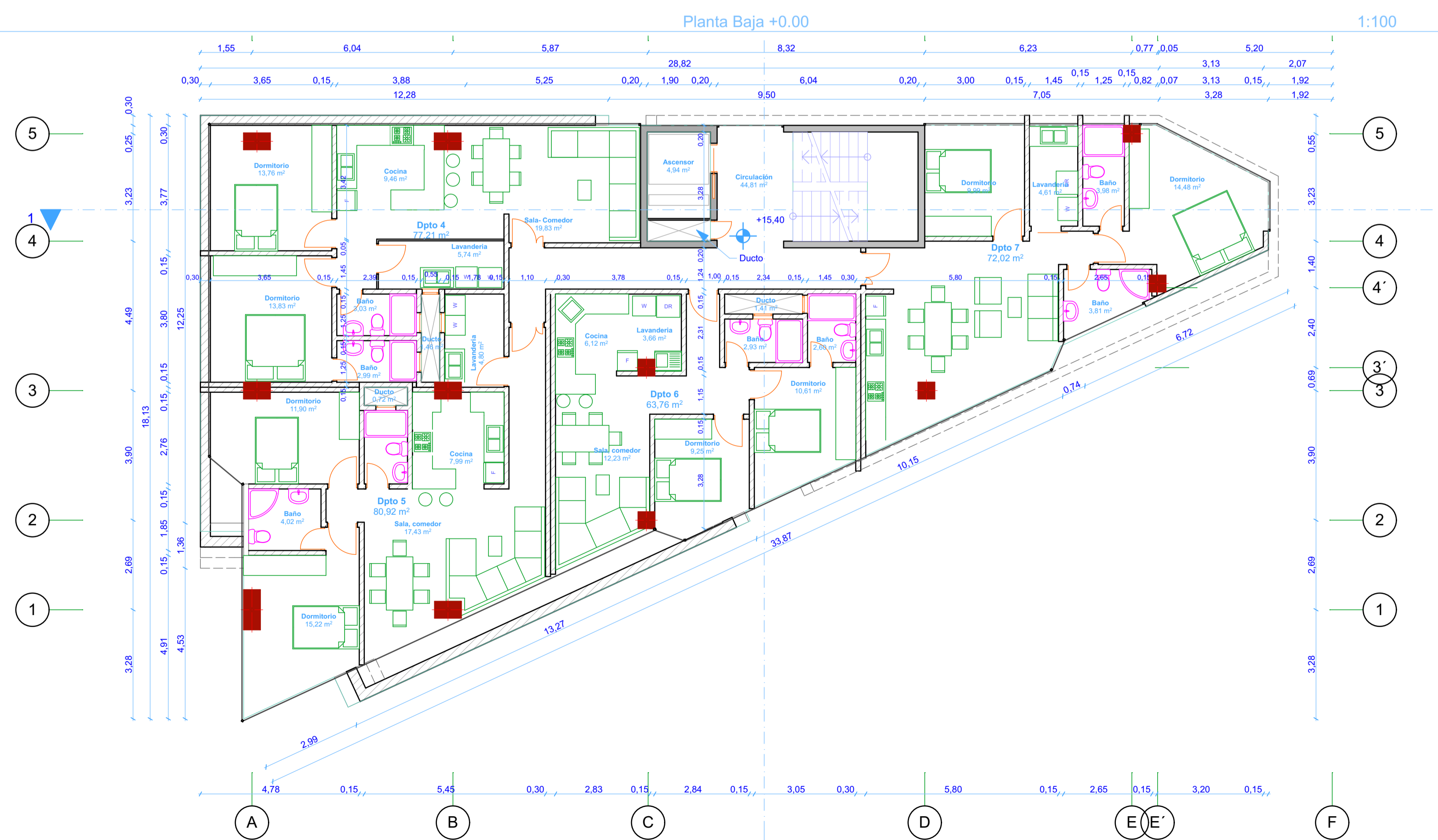
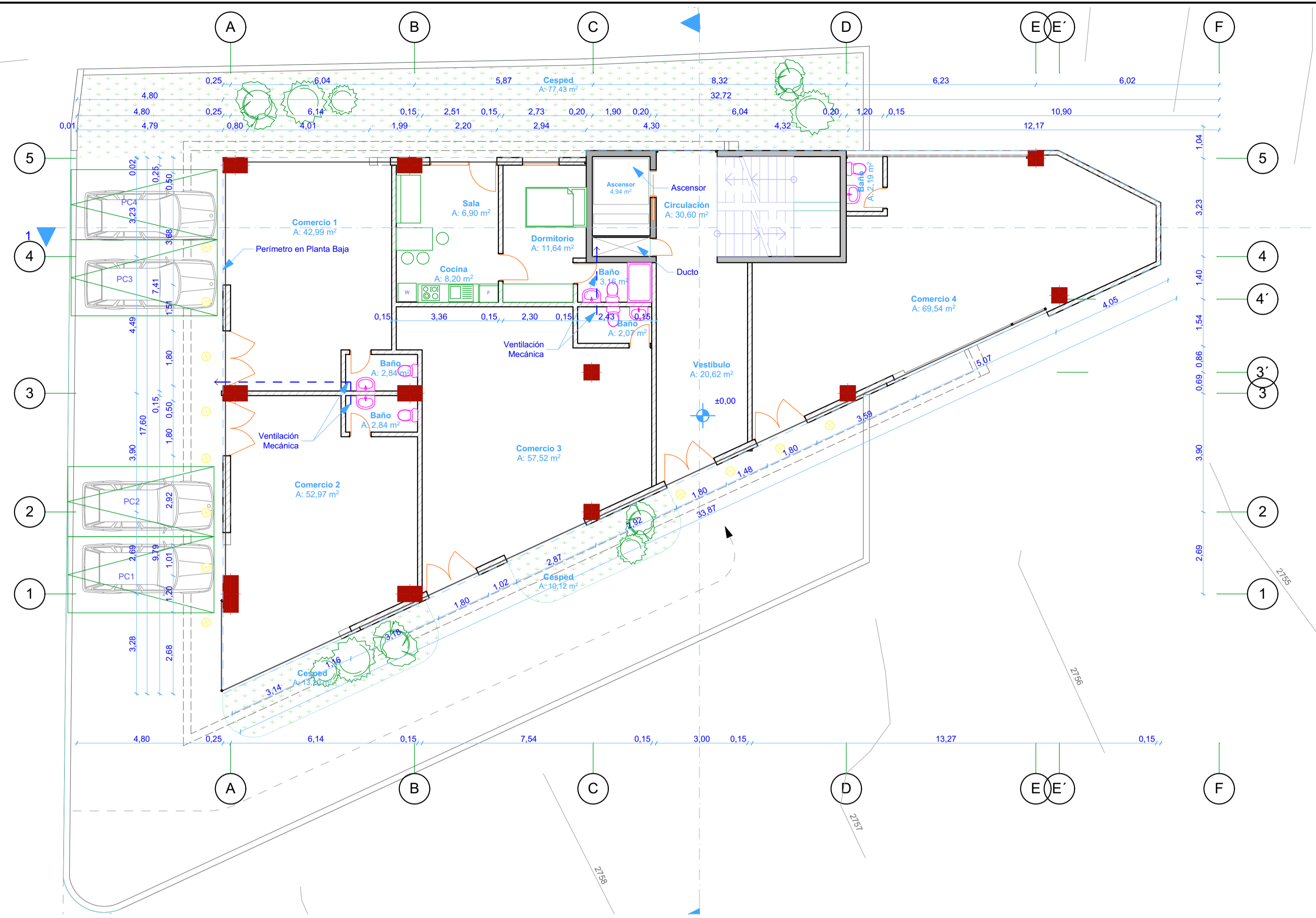
REPRESENTANTE LEGAL ASOCIACIÓN MUTUALISTA AMBATO (AMA)

UBICACIÓN
**AV. MANUELA SAENZ Y CALLE AUGUSTO ARIAS
 AMBATO, TUNGURAHUA**

DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Arq. Yoan Rodríguez REGISTRO: T308 RM 2090

DIRECCIÓN TÉCNICA: Arq. Yoan Rodríguez T308 RM 2090

A.01 LAMINA 1 DE 8



Dirección: Cevallos y Quito esq. Edif. Gabriel 1er Piso cell: 092747818 telfax: 032 624 898
 email: sancarlos166@gmail.com web: www.yoanrodriguez.com

SELLOS MUNICIPALES:

EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

CONTENIDO DE LAMINA
 PLANTAS

CLAVE CAT: 0123121036000 ESCALA: Indicada FECHA: 08/10/2014

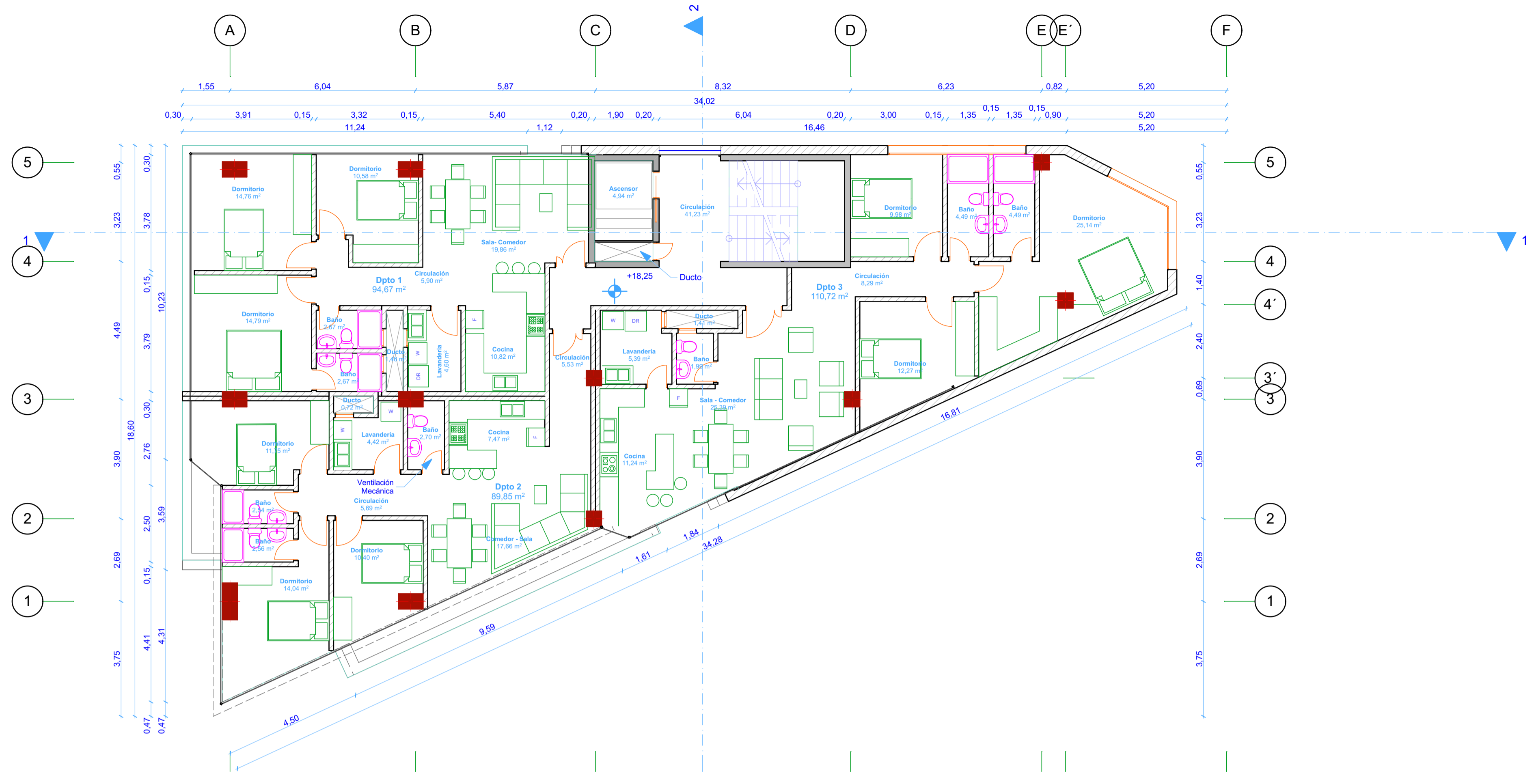
REPRESENTANTE LEGAL ASOCIACIÓN MUTUALISTA AMBATO (AMA)

UBICACIÓN
 AV. MANUELA SAENZ Y CALLE AUGUSTO ARIAS
 AMBATO, TUNGURAHUA

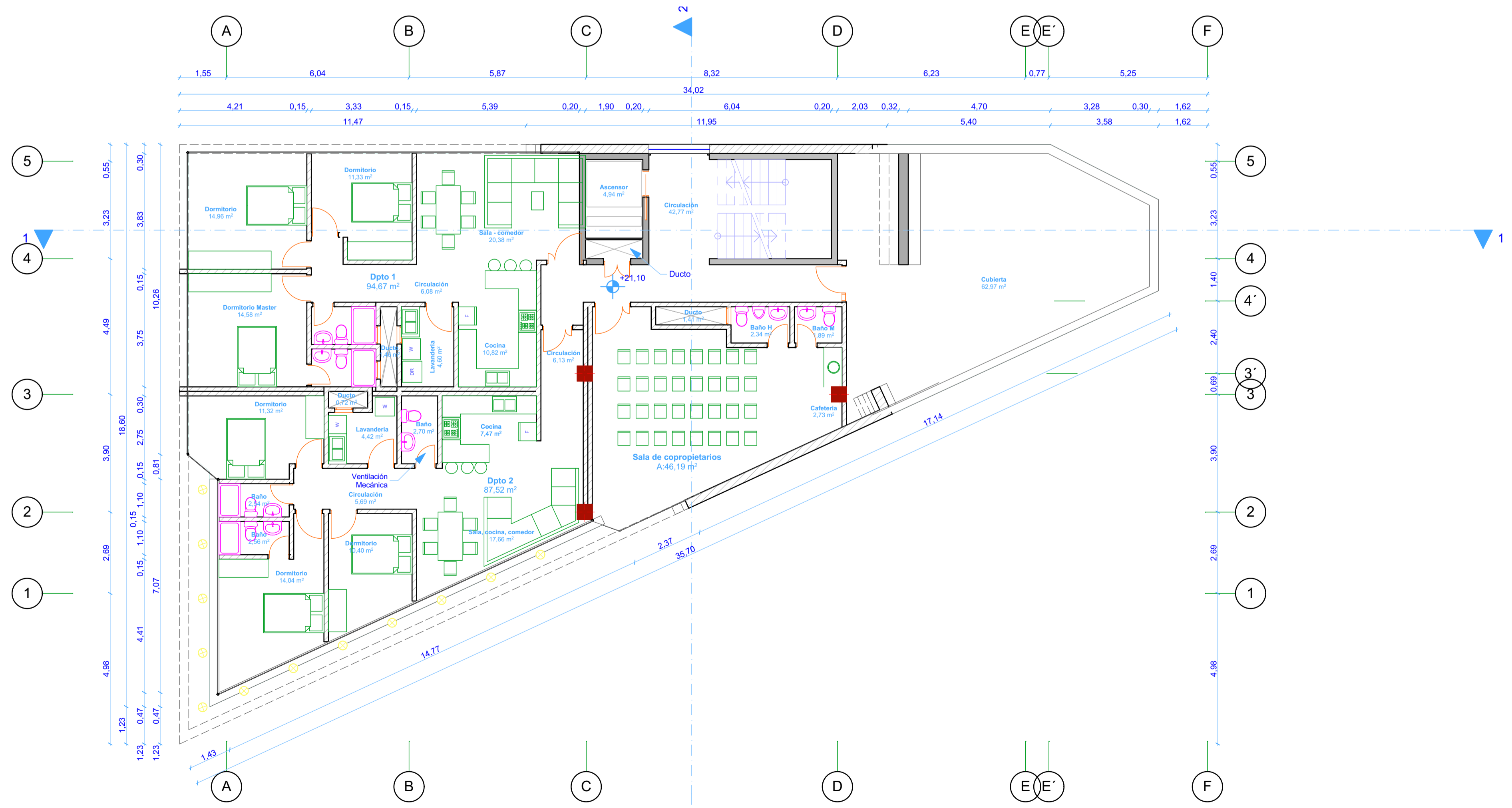
DISEÑO ARQUITECTÓNICO:
 Arq. Yoan Rodríguez REGISTRO:
 T308 RM 2090

DIRECCIÓN TÉCNICA:
 Arq. Yoan Rodríguez T308 RM 2090

A.02 LAMINA
 2 DE 8



6. Niveles 1,2,3, y 6to +4.00 +6.85 +9.70 +18.25 1:100



7. Nivel 7 +21.10 1:100

yoanrodriguez arquitecto

Dirección: Cevallos y Quito esq. Edif. Gabriel 1er Piso cell: 092747818 telfax: 032 624 898
 email: sancarlos166@gmail.com web: www.yoanrodriguez.com

SELLOS MUNICIPALES:

EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

CONTENIDO DE LAMINA
PLANTAS

CLAVE CAT: 0123121036000 ESCALA: Indicada FECHA: 08/10/2014

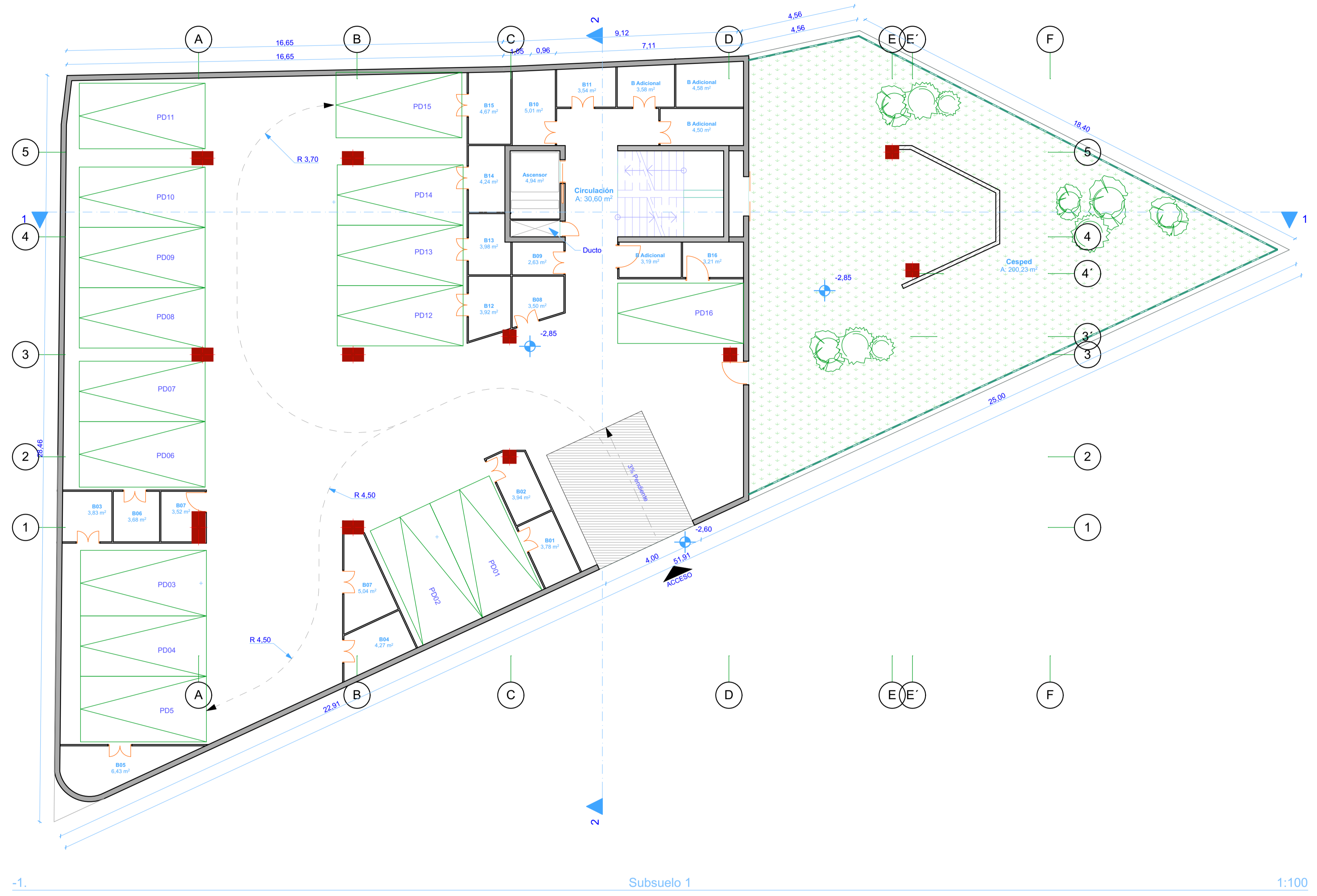
REPRESENTANTE LEGAL ASOCIACIÓN MUTUALISTA AMBATO (AMA)

UBICACIÓN
**AV. MANUELA SAENZ Y CALLE AUGUSTO ARIAS
 AMBATO, TUNGURAHUA**

DISEÑO ARQUITECTÓNICO:
 Arq. Yoan Rodríguez REGISTRO:
 T308 RM 2090

DIRECCIÓN TÉCNICA:
 Arq. Yoan Rodríguez T308 RM 2090

A.03 LAMINA
 3 DE 8



Dirección: Cevallos y Quito esq. Edif. Gabriel 1er Piso cell: 092747818 telfax: 032 824 898
 email: sancarlos166@gmail.com web: www.yoanrodriguez.com

SELLOS MUNICIPALES:

EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

CONTENIDO DE LAMINA
SUBSUELO 1

CLAVE CAT: 0123121036000 ESCALA: Indicada FECHA: 08/10/2014

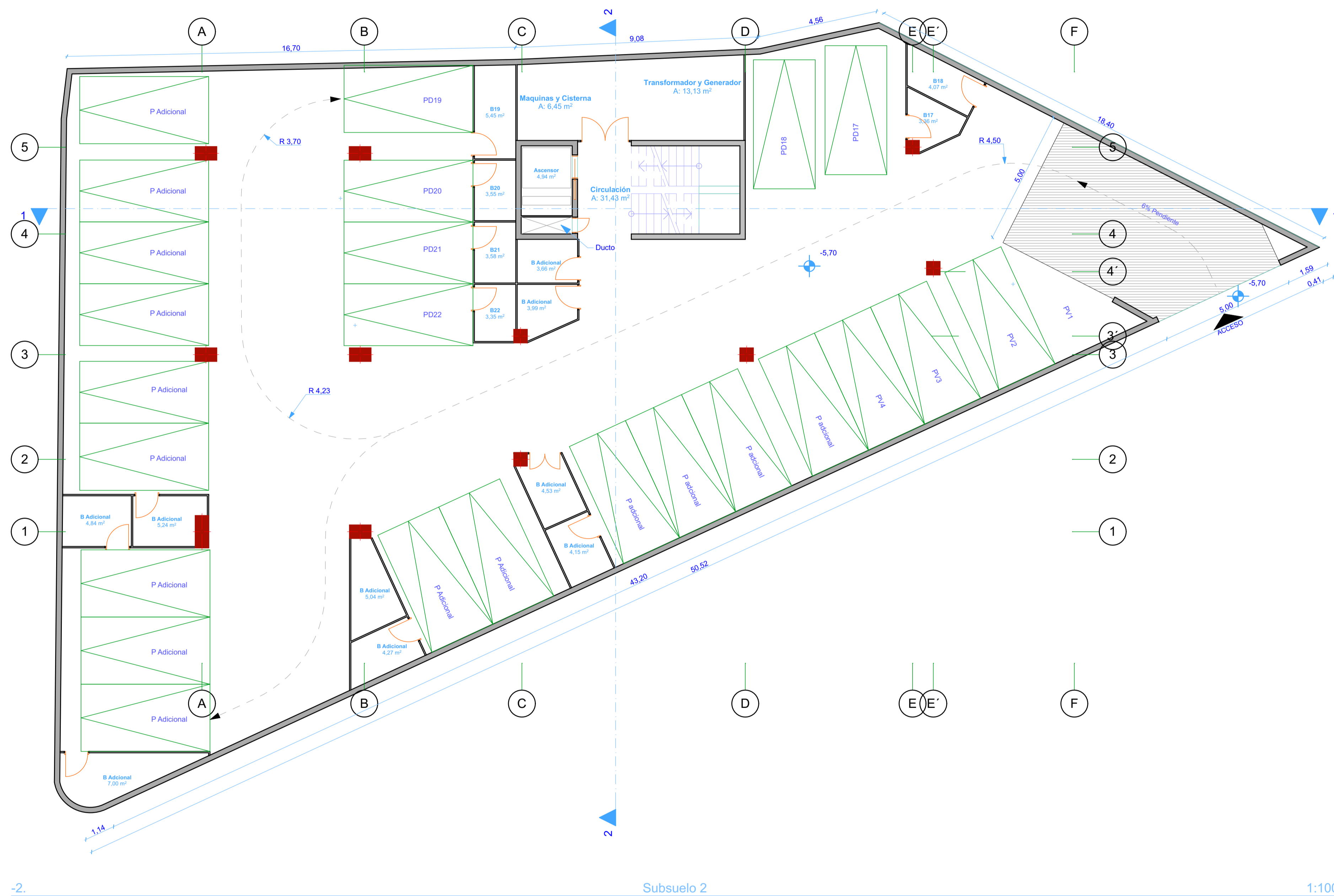
REPRESENTANTE LEGAL ASOCIACIÓN MUTUALISTA AMBATO (AMA)

UBICACIÓN
 AV. MANUELA SAENZ Y CALLE AUGUSTO ARIAS
 AMBATO, TUNGURAHUA

DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Arq. Yoan Rodríguez REGISTRO: T308 RM 2090

DIRECCIÓN TÉCNICA: Arq. Yoan Rodríguez T308 RM 2090

A.04 LAMINA 4 DE 8



Dirección: Cevallos y Quito esq. Edif. Gabriel 1er Piso cell: 092747818 telfax: 032 824 898
 email: sancarlos166@gmail.com web: www.yoanrodriguez.com

SELLOS MUNICIPALES:

EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

CONTENIDO DE LAMINA
SUBSUELO 2

CLAVE CAT: 0123121036000 ESCALA: Indicada FECHA: 08/10/2014

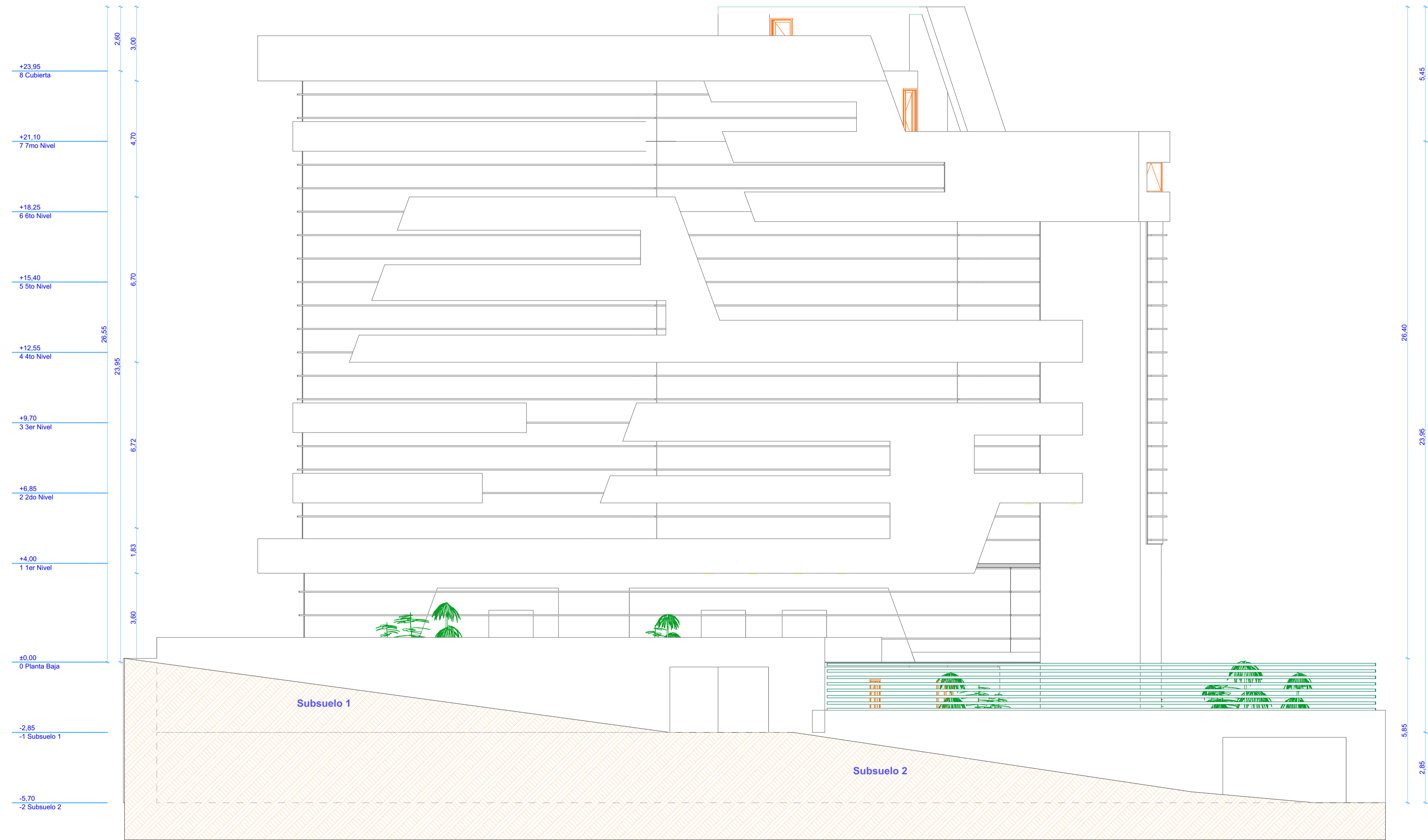
REPRESENTANTE LEGAL ASOCIACIÓN MUTUALISTA AMBATO (AMA)

UBICACIÓN
 AV. MANUELA SAENZ Y CALLE AUGUSTO ARIAS
 AMBATO, TUNGURAHUA

DISEÑO ARQUITECTÓNICO:
 Arq. Yoan Rodríguez REGISTRO:
 T308 RM 2090

DIRECCIÓN TÉCNICA:
 Arq. Yoan Rodríguez T308 RM 2090

A.05 LAMINA
 5
 DE
 8



2 Elevación 2 1:100



Dirección: Cevallos y Quito esq. Edif. Gabriel 1er Piso cell: 092747818 telfax: 032 824 898
 email: sancarlos166@gmail.com web: www.yoanrodriguez.com

SELLOS MUNICIPALES:



EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

CONTENIDO DE LAMINA
ELEVACION 2

CLAVE CAT: 0123121036000 ESCALA: Indicada FECHA: 08/10/2014

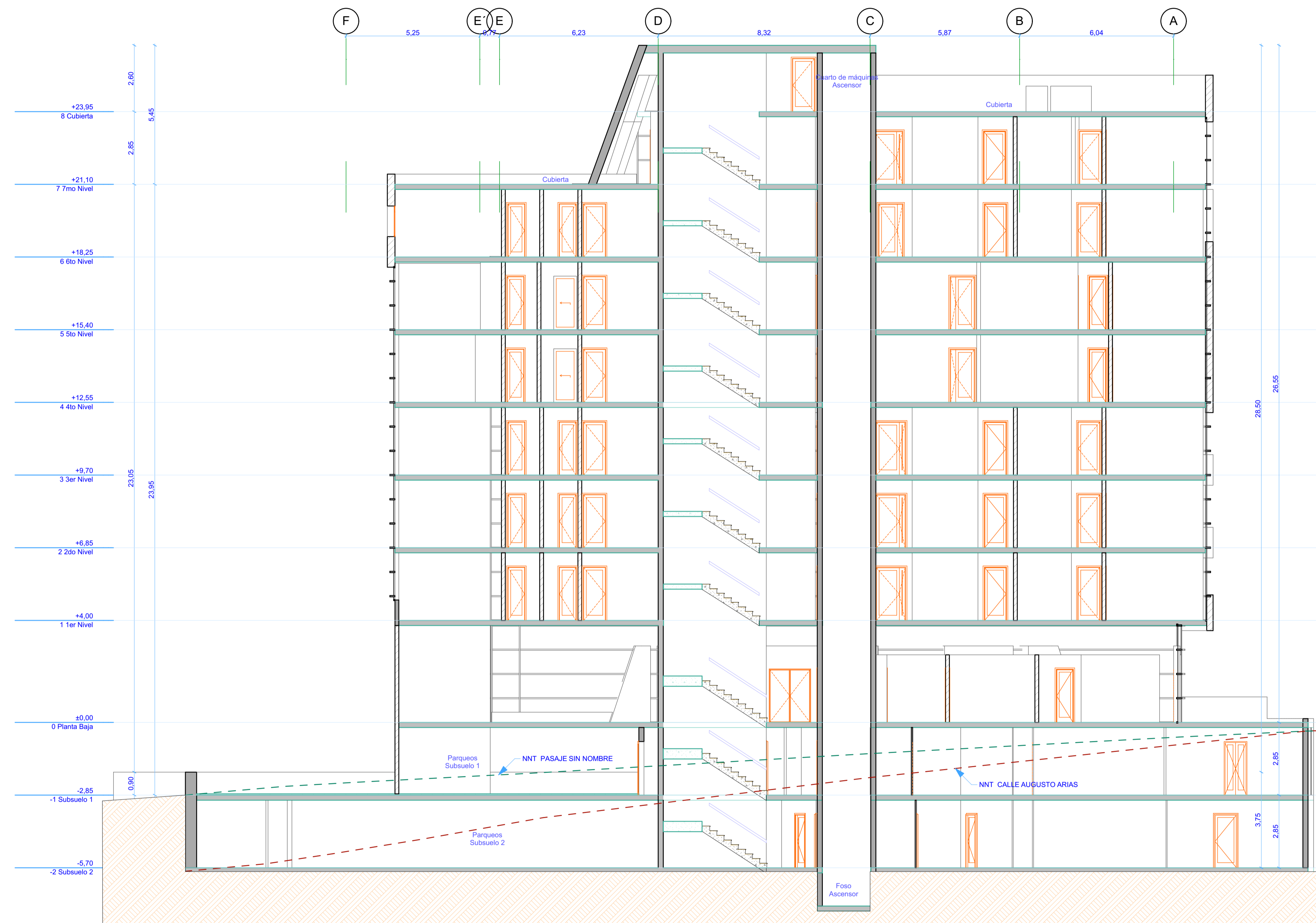
REPRESENTANTE LEGAL ASOCIACIÓN MUTUALISTA AMBATO (AMA)

UBICACIÓN
**AV. MANUELA SAENZ Y CALLE AUGUSTO ARIAS
 AMBATO, TUNGURAHUA**

DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Arq. Yoan Rodríguez REGISTRO: T308 RM 2090

DIRECCIÓN TÉCNICA: Arq. Yoan Rodríguez T308 RM 2090

A.06 LAMINA 6 DE 8



1

Sección 1

1:100

yoanrodriguez
arquitecto

Dirección: Cevallos y Quito esq. Edif. Gabriel 1er Piso cell: 092747818 telfax: 032 824 898
email: sancarlos166@gmail.com web: www.yoanrodriguez.com

SELLOS MUNICIPALES:

EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

CONTENIDO DE LAMINA
SECCION 1

CLAVE CAT: 0123121036000 ESCALA: Indicada FECHA: 08/10/2014

REPRESENTANTE LEGAL ASOCIACIÓN MUTUALISTA AMBATO (AMA)

UBICACIÓN
AV. MANUELA SAENZ Y CALLE AUGUSTO ARIAS
AMBATO, TUNGURAHUA

DISEÑO ARQUITECTÓNICO:
Arq. Yoan Rodríguez

REGISTRO:
T308 RM 2090

DIRECCIÓN TÉCNICA:
Arq. Yoan Rodríguez

T308 RM 2090

A.07

LAMINA
7
DE
8

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS PREVIO AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS CIMENTACIONES DEL CONJUNTO HABITACIONAL “MANUELITA SAENZ”

INTRODUCCION

PROPÓSITO Y ALCANCE

El presente informe corresponde al estudio de Mecánica de Suelos previo al diseño y construcción de las cimentaciones del conjunto habitacional “MANUELITA SAENZ” la misma que se construirá en el sector del Tropezón en la avenida Manuelita Sáenz y Augusto Arias, siendo su objetivo establecer la composición del subsuelo y las características generales de los materiales que servirán de soporte a la edificación que se prevé construir, de manera que se constituya en el antecedente requerido para la selección del tipo de cimentación que mejor se adapte a las condiciones del lugar y proporcione los parámetros necesarios para el diseño respectivo.

ESTRUCTURA PROYECTADA

Se proyecta construir un edificio de ocho plantas más dos subsuelos, los mismos que serán usados como parqueadero, todo en hormigón armado

DESCRIPCIÓN DEL SITIO

El terreno estudiado se encuentra localizado en el sector del Tropezón, en la avenida Manuelita Sáenz y calle Augusto Arias, el terreno es relativamente plano con su respectivo cerramiento, con un área aproximada de 850 m²

INFORMACIÓN PROPORCIONADA

Para la elaboración del presente informe, se contó con la información general del proyecto arquitectónico que se propone construir y que fue descrita. Adicionalmente se disponen de datos de estudios geológicos y geotécnicos realizados en el sector e información general sobre el clima y las lluvias de la región.

EXPLORACIÓN SUBTERRÁNEA

PLANIFICACIÓN PREVIA

En función de la configuración del sitio y del proyecto que se va a ejecutar, considerando el tipo de materiales existentes y de la información disponible, por una parte, y por otra la probable magnitud de las cargas, se creyó conveniente efectuar la exploración en cinco puntos del área total de terreno, que definan adecuadamente la posición de los estratos. Las

perforaciones alcanzaron una profundidad de 7,50m, el tipo de perforación ejecutado es el conocido como SPT (Standard Penetrations Test). Ensayos de Penetración Standard

SONDEOS EJECUTADOS

Se realizaron cinco sondeos mediante el sistema del SPT, a cada metro de profundidad se tomaron muestras de suelo con el propósito de realizar los estudios respectivos, esto es determinar en el laboratorio las propiedades físicas mecánicas del suelo, como son las propiedades índice (contenidos de humedad expresados en porcentaje $w\%$, pesos específicos γ , clasificación del suelo según el SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), el ángulo de fricción interna ϕ , determinación del esfuerzo admisible del suelo por medio de la fórmula de Karl Terzaghi , y su comprobación mediante los ábacos propuestos por B.K. HOUCH en su obra “ Basic Soil Engineering”.

El cuadro que sigue indica en detalle la exploración realizada y anexos a este informe se presentan los registros de los sondeos. Todas las muestras fueron clasificadas siguiendo el método manual visual y además se ejecutaron los ensayos de laboratorio necesarios para identificar al material y determinar su resistencia según estaba previsto.

CUADRO N° 1

DETALLE DE LOS SONDEOS REALIZADOS

SONDEO NUMERO	PROFUNDIDAD METROS	UBICACIÓN GPS P17 ±3,0M	NIVEL FREÁTICO
1	7,50	0762910 9859601	NO SE ENCONTRO
2	7,50	0762901 9859616	NO SE ENCONTRO
3	7,50	0762891 9859609	NO SE ENCONTRO
4	7,50	0762881 09859612	NO SE ENCONTRO
5	7,50	0762879 09859604	NO SE ENCONTRO

PERFIL DEL SUBSUELO

PERFIL ESTRATIGRAFICO

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS, el suelo estudiado se identifica como limo arenoso ML de color amarillento hasta los -1,50 m , a continuación

encontramos arena limosa SM de color amarillento de gran compresibilidad, esto en las cinco perforaciones.

CONCLUSIONES DE LA EXPLORACIÓN SUBTERRANEA

Como conclusiones del análisis efectuado, de los resultados obtenidos durante la exploración subterránea y de los ensayos de laboratorio ejecutados, se tiene lo siguiente;

1. Las capas de suelo resistente se encuentran a profundidades económicas por lo que se tendrá que realizar cimentaciones superficiales que se adapten a la buena calidad del suelo
2. La poca humedad del suelo, no causara ningún efecto destructivo en la cimentaciones y los posibles asentamientos que se produzcan estarán dentro de los admisibles

PARÁMETROS DE CÁLCULO

Los parámetros adoptados se obtuvieron de los ensayos de laboratorio efectuados y de las correlaciones conocidas de la Mecánica de Suelos, Como es usual se diseña para las condiciones de sondeo mas desfavorables, se evita el uso de correlaciones diferentes en un mismo calculo y se emplean las teorías actualizadas y de uso universal.

DISEÑO DE LAS CIMENTACIONES

Par el cálculo de la cimentación se ha tomado la información proveniente de:

- La exploración del subsuelo, su estratigrafía, los resultados de los ensayos de campo
- Las cargas transmitidas por esta edificación al suelo de cimentación, el tipo de estructura y demás datos del proyecto

El análisis de los datos así obtenidos permitió plantear la solución al problema, la cual se basa en las siguientes parámetros:

1. Tipo de cimentación: **zapata aislada**
2. El replantillo de hormigón simple estará colocado a la profundidad **$D_f = -1,50$ m (a partir del nivel del subsuelo)**
3. El esfuerzo admisible del suelo es **$\sigma_{adm} = 3,2$ kgs/cm²**
4. La densidad del suelo **$\gamma = 1.75$ kg/cm³**

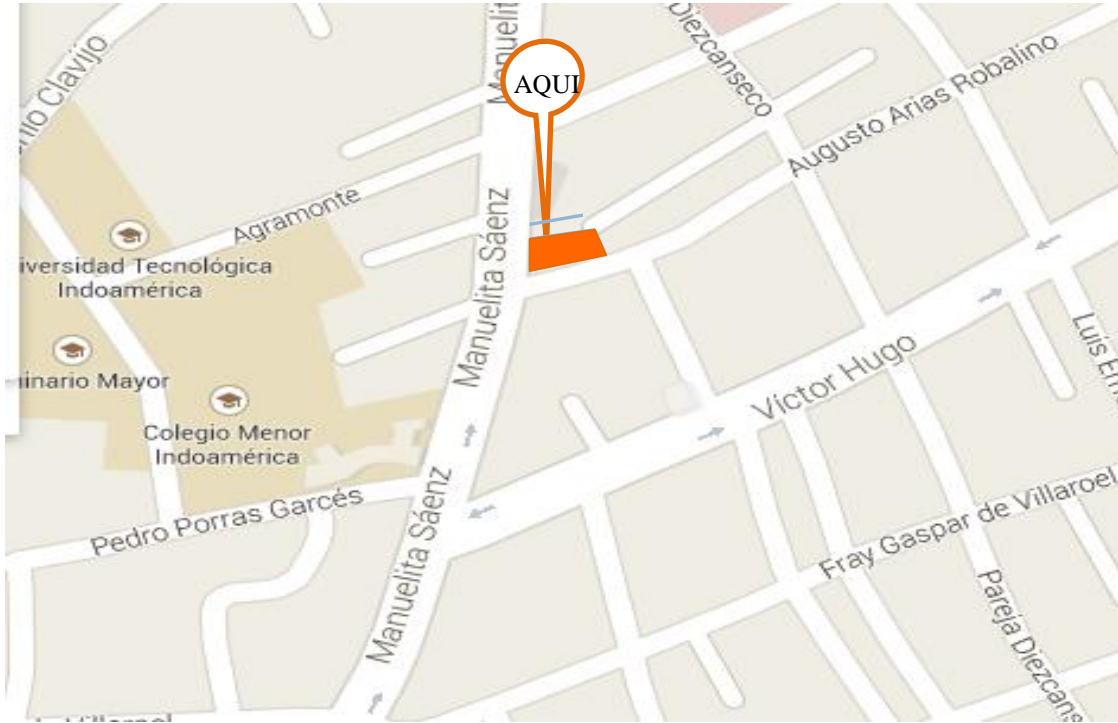
5. Módulo de elasticidad $E = 480 \text{ tn/m}^2$
6. Coeficiente de balasto $K_{s1} = 24 \text{ kg/cm}^3$
7. Tipo de perfil del suelo **C** normas NEC 2013
8. $\bar{N} \geq 50.0$ $\bar{S}_u \geq 100 \text{ KPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$ $\bar{S}_u = \text{resistencia media al corte no drenado}$
9. Cortante basal de diseño $V = \frac{I * S_a}{R * \phi_P * \phi_E} * W = 0,198W \text{ tn/m}^2$
10. $K_v = 1000 \text{ kg/m}^2/\text{m}$
11. $K_h = 750 \text{ kg/m}^2/\text{m}$
12. Asentamiento máximo permisible $s = 25 \text{ mm}$
13. El ángulo de rozamiento interno $\phi = 38^\circ$
14. Esfuerzo admisible del suelo $\sigma_{adm} = 32,00 \text{ tn/m}^2$

Cualquier variación substancial de las hipótesis asumidas merecerá un recalcu de los parámetros recomendados, por la dependencia de las teorías empleadas con las hipótesis requeridas.

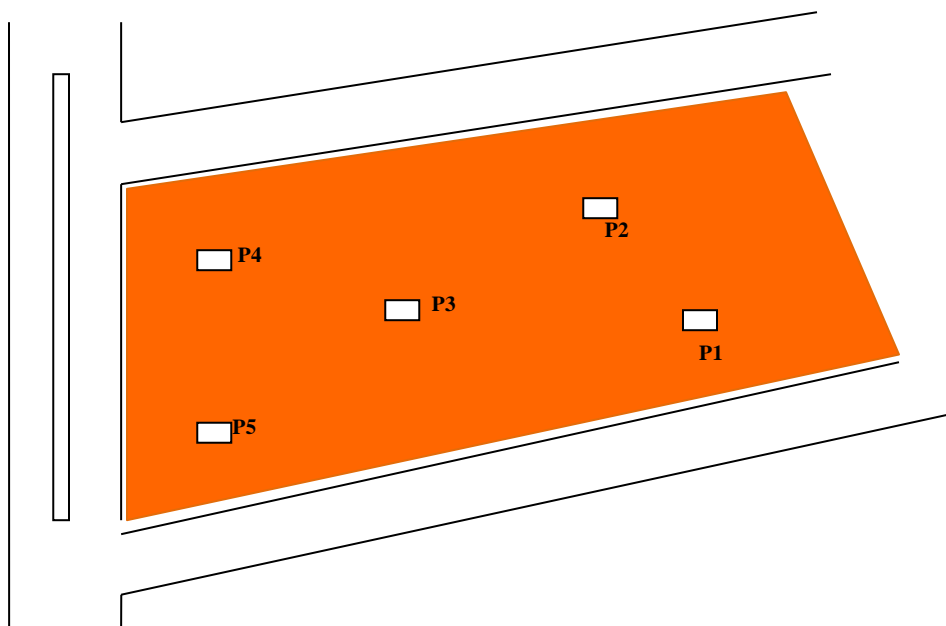
Jorge Martínez Castro

LP 18-137 RM 507

LOCALIZACIÓN
LOCALIZACION

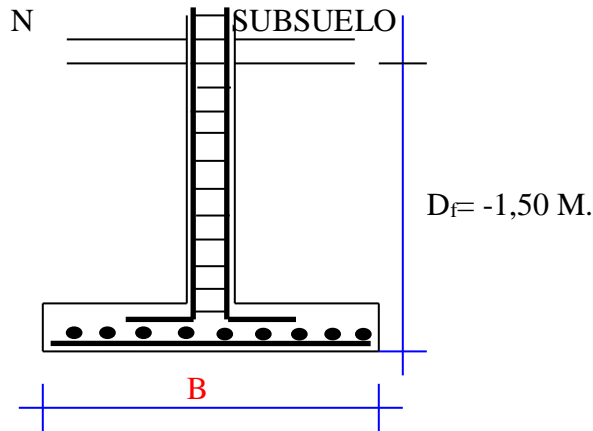


PERFORACIONES



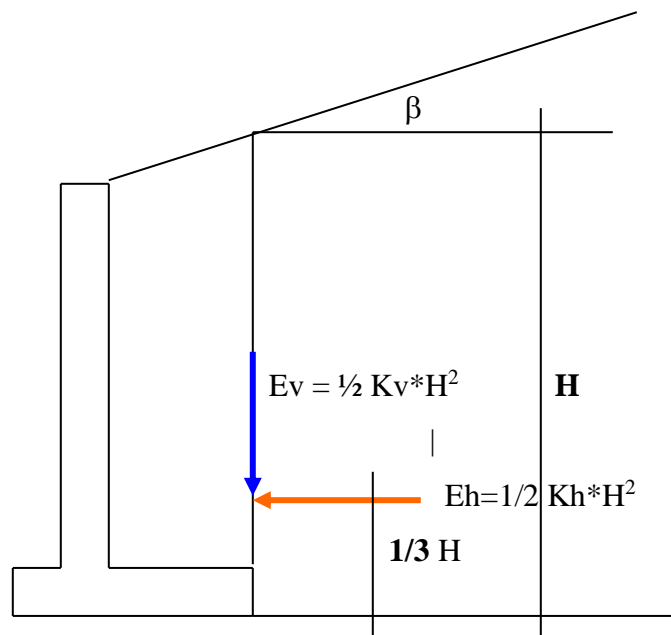
TIPO DE CIMENTACION

ZAPATA AISLADA



DETERMINACION DE LOS EMPUJES

ACTIVO Y PASIVO



$K_v = 1000 \text{ Kg/m}^2/\text{m}$

$K_h = 750 \text{ Kg/m}^2/\text{m}$

FOTOGRAFIAS DEL ESTUDIO



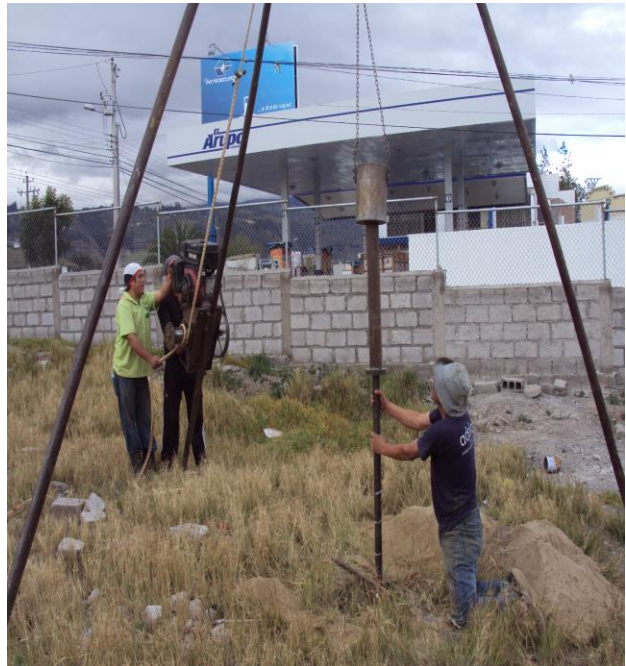
SITIO DONDE SE CONSTRUIRA



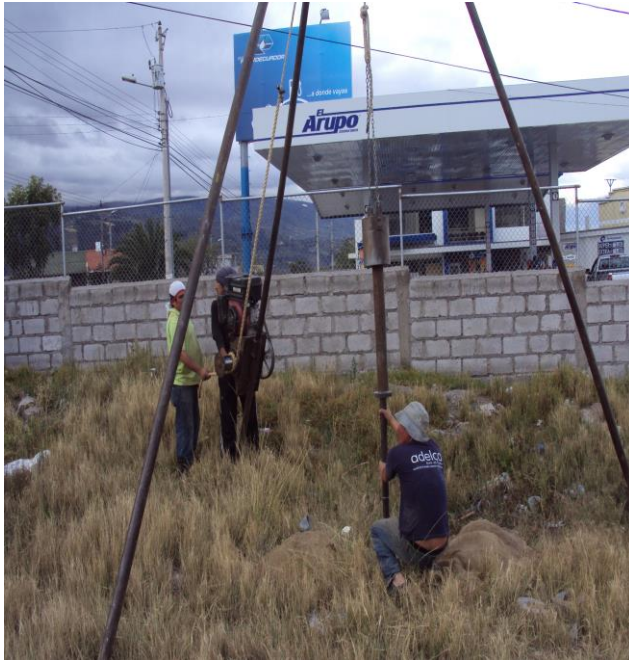
PERFORACION 1



PERFORACION N 2



PERFORACION 3



PERFORACION N4



PERFORACION N5



TESTIGEROS (LIMPIANDO LAS PERFORACIONES)



LICENCIA CYPECAD

CYPE 2016 (Argentina)

Open BIM | Estructuras | MEP | HVAC

Gestión | Documentación

IFC Builder	StruBIM Analysis 3D (Beta version)	Electrificación	CYPETHERM BRIDGES
CYPECAD	CYPECAD MEP	CYPETHERM LOADS	Arquímedes
Generador de pórticos	CYPELUX	CYPETHERM HVAC	Arquímedes y control de obra
CYPE 3D	Abastecimiento de agua	CYPETHERM EPlus	Generador de precios
CYPE-Connect	Alcantarillado	CYPETHERM HYGRO	Predimensionadores de cálculos y presupuestos

[Comprobar actualizaciones on-line](#)

Sistema de unidades
Soporte técnico
Comunidad de usuarios
Lista de deseos
Manuales
Novedades

MEP
Cálculo, comprobación y dimensionado de instalaciones para edificios, instalaciones eléctricas en baja tensión de cualquier tipo y redes de suministro de agua potable, alcantarillado, gas y electricidad.

Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción

Luis Alfredo Jurado Amaluisa Licencia: 131442 Utilizar Licencia Electrónica Administrar la Licencia Electrónica www.cype.com

**Por tanto, al Rey de los siglos,
inmortal, invisible, al único y sabio
Dios, sea honor y gloria por los siglos
de los siglos. Amén.**

1 Timoteo 1:17. RV95